

# Il telerilevamento per la qualità dell'aria

## L'esperienza SENSORER

di Marco Folegani e Stefania Pasetti

**Il monitoraggio della qualità dell'aria con tecniche di telerilevamento è noto da tempo negli ambienti scientifici ma considerato ancora con prudenza e perplessità dalle strutture istituzionali sia per il livello "accademico" delle applicazioni sia per la mancanza di una forte motivazione normativa nell'adottare nuovi metodi di monitoraggio. L'esperienza SENSORER ha l'ambizione di mostrare come si possono superare entrambe queste barriere.**

Il fenomeno dell'inquinamento da polveri sottili (PM) rimane tenacemente attuale e puntualmente ogni anno ci ricorda quanto siamo lontani dall'aver individuato una o più soluzioni efficaci in grado di gestire e ridurre l'impatto di tale inquinante sulla popolazione. La questione presenta gradi di complessità notevoli dovuti a diversi fattori come l'evoluzione tecnologica che causa dei cambiamenti nella natura e nella quantità degli inquinanti oppure l'evoluzione della normativa che in base a evidenze scientifiche dell'impatto sulla salute pubblica degli inquinanti, ne modifica le soglie di tollerabilità. Non ultimo l'evoluzione dei trasporti, che vede la componente di traffico come una delle fonti più importanti di inquinamento da particolato.

Le discussioni aperte su un aumento di inquinamento percepito rispetto ad una realtà descritta dai numeri a volte differente, non prescindono dalla necessità condivisa di affrontare il problema in modo più efficace.

Nonostante tale complessità, rimane la considerazione per cui se una diagnosi è sbagliata la terapia non funziona. Lo spunto di riflessione che si vuole proporre riguarda nuovi sistemi di osservazione e di diagnosi del fenomeno di inquinamento al fine di individuare delle azioni più efficaci. L'osservazione da satellite è un metodo di misura che merita di essere approfondito: si tratta, infatti, di un metodo di osservazione consolidato per lo studio di fenomeni di inquinamento atmosferico su scala continentale ma non è ancora impiegato in modo sistematico per il monitoraggio dell'inquinamento a livello locale. I casi d'uso per il monitoraggio dell'inquinamento urbano che si basano sui dati satellitari si stanno moltiplicando e ne vorremmo presentare uno in particolare sviluppato nell'ambito di un progetto di ricerca industriale cofinanziato dalla Regione Emilia Romagna, il progetto SENSORER.

### La rete di monitoraggio attuale

I metodi tradizionalmente impiegati per la misura della qualità dell'aria hanno ampiamente dimostrato la loro efficacia nell'identificare la natura del fenomeno "inquinamento urbano" e hanno consentito, in passato, di prendere decisioni corrette e concrete incidendo sul riscaldamento urbano, sulle emissioni industriali e sui trasporti introducendo, ad esempio, la benzina verde per eliminare l'inquina-

mento da piombo oppure i filtri anti-particolato per ridurre la concentrazione delle polveri sottili. Tuttavia la portata del fenomeno ha mostrato anche i limiti di tali strumenti, che essendo puntuali, sono in grado di descrivere in modo tempestivo situazioni locali ma non sono in grado di determinare la portata del fenomeno nella sua estensione geografica. Per superare questi limiti, i modelli di dispersione sono stati adottati per valutare lo scenario d'insieme che rispecchia la connotazione geografica ad ampia scala dei fenomeni di inquinamento. Ma anche i modelli di dispersione hanno mostrato qualche limite nella capacità di descrivere le complesse dinamiche chimico-fisiche e climatiche che determinano l'attuale situazione di persistente presenza di inquinamento da polveri sottili. In parte tali limiti sono dovuti ai dati delle centraline stesse che alimentano i modelli che, seppur precisi, possono rivelarsi talvolta non sufficienti o non sufficientemente distribuiti per essere rappresentativi della scala del fenomeno. Le misure da satellite possono dare un contributo significativo in tal senso.

### L'adozione delle tecnologie satellitari

La situazione normativa riguardo alle nuove metodologie di misura della qualità dell'aria sta iniziando a cambiare. Lo si intuisce da quanto sta accadendo in Emilia Romagna, in cui una delle ARPA più attive in Italia ha ottenuto dalla giunta Regionale il supporto necessario per introdurre, anche se in via sperimentale, l'osservazione da satellite come strumento per il monitoraggio della qualità dell'aria (Delibera della Giunta Regionale del 21/12/2009 n°2166 che assegnava ad ARPA un finanziamento per l'utilizzo di tecnologie da satellite per la valutazione della qualità dell'aria).

L'iniziativa dell'ARPA non è l'unico caso. A livello europeo sono stati realizzati e sono tuttora in corso diversi progetti di ricerca applicata in cui i dati satellitari vengono utilizzati per il monitoraggio atmosferico. Oltre all'ambito GMES, di cui si può citare il progetto MACC, vale la pena menzionare il progetto AQA-PM (<http://www.sistema.at/aqa.html>), nell'ambito del programma dell'Agenzia Spaziale Austriaca (Austrian Space Application Program ASAP), in cui il consorzio composto dal Centro Meteorologico Austriaco (ZAMG coordinatore del team) SISTEMA GmbH (filiale estera dell'azienda MEEO), EOX e BOKU - University of Natural

Resources and Life Sciences, stanno lavorando all'assimilazione di prodotti satellitari nel modello numerico AQA per il miglioramento dell'accuratezza delle mappe previsionali di PM. Le integrazioni di osservazioni da satellite, centraline a terra e modellistica è stato anticipato da un'iniziativa nata nel 2003 che vedeva coinvolti l'università del Wisconsin, (Madison) e la NASA nel progetto congiunto IDEA (Infusing satellite Data into Environmental air quality Application) in cui i dati di spessore ottico dell'atmosfera prodotti dal sensore MODIS sono utilizzati assieme alle misure a terra di PM 2,5 e alla modellistica per prevedere l'inquinamento da particolato fine.

A livello Italiano, nel progetto WHERE (2011), coordinato da NEXTant e supportato dall'Agenzia Spaziale Italiana (ASI), vengono utilizzate le stime di PM da satellite (fornite da MEEO S.r.l) per la salvaguardia delle infrastrutture dichiarate Patrimonio UNESCO.

Le iniziative citate non esauriscono la lista dei numerosi progetti in cui vengono utilizzate tecniche di data-fusion tra dati satellitari e dati al suolo per avere monitoraggi ambientali più performanti. In questo contesto il progetto SENSORER è precursore di quelle che saranno le tendenze future nell'ambito del monitoraggio dell'inquinamento atmosferico.

#### Il progetto SENSORER e l'analisi multi temporale di MEEO

Il progetto SENSORER nasce nel 2008 da un'idea di MEEO condivisa con il Dipartimento di Ingegneria delle Telecomunicazioni dell'Università di Ferrara per lo sviluppo di un dimostratore in grado di aggregare sorgenti di dati eterogenei (i dati satellitari e misure delle centraline per la qualità dell'aria), di integrarli attraverso tecniche di data-fusion e di distribuire questi dati alla rete delle Pubbliche Amministrazioni della regione Emilia-Romagna attraverso la rete Lepida ([www.lepida.it](http://www.lepida.it)). Inoltre, nel progetto era previsto lo sviluppo di una componente di modellistica per realizzare previsioni a breve termine di concentrazioni di PM nel dominio regionale.

Lo scopo del sistema era quello di dimostrare come, attraverso la fusione dei dati da satellite e da centralina, è possibile superare i limiti che caratterizzano i due sistemi di monitoraggio. Da un lato, l'osservazione satellitare ha il grosso limite della copertura nuvolosa che impedisce di avere dati

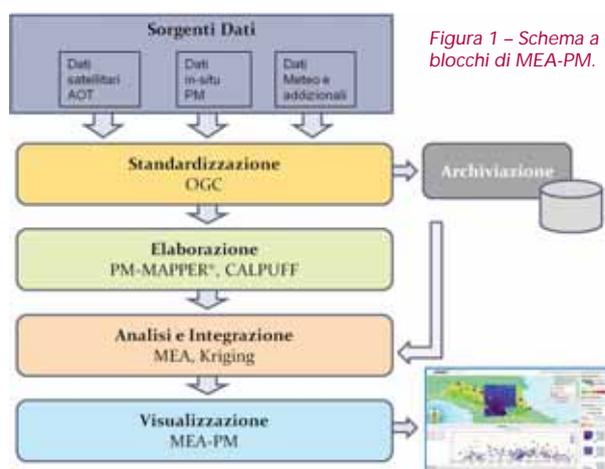


Figura 1 - Schema a blocchi di MEA-PM.

giornalieri con sufficiente continuità, dall'altro lato la rete di monitoraggio al suolo misura i dati reali solo dove sono dislocate le centraline. Per rendere facilmente accessibili tali dati, sono stati sviluppati dei moduli software in grado di accedere automaticamente alle sorgenti di dati satellitari e di dati ARPA, i dati raccolti vengono processati e resi disponibili attraverso un database continuamente aggiornato. Il processore statistico è il modulo software che realizza il data-fusion. Basato sul metodo di regressione di Kriging, il processore genera delle mappe di concentrazione di PM utilizzando sotto certe condizioni di sufficiente rappresentatività, anche i dati puntuali per determinare i valori delle aree con copertura nuvolosa. I parametri ausiliari inseriti nel processore statistico riguardano sia l'orografia del terreno che le condizioni meteo-climatiche, ovvero quei parametri che rivestono un ruolo rilevante nella determinazione della dispersione degli inquinanti in atmosfera ed in particolare dell'aerosol.

Per l'estrazione delle mappe di PM da satellite, il sistema è basato sul PM MAPPER, il sistema di monitoraggio del particolato (PM 2,5 e PM 10) che utilizza i dati di spessore ottico acquisiti dal sensore satellitare MODIS. La risoluzione delle mappe, già migliorata nell'ambito di attività di ricerca e sviluppo interne a partire dal 2006, viene ulteriormente migliorata per ottenere valori di concentrazione di particolato su una griglia di 1km x 1km.

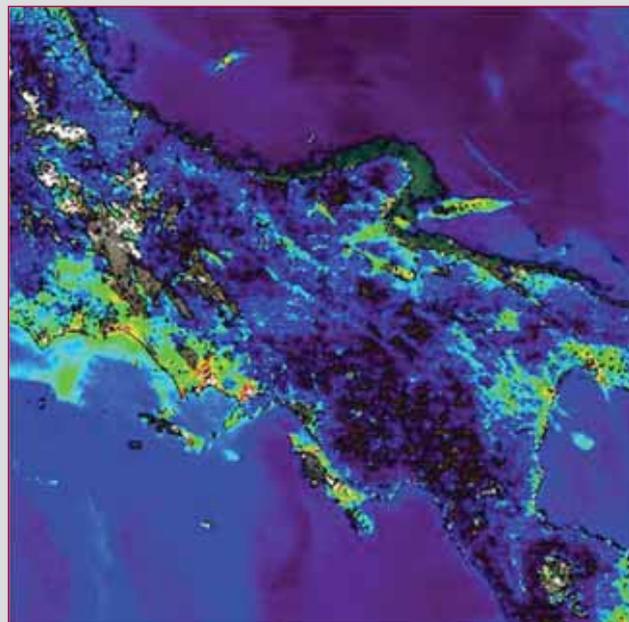
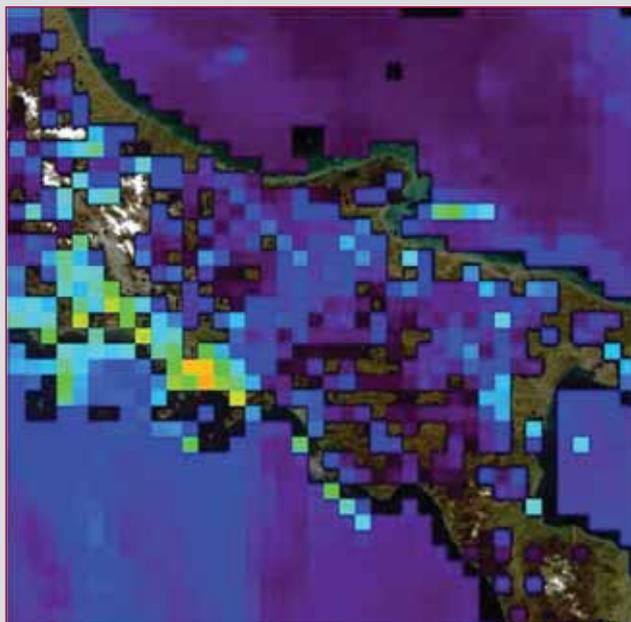


Figura 2. Mappa di PM10 con risoluzione 10 km x 10 km a sinistra e con risoluzione 1km x 1km a destra sul Sud Italia, sovrapposta all'immagine a colori.

Per quanto riguarda la gestione e la visualizzazione dei dati, è stata utilizzata MEA (Multi-sensor Evolution Analysis), ovvero la piattaforma sviluppata da MEEO per l'ente spaziale europeo (ESA) nell'ambito del progetto SPA che consiste in un'applicazione web in grado di effettuare analisi multi temporali sia satellitari che di altra natura per il monitoraggio dell'uso del suolo.

Il risultato del progetto è un sistema che consente sia la visualizzazione associata delle due sorgenti di dati sia il dato generato attraverso il processore statistico. La possibilità di confrontare sia i dati originali che quelli elaborati è considerato un valore aggiunto in quanto consente in qualsiasi momento di verificare la qualità del processamento. L'interfaccia grafica fornisce inoltre, tramite un apposito riquadro, la visualizzazione dei dati storici riferiti al punto selezionato estrapolati dal database di dati satellitari. Attraverso una visualizzazione associata di più anni è possibile inoltre effettuare una comparazione immediata sull'andamento delle concentrazioni di PM nei diversi periodi. Una funzionalità "videoclip" consente di visualizzare l'evoluzione della concentrazione di PM sull'area d'interesse selezionata per un range di tempo definito.

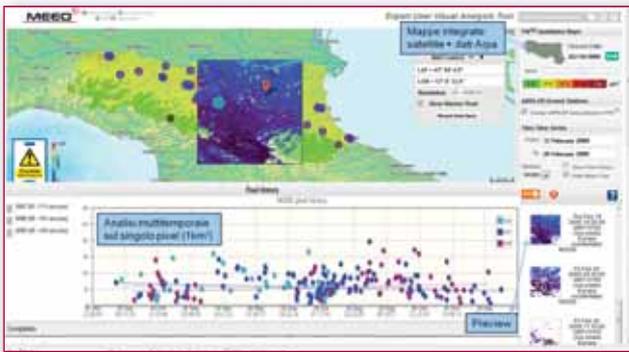


Figura 3- Interfaccia grafica di MEA-PM con sovrapposizione di mappa di concentrazione di PM10, dati a terra e mappa integrata.

**Conclusioni**

L'esperienza del progetto SENSORER ha consentito di realizzare un sistema che rappresenta uno strumento operativo prezioso per rispondere in modo più efficace alle nuove sfide che la gestione della cosa pubblica impone per la tutela della qualità dell'aria. Questo progetto, così come le altre iniziative nazionali ed internazionali, evidenzia come la tecnologia satellitare non sia in grado di sostituire la rete attualmente in uso delle centraline per il monitoraggio giornaliero nei centri urbani, ma costituisca uno strumento fondamentale per analizzare scenari estesi come ad esempio quello della Pianura Padana o l'analisi di serie storiche significative grazie all'archivio di dati satellitari.

L'utilizzo del dato satellitare consente di effettuare valutazioni d'impatto di interventi e decisioni di gestione territoriale come le dismissioni di impianti industriali inquinanti o l'installazione di nuove strutture come termovalorizzatori o centrali elettriche a diversa tipologia di combustibile.

Un altro aspetto di rilievo è la possibilità di analizzare il fenomeno dell'accumulo degli inquinanti ovvero quell'effetto di persistenza in atmosfera di inquinanti come il particolato fine che non viene più disperso con efficacia dalle componenti meteorologiche come le piogge e i venti. Tale effetto di persistenza viene attualmente monitorato tramite le centraline dette di fondo che essendo collocate in zone remote nella loro misura non vengono affette da fonti dirette come

ad esempio il traffico urbano. In questo caso l'osservazione satellitare può risultare importante in quanto da satellite si è in grado di rendere quasi capillare la misura dell'inquinamento, incluse le zone remote.

Il caso dell'ARPA EMR come esempio di introduzione del monitoraggio satellitare per l'analisi della qualità dell'aria rimane al momento un caso limitato, in quanto in generale la normativa a cui i decisori degli enti locali fanno riferimento rimane saldamente vincolata alle misure effettuate dalle centraline al suolo nonostante i loro limiti risultino sempre più evidenti. Tuttavia è evidente una maggior sensibilizzazione degli enti sia a livello locale che a livello regionale per nuovi sistemi di misura in grado presentare scenari più completi e quindi più realistici.

In prospettiva le piattaforme satellitari per l'osservazione della terra saranno incrementate con nuovi satelliti con tecnologie notevolmente più precise, ma la mancanza di normative e di procedure certificate e condivise sono un grosso limite alla diffusione del monitoraggio dell'inquinamento atmosferico da satellite.

**Riferimenti**

- [HTTP://RSSPORTAL.ESA.INT/DEEPENANDLEARN/TIKI-INDEX.PHP?PAGE=SPA+PROJECT](http://rssportal.esa.int/deepenandlearn/tiki-index.php?page=SPA+PROJECT)
- [HTTP://EN.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/MEEO](http://en.wikipedia.org/wiki/MEEO)
- [HTTP://WWW.GMES-ATMOSPHERE.EU/](http://www.gmes-atmosphere.eu/)
- [HTTP://WWW.STAR.NESDIS.NOAA.GOV/SMCD/SPB/AO/INDEX.SHP](http://www.star.nesdis.noaa.gov/smcd/spb/ao/index.shtm)
- [HTTP://WWW.REGIONE.EMILIA-ROMAGNA.IT/TEMI/AMBIENTE/INQUINAMENTO/VEDI-ANCHE/INQUINAMENTO-ATMOSFERICO/LE-NORME-E-GLI-ATTI-IN-VIGORE](http://www.regione.emilia-romagna.it/temi/ambiente/inquinamento/vedi-anche/inquinamento-atmosferico/le-norme-e-gli-atti-in-vigore)

**Parole chiave**

REMOTE SENSING, PARTICOLATO FINE, INQUINAMENTO, QUALITÀ DELL'ARIA.

**Abstract**

**The remote sensing for air quality monitoring The SENSORER project.**

The satellite observations have proven their capabilities for remote sensing of atmospheric pollutants such as the Particulate Matter. But the advantage of global coverage, homogeneous quality and a relative good spatial resolution are counterbalanced by the limited temporal resolution and the cloud coverage. The SENSORER project is just the last example of a web platform that thanks to a combination of satellite data with information from ground based sensors and models overcomes the limitations of each single observation method to provide better pollution maps to make better decisions.

**Autori**

MARCO FOLEGANI, STEFANIA PASETTI  
MEEO SRL VIA SARAGAT 9 44122 – FERRARA

FOLEGANI@MEEO.IT, PASETTI@MEEO.IT, WWW.MEEO.IT



esploriamo il territorio con l'ingegno di persone aperte all'innovazione

**GEOCART** offre servizi tecnici nei settori dell'Osservazione della Terra, Ambiente, Energia, Information and Communication Technology ed Ingegneria.

La società è specializzata nella ideazione, redazione, attuazione, monitoraggio e gestione di progetti a livello nazionale ed internazionale.

Le principali attività implementate sono la progettazione, realizzazione e gestione di banche dati geografiche, popolate con informazioni acquisite mediante rilievi aerei e terrestri con tecnologie e metodologie innovative, oltre al processamento di dati satellitari.

## principali tecnologie e servizi

### mapping



#### **mapping** [ Airborne Multi-sensor Platform

Rilievi aerei con impiego di laser scanner, camere digitali, termocamere e sensori iperspettrali integrati nella piattaforma aviotrasportata MAPPING, finalizzati alla caratterizzazione e modellazione 3D del territorio ed al monitoraggio ambientale

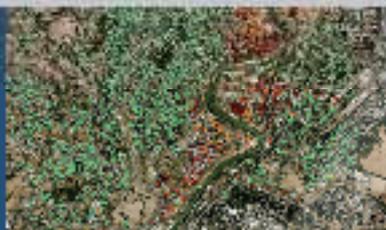
#### **ciro** [ Computerized Integration for Remote Observation

Ispezioni aeree e terrestri di infrastrutture e reti tecnologiche e naturali, mediante acquisizione di video e immagini georeferite dal sistema CIRO con relativa elaborazione dei dati con il software GEO-Analyzer



### ciro

### slide



#### **slide** [ SAR Land Interferometric Data Exploitation

Processamento di dati satellitari con utilizzo del software proprietario SLIDE, attraverso l'applicazione di tecniche DinSAR per il monitoraggio delle deformazioni terrestri e degli spostamenti di opere e infrastrutture