

## **MODULO *OPEN SOURCE* DI RAPPRESENTAZIONE, IN MODALITÀ 3D, DELLE MAPPE DI CONCENTRAZIONE DEGLI INQUINANTI ATMOSFERICI**

Giorgio ARDUINO (\*), Marco RAFFERMO (\*\*), Emanuela SARZOTTI (\*\*),  
Silvia VERGNANO (\*\*)

(\*) Regione Piemonte - Assessorato Ambiente, via Principe Amedeo 17,  
10123 Torino giorgio.arduino@regione.piemonte.it

(\*\*) CSI Piemonte, Corso Tazzoli 215/12 10137 Torino, emanuela.sarzotti@csi.it

### **Riassunto**

Il sistema per la valutazione della qualità dell'aria, realizzato e gestito da Regione Piemonte e ARPA Piemonte con il supporto informatico del CSI Piemonte, si basa sull'integrazione di dati provenienti dai tre principali strumenti informativi disponibili nell'ambito del SIRA (Sistema Informativo Regionale Ambientale): la base dati delle misure rilevate dal *Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria* (S.R.R.Q.A.), l'*Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera* (I.R.E.A.) e i *Sistemi Modellistici di Dispersione degli Inquinanti in Atmosfera*, in linea con l'evoluzione delle conoscenze di tipo tecnico-scientifico in materia.

Il sistema è stato sviluppato negli anni preferendo l'utilizzo di software open source a quello proprietario nell'ottica di rendere più agevole il riuso del sistema da parte di altre pubbliche amministrazioni.

Il modulo oggetto della presente comunicazione viene realizzato in via sperimentale per rendere disponibili i dati di distribuzione degli inquinanti in atmosfera, generati dal sistema modellistico, in modalità integrata nel sistema informativo geografico regionale con la possibilità, per una migliore analisi dell'ambiente, di consultarli sul modello digitale del terreno messo a disposizione dai più comuni visualizzatori disponibili in rete, attraverso lo standard OGC KML.

### **Abstract**

*In order to improve the Air Quality Assessment in the Piemonte Region, three different information sources available from the Environmental Regional Information System (SIRA) have been integrated, according to technological and scientific evolution: the Regional Air Quality Monitoring Network, the Regional Emissions Inventory and the Atmospheric Modelling System. The integrated system, performed by Piemonte Region, Regional Environment Protection Agency and CSI Piemonte, is implemented with open source software to facilitate its reuse by other public administrations. Integrating air pollutants atmospheric distribution data, provided by Atmospheric Modelling System, in to the geographic information system of Piemonte Region and their 3D mapping, through OGC KML standard, is the objective of this contribution.*

### **Introduzione**

Le direttive comunitarie in materia di qualità dell'aria (1996/62/CE; 1999/30/CE, 2000/69/CE, 2002/3/CE, 2008/50/CE) impongono agli Stati Membri di suddividere il territorio in zone omogenee e di valutare all'interno di queste lo stato di qualità dell'aria in relazione ai valori limite stabiliti per i diversi inquinanti. Il recepimento nazionale della legislazione comunitaria delega alle Regioni la responsabilità della valutazione dello stato di qualità dell'aria sul proprio territorio.

Le osservazioni locali provenienti da punti di monitoraggio fissi sono lo strumento principale per valutare il livello degli inquinanti nei siti di campionamento; tuttavia la rete di monitoraggio non può coprire tutto il territorio regionale e la spazializzazione dei livelli di concentrazione misurati non è immediata e di difficile realizzazione, specie in quelle aree caratterizzate da orografia complessa ed un uso diversificato del suolo. Per tali ragioni le direttive comunitarie e le relative normative nazionali introducono la possibilità dell'utilizzo della modellistica di dispersione degli inquinanti, con l'obiettivo finale di pervenire ad una adeguata rappresentazione spaziale delle concentrazioni degli inquinanti atmosferici sull'intero territorio regionale. A partire dal 2005 ARPA Piemonte, su incarico di Regione Piemonte ed in collaborazione con la società ARIANET, ha messo a punto un sistema modellistico tridimensionale in grado di simulare l'emissione, il trasporto, la diffusione e le trasformazioni chimiche dei principali inquinanti atmosferici (CO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, O<sub>3</sub> e Benzene) per stimarne i campi di concentrazione con risoluzione oraria sull'intero territorio regionale. Il sistema è completato da strumenti di *post-processing* che permettono sia il calcolo di tutti gli indicatori di stato richiesti dalla legislazione nazionale e comunitaria, sia il confronto tra dati simulati ed osservati per valutare l'incertezza dei risultati della simulazione (Arduino et al., 2007).

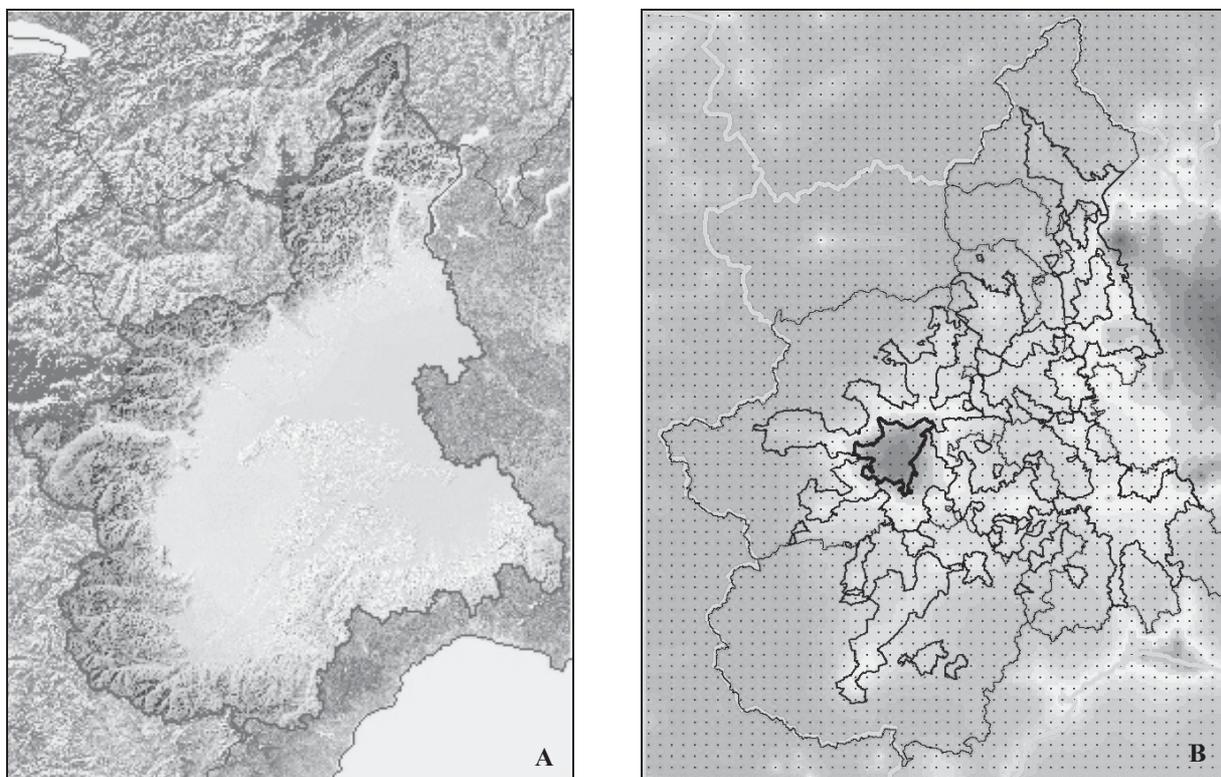


Figura 1 – A: Dominio di calcolo del sistema modellistico per la valutazione della qualità dell'aria in Piemonte; B: Spazializzazione di un indicatore simulato dal modello (media annua NO<sub>x</sub>).

### I dati di dispersione degli inquinanti in atmosfera

Il sistema modellistico è stato pensato per realizzare, attraverso l'applicazione delle più evolute tecniche di modellistica di dispersione, la migliore ricostruzione possibile dello stato della qualità dell'aria sul territorio regionale a partire da tutte le informazioni disponibili: l'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera (I.R.E.A.), le misure rilevate dal Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria (S.R.R.Q.A.), i dati meteorologici provenienti dalla Rete Meteoidrografica di ARPA Piemonte e dai campi di analisi della modellistica meteorologica, nonché i dati geografici e cartografici che caratterizzano il territorio piemontese.

Il sistema modellistico, implementato a partire dall'anno 2005 e successivamente migliorato ed ottimizzato, è stato utilizzato per effettuare le Valutazioni di Qualità dell'aria relative agli anni dal 2004 al 2007. Le stime di concentrazione ottenute sono state infine validate con le misure del Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria, ed i risultati del confronto, seppure diversificati per i diversi inquinanti, risultano soddisfacenti ed in linea con quanto previsto dalle norme comunitarie (1999/30/CE E 2000/69/CE) e nazionali (D.M 60/2002 e D.Lgs 183/2004) (Arduino et al., 2007).

I dati generati in output dal sistema sono in formato NetCDF, acronimo di Network Common Data Form. Tale formato, messo a punto dalla statunitense University Corporation for Atmospheric Research (UCAR), a partire dal modello concettuale della NASA CDF, è uno standard aperto funzionale alla gestione di dati multidimensionali organizzati in forma matriciale.

Il modello calcola infatti i dati dei valori di concentrazione degli inquinanti su una griglia di 4x4 km per un'estensione di 220x284 km<sup>2</sup> (fig. 1A) che copre interamente il Piemonte e la Valle d'Aosta, buona parte della Liguria e della Lombardia (inclusa l'area metropolitana di Milano) e porzioni di territorio francese e svizzero. Il calcolo viene eseguito a livello del suolo e a diverse altezze in atmosfera fino a circa 4000 m. Il sistema di riferimento utilizzato è UTM-WGS84.

I file NetCDF generati dal modello sono organizzati su 4 dimensioni, la x e la y (le coordinate dei nodi della griglia), la z (altezza in atmosfera), il tempo (su base oraria).

La figura 1B è un esempio di mappa 2D di dati relativi alla media annua di NO<sub>x</sub>, i punti rappresentano i nodi della griglia, i cui valori sono stati, in questo caso, spazializzati su tutto il territorio. I poligoni disegnati all'interno della Regione Piemonte sono le zone omogenee previste dalla normativa.

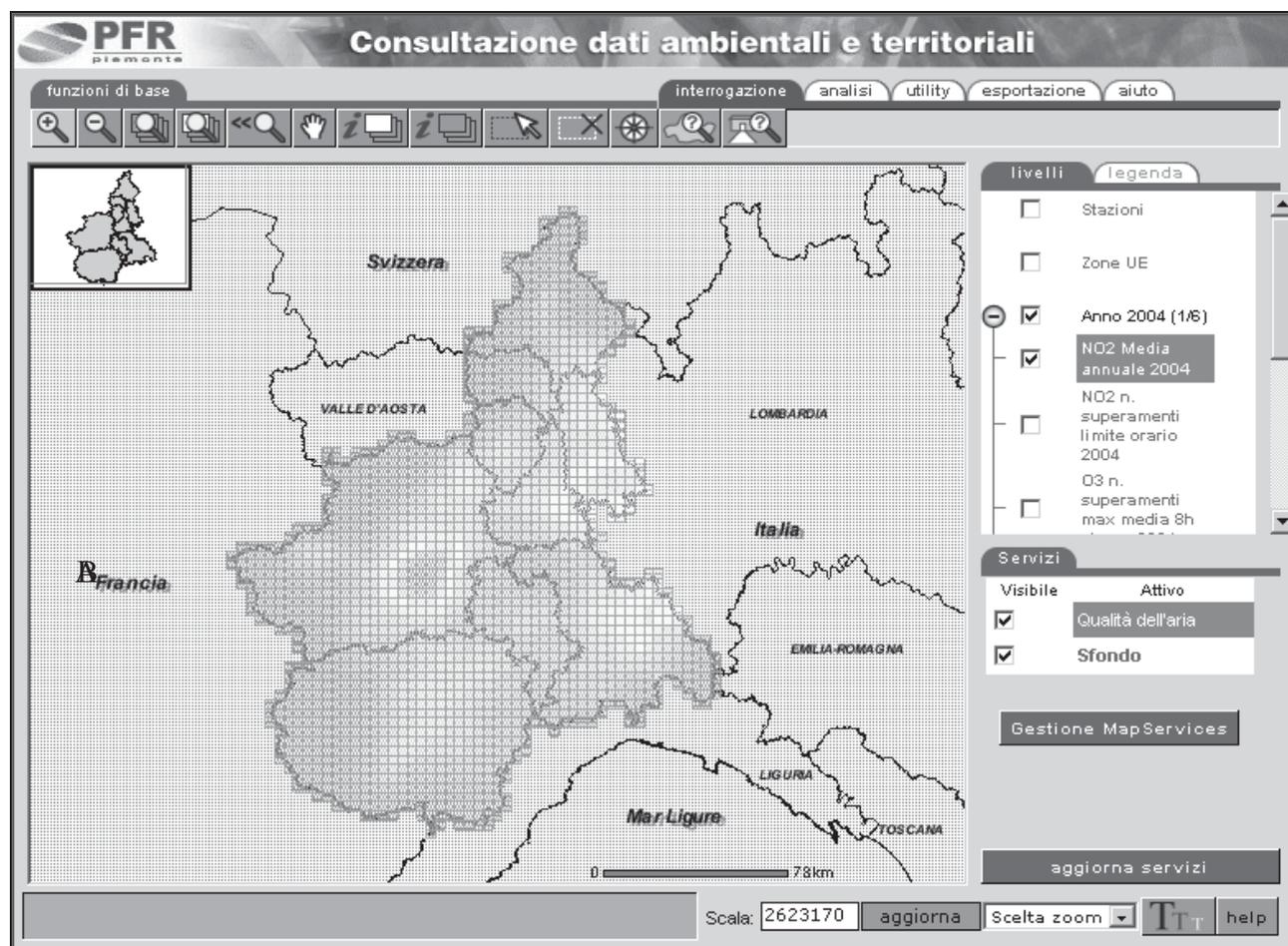


Figura 2 – Visualizzazione 2D dei principali indicatori per la valutazione della qualità dell'aria

### Consultazione via web dei dati generati dal sistema modellistico

I dati relativi ai principali indicatori per la valutazione della qualità dell'aria sono attualmente visualizzabili in internet, su due dimensioni, attraverso il WebGIS per la consultazione dei dati ambientali e territoriali (<http://www.sistemapiemonte.it/ambiente/pfrWebGis.shtml>) realizzato nell'ambito delle attività del Punto Focale Regionale del Piemonte (fig. 2), dove è possibile consultarli in modalità integrata con altri dati geografici di interesse ambientale provenienti dai sistemi informativi della Regione, delle Province e di ARPA.

I dati attualmente resi disponibili in rete vengono aggiornati di anno in anno e sono relativi ai tre inquinanti di maggior interesse: O<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub>.

Uno degli obiettivi del nuovo modulo di consultazione è quello di ampliare l'offerta informativa rendendo accessibili le informazioni contenute nei file nc, generati dalla modellistica, relativi ad una più ampia gamma di indicatori.

A livello di back-office, attraverso opportuni filtri e selezioni, sarà quindi possibile estrarre le informazioni di interesse in modalità off-line dai file nc e pubblicarle su web attraverso un visualizzatore, dotato di particolari funzionalità, sviluppato in JavaScript e PHP con utilizzo di AJAX (fig. 3).

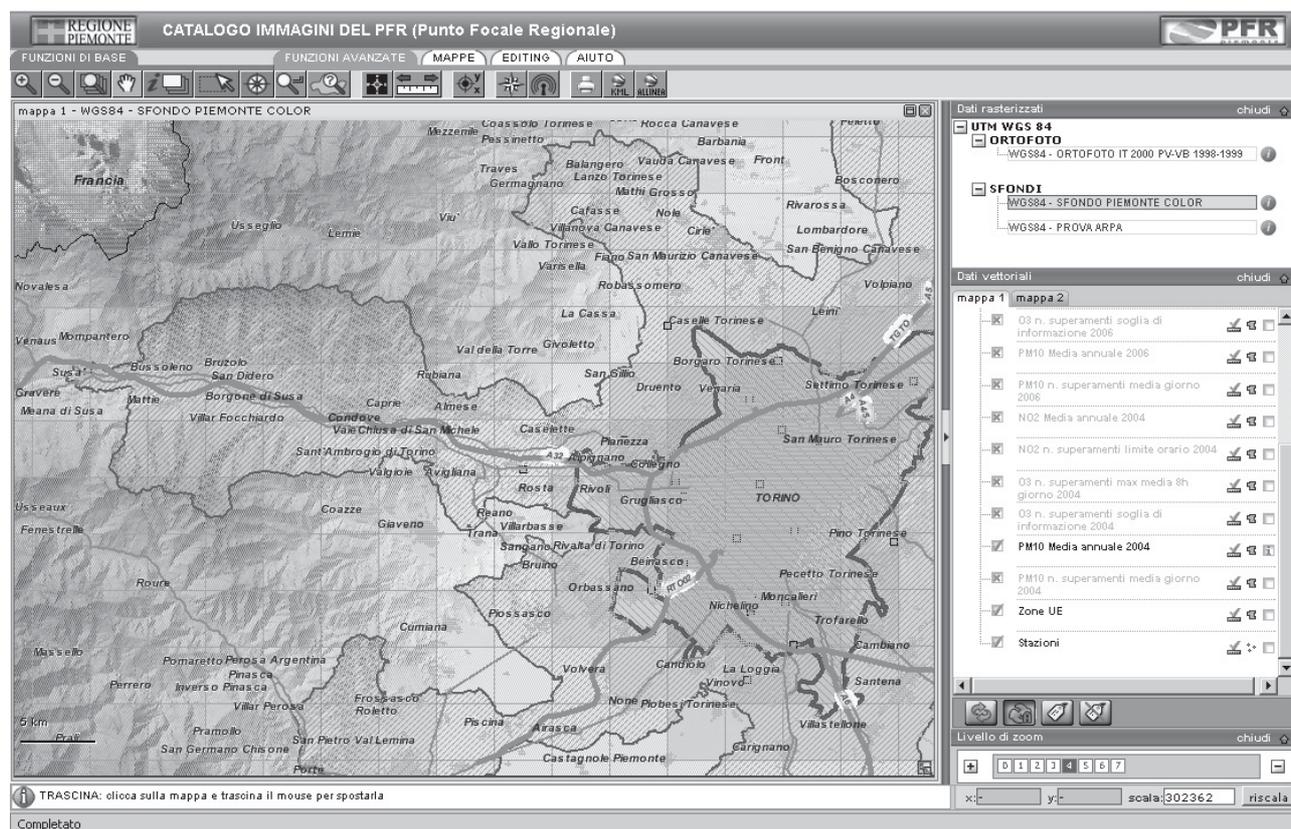


Figura 3 – Esempio di pubblicazione dei dati attraverso il nuovo modulo

### Navigazione 3D dei dati selezionati

Le funzionalità del visualizzatore generano dinamicamente, a partire dalla mappa disegnata in quel momento, file KML (diventato recentemente standard OGC) che permettono di rappresentare e navigare i dati selezionati sul modello digitale del terreno, attraverso l'utilizzo di visualizzatori tridimensionali che supportano tale standard (es. Google Earth, World Wind, ecc.) (fig. 4 e 5).

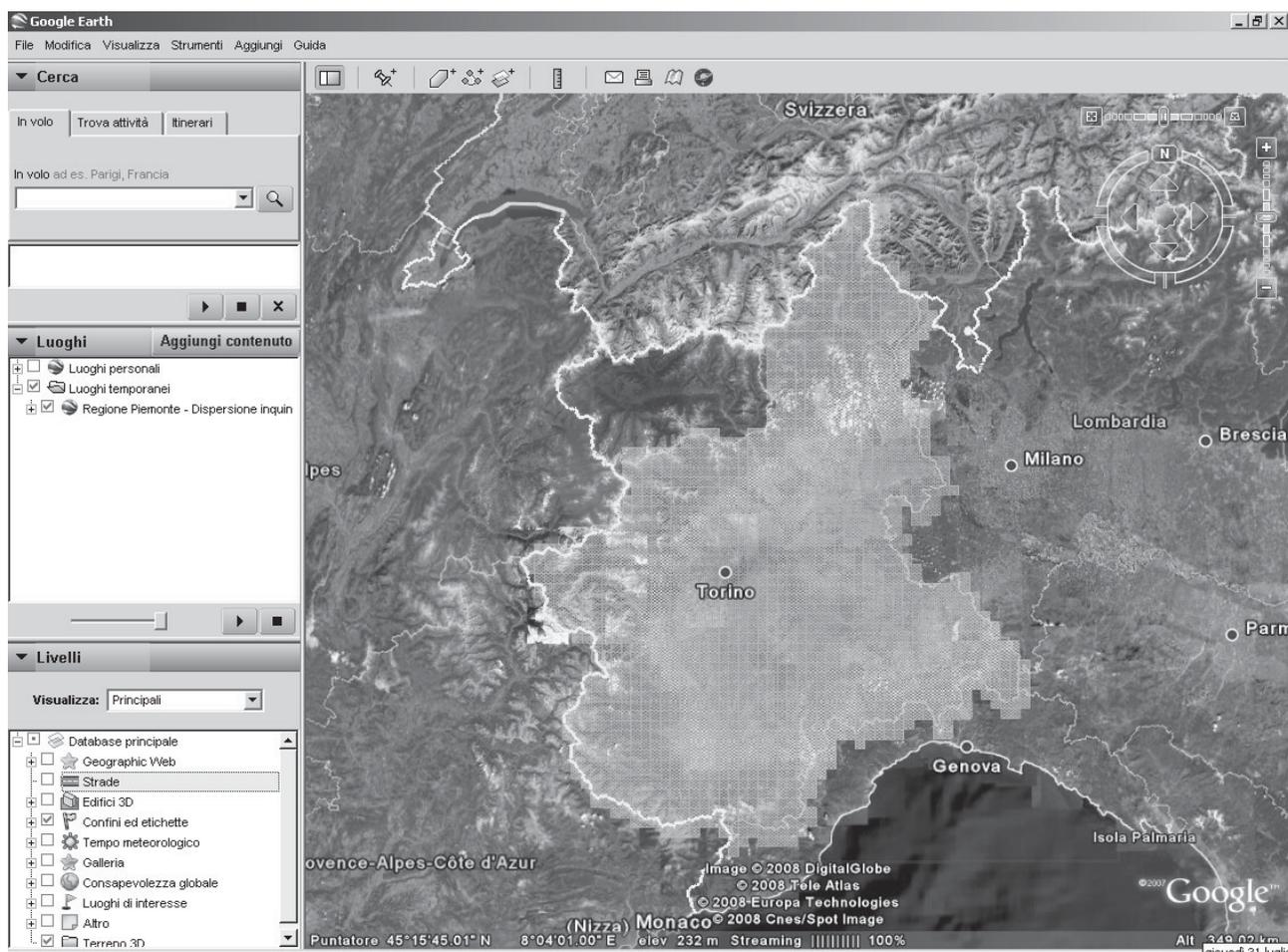


Figura 4 – Esempio di visualizzazione dei dati su Google Earth, ambito regionale

## Conclusioni

L'utilizzo di un sistema modellistico avanzato, in grado di integrare tutte le informazioni sulla qualità dell'aria disponibili sul territorio, ha permesso di estendere la Valutazione della Qualità dell'Aria all'intera regione, fornendo indicazioni anche per le aree non monitorabili con i sistemi classici (stazioni fisse o campagne di misura). Rendere queste informazioni maggiormente accessibili svincolandosi dal formato NetCDF, nel quale esse sono generate, e consentirne la consultazione in maniera integrata con le informazioni geografiche regionali di interesse ambientale sono gli obiettivi che si stanno raggiungendo con la realizzazione di un modulo in grado di estrarre i dati di interesse e visualizzarli via web in modalità 2D e, con l'ausilio dei visualizzatori 3D disponibili in grado di utilizzare il KML, diventato recentemente standard OGC, anche in modalità 3D.

Questa componente, sviluppata con linguaggi non proprietari, andrà ad arricchire la già ampia *console* di strumenti informatici che supporta la gestione della qualità dell'aria in Piemonte e sarà messa a disposizione inizialmente degli addetti ai lavori attraverso il portale ad accesso riservato denominato 'Aria Web', per poi, una volta consolidata, renderla disponibile sul Portale dell'ambiente di Sistema Piemonte ([www.sistemapiemonte.it/ambiente](http://www.sistemapiemonte.it/ambiente)).

Successive evoluzioni riguarderanno la generazione di animazioni temporali in grado di mostrare l'evoluzione della dispersione degli inquinanti in atmosfera simulata dal modello, andando così a sfruttare anche la dimensione temporale contenuta nei file NetCDF.

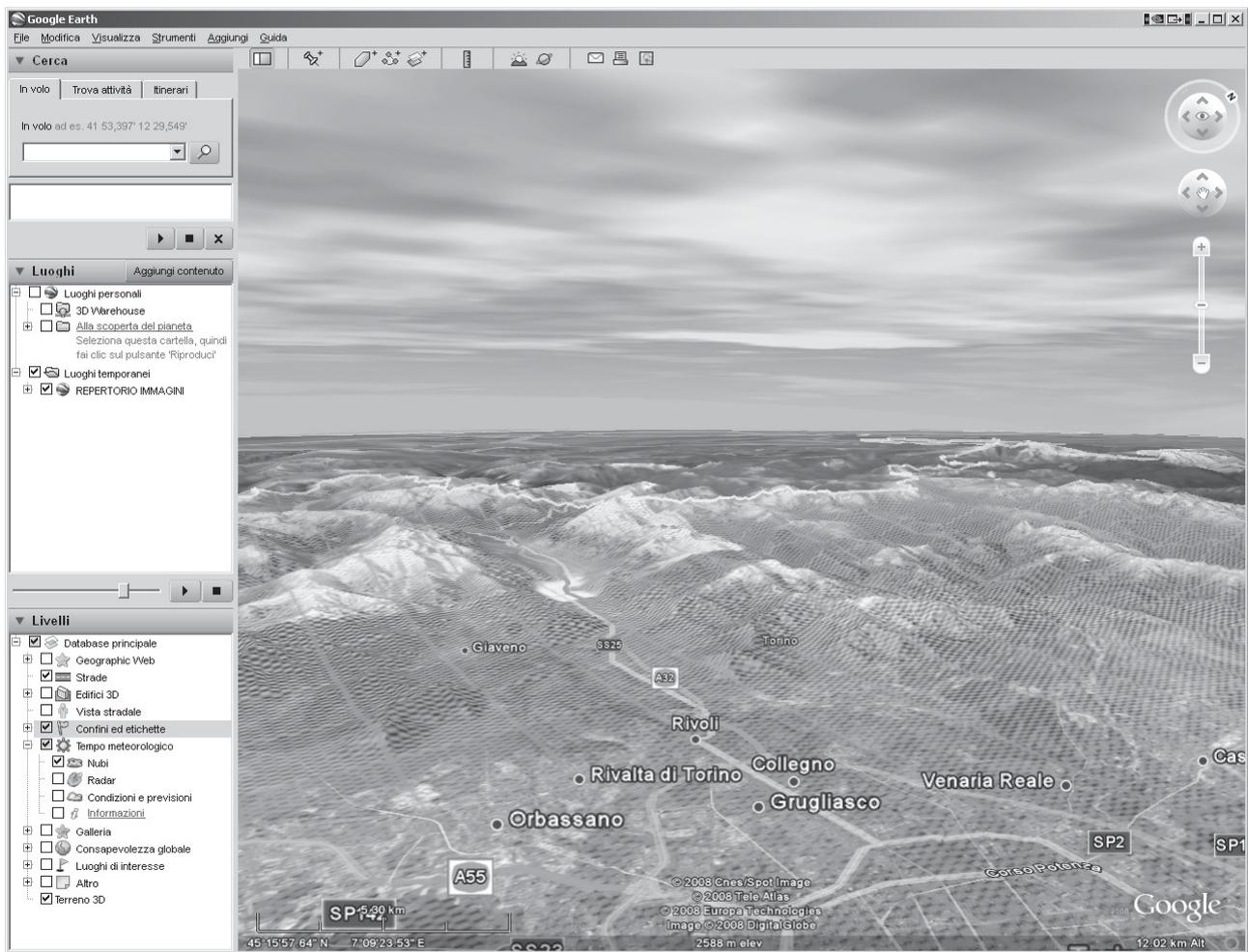


Figura 5 – Esempio di visualizzazione dei dati su Google Earth, ambito più di dettaglio

## Bibliografia

Arduino G., Contardi C., Bovo S., Bande S., Clemente M., De Maria R., Muraro M., Calori G., Finardi S., Silibello C. (2007), “Utilizzo dei GIS nell’ambito della valutazione sulla qualità dell’aria”, *Atti della 11a Conferenza ASITA Torino 6-9 novembre*.

Punto Focale Regionale del Piemonte (2006) – “WebGIS per la consultazione di dati ambientali e territoriali”, <http://www.sistemapiemonte.it/ambiente/pfrWebGis.shtml>

Unidata-UCAR, “NetCDF”, <http://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf/index.html>