

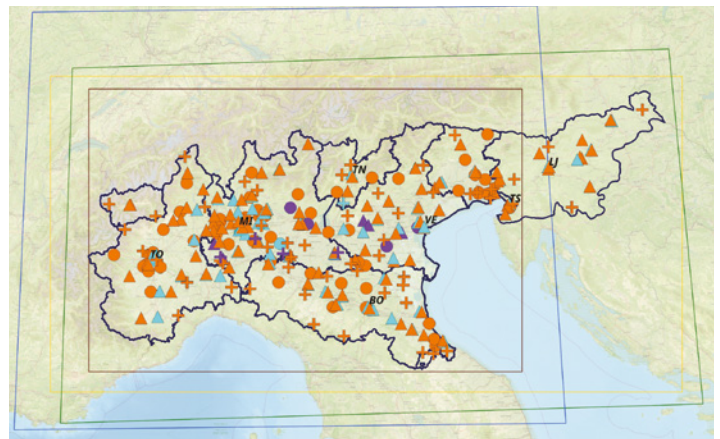
VALUTAZIONI MODELLISTICHE ANNUALI DEL BACINO PADANO

LA SINERGIA DELLE CATENE MODELLISTICHE DI QUALITÀ DELL'ARIA USATE NEL BACINO PADANO, ESTESE ANCHE ALLA SLOVENIA, PERMETTONO DI CONOSCERE CON MAGGIOR DETTAGLIO LA SITUAZIONE REALE DELL'INQUINAMENTO DELL'ARIA, VALUTANDO NON SOLO LA CONCENTRAZIONE DEGLI INQUINANTI, MA ANCHE LA POPOLAZIONE ESPOSTA.

L'inquinamento dell'aria rappresenta uno dei principali fattori ambientali che incidono sulla salute dei cittadini europei, essendo la maggior parte della popolazione esposta a livelli di concentrazione di inquinanti superiori ai limiti che la normativa comunitaria stabilisce per la protezione della salute umana. Molti sforzi in tal senso sono stati fatti negli ultimi anni, con il risultato di una riduzione apprezzabile delle concentrazioni dei principali inquinanti, tuttavia ulteriori azioni sono necessarie, in particolar modo in relazione all'inquinamento da particolato e da ozono. Al fine di compiere azioni utili al raggiungimento degli obiettivi di protezione della salute, il primo passo fondamentale è la conoscenza dello stato attuale della qualità dell'aria. La normativa europea prevede infatti che ogni anno venga realizzata una valutazione della concentrazione in aria degli inquinanti normati e della popolazione esposta ai livelli non conformi alla normativa stessa. In Italia i responsabili di questo procedimento sono le autorità regionali che ogni anno inviano, secondo uno schema di lavoro ben strutturato e organizzato

FIG. 1
SISTEMI MODELLISTICI

Domini di simulazione dei sistemi modellistici (il dominio di Camx-Slo è esteso oltre l'area della mappa, in blu il dominio di PieAms, in giallo Ninfa-Er, in verde Smal-LO e in marrone Spair) e localizzazione delle stazioni di qualità dell'aria utilizzate. Riferimento al report 2022.



che coinvolge Ispra ed Eea (*European environment agency*), alla Commissione europea i dati ufficiali di qualità dell'aria. In supporto all'attività istituzionale delle Regioni e delle Arpa, nell'ambito del progetto Prepair si è voluto fornire un importante contributo alla conoscenza dello stato di qualità dell'aria nel bacino padano e in Slovenia con la pubblicazione di report annuali (2020 [1], 2021 [2], 2022 [3]) che forniscono una sintetica visione della qualità dell'aria a scala sovranazionale. L'apporto significativo del progetto è rappresentato dall'utilizzo dei dati

osservati forniti da tutti i partner, con un livello di validazione elevato e dall'applicazione di cinque catene modellistiche con caratteristiche diverse, per fornire una visione d'insieme su un territorio che condivide problematiche, e quindi soluzioni, comuni. Per ottenere le concentrazioni degli inquinanti sotto indagine sono applicate tecniche di combinazione di dati misurati e dati simulati da modelli complessi (*datafusion* [3]), al fine di integrare la precisione di misura delle stazioni con la capacità unica del modello [4] di ricostruire su una griglia regolare la

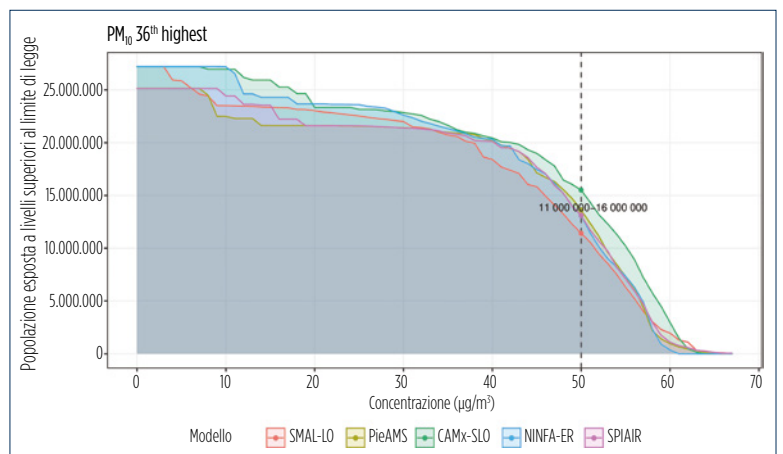
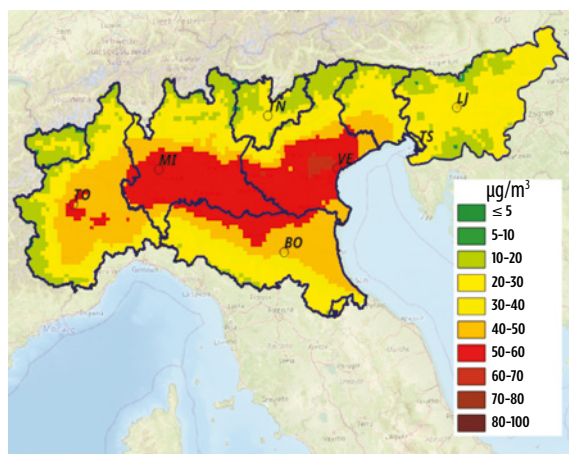


FIG. 2 POPOLAZIONE ESPOSTA

A sinistra mappa del percentile 90.4 del PM_{10} , a destra stima della popolazione esposta a livelli superiori al limite di legge (50). La mappa fa riferimento all'ensemble dei modelli, ovvero all'insieme che rappresenta su ogni punto griglia la distribuzione dei cinque modelli. Si è scelto come indicatore di aggregazione la mediana. La stima della popolazione è fatta invece sui singoli membri. Entrambe le rappresentazioni sono riferite al report 2022

distribuzione spaziale degli inquinanti e di individuare quindi le aree geografiche più critiche.

Le catene modellistiche di qualità dell'aria operative in Arpa Piemonte (PieAms), Arpa Lombardia (Smal-Lo), Arpa Veneto (Spiair), Arpa Emilia-Romagna (Ninfa-ER) e Agenzia ambientale slovena Arso (Camx-Slo) presentano come schema comune un modello chimico e di trasporto che simula i processi di trasporto, dispersione e le reazioni chimiche che avvengono in atmosfera, associato a un modello meteorologico che fornisce le forzanti, unitamente all'inventario delle emissioni prodotto nell'ambito del progetto Prepair in modo omogeneo per tutte le regioni del bacino padano e in Slovenia. Le tecniche di *datafusion* utilizzate sono allo stato dell'arte: di tipo *optimal interpolation* per Smal-Lo e di tipo geostatistico nel caso di Ninfa-ER, PieAms, Camx-Slo (*kriging* a deriva esterna) e Spiair (interpolazione dei residui di una regressione lineare tra dati osservati e modello).

La *figura 1* mostra i domini di calcolo dei sistemi modellistici e la distribuzione delle stazioni. Nel corso del progetto si è avuto un incremento nel numero di modelli utilizzati, passando dai tre/quattro modelli nel primo report 2020 a seconda delle grandezze esaminate ai cinque modelli del report 2022, nonché nelle procedure di validazione delle catene stesse che sono ora validate tutte con tecniche di *leave-one-out* allo scopo di stimare l'incertezza degli algoritmi applicati.

I rapporti di valutazione della qualità dell'aria considerano gli indicatori più critici compresi nella normativa (direttiva 2008/50/CE e suo recepimento nazionale Dlgs 155/2010):

- il PM_{10} come concentrazione media annuale (valore limite pari a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
- il PM_{10} come 90,4° percentile della concentrazione giornaliera (indicatore del rispetto del numero massimo di 35 giorni di superamento del valore limite $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e il cui limite è pari appunto a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$),
- il $PM_{2,5}$ come concentrazione media annuale (il cui limite è di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$),
- il biossido di azoto come concentrazione media annuale (il cui limite è di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
- l'ozono come 93,1° percentile del massimo giornaliero della media mobile su 8 ore (indicatore del rispetto del numero massimo di 25 giorni di superamento del valore obiettivo di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

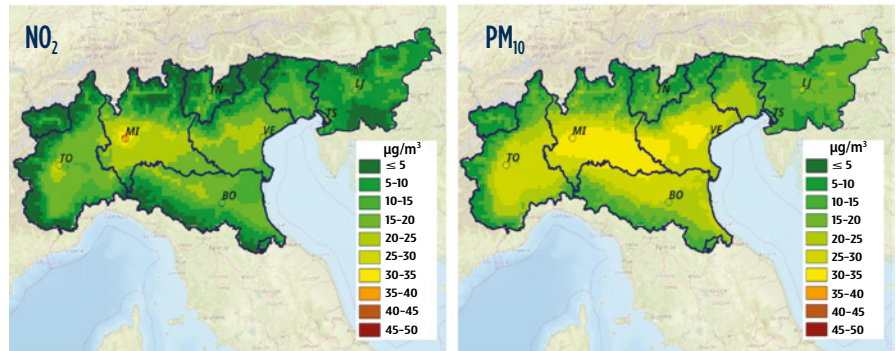


FIG. 3 NO_2 E PM_{10}

A sinistra mappa della media annuale di NO_2 e a destra della media annuale di PM_{10} per l'anno 2022. Entrambe le mappe fanno riferimento all'ensemble dei modelli, ovvero all'insieme che rappresenta su ogni punto griglia la distribuzione dei cinque modelli. Si è scelto come indicatore di aggregazione la mediana.

In ogni rapporto, oltre alla valutazione dello stato di qualità dell'aria e all'individuazione delle zone a maggiore criticità nel bacino padano, ovvero di quelle aree geografiche in cui, in un dato anno, non sono rispettati i limiti per uno o più degli indicatori prima citati, è stata effettuata anche una stima della popolazione esposta ai livelli di inquinamento oltre i limiti di legge. La stima è stata condotta utilizzando insieme ai risultati modellistici delle valutazioni i dati di popolazione per unità di censimento pubblicati da Istat (anno di riferimento 2011, ultimo censimento disponibile) e i dati di popolazione sloveni (2019) su griglia regolare. I risultati ottenuti mostrano come gli indicatori più critici siano quelli su base giornaliera, ovvero il percentile 93,1 dell'ozono e il percentile 90,4 del PM_{10} . Se per il primo non si hanno sostanziali differenze nel corso dei tre anni esaminati e i superamenti sono diffusi su tutta l'area di studio, per il secondo si osservano livelli più alti nel corso del 2022 e del 2020, con le aree a maggiore criticità concentrate nei principali centri urbani

e nelle pianure centrali della valle del Po, tra Piemonte, Lombardia, Veneto ed Emilia-Romagna (si veda la *figura 2*). Per quanto riguarda invece gli indicatori di media annuale, per PM_{10} e NO_2 le concentrazioni sono ovunque al di sotto dei limiti di legge (*figura 3*), mentre per il $PM_{2,5}$ i valori si attestano in molte aree nell'intorno di tale valore o poco sotto. Le valutazioni modellistiche annuali di bacino sono state realizzate con un approccio allo stato dell'arte, prendendo spunto anche dal dibattito internazionale sul tema nell'ambito del forum Fairmode (*Forum for air quality modelling*, <https://fairmode.jrc.ec.europa.eu/Home/index>). È infine importante sottolineare come, nei vari anni, i diversi sistemi utilizzati, pur avendo tra loro differenti configurazioni, mostrino risultati simili, rafforzando quindi la robustezza dell'approccio utilizzato.

Stefano Bande¹, Roberta Amorati²

1. Arpa Piemonte
2. Arpa Emilia-Romagna

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] Bande S., Stortini M., Amorati R., Giovannini G., Bonafè G., Matavz L., Angelino E., Colombo L., Malvestiti G., Fossati G., Marongiu A., 2021, *Action D5. Air quality assessment 2020*, www.lifeprepare.eu/?smd_process_download=1&download_id=9890
- [2] Bande S., Stortini M., Amorati R., Giovannini G., Bonafè G., Matavz L., Angelino E., Colombo L., Malvestiti G., Fossati G., Marongiu A., 2022, *Air quality assessment 2021*, www.lifeprepare.eu/?sdm_process_download=1&download_id=14482
- [3] Bande S., Stortini M., Amorati R., Giovannini G., Bonafè G., Matavz L., Angelino E., Colombo L., Malvestiti G., Fossati G., Marongiu A., Dalla Fontana A., Intini B., Pillon S., 2023, *Air quality assessment 2022*, www.lifeprepare.eu/?sdm_process_download=1&download_id=14488
- [4] Wackernagel H., 2003, *Multivariate geostatistics: an introduction with applications*, Springer, Berlin.
- [5] Denby B., Georgieva E., Lükewille A., 2011, *The application of models under the European union's air quality directive: a technical reference guide*, Technical Report 10/2011, European environmental agency, Copenhagen.