

# origins earth

a company by



## LA MISURAZIONE IN CONTINUO DELLE EMISSIONI DI CO<sub>2</sub> PER GUIDARE LA TRÁNSIZIONE VERSO LA NEUTRALITÀ CLIMATICA NELLE AREE URBANE

**David Duccini**

Chief Executive Officer Origins.earth

### Il mondo ha preso coscienza della necessità di agire

La Conferenza delle Parti (COP21) del 2015 ha adottato l'Accordo di Parigi, che definisce l'obiettivo di lungo termine per il contenimento dell'aumento della temperatura media globale ben al di sotto dei 2°C e il perseguimento degli sforzi per limitare l'aumento a 1.5°C rispetto ai livelli pre-industriali. Sulla base dell'Accordo di Parigi l'Unione europea ha fissato l'obiettivo di ridurre entro il 2030 le emissioni di anidride carbonica del 55 % rispetto ai livelli del 1990 e di raggiungere la neutralità climatica nel 2050. Un obiettivo certamente ambizioso ma necessario per evitare conseguenze assai gravi, come evidenziato recentemente dal secondo volume del VI rapporto dell'IPCC, il gruppo di ricerca sui cambiamenti climatici delle Nazioni Unite. Il documento ha sottolineato infatti elementi di grande preoccupazione sugli effetti che l'innalzamento delle temperature del pianeta sta già producendo su molte popolazioni ed ha posto l'accento sul fatto che la situazione potrebbe rapidamente divenire invivibile per milioni di persone, qualora il riscaldamento globale non venisse tenuto sotto controllo,

entro 1,5°centigradi previsti. L'IPCC sottolinea che gli impatti devastanti del riscaldamento globale sono già in atto, agli attuali livelli delle temperature medie globali aumentate di 1,1 gradi centigradi, e sono destinati a diventare assai più gravi in tempi più brevi rispetto a quanto preventivato, con ingenti costi umani, sociali ed economici. Tra le aree più vulnerabili dove è maggiore l'impatto negativo del cambiamento climatico c'è l'Europa meridionale e in particolare l'area del Mediterraneo, Italia inclusa.

### Dal problema all'opportunità

In questo volume del rapporto IPCC, particolare attenzione è stata posta al ruolo delle città, dove vive più della metà della popolazione mondiale e che sono responsabili del 70% delle emissioni antropiche di anidride carbonica, per i sistemi di trasporto, i sistemi residenziali, le attività commerciali ed industriali. Ma le città offrono anche importanti opportunità per mettere in atto azioni utili a contrastare le emissioni climalteranti. È però necessario partire da elementi di misurazione sicuri, concreti, affidabili e soprattutto in grado di supportare le strategie delle amministrazioni per il contenimento delle emissioni, in maniera dinamica. Ad oggi, infatti, la stima delle emissioni antropiche si basa principalmente su tecniche di calcolo indirette, applicate a dati spesso obsoleti e inaccurati. Questo approccio, utile per la definizione di linee guida strategiche a livello nazionale e sovra-nazionale, risulta però inadeguato alla costruzione di piani operativi sui territori regionali e nelle aree metropolitane. Un piano programmatico virtuoso deve infatti fondarsi sulla definizione di obiettivi specifici, elaborati sulla base di dati recenti e affidabili, abbinati ad un monitoraggio rigoroso e puntuale delle emissioni per apprezzare gli impatti delle singole azioni e guidare l'implementazione e l'eventuale l'aggiustamento del piano d'azione previsto. Per le amministrazioni pubbliche, inoltre, è di particolare importanza la possibilità di mettere in evidenza i risultati concreti raggiunti, sia per sensibilizzare i cittadini sulla necessità di agire in tempi rapidi sia per ottenere le risorse necessarie a tradurre il proprio impegno politico in misure e progetti pratici.

### La sfida accettata e risolta

*“Misurare è sapere: se non si può misurare non si può migliorare.”*

*Lord Kelvin*

Suez ha voluto prendere un impegno con la collettività per superare il problema esistente sui dati affidabili e disponibili in tempo reale delle emissioni di anidride carbonica ed offrire quindi un supporto alle amministrazioni impegnate nella sfida ai cambia-

menti climatici. Per questo ha dato vita a Origins.earth, una start up che si è misurata e confrontata con il mondo scientifico per mettere a punto un modello in grado di superare questo gap. Origins.earth, in collaborazione con molti istituti scientifici francesi, ha messo a punto e sperimentato sulla città metropolitana di Parigi un modello di misurazioni in continuo delle emissioni di gas ad effetto serra, per ottenere le informazioni necessarie per indirizzare efficacemente le azioni di contenimento. Una sfida non certo facile, dal momento che si partiva dalla consapevolezza che la misura della concentrazione di CO<sub>2</sub> in atmosfera, anche se effettuata con precisione, non corrisponde direttamente alle emissioni antropiche, ma è sempre la risultante di tre componenti: la concentrazione atmosferica di sottofondo, le emissioni antropiche locali e le emissioni biogeniche. Oltretutto il peso di ognuna di queste componenti varia nel tempo e nello spazio, ed è influenzato da fenomeni di trasporto e dispersione in base alle specifiche condizioni meteorologiche e alle caratteristiche morfologiche del paesaggio urbano. Grazie agli strumenti elaborati dal mondo scientifico nell'ultimo decennio, questo ostacolo può essere superato combinando misure ad alta precisione ( $\pm 5$  ppm) con modellazioni atmosferiche ad elevata risoluzione per ottenere una rappresentazione matematica tridimensionale delle emissioni di CO<sub>2</sub> di uno territorio. Origins.earth, ha incorporato questi metodi matematici nella sua filiera tecnologica, abbinandoli a funzionalità operative per interpretare la misura, realizzare un bilancio continuo delle emissioni e simulare gli

scenari di evoluzione. Ed una misurazione accurata vale più di mille opinioni di esperti!

Il modello messo a punto da Origins.earth è stato sperimentato con successo sulla città metropolitana di Parigi, che da luglio 2020 misura le emissioni di CO<sub>2</sub> all'interno della capitale grazie al monitoraggio in continuo sul campo. Parigi è dunque la prima città al mondo ad aver adottato la tecnologia di Origins.earth e ad utilizzarla per le strategie di contenimento della CO<sub>2</sub>.

Il sistema Origins Earth è dunque già operativo con proposte modulari, applicabili su qualsiasi area urbana o su territori più ampi, a seconda delle esigenze, che possono essere suddivise in quattro componenti:

- un inventario dinamico delle emissioni ad altissima risoluzione spaziale e temporale;
- una rete di strumenti di misura in continuo, ad alta precisione, della concentrazione di CO<sub>2</sub>;
- metodi matematici di modellazione meteorologica avanzati per ricostruire la ripartizione spazio-temporale delle emissioni;
- una piattaforma digitale di monitoraggio con funzionalità per il trattamento e l'elaborazione dei dati.

### La scienza dietro le soluzioni operative

Il sistema è studiato per essere modulare e può essere implementato in step successivi a partire dal primo passo che è rappresentato da InventaireCarbone®: un inventario dinamico e automatizzato delle emissioni antropiche di gas a effetto serra ad altissima risoluzio-

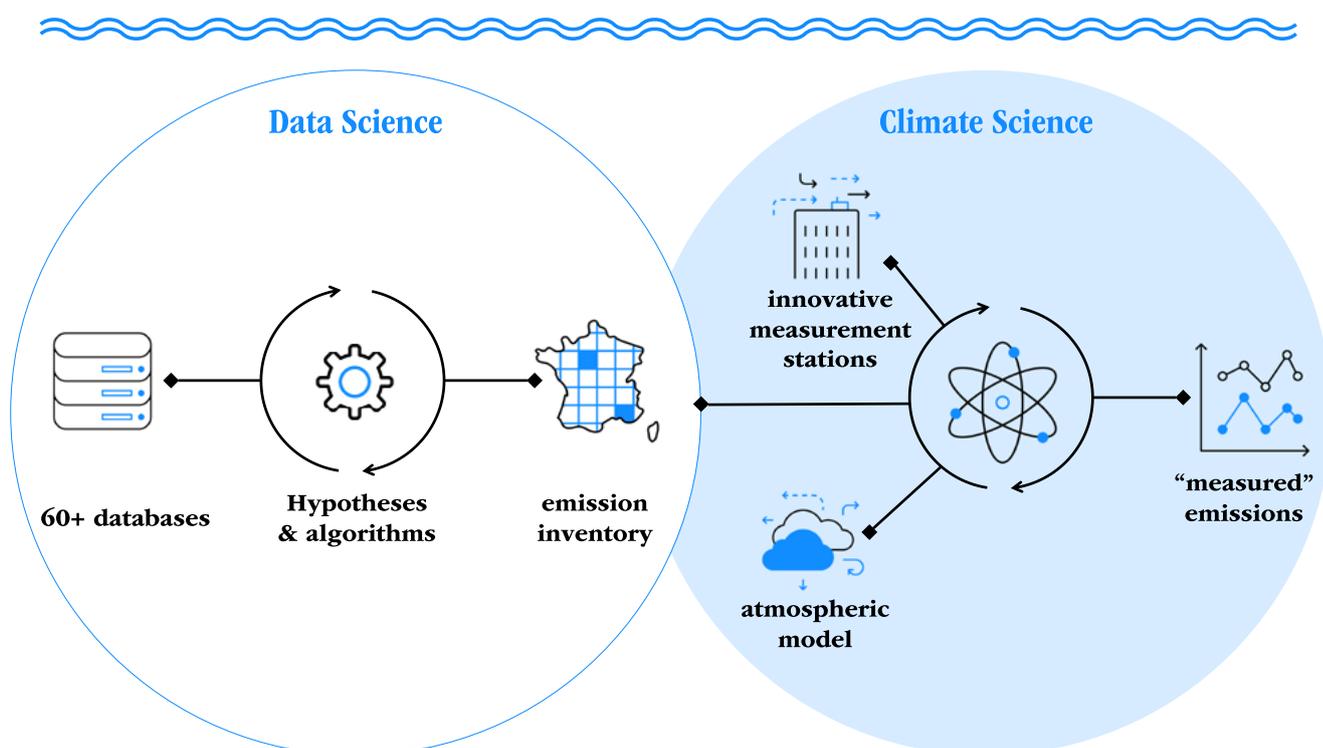


Figura 1. Technology chain.

ne spaziale e temporale, che fornisce una visione delle emissioni e della loro provenienza con un livello di dettaglio senza precedenti. Il passo successivo, che rappresenta il completamento del modello, è **MeteoCarbone®**: la prima piattaforma digitale che offre un sistema di monitoraggio in continuo e ad alta risoluzione delle emissioni antropiche di gas a effetto serra, tramite una filiera tecnologica che sfrutta un'innovativa rete di misura combinata a metodi di modellazione atmosferica.

**InventaireCarbone®**, l'inventario dinamico spazializzato di **Origins.earth** è costituito da un set di dati, costantemente aggiornati in automatico tramite algoritmi di calcolo dedicati, che considera i flussi di emissioni antropiche di gas a effetto serra e la loro distribuzione sul territorio, durante un periodo di tempo di almeno 24 mesi, con risoluzione spaziale vettoriale, a una frequenza temporale di un'ora, differenziando le emissioni per settore di attività (energia, trasporto, residenziale, terziario, industria e rifiuti). L'inventario dinamico è generato attraverso la raccolta ed elaborazione dei dati sul consumo di energia e su tutte le attività antropiche per quantificare le emissioni totali annuali nel territorio dettagliando, per ogni settore di attività, la quota di contributo; sempre per ogni settore di attività viene effettuata la ripartizione geografica delle emissioni nazionali e quella temporale delle emissioni spazializzate.

L'alto grado di risoluzione ottenuto da **Origins.earth** nella costruzione degli inventari dinamici delle emissioni deriva principalmente da due fattori:

- La costruzione di una base dati molto dettagliata sulla distribuzione spazio-temporale delle attività antropiche nel territorio grazie alla raccolta, automatizzata con metodi analitici specifici, di dati eterogenei (big data) disponibili da fonti statistiche e stazioni di misura prevalentemente open source (es: misure del traffico veicolare, informazioni sul traffico aereo degli aeroporti, dati sulla distribuzione temporale della

produzione di energia elettrica da centrali termo-elettriche, vendite orarie di gas naturale a livello nazionale, ecc.).

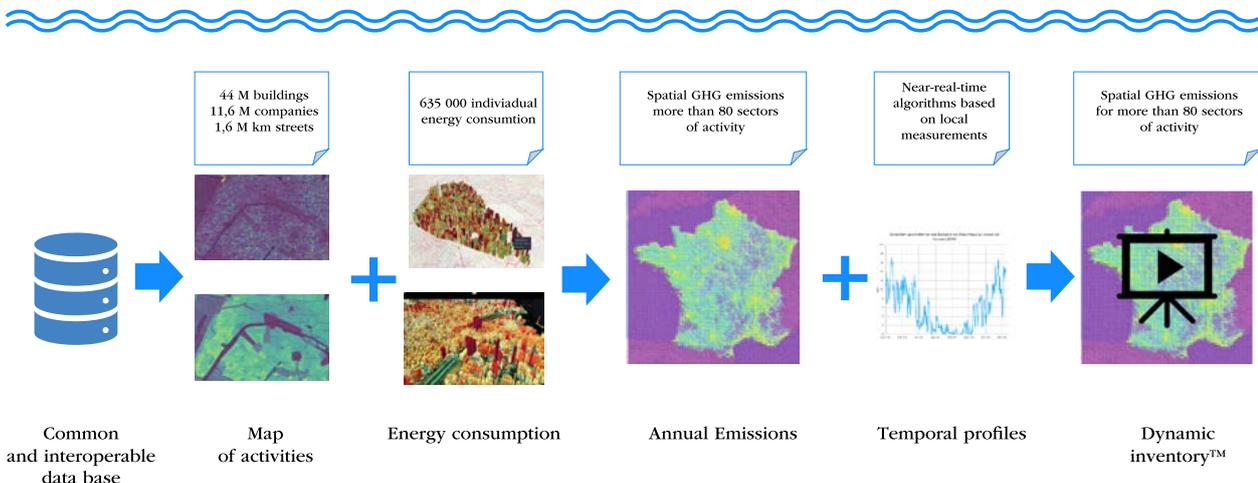
- L'utilizzo di sofisticati metodi matematici per armonizzare, aggregare, trattare e categorizzare opportunamente questi dati per calcolare le emissioni di gas a effetto serra afferenti ad ogni settore di attività e la loro ripartizione spazio-temporale (es: caratterizzazione del traffico veicolare in funzione di diversi parametri – composizione del parco circolante, tipo di strada, velocità media di percorrenza, temperatura ambiente, ecc. – e applicazione di coefficienti di emissione adatti ad ogni categoria e condizione).

Per essere utilizzati in maniera idonea, gli algoritmi di modellazione meteorologica necessari per la ricostruzione della ripartizione spazio-temporale delle emissioni a partire dalle misure di concentrazione dei gas a effetto serra, richiedono misure in ingresso di precisione molto elevata. In particolare, è necessario poter apprezzare variazioni di 10 ppm su un valore di fondo scala medio di circa 400 ppm, richiedendo quindi una precisione di  $\pm 5$  ppm.

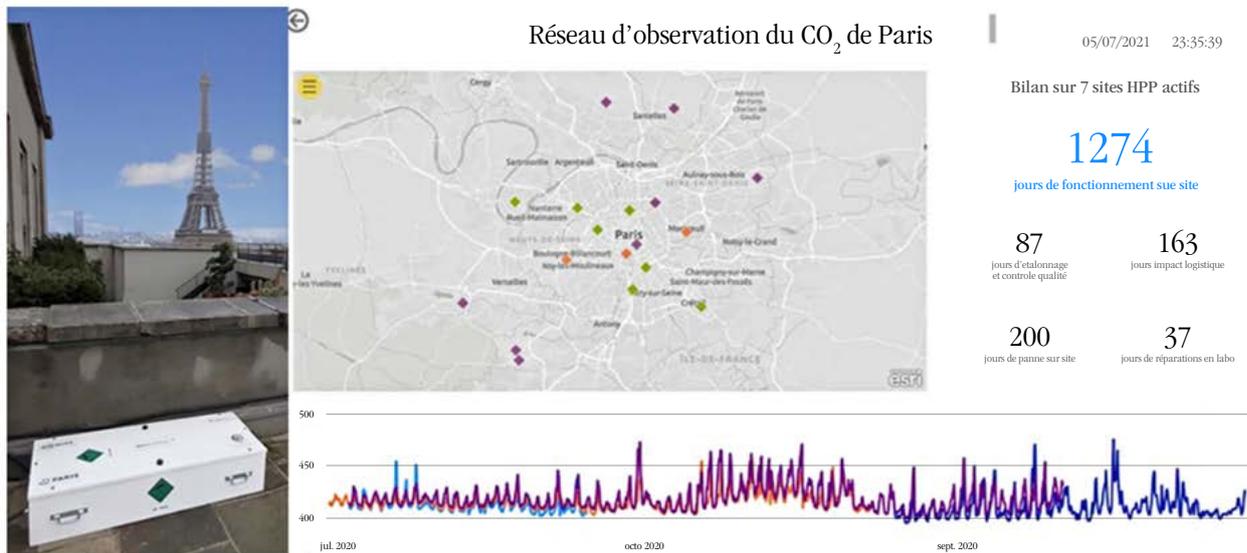
**Origins.earth**, grazie alla collaborazione con il *Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement* (LSCE) di Parigi, ha sviluppato l'unico strumento operativo di misura della concentrazione di CO<sub>2</sub> in grado di garantire la precisione di misura richiesta.

Lo strumento messo a punto è dotato di memoria interna e di un modulo di trasmissione del dato per comunicare con la piattaforma di gestione del dato stesso.

La rete di misura (numero e posizione degli strumenti) necessaria per realizzare il servizio viene determinata in base allo specifico contesto territoriale e climatico, tenendo conto della direzione dei venti predominanti, dell'orografia del territorio, della posizione e altezza delle catene montuose, dei fenomeni di inversione termica legati alla



**Figura 2.** I passaggi per giungere dall'inventario dinamico delle emissioni.



**Figura 3.** Stazione di misura con lo strumento messo a punto da Origins.earth per comunicare con la piattaforma di gestione dei dati.

presenza di corsi d'acqua, bacini, zone costiere, ecc.

La tecnica di ricostruzione della ripartizione spazio-temporale delle emissioni si basa su metodi matematici di inversione della modellazione atmosferica (*atmospheric inversion*). Il processo consiste in una serie di iterazioni di modellazione meteorologica, per correggere la stima *a priori* delle variabili di controllo della modellazione, fino a convergere ad una combinazione di tali variabili che fornisce il miglior accordo tra i risultati del modello e le misure reali di concentrazione di CO<sub>2</sub>.

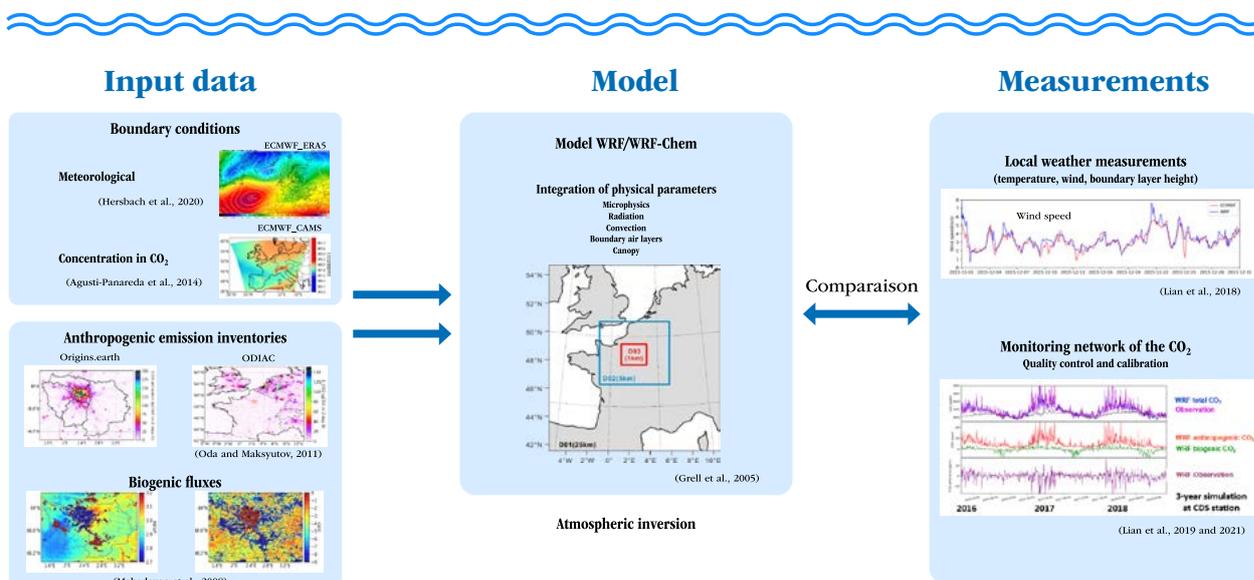
Il modello meteorologico utilizzato (WRF-Chem) è particolarmente adatto a simulare le condizioni meteorologiche su scala regionale. I dati di ingresso del modello sono le condizioni meteorologiche misurate e la concentrazione atmosferica di CO<sub>2</sub> iniziali al contorno della zona di simulazione; l'inventario dinamico *a priori* del-

le emissioni generato da Origins.earth e la stima dei flussi biogenici.

Il processo di inversione atmosferica consente di identificare il coefficiente correttivo di emissioni che permette di correggere l'inventario dinamico di partenza, per ricostruire una distribuzione spazio-temporale delle emissioni che coincida con maggiore accuratezza con le misure. Il coefficiente di correzione viene successivamente individuato per ogni settore specifico di attività.

Il passo successivo all'inventario dinamico è la realizzazione della piattaforma *MeteoCarbone*<sup>®</sup>.

Una piattaforma digitale che raccoglie in maniera esaustiva i risultati della ripartizione spazio-temporale e per settore di attività delle emissioni antropiche di CO<sub>2</sub>, con risoluzione spaziale di 1 km<sup>2</sup> e risoluzione temporale di 1 giorno. La piattaforma permette la na-



**Figura 4.** Modello meteorologico utilizzato per simulare le condizioni meteorologiche su scala regionale.

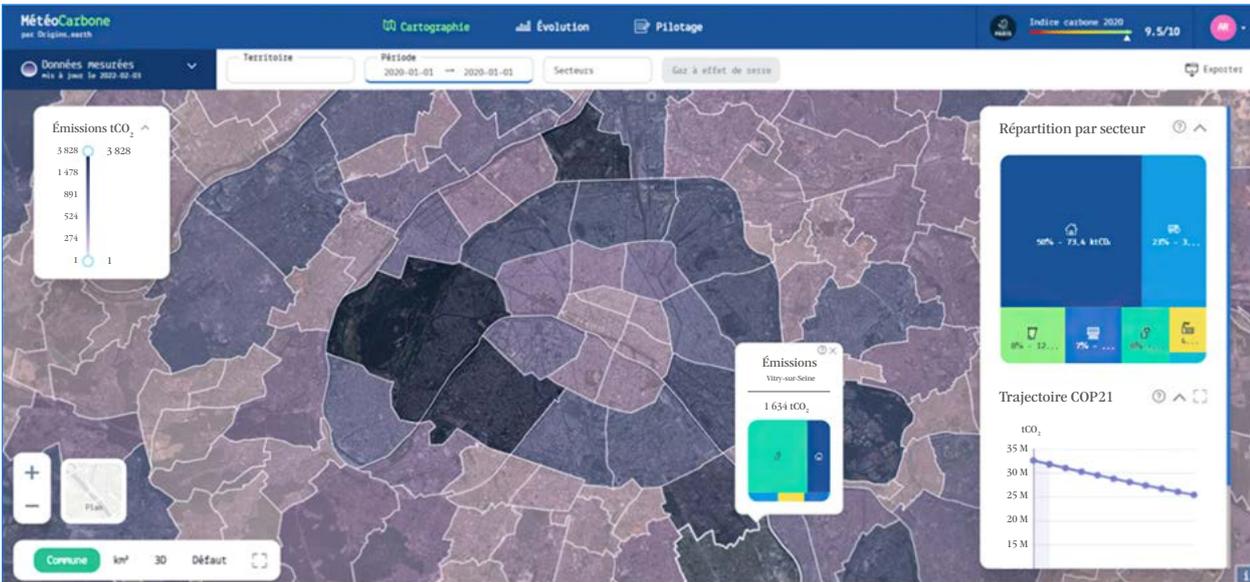


Figura 5. MétéoCarbone® -Piattaforma digitale che permette la navigazione spazio-temporale dei dati.

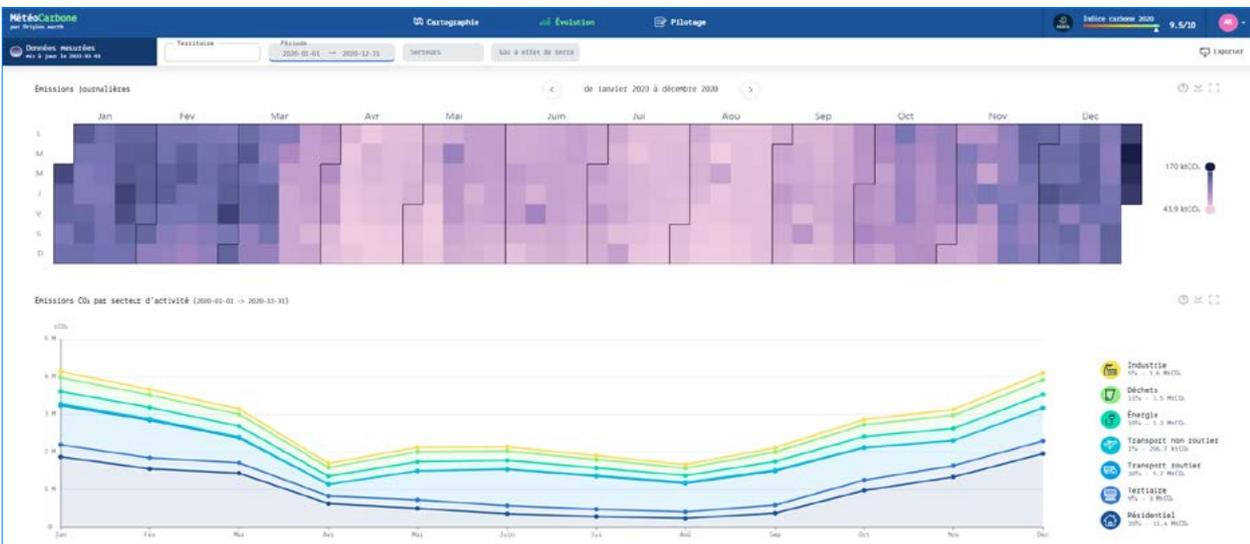


Figura 6. Esempio di lettura dei dati sulla piattaforma digitale, in cui si leggono le emissioni giornaliere ed i contributi per settore di attività.

vigazione spazio-temporale dei dati, con funzionalità di filtro sul periodo di osservazione, la posizione geografica e per settore di attività; funzionalità analitiche per interpretare la misura, realizzare un bilancio continuo delle emissioni e simulare gli scenari di evoluzione; il calcolo e l'aggiornamento continuo di indicatori specifici in grado di descrivere e caratterizzare

le emissioni di ogni settore di attività, la loro evoluzione nel tempo e l'impatto di specifiche politiche implementate dalle amministrazioni pubbliche.

Il modello messo a punto da Origins.earth ed applicato alla città metropolitana di Parigi ha dimostrato di essere un valido strumento a supporto delle amministrazioni pubbliche che hanno la necessità di misurarsi nella sfida del raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione. La sfida di Origins.earth è ora quella di implementare questa tecnologia in altre realtà e l'Italia rappresenta certamente un obiettivo importante con cui misurarsi. ■

**origins earth**

Origins.earth è un team multidisciplinare di ingegneri, meteorologi, data scientists, informatici e economisti che combinano la loro esperienza con quella di un centro di ricerca internazionale attorno ad una missione comune: creare strumenti e soluzioni innovative per aiutare le città nella loro sfida di riduzione delle emissioni climalteranti.

**Origins.earth**  
<https://www.origins.earth>  
 contact@origins.earth



## MONITORAGGIO INTEGRATO IN TEMPO REALE DELL'ODORE GENERATO DA UN IMPIANTO DI TRATTAMENTO DELLE ACQUE

### 1. Il problema del monitoraggio e controllo dell'odore

Data la crescente consapevolezza e sensibilità nei confronti dell'inquinamento atmosferico ed il fastidio correlato alle emissioni odorogene, l'integrazione di strutture per la gestione dei rifiuti e il trattamento delle acque all'interno del contesto ambientale locale, caratterizzato da un sempre crescente livello di urbanizzazione rappresentano una sfida importante.

Il problema del monitoraggio e controllo delle emissioni odorogene è d'altra parte una sfida importante anche dal punto di vista scientifico e tecnologico, in quanto richiede conoscenze superiori e trasversali nei campi della chimica e fisica dell'atmosfera, della meteorologia, della fisiologia e psicologia della percezione umana.

Un sistema efficace di monitoraggio e controllo non può dunque limitarsi a considerare uno o alcuni degli aspetti di questo problema ma deve perseguire un approccio olistico e integrato di tutte le componenti, che sono essenzialmente il monitoraggio all'emissione e al recettore, la modellizzazione fisica e chimica del fenomeno, la valutazione dell'impatto al recettore che non è un punto nello spazio ma una persona con una specificità, una storia e in definitiva una propria capacità di percepire e affrontare l'esposizione a un fastidio o a un rischio.

### 2. Il Sistema integrato di monitoraggio e controllo dell'odore

La soluzione implementata da ARIANET NOSE® Vision360 è ispirata da questo approccio integrato; è modulare, basata sul web e, in tempo reale o in modalità previsionale, contempla:

- la misurazione delle emissioni atmosferiche alle sorgenti (odori e traccianti) e delle concentrazioni atmosferiche ai recettori;
- la ricostruzione tridimensionale dei campi meteorologici e di turbolenza;

- la simulazione tridimensionale della dispersione atmosferica;
- la possibilità di ricostruzione retrospettiva probabilistica del termine di sorgente sulla base delle misure di concentrazione o delle segnalazioni di fastidio odorigeno da parte dei cittadini.

Il sistema consente così di monitorare l'impronta olfattiva di un sito, al fine di supportare l'implementazione di una strategia globale per una gestione affidabile e sostenibile degli inquinanti atmosferici, compresi gli odori fastidiosi, in impianti industriali e municipali.

In figura 1 uno schema logico di funzionamento.

### 3. Il modello di dispersione atmosferica PMSS

Componente fondamentale di un sistema integrato di controllo degli odori è il modello di dispersione atmosferica che deve essere in grado di seguire, in maniera totalmente tridimensionale, i fenomeni predominanti quali il trasporto dell'inquinante ad opera del vento e la sua dispersione a causa della turbolenza, indotta dall'interazione termica e meccanica del flusso atmosferico con il suolo e dunque che dipende fortemente, oltre che dall'intensità della radiazione solare, dalla rugosità, asperità, tipo di uso, presenza di ostacoli (barriere, edifici, alberi, ecc.).

Attualmente, la classe di modelli più avanzata per trattare in modo completamente tridimensionale i fenomeni di dispersione atmosferica è detta dei lagrangiani a particelle di cui fa parte Parallel-Micro-Swift-Spray (PMSS), prodotto di un intenso sforzo di ricerca e sviluppo condotto negli anni da ARIANET insieme ad Aria Technologies (Parigi) e centri di ricerca d'eccellenza italiani tra cui il CNR di Torino.

Questo modello, di tipo Monte-Carlo, consente di calcolare la dispersione di inquinante, a partire dal campo di vento tridimensionale, utilizzando un gran numero di particelle computazionali in cui è discretizzata la massa emessa e che seguono traiettorie indipendenti. Consente di salire a risoluzioni temporali più vicine a quelle dei fenomeni d'impatto odorigeno che sono prevalentemente intermittenti, cioè intensi e di breve durata, e di seguire il destino del pennacchio inquinante in ogni suo punto e non solo nel suo baricentro. Consente infatti di simulare in maniera precisa la dispersione in condizioni difficili di «calma di vento», oppure il confinamento in presenza di ostacoli orografici o edifici.

In figura 2 la dispersione tridimensionale di pennacchi di inquinante o odore in situazioni complesse, vicino alla linea di costa o in contesto urbanizzato.

### 4. Applicazioni

Sistemi di monitoraggio integrato di controllo degli odori e inquinanti atmosferici basati su modelli di dispersione tridimensionali sono operativi presso ormai numerosi impianti di trattamento delle acque, dei rifiuti e industriali. In essi sono tipicamente definiti due domini di calcolo, uno più esterno, delle dimensioni di qualche chilometro di lato (scala locale) e uno più interno, di qualche centinaio di metri di lato, a risoluzione molto fine e considerando la presenza degli ostacoli (edifici dell'impianto, residenziali e barriere). Nella figura 3 un esempio di schermata dell'interfaccia utente del Sistema installato presso l'impianto di trattamento delle acque di Milano – Nosedo.

Tipicamente, all'interno del dominio a maggiore risoluzione è posto un anemometro (rappresentato in figura seguente da un triangolo scuro), che può essere di tipo tradizionale o meglio ancora sonico (quest'ultimo in grado di rilevare l'intensità del

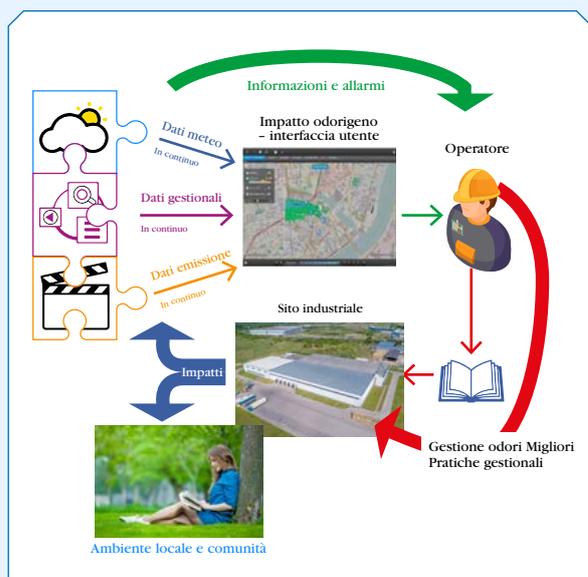


Figura 1.

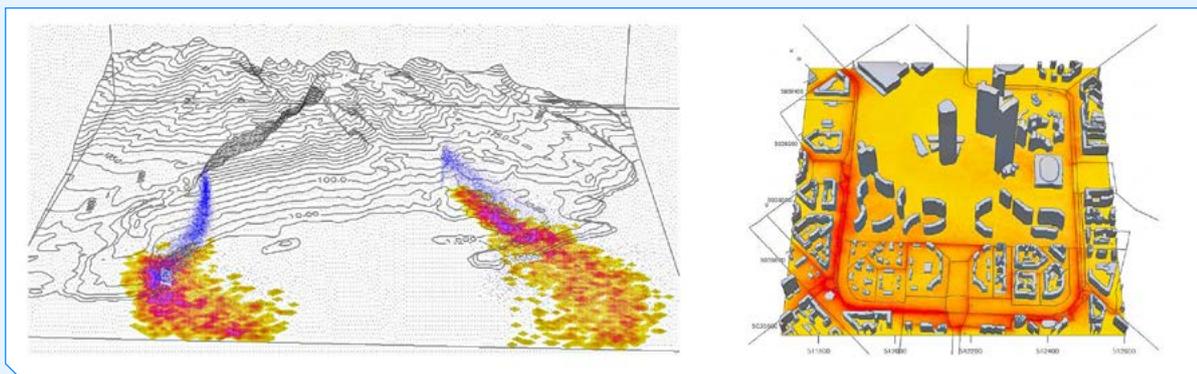


Figura 2.

vento ma anche della turbolenza atmosferica). In alternativa, il sistema viene connesso a un servizio di fornitura di dati meteorologici previsionali che consente di prevedere criticità anche nel prossimo futuro (fino a 3/5 giorni in avanti).

Sempre all'interno del dominio di calcolo a maggiore risoluzione possono essere posti dei sensori che rilevano le concentrazioni di inquinanti o di traccianti o anche direttamente l'intensità di odore ("nasi elettronici", rappresentati da quadrati verdi), utili a definire in tempo reale le emissioni di particolari sorgenti, a validare i risultati calcolati dal modello di dispersione e, se necessario, ad autocalibrare il modello in caso di elevata incertezza.

All'interno di entrambi i modelli sono infine definiti recettori sensibili su cui è maggiormente necessario controllare l'impatto anche quantitativamente e non solo visivamente.

### 5. ARIANET

ARIANET S.r.l. è attiva dalla fine dell'anno 2000 nei campi della progettazione, realizzazione, applicazione e commercializzazione di sistemi integrati finalizzati allo studio dei processi chimico-fisici che influenzano le emissioni, il trasporto, la dispersione e le trasformazioni chimiche degli inquinanti in atmosfera. A partire dal 2021, ARIANET è entrata a far parte del

Gruppo Suez. ARIANET Srl nasce con lo scopo di contribuire allo sviluppo, applicazione e affermazione della modellistica numerica per l'ambiente atmosferico, nella convinzione che tale strumento sia fondamentale per la valutazione e la gestione della qualità dell'aria.

Una stretta cooperazione internazionale con centri di ricerca ed università e con le agenzie per la protezione ambientale, nonché la partecipazione a programmi di ricerca comunitaria e nazionale le consentono di aggiornare lo stato delle conoscenze e di realizzare strumenti di calcolo innovativi, da utilizzare nelle attività di consulenza ambientale. L'attività di R&S e il continuo adeguamento dei modelli ai dettami stabiliti dalla legislazione italiana ed europea permette ad ARIANET di rimanere al passo con le richieste sempre più avanzate nel campo della fisica e della chimica dell'atmosfera.

### ARIANET

<https://www.aria-net.it>  
[info@aria-net.it](mailto:info@aria-net.it)

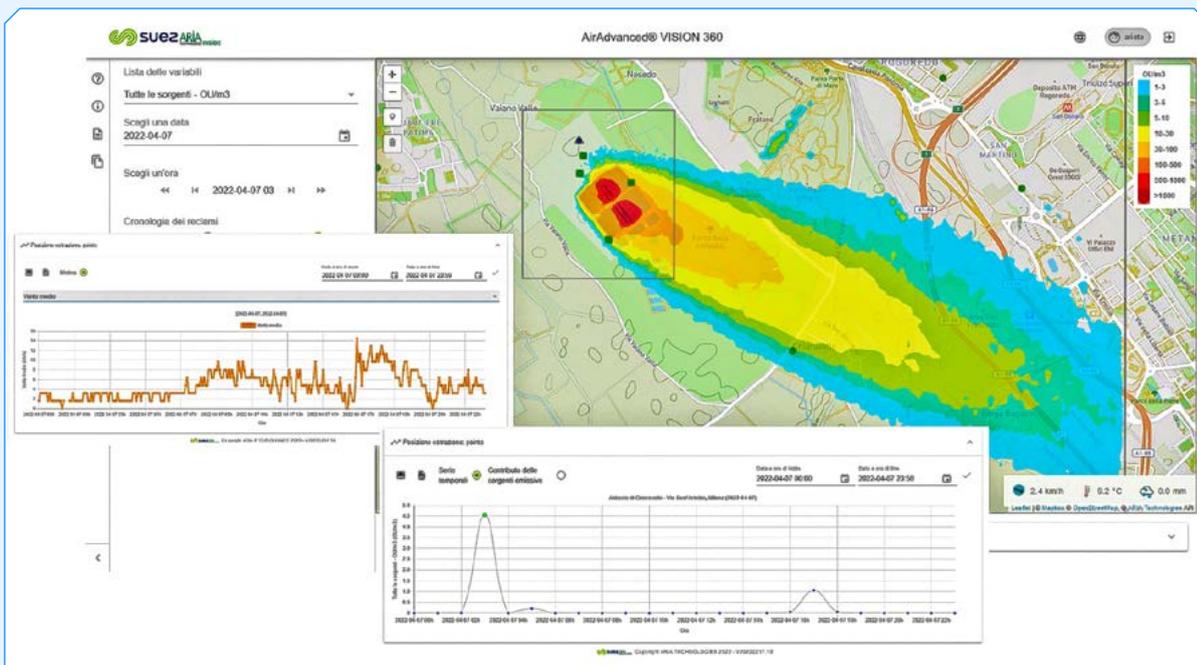


Figura 3.

