

Analisi anagrafica stazioni qualità dell'aria ed estrazione dei dati per la validazione del modello nazionale MINNI

Gaia Righini (*), Giuseppe Cremona, Antonio Piersanti, Luisella Ciancarella, Massimo D'Isidoro, Mihaela Mircea, Lina Vitali, Irene Cionni, Gabriele Zanini

ENEA, Unità Tecnica Modelli, Metodi e Tecnologie per le Valutazioni Ambientali
Via Martiri di Monte Sole 4, 40129 Bologna
(* gaia.righini@enea.it)

Riassunto

La valutazione e la gestione della qualità dell'aria avvengono utilizzando complesse catene modellistiche che simulano il trasporto e le trasformazioni chimiche degli inquinanti atmosferici.

A livello nazionale l'ENEA, col laboratorio di qualità dell'aria dell'Unità Tecnica Modelli, Metodi e Tecnologie per le Valutazioni Ambientali, fornisce supporto scientifico al Ministero dell'Ambiente nel campo dell'inquinamento atmosferico per lo sviluppo, l'aggiornamento e la validazione di MINNI (Modello Integrato Nazionale a supporto della Negoziazione Internazionale sui temi dell'Inquinamento Atmosferico).

In tale contesto è stato sviluppato un procedimento operativo per la consultazione e l'utilizzo dei dati nazionali di misura di qualità dell'aria, raccolti nella banca dati BRACE, messi a disposizione da ISPRA e organizzati in funzione della regione, dell'anno e dell'inquinante.

La procedura è strutturata attraverso varie fasi di lavoro in ambiente GIS:

- 1) Raccolta delle informazioni di anagrafica sulle stazioni di misura della qualità dell'aria: coordinate geografiche, tipologia della zona, tipologia della stazione, inquinanti misurati, periodo di attivazione. Tali informazioni sono state raccolte tramite le ARPA e la banca dati nazionale BRACE e accuratamente verificate per risolvere lacune ed errori di localizzazione.
- 2) Posizionamento delle stazioni con strutturazione delle informazioni anagrafiche e organizzazione degli strati informativi utili sul territorio per la visualizzazione e l'interrogazione immediata per scegliere le misure di qualità dell'aria più opportune per la validazione del modello.
- 3) Creazione di un database relazionale per il collegamento delle tabelle riferite all'anagrafica e al contenuto informativo dei dati BRACE. Tramite l'utilizzo del codice identificativo unico per ogni stazione è possibile l'associazione con il contenuto "inquinante-anno" per la lettura del file dei dati contenente le misure.

Il database ASQUA (Anagrafica Stazioni della Qualità dell'Aria) così strutturato rappresenta un contributo fondamentale per la conoscenza della distribuzione dell'inquinamento e per la validazione delle simulazioni modellistiche; è stato possibile, infatti, interrogare il database per l'estrazione del dato misurato e il suo confronto spaziale immediato con gli *output* derivati dalla *suite* modellistica di riferimento.

Abstract

Integrated Assessment Modelling Systems are used to simulate the fate and transport of atmospheric pollutants in support of air quality evaluation and monitoring. ENEA, with its air quality laboratory of the Technical Unit on Models, Methods and Technologies for the Environmental Assessment, is a primary actor for air quality evaluation using MINNI, the Italian Integrated Assessment Modelling System for supporting the International Negotiation Process on Air Pollution and assessing Air

Quality Policies at national/local level, sponsored by the Italian Ministry of the Environment. In this framework, an operational procedure was developed to make measured data of atmospheric pollutants available and usable for the validation and the implementation of the model. The information, stored at national level, have been collected, organized and managed in GIS environment according to their location and characteristics. A link was established among each monitoring station with the corresponding air quality measurements in order to obtain valuable information for the validation of the MINNI integrated modeling system over Italy.

Introduzione

Il laboratorio di qualità dell'aria dell'Unità Tecnica Modelli, Metodi e Tecnologie per le Valutazioni Ambientali dell'ENEA si occupa di valutazione e gestione della qualità dell'aria utilizzando il modello nazionale MINNI (Modello Integrato Nazionale a supporto della Negoziazione Internazionale sui temi dell'Inquinamento Atmosferico, www.minni.org) in grado di simulare a scala nazionale, su lungo periodo (tipicamente un anno), le concentrazioni e le deposizioni (secche e umide) dei principali inquinanti atmosferici (Zanini et al., 2005; Zanini et al., 2010). MINNI si propone di fornire all'Italia un valido strumento di supporto tecnico scientifico al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare per l'analisi delle politiche di riduzione delle emissioni inquinanti. Parte integrante di tale attività è la validazione della complessa *suite* modellistica tramite il confronto dei risultati modellistici con i dati di monitoraggio registrati dalle stazioni della qualità dell'aria sparse su tutto il territorio nazionale, la gestione delle quali è assegnata ai diversi organismi titolari, a livello locale, delle informazioni sulla qualità dell'aria (ARPA, Regioni, Province, Comuni, Enti privati). Le informazioni sulle reti, sulle stazioni e sui sensori di misura utilizzati per il monitoraggio della qualità dell'aria e i relativi dati di concentrazione degli inquinanti sono raccolti nella banca dati nazionale BRACE, Banca dati Relazionale Aria Clima Emissione, (Caricchia et al., 2003; ISPRA, 2010) (<http://www.brace.sinanet.apat.it/>), gestita da ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale). Essa era nata dall'esigenza di adempiere alla normativa europea e nazionale in tema di qualità dell'aria e di comunicare informazioni sulla qualità dell'aria alla Commissione Europea e all'Agenzia Europea per l'Ambiente.

La necessità di visionare, spazializzare e tematizzare il dato di BRACE ci ha portati a creare un database geo-relazionale chiamato ASQUA (Anagrafica Stazioni per la Qualità dell'Aria): questo ha lo scopo pratico di raccogliere in un unico oggetto le informazioni geografiche e di ubicazione e quelle riguardanti le caratteristiche intrinseche legate al tipo di zona in base alla densità abitativa (urbana, suburbana, rurale) e al tipo di stazione in base all'emissione prevalente (fondo, traffico, industriale). Successivamente, lo sviluppo di un legame diretto tra ASQUA e l'estrazione e visualizzazione dei dati di misura ha permesso di rendere più agevoli le operazioni di validazione delle simulazioni modellistiche.

Il database ASQUA

La prima fase di lavoro ha visto la raccolta capillare delle informazioni di anagrafica sulle stazioni di misura della qualità dell'aria presenti su tutto il territorio nazionale: coordinate geografiche, tipologia della zona, tipologia della stazione, inquinanti misurati, periodo di attivazione/disattivazione, modifiche effettuate e specificità locali. Per avere le informazioni ci siamo rivolti in prima istanza alle amministrazioni locali preposte, in maggioranza le ARPA, o in seguito le abbiamo estratte direttamente dal database BRACE solo nel caso in cui non fossero disponibili altrimenti: le ARPA garantivano infatti il maggiore aggiornamento e la massima attendibilità dell'informazione, in quanto proprietarie del dato originario. La Figura 1 illustra il quadro di insieme sulla provenienza di tali informazioni. Le indicazioni ottenute sono state singolarmente verificate per risolvere lacune ed errori di localizzazione ottenendo così una selezione di qualità, soprattutto sulla base dell'accuratezza spaziale, escludendo per esempio stazioni ricadenti fuori dal comune di appartenenza o evidenti errori di omissione. Il

posizionamento geografico delle stazioni è avvenuto uniformando i diversi sistemi geografici di provenienza verso la scelta di un sistema geografico univoco di riferimento: UTM WGS84 zona 32N. Sono risultate mappate 1081 stazioni di misura distribuite su tutto il territorio nazionale con prevalenza di concentrazione nel Nord Italia (Figura 2). Circa 30 stazioni censite non sono state inserite nel database perché non è stato possibile correggere gli errori di posizionamento.



Figura 1 – Provenienza delle informazioni anagrafiche delle stazioni di misura.

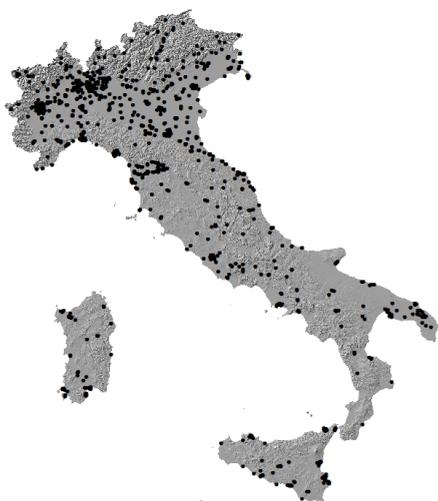


Figura 2 – Distribuzione delle 1081 stazioni del database ASQUA sul territorio italiano.

È seguita la fase di progettazione del database passando da un livello concettuale al livello logico. Data la disomogenea organizzazione dei dati a causa delle diverse amministrazioni di provenienza, si è proceduto ad un'armonizzazione delle informazioni e dei campi all'interno di un database relazionale in cui è stata definita come chiave primaria univoca il campo "CODICE stazione" preesistente in BRACE, che è diventato la chiave di unione delle varie tabelle. Ai records delle stazioni non appartenenti a BRACE ma importanti per un loro possibile utilizzo futuro, è stato assegnato codice 0 e sono stati mantenuti nel database per non perdere le informazioni acquisite.

Le tabelle del database sono state organizzate in due gruppi principali (Figura 3): quelle contenenti informazioni di anagrafica con le varie tipologie e i metadati, e quelle contenenti i dati di misura raccolti in base ai diversi inquinanti considerati e rispetto ai vari anni di monitoraggio.

Una particolare attenzione è stata necessaria per stabilire l'associazione tra il "CODICE stazione" dell'anagrafica e il nome del file presente in BRACE contenente i valori misurati da una specifica stazione. Infatti, mentre il codice identificativo della stazione è di tipo numerico, il file contenente le misure, per anno e per inquinante, è individuato da un nome alfanumerico composto dove compare il nome della regione, l'inquinante, l'anno e il nome assegnato alla stazione. È stata quindi costruita una tabella associativa, denominata "FILE_DATI", per mettere in relazione il codice stazione col nome file alfanumerico, interrogando le tabelle già prodotte con una *query* in cui compare sia il codice che il nome della stazione associato alla regione di appartenenza.

| | Nome Tabella | Descrizione |
|----------------------|--------------------|---|
| ANAGRAFICA | ASQUA_OK | Feature principale contenente le stazioni considerate valide di tutta Italia provenienti dalle banche dati informative di ISPRA (DB BRACE) o dalle varie banche dati delle ARPA regionali. |
| | ASQUA_KO | Feature principale contenente le stazioni considerate non valide di tutta Italia provenienti da banche dati informative sia di ISPRA (DB BRACE) che delle ARPA regionali. |
| | TIPO_ZONA | Tabella contenente le informazioni sul tipo di stazione di misura (traffico, industriale, fondo) e sulla sua zona di appartenenza (urbana, suburbana, rurale). |
| | COORDINATE | Tabella contenente sia le coordinate e che le quote delle stazioni nei sistemi di riferimento: WGS84UTM32 (metrico) e WGS84 (gradi decimali). |
| DATI MISURATI | FILE_DATI | Tabella associativa che permette di accedere, tramite il "CODICE STAZIONE" di BRACE, al "NOME FILE" contenente le misure per un dato inquinante in un dato anno. |
| | INQUINANTI_2002 | Tabelle contenenti, per ogni stazione, l'informazione sui sensori-inquinanti usati per singolo anno. |
| | INQUINANTI_2009 | |
| | INQUINANTI_PERIODO | Tabella contenente, per ogni stazione, l'informazione sul periodo di attività di ogni sensore per inquinante. |

Figura 3 – Tabelle del database ASQUA.

In Figura 4 è rappresentata la struttura relazionale del database ASQUA, dove compaiono le varie tabelle con i loro campi associati.

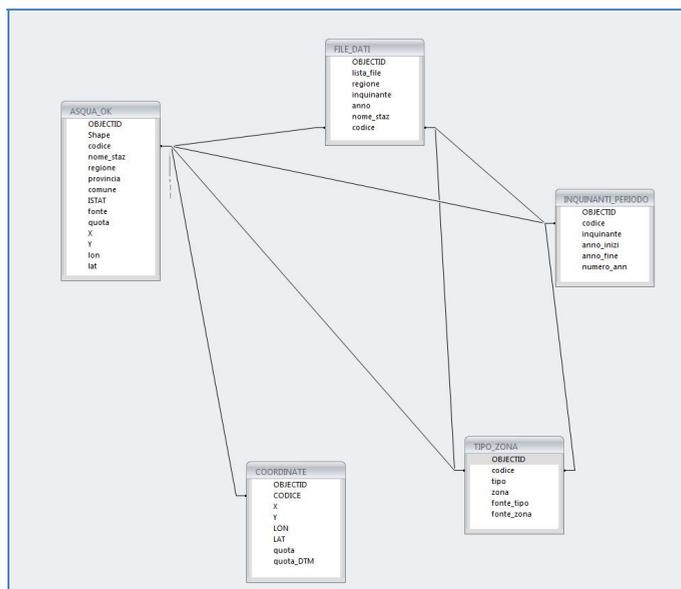


Figura 4 – Esempio di relazioni in ASQUA.

Una volta individuato il file contenente le misure di interesse è possibile collegarsi ad una procedura sviluppata *ad hoc*, realizzata tramite scripts di *shell*, che permette l'estrazione e la rappresentazione grafica dei dati di misura attraverso una serie strutturata di passaggi sequenziali:

- lettura tabelle da ASQUA con selezione stazione e tipologia dati di interesse;
- accesso alle misure delle singole stazioni gestite a livello nazionale;
- estrazione secondo quanto letto da tabella;
- selezione mirata delle misure (minimo numero di records, soglie);
- scrittura dei dati formattati in ASCII;
- plottaggio e visualizzazioni con scripts di *Gnuplot* (www.gnuplot.info) per la visualizzazione grafica delle misure.

Risultati

Partendo dall'anagrafica generale del database ASQUA è possibile formulare varie interrogazioni per avere una visione esauriente della distribuzione e delle caratteristiche di ogni stazione di misura e delle informazioni di monitoraggio raccolte. La sovrapposizione di ulteriori strati informativi permette inoltre di inquadrare tali informazioni nello specifico contesto territoriale contribuendo all'analisi delle condizioni di sviluppo e trasporto degli inquinanti. Sono stati infatti considerati la copertura del territorio, CORINE land cover aggiornato al 2006, il modello digitale del terreno derivato dalle riprese SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) con risoluzione di 90 metri, l'idrografia e l'aggiornamento ISTAT 2010 per i grafi stradali, le città e i limiti amministrativi. Tale analisi costituisce un passaggio fondamentale per l'attività di validazione modellistica in quanto permette di focalizzare l'analisi in funzione della presenza di misurazioni e del contesto territoriale per il confronto integrato e l'analisi delle *performances* del modello.

In Figura 5, ad esempio, sono state selezionate le centraline con tipologia di fondo rurale presenti nel territorio nazionale; queste possono essere successivamente selezionate, utilizzando la relazione con le tabelle INQUINANTE_ANNO, in base alla presenza di monitoraggio continuo per uno specifico inquinante in un determinato anno di interesse, come illustrato in Figura 6 sul tematismo di copertura del territorio.

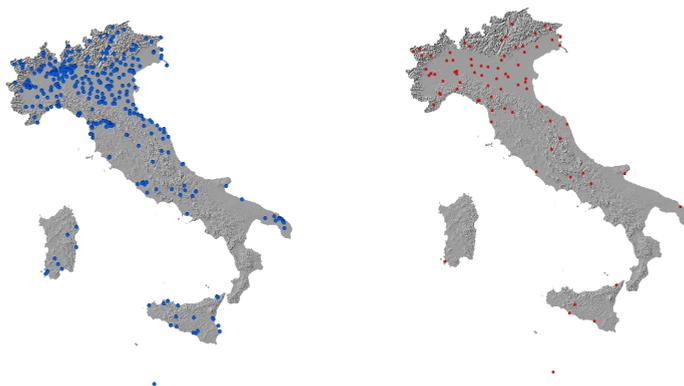


Figura 5 – Esempio di selezione di stazione di fondo (sinistra) e di fondo-rurale (destra).

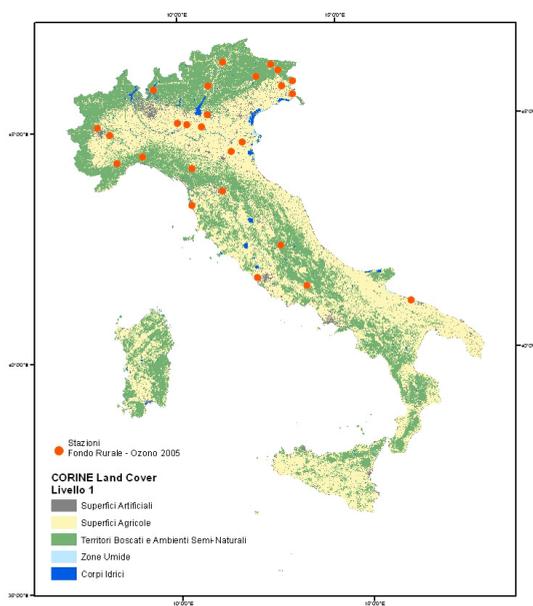


Figura 6 – Selezione delle stazioni di fondo rurale che hanno misurato l'ozono nell'anno 2005.

Il successivo collegamento al *file* delle misure, contenente le concentrazioni orarie rilevate per ciascun inquinante in un determinato anno, permette il confronto con i campi simulati dal sistema modellistico MINNI ed il conseguente calcolo degli indici statistici di *performance*.

La visualizzazione diretta del campo simulato e delle concentrazioni misurate in stazioni di interesse è stata già sperimentata in un differente contesto (Figura 7, da Briganti et al. 2010) precedentemente alla creazione di ASQUA, ed è attualmente in fase di implementazione in ambiente GIS.

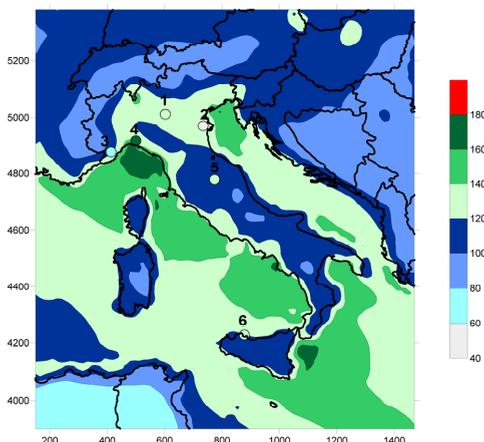


Figura 7 – Confronto della media mensile, di luglio 1999 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dei massimi giornalieri calcolati sulle medie mobili di 8 ore delle concentrazioni di ozono osservate alle stazioni numerate da 1 a 6 e simulate da MINNI (Briganti et al. 2010).

Conclusioni

Il database relazionale ASQUA costituisce la base informativa di partenza per lo studio e l'analisi dei dati di monitoraggio della qualità dell'aria. Esso risponde all'esigenza di avere uno strumento operativo per la consultazione delle informazioni utili alla caratterizzazione delle stazioni di monitoraggio e dei dati di misura degli inquinanti, raccolti e gestiti da ISPRA su tutto il territorio nazionale (database BRACE).

Sono state infatti strutturate, in maniera organica per la gestione e l'aggiornamento in ambiente GIS, le informazioni utili alla caratterizzazione delle stazioni e delle reti di monitoraggio unitamente ai dati elementari sugli inquinanti misurati; è inoltre stata attivata una procedura specifica per l'estrazione diretta delle misure raccolte al livello nazionale.

L'interrogazione del database per l'estrazione del dato misurato ha agevolato le operazioni di validazione del modello nazionale di qualità dell'aria MINNI, permettendo un rapido confronto spaziale delle misure con gli *output* derivati dalla *suite* modellistica.

Ringraziamenti

Questo lavoro è stato realizzato nell'ambito del progetto MINNI, finanziato dal Ministero dell'Ambiente per la Tutela del Territorio e del Mare e condotto da ENEA per l'Accordo di programma ENEA-Ministero dell'Ambiente per la Tutela del Territorio e del Mare 2008-2011.

Riferimenti bibliografici

Briganti G., Cappelletti A., Mircea M., Pederzoli A., Vitali L., Pace G., Marri P., Silibello C., Finardi S., Calori G., Zanini G., (2010), "Testing the capability of the MINNI atmospheric modeling system to simulate air pollution in Italy" *13th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes* 1-4 June 2010 Paris, France.

Caricchia A.M, Merluzzi L., Scaramella A., Vaccaro L. (2003), “La banca dati nazionale di qualità dell’aria” *Atti della 7a conferenza nazionale delle Agenzie Ambientali L’innovazione al servizio della conoscenza e della prevenzione - Dai sistemi di monitoraggio alla diffusione della cultura ambientale* 24 – 16 Novembre 2003 Milano, Italia.

ISPRA (2010), *Annuario dei dati ambientali 2010* ISBN 978-88-448-04843-1, ISPRA Roma 2010.

Zanini G., Pignatelli T., Monforti F., Vialetto G., Vitali L., Brusasca G., Calori G., Finardi S., Radice P., Silibello C. (2005) “The MINNI Project: An Integrated Assessment Modeling System For Policy Making”, *In Zerger, A. and Argent, R.M. (eds) MODSIM 2005 International Congress on Modelling and Simulation. Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand*, December 2005, pp. 2005-2011. ISBN: 0-9758400-2-9.

Zanini G., Mircea M., Briganti G., Cappelletti A., Pederzoli A., Vitali L., Pace G., Marri P., Silibello C., Finardi S., Calori G., (2010) “Modeling Air Quality over Italy with MINNI Atmospheric Modeling System: from Regional to Local Scale”, *Proceedings of 31st NATO/SPS International Technical Meeting on Air Pollution Modelling and its Application* 27 September - 1 October, 2010 in Torino, Italy.