

CTN-ACE

Ob Specifico 09.02: Elaborazione di linee guida per la selezione e
l'uso dei modelli

Tk 09.02.03a: Linee guida per la scelta e l'uso dei modelli

Rapporto 2004

I modelli per la valutazione e gestione della qualità dell'aria: normativa, strumenti, applicazioni.

A cura di:

Marco Deserti (ARPA Emilia – Romagna)
Francesco Lollobrigida (ARPA Piemonte)
Elisabetta Angelino (ARPA Lombardia)

Hanno collaborato:

Enrico Minguzzi; Michele Stortini; Roberta DeMaria; Monica Clemente; Silvana
Angius; Stefano Mossetti; Lucilla Ticconi; Gabriele Zanini; Patrizia Ornelli

contributi di:

- Mario Cirillo (APAT)
- Gabriele Zanini (ENEA)
- Cornelius Cuvelier, Philippe Thunis; Commissione Europea JRC-EI
- Leonor Tarrason (EMEP)
- E. Angelino, G. Fossati, R. Liburdi, R. DeLauretis ARPA LO, APAT
- G. Zanini, F. Monforti (ENEA)
- Cécile Honore; INERIS
- M. Bedogni, C. Carnevale, M. Deserti, G. Pirovano; G. Finzi; V. Gabusi, E. Minguzzi, C. Pertod, M.L. Volta (gruppo italiano CityDelta composto da: Università degli Studi di Brescia, CESI, ARPA Emilia Romagna, Agenzia Milanese Mobilità e Ambiente)
- E. Angelino, A. Benassi, M. Clemente, R. De Maria, E. De'Munari, M. Deserti, F. Lollobrigida, D. Mazza, E. Minguzzi, M. Muraro Piemonte (gruppo di lavoro interregionale delle ARPA Emilia Romagna, Lombardia, Piemonte, Veneto, Toscana, Liguria, Marche)
- R. Cesari, D. Conteo, M. Elefante, C. Mangia, G.P. Marra, M. Miglietta, U. Rizza, I. Schipa, A. Tanzarella (gruppo di ricerca: CNR-ISAC, Università di Lecce)
- A. Riccio, G. Giunta, R. Melchiorre, A. Scopa, S. Dumontet (gruppo di ricerca: Università degli Studi della Basilicata e Università degli Studi di Napoli "Parthenope)
- M. Deserti, G. Bonafè (ARPA Emilia Romagna), F. Lollobrigida (ARPA Piemonte), S. Finardi (ARIANET srl)
- A. Benassi, S. Pillon; ARPAV
- J.P. Nordvik, European Commission, Joint Research Centre; G. Brusasca, ARIANET Srl

Sommario

1 - Aspetti generali

“Presentazione”

Giorgio Cesari, Direttore Generale APAT

“Introduzione”

Marco Deserti, coordinatore del Gruppo di lavoro CTN-ACE Tk “Linee guida per la scelta e l’uso dei modelli”

“La redazione di linee guida per la modellistica: la attività del CTN-ACE”

M. Deserti; E. Minguzzi; M. Stortini; F. Lollobrigida; R. DeMaria ;M. Clemente;E. Angelino;S. Angius; S. Mossetti; L. Ticconi; G. Zanini; P.Ornelli (gruppo di lavoro CTN-ACE Tk “Linee guida per la scelta e l’uso dei modelli”)

"Quali modelli sulla qualità dell’aria per la nuova normativa ambientale ?”

Mario Cirillo (APAT):

“Il Particolato Atmosferico nei Paesi UE: cosa sappiamo, quali tendenze sono in atto, quali problemi restano aperti nell'immediato futuro.”

Gabriele Zanini (ENEA, rappresentante italiano nel Gruppo di lavoro sul PM nell'ambito dell'iniziativa CAFE)

“L’uso degli inventari delle emissioni per le applicazioni modellistiche”

Elisabetta Angelino (ARPA Lombardia,coordinatore TK “Collaborazioni nazionali ed internazionali” del CTN-ACE)

2 - Applicazioni a larga scala (continentale e nazionale)

Le attività dell’EMEP per la modellazione della qualità dell’aria, gli inventari delle emissioni e l’analisi di scenario.

Leonor Tarrason (Air pollution Section/Research Department, Norwegian Meteorological Institute)

" CITYDELTA: Uno studio europeo di intercomparazione di modelli a sostegno del programma CAFE sulla legislazione ambientale UE".

Cornelius Cuvelier, Philippe Thunis (Commissione Europea JRC-EI)

Il Progetto MINNI: lo sviluppo di un Modello Integrato Nazionale a supporto della Negoziazione internazionale sui temi dell’Inquinamento atmosferico.

Gabriele Zanini, Fabio Monforti (ENEA)

" Il sistema PREV’AIR, un sistema operativo per le previsioni su vasta scala della qualità dell’aria sopra l’Europa; applicazioni a scala locale"

Cécile Honore (INERIS - Direction des Risques Chroniques)

3 -Applicazioni nella pianura padana

“Applicazioni di modelli di chimica e trasporto sull’area di Milano nell’ambito del progetto CITYDELTA”

M. Bedogni, C. Carnevale, M. Deserti, G. Pirovano; G. Finzi; V. Gabusi, E. Minguzzi, C. Pertod, M.L. Volta. (gruppo italiano CityDelta composto da: Università degli Studi di Brescia, CESI, ARPA Emilia Romagna, Agenzia Milanese Mobilità e Ambiente)

“Ipotesi di una catena modellistica per la qualità dell’aria nel Bacino Padano Adriatico: esperienze in atto e prospettive”

E. Angelino, A. Benassi, M. Clemente, R. De Maria, E. De’Munari, M. Deserti, F. Lollobrigida, D. Mazza, E. Minguzzi, M. Muraro (gruppo di lavoro interregionale delle ARPA Emilia Romagna, Lombardia, Piemonte, Veneto, Toscana, Liguria, Marche)

Il progetto FUMAPEX (sistemi integrati per previsioni di meteorologia urbana, di inquinamento atmosferico e di esposizione della popolazione)

M. Deserti, G. Bonafè (ARPA Emilia Romagna), F. Lollobrigida (ARPA Piemonte), S. Finardi (ARIANET srl)

Il Sistema Integrato per il Monitoraggio Ambientale e la Gestione del Rischio Industriale e delle Emergenze (SIMAGE) di Porto Marghera (VE)

Alessandro Benassi, Silvia Pillon (ARPAV)

4- Applicazioni nell’area mediterranea

Costruzione di un modello relativo all’inquinamento fotochimico nelle aree costiere: una indagine preliminare nella Penisola Salentina

*R. Cesari⁽¹⁾, G. Lella^(1,3), C. Mangia⁽¹⁾, G.P. Marra⁽¹⁾, M. Miglietta⁽¹⁾, U. Rizza⁽¹⁾, I. Schipa^(1,3), A. Tanzarella^(1,2)
⁽¹⁾ CNR ISAC, Sezione di Lecce; ⁽²⁾ Università degli Studi di Lecce; ⁽³⁾ Osservatorio dell’Inquinamento Atmosferico di Campi Salentina*

"Implementazione di un network modellistico per lo studio della dispersione di inquinanti fotochimici in atmosfera"

*R. Melchiorre⁽¹⁾, A. Riccio⁽²⁾, G. Giunta⁽²⁾, A. Scopa⁽¹⁾, S. Dumontet⁽¹⁾
⁽²⁾ Istituto di Matematica, Fisica ed Applicazioni - Università degli Studi di Napoli “Parthenope”; ⁽¹⁾ Dip. Produzione Vegetale- Laboratorio di Ecodinamica – Università degli Studi della Basilicata*

I Centri di Controllo Ambientale (CEDAMOD) per le aree industriali di Brindisi e Taranto e per il Centro Regionale di Bari

Jean Pierre Nordvik, European Commission, Joint Research Centre; Giuseppe Brusasca, ARIANET Srl

5- Prospettive future

A cura del gruppo di lavoro CTN-ACE Tk “Linee guida per la scelta e l’uso dei modelli)

PRESENTAZIONE

Le tecniche di modellazione sono un importante strumento di aiuto per la valutazione della qualità dell'aria – secondo la Direttiva sulla valutazione e gestione della qualità dell'aria 96/62/CE recepita in Italia con il D.Lvo. 4 agosto 1999 n. 351 – e rappresentano uno strumento fondamentale per la realizzazione di piani e programmi di miglioramento e mantenimento della qualità dell'aria, secondo le indicazioni del DM 2 aprile 2002 n. 60 (valori limite di qualità dell'aria ambiente ed obiettivi per la qualità dei dati) e del DM 1 ottobre 2002 n. 261 (Regolamento recante le direttive tecniche per la valutazione preliminare della qualità dell'aria ambiente, i criteri per l'elaborazione del piano e dei programmi).

Il Centro Tematico Nazionale Atmosfera Clima ed Emissioni in aria (CTN-ACE) svolge dal 1999 attività di raccolta di documentazione e redazione di linee guida in vari campi legati alla qualità dell'aria, tra i quali la modellazione. E' coordinato e finanziato dall'APAT e vede la partecipazione delle Agenzie Regionali e delle Province Autonome, oltre che di varie istituzioni scientifiche nazionali.

Le attività svolte dal CTN-ACE hanno mostrato come nella realtà italiana gli strumenti normativi sopracitati sono tuttavia poco utilizzati. A livello nazionale vi sono infatti ancora indicazioni insufficienti sulle tecniche di modellazione da utilizzare, oltre a una generale incertezza su queste tecniche.

Il 30 ottobre 2003, a Matera, il Centro Tematico Nazionale Atmosfera Clima ed Emissioni ha organizzato un incontro sul tema: *“I modelli per la valutazione e gestione della qualità dell'aria: normativa, strumenti, applicazioni”*, con lo scopo di presentare alla comunità italiana le più recenti esperienze di applicazione di modelli di qualità dell'aria a scala regionale e di promuovere la conoscenza di diversi modelli a scala regionale ed urbana.

In particolare l'incontro è stato finalizzato all'aggiornamento e all'approfondimento delle linee guida nazionali per l'applicazione e l'uso di modelli già oggi disponibili tra i prodotti CTN-ACE (RTI CTN-ACE 2/2000 e RTI CTN-ACE 4/2001).

Questi gli obiettivi della giornata:

- portare a conoscenza del sistema agenziale e della comunità modellistica italiana gli interessanti risultati del progetto City Delta, promosso dal Centro Comune di Ricerca (JRC) nell'ambito del programma europeo CAFE (Clean Air For Europe) ed al quale partecipano molti istituti europei che applicano e sviluppano modelli di qualità dell'aria;
- presentare i risultati delle più recenti esperienze italiane ed europee di applicazione di modellistica per la qualità dell'aria a scala regionale;
- ampliare la base conoscitiva per l'aggiornamento e l'approfondimento di linee guida nazionali sull'utilizzo di modelli, estendendo eventualmente la partecipazione all'attività CTN di "osservatorio di modelli" a partner provenienti da altri Paesi europei

A seguito degli esiti del convegno e sulla scia dell'interesse dimostrato dalle tematiche affrontate, le attività del CTN-ACE per il 2004 sono state articolate secondo gli obiettivi elencati di seguito:

- supportare la realizzazione di un centro operativo per la modellistica della qualità dell'aria nel bacino padano adriatico (BPA), con il coinvolgimento delle ARPA Emilia-Romagna, Lombardia, Marche, Piemonte, Toscana e Veneto;

- supportare lo sviluppo dell'approccio modellistico alla valutazione e gestione della qualità dell'aria in un'area mediterranea italiana (MED), con il coinvolgimento delle ARPA Basilicata, Campania, Lazio e Puglia;
- verificare quantitativamente gli "obiettivi di qualità dei dati" per la modellistica degli inquinanti Ozono, NO₂, PM₁₀, (Chemical Transport Model - CTM); produrre linee guida operative per la applicazione da parte delle ARPA di modellistica a fini normativi.

Ing. Giorgio Cesari
Direttore Generale APAT

Introduzione

Marco Deserti, coordinatore del Gruppo di lavoro CTN-ACE Tk "Linee guida per la scelta e l'uso dei modelli"

Il materiale presentato in occasione del seminario di Matera e raccolto in questo volume contiene molti elementi utili per l'aggiornamento e l'approfondimento delle linee guida nazionali per l'applicazione e l'uso di modelli già oggi disponibili tra i prodotti CTN-ACE (RTI CTN_ ACE 2/2000 e RTI CTN-ACE 4/2001, scaricabili all'indirizzo <http://www.sinanet.apat.it/documentazione/default.asp#a> alla voce "Atmosfera "). In questo rapporto i contributi presentati in occasione del seminario di Matera sono organizzati in cinque capitoli:

- 1) aspetti generali
- 2) applicazioni a larga scala (continentale e nazionale)
- 3) applicazioni nella pianura padana
- 4) applicazioni nell'area mediterranea
- 5) prospettive future

Il capitolo "**aspetti generali**" raccoglie i contributi che presentano le tecniche di modellazione alla luce dalle nuove direttive comunitarie e dalle leggi italiane in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria e l'utilizzo delle informazioni derivanti dagli inventari di emissione.

Il capitolo "**applicazioni a larga scala**" raccoglie i contributi che mostrano l'approccio seguito a scala europea e nazionale per rispondere alle necessità poste dalla normativa di settore, attraverso l'applicazione di modellistica a larga scala.

La pianura padana rappresenta una delle aree europee a maggior densità abitativa ed industriale, nelle quale si manifestano rilevanti fenomeni di inquinamento. In tale area si sono pertanto sviluppate e consolidate le principali esperienze di applicazione di modelli di qualità dell'aria. Il capitolo "**applicazioni alla pianura padana**" raccoglie i contributi che illustrano l'approccio seguito nella pianura padana per rispondere a questa necessità, sia attraverso attività di coordinamento tra le ARPA, che nell'ambito di progetti europei e nazionali. Questo approccio è orientato verso un impiego operativo quotidiano dei modelli di qualità dell'aria.

Le aree mediterranee presentano condizioni meteorologiche e fenomeni di inquinamento con caratteristiche diverse da quelle della pianura padana e del centro Europa. Il capitolo **“applicazioni nell’area mediterranea”** raccoglie alcuni contributi che esemplificano le peculiarità delle simulazioni modellistiche in queste aree, dove gran parte delle applicazioni finora realizzate hanno una dimensione principalmente di ricerca più che di impiego operativo quotidiano. Va sottolineato come, proprio in conseguenza delle peculiarità e della complessità dell’area mediterranea, sia necessario stimolare la applicazione sistematica di modelli regionali in questa area, partendo anche dall’esperienza fatta in altre regioni europee. Si noti infatti che lo stesso esercizio europeo CityDelta ha evidenziato la difficoltà di eseguire una applicazioni su un’area mediterranea, a causa della carenza di dati di ingresso e di applicazioni sistematiche di modelli di qualità dell’aria, mettendo in ulteriore evidenza la necessità di sviluppare le attività in questo senso.

Infine il capitolo **“prospettive future”** raccoglie e organizza le indicazioni emerse dalla discussione tecnica approfondita che si è svolta il 31 ottobre, tra i tecnici ed i ricercatori appartenenti alla compagine del CTN-ACE (APAT-ARPA-IPR), ed i partecipanti al progetto CityDelta, i ricercatori nel campo della modellistica della QA (CNR, ENEA, Università) ed in generale coloro che lavorano allo sviluppo di modelli di QA. Scopo dell’incontro è stato di valutare la “fattibilità” e l’interesse a realizzare un esercizio modellistico italiano finalizzato alla valutazione e confronto di modelli di qualità dell’aria a scala regionale ed urbana. Le indicazioni emerse da questa discussione rappresentano la base sulla quale è stata formulata la proposta di sviluppo delle attività del CTN-ACE nel campo della modellazione della qualità dell’aria.

In generale gli interventi hanno evidenziato che:

- La applicazione di un modello chimico di trasporto e diffusione di inquinanti a scala regionale presenta un elevato grado di complessità in quanto richiede molti dati di ingresso, elevate risorse di calcolo, svariate competenze scientifiche e tecniche, d’altro canto l’utilizzo di questa categoria di modelli risulta indispensabile per trattare i processi di inquinamento attualmente più rilevanti (OZONO e PM10) e per impostare l’analisi di scenari futuri.
- Gli esercizio europei (CityDelta I,II, City Europe) hanno dimostrato come sia possibile ottenere risultati con un accettabile livello di confidenza nella modellazione del livello medio di ozono e NO₂, mentre vi sono maggiori difficoltà nella modellazione del PM. Le applicazioni modellistiche realizzate nell’area alpina e subalpina (Milano) hanno inoltre posto in evidenza una maggiore complessità ed una elevata sensibilità ai dati meteorologici in ingresso.
- Le aree mediterranee presentano una fenomenologia caratteristica e diversa da quella della pianura padana e del centro Europa, per queste ragioni è necessario sviluppare applicazioni sistematiche di modelli in queste aree, in modo da consentire di modellare in modo appropriato i processi atmosferici peculiari delle aree mediterranee.
- I dati di emissione sono un elemento fortemente critico, ed affetto da incertezze che vanno superate. È quindi necessario sviluppare e rendere disponibili un inventario nazionale ed inventari locali delle emissioni adatti alle applicazioni modellistiche.

- Per la applicazione di modelli a scala regionale sono necessarie condizioni al contorno derivate da modelli a larga scala.
- Per rispondere alle esigenze dettate dalla evoluzione del quadro normativo europeo e nazionale è utile e tecnicamente matura la applicazione operativa quotidiana di modelli, questo tipo di applicazioni è stato esemplificato dal progetto Prev'air.
- La modellistica si deve evolvere verso una attività di servizio quotidiano e regolare, questo approccio è stato proposto a livello italiano dal gruppo di coordinamento delle ARPA aderenti al progetto BPA.

La redazione di linee guida per la modellistica: la attività del CTN-ACE

Gruppo di lavoro CTN-ACE, Task 09.02.03a: Linee guida per la scelta e l'uso dei modelli, composto da:

Marco Deserti⁽¹⁾; Enrico Minguzzi⁽¹⁾; Michele Stortini⁽¹⁾; Francesco Lollobrigida⁽²⁾; Roberta DeMaria⁽²⁾; Monica Clemente⁽²⁾; Elisabetta Angelino⁽³⁾; Silvana Angius⁽³⁾; Stefano Mossetti⁽³⁾; Lucilla Ticconi⁽⁴⁾; Gabriele Zanini⁽⁵⁾; Patrizia Ornelli⁽⁵⁾

⁽¹⁾ ARPA Emilia Romagna, ⁽²⁾ ARPA Piemonte, ⁽³⁾ ARPA Lombardia, ⁽⁴⁾ ARPA Basilicata, ⁽⁵⁾ ENEA

Introduzione

La attività di rassegna svolta dal CTN-ACE [1] [2] nel corso della prima fase della propria attività 1999-2002, ha mostrato come nella realtà italiana gli strumenti modellistici sono ancora poco utilizzati anche a causa delle limitate risorse investite finora in questo settore. La rassegna ha inoltre evidenziato come un fattore limitante fondamentale sia determinato dalla difficoltà nel reperire e predisporre i dati di ingresso richiesti dai modelli, specie quelli più complessi come i modelli fotochimici a scala regionale. La prima fase della attività svolta dal CTN nel campo della modellistica ha avuto quindi lo scopo di fornire elementi utili alla scelta dei modelli ed al loro utilizzo, con particolare riguardo alla valutazione della qualità dell'aria [1] [3].

Seguendo l'approccio proposto dall'Agenzia Europea per l'Ambiente in quegli anni [9], si è ritenuto che compito prioritario del CTN fosse quello di fornire all'utilizzatore gli elementi necessari alla scelta dello strumento modellistico più adatto alla propria applicazione. La scelta e la corretta applicazione dello strumento avviene poi sotto la responsabilità dell'utilizzatore, sia esso autorità nazionale o autorità locale (con il supporto o meno delle ARPA) od il proponente di una determinata opera che produce impatti sull'atmosfera. Per favorire il superamento delle difficoltà legate alla predisposizione dei dati di ingresso sono state redatte indicazioni sulle metodiche da utilizzare e sulle fonti di dati [4].

Per favorire una armonizzazione dell'impiego della modellazione nella valutazione e gestione della qualità dell'aria ed agevolare l'accesso alle fonti di informazioni rilevanti, è stata inoltre predisposta una "Guida interattiva alla scelta dei modelli di dispersione nella valutazione della qualità dell'aria" accessibile via internet [6], contenente anche esempi di applicazioni modellistiche nella realtà italiana. Tutti i documenti citati sono accessibili sul sito del sistema SINANET alla voce "atmosfera" [7].

Le indicazioni fornite dal CTN nella prima fase della propria attività sono state recepite dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio all'atto della emanazione del DM 1 ottobre 2002 n. 61 attraverso il loro inserimento nell'allegato 1, contenente le "direttive tecniche concernenti la valutazione preliminare della qualità dell'aria ambiente".

Nuove esigenze

Come si è detto in precedenza, l'indirizzo seguito finora è stato di documentare e favorire l'utilizzo di modelli. Non sono stati finora identificati, né a livello europeo né a

livello italiano, modelli di riferimento da utilizzare come strumenti “ufficialmente” accreditati.

La Direttiva sulla valutazione e gestione della qualità dell'aria 96/62/CE recepita in Italia con il D.Lvo. 4 agosto 1999 n. 351) stabilisce tuttavia (art 4 comma 3 capo b) che all'atto della fissazione di valori limite e soglie di allarme, vengano indicate le tecniche di riferimento e la risoluzione spaziale per la modellazione.

Il DM 2 aprile 2002 n.60 stabilisce all'art. 3 che, in sede di valutazione dei livelli di inquinamento, vengano definiti gli obiettivi per la qualità dei dati da utilizzare nei programmi di assicurazione di qualità. Questi obiettivi sono proposti nell'allegato X del medesimo decreto per la modellazione del biossido di zolfo, biossido di azoto, materiale particolato e piombo, benzene e monossido di carbonio e, nell'allegato VII della direttiva 2002/3/CE relativa all'ozono nell'aria (non ancora recepita dalla legislazione italiana).

Attualmente non vi sono norme che definiscono le tecniche di riferimento e la risoluzione spaziale per la modellazione.

Per soddisfare in pieno le esigenze poste dalla normativa è quindi necessario che nella seconda fase della attività del CTN vengano approfondite le linee guida Italiane, attraverso una individuazione specifica delle tecniche di riferimento per la modellazione e la definizione della qualità delle informazioni ottenute applicando tali tecniche.

In altre parole è necessario indicare quali modelli possono essere utilizzati come tecnica di riferimento e quantificare l'incertezza associata al loro utilizzo.

Per quanto riguarda la risoluzione spaziale, fin dalla fase iniziale del CTN sono state individuate tre scale spaziali relative ad altrettanti scenari tipici di applicazione di modelli [1] [3]:

- la scala locale, legata principalmente agli studi di impatto;
- la scala urbana e locale, per gli inquinanti primari nelle aree urbane ed industriali;
- la scala regionale, per gli inquinanti secondari nei grandi agglomerati e su tutto il territorio.

Per ciascuna di queste scale spaziali risulta prevalente un diverso processo atmosferico di produzione, diffusione e trasformazione chimica degli inquinanti e pertanto, come si dirà in seguito, risultano diverse le tipologie di modelli applicabili. Si vedano i riferimenti [3], [4] e [6] per una più dettagliata descrizione di queste scale.

L'Obiettivo Specifico 09.02: “Elaborazione di linee guida per la selezione e l'uso dei modelli”

Come si è visto vi è l'esigenza di individuare quali modelli possono essere utilizzati come tecnica di riferimento e quantificare l'incertezza associata al loro utilizzo. Sono state inoltre individuate tre categorie di risoluzione spaziale o scale di riferimento: la microscala, la scala locale e la scala regionale, alle quali corrispondono altrettante tipologie di modelli. La attività del gruppo di lavoro del CTN-ACE nel corso del 2003 si è quindi orientata ad affrontare la elaborazione di linee guida per ciascuna di queste scale. I prodotti da realizzare sono stati individuati come le linee guida per i modelli da applicare nelle valutazioni d'impatto, a scala locale, nelle aree urbane ed e a scala regionale.

Il piano di lavoro per realizzare questi prodotti è stato formulato in base al principio che le linee guida debbano essere formulate con un livello di dettaglio tale da consentire l'effettivo impiego delle tecniche di modellazione da parte delle ARPA, e quindi

devono essere basate su esperienze di applicazione effettivamente condotte, analizzate in dettaglio e tradotte in procedure operative. Per realizzare questo obiettivo devono essere disponibili tutti gli elementi che compongono la catena modellistica (figura 1) e che portano al risultato finale. Per quantificare l'incertezza associata all'utilizzo della tecnica di modellazione deve inoltre essere eseguito un confronto tra più modelli e con dati sperimentali adatti allo scopo. Vediamo a grandi linee la procedura proposta per ciascuna categoria di applicazioni.

Il caso tipico della applicazione di modelli per le valutazioni di impatto è la simulazione a scala locale della diffusione e trasporto di inquinanti passivi immessi in atmosfera da una sorgente di emissione specifica, spesso convogliata in un camino. Numerose sono le esperienze di applicazione disponibili, ampio il numero di modelli che è possibile utilizzare e per i quali sono state inoltre condotte varie esperienze di confronto e validazione sulla base, ad esempio, di esperimenti di rilascio di traccianti. In base a questi elementi, già disponibili, è già stato definito un elenco di modelli all'interno dello scenario 2 della Guida interattiva alla scelta dei modelli di dispersione nella valutazione della qualità dell'aria [6], elenco il cui aggiornamento è previsto tra le attività 2003 del CTN-ACE. Nel caso la valutazione richieda di considerare problemi a scala più ampia, che coinvolgono anche inquinanti secondari e sorgenti di inquinamento complesse e distribuite, si ricade nei casi successivi, relativi alla scala locale, urbana e regionale. Per la scala urbana e regionale il lavoro svolto nella prima fase del CTN-ACE ha messo in evidenza un certo divario tra gli strumenti modellistici disponibili e le nuove esigenze di applicazione di modelli per la valutazione e gestione della qualità dell'aria a scala locale, è stato quindi necessario definire un percorso metodologico specifico. Di seguito viene illustrato il contenuto di massima delle linee guida e la metodologia proposta.

Il contenuto delle nuove linee guida 2003-2004

Obiettivo delle linee guida è quello di definire i seguenti aspetti:

- I requisiti dei modelli e gli obiettivi di qualità dei dati che devono essere raggiunti dal modello in base alle richieste normative;
- La lista dei modelli applicabili, ovvero i modelli che, tra quelli esistenti e documentati, risultano in possesso dei requisiti individuati;
- La quantificazione dell'incertezza associata al loro utilizzo.

Un elemento importante per tutte le applicazioni è la esecuzione di simulazioni di lungo periodo (12/6 mesi). La simulazione di lungo periodo è necessaria per la valutazione dei livelli di protezione della salute e della vegetazione stabiliti dalle norme, e quindi per una valutazione degli impatti, e per la preparazione di piani e programmi di gestione della qualità dell'aria. L'esecuzione di simulazioni di breve periodo, di singoli episodi acuti non risulta in generale di interesse primario in quanto gli eventi estremi, che si verificano raramente, rivestono una importanza minore per la salute pubblica [8]. L'esecuzione di una simulazione di lungo periodo implica l'esecuzione di simulazioni modellistiche tutti i giorni dell'anno, ad intervalli temporali di 1 ora per tutti gli inquinanti previsti dalle norme.

La scheda 1 definisce schematicamente i requisiti dei modelli da applicare nelle aree urbane ed a scala locale. Questi modelli devono essere adatti al trattamento di inquinanti primari a supporto della valutazione della qualità dell'aria in aree urbane di dimensioni non molto estese, in porzioni di aree metropolitane od in aree industriali, dove la qualità dell'aria risulta determinata principalmente dalle fonti di emissione vicine.

La scheda 2 definisce invece i requisiti dei modelli adatti a trattare problemi di inquinamento di agglomerati urbani di estese dimensioni o del territorio di una provincia o di una intera regione. Questi modelli devono essere adatti a trattare i processi di inquinamento primario, secondario e le deposizioni e vengono applicati per la valutazione e la previsione a breve (quotidiana) e lungo termine (scenari) della qualità dell'aria.

Un primo elenco di modelli disponibili ed in distribuzione, è stato definito nel corso della prima fase del CTN ed è riportato nelle schede 1 e 2. Questo elenco è in corso di revisione. Si rimanda al riferimento [6] per maggiori dettagli. Non sono stati elencati i modelli attualmente non distribuiti o non reperibili sul mercato, come ad esempio i modelli di ricerca o ad uso esclusivo di istituzioni e servizi.

La quantificazione dell'incertezza associata ad un modello può avvenire attraverso la impostazione di un esercizio di confronto tra modelli e con dati sperimentali. L'esempio più recente di un esercizio di questo tipo condotto a livello europeo è fornito dal progetto CityDelta [8].

Nel corso del 2003 è stato impostato dal CTN un primo esercizio di confronto tra modelli per aree urbane. Il metodo seguito prevede la costruzione di un set di dati di ingresso utilizzabili dai modelli applicabili. Il set di dati comprende le emissioni associate al traffico ed alle sorgenti puntuali presenti in un'area urbana di medie dimensioni [5] [18], i dati meteorologici orari di un anno opportunamente pre processati [11], i dati orari di concentrazione di inquinanti, rilevati in una stazione di riferimento. Il test è attualmente in corso di esecuzione tra i membri del gruppo di lavoro e prevede la produzione di una simulazione di durata annuale o del semestre invernale, su un dominio di 10 x 10 Km². Il risultato è il calcolo della concentrazione oraria di inquinanti passivi e la produzione di mappe di inquinamento secondo le specifiche contenute in [3] ed il confronto con i dati sperimentali. Il confronto con i dati sperimentali viene eseguito considerando la distribuzione di frequenza dei dati, i valori medi e mediani ed i superamenti delle soglie di riferimento. Al termine della fase di test il set di dati verrà distribuito a soggetti esterni al gruppo di lavoro CTN che avranno manifestato interesse a partecipare all'esercizio. Ai partecipanti verrà chiesto di fornire i risultati delle simulazioni da loro condotte con un modello di propria scelta in un formato standard. I risultati verranno pubblicati su un rapporto tecnico del CTN indicando il nome del modello utilizzato e gli autori della simulazione. Potranno venire prodotte pubblicazioni scientifiche da parte dei partecipanti.

Un ulteriore risultato raggiunto nel corso del 2003 è la impostazione di un esercizio di confronto tra modelli a scala regionale. Questo secondo tipo di esercizio presenta una complessità notevole a causa della grande quantità di dati di ingresso richiesta dai modelli applicabili, dalle risorse di calcolo necessarie da parte dei partecipanti e dalle molteplici competenze necessarie alla applicazione di questi modelli. La realizzazione di questo esercizio richiede quindi un orizzonte temporale di almeno due anni (2004-2005) in attuazione di quanto progettato nel corso del 2003, adeguate risorse di personale, di calcolo e dati di base. I risultati che potrebbero essere ottenuti presentano comunque il massimo grado di interesse in quanto consentono di affrontare i problemi attualmente di maggior rilievo nelle grandi aree urbane: l'inquinamento da ozono e da PM10.

Obiettivo dell'esercizio è quello di consentire la applicazione di almeno una catena modellistica completa su due aree di studio con caratteristiche diverse e significative: l'area del bacino padano adriatico [10] [16] ed un'area mediterranea [20]. Sulla base di

queste esperienze verrà quindi promosso un esercizio di confronto tra modelli diversi finalizzato alla produzione di linee guida operative per la applicazione da parte delle ARPA di modellistica a fini normativi. L'esercizio prevede la esecuzione di una simulazione su un dominio di lavoro di almeno 300 x 300 Km², a griglie innestate con risoluzione crescente, per almeno un anno o semestre estivo, degli inquinanti ozono, ossidi di azoto e PM10. La preparazione dell'esercizio richiede la predisposizione di un set di dati di ingresso composto da dati di emissione [5] [18] sulle griglie di lavoro dei modelli, per tutte le specie chimiche coinvolte ed a cadenza oraria, da dati meteorologici provenienti dal modello meteorologico Italiano non idrostatico ad area limitata LAMI [12], delle condizioni iniziali ed al contorno provenienti da un modello a larga scala [14] [15] [19]. Il set di dati di verifica sarà costituito da dati di qualità dell'aria provenienti da stazioni di monitoraggio facenti parte della rete nazionale, raccolti e controllati da APAT in collaborazione con i Punti Focali Regionali. Il set di dati potrà essere distribuito a vari soggetti che avranno manifestato interesse a partecipare all'esercizio. I risultati delle simulazioni verranno valutati e confrontati tra loro calcolando vari indicatori statistici e rappresentando le mappe di inquinamento. Analogamente all'esercizio per le aree urbane i risultati verranno pubblicati su un rapporto tecnico del CTN indicando il nome del modello utilizzato e gli autori della simulazione, e potranno venire prodotte pubblicazioni scientifiche da parte dei partecipanti.

La attività dell'osservatorio dei modelli svolta nel corso del 2003 è stato l'aggiornamento della documentazione relativa a esperienze di modellistica di qualità dell'aria su scala regionale in corso o già giunte a compimento da parte di soggetti interni e esterni al sistema agenziale e riguardanti il territorio italiano. E' stata a tale scopo predisposta, e distribuita a un primo elenco di soggetti, una scheda informativa. Le esperienze raccolte potranno andare ad arricchire il sito di documentazione e le informazioni raccolte verranno utilizzate per la redazione delle Linee Guida.

Le relazioni col progetto CityDelta

Alcune indicazioni dei risultati che possono essere ottenuti da un esercizio di confronto tra modelli a scala regionale possono essere fornite dai risultati del già citato progetto City-Delta [13], promosso dal Centro Comune di Ricerca (JRC) nell'ambito del programma europeo CAFE (Clean Air For Europe), ed al quale partecipano molti istituti europei che applicano e sviluppano modelli di qualità dell'aria. Il gruppo di lavoro del progetto CTN-ACE ha quindi promosso una collaborazione con il gruppo di lavoro del progetto City Delta, dalla quale è nata la iniziativa di comunicazione sulla modellistica del 30 ottobre 2003 a Matera. L'iniziativa si propone di presentare alla comunità italiana le più recenti esperienze di applicazione di modelli di qualità dell'aria a scala regionale e di promuovere le iniziative del CTN-ACE nel campo modellistico, stimolando la partecipazione attiva della potenziale comunità di utenti all'aggiornamento e all'approfondimento delle linee guida per l'applicazione e l'uso di modelli.

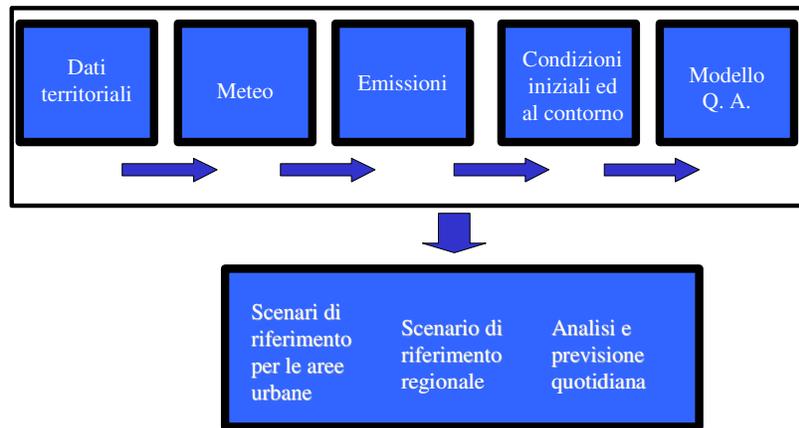


figura 1: schema a blocchi di una catena modellistica per la valutazione, gestione e previsione della qualità dell'aria.

Scheda 1: modelli da applicare nelle aree urbane ed a scala locale.

Requisiti generali:

- trattamento dei processi atmosferici di trasporto e diffusione, deposizione secca (eventualmente chimica semplificata), almeno 1000-2000 sorgenti di inquinamento;
- inquinanti: generico passivo (CO, NO₂, Benzene, frazione primaria di PM10);
- area di applicazione: aree urbane di piccole dimensioni, porzioni di agglomerati;
- dominio: circa 10x10 km²;
- periodo: 1 anno/semestre invernale;

Obiettivi di qualità dei dati:

- allegato X del DM 2 aprile 2002 n. 60 per la modellazione del biossido di zolfo, biossido di azoto, materiale particolato e piombo, benzene e monossido di carbonio

Modelli attualmente all'esame del gruppo di lavoro (*):

- Elevato n. di sorgenti: AIRVIRO, ADMS-URBAN, IMPACT,
- Adattabili a caso urbano: CALPUFF, SPRAY, WinDIMULA
- Solo archi stradali: CALINE-4,
- Solo street canyon: CFX-TASCflow, MERCURE (ora Aria Locale), OSPM, PROKAS-B, WINMISKAM

Dati di ingresso:

- emissioni di inquinanti da sorgenti stradali (lineari), industriali (puntuali) areali (civili diffuse)
- meteorologia su uno più punti stazione rielaborata da un preprocessore meteorologico unidimensionale o tridimensionale,
- condizioni iniziali ed al contorno da stazioni di qualità dell'aria o da un modello a scala regionale.

Scheda 2: modelli da applicare a scala regionale:

Requisiti generali

- trattamento dei processi atmosferici di: trasporto e diffusione, trasformazione fotochimica, deposizioni secche/umide (eventualmente formazione di particolato secondario)
- inquinanti: ozono, ossidi di azoto, (PM10);
- area di applicazione: tutto il territorio, agglomerati urbani.
- dominio: almeno 300 x 300 Km², griglie innestate
- periodo: 1 anno, semestre estivo

Obiettivi di qualità dei dati

- allegato VII della direttiva 2002/3/CE relativa all'ozono nell'aria;
- allegato X del DM 2 aprile 2002 n. 60 per la modellazione del biossido di zolfo, biossido di azoto, materiale particolato.

Modelli attualmente all'esame del gruppo di lavoro (**):

- con PM10: CAMx, CHIMERE, FARM, MODELS3-CMAQ,
- senza PM10: CALGRID, STEM, UAMV

Dati di ingresso:

- emissioni di inquinanti su una griglia regolare alla stessa risoluzione del modello ad intervallo orario, tutte le sorgenti, tutte le specie chimiche richieste dal meccanismo chimico del modello.
- Meteorologia: campi tridimensionali su tutto il dominio di applicazione del modello provenienti da un modello meteorologico completo o da un preprocessore meteorologico tridimensionale,
- condizioni iniziali ed al contorno da un modello fotochimico a scala superiore.

NOTE

(*) I modelli qui elencati a scopo esemplificativo sono, allo stato attuale, quelli presi in esame dal GDL CTN al fine della esecuzione della prima fase dell'esercizio di confronto tra modelli a scala urbana, in quanto in possesso dei requisiti generali per il trattamento di problemi in area urbana, consentendo in particolare di trattare simultaneamente un numero sufficientemente elevato di sorgenti.

(**) I modelli qui elencati a scopo esemplificativo sono, allo stato attuale, quelli presi in esame dal GDL CTN al fine della esecuzione della prima fase dell'esercizio di confronto tra modelli a scala regionale, in quanto in possesso dei requisiti generali per il trattamento di problemi su area vasta, consentendo in particolare di trattare i processi atmosferici di trasformazione chimica degli inquinanti.

Un elenco più ampio di modelli disponibili ed applicabili nelle aree urbane, extraurbane ed estese è compreso nella "Guida interattiva alla scelta dei modelli di dispersione ..." scenario 1 e scenario 2. (<http://www.sinanet.anpa.it/aree/atmosfera/qualità%20aria/progetti/GuidaWEB/default.htm>). Questo elenco è in corso di continuo aggiornamento da parte del CTN e comprende modelli di diversa complessità, per i quali sono note o documentate applicazioni e che risultano distribuiti in forma libera o commerciale. Sul sito di documentazione sono riportati i collegamenti al sito di documentazione dei modelli citati.

Riferimenti

Rapporti CTN-ACE

- [1] RTI CTN_ ACE 2/2000 “I modelli per la valutazione della qualità dell’aria”
- [2] RTI CTN_ ACE 1/2001 “Osservatorio dei modelli su smog fotochimico e ozono troposferico”;
- [3] RTI CTN_ ACE 4/2001 “Linee guida per la selezione e l’applicazione dei modelli di dispersione atmosferica per la valutazione della qualità dell’aria”
- [4] RTI CTN_ ACE 5/2001 “Metodi per la pre - elaborazione di dati di ingresso ai modelli tridimensionali di dispersione atmosferica“
- [5] RTI CTN_ ACE 3/2001 “linee guida agli inventari locali di emissioni in atmosfera”;

Indirizzi Internet

- [6] “Guida interattiva alla scelta dei modelli di dispersione nella valutazione della qualità dell’aria”:
<http://www.sinanet.anpa.it/aree/atmosfera/qualità%20aria/progetti/GuidaWEB/default.htm>
- [7] indirizzo del web CTN-ACE modellistica (documenti scaricabili):
<http://www.sinanet.apat.it/documentazione/default.asp#a> , voce “ATMOSFERA”
- [8] progetto CityDelta: <http://rea.ei.jrc.it/netshare/thunis/citydelta/>
- [9] EEA-ETC: MDS – Model Documentation System: <http://air-climate.eionet.eu.int/databases/mds.html>

Altri riferimenti

- [10] Deserti, M., Cattani, S., Poluzzi, V., (1998), “Il progetto di monitoraggio dell’ozono troposferico MOTER – MOTAP dell’Agenzia Regionale per la Prevenzione e l’Ambiente dell’Emilia – Romagna” in “Ozono e Smog Fotochimico”, Maggioli editore, Rimini, 131–167.
- [11] Deserti, et. al., (2001), IJEP, vol. 16, Nos1 – 6.
- [12] “COSMO News letters”, disponibili sul sito <http://www.cosmo-model.org>

Questo volume

- [13] " CITYDELTA: Uno studio europeo di intercomparazione di modelli a sostegno del programma CAFE sulla legislazione ambientale UE". C. Cuvelier, P. Thunis.
- [14]“ Le attività dell’EMEP per la modellazione della qualità dell’aria, gli inventari delle emissioni e l’analisi di scenario”; L. Tarrason.
- [15] " Il sistema PREV’AIR, un sistema operativo per le previsioni su vasta scala della qualità dell’aria sopra l’Europa; applicazioni a scala locale "; C. Honore.
- [16] “Ipotesi di una catena modellistica per la qualità dell’aria nel Bacino Padano Adriatico: esperienze in atto e prospettive”; F. Lollobrigida.
- [17] “Applicazioni di modelli di chimica e trasporto sull’area di Milano nell’ambito del progetto CITYDELTA”; G. Pirovano.

[18]“L'uso degli inventari delle emissioni per le applicazioni modellistiche”; E. Angelino.

[19]“Il Progetto MINNI: lo sviluppo di un Modello Integrato Nazionale a supporto della Negoziazione internazionale sui temi dell'Inquinamento atmosferico”; F. Monforti, G. Zanini.

[20]“Ozone Dynamics in the Mediterranean basin”, air pollution research report 78, edito a cura di M.M. Millàn, fundacion CEAM, Valencia, SP.

Quali modelli sulla qualità dell'aria per la nuova normativa ambientale?

Mario C. Cirillo

Responsabile Sezione Inquinamento atmosferico e ambiente urbano

Dipartimento Stato dell'ambiente e metrologia ambientale

APAT (Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici)

Un modello sulla qualità dell'aria è uno strumento che permette di stimare le concentrazioni in aria di inquinanti in una certa area e su un certo intervallo di tempo (o più intervalli consecutivi). Esistono differenti tipologie di modelli, diversissimi per complessità e campi di applicazione. In generale comunque per poter funzionare un modello deve disporre di alcune informazioni di ingresso, quali una schematizzazione fisico-chimico-matematica o statistica dei fenomeni di dispersione, trasformazione e deposizione (le *equazioni* del modello); una caratterizzazione del territorio (orografia, discontinuità terra-mare, rugosità ecc.); una descrizione dei venti e della turbolenza dell'atmosfera (*input meteorologico*); una caratterizzazione della dislocazione, delle caratteristiche e dell'entità delle fonti di emissioni (*inventario delle emissioni*).

I contesti normativi dove è richiesto l'uso di modelli sulla qualità dell'aria sono in continuo aumento, e tra questi vanno ricordati:

- la predisposizione degli Studi di Impatto Ambientale di opere soggette a VIA (DPCM 27 dic. 1988) con riferimento all'impatto dell'opera sottoposta a valutazione sull'ambiente atmosferico;
- la zonizzazione del territorio regionale ai fini della valutazione e gestione della qualità dell'aria (D. Lgs. 351/99 e DM 2 aprile 2002 n. 60)
- il monitoraggio della qualità dell'aria a integrazione delle misure (D. Lgs. 351/99 e DM 2 aprile 2002 n. 60);
- la predisposizione di piani e programmi di tutela e risanamento della qualità dell'aria (D. Lgs. 351/99 e DM 1 ott 2002 n. 261) con riferimento alla valutazione dell'efficacia delle misure di riduzione delle emissioni;
- la valutazione ambientale strategica (VAS) (Direttiva 2001/42/EC) con riferimento alla valutazione dell'impatto sulla componente atmosfera del piano o programma in valutazione.

Ci si è chiesto e si continua a dibattere se i modelli siano veramente utili e le risposte che danno corrette. Non esiste una risposta univoca a questo: dipende di *quale* modello si tratta, *dove* viene applicato e *chi* lo usa. In ogni caso, affinché un modello sulla qualità dell'aria funzioni bene, ovvero dia risposte adeguate e affidabili ai problemi in cui viene applicato, devono essere soddisfatte alcune condizioni fra cui acquistano particolare rilievo le seguenti:

- ✓ la *struttura del modello* deve essere *adeguata ai fenomeni* che descrive
- ✓ deve avere *buoni dati di ingresso* (emissioni, meteorologia, caratteristiche del territorio)

- ✓ ci vuole *personale tecnico qualificato* per il corretto uso e la giusta interpretazione dei risultati del modello

Ci sono alcuni contesti in cui i modelli sono indispensabili, come quando per esempio è necessario prevedere l'impatto futuro di decisioni su fonti di emissione (studi di VIA, piani e programmi, VAS); i modelli inoltre si possono rivelare molto utili quando possono surrogare/complementare le misure con risposte accettabili e riduzione degli oneri complessivi (monitoraggio, zonizzazione). D'altra parte, c'è sempre il rischio che l'uso di un modello sia controproducente: questo accade quando non viene usato in maniera appropriata (è sempre e solo un problema di "errore umano").

E' ancora presente una certa "competizione" tra chi misura e chi usa i modelli: in realtà i due strumenti sono complementari in quanto le misure sono in genere più precise ed accurate, ma riproducono la qualità dell'aria solo relativamente al punto in cui si misura; viceversa i modelli sono in genere meno precisi ed accurati, ma descrivono l'intero campo di concentrazione su tutta l'area di interesse. Non a caso la normativa, soprattutto quella più recente, insiste giustamente sulla necessità di *combinare in maniera equilibrata* le misure con i modelli

Quali modelli per la nuova normativa ambientale?

E' necessario accelerare il processo per cui i modelli sulla qualità dell'aria non siano più strumenti per pochi addetti ai lavori, allo scopo di permetterne un uso consapevole e proficuo nei diversi contesti ambientali che ne prevedono l'applicazione.

I principi che dovrebbero stare sopra lo sviluppo e l'utilizzo dei modelli sulla qualità dell'aria

Parsimonia:

Se una decisione si può utilmente prendere sulla base di un *modello più semplice*, anche se meno accurato, è inutile utilizzare un modello più complesso e quindi più oneroso

Adeguatezza:

Lo strumento utilizzato deve *contemporaneamente*: essere adeguato a descrivere i fenomeni di cui ci si occupa, disporre di dati di ingresso adatti, essere ben conosciuto da chi lo adopera

Trasparenza:

Occorre assicurare la *tracciabilità* dell'utilizzo fatto del modello in modo che possano essere ricostruiti tutti i passi che hanno portato a certe conclusioni

Trasferibilità:

Le informazioni devono essere comunicate in maniera efficace e facilmente comprensibile anche da non addetti ai lavori, al fine di facilitare le decisioni da parte dei diversi soggetti coinvolti nel processo

I vincoli

- ✓ Lo sviluppo e l'applicazione dei modelli più complessi, quali quelli che simulano la formazione e la successiva evoluzione di inquinanti quali l'ozono e il particolato, ha

costi molto alti, e non si può pensare che tutte le realtà locali siano in grado di disporre e di operare routinariamente con questi strumenti

- ✓ Non esiste una procedura consolidata di QA/QC per i modelli – ma forse il principio di trasparenza può aiutare.
- ✓ Ci sono forti eterogeneità di capacità operativa con modelli tra le diverse realtà regionali (come a livello europeo tra i diversi stati membri).
- ✓ Permangono forti problemi per integrare la descrizione a larga scala con quella a scala locale e a microscala: a scala europea manca una conoscenza dei livelli di picco (*hot spot*).
- ✓ La maggiore fonte di incertezza generalmente riconosciuta sono i dati sulle emissioni.

Le cose da fare

- Formare modellisti qualificati (soprattutto utenti; a livello di ricerca in Italia ci sono ottimi specialisti, ma come in altri campi c'è un *gap* tra le attività di base e l'effettivo utilizzo di strumenti applicativi): è necessario uno sforzo congiunto e coordinato delle Università e degli altri Enti interessati (primo fra tutti il Sistema delle Agenzie Ambientali).
- Far sì che i centri di eccellenza per lo sviluppo e/o l'utilizzo di modelli più avanzati possano mettere a disposizione strumenti e competenze per le altre realtà locali.
- Assicurare in tutte le realtà locali la presenza di modellisti-utenti che si interfaccino utilmente con i centri di eccellenza nella fase di elaborazione e assicurino una fruizione efficace dei risultati nella propria realtà
- Favorire l'integrazione tra i "modellisti" e i "misuratori".
- Disporre di dati di ingresso più completi e di miglior qualità – soprattutto i censimenti delle emissioni.
- Incrementare la disponibilità di data set sperimentali particolarmente concepiti per la validazione dei modelli.
- Indicare i modelli da utilizzare per studi di VIA e per piani di risanamento.

Il particolato atmosferico nei Paesi UE.

Cosa sappiamo, quali tendenze sono in atto, quali problemi restano aperti nell'immediato futuro

Gabriele Zanini
ENEA PROT INN, Bologna
zanini@bologna.enea.it

Dalla primavera 2002 è in corso la revisione del Position Paper sul particolato atmosferico. Il processo riveste importanza particolare sia perché si tratta del primo Position Paper in revisione sia per le problematiche connesse all'inquinamento da PM.

Nella presentazione si fornisce una carrellata dei temi in discussione, delle questioni che si imporranno all'attenzione dei Paesi UE nel prossimo futuro e si indicano alcune questioni più specificamente legate all'assetto tecnico scientifico del nostro Paese.

La bozza del Position Paper, l'analogo documento in preparazione negli USA e alcuni documenti presentati al recente Workshop di Stoccolma dedicato a presentare la bozza agli stakeholders si trovano sul sito:

<http://www.itm.su.se>

alla voce Newsboard.

Gabriele Zanini è membro del CAFE Working Group on Particulate Matter su incarico del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio.

L'uso degli inventari delle emissioni per le applicazioni modellistiche

Elisabetta Angelino⁽¹⁾, Giuseppe Fossati⁽¹⁾, Riccardo Liburdi⁽²⁾, Riccardo De Lauretis⁽²⁾

⁽¹⁾ ARPA Lombardia, ⁽²⁾ APAT

Introduzione

I modelli di dispersione richiedono diversi tipi di dati ed uno di questi è rappresentato dalla caratterizzazione delle emissioni presenti nell'area di studio. Principali fonti per il reperimento di queste informazioni sono gli inventari di emissione che vengono predisposti sia su scala nazionale dall'APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici), sia su scala locale (regionale, provinciale etc.) dai relativi enti di competenza.

Il dato di emissione rappresenta generalmente uno dei dati di ingresso più complessi da ottenere sia per l'esiguità di inventari locali disponibili sul territorio nazionale sia per la complessità delle elaborazioni da operare sul dato proveniente dagli inventari, in quanto generalmente non dotato di dettaglio (spaziale e temporale) tale da essere direttamente fruibile da un modello.

In questo ambito il Centro Tematico Nazionale Atmosfera Clima ed Emissioni in aria (CTN_ACE) ha svolto e sta svolgendo nell'ambito di varie *task* diverse attività finalizzate a migliorare la disponibilità di dati su scala locale per l'intero territorio nazionale. La presente relazione desidera descrivere le criticità connesse con l'utilizzo dei risultati di un inventario per le applicazioni modellistiche e presentare i principali contributi in questo ambito forniti dal CTN_ACE in questi anni.

Informazioni generalmente presenti negli inventari di emissione e quelle richieste dai modelli

Gli inventari di emissione vengono definiti dal D.M. del 20 Maggio 1991 come “una serie organizzata di dati relativi alla quantità di inquinanti introdotti in atmosfera da sorgenti naturali e/o da attività antropiche”. La principale finalità di un inventario di emissioni consiste nel fornire una stima quantitativa della pressione emissiva che insiste su un determinato territorio, di collocare spazialmente le varie sorgenti presenti al fine di individuare su quali fonti può essere più efficace o prioritario agire per ridurre sull'intera area o su porzioni della stessa la formazione dell'inquinante di interesse o dei suoi precursori, nel caso di inquinanti secondari come l'ozono.

Gli inventari di emissione si distinguono in base a diversi parametri: scala territoriale, tipologia di fonti di emissione e attività emissive considerate, specie inquinanti trattate, approccio metodologico (top-down e bottom up) e si rimanda per una trattazione dettagliata alle “Linee Guida per la predisposizione di inventari locali” (CTN_ACE 3/2001).

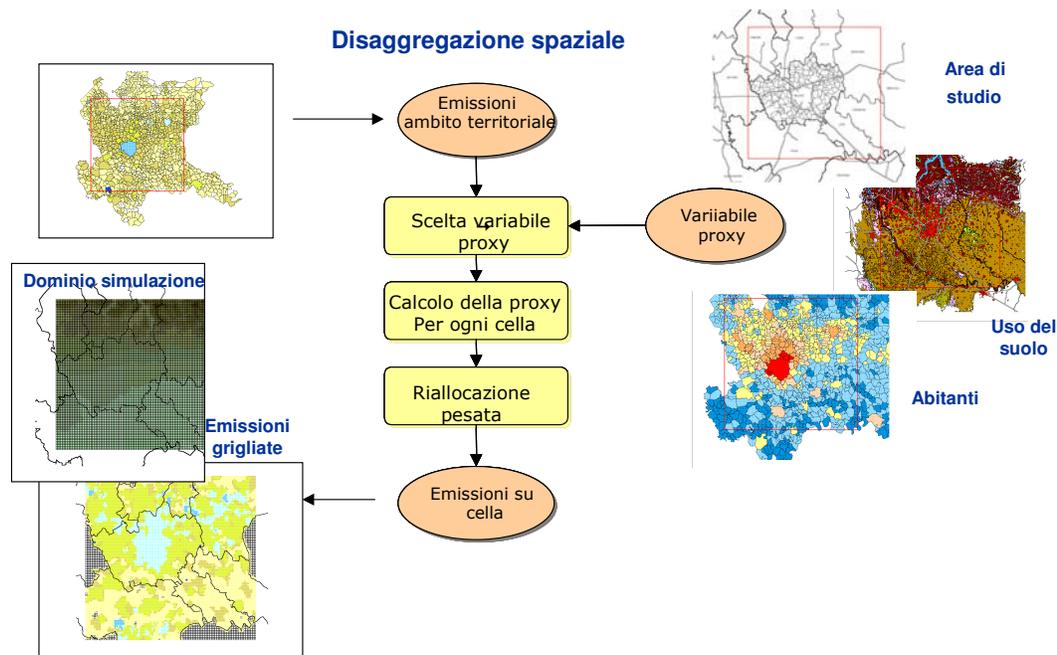
Un inventario di emissioni fornisce generalmente stime di emissioni:

- su base annuale;
- a dettaglio al più comunale (nel caso di inventari provinciali e regionali);
- per inquinanti “tradizionali” (SOX, NOX, CO) e talvolta per il particolato trattato come totale o al più distinguendo la componente PM10 e per composti organici volatili trattati complessivamente o al più con distinzione del metano;
- totali derivante da tutte le fonti naturali e antropogeniche e/o o suddivisi per tipo di processo/attività alla base della produzione (traffico, combustione, agricoltura, rifiuti etc.)
- totali da tutte le sorgenti oppure talvolta suddivise per tipologia di sorgente puntuali e diffuse

I modelli di dispersione numerici per lo studio di inquinanti reattivi, prendendo il caso più complesso ma più significativo ai fini di evidenziare al meglio tutte le criticità, richiedono invece valori orari di emissione per l'intero periodo di simulazione, specificati per ciascuna cella del grigliato, e per circa una ventina di specie contenenti o specie chimiche singole o specie-gruppo, cioè trattano come un'unica specie chimica gruppi di composti simili per struttura e reattività. Analogo discorso vale per le emissioni di particolato riguardo alle quali, nel caso si desideri modellare questa classe di inquinanti, è necessario conoscere la distribuzione per classi granulometriche (di particolare interesse la conoscenza delle particelle più fini) e la composizione chimica.

I processori per la predisposizione delle emissioni per i modelli tridimensionali hanno il compito di elaborare le emissioni provenienti dagli inventari secondo la tipologia di informazioni e formato richiesti dal modello. In particolare devono consentire di effettuare :

- l'allocazione spaziale per permettere il passaggio dall'ambito territoriale più piccolo su cui è disponibile il dato di emissione (es. comune) alla cella;
- la disaggregazione temporale per permettere di ricondurre le stime da base annuale a oraria;
- la speciazione per trasformare le informazioni complessive di COV e PTS in specie-gruppo richieste dal modello
- la ripartizione granulometrica per ricavare le stime di PTS in classi granulometriche secondo le richieste dal modello



Per una trattazione dettagliata si rimanda al quaderno tecnico predisposto dal CTN_ ACE “Metodi per la pre-elaborazione di dati di ingresso ai modelli tridimensionali di dispersione atmosferica” a titolo di esempio si riporta uno schema relativo alla disaggregazione spaziale.

I contributi delle attività del CTN_ ACE

In questi anni il CTN_ ACE ha svolto e sta svolgendo nell’ambito di varie *task* diverse attività finalizzate a migliorare la disponibilità di dati su scala locale per l’intero territorio nazionale. L’esigua disponibilità di inventari Locali costituisce indubbiamente il principale scoglio nella predisposizione dell’input emissivo specie per applicazioni modellistiche su bacini estesi, coinvolgenti più di una regione per esempio. Infatti mentre le trasformazioni dei dati da effettuare a valle di un inventario sono molto complesse, specie per il reperimento di profili di disaggregazione, ma abbastanza note ed esistono in Italia numerosi e validi esempi di processori e di applicazione degli stessi, il reperimento di dati di emissioni su scala locale rappresenta tuttora un problema aperto. Inoltre anche nel caso che vi siano inventari di emissione presenti sull’area, difficilmente questi ultimi hanno caratteristiche omogenee (anno di riferimento, inquinanti presi in esame, approccio metodologico) e quindi le operazioni di saldatura, ammesso siano possibili, per la definizione di un input emissivo omogeneo sono comunque non banali.

I principali contributi forniti dal CTN_ ACE in questi anni nell’ambito di più *task* a cui hanno partecipato referenti dell’APAT, diversi IPR e agenzie regionali (fra parentesi

viene indicata la composizione dei gruppi di lavoro, con evidenziata l’Agenzia coordinatrice di task) possono essere qui sintetizzate:

- ⇒ monitoraggio della disponibilità di inventari di emissione locali:
- ⇒ risultati dell’indagine conoscitiva degli inventari locali del I triennio CTN-ACE, 2000. “Inventari locali di emissioni in atmosfera: prima indagine conoscitiva”, RTI CTN-ACE 1/2000 (ARPA Toscana, APPA Bolzano, ANPA)
- ⇒ in corso un aggiornamento dell’indagine (ARPA Toscana, ARPA Lombardia, ARPA Liguria, ARPA Campania, APAT)
- ⇒ supporto e indirizzo nel progetto, sviluppo e gestione di inventari locali:
- ⇒ quaderno tecnico “Linee Guida per la predisposizione degli inventari locali” nel I triennio (ARPA Toscana, ARPA Lombardia, ANPA, ENEA)
- ⇒ in ultimazione versione ipertesto (ARPA Toscana, ARPA Lombardia, ARPA Liguria, ARPA Campania, APAT)
- ⇒ armonizzazione di metodi e dati in uso negli inventari di emissione:
- ⇒ manuale dei fattori di emissione nazionale nel I triennio (ARPA Toscana, ARPA Lombardia, ANPA, ENEA, CESI),
- ⇒ in ultimazione nuova versione su web (ARPA Toscana, ARPA Lombardia, ARPA Liguria, ARPA Campania, APAT)
- ⇒ supporto e indirizzo nella predisposizione input modelli tri-dimensionali:
- ⇒ quaderno tecnico “Metodi per la pre-elaborazione di dati di ingresso ai modelli tridimensionali di dispersione atmosferica” (ARPA Emilia Romagna, ARPA Lombardia, Università di Brescia, CNR, ENEA) e pagine dedicate al tema nell’”Osservatorio Modelli” (ARPA Emilia Romagna, ARPA Toscana, ARPA Piemonte, APPA Bolzano, ENEA, ENEL, ANPA)
- ⇒ approfondimento pagine dedicate input emissioni dell’Osservatorio (ARPA Emilia Romagna, ARPA Piemonte, ARPA Lombardia, APAT)
- ⇒ elaborazione dati omogenei su scala locale per tutto il territorio nazionale:
- ⇒ è in corso la disaggregazione dell’inventario nazionale su base provinciale (ARPA Lombardia, ARPA Toscana, ARPA Lazio, ARPA Basilicata)

Le attività dell'EMEP per la modellazione della qualità dell'aria, gli inventari delle emissioni e l'analisi di scenario.

Leonor Tarrasón

Istituto Meteorologico Norvegese-Sezione Inquinamento Atmosferico/Dipartimento di Ricerca

(Riassunto e traduzione a cura di Marco Deserti)

Il programma di cooperazione per il monitoraggio e la valutazione del trasporto a larga scala degli inquinanti atmosferici in Europa (EMEP) è uno strumento basato sulla scienza e guidato dalla politica. È finalizzato a facilitare la risoluzione dei problemi di inquinamento transfrontaliero attraverso la cooperazione internazionale sul monitoraggio e la modellazione della qualità dell'aria, la redazione di inventari delle emissioni e la loro proiezione al futuro e la valutazione integrata. Da questo punto di vista il programma fornisce linee guida per sviluppare e valutare le politiche ambientali sulla base di evidenze scientifiche. Vengono inoltre stabilite collaborazioni internazionali per trovare soluzioni ai problemi ambientali ed è incoraggiato l'uso aperto delle risorse e dei prodotti intellettuali. EMEP è trasparente e fornisce informazioni ed esperienza attraverso programmi di ricerca, esperti di varie istituzioni, organizzazioni nazionali ed internazionale ed accordi ambientali. EMEP è organizzato in modo da integrare le informazioni sulle emissioni di inquinanti e sulla qualità dell'ambiente, sugli effetti e sulle opzioni di riduzione e per fornire le basi per la soluzione dei problemi di inquinamento.

Il lavoro del programma EMEP nell'ambito della convenzione sull'inquinamento transfrontaliero a larga scala (CLTRAP) è coordinato da uno Steering Body, che si avvale di una segreteria organizzativa e di un ufficio centrale per coordinare il lavoro di tre task force (TFEIP, TFIAM e TFMM) e di quattro centri operativi (CCC, CIAM, MSC-E e MSC-W).

La filosofia di lavoro è basata sulla progettazione di azioni di controllo ambientale finalizzate ad ottenere la massima protezione dell'ambiente col minor costo economico, secondo i criteri dello sviluppo sostenibile.

Il primo protocollo della convenzione EMEP LTRAP (Protocol on Long-term Financing of the Cooperative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmission of Air Pollutants in Europe) fu firmato nel 1984 da 40 paesi ed è in vigore dal 28 gennaio 1988. A questo primo protocollo quadro, ne seguirono altri quali:

- il protocollo del 1999 per abbattere l'acidificazione, l'eutrofizzazione e l'ozono al suolo, firmato da 31 paesi e ratificato da 6, non ancora in vigore;
- il protocollo del 1998 sugli inquinanti organici persistenti (POPs); firmato da 36 paesi e ratificato da 17, è in vigore dal 23 ottobre 2003;
- il protocollo del 1998 sui metalli pesanti, firmato da 36 paesi e ratificato da 16, sarà in vigore a partire dal 29 dicembre 2003;

- il protocollo del 1994 per ulteriori riduzioni delle emissioni di zolfo, firmato da 25 paesi, è in vigore dal 5 agosto 1998;
- il protocollo del 1991 concernente il controllo delle emissioni di composti organici volatili ed i loro flussi transfrontalieri, firmato da 21 paesi, è entrato in vigore dal 29 settembre 1997;
- il protocollo del 1998 concernente il controllo degli ossidi di azoto ed i loro flussi transfrontalieri, è entrato in vigore dal 14 febbraio 1991,
- il protocollo del 1985 sulla riduzione delle emissioni di zolfo e dei loro flussi transfrontalieri almeno al 30 per cento, firmato da 22 paesi, in vigore dal 2 settembre 1987:

Nell'ambito della cooperazione con la Commissione Europea, l'approccio integrato è stato applicato anche per supportare le politiche europee, come nel caso della direttiva figlia sull'ozono e della direttiva sulle massime emissioni nazionali (direttiva NEC), ed è tuttora applicato per alcune procedure normative in fase di emanazione, come la revisione 2004-2005 delle direttive del programma CAFE (Clean Air For Europe) e la revisione 2005-2006 del protocollo di Gothenburg.

In particolare la revisione delle direttive nell'ambito del programma CAFE è in stretta relazione con le evidenze scientifiche poste in rilievo dal lavoro della Convenzione. Per quanto riguarda il trasporto su lunga distanza degli inquinanti atmosferici la segreteria di CAFE e l'ufficio del corpo esecutivo della Convenzione si incontrano regolarmente per aggiornarsi reciprocamente sui nuovi risultati e concordare le linee di azione scientifica. Lo scambio e la cooperazione scientifica con le task force dell'EMEP e la rete EIONET avviene attraverso gli incontri organizzati dall'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA). In particolare gli incontri del gruppo EIONET-TFEIP per le emissioni, e del gruppo EIONET-TFMM per il monitoraggio e la modellazione. Un ulteriore punto di contatto è dato dall'iniziativa CITY DELTA e dall'uso del modello RAINS – EMEP per i calcoli della valutazione integrata.

Il programma EMEP fornisce inoltre agli esperti nazionali una serie di supporti quali: un forum di discussione e di scambio di informazioni, dati e calcoli, eseguiti con frequenza regolare, relativi allo stato dell'ambiente a livello europeo e rilevanti per studiare l'impatto degli inquinanti sugli ecosistemi e sulla salute. Dati ed informazioni relativi al contributo di altri paesi europei ai livelli di inquinamento di un determinato paese, proiezioni dei livelli futuri di inquinamento dovuto al trasporto transfrontaliero, calcoli eseguiti dal modello di valutazione integrato RAINS a supporto dei negoziati per la revisione della legislazione e degli accordi internazionali. In questo modo il programma EMEP fornisce informazioni rilevanti per lo sviluppo delle strategie nazionali a per seguire la applicazione dei protocolli e delle direttive.

Gli esperti nazionali contribuiscono al programma EMEP ad allo sviluppo delle strategie internazionali di controllo delle emissioni fornendo i dati relativi alle emissioni, alle attività che le producono e sulle proiezioni future, fornendo i dati relativi all'inquinamento atmosferico nei siti di fondo. Attraverso la partecipazione alle discussioni sulle politiche ambientali gli esperti nazionali mettono in evidenza i problemi scientifici specifici per il loro paese d'origine, valutano le conseguenze degli scenari emissivi per i rispettivi paesi, proponendo eventualmente soluzioni alternative che tengano conto degli interessi nazionali. Gli esperti nazionali contribuiscono inoltre a

revisionare i modelli EMEP e RAINS ad allo sviluppo scientifico dei modelli europei di qualità dell'aria.

La collaborazione tra i programmi CAFE ed EMEP segue la linea di fornire informazioni sulle emissioni necessarie come dato di ingresso. Una parte importante dei dati di emissione forniti dal CLRTAP nell'ambito del programma EMEP, è anche richiesta dalla direttiva NEC sui limiti nazionali alle emissioni, (si veda il sito <http://webdab.emep.int> per questi dati). Vengono inoltre organizzati incontri comuni di esperti tra la rete TFEIP-EIONET ed uno sforzo crescente viene dedicato al miglioramento della qualità dei dati di emissione. A questo scopo è stato creato un gruppo di esperti sulla verifica, un gruppo sul particolato (PM) ed un gruppo di rassegna. Si cerca anche di sensibilizzare maggiormente le autorità e gli esperti nazionali sulla necessità di dati di emissione di buona qualità.

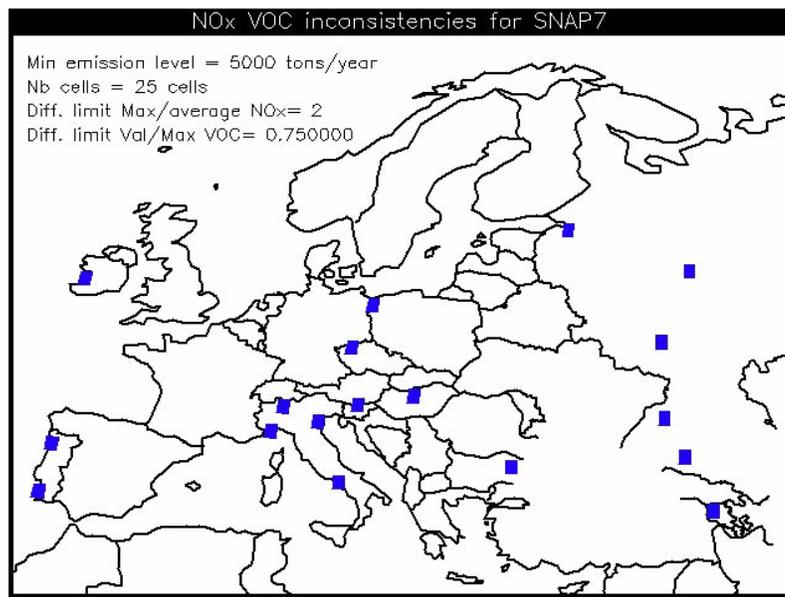
La tabella seguente riporta lo stato degli inventari delle emissioni forniti dai vari paesi ad EMEP. Va sottolineato come EMEP utilizzi solo dati forniti in via ufficiale dagli stati aderenti.

	CD - I 2000	CD -II 2002
Czech Republic	MSC-W scaled GT 96 + ST 1999	New MSC-W scale GT 01 + ST 1999 new
Denmark	MSC-W scaled CorinairC90 + ST 1999	Official report GS 1999
France	MSC-W scaled GT 95 + ST 1999	New MSC-W scale GT95 + ST 1999 +LPS 95
Germany	Official report GS 1999	Official report new GS 1999
Italy	MSC-W scaled GT 90 +ST 95 +NT 99	New MSC-W scale GT 90 +ST 95 +NT 99
Russia	MSC-W scaled GT 96 + Default ST + NT 99	New MSC_W scale GT 2000 + ST 99
Spain	Official report GS 96 + ST 99	Official report GS 02 + ST 99
United Kingdom	MSC-W scaled KO95 + ST99	Official report GS 02 + ST 99

Dove: NT (National Total) rappresenta il quantitativo totale annuo di emissioni, ST (Sector Total) rappresenta il quantitativo totale annua per i vari settori, GT (Gridded Total) rappresentano le emissioni totali assegnate alla griglia di lavoro EMEP, GS (Gridded Sector) rappresentano le emissioni totali per ciascun settore assegnate alla griglia di lavoro EMEP.

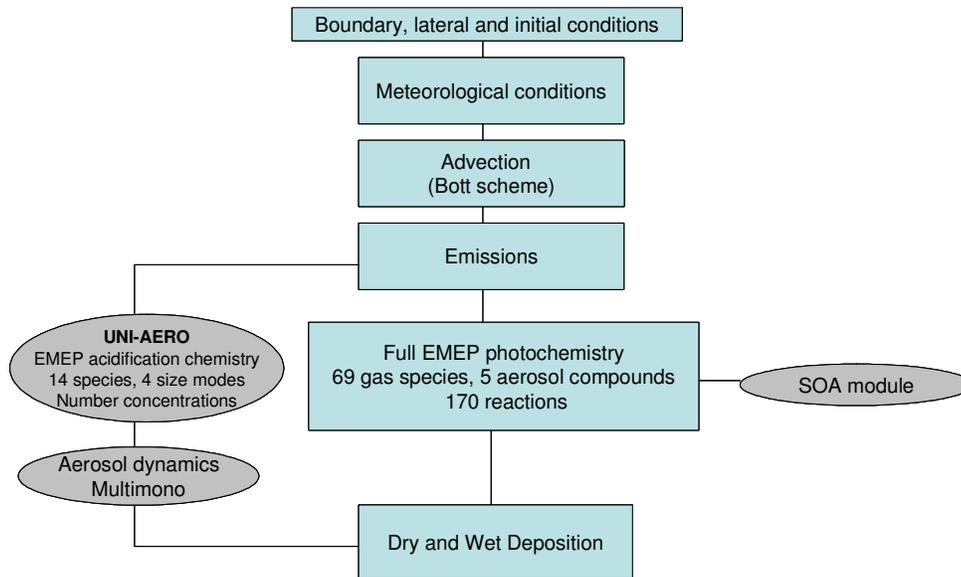
“MSC – W scaled” indica i dati che sono stati distribuiti sulla griglia a cura del centro operativo EMEP MSC-W, mentre i dati assegnati alla griglia dai rispettivi paesi sono indicati come “official report”. Lo scopo dell’inventario EMEP è quello di ottenere le emissioni su una griglia di lavoro omogenea di circa 50 km di lato, per i settori specifici (GS).

Dalla tabella si nota come per l’Italia, in analogia ad altri paesi, la assegnazione dei dati di emissione alla griglia di lavoro EMEP per i vari settori sia stata eseguita dal centro operativo MSC-W, sulla base dei dati di griglia totali riferiti al 1990, del totale relativo ai vari settori relativo al 1995 e sul totale nazionale riferito al 1999. Questa disomogeneità di riferimenti temporali genera problemi di coerenza dell’inventario delle emissioni. Le aree del dominio di lavoro sulle quali sono state osservati problemi di inconsistenza dei dati sono evidenziate nella figura successiva:



La natura delle inconsistenze dei dati per l’area di Milano riguarda principalmente le emissioni di ossidi di azoto dovuto al traffico, sia nella distribuzione nello spazio delle emissioni, che nella quantità totale di emissioni attribuite all’area dalle diverse stime. Queste inconsistenze possono dare origine a raccomandazioni errate sugli effetti delle varie opzioni di controllo dei VOC rispetto agli NOx per Milano.

EMEP ha messo a punto un modello definito EMEP UNIFIED la cui struttura schematica è rappresentata nella figura successiva:



La prima versione del modello (EMEP Unified Model I) ha una risoluzione orizzontale a scala regionale di $50 \times 50 \text{ km}^2$ per un totale di 170×133 celle di griglia centrate sull'Europa. La risoluzione verticale è di 20-livelli η fino a 100 hPa e di 10 livelli nello strato superficiale PBL. L'input meteorologico off line è fornito ogni 3 ore dal modello HIRLAM, le condizioni al contorno possono essere scelte in modo flessibile tra il modello CTM2 o in base ai dati climatologici di ozono. Di solito vengono utilizzate le condizioni al contorno climatologiche. Le emissioni di SO_x, NO_x, NH₃, VOC, CO provengono dall'inventario EMEP, mentre PM_{2.5} e PM₁₀ derivano dal progetto CEPMEIP del TNO.

La seconda versione del modello (EMEP Unified Model II) contiene un meccanismo chimico a due stadi ed un sistema flessibile che consente di trattare tutte le specie (GENCHEM). La chimica è trattata con il meccanismo UNI - OZONE EMEP (69 specie, 170 reazioni) per la fotochimica, UNI - ACID EMEP (10 componenti) per l'acidificazione, UNI - AERO per il particolato, che utilizza la chimica dell'acidificazione EMEP, EQSAM per l'equilibrio chimico e Multimono per la dinamica dell'aerosol (14 specie, 4 modi).

Le deposizioni secche vengono trattate con il metodo della resistenza, viene considerata la rimozione stomatale per tutti i gas, incluso l'ozono, e la dipendenza dalle dimensioni del materiale particolato.

La deposizione umida considera i rapporti di rimozione EMEP, dipende dalla precipitazione e per il materiale particolato dipende anche dalle dimensioni e dalla solubilità.

L'avvezione utilizza uno schema di chiusura della turbolenza del 4° ordine di Bott (2° ordine in verticale) e consente un controllo flessibile del passo temporale.

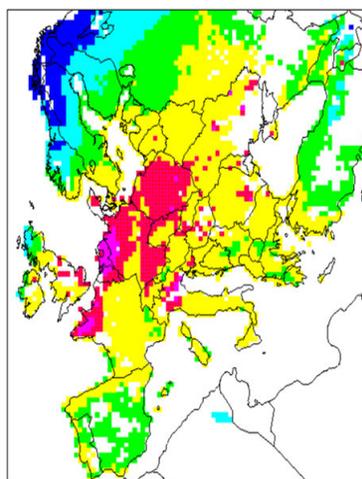
Le simulazioni di lungo termine vengono eseguite per valutare il successo delle strategie di riduzione delle emissioni. Sia le simulazioni che i dati sperimentali mostrano un trend in diminuzione della concentrazione in aria di SO₂ e SO₄ dal 1990 al 2000.

Il confronto tra le serie temporali dei massimi giornalieri di ozono modellati nel 1995 e nel 2000 mostra in generale un buon accordo con i dati sperimentali. I valori massimi estivi di ozono risultano superiori nel 2000 rispetto al 1995 in alcune stazioni, stazionari in altre ed in diminuzione in altre ancora. Maggiori risultano invece le incertezze relative alla simulazione del materiale particolato attraverso lo schema UNI-AERO nel 2002 confrontato con le misure della rete EMEP. Anche la composizione chimica dell'aerosol viene modellata e confrontata con le misure sperimentali. La relazione sorgente ricettore viene calcolata per valutare gli effetti delle riduzioni di emissione in diverse regioni.

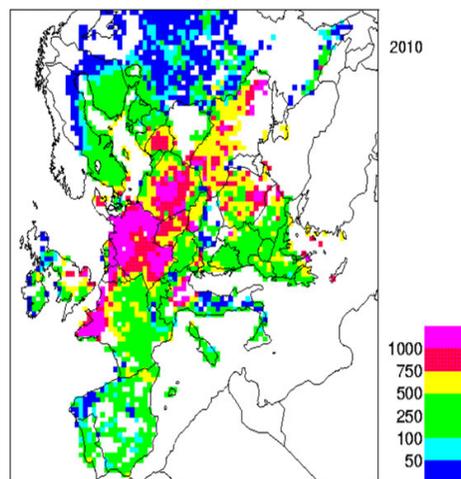
Il superamento dei carichi critici permette di valutare gli effetti generali e su specifici ecosistemi, quali gli ecosistemi forestali ad esempio. La proiezione al 2001 mostra come riportato nella figura successiva, il superamento del carico critico per l'azoto nutriente ed eutrofizzante in estese aree europee, compreso il nord Italia.

Exceedances to critical loads

Total exceedance and ecosystem specific exceedances

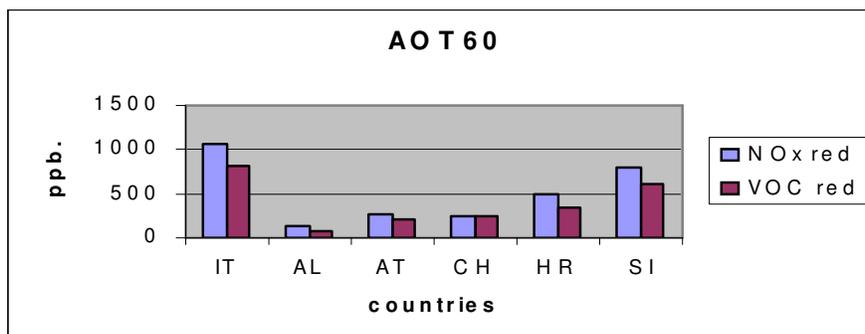
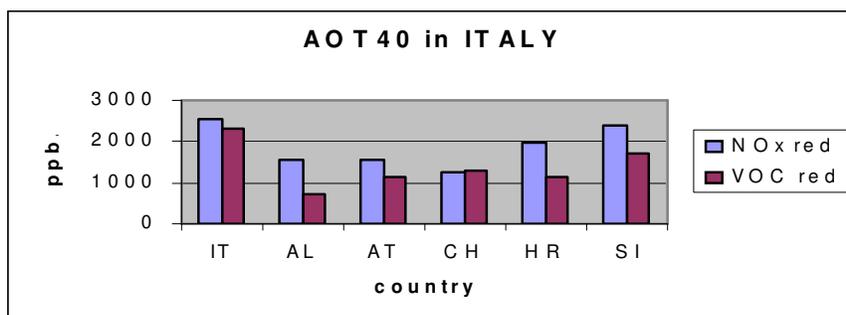


**2010 N deposition
to forest ecosystems**



**2010 Eutrophication
exceedances**

La stima della diminuzione dei livelli di ozono (AOT40 e AOT60) dovuta ad una riduzione del 25 % delle emissioni di VOx and NOx mostra come i livelli restino comunque critici in Italia, rispetto ad altri paesi europei.



In conclusione il programma EMEP costituisce un forum per lo scambio di informazioni e la costruzione di strumenti modellistici e di dati di input affidabili, necessari a sviluppare le strategie di controllo dell'inquinamento atmosferico. Il programma EMEP da 20 anni rende disponibili una vasta gamma di informazioni relative a tutta Europa, sulle emissioni inquinanti, la concentrazione in aria e le deposizioni umide misurate e modellate, curve dei costi e valutazione delle opzioni di riduzione dell'inquinamento.

Il modello EMEP fornisce informazioni sull'inquinamento di fondo in Europa e della porzione di inquinamento regionale che si origina nei paesi confinanti (per situazioni passate, presenti e future).

Queste informazioni sono disponibili sul sito: <http://www.emep.int>.

È molto importante sottolineare come le esperienze nazionali dovrebbero essere sostenute per fornire alle autorità dei singoli paesi informazioni rilevanti sul livello di rispetto della legislazione esistente e degli accordi internazionali sulla qualità dell'aria, fornire argomenti per sostenere le posizioni nazionali nel negoziato internazionale per la revisione della legislazione esistente e degli accordi internazionali, emanare raccomandazioni sulle strategie e sulle misure che potrebbero essere implementate a livello nazionale per rispettare i livelli di protezione dell'ambiente.

CITYDELTA: Uno studio europeo di intercomparazione di modelli a sostegno del programma CAFE sulla legislazione ambientale UE

Cornelis Cuvelier e Philippe Thunis

Istituto per l'Ambiente e la Sostenibilità, Centro Comune di Ricerca (JRC-IES), Ispra, Italia

Introduzione

Un esercizio aperto di inter-comparazione di modelli (CityDelta) è stato promosso dal JRC-IES in collaborazione con EMEP1, con IIASA2 e EUROTRAC3 per esplorare il presente (1999) e il futuro (2010) della qualità dell'aria urbana predetta da vari modelli atmosferici di chimica trasporto e dispersione. L'intercomparazione di modelli si concentra su livelli ambientali a lungo termine di materiale particolato (12 mesi) e di ozono (6 mesi), nelle 8 città europee: Berlino, Copenaghen, Katowice, Londra, Marsiglia, Milano, Parigi e Praga.

Lo scopo di CityDelta 4 è di fornire una guida su come la qualità dell'aria potrebbe essere implementata in una valutazione, estesa a tutta Europa, delle strategie di controllo delle emissioni efficaci dal punto di vista dei costi. CAFE (Clean Air For Europe) si attende di ottenere dai modelli di valutazione integrata informazioni sul bilancio costi – benefici tra le misure di controllo delle emissioni, che potrebbero essere adottate a livello della Comunità Europea, e le misure che dovrebbero essere preferibilmente lasciate alle Autorità locali delle città. Per realizzare questo compito di valutazione integrata le questioni centrali sono:

- Qual è l'influenza delle azioni locali di controllo delle emissioni rispetto a quelle regionali su indicatori rilevanti per la salute per le particelle fini (PM10, PM2.5) e per l'ozono in aria urbana ?
- Come differiscono le previsioni ottenute utilizzando modelli a scala regionale dalle previsioni ottenute utilizzando modelli a scala più dettagliata ?
- Qual è il grado di accordo tra diversi modelli fotochimici di dispersione nella valutazione della risposta ai cambiamenti nelle emissioni ?
- Qual è la gamma di variabilità della qualità dell'aria nelle città in risposta a cambiamenti simili nelle emissioni ?

Queste domande suggeriscono a CityDelta di concentrarsi sull'interpretazione di diversi intervalli (nelle emissioni, tra modelli, tra le città o tra le varie scale dei modelli), lo scopo finale è quello di fornire raccomandazioni su come includere la qualità dell'aria urbana nella creazione di modelli di valutazione integrata.

Metodologia

La comparabilità tra risultati del modello è assicurata solo se i modelli hanno operato in condizioni simili. Per ottenere questo risultato, le stesse emissioni e l'anno meteorologico (1999) sono stati imposti a tutti i modelli partecipanti. In riferimento alle

emissioni, gli inventari, che sono stati forniti sia a scala locale (città) sia a scala regionale (EMEP-TNO5), sono stati combinati per coprire una zona di 300x300 km² sulla quale è stato richiesto di fornire i risultati. Il modello Euleriano EMEP4 è stato utilizzato per fornire condizioni al contorno per tutte le aree urbane.

In parallelo con l'inter-comparazione è stata eseguita per il caso base 1999, una valutazione delle prestazioni del modello rispetto ai dati di monitoraggio. I dati monitorati per le varie città (O₃, NO₂, NO, PM₁₀ e alla fine PM_{2.5}) sono stati compilati con l'aiuto delle organizzazioni locali e resi disponibili ai partecipanti del CityDelta.

Gli scenari di emissione per il 2010 sono stati preparati da IIASA con riduzioni di emissione specifiche per ogni paese, sostanza inquinante e settore di attività. Gli scenari di emissione includono:

- a) lo scenario 2010 CLE (Legislazione corrente) relativo alle emissioni nel 2010 derivanti dalla applicazione della normativa attualmente in vigore
- b) riduzioni aggiuntive di NO_x al livello MFR (Maximum Feasible Reduction) è lo scenario relativo alla massima riduzione possibile dei livelli di emissione di NO_x applicando misure additive di riduzione
- c) riduzioni aggiuntive NO_x al livello (MFR+CLE)/2
- d) riduzioni aggiuntive VOC a livello MFR
- e) riduzioni associate MFR VOC e NO_x
- f) PM_{coarse} ridotto a livello MFR
- g) PM_{2.5} ridotto a livello MFR

Circa 15 gruppi di modellisti europei hanno partecipato a questo esercizio. Naturalmente, ogni gruppo non ha eseguito simulazioni sull'intero gruppo delle città e su tutti gli scenari di emissione CityDelta, ma molti hanno partecipato su più città e con modelli a diversa risoluzione.

Dopo l'invio dei risultati da parte di ogni gruppo di modellisti al JRC-IES per l'elaborazione, un sottoinsieme del data-set completo è stato utilizzato per eseguire l'inter-comparazione dei risultati. Uno strumento di interpretazione grafica è stato reso disponibile da JRC-IES alla comunità CityDelta, col quale ogni gruppo ha potuto valutare i propri risultati e paragonarli ad altri. Lo strumento è abbastanza flessibile da garantire una visualizzazione di diversi tipi di indicatori. L'utilizzo di uno strumento comune agevola anche le discussioni tra i partecipanti a CityDelta. Questo strumento grafico attualmente include applicazioni per visualizzare a) i dati di monitoraggio, b) le emissioni, c) la valutazione dei risultati del modello su stazioni di monitoraggio, d) le risposte del modello alla riduzione delle emissioni ed e) una visualizzazione bidimensionale per gli indicatori medi nel tempo.

Discussione

Il quarto workshop CityDelta ha avuto luogo a Valencia in aprile 2003 con l'obiettivo principale dell'interpretazione dei risultati preliminari. Più di 220 simulazioni semestrali degli inquinanti gassosi, e 90 simulazioni annuali dell'aerosol erano disponibili a quella data. Sebbene preliminari, alcune conclusioni sono state tratte a proposito dei modelli di ozono a lungo termine. In generale, i risultati dei modelli con risoluzione a scala

dettagliata (5 e 10 km) non hanno mostrato un miglioramento significativo paragonato a quelli a scala più grossolana (50 km) e la variabilità è sembrata maggiore tra modelli diversi con risoluzione simile piuttosto che tra modelli simili con risoluzioni diverse. con risoluzione simile piuttosto che attraverso scale con modelli similari. Tutti i modelli hanno mostrato difficoltà nel riprodurre l'andamento notturno, mostrando una chiara sovrastima. D'altra parte, le previsioni di NO₂ rispetto alle misurazioni sono risultate significativamente migliorate con risoluzioni più elevate.

A proposito di PM, i modelli hanno mostrato generalmente una chiara sottostima della concentrazione media a lungo termine e alcune difficoltà nel riprodurre le variazioni stagionali delle misurazioni.

Conclusioni

In collaborazione con IIASA, con EMEP e EUROTRAC (TNO-MEP), il JRC-IES ha promosso nel febbraio 2002 un contributo al programma CAFE della DG_Ambiente nell'area della modellazione della qualità dell'aria. Uno degli obiettivi è esplorare il presente (1999) e il futuro (2010) della qualità dell'aria urbana predetta da vari modelli chimici di trasporto e dispersione. L'attività è guidata dagli aspetti sanitari e il punto focale del progetto è limitato all'esposizione a lungo termine a O₃ e PM (sia fine che "coarse"). Un altro obiettivo di CityDelta è indagare l'impatto di diversi tipi di riduzione delle emissioni (scenari CLE e MFR per VOC, NO_x, PM_{2.5}, PM_{coarse}) sui livelli di ozono e PM per le 8 città europee.

Per queste città i dati di monitoraggio sono stati resi disponibili dalle autorità cittadine e sono stati realizzati inventari di emissione ad alta risoluzione. Dopo la preelaborazione da parte del JRC-IES, tutti i dati sono stati resi disponibili ai 15 gruppi partecipanti, i quali hanno prodotto un grande numero di risultati su diverse risoluzioni spaziali, oscillanti da 3 km fino a 50 km.

È stata sviluppata da JRC-IES una metodologia generale per permettere a tutti i gruppi di modellisti partecipanti di visualizzare e analizzare non solo i propri risultati ma anche i risultati forniti da altri gruppi, in modo da fare intercomparazioni con i risultati prodotti da altri gruppi. Lo strumento di visualizzazione grafica permette l'intercomparazione di risultati per l'anno base (1999) e l'intercomparazione delle differenze (delta) tra i risultati dei vari modelli in termini di risoluzioni spaziali, formulazioni del modello, città e riduzione delle emissioni per l'anno 2010.

Il 4° workshop CityDelta a Valencia (aprile 2003) si è concluso con la mancanza di risultati relativi al PM. Sono state anche identificate molte inconsistenze negli inventari di emissione. Questa è stata la ragione per promuovere un seguito di CityDelta con una messa a fuoco specifica sull'impatto della riduzione delle emissioni di PM, che consideri la consistenza degli inventari di emissione per le diverse risoluzioni (ad esempio alta risoluzione per emissioni cittadine e la risoluzione a 50 km per le emissioni EMEP). I primi risultati di questa ricaduta di CityDelta sono stati discussi al 5° workshop CityDelta a Matera (nell'ottobre 2003). Le conclusioni finali di CityDelta sono attese all'inizio del 2004.

Riferimenti

1 Programma cooperativo di monitoraggio e di valutazione della trasmissione a lungo raggio di sostanze inquinanti aeree in Europa (EMEP). <http://www.emep.int>

2 Istituto internazionale per l'analisi di sistemi applicati (IIASA). <http://www.iiasa.ac.at>

- 3 Il progetto EUREKA sul trasporto e trasformazione chimica di costituenti in traccia della troposfera in Europa (EUROTRAC). <http://www.gsf.de/eurotrac>
- 4 CityDelta homepage: <http://rea.ei.jrc.it/netshare/thunis/citydelta>
- 5 EMEP-TNO. Programma cooperativo di monitoraggio e di valutazione del trasporto a lungo raggio di sostanze inquinanti dell'aria in Europa (EMEP). Technisch Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO).

Il Progetto MINNI: lo sviluppo di un modello Integrato Nazionale a supporto della negoziazione internazionale sui temi dell’Inquinamento atmosferico.

*F.Monforti, P.Ornelli, T.Pignatelli, G.Vialetto, G.Zanini
ENEA Bologna e Casaccia*

*G.Calori, S.Finardi, P.Radice
ARIANET, Milano.*

Per info : zanini@bologna.enea.it

Il negoziato internazionale sui temi della riduzione delle emissioni, utilizza sempre più strumenti di supporto modellistici per definire strategie di contenimento e riduzione degli inquinanti atmosferici.

Ciò emerge con sempre maggiore chiarezza sia nell’impostazione della politica comunitaria, che nei trattati internazionali e nelle loro revisioni in corso o previste.

In particolare, la definizione di strategie internazionali per il controllo delle emissioni di particolato fine, così come la revisione delle strategie comunitarie su acidificazione ed ozono e la revisione del protocollo di Göteborg saranno basati su modelli di valutazione integrata che tengono conto del campo di concentrazioni o di deposizioni degli inquinanti, di indicatori di impatto e dell’efficacia dei costi da sostenere.

La disponibilità di un tale modello renderebbe più efficace l’azione di verifica delle strategie sviluppate a livello internazionale, aumentando considerevolmente la capacità per l’Italia di contribuire al negoziato internazionale tutelando i propri interessi e le proprie specificità ambientali.

Con il presente progetto ci si propone, a partire dallo stato dell’arte della modellistica esistente in campo internazionale e della selezione dei fondamenti concettuali su cui basare il modello, di sviluppare, verificare e validare un modello per la situazione italiana che consideri gli aspetti dinamici (trasporto in atmosfera e dispersione), di trasformazione chimica multifase e di determinazione delle concentrazioni e delle deposizioni degli inquinanti atmosferici di interesse per le politiche internazionali, unitamente ad una analisi sull’efficacia dei costi necessaria per la predisposizione di strategie di valutazione integrata.

Il territorio nazionale, sia per la posizione geografica sia per le caratteristiche morfologiche, evidenzia alcuni limiti dei modelli utilizzati a scala continentale che formano comunque gli elementi di giudizio sullo stato del nostro ambiente atmosferico e determinano gli obiettivi di riduzione delle emissioni assegnati al nostro Paese. A sud delle Alpi, ad esempio, la formazione dell’inquinamento da ozono e talune caratteristiche spazio temporali del fenomeno non sono assimilabili a ciò che accade nel Nord Europa. Anche la complessità topografica e la presenza di regimi circolatori locali costituiscono elementi di singolarità che possono essere descritti solo da modelli ad elevata risoluzione spaziale. Per quanto riguarda le deposizioni al suolo, si vuole dare risalto non solo all’impatto sulla vegetazione e sulle colture agricole ma anche all’esposizione potenziale delle pietre e dei materiali monumentali. Questo aspetto, sebbene non ancora normato dai protocolli è senza dubbio essenziale per il nostro Paese.

Una fase importante nella costruzione del sistema modellistico consentirà, fra l'altro, la migliore definizione e la modifica dei parametri che definiscono il mix emissivo nazionale, il tessuto produttivo e le tecnologie di abbattimento.

Il presente progetto, dato il contesto internazionale in cui è calato e l'evidente, insostituibile esperienza maturata in ambito europeo, nonché l'unanime riconoscimento dato alle attività modellistiche EMEP e IIASA, non nasce in contrapposizione ad altre applicazioni ma ne dipende integrando e specializzando alcuni moduli.

Volendo tratteggiare, se pur schematicamente, l'architettura del sistema ed i principali componenti, risultano fondamentali due elementi su tutti: il modello di trasporto e dispersione ed il modello RAINS modificato, d'ora in poi denominato RAINS Italia.

Di seguito le principali funzioni dei diversi moduli:

- a) Il modello di trasporto e dispersione sarà in grado di calcolare, con risoluzione spaziale di pochi km², le concentrazioni in aria e le deposizioni al suolo degli inquinanti, compreso il particolato con diametro aerodinamico inferiore a 10 μ, su tutto il territorio nazionale tenendo conto delle reazioni chimiche che coinvolgono le sostanze. L'input al modello sarà assicurato dalle emissioni, disaggregate spazialmente sulla maglia di riferimento, provenienti da sorgenti mobili e fisse. Le sorgenti "puntiformi" di grande rilievo (impianti di produzione elettrica, grandi complessi industriali) saranno trattate a parte. Le condizioni iniziali ed al contorno saranno fornite dalle uscite del modello EMEP a scala europea.
Fra i modelli stato dell'arte in grado di assolvere tale funzione è stato individuato STEM modificato ed ampliato fino alla versione FARM (Flexible Air quality Regional Model).
- b) Il modello RAINS Italia sarà lo strumento di sintesi per la valutazione delle strategie di abbattimento ed il calcolo dei costi connessi. Il modello incorporerà le funzioni che legano concentrazione/deposizione di un inquinante alle emissioni. Ricordiamo che per inquinanti reattivi tali relazioni non sono semplicemente lineari ma vengono determinate a seguito dell'analisi di molti scenari creati dal modello di trasporto. L'obiettivo finale è quello di consentire anche una relazione fra concentrazioni/deposizioni stimate in una regione italiana e le emissioni prodotte nelle altre regioni. Questo passaggio consentirebbe di stabilire limiti variabili regione per regione. Il modello RAINS Italia deriva da RAINS Europe, sviluppato da IIASA e attualmente utilizzato in sede di Protocolli Internazionali.
- c) Un modello euleriano che risolva in modo dettagliato le reazioni fra aerosols per la descrizione di particolarità emissive e territoriali.

Obiettivi e risultati attesi

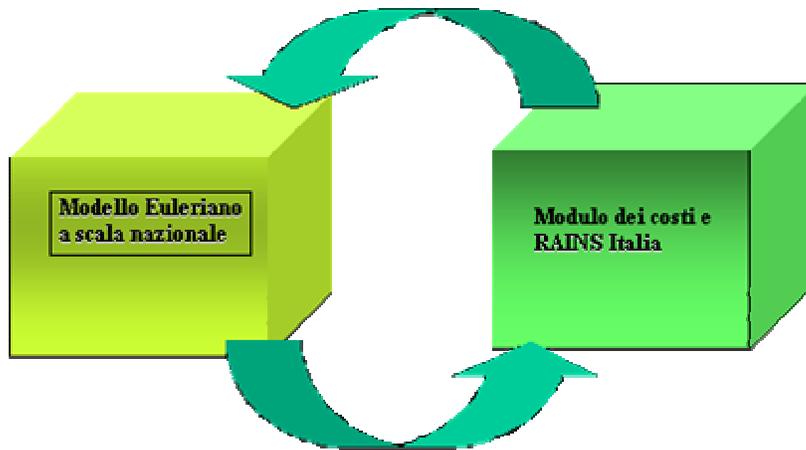
Realizzazione di un sistema modellistico italiano che consenta di riprodurre scenari di emissione deposizione e concentrazione in aria a livello del suolo di inquinanti atmosferici quali SO₂, NO_x, NH₃, VOC, O₃ e PM.

Il sistema sarà integrato con un modulo capace di valutare i costi e l'efficacia di scenari emissivi alternativi.

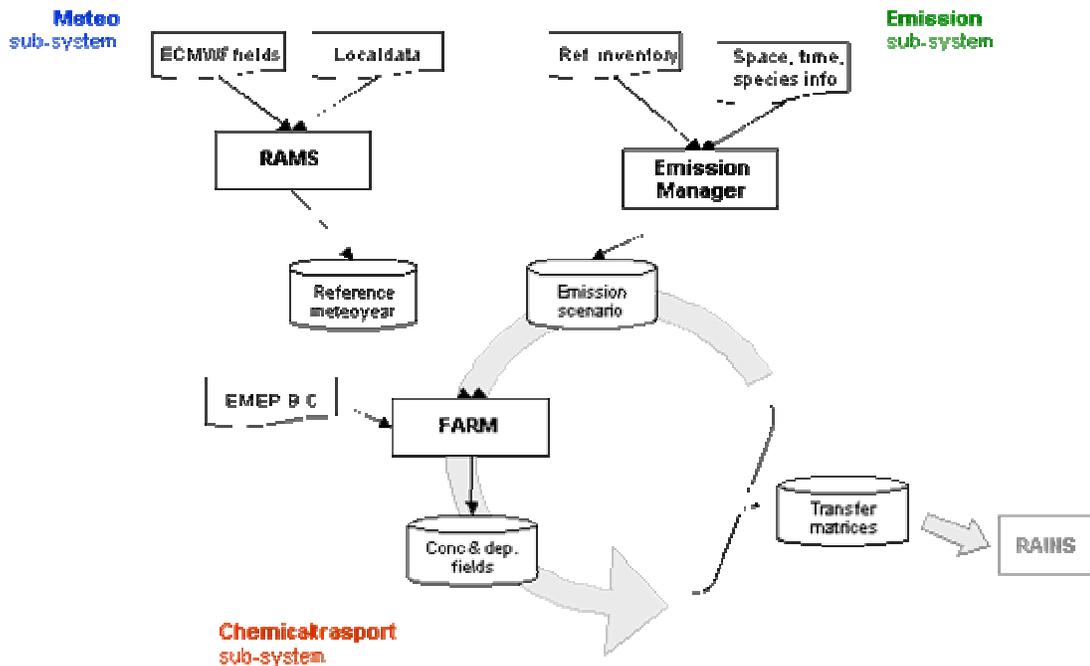
Il sistema consentirà la definizione di scenari di produzione e di trend per la CO2 e la valutazione dei costi di abbattimento .

Inoltre sarà possibile calcolare i flussi di inquinamento provenienti dalle singole regioni italiane e che hanno come obiettivo le altre .

Cuore del sistema sarà l'integrazione dei modelli RAINS modificato per il nostro Paese e FARM ad alta risoluzione spaziale. Un modello da sviluppare entro il 2004 svolgerà dettagliatamente le interazioni che coinvolgono gli aerosols.



MINNI – Atmospheric system



Il sistema PREV'AIR, un sistema operativo per le previsioni su vasta scala della qualità dell'aria in Europa; applicazioni a scala locale

Cécile Honore

INERIS - Direction des Risques Chroniques

A partire dall'estate 2003 il sistema PREV'AIR ha fornito attraverso Internet¹ le previsioni giornaliere della qualità dell'aria in Europa. Questa è la parte visibile di un ampio progetto di collaborazione, il progetto PREV'AIR, promosso dal Ministero francese per l'Ecologia e per lo Sviluppo sostenibile (MEDD), che mira a: (1) fornire sostegno tecnico alla gestione dell'inquinamento atmosferico in Europa, nell'ambito di negoziati sull'inquinamento atmosferico trans-frontaliero¹; (2) fornire informazioni sulla qualità dell'aria su vasta scala nazionale e basate su simulazioni numeriche e osservazioni. Il sistema PREV'AIR è uno strumento di monitoraggio complementare rispetto alle informazioni locali fornite dalle associazioni qualificate francesi incaricate del monitoraggio regionale della qualità dell'aria (AASQA²).

PREV'AIR conta su una catena di strumenti numerici: modelli di simulazione di qualità dell'aria, moduli che assicurano l'approvvigionamento di dati meteorologici e della qualità dell'aria immessi in questi modelli, moduli che permettono l'estrazione e l'uso dei dati numerici calcolati dal sistema. I prodotti del sistema PREV'AIR (previsione delle sostanze inquinanti secondarie e mappe) sono archiviati per sviluppare un database di simulazioni a vasta scala della qualità dell'aria sull'Europa.

Sono coinvolti nel progetto PREV'AIR i seguenti organismi pubblici:

- **INERIS** (National Institute for Industrial Environment and Risks) è un'istituzione pubblica, sotto la supervisione del MEDD. La sua missione è quella di occuparsi di valutazione e prevenzione di rischi accidentali e cronici dovuti ad impianti industriali, sostanze chimiche e operazioni sotterranee, e dei loro effetti sulla salute e sull'ambiente. All'interno del progetto PREV'AIR, INERIS è incaricato dello sviluppo dell'architettura di PREV'AIR, inviando giornalmente informazioni correlate alla qualità dell'aria; fornendo e archiviando dati sulla qualità dell'aria prodotti all'interno del sistema PREV'AIR. Inoltre INERIS realizza studi sulla qualità dell'aria per il MEDD includendo relazioni e analisi prospettiva.
- **IPSL** (Pierre-Simon Laplace Institute) è un istituto di ricerca nel campo ambientale, sotto la supervisione del National Center for Scientific Research (**CNRS**). L'IPSL assicura lo sviluppo del modello(i) di trasporto chimico - il modello(i) CHIMERE - utilizzato all'interno del sistema PREV'AIR.

¹ <http://prevair.ineris.fr>

² Questo è ottenuto attraverso i programmi tecnici relativi al progetto CAFE (Clean Air For Europe) gestito dalla Commissione Europea ed alla Convention on Long-Range Trans-boundary Air Pollution dell'ONU - Commissione Economica per l'Europa.

³ In Francia, dal dicembre 1996, il monitoraggio della qualità dell'aria è stato regolamentato dalla Legge sull'Aria e sull'Uso Razionale di Energia. Circa 40 istituti qualificati sono incaricate del monitoraggio della qualità dell'aria su tutto il territorio francese.

- **ADEME** (Agency for Environment and for Energy Management) è un'istituzione pubblica sotto la supervisione dei Ministeri incaricati della ricerca, dell'ecologia e dell'energia. Aiuta a realizzare le politiche pubbliche nel campo dell'energia e dell'ambiente a livello locale, nazionale e internazionale. ADEME assicura la raccolta, l'archiviazione e la trasmissione di dati sulla qualità dell'aria in tempo reale localmente raccolti dall'AASQA. In questo modo, ADEME sviluppa il database BASTER utilizzato dal sistema PREV'AIR.

Il MEDD sostiene finanziariamente il progetto PREV'AIR attraverso il consolidamento dell'attività di INERIS.

Nel seguito viene presentato brevemente il sistema PREV'AIR e le prime conclusioni che sono state tratte dopo la prima stagione estiva di operatività. Sono presentati inoltre alcuni esempi di possibili applicazioni e uso del sistema PREV'AIR a scala locale.

Architettura del sistema PREV 'AIR, dati di ingresso e prodotti

Le previsioni giornaliere di PREV'AIR sulla qualità dell'aria sono calcolate utilizzando il modello(i) di trasporto chimico CHIMERE. Il modello CHIMERE è utilizzato nel suo assetto "continentale": le concentrazioni di sostanze inquinanti sono calcolate sull'Europa occidentale, con una risoluzione 50 km×50 km. Questa estate sono state fornite le previsioni di biossido di azoto e di ozono. Per ogni giorno, la previsione inizia il giorno prima (D-1), 00h UT e finisce 96 ore più tardi (D+3, 00h UT). Il primo giorno di previsione è in effetti piuttosto una simulazione, mentre i successivi tre giorni sono previsioni "vere".

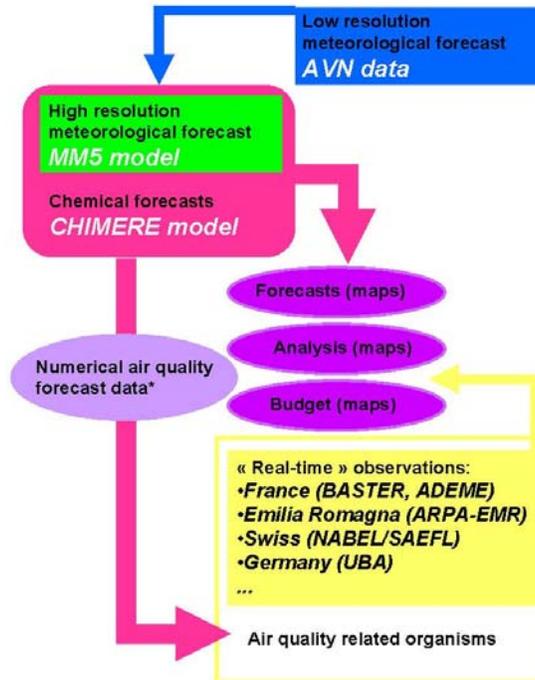
Le previsioni meteorologiche necessarie a eseguire le previsioni della qualità dell'aria vengono realizzate in due fasi: nella prima fase i dati di previsione meteorologica a bassa risoluzione vengono scaricati dal server ftp del National Weather Services americano, dove essi sono prodotti utilizzando il modello Global Aviation Model (AVN). I dati di previsione meteorologica ad alta risoluzione vengono quindi calcolati utilizzando localmente il modello MM5.

I dati di emissione provengono dal programma EMEP³, con profili temporali orari, settimanali e mensili forniti da IER⁴. Contrariamente ai dati meteorologici, che cambiano di giorno in giorno, i dati di emissione sono immessi una volta per tutte all'interno del sistema PREV'AIR.

Anche i dati di qualità dell'aria osservati vengono utilizzati dal sistema PREV'AIR (si veda oltre); essi sono resi disponibili da diversi organismi europei. Nell'estate 2003, i dati francesi della qualità dell'aria sono stati scaricati in tempo reale dal server time BASTER ftp e utilizzati per correggere a posteriori le simulazioni CHIMERE (D-1) di qualità dell'aria. Il flusso di informazioni viene mostrato nel diagramma seguente.

³ Programma di cooperazione per il monitoraggio e la valutazione del trasporto a lungo raggio di Inquinanti atmosferici in Europa

⁴ Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, University of Stuttgart



Nell'estate 2003 sono stati resi disponibili giornalmente e liberamente attraverso Internet i seguenti dati prodotti:

- Le mappe previste della concentrazione massima e media giornaliera di ozono e di biossido di azoto, per D-1, D+0, D+1 e D+2. La Figura 1 mostra la previsione del picco di ozono emessa l'8 agosto per D+0.
- I dati osservati del picco dell'ozono sono stati utilizzati ogni giorno per correggere il picco di ozono D-1 simulato. Le mappe così ottenute sono definite come "analisi". La Figura 2 mostra il picco d'ozono analizzato il 9 agosto per D-1. La Figura 3 mostra la differenza assoluta (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) fra i picchi di ozono simulati dal modello CHIMERE e dai picchi analizzati.

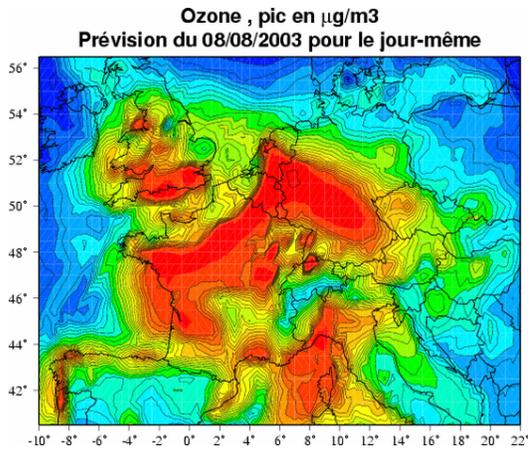


Figura 1

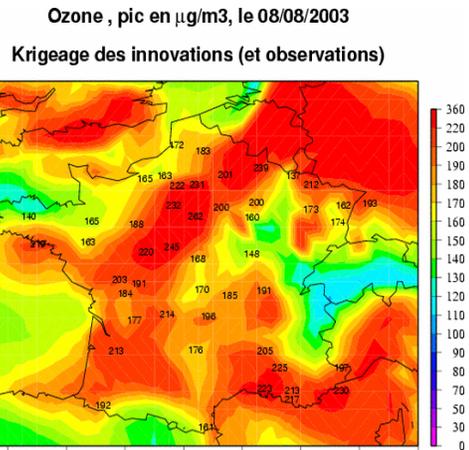


Figura 2

Ozone , pic en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, le 08/08/2003

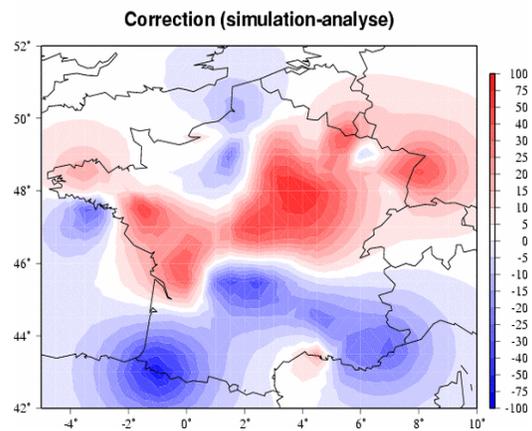


Figura 3

Affidabilità e prestazioni del sistema PREV 'AIR

Durante l'estate 2003, sono state emesse previsioni per 174 giorni: l'85% delle previsioni sono state realizzate senza alcun problema; il 4% dei problemi è stato relativo all'hardware; l'11% a problemi di software o di dati. La disponibilità dei dati meteorologici del modello AVN è di primaria importanza (i dati mancanti sono responsabili del 5% del fallimento della previsione). Alcuni indici di prestazione (si veda la tabella sotto) sono stati calcolati per l'estate, utilizzando le concentrazioni massime di ozono misurate in Francia e calcolate per D-1 e D+0 dal sistema PREV'AIR. Le prestazioni del sistema sono risultate abbastanza soddisfacenti per le previsioni del picco di ozono.

Indici statistici	Lag	Stazioni rurali	Stazioni urbane e suburbane
Picco di ozono medio osservato ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (numero di osservazioni utilizzate)	D - 1	127.3 (5244)	121.4 (31563)
	D + 0	127.3 (5244)	121.4 (31563)
Picco di ozono medio simulato ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	D - 1	117.7	116.9
	D + 0	115.9	115.4
Bias normalizzato (%)	D - 1	-6.9	-2.5
	D + 0	-8.2	-3.6
Errore quadratico medio normalizzato (%)	D - 1	18.5	20.2
	D + 0	19.5	20.6
Correlazione	D - 1	0.82	0.81
	D + 0	0.81	0.80
E20% (%) ⁵	D - 1	72.1	73.7
	D + 0	68.7	72.0

Utilizzo del sistema PREV'AIR per le previsioni di qualità dell'aria a scala locale

Per quanto riguarda il secondo obiettivo del progetto PREV'AIR, i dati numerici previsionali della qualità dell'aria sono stati resi disponibili agli organismi che svolgono funzioni collegate alla qualità dell'aria. L'unico requisito che deve soddisfare una organizzazione che richiede i dati è di compilare un modulo, specificando il dominio esatto sul quale i dati devono essere inviati. I dati numerici vengono quindi resi disponibili quotidianamente sul sito Web di PREV'AIR. Vengono forniti due tipi di dati relativi al dominio specificato: dati di ozono e di biossido di azoto alla superficie ed i dati 3D per 22 specie chimiche. Finora, circa 15 organismi hanno presentato domanda per ottenere questo servizio che viene poi utilizzato per diverse applicazioni: Analisi a scala locale e mappatura della concentrazioni di sostanze inquinanti; supporto alla attività previsionale svolta da esperti locali; fornitura di condizioni al contorno ai modelli di simulazione/previsione della qualità dell'aria a scala locale.

► un esempio per la regione Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA)

Questa regione mediterranea è molto complessa dal punto di vista della applicazione di un modello di qualità dell'aria: è una regione costiera con terreno e meteorologia complessi (brezze di mare e di valle) con forti emissioni industriali (Etang de Berre). È oltre gli scopi del sistema PREV'AIR rappresentare le strutture dettagliate di inquinamento dell'aria in una regione con tali caratteristiche. La efficacia di un accoppiamento del sistema PREV'AIR a un sistema di simulazione locale di qualità dell'aria nella PACA è stato quindi testato a partire dal giugno 2003 da AIRMARAIX, una delle AASQA incaricate del monitoraggio della qualità dell'aria in questa regione. Le previsioni quotidiane della qualità dell'aria ad alta risoluzione (3 km) sono state emesse per l'area di Marsiglia. Le condizioni al contorno sono state fornite dal modello continentale CHIMERE; le previsioni ad alta risoluzione della qualità dell'aria sono state eseguite utilizzando i modelli MM5 e CHIMERE. L'inventario ad alta risoluzione

⁵ percentuale di picchi di ozono che differisce di meno del 20% dal picco di ozono osservato

di emissione è stato derivato dall'esercitazione ESCOMPTE. Le prove hanno mostrato la capacità del sistema locale di simulazione della qualità dell'aria di cogliere le caratteristiche dell'inquinamento atmosferico nell'area di Marsiglia. La realizzazione del sistema è stata pianificata per iniziare alla fine di ottobre 2003, utilizzando la stessa configurazione che è stata provata durante l'estate, e che dovrebbe essere pronta da maggio 2004.

Prospettive

È stato programmato di avviare la previsioni del particolato atmosferico durante la prossima stagione invernale (a partire dalla fine di ottobre). Saranno inoltre utilizzati nei processi di analisi e di verifica una maggior quantità dati di osservazione forniti da Italia (ARPA-ER), Svizzera (NABEL/SAEFL), Polonia (Institute of Environmental Protection, Katowice), Germania (UBA)...). Verranno inoltre eseguiti studi di sensibilità del processo di analisi. Sarà fatto anche uno sforzo generale per migliorare il sito Web orientandolo maggiormente verso il pubblico e gli utenti finali.

Applicazioni di modelli di chimica e trasporto sull'area di Milano nell'ambito del progetto CITYDELTA

M. Bedogni - A.M.A. (Milano); E. Minguzzi, M. Deserti- ARPA/SMR Emilia Romagna (Bologna); G. Pirovano, C. Pertot, M. Riva – CESI (Milano); C: Carnevale, V. Gabusi, M.L. Volta, G. Finzi - DEA - Università degli studi di Brescia.

Introduzione

CITYDELTA è un progetto promosso dal centro comune di ricerche di Ispra (JRC) in collaborazione con EMEP e IIASA, nell'ambito del programma europeo CAFE (Clean Air for Europe). CITYDELTA consiste in un esercizio di confronto fra modelli di chimica e trasporto il cui obiettivo è valutare le variazioni –stagionali e di picco- della qualità dell'aria nelle aree urbane in risposta all'applicazione di politiche di riduzione delle emissioni. In particolare l'esercizio è focalizzato alla valutazione della qualità dell'aria in riferimento all'ozono troposferico ed al materiale particolato (PM), che costituiscono, attualmente, i fenomeni di inquinamento di maggiore criticità. Le simulazioni sono state condotte da diversi gruppi modellistici su 8 città europee, tra le quali Milano, in grado di coprire differenti tipologie di situazioni meteorologiche, topografiche ed emissive. L'anno di riferimento utilizzato per la definizione del caso base è stato il 1999, mentre gli scenari di riduzione sono riferiti al 2010. Alcuni gruppi italiani, in collaborazione fra loro, hanno partecipato all'esercizio modellistico effettuando le simulazioni sulla città di Milano, i cui risultati salienti sono brevemente descritti nel seguito. Tali risultati confermano le notevoli potenzialità raggiunte dagli strumenti modellistici per lo studio e la risoluzione di problemi complessi come l'inquinamento secondario delle aree urbane. L'esercizio costituisce, quindi, una eccellente base metodologica per la definizione di un'attività di studio che permetta di rivedere ed aggiornare le linee guida nazionali inerenti l'applicazione di tali tipologie di modelli.

L'area di studio ed il sistema modellistico

Il dominio di calcolo utilizzato nello studio modellistico sull'area di Milano ha dimensioni di 300x300 [km²] ed è stato suddiviso in celle di passo 5 o 10 [km]. L'area di studio è centrata sulla città di Milano e include l'intera Regione Lombardia e ampie porzioni delle Regioni Piemonte, Emilia Romagna e Liguria. In particolare il dominio include, seppure in prossimità dei bordi sia la città di Torino che di Genova. Da un punto di vista orografico, l'area di studio è caratterizzata dalla presenza dei rilievi alpini nella parte settentrionale e di quelli appenninici nella zona meridionale. La fascia centrale del dominio è occupata dalla pianura padana. Questa è soggetta ad un intenso carico emissivo determinato dalla presenza di molte aree urbanizzate, di una fitta rete stradale e da un notevole grado di industrializzazione. Le simulazioni sono state effettuate sul semestre estivo del 1999 (1 aprile – 30 settembre) ed erano relative al solo inquinamento fotochimico.

Le simulazioni sono state effettuate attraverso l'applicazione dei modelli di chimica e trasporto STEM-FCM (Silibello *et al.*, 2001); CALGRID (Yamartino *et al.*, 1992) e CAMx (Environ corp., 2003). Per tutti e tre è stata predisposta una medesima struttura

di preprocessori che ha permesso di definire in modo adeguato le necessarie informazioni di input. In particolare l'input meteorologico è stato ricostruito dal modello CALMET (Scire *et al.*, 1999) sulla base sia di misure che dei campi prodotti dal modello a scala globale ECMWF. I campi emissivi sono stati definiti a partire da due inventari: il primo, su base comunale, relativo alla regione Lombardia; il secondo, con risoluzione pari a 50 [km], utilizzato nella restante parte di dominio. Infine le concentrazioni al bordo del dominio sono state ricavate a partire dai risultati prodotti dal modello di scala europea EMEP (EMEP, 2002).

Valutazione dei risultati ottenuti

Per una valutazione dei risultati forniti da modelli matematici nell'ambito di simulazioni dei fenomeni di inquinamento atmosferico possono essere utilizzate diverse tecniche sia di tipo grafico che numerico. Queste ultime si basano sull'utilizzo di opportuni indici statistici in grado di esprimere in maniera sintetica un determinato aspetto della rappresentatività delle stime del modello considerato rispetto ai dati osservati. Esempi di questi indicatori sono la correlazione e le stime di *errore* (NMSE, BIAS,...). Gli indici definiti per la valutazione dei modelli sono dunque pensati per un'analisi della bontà delle simulazioni eseguite e possono quindi non coincidere con i cosiddetti *standard di legge*, che invece rappresentano un insieme di indicatori finalizzato principalmente alla valutazione dell'esposizione all'inquinamento (numero di superamenti, percentili massimi, AOTx,...). Nella messa a punto delle metodologie di valutazione occorre, quindi, tenere presente questi elementi di diversità. Accanto a questi è necessario considerare anche la scelta dei composti inquinanti (Ozono, NO_x, PM2.5/10,...), nonché la soglia di accettabilità del valore dei diversi indicatori. A titolo di esempio, in Figura 1, sono riportate alcune valutazioni sull'ozono relative a correlazione, NMSE e ad uno standard di legge presente nella recente normativa europea, ovvero il numero di giorni di superamento della soglia di 120 [µg/m³] della media mobile su 8 ore. In particolare, nel grafico è riportato l'errore relativo della stima. Le valutazioni sono riferite alle simulazioni dei soli STEM, CALGRID e CAMx (a 5 e 10 km) nonché al complesso di tutti i modelli che hanno simulato su Milano. Nei grafici, simbolo pieno e barra d'errore si riferiscono alla prestazione media, massima e minima dei modelli di ciascun gruppo, calcolata sull'intera area di simulazione; gli asterischi indicano la prestazione massima e minima ottenuta da un qualunque modello su una singola stazione di misura.

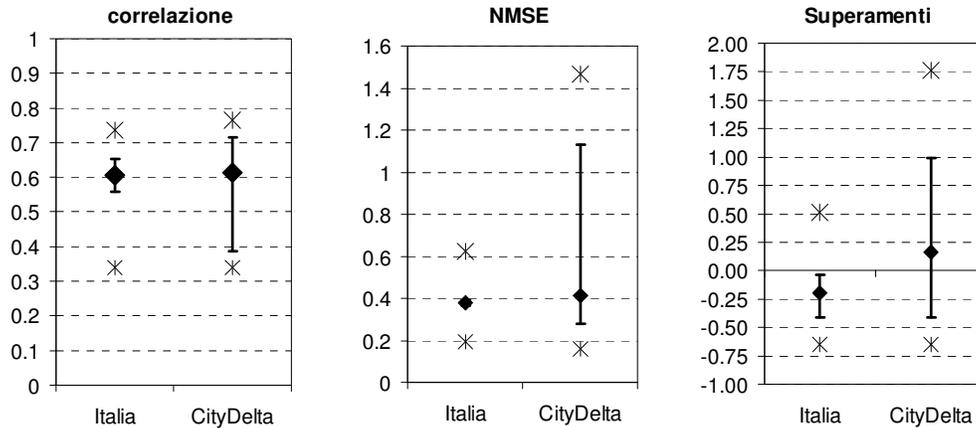


Figura 1 – Sintesi dei valori di alcuni indicatori ottenuti nelle simulazioni su Milano dai soli modelli STEM, CALGRID e CAMx (Italia) e complessivi (CityDelta). Per maggiori dettagli si rimanda al testo.

Come si può osservare i tre modelli (*Italia*) presentano valori degli indici molto prossimi fra loro, mentre l'insieme complessivo delle simulazioni (*CityDelta*), pur essendo simile nel valore medio è molto più diversificato da modello a modello. Questa differenza di comportamento nei 2 gruppi è dovuta certamente alle peculiarità dei diversi codici, ma anche al fatto che i tre modelli *Italia* sono stati guidati dallo stesso input meteorologico, non solo emissivo come l'insieme *CityDelta*.

Nel corso del progetto, è infatti emerso come i modelli fotochimici siano molto sensibili ai campi meteorologici (vento, temperatura e turbolenza) utilizzati. La Figura 2 riporta alcuni risultati del confronto tra due simulazioni di CALGRID 5km, in cui l'unica differenza era l'input meteorologico: da un lato un input "tradizionale", prodotto con il pre-processore Calmet a partire dai dati osservati, dall'altro un input prodotto con un modello meteorologico ad area limitata (Aladin). Nonostante i due input fossero entrambi realistici e non troppo dissimili (differenze di 1-2 m/s nella velocità del vento), le concentrazioni ottenute sono risultate molto diverse, in particolare per quel che riguarda l'ozono.

Si può osservare infine che, mentre correlazione ed NMSE mostrano valori molto simili in media, l'errore relativo sui superamenti evidenzia una tendenza media alla sottostima (di circa il 20 % dei giorni) per il solo sottoinsieme *Italia* ed una pari sovrastima in *CityDelta*. La minore robustezza delle prestazioni è dovuta alla natura dell'indicatore che, come detto, è orientato a valutare i soli valori alti su cui il peso dell'incertezza del modello aumenta.

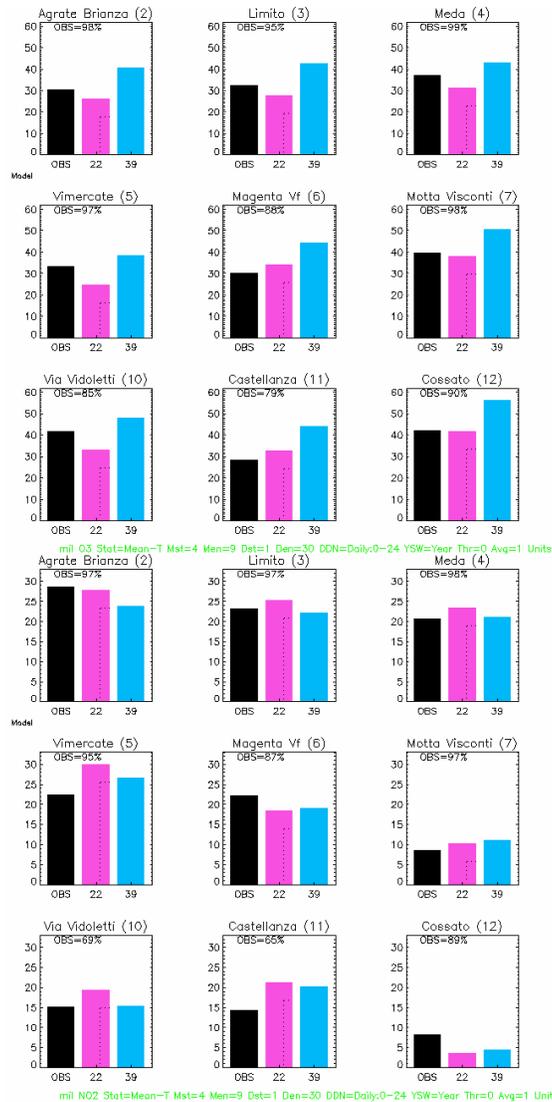


Figura 2 - Valori medi semestrali di ozono (sx) e NO₂ (dx) relativi ad alcune stazioni di misura: osservazioni (OBS), CALGRID con meteorologia Calmet (22), CALGRID con meteorologia e Aladin (39)

Simulazione dell'impatto di scenari emissivi futuri

I sistemi modellistici possono essere utilizzati anche per la valutazione dell'impatto di differenti politiche di controllo delle emissioni sulla qualità dell'aria. La Tabella 1 mostra la stima dell'impatto che le strategie considerate nel progetto CityDelta hanno sulle emissioni annue di ossidi di azoto e di composti organici nell'anno 2010. Tali strategie si riferiscono sia all'evoluzione che le emissioni avrebbero in seguito all'applicazione della normativa vigente (scenario 1), sia alla riduzione che si otterrebbe utilizzando in modo combinato le più efficienti tecniche di riduzione attualmente disponibili.

Le analisi modellistiche hanno consentito la valutazione della sensitività dei campi di ozono calcolati alla variazione delle emissioni e della risoluzione spaziale. In figura 3 è

mostrata, a titolo di esempio, la variazione del valore medio delle concentrazioni di ozono nel periodo aprile-settembre in seguito all'applicazione delle politiche di controllo emissivo relative allo scenario 3.

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5
NO _x	-36.28%	-51.08%	-43.4%	-36.28%	-51.08%
VOC	-44.56%	-44.56	-44.2%	-63.09%	-63.09%

Tabella 1: Variazione delle emissioni dei precursori dell'ozono nei differenti scenari (totale di dominio)

Il risultato evidenzia, in primo luogo, la complessità dell'inquinamento secondario. Come si può osservare, a fronte di una riduzione delle emissioni di oltre il 40 % si osserva una riduzione del valore medio di ozono di pochi [ppb], corrispondente a meno del 10 % del valore medio semestrale. Inoltre, benché la riduzione interessi tutto il dominio, nelle principali aree urbane (City e NE) si osserva addirittura un aumento della concentrazione di ozono.

Il comportamento dei tre modelli considerati è generalmente coerente anche si osservano risposte quantitativamente diverse in diversi punti del dominio, probabilmente a causa di effetti locali di difficile ricostruzione. In seguito si è valutato anche come la sensibilità alle emissioni dei singoli modelli varia al variare della risoluzione del dominio di indagine. Sebbene la figura mostri che le variazioni sono limitate, si può notare come una maggiore risoluzione comporti in generale una maggiore sensibilità alla variazione dell'input emissivo.

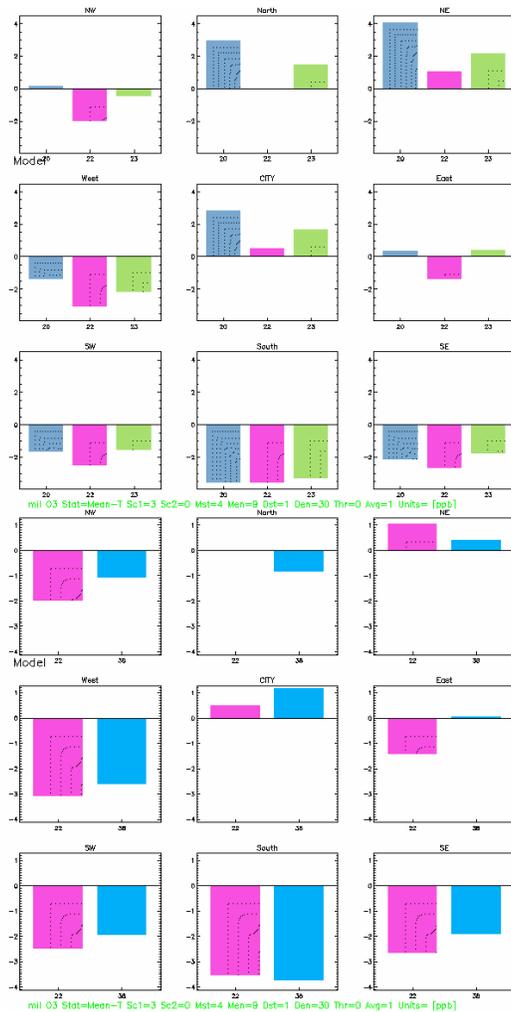


Figura 3 - Variazione della media semestrale di O₃ in seguito all'applicazione dello scenario 3: (sx) per i modelli STEM (20), CALGRID (22) e CAMX (23); (dx) per il modello CALGRID con risoluzione 5 (22) e 10 km (38)

Conclusioni

I risultati –preliminari- ottenuti nel ambito del progetto Citydelta da alcuni gruppi di ricerca italiani hanno confermato le notevoli potenzialità degli strumenti modellistici come ausilio nella comprensione e nella risoluzione del problema dell'inquinamento secondario. L'esecuzione delle simulazione sulla città di Milano ha evidenziato che questo tipo di studi richiedono strumenti di calcolo adeguati, basi di dati meteorologiche, emissive e di qualità dell'aria molto consistenti e tecniche di valutazione dei risultati che permettano di analizzare in modo sintetico e comprensivo la notevole mole di risultati prodotti. Il confronto delle prestazioni ottenute dai diversi modelli ha messo in luce che esiste –attualmente- un livello *medio* di attendibilità dei risultati, anche se esistono significative differenze imputabili sia alla natura dei modelli che alla modalità con cui vengono definiti gli input. Infine l'analisi di scenari di sviluppo ha confermato la complessità del problema, dove a fronte di significative

riduzioni delle emissioni si registrano modeste riduzione del livello di inquinamento, se non –addirittura- locali peggioramenti.

Bibliografia

- EMEP, 2002. Transboundary acidification, eutrophication and ground level O₃ in Europe. *EMEP S.R. 1&2/02*. DNMI, (NO)
- ENVIRON Corporation, 2003. User's guide for Comprehensive Air Quality Model with Extensions (CAMx) Version 4.00, *Technical report*.
- Scire J.S., F.R. Robe, M. E. Fernau, R. J. Yamartino. 1999. A User's guide for the CALMET meteorological model – Version 5.0, *Internal report* Earth Tech inc.
- Silibello C., Calori G., Pirovano G., Carmichael G.R., 2001. Development of STEM-FCM (Flexible Chemical mechanism) modelling system. *Proceedings of APMS'01- International Conference* – Paris. April 2001.
- Yamartino R.J., Scire J.S., Carmichael G.R., Chang Y.S., 1992. The CALGRID mesoscale photochemical grid model - I. Model formulation. *Atmospheric Environment* 26A, 1493-1512.

Ipotesi di una catena modellistica per la qualità dell'aria nel Bacino Padano Adriatico: esperienze in atto e prospettive

E. Angelino⁽¹⁾, *A. Benassi*⁽²⁾, *M. Clemente*⁽³⁾, *R. De Maria*⁽³⁾, *E. De'Munari*⁽⁴⁾, *M. Deserti*⁽⁴⁾, *F. Lollobrigida*⁽³⁾, *E. Minguzzi*⁽⁴⁾, *D. Mazza*⁽⁴⁾, *M. Muraro*⁽³⁾

(gruppo di lavoro interregionale delle ARPA Emilia Romagna, Lombardia, Piemonte, Veneto, Toscana, Liguria, Marche)

(1) ARPA Lombardia; (2) ARPA Veneto, (3) ARPA Piemonte, (4) ARPA Emilia Romagna

L'aspetto più noto della recente normativa di origine comunitaria in tema di qualità dell'aria ambiente è certamente l'introduzione, sulla base delle più recenti acquisizioni scientifiche in campo tossicologico ed epidemiologico, di valori limite sensibilmente più restrittivi rispetto a quelli precedentemente in vigore.

Esistono però altri aspetti delle nuove norme che investono direttamente la metodologia con cui si giunge a definire lo stato della qualità dell'aria ambiente e che sono quindi destinati a innovare profondamente la filosofia di lavoro del sistema Agenziale in questo campo.

Innanzitutto l'interesse si estende dalle sole grandi aree urbane all'intero territorio nazionale. Ciò comporta la necessità di integrare le informazioni fornite dalle reti di monitoraggio con quelle ottenibili dagli inventari delle emissioni e dalla applicazione della modellistica numerica su grande scala spaziale, sia ai fini dell'aggiornamento periodico della valutazione della qualità dell'aria ambiente previsto dal D. Lgs. 351/99, sia per la definizione di analisi di scenario in grado di fornire il necessario supporto tecnico-scientifico alle politiche di risanamento.

In secondo luogo viene introdotto l'obbligo per le amministrazioni regionali di provvedere alla diffusione delle informazioni relative alle concentrazioni degli inquinanti atmosferici in aria ambiente. In tale ottica assume un particolare rilievo la *previsione* della qualità dell'aria che, anche se non prevista esplicitamente dalla normativa, riveste una importanza fondamentale per quanto riguarda sia la gestione degli episodi di inquinamento acuto che, nel caso particolare dell'ozono, la possibilità di diffondere con tempistiche opportune le necessarie raccomandazioni alla popolazione.

Parallelamente all'evoluzione normativa, l'analisi delle informazioni disponibili mostra che fenomeni di inquinamento atmosferico significativi interessano sempre di più aree molto vaste, che in molti casi travalicano i confini delle singole regioni. Se questo è un dato scientifico ormai acquisito per l'ozono, vi sono evidenze in tal senso anche per il particolato, l'altro inquinante per cui la realtà italiana mostra una particolare criticità nel contesto europeo.

Per rispondere alle esigenze poste dal nuovo contesto tecnico e normativo, alcune agenzie hanno intrapreso un percorso volto allo sviluppo della modellistica di qualità dell'aria su grande scala spaziale.

Tali esperienze, accanto a quelle in corso presso altri soggetti istituzionali, sono attualmente oggetto di documentazione da parte della task CTN ACE "Osservatorio dei modelli: gestione ed aggiornamento" e si prevede che vengano rese disponibili attraverso il sito web di documentazione specifico.

Il dato comune che emerge dalle esperienze finora condotte e documentate è, da un lato la concreta possibilità di raggiungere risultati di livello scientifico adeguato alle esigenze del contesto normativo, dall'altro la presenza di una serie di criticità che non hanno permesso finora l'implementazione di sistemi operativi, ed in particolare:

- in termini generali, la difficoltà nel trattare su scala regionale (ma anche, in molti casi, provinciale) fenomeni che, per loro natura avvengono su una scala spaziale più ampia;
- la difficoltà di disporre di un input emissivo omogeneo e confrontabile su domini di calcolo ampi;
- la dipendenza dei risultati di applicazioni di modelli fotochimici a scala regionale (o subregionale) dalle condizioni al contorno, le quali risultano di difficile definizione in assenza di una adeguata modellistica alle scale superiori;
- il fatto che la modellistica meteorologica operativa non è tradizionalmente finalizzata in modo specifico alle esigenze dei modelli di qualità dell'aria.

Nel tentativo di affrontare tali criticità all'interno di un percorso comune, su iniziativa della Direzione Generale di ARPA Emilia Romagna, si è costituito nel dicembre 2002 un tavolo di coordinamento a cui hanno aderito tutte le Agenzie contattate (ARPA Liguria, ARPA Lombardia, ARPA Marche, ARPA Piemonte, ARPA Toscana e ARPA Veneto).

L'obiettivo dell'iniziativa è l'implementazione di una catena modellistica operativa a scala di Bacino Padano Adriatico, che fornisca i dati indispensabili per condurre gli studi ai livelli regionale e sub-regionale finalizzati ad individuare le azioni a breve e lungo termine e le opportune strategie di gestione dalla qualità dell'aria.

Il progetto è schematicamente suddivisibile in quattro fasi temporali:

1. fase di progettazione: definizione di un piano operativo e delle risorse, progettazione della catena modellistica (individuazione dei moduli e interfacce tra gli stessi e i database dei dati, definizione delle possibili soluzioni del flusso informativo);
2. fase di avvio o sviluppo (sviluppo dei processori necessari per la predisposizione dei dati di ingresso, test e applicazione dei singoli moduli, test di validazione in modalità diagnostica della catena ecc.);
3. fase operativa off-line (messa a regime della catena)
4. fase operativa on-line (avvio di un servizio regolare di analisi e previsione)

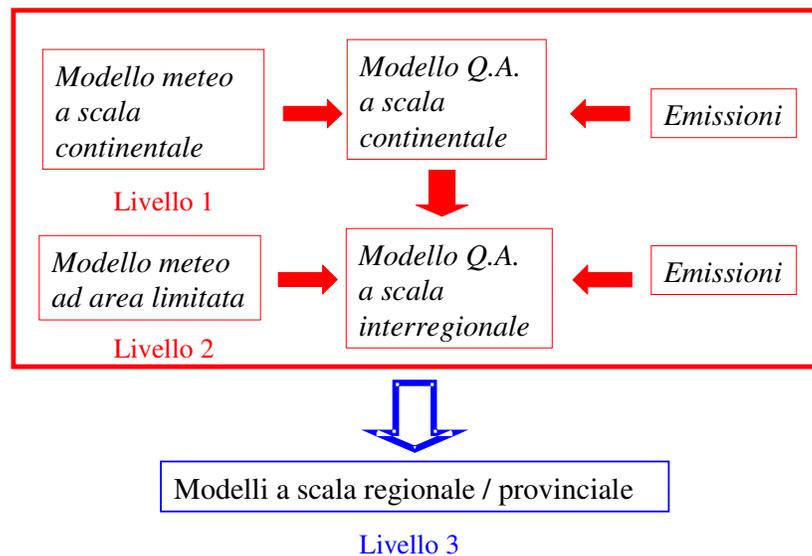
Nella fase di progettazione, che è quella attualmente in corso, sono state individuate dal tavolo di coordinamento quattro aree di intervento comune delle Agenzie coinvolte:

- 1) misure di qualità dell'aria, in relazione alla raccolta dei dati di concentrazione rilevati dalle reti di monitoraggio ai fini del confronto con i risultati dei modelli

ed eventualmente per la predisposizione delle condizioni iniziali e al contorno. Tale attività verrà effettuata sulla base degli strumenti predisposti da APAT e CTN-ACE.

- 2) emissioni, in relazione alla predisposizione dell'input emissivo secondo il grado di dettaglio richiesto dai modelli di qualità dell'aria;
- 3) meteorologia, in relazione alle attività di verifica di campi meteorologici standard prodotti dal modello meteorologico Italiano ad area limitata (LAMI), di effettuazione di campagne di misura per la verifica di turbolenza e flussi, di sviluppo dell'interfaccia tra modello meteorologico e modello di qualità dell'aria;
- 4) modellistica della qualità dell'aria, comprendenti tutte le attività necessarie per la messa a punto e applicazione multiscala sulla pianura padana di uno o più modelli e verifica dei risultati (con procedure analoghe a CityDelta)

Lo schema generale della catena modellistica ipotizzata si articola su tre livelli ed è illustrato schematicamente nella figura seguente:



Il primo livello corrisponde a una scala spaziale di tipo continentale, con una risoluzione spaziale orizzontale dell'ordine dei 50 km, necessaria per la definizione delle condizioni al contorno per il livello successivo. Per questo livello si sta valutando la possibilità di utilizzare una catena operativa basata sull'esperienza fornita dal servizio attualmente realizzato dall'istituto francese INERIS. Attività di verifica in questo senso sono in corso presso ARPA Emilia Romagna ed ARPA Piemonte.

Il secondo livello corrisponde alla scala di Bacino Padano Adriatico, con una risoluzione spaziale orizzontale dell'ordine dei 10 km ed è dedicato ad attività previsionale operativa, come pure a valutazioni della qualità dell'aria e analisi di scenario di area vasta e alla definizione delle condizioni al contorno per il livello successivo. Per questo livello si ritiene importante orientarsi verso l'utilizzo dell'input meteorologico messo a disposizione dal modello meteorologico Italiano LAMI, a valle di una specifica attività di sviluppo finalizzata sia ad ottimizzare gli output meteorologici in relazione alle esigenze dei modelli di qualità dell'aria, sia a creare il

relativo interfacciamento tra i modelli. Tale scelta appare strategica in quanto il consorzio garantisce già oggi l'operatività di un modello meteorologico prognostico ad alta risoluzione sull'intero territorio nazionale.

Ai fini di una crescita complessiva del sistema e della valorizzazione di tutte le esperienze in corso, per i primi due livelli si propone un'installazione operativa presso almeno una delle Agenzie, con la piena ed auspicata possibilità da parte delle altre Agenzie di duplicare il sistema presso le proprie strutture in funzione delle scelte strategiche delle rispettive Direzioni.

Il terzo livello corrisponde alla scala regionale e subregionale con una risoluzione spaziale orizzontale dell'ordine dei 3-5 km, ed è di totale competenza delle singole Agenzie.

In relazione alle esperienze svolte in passato o in atto, e a cui fa riferimento la citata attività di documentazione della task CTN ACE "Osservatorio dei modelli: gestione ed aggiornamento" è stata effettuata una stima dell'ordine di grandezza dei costi, che è riassunta nella tabella seguente:

attività	Costi di avvio	Costi operativi
d) Progettazione, scelta e verifica del modello QA	3-4 anni uomo	-
e) Emissioni	1-2 anni uomo	1-2 persone anno
f) Meteorologia	1-2 anni uomo	Inclusi nei costi del consorzio LAMI
g) Installazione della catena modellistica	3-4 anni uomo	1-2 persone anno
totale	8-12 anni uomo	2-4 persone anno
h) Aggiornamento e mantenimento		0.5 anni uomo

La tabella si riferisce unicamente ai primi due livelli della catena modellistica (continentale e interregionale), poiché i costi relativi ai modelli regionali e locali variano a seconda delle modalità scelte dalle singole ARPA (utilizzo diretto del sistema interregionale, innesto dello stesso modello a scala più fine, innesto di un diverso modello di QA ecc.).

Per quanto riguarda la progettazione, scelta e verifica del modello QA il tavolo di coordinamento sente l'esigenza che questa attività sia supportata in parte dal CTN-ACE all'interno delle attività dell'anno 2004 relative alla predisposizione di linee guida per la modellistica. Anche sul versante delle emissioni è auspicabile che il CTN renda disponibili i risultati della disaggregazione dei dati dell'inventario nazionale su base provinciale, attualmente in corso all'interno di una delle task CTN-ACE, ed i dati di qualità dell'aria necessari alla verifica dei modelli. Le risorse di avvio indicate si riferiscono quindi alle attività non attinenti ai compiti specifici della task, vale a dire il postprocessamento dei dati ai fini della predisposizione dell'input emissivo vero e proprio ai modelli di qualità dell'aria alle varie scale spaziali.

La voce aggiornamento e mantenimento, infine, si riferisce alla fase operativa relativa agli anni successivi alla fase di avvio. E' necessario, per la verifica continua del sistema, disporre in modo regolare dei dati forniti dalle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria. Come già accennato in precedenza, la soluzione che appare corretta sul piano dei rapporti istituzionali e nel contempo più razionale sul piano tecnico è che tali dati siano resi disponibili da APAT-CTN ACE attraverso le attività di raccolta dei dati della rete nazionale.

La tabella evidenzia che le risorse necessarie all'avvio e all'operatività di un servizio come quello ipotizzato non sono certamente trascurabili. E' però altrettanto evidente che, nella ipotesi di sviluppo indipendente di un servizio analogo da parte di ogni singola Agenzia Regionale, i costi relativi ai primi due livelli del sistema (scala continentale e interregionale) sarebbero sostenuti più volte dalle varie Agenzie.

Appare quindi del tutto razionale, sia sotto il profilo economico che sotto quello della crescita tecnico scientifica del sistema agenziale in questo campo, l'ipotesi di realizzare una collaborazione tra Agenzie finalizzata alla realizzazione del servizio in questione, formalizzata sotto vesti opportune (come potrebbe ad esempio essere un Consorzio di ARPA).

Va infine sottolineato che, una volta realizzato, un tale servizio potrebbe essere esteso ad altre analoghe realtà nazionali, con un risparmio netto soprattutto in relazione ai costi di avvio.

Il progetto FUMAPEX (sistemi integrati per previsioni di meteorologia urbana, di inquinamento atmosferico e di esposizione della popolazione)

Inizio: 01-11-2002
Fine: 31-10-2005
Durata: 36 mesi

Problemi da risolvere

Nella maggior parte delle grandi città europee si verificano episodi acuti di inquinamento atmosferico, dannosi per l'ambiente e per la salute dei cittadini, specialmente dei bambini e degli anziani. L'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA) ha valutato che più di 40 milioni di persone, abitanti delle 115 maggiori aree urbane europee, sono esposti a livelli di inquinamento superiori ai livelli di riferimento stabiliti dall'Organizzazione Mondiale della Sanità. Le Direttive UE e la legislazione nazionale sulla Qualità dell'Aria sono state introdotte per ridurre questi effetti dannosi.

Al fine di prevenire il raggiungimento dei livelli critici di concentrazione di inquinanti, le azioni di abbattimento (come la riduzione del traffico veicolare) dovrebbero essere pianificate con almeno uno o due giorni di anticipo. Spesso non è possibile impostare alcun'azione efficace, poiché i modelli di previsione o non esistono o sono inadeguati. In alcune città europee sono già utilizzati sistemi di allerta preventiva (Urban Air Quality Information and Forecasting Systems, UAQIFS). Tali sistemi devono essere migliorati, verificati, integrati con previsioni meteorologiche e modelli di esposizione della popolazione, e poi implementati più ampiamente in tutta Europa, al fine di garantire una migliore protezione dell'ambiente e della salute umana nelle città e nelle aree urbanizzate.

Obiettivi scientifici e approccio

La qualità dei sistemi di previsione e informazione sull'inquinamento atmosferico urbano (UAQIFS) dipende criticamente dagli inventari delle emissioni, dai modelli di inquinamento atmosferico urbano e dai dati meteorologici.

Tradizionalmente, questi differenti aspetti del problema, così come pure l'applicazione di modelli di esposizione della popolazione, sono sempre stati trattati separatamente da differenti comunità scientifiche ed amministrative, ciascuna caratterizzata da specifiche competenze. Ora è necessario combinare queste diverse competenze, al fine di migliorare la qualità della previsione degli episodi di inquinamento atmosferico nelle città europee. La qualità dei dati meteorologici dovrebbe subire un netto miglioramento grazie all'introduzione di dati ad alta risoluzione ottenuti dai modelli numerici meteorologici più avanzati.

Dunque gli obiettivi principali del progetto sono il miglioramento delle previsioni meteorologiche nelle aree urbane, la connessione tra modelli numerici meteorologici, modelli di inquinamento atmosferico urbano e modelli di esposizione della popolazione, la costruzione di migliori sistemi di previsione ed informazione sulla qualità dell'aria urbana, e infine la loro applicazione a città europee caratterizzate da climi differenti.

I passi necessari si svilupperanno in dieci Work Package, separati ma interconnessi, realizzati da 16 partecipanti e 6 subcontraenti. Si tratta di servizi meteorologici, enti di

ricerca, organizzazioni responsabili della qualità dell'aria, della previsione e del controllo dell'esposizione della popolazione, enti locali, provenienti da dieci paesi europei.

Impatti attesi

Il maggior impatto di FUMAPEX sarà lo sviluppo di sistemi di previsione ed informazione sulla qualità dell'aria urbana migliorati, validati, intercomparati ed accessibili, implementati in un maggior numero di città europee. La previsione e la prevenzione degli episodi di inquinamento più critici, oltre a rispondere alle direttive europee, porterà ad una migliore qualità della vita e dell'ambiente.

Un ulteriore impatto sarà l'uso delle migliori previsioni meteorologiche e dell'inquinamento per la gestione delle emergenze (incendi, emissioni accidentali) e per la gestione a lungo termine della qualità dell'aria (analisi di scenario, definizione delle strategie di abbattimento delle emissioni, analisi di sostenibilità). Inoltre il dialogo e la collaborazione tra scienziati ed amministratori di diversi specializzazioni condurrà all'accelerazione e all'innovazione della ricerca e delle applicazioni in settori relativi all'ambiente urbano, come auspicato dal Quinto Programma Quadro (p.e. clima urbano, trasporti sostenibili, ambiente, salute).

Coordinatore

Dr Alexander Baklanov	Tel: +45 3915 7441
Danish Meteorological Institute	Fax: +45 3915 7460
Lyngbyvej 100, DK-2100 Copenhagen, Denmark	E-mail: alb@dmi.dk

Le città coinvolte (direttamente o indirettamente)

Nel contesto del progetto verranno condotte analisi e valutazioni di episodi di inquinamento in numerose città europee, mostrate in Figura 1.

L'integrazione dei nuovi strumenti (UAQIFS) nelle procedure di gestione dei rischi verrà realizzata in almeno quattro città target, scelte tra le seguenti candidate (vedi anche Fig.1): **#1 – Oslo (Norvegia), #2 – Torino (Italia), #3 – Helsinki (Finlandia), #4 – Valencia/Castellon (Spagna), #5 – Bologna (Italia), #6 – Copenhagen (Danimarca)**. Nel progetto sono coinvolti (in qualità di utenti finali) enti locali ed altre organizzazioni.

Al fine di mantenere contatti di lavoro con le autorità cittadine (utenti finali), i servizi meteorologici e i gruppi che gestiscono la qualità dell'aria non direttamente coinvolti nel progetto, la disseminazione dei risultati sarà estesa anche a collaboratori ed utenti del progetto nelle seguenti città: **Londra, Parigi, Marsiglia, Basilea, Atene, Bruxelles, Watford, Lisbona, Budapest, Vilnius, Mosca**.

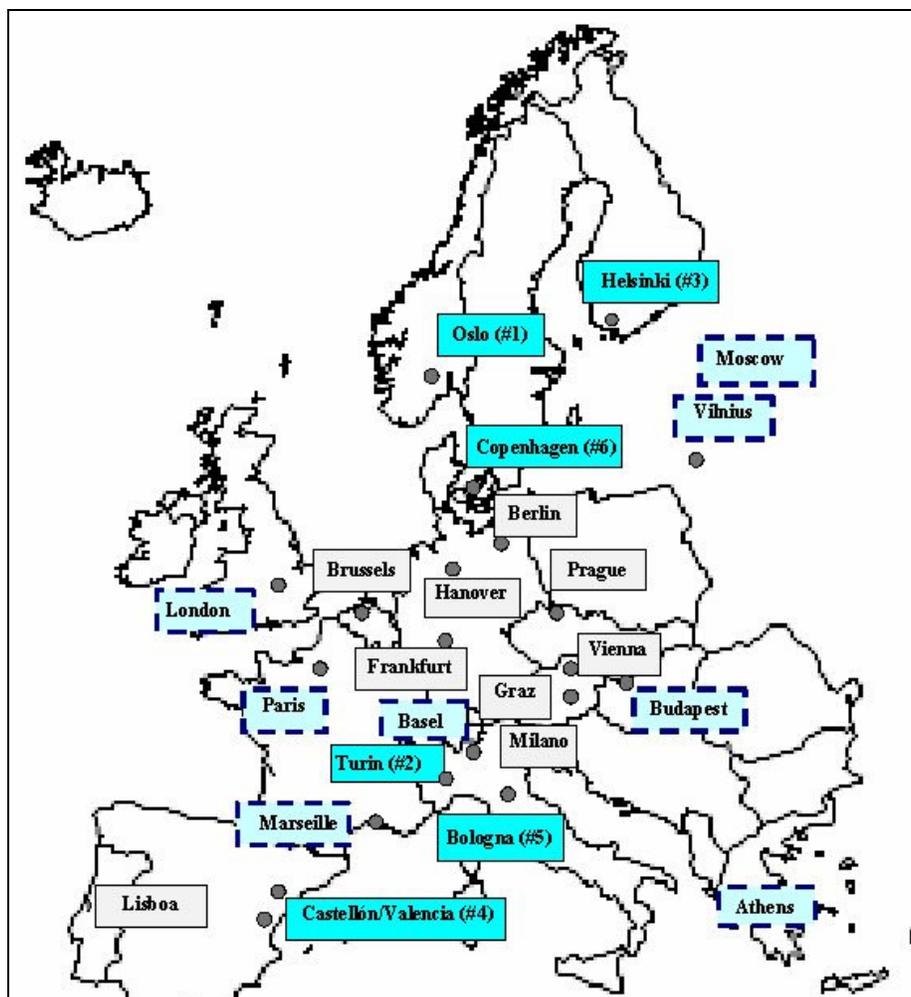


Figura 1. Mappa delle città europee selezionate per l'analisi degli episodi di inquinamento. Le città target, candidate per l'implementazione degli UAQIFS in FUMAPEX, sono contrassegnate da # e da caselle di sfondo azzurro. Le città potenzialmente destinate all'applicazione futura delle tecniche sviluppate da FUMAPEX sono contrassegnate dal bordo blu scuro tratteggiato.

Profilo delle città italiane direttamente coinvolte nel progetto

La gestione degli episodi acuti di inquinamento nelle aree urbane in Italia è definito su base regionale, e può coinvolgere tre livelli istituzionali: la Regione (e le ARPA), le Province e le Amministrazioni Comunali. Il D.M. 60/2002 ha recepito le Direttive dell'Unione Europea relative ai valori limite per biossido di zolfo, biossido di azoto, ossidi di azoto, PM10 e piombo.

Torino

Referenti: Francesco Lollobrigida (ARPA Piemonte), Sandro Finardi (ARIANET srl)

In Piemonte la normativa regionale prevede che le amministrazioni provinciali predispongano piani di azione per la riduzione del rischio di superamento dei valori

limite e delle soglie di allarme degli inquinanti in atmosfera. Nel caso di Torino ARPA Piemonte (partner n.14 di FUMAPEX in qualità di utente finale) è l'istituzione incaricata del monitoraggio della qualità dell'aria; essa ha il compito di verificare ed eventualmente comunicare i superamenti dei valori limite e delle soglie di allarme per gli inquinanti regolamentati e monitorati. Alla Provincia di Torino e all'Amministrazione Comunale competono l'informazione della popolazione e l'attuazione dei piani di emergenza.

Attualmente ARPA Piemonte e ARIANET (partner n.7 di FUMAPEX) stanno verificando un sistema modellistico per la valutazione della qualità dell'aria in Piemonte, secondo le richieste formulate dall'Amministrazione Regionale. Il sistema è costituito da un modello diagnostico del vento, da un modello di diffusione lagrangiano a particelle e da un modello fotochimico euleriano, e attualmente è utilizzato per la simulazione di episodi di inquinamento e per condurre analisi di scenario. Il sistema modellistico si basa su un inventario delle emissioni dettagliato, sviluppato dalla Regione Piemonte per tutto il suo territorio. Dal progetto FUMAPEX il sistema trarrà vantaggi soprattutto in termini di una maggiore capacità previsionale.

Situata all'estremo limite occidentale della Pianura Padana, Torino è caratterizzata da frequenti condizioni di calma di vento, che possono provocare episodi acuti di inquinamento, sia in inverno che in estate. Gli inquinanti di cui si registrano superamenti dei valori limite nell'area urbana di Torino durante gli episodi sono prevalentemente il biossido di azoto e il PM₁₀ nella stagione invernale, l'ozono in estate. Perciò il sistema previsionale si focalizzerà su questi inquinanti, sebbene le simulazioni considerino tutti gli inquinanti per i quali le normative europee, nazionali e regionali fissano soglie a breve termine.

Il sistema modellistico sviluppato nel contesto del progetto FUMAPEX completerà con previsioni a scala urbana l'informazione di cui attualmente ARPA Piemonte dispone, per controllare i superamenti delle soglie e per comunicare le allerte preventive. Tali informazioni aggiuntive (previsioni meteorologiche e di inquinamento atmosferico) offriranno alle autorità locali la possibilità di passare dalla mitigazione e gestione delle emergenze alla prevenzione degli episodi acuti di inquinamento.

Bologna

Referenti: Marco Deserti, Giovanni Bonafè (ARPA Emilia Romagna)

Nell'area urbana di Bologna si verificano episodi di inquinamento sia d'estate che d'inverno. Le più intense condizioni di inquinamento atmosferico si registrano nei periodi di persistente alta pressione, che determina calme di vento favorendo l'accumulo degli inquinanti. In inverno prevalgono i picchi di concentrazioni di PM₁₀ e di NO₂, in estate di ozono.

La Pianura Padana, ai margini della quale si colloca Bologna, è intensamente urbanizzata ed industrializzata; più del 35% della popolazione italiana vive in quest'area. Le circolazioni tipiche, spesso associate a condizioni di stagnazione della massa d'aria, e la distribuzione capillare di sorgenti emissive su tutto il suo territorio, ne fanno un eccellente laboratorio per lo studio dei processi relativi all'inquinamento atmosferico. D'estate, in condizioni di bel tempo, quando le frequenti calme di vento determinano la stagnazione della "massa d'aria chimica", si registrano episodi di inquinamento da ozono in una vasta area. Durante l'inverno invece, in presenza di venti deboli, bassa altezza di rimescolamento e condizioni atmosferiche stabili, si registrano

episodi di inquinamento atmosferico prevalentemente nelle aree urbane, dove le elevate emissioni locali e i regimi di circolazione indotti dal fenomeno dell'isola di calore li favoriscono. Spesso gli episodi si verificano quasi simultaneamente nella maggior parte dei centri urbani della Pianura Padana.

L'Amministrazione Comunale è responsabile dei provvedimenti di gestione dell'inquinamento atmosferico a scala urbana, mentre alla Regione e alle Province competono la gestione a lungo termine della qualità dell'aria, la riduzione delle emissioni inquinanti e la pianificazione. La mission di ARPA Emilia Romagna (partner n.8 di FUMAPEX) è di fornire assistenza tecnico-scientifica alle autorità locali nella valutazione e nella gestione della qualità dell'aria. ARPA gestisce la rete di monitoraggio dell'inquinamento e fornisce i dati agli enti locali. In caso di superamento dei livelli di riferimento, ARPA fornisce informazioni meteorologiche al fine di prevedere la durata dell'episodio e di pianificare azioni di abbattimento (interruzioni del traffico). Modelli di qualità dell'aria sono utilizzati per individuare le strategie e definire i piani di riduzione dell'inquinamento. Per fornire le informazioni meteorologiche necessarie per la valutazione e per la gestione della qualità dell'aria, presso ARPA è stato implementato operativamente un pre-processore meteorologico diagnostico. Il modello produce una corsa al giorno, su un dominio che copre tutta la Pianura Padana. I nuovi strumenti che FUMAPEX fornirà saranno utilizzati per estendere l'informazione meteorologica dall'analisi alla previsione. La necessità di produrre previsioni è sancita dalla normativa nazionale, la quale stabilisce che le autorità locali conducano azioni di abbattimento in caso di superamento dei valori limite e delle soglie di allarme. Tali azioni di abbattimento (quali la riduzione del traffico veicolare) devono essere pianificate almeno uno o due giorni prima del raggiungimento dei livelli critici. Per soddisfare queste richieste le autorità locali hanno necessità di sistemi di supporto alle decisioni, che siano in grado di prevedere la probabilità che si verifichino concentrazioni elevate di inquinanti al suolo, specie nelle aree urbane, dove vive la maggior parte della popolazione. Solitamente tali sistemi di supporto si avvalgono di metodologie statistiche e a reti neurali, che producono previsioni a breve termine di inquinamento, usando variabili meteorologiche come predittori. ARPA utilizza appunto modelli statistici come strumento di supporto alla formulazione di previsioni soggettive dei livelli di ozono e di PM₁₀. Inoltre quotidianamente i tecnici di ARPA stilano un bollettino meteorologico per la qualità dell'aria, che fornisce indicazioni sulla tendenza dell'inquinamento atmosferico a breve termine.

Nel progetto FUMAPEX ARPA è prevalentemente coinvolta nei Work Package 3 (verifica dei modelli meteorologici nelle aree urbane) e 8 (implementazione e dimostrazione dei sistemi di previsione e informazione sull'inquinamento atmosferico urbano).

Partecipanti

German Weather Service (**DWD**), PO Boks 100465, D-63004 Offenbach, Germany,
Contact Person: Dr Barbara Fay

Hamburg University (**MIHU**), Bundesstr. 55, D-20146 Hamburg, Germany, Contact
Person: Prof. Michael Schatzmann

Centro De Estudios Ambientales Del Mediterraneo (**CEAM**), Parque Tecnológico, C/Charles R.Darwin, 14, E-46980 (Paterna) Valencia, Spain, Contact Person: Dr Millán M. Millán

Ecole Centrale de Nantes (**ECN**), B.P. 92101, F-44321 Nantes Cedex 3, France, Contact Person: Prof. Patrice Mestayer

Finnish Meteorological Institute (**FMI**), Sahaajankatu 20E, FIN-00810 Helsinki, Finland, Contact Person: Dr Jaakko Kukkonen

ARIANET Consulting (**ARIANET**), via Gilino 9, I-20128 Milano, Italy, Contact Person: Dr Sandro Finardi

Environmental Protection Agency of Emilia-Romagna Region (**ARPA**), Viale Silvani 6, I-40122 Bologna, Italy, Contact Person: Dr Marco Deserti

The Norwegian Meteorological Institute (**DNMI**), P.O.Box 43, Blindern, N-0313 Oslo, Norway, Contact Persons: Drs Erik Berge & Norvald Bjergene

Norwegian Institute for Air Research (**NILU**), P.O.Box 100, N-2027 Kjeller, Norway, Contact Person: Dr Leiv Haavard Slordal

University of Hertfordshire (**UH**), College Lane, Hatfield, AL10 9AB, UK, Contact Person: Prof. Ranjeet Sokhi

INSA CNRS-Universite-INSA de Rouen (**CORIA**), Av. de l'Université-BP 8, F-76801 Saint Etienne du Rouvray cedex, France, Contact Person: Prof. Alexis Coppalle

Finnish National Public Health Institute (**KTL**), P.O.Box 95, FIN-70701 Kuopio, Finland, Contact Person: Prof. Matti Jantunen

Environmental Protection Agency of Piedmont (**ARPAP**), Via della Rocca 49, I-10123 Torino, Italy, Contact Person: Dr Francesco Lollobrigida

Environment Institute - Joint Research Center (**JRC EI**), EC, Ispra (VA), I-21020, Italy, Contact Person: Dr Andreas Skouloudis

Swiss Federal Institute of Technology (**ETH**), EPFL DGR-LPA, CH-1015 Lausanne, Switzerland, Contact Persons: Drs Alain Clappier & Mathias Rotach

Il progetto SIMAGE dell’Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Veneto

A cura di Alessandro Benassi, Silvia Pillon; ARPAV - Area tecnico scientifica.

Il Progetto SIMAGE, inerente la realizzazione presso il sito industriale di Porto Marghera del *Sistema Integrato per il Monitoraggio Ambientale e la Gestione del Rischio Industriale e delle Emergenze*, nasce dall’Accordo di Programma sulla Chimica di Porto Marghera, siglato in data 21 ottobre 1998 tra Aziende, Associazioni di Categoria, Enti Locali, Regione Veneto, Ministero dell’Ambiente, Ministero dell’Industria, e Ministero dei Lavori Pubblici, con obiettivi di risanamento ambientale e di incentivo alla riconversione dei cicli produttivi in un’ottica di salvaguardia della salute e dell’ambiente.

Il SIMAGE si articola operativamente in 3 lotti, finanziati dalla Regione Veneto, che ha affidato la progettazione e realizzazione tecnica all’ARPAV, Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Veneto.

Il Progetto SIMAGE I Lotto “*Piano di Monitoraggio della Qualità dell’aria a Porto Marghera e nel Bacino Scolante in Laguna di Venezia*” presenta i seguenti obiettivi:

1. realizzazione del progetto pilota del SIMAGE, costituito da una rete di sensori in grado di rilevare la presenza in aria di inquinanti che possono prodursi in fase incidentale ed interessare il "bersaglio uomo" e da un centro operativo di gestione delle emergenze. Il I Lotto prevede, in particolare, la sperimentazione in campo di parte della strumentazione di controllo nella forma di "progetto pilota" per verificarne l’efficacia operativa, nonché la progettazione di massima del centro operativo di gestione delle emergenze;
2. studio dell’ambiente atmosferico nel territorio del Bacino Scolante e della Laguna di Venezia, attraverso l’esecuzione di una campagna di monitoraggio della qualità dell’aria, la stima delle emissioni inquinanti prodotte dalle attività antropiche, la messa a punto di strumenti modellistici per la caratterizzazione della meteorologia e della qualità dell’aria nel territorio in esame e la definizione di scenari di riduzione delle emissioni in atmosfera per migliorare lo stato della qualità dell’aria.

Il Progetto SIMAGE II lotto “*Gestione del rischio industriale e realizzazione del sistema esperto*” ed il successivo III lotto “*Completamento dei primi due lotti e realizzazione del sistema di comunicazione*” prevedono la realizzazione del centro operativo, che assicurerà supporto tecnico e logistico alle autorità competenti per le emergenze di protezione in caso di incidente industriale a in Porto Marghera e sarà fondamentalmente composto da due elementi:

- una rete di monitoraggio della qualità dell’aria, dedicata ai composti chimici di origine industriale, per il pronto rilevamento e valutazione di rilasci accidentali dagli impianti produttivi;

- una struttura gestionale consistente in un sistema informativo, che conterrà banche dati alfanumeriche e georeferenziate, in un sistema di procedure operative che assicurerà il coordinamento ed il collegamento tra i soggetti pubblici e privati coinvolti nella gestione delle emergenze e in un sistema di comunicazione per l'informazione e l'allertamento della popolazione.

Costruzione di un modello relativo all'inquinamento fotochimico nelle aree costiere: una indagine preliminare nella Penisola Salentina

R. Cesari¹, G. Lella^{1,3}, C. Mangia¹, G.P. Marra¹, M. Miglietta¹, U. Rizza¹, I. Schipa^{1,3}, A. Tanzarella^{1,2}

¹ CNR ISAC, Sezione di Lecce

² Università degli Studi di Lecce

³ Osservatorio dell'Inquinamento Atmosferico di Campi Salentina

corresponding author: e-mail u.rizza@isac.cnr.it

Sommario

Questo lavoro presenta un sistema integrato per lo studio del trasporto e dispersione degli inquinanti. Il sistema è stato applicato nell'area del Salento, nella regione Puglia che, essendo circondata da due diversi mari, rende i modelli semplificati incapaci di descrivere la circolazione locale. Il sistema di costruzione del modello consiste di modelli meteorologici e di dispersione. Due modelli meteorologici sono stati accoppiati a cascata: RAMS, un modello meteorologico mesoscala, e CALMET, un modello tridimensionale di diagnostica micro-meteorologica. Il risultato fornito dal sistema RAMS/CALMET così ottenuto è stato usato dal modello fotochimico CALGRID.

Le simulazioni meteorologiche con scenari realistici sono realizzate in un caso specifico, caratterizzato da circolazioni meteorologiche complesse, per verificare la capacità del sistema RAMS/CALMET di riprodurre le principali caratteristiche di flusso atmosferico. Un test per stimolare la concentrazione di O₃ con CALGRID è stato realizzato in un periodo prestabilito. I risultati del modello sono stati comparati con i punti origine delle misurazioni.

Introduzione

Le circolazioni a mesoscala e gli effetti locali possono avere importanti conseguenze sulle condizioni locali del tempo e la struttura dello strato limite, modificando la dispersione degli inquinanti nell'aria in modo significativo (Fisher 2000). La circolazione locale in ambiente costiero non può essere di solito ottenuta con modelli semplificati, i quali suppongono che il flusso sia stazionario e omogeneo. In presenza di linee costiere si hanno circolazioni complesse, caratterizzate da grandi variazioni orizzontali e verticali dei parametri meteorologici, che sono causati dal differente ciclo di riscaldamento diurno, sul limite mare/terra (Melas et al. 2000). In particolare, in una penisola bassa e diritta, sono presenti piccole scale di variazione temporale e spaziale del campo dei venti e dei parametri dello strato limite, e questo è il risultato di differenti circolazioni termiche tra loro sovrapposte. L'impatto a livello del suolo degli inquinanti è così determinato da traiettorie tridimensionali non stazionarie che devono essere stimate per calcoli realistici di trasporto di dispersione degli inquinanti. Pertanto è necessario disporre di un sistema combinato di modelli, che abbinati a flussi atmosferici con la dispersione e chimica. Questo approccio è particolarmente necessario per l'inquinamento fotochimico dove la chimica non-lineare è combinata con effetti meteorologici, che influenzano fortemente la concentrazione massima di ozono:

inquinanti primari e secondari possono anche essere trasportati molto lontano dall'area dove essi sono prodotti ed emessi. Può succedere, infatti, che alti livelli di ozono vengano misurati a grande distanza dalle aree nelle quali i precursori sono emessi.

Lo scopo di questo lavoro è lo studio delle prestazioni di un sistema di modelli che riproducono le principali caratteristiche dei flussi atmosferici e della dispersione di inquinanti. Questo sistema è stato applicato alla Penisola Salentina, in Puglia, che è soggetta a un complesso sistema di brezze mare-terra. Per la simulazione meteorologica è stato scelto il periodo dal 2 al 4 luglio 2003. Infatti alcune tipiche condizioni del periodo estivo dell'area mediterranea, per esempio l'assenza di vento, la stabilità atmosferica e l'elevata quantità di radiazioni solari, rendono possibile la creazione e il persistere di inquinamento fotochimico. Con queste condizioni lo smog estivo si forma attraverso una reazione fotochimica tra ossido di azoto e composti organici volatili (VOCs).

Il sistema di modelli

Il RAMS (Regional Atmospheric Modelling System) codice versione 4.3 (Pielke et al. 1992) è un sistema altamente versatile sviluppato alla Colorado State University per simulare e prevedere la circolazione del tempo atmosferico. Esso è costituito da un modello atmosferico utilizzato per le simulazioni e un pacchetto per l'analisi dati che prepara i dati iniziali per il modello atmosferico dalle stazioni meteorologiche osservate. Il modello RAMS è stato inizializzato usando i dati acquisiti dall'European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF), aggiornando i campi meteorologici ogni sei ore.

Il CALMET (CALifornian METeorological model) (Scire et al. 1990) è un modello meteorologico che include un generatore diagnostico per il campo vento contenente analisi oggettive e trattamenti parametrizzati di flussi su terreni inclinato, effetti cinematici terrestri, effetti di bloccaggio terrestre e una procedura di minimizzazione delle divergenze e un modello micro-meteorologico per gli strati limite via terra e via mare.

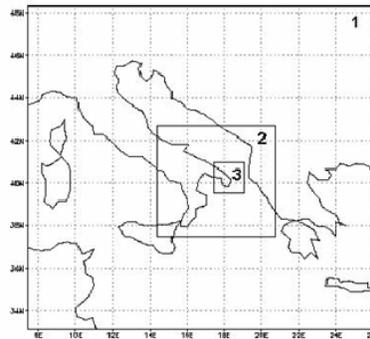
L'output di CALMET consiste di campi su griglia tridimensionale delle componenti U, V, W del vento e della temperatura dell'aria e campi bidimensionali di parametri di turbolenza e temperatura, densità dell'aria, radiazione solare a onde corte, umidità relativa definita alla superficie nelle stazioni meteorologiche.

Il CALGRID (CALifornian GRIDded model) (Yamartino et al. 1992) è un modello fotochimico Euleriano tridimensionale che include moduli specifici per l'avvezione/diffusione orizzontale e verticale. Un algoritmo basato sulla resistenza per la deposizione secca tiene in considerazione le proprietà degli inquinanti, la meteorologia locale e le caratteristiche terrestri. Il modello è basato sul meccanismo chimico SAPRC-90, che contiene 54 specie chimiche e 129 reazioni. Il modello richiede informazioni circa il campo meteorologico e turbolento (da CALMET) e i dati di emissione nel territorio, nel momento iniziale e finale. Produce ogni ora un campo tridimensionale di concentrazione delle specie emesse.

Dominio di applicazione dei modelli

La Penisola Salentina si trova nella parte sud-est dell'Italia ed è circondata da due mari distinti, l'Adriatico meridionale e il Mar Ionio settentrionale, collegati dal canale

d'Otranto. La penisola è abbastanza stretta e la topografia è piatta con bassi rilievi. Un importante fenomeno meteorologico frequentemente osservato in questa zona è la fusione della brezza mare-terra, causata dal ciclo del riscaldamento diurno. La simulazione con il modello RAMS è stata realizzata in una configurazione a griglie annidate a due vie, con tre griglie. La griglia usata per le simulazioni CALMET e CALGRID ha la stessa estensione orizzontale della griglia interna di RAMS. La specifica delle dimensioni del dominio di applicazione e del passo di griglia è fornita in Figura/Tabella 1.



Grid	Lx (km)	Ly (km)	Lz (km)	Nx	Ny	Nz	$\Delta x, \Delta y$ (km)
1 - RAMS	1800	1800	14	60	60	25	30
2 - RAMS	570	660	14	38	44	25	15
3 - RAMS	108.75	108.75	14	58	58	25	1.875
3 - CALMET/CALGRID	108.75	108.75	3	54	54	10	1.875

Figura/Tabella 1 – specifica delle dimensioni del dominio di applicazione e del passo di griglia (In tabella: Grid = Griglia)

Simulazioni di dispersione

Durante il periodo scelto, 2-4 luglio 2003, la direzione prevalente del vento è stata sud-ovest, con brezze locali originatesi il secondo giorno lungo le coste.

Nella Figura 1 la concentrazione del modello è comparata con i dati osservati in alcune stazioni di misurazione della provincia di Lecce. Poiché le reazioni fotochimiche dovute alla radiazione solare avvengono durante le ore più calde, si osserva ovviamente un pronunciato ciclo diurno con massima durante il giorno e minima durante la notte.

Simulazione 2-4 luglio 2003

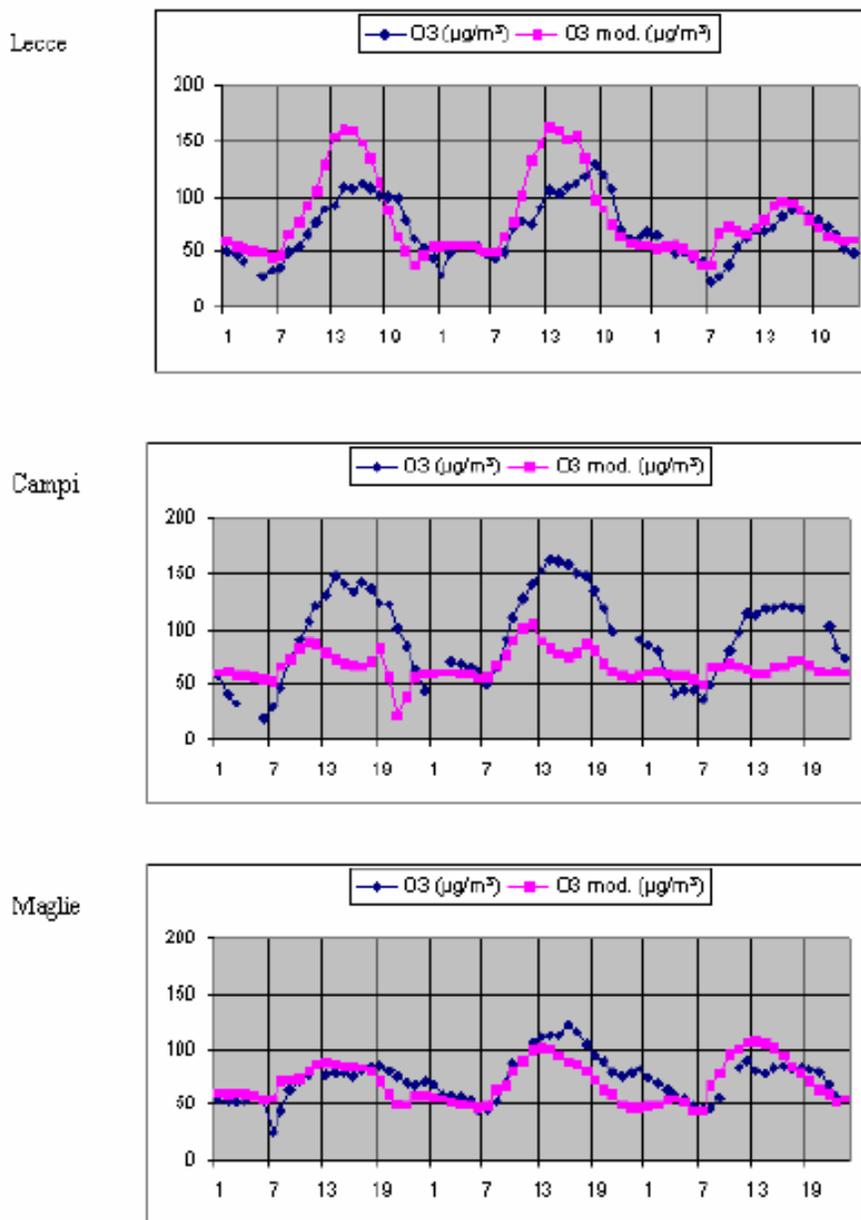


Figura 1 – Comparazione tra i modelli e le misurazioni di concentrazione di ozono al suolo nelle tre diverse stazioni, nel periodo considerato.

Conclusioni

È stato presentato un sistema integrato per lo studio dell'inquinamento fotochimico. Il sistema è stato applicato alla Penisola Salentina in un periodo estivo favorevole alla produzione di ozono. Il sistema RAMS/CALMET è stato utilizzato per valutare la capacità di questo sistema di riprodurre la circolazione a mesoscala e locale, mentre il

modello CALGRID è stato usato per simulare il trasporto e la dispersione di inquinanti nell'aria. Il sistema integrato permette l'indagine di effetti chimici e meteorologici sull'inquinamento fotochimico. Il test utilizzato nel periodo prescelto con CALGRID mostra che livelli di concentrazione al suolo di O₃ simulati e osservati sono ben comparabili.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Fisher, B. (2002). Meteorological factors influencing the occurrence of air pollution episodes involving chimney plumes. *Metor. Appl.*, 9:199-210.
- Melas, D., Lavagnini, A., Sempreviva, A.M. (2000). An investigation of the Boundary Layer Dynamics of Sardinia Island under sea-breeze conditions. *J. Appl. Meteor.*, 39:516-524.
- Pielke, R.A., Cotton, W.R., Walko, R.L., Tremback, C.J., Lyons, W.A., Grasso, L.D., Nicholls, M.E., Moran, M.D., Wesley, D.A., Lee, T.J., Copeland, J.H. (1992). A comprehensive Meteorological Modelling System – RAMS. *Meteorol. Atmos. Phys.*, 49, pp. 69-91.
- Scire, J.S., Insley, E.M., Yamartino, R. (1990). Model Formulation and User's Guide for the CALMET Meteorological Model. California Air Resource Board.
- Yamartino, R.J., Scire, J.S., Carmichael, G.R., Chang, Y.S. (1992). The Calgrid mesoscale photochemical grid model – I model formulation. *Atmospheric Environment*, Vol. 26 A, No. 8, pp. 1493-1512.

RINGRAZIAMENTI

Molti ringraziamenti a C. Elefante per il suo supporto tecnico e a Giovanni Lella e al prof. F. Zuanni dell'Osservatorio per l'Inquinamento Atmosferico di Campi Salentina (Le) per averci fornito dati sperimentali, e la Provincia di Lecce per il supporto finanziario.

Implementazione di un network modellistico per lo studio della dispersione di inquinanti fotochimici in atmosfera

R. Melchiorre*, A. Riccio^o, G. Giunta^o, A. Scopa*, S. Dumontet*

^o Istituto di Matematica, Fisica ed Applicazioni - Università degli Studi di Napoli "Parthenope"

* Dip. Produzione Vegetale- Laboratorio di Ecodinamica – Università degli Studi della Basilicata

La stima dell'inquinamento atmosferico con un approccio modellistico – computazionale è realizzabile attraverso una dettagliata conoscenza delle relazioni tra processi chimici e meteorologici, nonché della dinamica degli inquinanti in atmosfera. Lo studio dei processi di emissione e deposizione delle specie chimiche reattive nella *boundary layer* è strettamente connesso alla dinamica fisica delle masse d'aria, in quanto la turbolenza nella bassa troposfera agisce come fattore non soltanto per il trasporto, ma anche per lo stato di mescolamento delle stesse, condizionando la possibilità che si verifichino delle reazioni chimiche. L'obiettivo di questo studio consiste nell'implementazione di un *network* modellistico integrato, in grado di simulare l'inquinamento atmosferico su differenti scale spaziali.

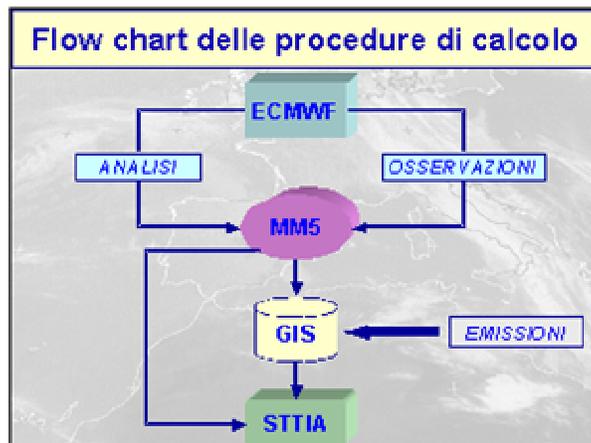
Il *network* implementato consiste di tre componenti principali:

- 1) un modello meteorologico, necessario per il calcolo delle variabili fisiche atmosferiche;
- 2) un inventario delle emissioni degli inquinanti atmosferici;
- 3) un modello chimico di trasporto per la simulazione numerica della dispersione degli inquinanti.

In particolare, il *software* utilizzato come sistema di modellizzazione atmosferica è **MM5V3** (*Fifth – Generation Mesoscale Model version 3*), sviluppato presso la *Penn – State University* e l'*UCAR (University Corporation for atmospheric Research)*.

L' inventario delle emissioni per le differenti scale spaziali è stato costruito in ambiente GIS a partire dai dati disponibili. La tecnologia GIS può costituire infatti un valido supporto alla modellistica atmosferica permettendo l'organizzazione, la conservazione, nonché la visualizzazione degli *output* prodotti dal modello chimico di trasporto.

Infine, la simulazione numerica della dispersione degli inquinanti è stata effettuata attraverso l'applicazione del software **STTIA** (*Software per lo Studio del Trasporto e della Trasformazione Chimica di Inquinanti Atmosferici*), basato sul meccanismo cinetico noto come LCC, che comprende 107 reazioni di 42 specie chimiche. Tale modello, utilizzando i valori delle variabili fisiche calcolate dal sistema **MM5** e i dati di emissione, realizza l'integrazione numerica delle equazioni di avvezione-diffusione-reazione, legate al bilancio di massa degli inquinanti chimici su una griglia tridimensionale, spazialmente uniforme lungo le dimensioni *x*, *y* e variabile lungo *z*. Infine, le concentrazioni degli inquinanti chimici in atmosfera sono state visualizzate mediante l'uso del *software* **Vis5D**.



Il sistema sopra descritto è stato applicato a differenti scale spaziali. In particolare sono state effettuate due simulazioni: la prima sull'area del bacino del Mediterraneo, la seconda, a scala locale, sulla regione Campania.

La ricerca è stata incentrata sulla valutazione dell'evoluzione della concentrazione degli inquinanti precursori, quali il CO, gli NO_x e gli NMVOC (composti organici volatili non metanici), e conseguentemente della produzione di ozono. I risultati ottenuti consistono, pertanto, nel calcolo degli andamenti tipici dei principali inquinanti atmosferici.

Attualmente si sta implementando lo stesso *network* sul territorio della Regione Basilicata.

In tale contesto sono state già realizzate simulazioni meteorologiche mediante l'uso del *software* **MM5**. E' previsto inoltre l'applicazione di tale sistema utilizzando il modello chimico di trasporto **CAMX** che contempla ulteriori *features* quali *plume in grid*, *modellizzazione del particolato*, *dei processi di deposizione secca ed umida*, *flexi-nesting etc.*.

Applicazioni modellistiche a scala locale e regionale inserite nel progetto SIMAGE per sistemi di controllo della qualità dell'aria in tempo reale.

Jean Pierre Nordvik

European Commission, Joint Research Centre – IPSC, TP 210 – 21020 Ispra (VA) – Italy

Tel: +39 0332-785021 – Fax: +39 0332-785813 – e_mail: jean-pierre.nordvik@jrc.it

Giuseppe Brusasca

ARIANET Srl – Via Gilino, 9 – 20128 Milano – Italy

Tel.: +39 02-27007255 – Fax.: +39 02-25708084 – e_mail: g.brusasca@aria-net.it

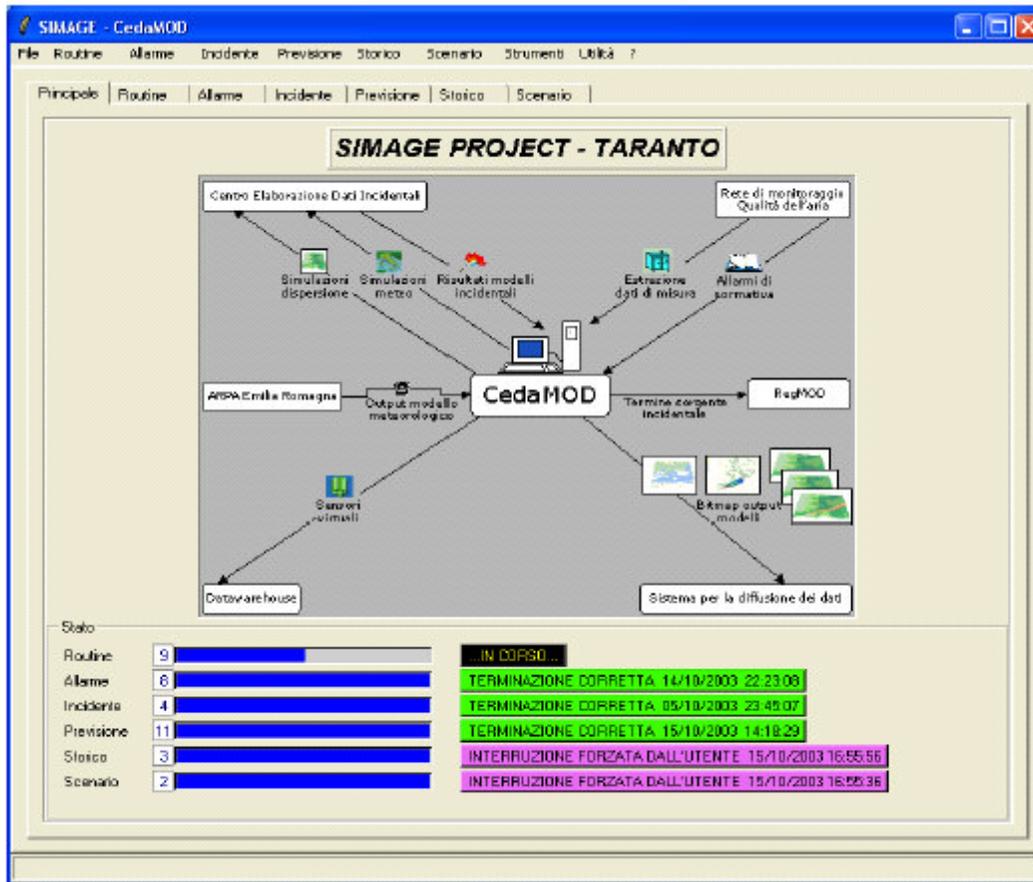
Nell'ambito di un accordo di programma stipulato tra il Ministero Italiano dell'Ambiente ed il Centro Comune di Ricerca della Commissione Europea, quest'ultimo è diventato attuatore di un insieme di progetti miranti alla realizzazione ed installazione, nelle province di Brindisi, Taranto e Venezia, di un sistema locale integrato per monitorare e prevenire l'inquinamento ed i rischi connessi alle attività industriali ed alla movimentazione di sostanze pericolose, ed all'inserimento dei sistemi "locali" in una rete nazionale.

Il sistema globale è chiamato **SIMAGE** – *Sistema Integrato per il Monitoraggio Ambientale e la Gestione del rischio industriale e delle Emergenze*, ed in quest'ambito sono stati sviluppati e sono in corso di attivazione i Centri di Controllo Ambientale (CEDAMOD) per le aree industriali di Brindisi e Taranto, nonché per il Centro Regionale di Bari. Tali sistemi sono dotati di strumenti modellistici per il controllo e la previsione in tempo reale dell'inquinamento atmosferico attorno alle aree industriali e sull'intera regione.

I sistemi si affiancano alle misure di inquinamento sul territorio raccolte dalle reti di monitoraggio e, mediante la simulazione del fenomeno dispersivo, sono in grado di fornire una stima "realistica" delle concentrazioni in atmosfera degli inquinanti emessi, anche in zone non raggiunte dagli strumenti di misura. In particolare sono utilizzati *modelli Lagrangiani "a particelle"* (codice **SPRAY**) per seguire l'evoluzione delle emissioni industriali e *codici Euleriani "a griglia"* (codice **FARM**) per simulare le reazioni chimiche che avvengono a scala regionale con il mix di tutte le emissioni. Le valutazioni sono effettuate considerando lo scenario emissivo fornito dall'utente (catasto delle sorgenti puntuali nelle aree industriali, inventario completo delle emissioni a scala regionale con la metodologia CORINAIR) e utilizzando i dati meteorologici sia di Reti di Monitoraggio della Qualità dell'Aria che provenienti da Servizi Meteorologici (in particolare viene utilizzato l'output del modello LOKAL fornito da ARPA-ER-SMR). Il sistema dispone di dati territoriali per orografia (DTM) e uso del suolo (land-use), idonei all'esecuzione dei modelli implementati, alle scale spaziali richieste.

L'interesse principale è rivolto alle emissioni industriali esistenti, alle emissioni mobili da traffico, alle emissioni areali e alle variazioni delle concentrazioni degli inquinanti generate da modificazioni delle condizioni meteorologiche. Da questo punto di vista, i

sistemi consentono di simulare facilmente più scenari (modifica delle emissioni o dello scenario meteorologico) e rende possibile trattare un numero rilevante di sorgenti lineari, puntuali ed areali, determinando l'evoluzione temporale degli inquinanti emessi sull'area in esame. L'insieme del software è implementato su Personal Computer in un contesto di facile utilizzo, ed è costituito dalla integrazione di packages commerciali preesistenti e di moduli sviluppati ad hoc per ogni sito; visualizzazioni grafiche bi e tridimensionale consentono un'analisi sintetica sia di tipo quantitativo che qualitativo dei risultati.

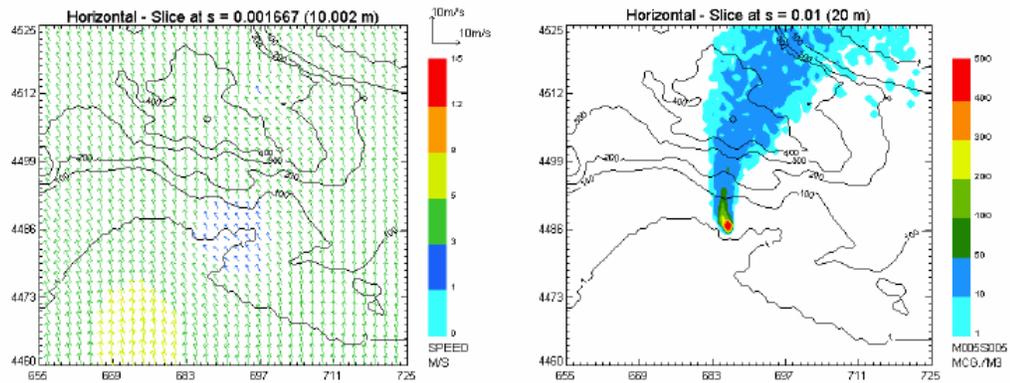


I sistemi si basano sul funzionamento in modo automatico e in tempo reale di più catene operative (attivabili dall'utente in modo interattivo da sinottici come quello della figura allegata):

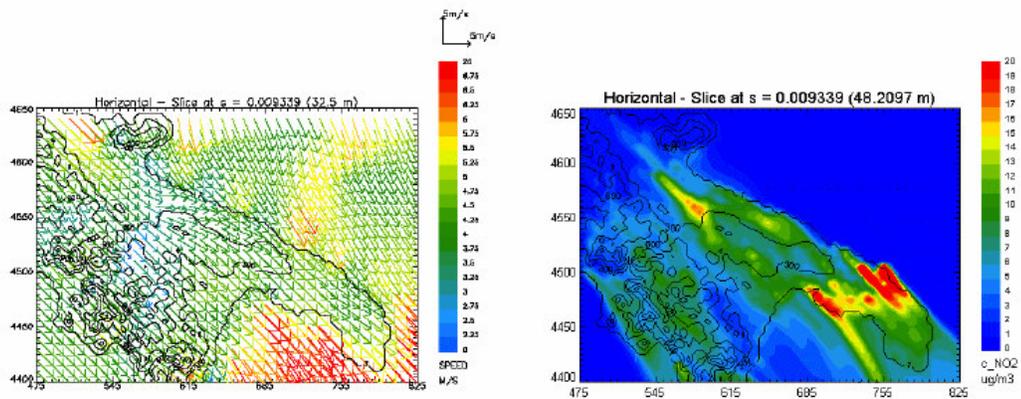
- Modalità di routine: viene eseguita la simulazione di tutte le emissioni presenti ora per ora, visualizzando l'impatto al suolo dei diversi inquinanti emessi;
- Modalità di allarme: in presenza di valori anomali delle concentrazioni al suolo segnalate dalla rete di monitoraggio, il sistema indica quali sono le sorgenti interessate;
- Modalità incidentale: il sistema permette di seguire l'evoluzione di emissioni anomale segnalate da un operatore;
- Modalità previsionale: ogni giorno viene simulato l'impatto previsto a 24-48 ore;

A queste si aggiungono ulteriori modalità eseguite su richiesta dell'utente:

- Modalità storica per la simulazioni di periodi passati che richiedano studi dettagliati:
 - Modalità di scenario per la simulazione con sorgenti emittenti nuove o modificate.
- L'esplorazione degli effetti che si ottengono con diversi scenari consente di poter confrontare l'efficacia degli interventi rispetto alla situazione presente e quindi decidere gli interventi più adatti per evitare condizioni di inquinamento acuto.



Esempio di campo di vento e concentrazione media oraria di SO₂ al suolo prodotto dal CEDAMOD di Taranto.



Esempio di campo di vento e concentrazione media oraria di NO₂ al suolo prodotto dal Sistema Modellistico a scala Regionale

Conclusioni e prospettive future

Dai contributi presentati nelle precedenti sezioni di questo rapporto e dalla discussione tecnica che si è svolta al termine del seminario di Matera, emerge come la preparazione di una linea guida alla selezione ed all'utilizzo a fini normativi di modelli chimici di trasporto e dispersione a scala regionale presupponga che venga svolta una attenta valutazione dei modelli disponibili e dei loro risultati. Per produrre questa valutazione è necessario realizzare un esercizio di confronto tra modelli regionali. Obiettivi dell'esercizio dovrebbero essere la definizione quantitativa dell'incertezza associata all'utilizzo di modelli di qualità dell'aria per inquinanti a larga scala (Ozono, ossidi di azoto, particolato fine) e la definizione di una lista di modelli che, tra quelli che partecipano all'esercizio, soddisfano gli obiettivi di qualità dei dati richiesti dalle norme in vigore.

Dato che lo scopo della applicazione dei modelli è di produrre una analisi spaziale che consenta di individuare le aree del territorio dove vengono rispettati o superati i livelli di riferimento per la qualità dell'aria, e che questi livelli sono formulati su un periodo di riferimento annuale o stagionale, i modelli dovranno essere valutati eseguendo simulazioni di lungo periodo (12/6 mesi).

Poiché i processi di inquinamento rilevanti alla scala regionale (principalmente ozono e PM) sono di natura secondaria, e si manifestano tipicamente su una vasta scala spaziale, il dominio di applicazione dei modelli deve avere dimensioni estese (almeno 300 x 300 Km²).

Dato che nella realtà Italiana i processi di inquinamento possono presentare caratteristiche significativamente diversa tra la pianura padana (caratterizzata da terreno pianeggiante e condizioni meteorologiche di frequente stagnazione) e le aree costiere e mediterranee (caratterizzate da una orografia complessa e da condizioni di ricircolo degli inquinanti e dei precursori, legate alle brezze), risulta conveniente individuare due tipiche aree di applicazione, sulle quali condurre la valutazione dei modelli:

- l'area del bacino padano adriatico (BPA)
- un'area mediterranea (MED)

La preparazione dell'esercizio di confronto richiede la predisposizione di un set di dati di ingresso e di un set di dati di verifica.

Il set di dati di ingresso deve comprendere dati di emissioni orarie su griglia, per tutte le specie chimiche e di PM10, dati meteorologici orari, da un modello meteorologico a scala nazionale; dati di condizioni al contorno da un modello chimico di trasporto e dispersione a scala continentale.

Il set di dati di verifica deve essere costituito da dati orari di concentrazione di inquinanti reattivi (O₃, NO₂, PM10), misurati in stazioni selezionate e controllati in qualità.

Dal punto di vista organizzativo, l'esercizio dovrebbe svolgersi in due fasi:

- 1) test tra i partecipanti al CTN,
- 2) distribuzione del set di dati ai soggetti esterni al CTN.

I soggetti partecipanti alla fase 2 potranno essere, oltre alle ARPA, gruppi di ricerca o società che sviluppano/utilizzano modelli di qualità dell'aria.

I risultati delle simulazioni dovranno essere valutati e confrontati tra loro, calcolando vari indicatori statistici e rappresentando le mappe di inquinamento. I risultati potranno poi essere pubblicati su un rapporto tecnico del CTN, indicando il nome del modello

utilizzato e gli autori della simulazione, mentre i vari soggetti che parteciperanno all'esercizio potranno produrre proprie pubblicazioni scientifiche, utilizzando i dati forniti dal CTN-ACE e citando la fonte dei dati. Si raccomanda inoltre di svolgere, da parte del gruppo di lavoro che organizza l'esercizio, una attenta verifica dei dati di ingresso che verranno utilizzati. La attività di verifica e raccolta dei dati dovrebbe essere realizzata con l'aiuto di punti di riferimento locali, che abbiano una conoscenza diretta del territorio sul quale verranno eseguite le simulazioni.

Conclusioni:

La attività di rassegna svolta dal CTN-ACE nel triennio 1999-2001, hanno mostrato come, nella realtà italiana, gli strumenti modellistici sono ancora poco utilizzati, anche a causa della difficoltà nel reperire e predisporre i dati di ingresso richiesti dai modelli, specie quelli più complessi come i modelli fotochimici a scala regionale. Per superare queste difficoltà e favorire l'utilizzo della modellistica, sono state promosse dal CTN-ACE varie attività che hanno evidenziato l'utilità di predisporre un set di dati di ingresso sui quali applicare in modo coordinato vari modelli di qualità dell'aria, verificandone i risultati ottenuti e documentando la qualità delle simulazioni. In particolare il lavoro svolto nel corso del 2003 dal gruppo di lavoro "ob.09-Modelli", le indicazioni emerse dall'incontro di Matera del 30 ottobre 2003 su "I modelli per la valutazione e gestione della qualità dell'aria" e gli esiti del successivo incontro del gruppo tecnico del 31 ottobre, hanno evidenziato l'opportunità di realizzare, nell'ambito del complesso di attività del CTN, **un esercizio di confronto e valutazione di modelli chimici di trasporto.**

L'esercizio dovrebbe essere finalizzato a:

1. supportare lo sviluppo dell'approccio modellistico alla valutazione e gestione della qualità dell'aria;
2. produrre linee guida operative per la applicazione da parte delle ARPA di modellistica a fini normativi. (Direttiva sulla valutazione e gestione della qualità dell'aria 96/62/CE recepita in Italia con il D.Lvo. 4 agosto 1999 n. 351 e DM 1 ottobre 2002 n. 261 Regolamento recante le direttive tecniche per la valutazione preliminare della qualità dell'aria ambiente, i criteri per l'elaborazione del piano e dei programmi di cui agli articoli 8 e 9 del decreto legislativo 4 agosto 1999 n. 351);
3. verificare quantitativamente quali modelli consentano il raggiungimento degli "obiettivi di qualità dei dati" per la modellistica degli inquinanti Ozono, NO₂, PM₁₀, (DM 2 aprile 2002 n. 60 "valori limite di qualità dell'aria ambiente ed obiettivi per la qualità dei dati" e direttiva 2002/3/CE relativa all'ozono nell'aria).

Per la realizzazione dell'esercizio sono state proposte due **aree di applicazione** della modellistica degli inquinanti Ozono, NO₂, PM₁₀:

- l'area BPA comprende la pianura padana e la costa adriatica;
- L'area MED comprende un'area mediterranea del sud Italia;

Indice

<i>Introduzione</i> _____	6
<i>La redazione di linee guida per la modellistica: la attività del CTN-ACE</i> _____	10
<i>Quali modelli sulla qualità dell'aria per la nuova normativa ambientale?</i> _____	20
<i>Il particolato atmosferico nei Paesi UE.</i> _____	23
<i>L'uso degli inventari delle emissioni per le applicazioni modellistiche</i> _____	24
<i>Le attività dell'EMEP per la modellazione della qualità dell'aria, gli inventari delle emissioni e l'analisi di scenario.</i> _____	28
<i>CITYDELTA: Uno studio europeo di intercomparazione di modelli a sostegno del programma CAFE sulla legislazione ambientale UE</i> _____	36
<i>Il Progetto MINNI: lo sviluppo di un modello Integrato Nazionale a supporto della negoziazione internazionale sui temi dell'Inquinamento atmosferico.</i> _____	40
<i>Il sistema PREV'AIR, un sistema operativo per le previsioni su vasta scala della qualità dell'aria in Europa; applicazioni a scala locale</i> _____	43
<i>Applicazioni di modelli di chimica e trasporto sull'area di Milano nell'ambito del progetto CITYDELTA</i> _____	49
<i>Ipotesi di una catena modellistica per la qualità dell'aria nel Bacino Padano Adriatico: esperienze in atto e prospettive</i> _____	56
<i>Il progetto FUMAPEX (sistemi integrati per previsioni di meteorologia urbana, di inquinamento atmosferico e di esposizione della popolazione)</i> _____	61
<i>Il progetto SIMAGE dell'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Veneto</i> _____	67
<i>Costruzione di un modello relativo all'inquinamento fotochimico nelle aree costiere: una indagine preliminare nella Penisola Salentina</i> _____	69
<i>Implementazione di un network modellistico per lo studio della dispersione di inquinanti fotochimici in atmosfera</i> _____	74
<i>Applicazioni modellistiche a scala locale e regionale inserite nel progetto SIMAGE per sistemi di controllo della qualità dell'aria in tempo reale.</i> _____	76
<i>Conclusioni e prospettive future</i> _____	79