



Il sistema modellistico per la previsione e l'analisi dello stato della qualità dell'aria

Il servizio di previsione dello stato della qualità dell'aria sulla Puglia e sull'area di Taranto, reso operativo da Arpa Puglia, è stato attivato ai sensi degli art.14 e art.18 del D. Lgvo 155/2010. Tale servizio è basato sull'utilizzo di un sistema modellistico per la previsione della qualità dell'aria, che utilizza le tecniche più aggiornate per la descrizione delle emissioni, del trasporto e delle trasformazioni chimiche degli inquinanti in atmosfera. Il sistema si pone i seguenti obiettivi:

- a) Fornire giornalmente una previsione a +72 ore dello stato della QA a scala regionale ed urbana (con risoluzione spaziale rispettivamente di 4 km sulla Puglia e di 1 km sull'area di Taranto), a partire dai dati delle emissioni in aria forniti dagli inventari emissivi di ARPA (Inemar Puglia) e di ISPRA, dalle previsioni meteorologiche, fornite dal Servizio Agenti Fisici di Arpa Puglia, e dalle previsioni di qualità dell'aria, acquisite dal sistema modellistico fotochimico nazionale Quale Aria;
- b) Fornire giornalmente una ricostruzione dello stato della QA relativa al giorno precedente (ieri) sulla regione Puglia (ad una risoluzione di 4km) e sull'area di Taranto (ad 1km), integrando opportunamente la previsione modellistica con le misure di QA fornite dalle centraline di monitoraggio della QA.

Il sistema modellistico, implementato da Arianet S.r.l. e gestito dal Centro Regionale Aria (CRA) di Arpa Puglia, si articola in moduli specialistici per il trattamento delle diverse informazioni necessarie alla valutazione modellistica della qualità dell'aria (orografia e uso del suolo, meteorologia, emissioni, dispersione, deposizione e chimica dell'atmosfera). Sono inoltre utilizzati moduli di post-elaborazione, finalizzati all'analisi statistica e alla visualizzazione grafica dei prodotti del sistema stesso.

Tramite tecniche modellistiche di nesting delle griglie di calcolo, l'insieme delle simulazioni è realizzato ottimizzando i tempi di esecuzione dei codici numerici, in modo da poter disporre in tempo utile delle previsioni per il giorno in corso ed i due successivi.

Il cuore del sistema è il FARM (Flexible Air quality Regional Model), modello euleriano di chimica e trasporto, utilizzato per analoghi scopi da diverse Agenzie Regionali. Lo stesso modello è inoltre

utilizzato da ENEA nell'ambito del progetto MINNI (Modello Integrato Nazionale a supporto della Negoziazione Internazionale su temi dell'inquinamento atmosferico).

Ai fini di una più realistica rappresentazione degli impatti dovuti ai parchi minerari nell'area di Taranto, relativamente all'inquinante PM10, al modello fotochimico FARM si è affiancato il modello lagrangiano a particella SPRAY, anch'esso in modalità previsionale, già utilizzato con successo da ARPA Puglia per le Valutazioni di Danno Sanitario. In particolare, le mappe di PM10 sono ottenute sommando al contributo di background, stimato dal modello euleriano, il contributo previsto dal modello lagrangiano per le emissioni dei parchi presenti nell'area industriale.

La ricostruzione dello stato della QA relativa al giorno precedente è prodotta giornalmente dal sistema modellistico, integrando opportunamente, tramite il metodo di assimilazione denominato Optimal Interpolation, le misure fornite dalle reti di monitoraggio gestite da Arpa Puglia con la previsione modellistica a + 24 ore relativa al giorno precedente. L'analisi è disponibile sul sito nel primo pomeriggio, allorquando si suppone siano concluse le attività di validazione dei dati. Sino ad allora sul sito viene pubblicata la sola previsione a + 24 ore.

Il sabato e la domenica, le corrispondenti analisi (relative al venerdì e al sabato) sono ottenute assimilando dati, che non hanno subito alcuna attività di validazione da parte di ARPA.

Descrizione dettagliata del sistema FARM

FARM, sviluppato dalla società Arianet, tratta tutti gli inquinanti atmosferici normati (O_3 , NO_2 , NO_x , PM_{10} , $PM_{2.5}$, CO, SO_2 , benzene), implementando meccanismi chimici di varia complessità per il trattamento della fotochimica e del particolato; è inoltre in grado di lavorare su domini ad orografia complessa in modalità multiscala, con più griglie innestate di differenti risoluzioni, trattando la chimica in fase acquosa ed eterogenea, oltre ai processi di deposizione secca ed umida.

Le previsioni e ricostruzioni di qualità dell'aria sono realizzate dal sistema modellistico costituito dai seguenti moduli, la cui interconnessione è illustrata nella figura sottostante:

- modello meteorologico prognostico WRF (Weather Research and Forecasting model) per il downscaling delle previsioni meteorologiche dalla scala sinottica alla scala locale;
- modulo di interfaccia per l'adattamento dei campi meteorologici prodotti da WRF al dominio di calcolo di FARM (codice GAP);
- processore meteorologico per la descrizione della turbolenza atmosferica e per la definizione dei parametri dispersivi (codice SurfPro);
- processore per il trattamento delle emissioni (codice EMMA) da fornire come input al modello euleriano, a partire dai dati dell'inventario regionale INEMAR ed ISPRA per le regioni limitrofe, opportunamente integrati ed aggiornati con le informazioni disponibili;
- modello euleriano per la dispersione e le reazioni chimiche degli inquinanti in atmosfera (codice FARM);
- modulo di post-processing per il calcolo dei parametri necessari alla verifica del rispetto dei limiti di legge (medie giornaliere, medie su 8 ore,...).

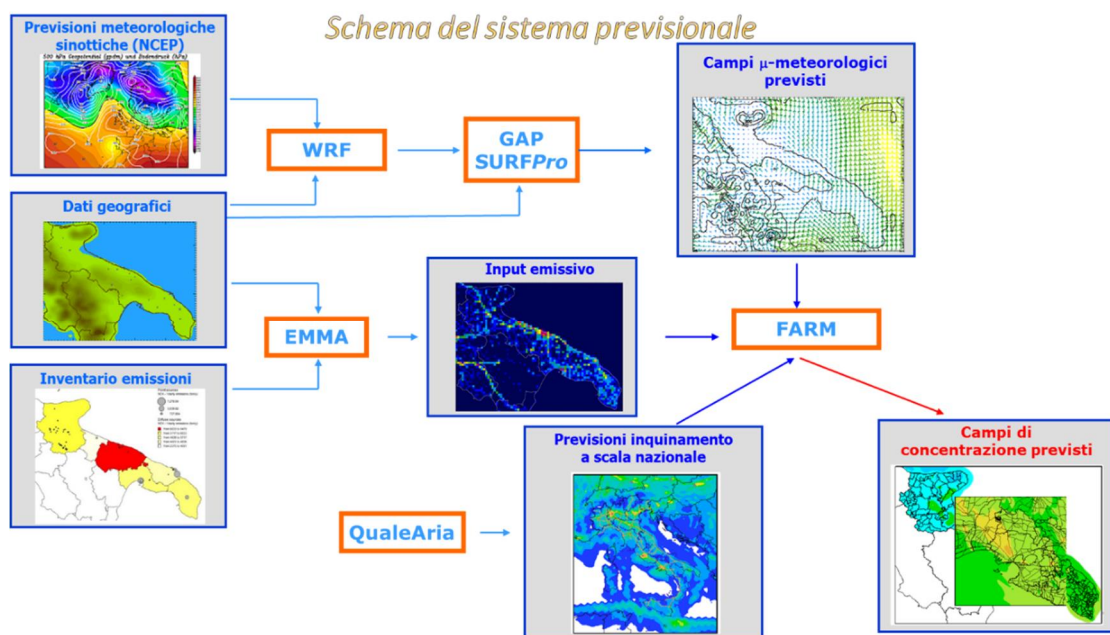


Figura 1: Schema logico del sistema modellistico deterministico per la previsione della qualità dell'aria di ARPA Puglia

Il sistema produce ogni giorno mappe di concentrazione di PM10, NO2, SO2, CO e Ozono per il giorno corrente e i successivi due giorni.

Descrizione del sistema SPRAY

Un modello tridimensionale lagrangiano per la simulazione della dispersione di inquinanti in atmosfera è in grado di tenere conto delle variazioni del flusso e della turbolenza atmosferica nello spazio (condizioni disomogenee) e nel tempo (condizioni non stazionarie). L'inquinante è simulato da "particelle virtuali", il cui movimento è definito sia dal vento medio locale che da velocità casuali che riproducono le caratteristiche statistiche della turbolenza atmosferica. In questo modo, si ottengono simulazioni più realistiche in condizioni difficili da riprodurre con modelli tradizionali (calma di vento, impatto con orografia complessa, dispersione in siti con forti discontinuità spaziali tipo terra-mare o città-campagna).

SPRAY 3.1 sviluppato da ARIANET S.r.l. e ARIA Technologies S.A. (Tinarelli et al., 1994, 1999, 2007) è un modello tridimensionale lagrangiano per la simulazione della dispersione di inquinanti primari in atmosfera. Lo schema del sistema è simile a quello riportato in Figura 1 per la parte meteorologica e di preparazione dell'input emissivo. Il modello è stato utilizzato sul dominio di Taranto e ad una risoluzione di 500m tenendo conto delle emissioni orarie dovute ai parchi.

Domini di calcolo e campi meteorologici

Il sistema modellistico è applicato simultaneamente alla Regione Puglia e ad un'area che include il comune di Taranto (Figura 2). Sull'area di Taranto la risoluzione spaziale considerata è di 1 km, in modo da fornire una descrizione più dettagliata dello stato della qualità dell'aria; il dominio regionale è descritto alla risoluzione spaziale di 4 km.

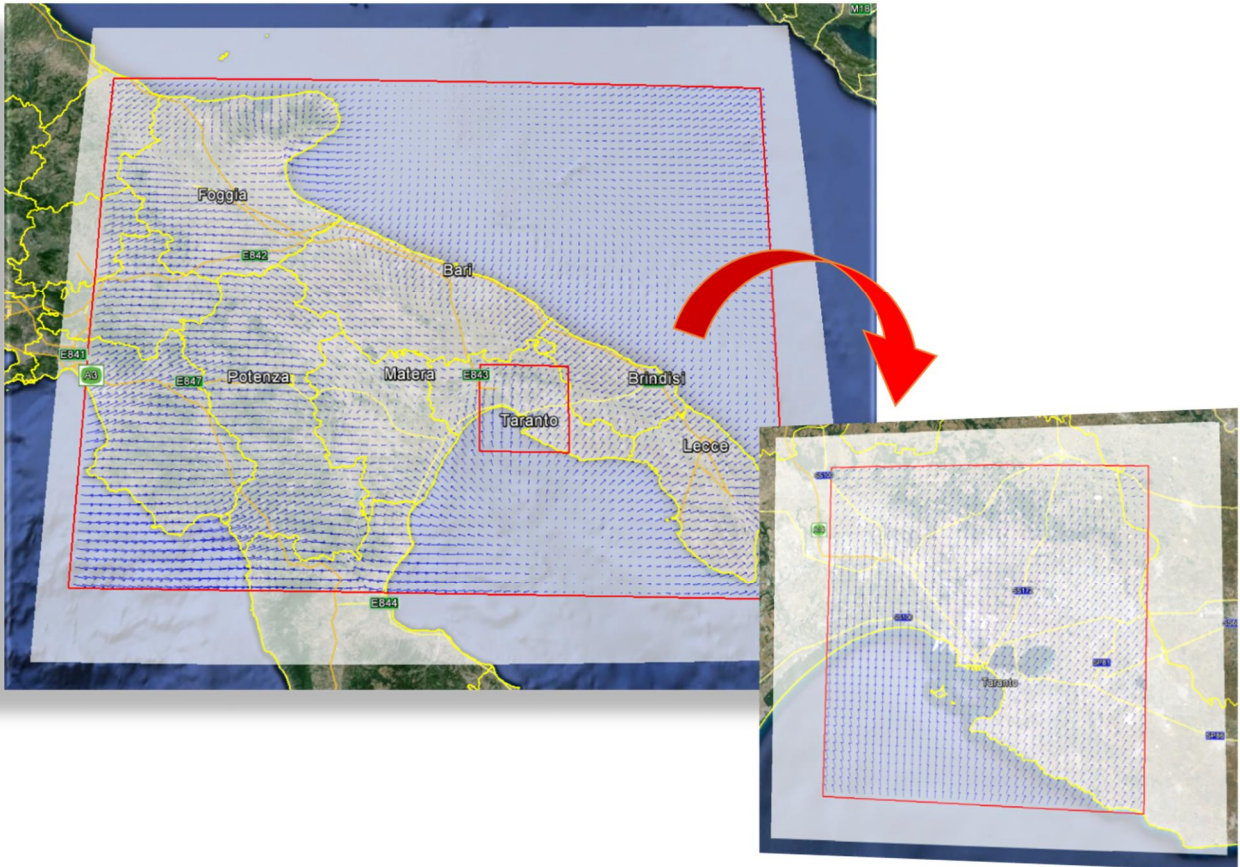


Figura 2: Domini di calcolo

Gli effetti delle sorgenti esterne all'area di interesse e i processi dominati da scale spaziali più grandi della scala urbana, come lo smog fotochimico, sono descritti attraverso le condizioni al contorno fornite dal sistema di previsione della qualità dell'aria a scala nazionale QualeAria, che si basa sul sistema modellistico nazionale MINNI.

I campi meteorologici necessari alla realizzazione della previsione di qualità dell'aria sono forniti dal Servizio Agenti Fisici (SAF) della Direzione Scientifica di ARPA Puglia (www.arpa.puglia.it/web/guest/serviziometeo). Tali campi sono interpolati sui domini di calcolo del modello di qualità dell'aria attraverso l'applicazione del modulo di interfaccia GAP. Successivamente, il processore meteorologico SurfPro è utilizzato per definire i coefficienti di dispersione e le velocità di deposizione degli inquinanti.

Emissioni sulla regione Puglia

Le emissioni biogeniche dei composti organici volatili prodotte dalla vegetazione sono stimate usando il modello MEGAN (Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature, Guenther et al., 2006; <http://acd.ucar.edu/~guenther/MEGAN/MEGAN.htm/>).

Le emissioni di aerosol di origine terrigena nonché di metalli pesanti sono stimate con il SurfPro moltiplicando le emissioni terrigene di particolato (calcolate utilizzando l'approccio proposto da Vautard *et al.*, 2005) per i valori di concentrazione di metalli nei suoli. Tali valori sono ottenuti mediante l'utilizzo congiunto di tecniche geostatistiche (modulo ARpMEAS) e di informazioni sperimentali, contenute nel Geochemical Atlas of Europe (<http://weppi.gtk.fi/publ/foregsatlas/>), relative al contenuto di metalli nello strato superficiale dei suoli (Topsoil).

Le emissioni di aerosol e dei metalli dal mare sono stimate sempre con il SurfPro, utilizzando l'approccio proposto da Zhang *et al.* (2005), unitamente a fattori di emissione per i diversi metalli.

Le emissioni antropogeniche annuali si basano sui seguenti inventari:

- inventario regionale INEMAR relativo al 2010 (www.inemar.arpa.puglia.it/),
- inventario nazionale ISPRA relativo all'anno 2010.

La preparazione per il modello delle emissioni relative al territorio in esame, ottenute integrando i diversi inventari utilizzati, ha richiesto un procedimento di disaggregazione spaziale su cella, ottenuta attraverso l'uso del suolo CORINAIR. La disaggregazione temporale delle emissioni annuali è stata ottenuta considerando modulazioni mensili, giornaliere ed orarie; la speciazione dei COVNM e del particolato nelle classi di composti considerati dal modello fotochimico è stata ottenuta mediante profili relativi a ciascuna attività emissiva.

I dati emissivi dell'inventario INEMAR sono stati integrati per le aree industriali di Brindisi e Taranto con le informazioni acquisite ed elaborate nell'ambito delle attività condotte nelle suddette aree per la Valutazione del Danno Sanitario (<http://www.arpa.puglia.it/web/guest/vds>), consentendo in questo modo di caratterizzare più precisamente le sorgenti industriali.

Modulo per la stima dell'emissione dai parchi minerari

Per stimare le emissioni prodotte dall'erosione eolica dei parchi minerari è stata utilizzata la metodologia illustrata nel documento AP-42 dell'EPA, Sezione 13.2.5.

Tale metodologia descrive il fenomeno dell'erosione eolica dei cumuli di stoccaggio sulla base di alcuni parametri: tipologia del materiale stoccato e conseguenti rugosità superficiale e velocità di soglia del vento per l'erosione, forma e altezza del cumulo di stoccaggio, velocità del vento agente sui cumuli.

Diversamente da altri metodi di stima per i quali il dato stimato è espresso unicamente come emissione annua, tale metodologia consente di calcolare per ciascun parco il valore orario di emissione. Tale emissione è di tipo discontinuo, poiché assume un valore diverso da zero solo quando la velocità del vento supera una velocità di soglia, al di sotto della quale non avviene erosione. Tale velocità di soglia varia in base al materiale di cui è composto il cumulo che si sta considerando.

Nel sistema previsionale l'emissione dei parchi viene calcolata giornalmente per le successive 72 ore sulla base dei dati di intensità del vento previsti in prossimità dell'area industriale tarantina. Tali emissioni

vengono fornite al modello lagrangiano, conservando la modulazione originaria, consentendo in questo modo di ricostruire più accuratamente il contributo di tali sorgenti ai fenomeni acuti di inquinamento, denominati Wind Days.

Bibliografia

E.P.A., 2006, AP 42, Fifth Edition, Volume I, Chapter 13: Miscellaneous Sources, Section 13.2.5, Industrial wind erosion.

Guenther, A, Karl, T, Harley, P, Wiedinmyer, C, Palmer, PI, Geron, C (2006) Estimates of global terrestrial isoprene emissions using MEGAN (Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature), *Atmos. Chem. Phys.*, 6, 3181-3210.

Tinarelli G., 2007, SPRAY 3.1, General description and User's Guide, Rapporto ARIANET R2007.09.

Tinarelli G., Anfossi D., Bider M., Ferrero E., Trini Castelli S., 1999, A new high performance version of the Lagrangian particle dispersion model SPRAY, some case studies, *Air Pollution Modelling and its Applications XIII*, S.E. Gryning and E. Batchvarova eds., Kluwer Academic / Plenum Press, New York, 499-507.

Tinarelli G., Anfossi D., Brusasca G., Ferrero E., Giostra U., Morselli M.G., Moussafir J., Tampieri F., Trombetti F., 1994, Lagrangian particle simulation of tracer dispersion in the lee of a schematic twodimensional hill, *Journal of Applied Meteorology*, 33, N. 6, 744-756.

Vautard, R., Bessagnet, B., Chin, M., Menut, L. (2005) On the contribution of natural Aeolian sources to particulate matter concentrations in Europe: Testing hypotheses with a modeling approach. *Atm. Env.*, 39, 3291-3303.

Zhang, KM, Knipping EM, Wexler AS, Bhave PV, Tonnesen, GS (2005) Size distribution of sea-salt emissions as a function of relative humidity. *Atm. Env.*, 39, 3373-3379.