

Atmosphere Monitoring

# Dati per il monitoraggio della qualità dell'aria

## Stime modellistiche

Lidia Bressan, Arpae-SIMC



PROGRAMME OF  
THE EUROPEAN UNION



IMPLEMENTED BY





## Stime modellistiche

- CAMS NCP Italy WP3
- modellistica di qualità dell'aria
- i modelli nazionali
  - modellistica regionale
  - ensemble nazionale



WP30  
Downscaling

- promuovere l'utilizzo dei prodotti CAMS per fornire informazioni di qualità dell'aria affidabili ed a alta risoluzione per servizi operativi
- sostenere il potenziamento dei prodotti nazionali di qualità dell'aria italiani a scala nazionale e locale

## ***modellistica nazionale:***

- Arpae
- CNR
- ENEA

## ***modellistica regionale:***

- Arpae, ARPAL, ARPAC, ARPAV, Arpa Umbria, Arpa Piemonte, Arpa Lombardia

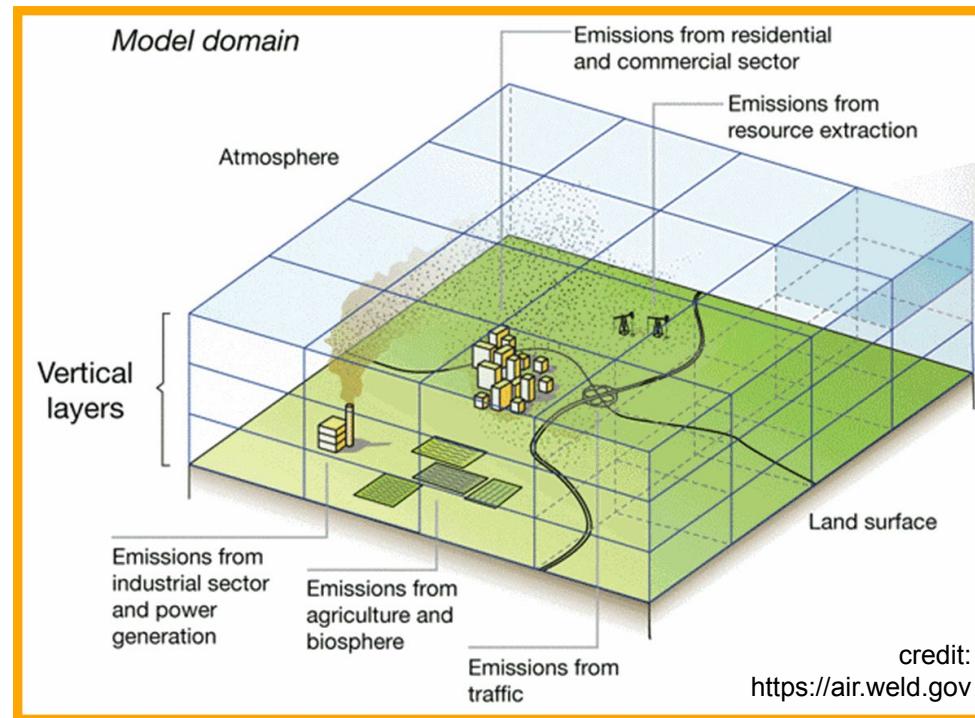
## ***MOS:***

- CNR, ARPAL, ISPRA



dominio

## modellistica di qualità dell'aria

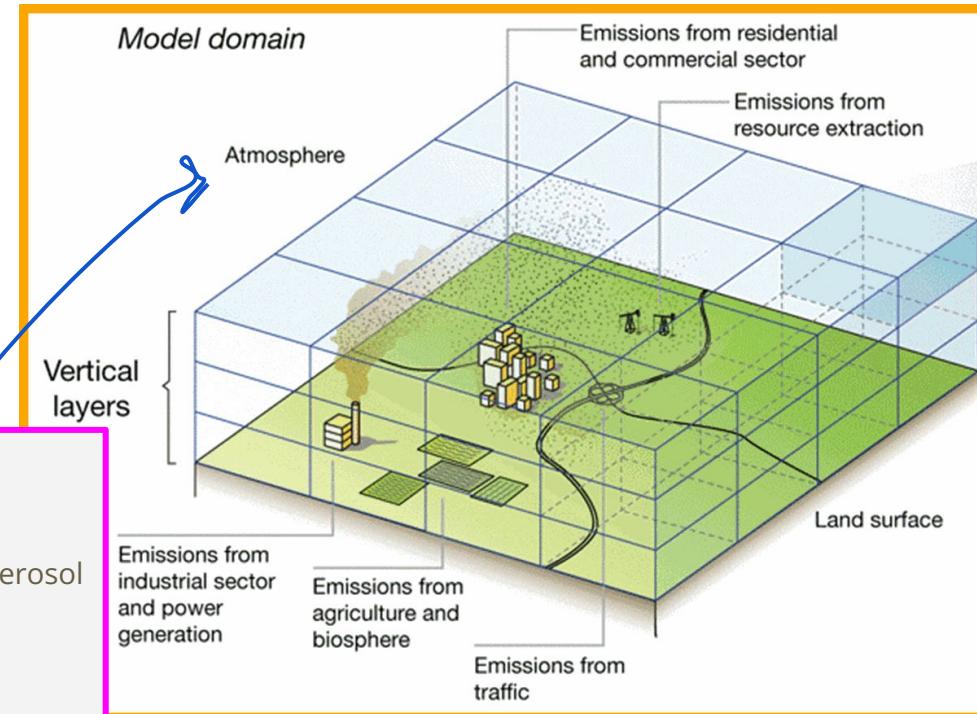


modelli  
FOTOchimici



### CHIMICA e AEROSOL

- chimica dei gas: Melchior
- equilibrio termodinamico aerosol
- ISORROPIA
- nucleazione
- specie carboniose
- formazione degli aerosol organici secondari, SOA
- deposizione secca e umida
- risospensione in aree urbane



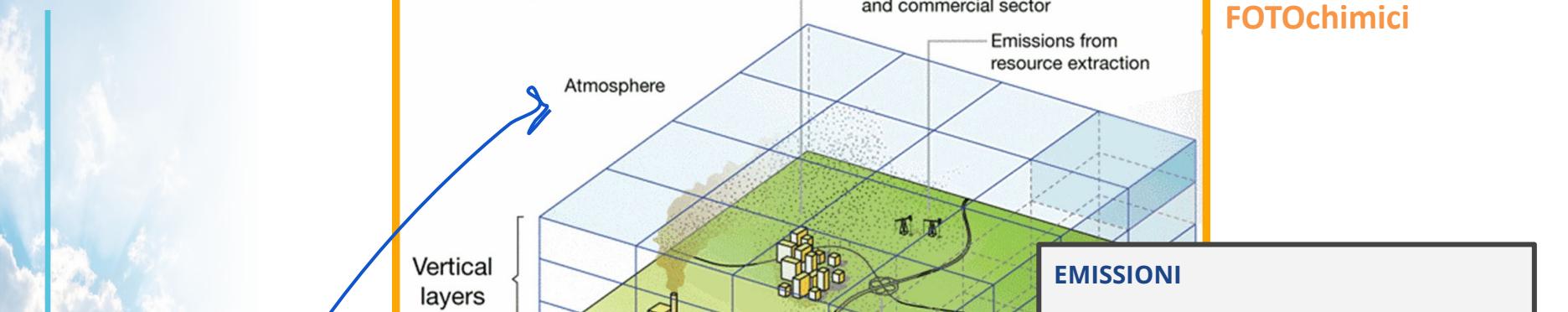
deposizione umida/secca  
risospensione e sollevamento



PROGRAMME OF  
THE EUROPEAN UNION

Copernicus  
Europe's eyes on Earth

IMPLEMENTED BY  
ECMWF



modelli  
FOTOchimici

## CHIMICA e AEROSOL

- chimica dei gas: Melchior
- equilibrio termodinamico aerosol ISORROPIA
- nucleazione
- specie carboniose
- formazione degli aerosol organici secondari, SOA
- deposizione secca e umida
- risospensione in aree urbane

deposizione umida/secca  
risospensione e sollevamento

## EMISSIONI

- antropiche (puntuali + superficie) → calcolo con database (INEMAR)
- biogeniche → calcolo con MEGAN
- dust/polveri crostali → calcolo con terreno + meteo
- sale marino → calcolo con terreno + meteo



PROGRAMME OF  
THE EUROPEAN UNION

Copernicus  
Europe's eyes on Earth

IMPLEMENTED BY  
ECMWF



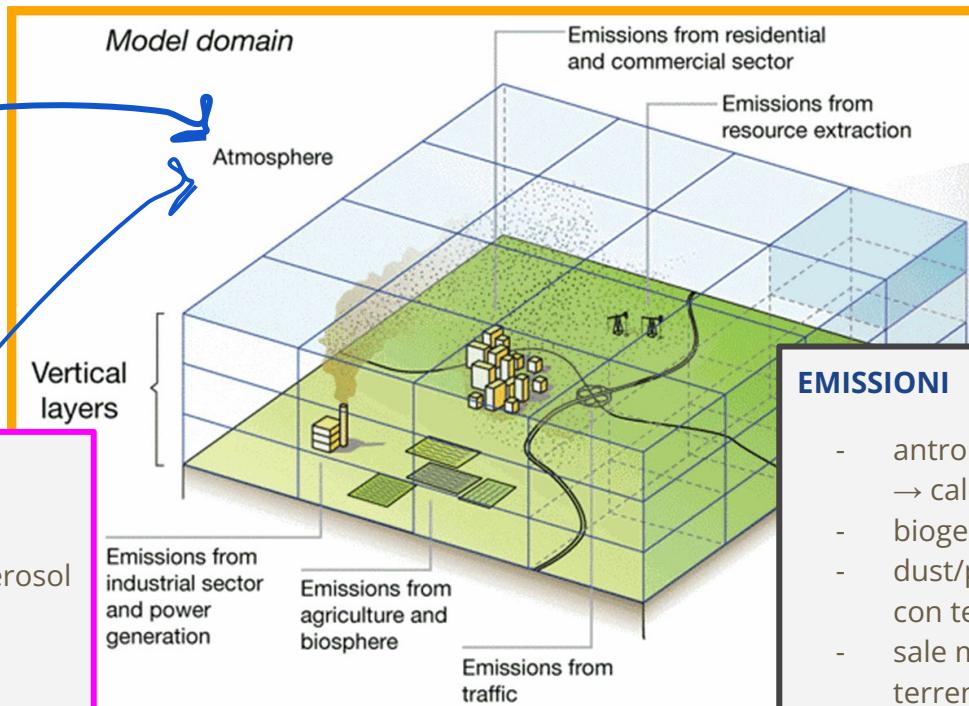
modelli  
FOTOchimici

## METEO

trasporto, turbolenza  
temperatura,  
radiazione, ...

## CHIMICA e AEROSOL

- chimica dei gas: Melchior
- equilibrio termodinamico aerosol ISORROPIA
- nucleazione
- specie carboniose
- formazione degli aerosol organici secondari, SOA
- deposizione secca e umida
- risospensione in aree urbane



deposizione umida/secca  
risospensione e sollevamento

## EMISSIONI

- antropiche (puntuali + superficie) → calcolo con database (INEMAR)
- biogeniche → calcolo con MEGAN
- dust/polveri crostali → calcolo con terreno + meteo
- sale marino → calcolo con terreno + meteo



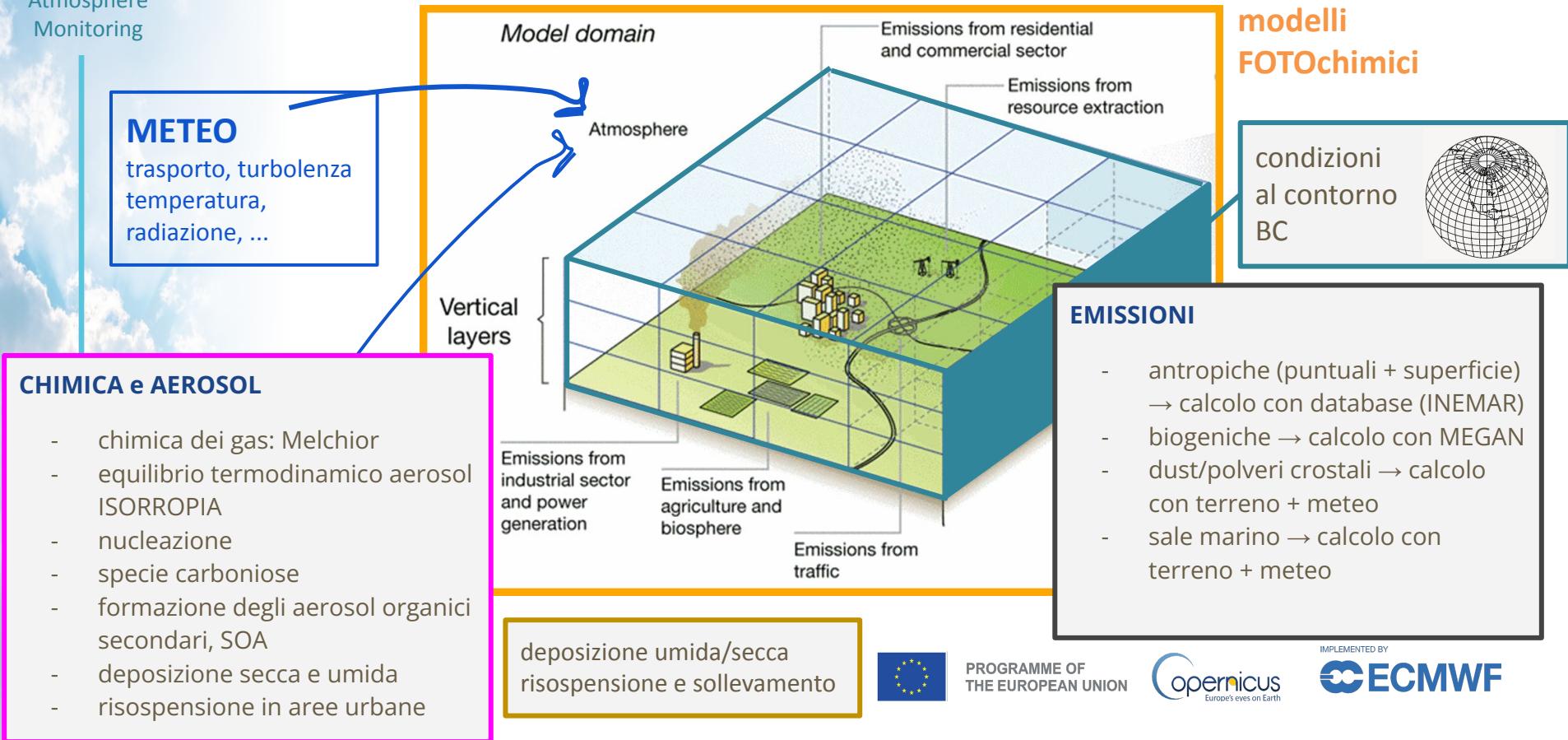
PROGRAMME OF  
THE EUROPEAN UNION

Copernicus  
Europe's eyes on Earth

IMPLEMENTED BY  
ECMWF

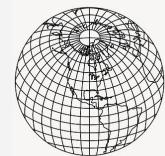


## modellistica di qualità dell'aria



# modelli FOTOfimici

condizioni  
al contorno  
BC



## EMISSIONI

- antropiche (puntuali + superficie)  
→ calcolo con database (INEMAR)
  - biogeniche → calcolo con MEGAN
  - dust/polveri crostali → calcolo  
con terreno + meteo
  - sale marino → calcolo con  
terreno + meteo

deposizione umida/secca  
risospensione e sollevamento



## PROGRAMME OF THE EUROPEAN UNION

 Copernicus  
Europe's eyes on Earth



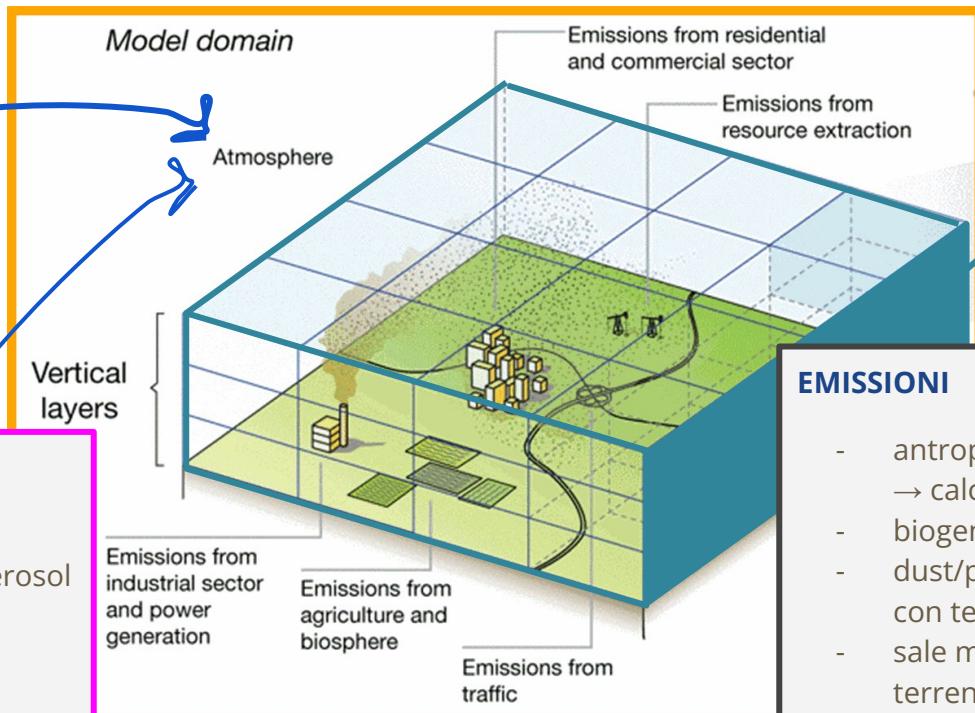


## METEO

trasporto, turbolenza  
temperatura,  
radiazione, ...

## CHIMICA e AEROSOL

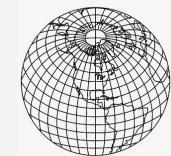
- chimica dei gas: Melchior
- equilibrio termodinamico aerosol ISORROPIA
- nucleazione
- specie carboniose
- formazione degli aerosol organici secondari, SOA
- deposizione secca e umida
- risospensione in aree urbane



deposizione umida/secca  
risospensione e sollevamento

## modelli FOTOchimici

condizioni  
al contorno  
BC



## EMISSIONI

- antropiche (puntuali + superficie) → calcolo con database (INEMAR)
- biogeniche → calcolo con MEGAN
- dust/polveri crostali → calcolo con terreno + meteo
- sale marino → calcolo con terreno + meteo



PROGRAMME OF  
THE EUROPEAN UNION

Copernicus  
Europe's eyes on Earth

IMPLEMENTED BY  
ECMWF



## strumenti e infrastruttura per la modellistica

- calcolo parallelo: HPC o cluster
- formati di file binari: grib, netcdf
- O.S. linux
- programmi compilati, open source

credit:  
<https://github.com/trevor-vincent/awesome-high-performance-computing>



PROGRAMME OF  
THE EUROPEAN UNION



IMPLEMENTED BY

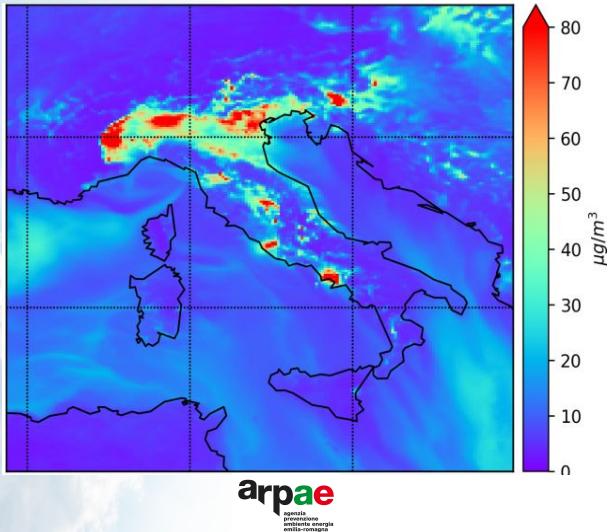




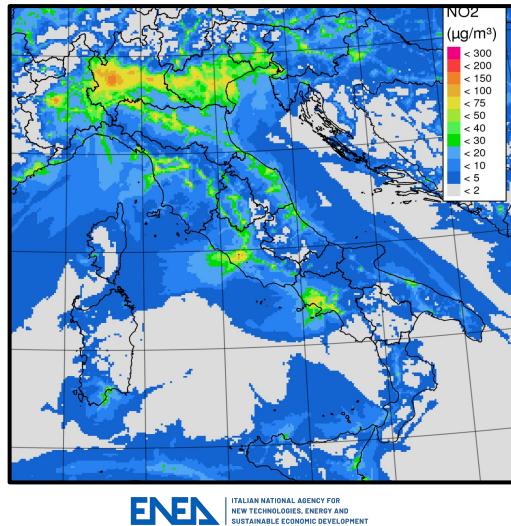
Atmosphere  
Monitoring

## modelli nazionali operativi di qualità dell'aria

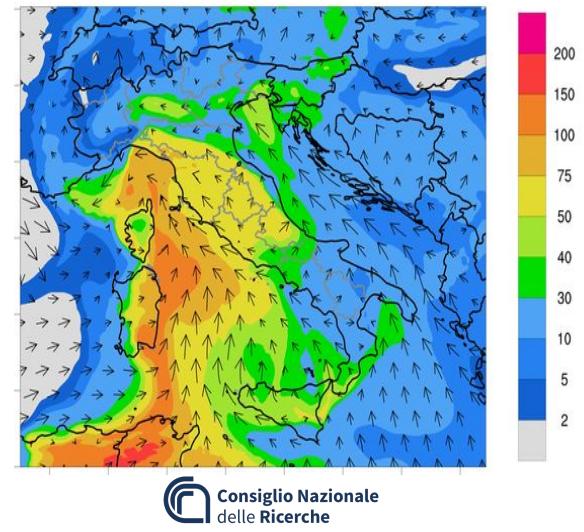
### kAIROS



### FORAIR-IT



### CHIMBO



<https://www.snpambiente.it/prodotti/previsioni-qualita-dellaria-in-italia/inquinanti-nellaria>

<https://clima.sostenibilita.enea.it/research/FORAIR-IT>

<https://www.isac.cnr.it/dinamica/projects/forecasts/chimbo/index.html>



PROGRAMME OF  
THE EUROPEAN UNION



IMPLEMENTED BY  
ECMWF





## kAIROS

modello: CHIMERE  
**BC: CAMS reg ensemble**  
meteo: ICON  
emissioni: CAMS + ISPRA  
risoluzione orizzontale: ~7 km

## FORAIR-IT

modello: FARM  
**BC: CAMS reg MINNI**  
meteo: WRF  
emissioni: CAMS + ISPRA  
risoluzione orizzontale: ~4 km

## CHIMBO

modello: CHIMERE  
**BC: CAMS reg ensemble**  
meteo: BOLAM  
emissioni: TNO  
risoluzione orizzontale: ~7 km

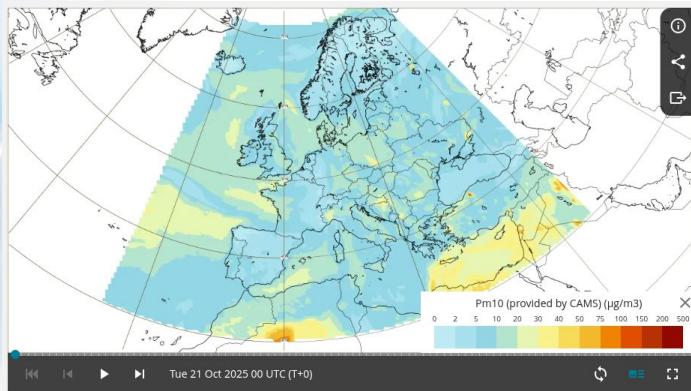
- previsione +72 h
- particolato: PM10, PM2.5, dust
- inquinanti gassosi: O3, NO2, SO2, CO



# BC: CAMS European air quality forecast

<https://ads.atmosphere.copernicus.eu/datasets/cams-europe-air-quality-forecasts>

CAMS:  
Copernicus Atmospheric Monitoring Service



## Data description

Data type	Gridded
Horizontal coverage	Europe (west boundary=25.0° W, east=45.0° E, south=30.0° N, north=72.0°)
Horizontal resolution	0.1°x0.1° (10 km x 10 km)
Vertical coverage	Surface, 50m, 100m, 250m, 500m, 750m, 1000m, 2000m, 3000m, 5000m
Temporal coverage	three-year rolling archive
Temporal resolution	1-hourly
File format	GRIB, NetCDF
Update frequency	daily
Availability-schedule	06:45UTC for forecast lead time 0-48 hours, 08:30UTC 49-96 hours
Version	Only one version, but with occasional model upgrades



# BC: CAMS European air quality forecast

## GAS

- CO Carbon monoxide
- NO<sub>2</sub> Nitrogen dioxide
- NO Nitrogen monoxide
- O<sub>3</sub> Ozone
- SO<sub>2</sub> Sulphur dioxide
- NH<sub>3</sub> Ammonia
- CHOCHO Glyoxal
- HCHO Formaldehyde
- PAN Peroxyacetyl nitrates
- Non-methane volatile organic compounds (VOCs)

speciazione  
dei gas  
del particolato

## PARTICOLATO

- PM10, dust
- PM10, sea salt (dry)
- NH<sub>3</sub> PM2.5, ammonium
- HNO<sub>3</sub> PM2.5, nitrate
- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> PM2.5, sulphate
- SIA PM2.5, secondary inorganic aerosol
- PM2.5, total elementary carbon
- PM2.5, total organic matter
- Particulate matter < 10 µm (PM10)
- Particulate matter < 2.5 µm (PM2.5)

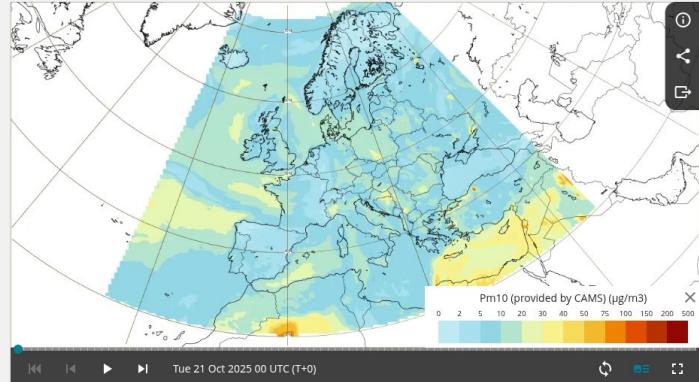
European air quality hourly forecast of regulated air pollutants

Base time  
Tue 21 Oct 2025 00 UTC

Valid time  
Tue 21 Oct 2025 00 U...

Ensemble median

- CHIMERE
- DEHM
- EMEP
- EURAD-IM
- GEM-AQ
- LOTOS-EUROS
- MATCH
- MINNI
- MOCAGE
- MONARCH
- SILAM



CAMS European hourly forecast of regulated air pollutants

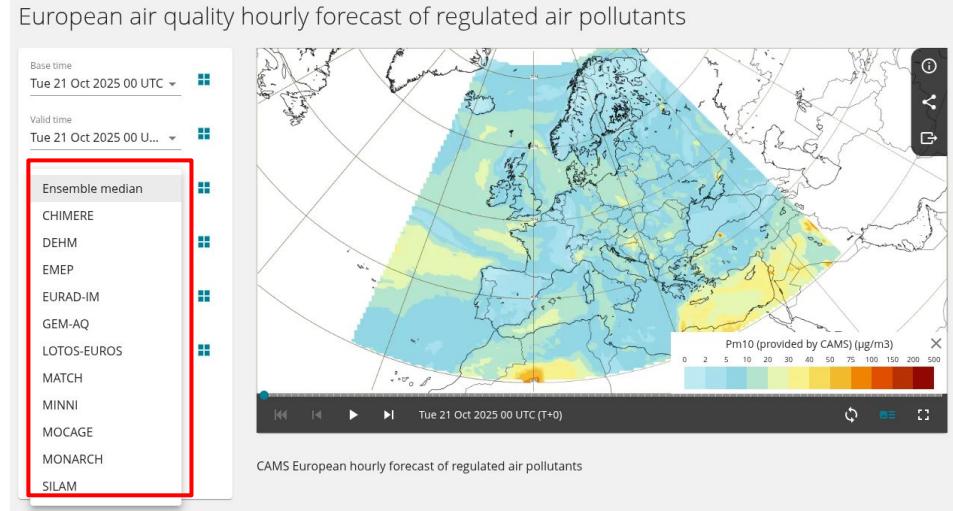
11 models + model ensemble



## BC: CAMS European air quality forecast

### Utilizzo nella modellistica operativa

- download operativo quotidiano tramite script python / ftp
- processing: preparazione per l'uso nel modello
  - interpolazione orizzontale e verticale
  - mappatura e speciazione
  - formato e nomenclatura del file



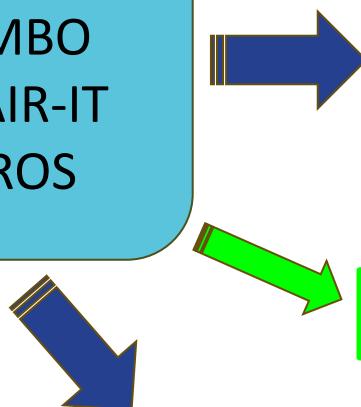
11 models + model ensemble



## downscaling a scala regionale

due utilizzi principali dei  
modelli nazionali

72-h forecast orari  
modelli nazionali  
**CHIMBO**  
**FORAIR-IT**  
**kAIROS**



### Downscaling regionale:

campi interi 3D dei modelli nazionali  
alle **Agenzie Regionali per l'Ambiente ARPA**  
per modelli regionali a alta risoluzione:

- ARPA Liguria
- ARPA Lombardia
- ARPA Piemonte
- ARPA Umbria
- ARPA Veneto

EWC European Weather Cloud

**Ensemble  
dei modelli nazionali**

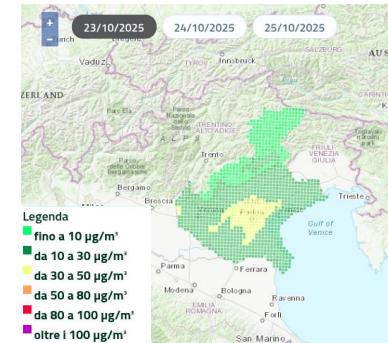


PROGRAMME OF  
THE EUROPEAN UNION



IMPLEMENTED BY  
**ECMWF**  
Europe's eyes on Earth

Sistema SPIAIR  
Previsioni delle concentrazioni medie  
giornaliere di PM10



[https://www.arpa.veneto.it/dati-ambientali/  
bollettini/aria/previsione-polveri-pm10](https://www.arpa.veneto.it/dati-ambientali/bollettini/aria/previsione-polveri-pm10)



per CAMS NCP Italy:

- Linux (Ubuntu) Virtual Machine
- S3-type data storage (bucket)

## Utilizzo operativo

- upload giornaliero dei modelli nazionali
- workflow automatico per la generazione dei campi di ensemble e mappe

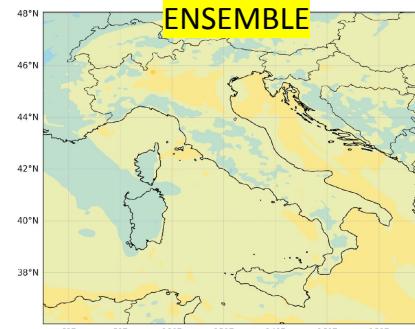
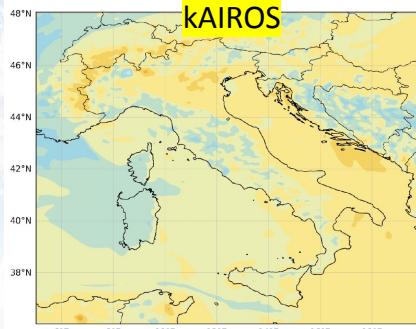
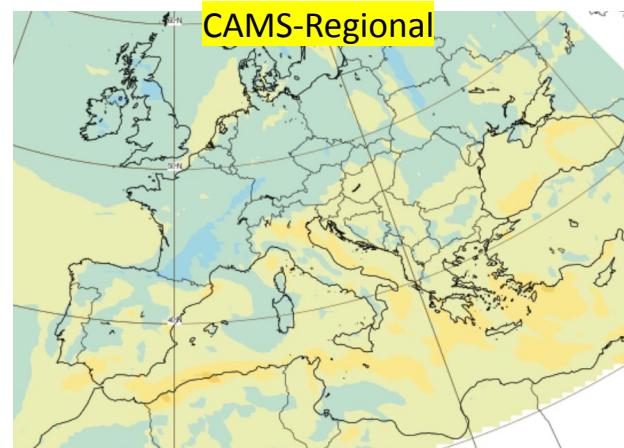
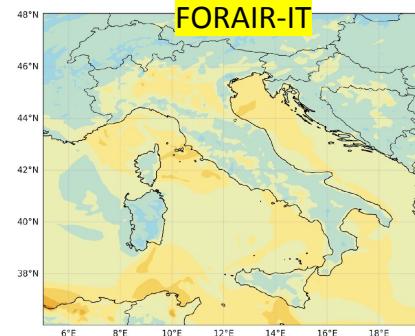
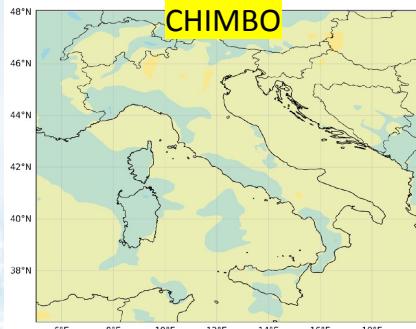
## Archivi e storage

- archivio degli ensemble: campi superficiali e mappe
- archivio dei campi completi dei modelli nazionali → downscaling regionale



# CAMS NCP Italy: multi-model ensemble nazionale

Esempio di previsione di ozono, 15 settembre 2025, 15UTC



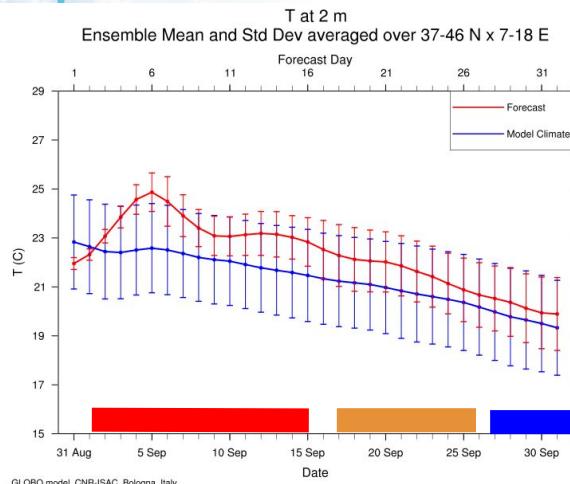
- concentrazioni superficiali orarie
- inquinanti regolati: O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, PM10, PM2.5
- previsioni giornaliere
- **griglia comune** con 5km risoluzione orizzontale



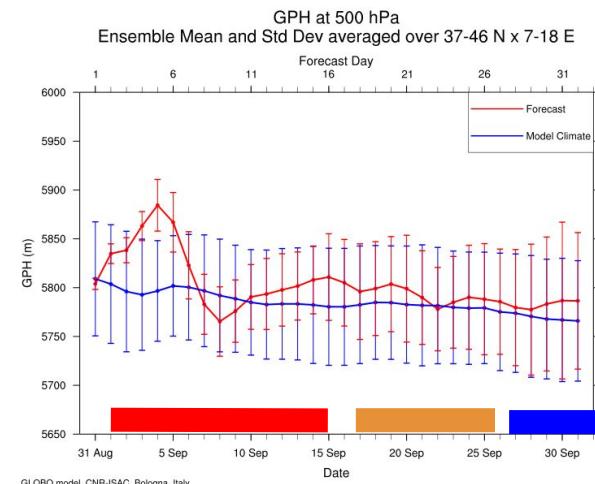
## Test case settembre 2023

1. fase di **accumulo di inquinanti** dovuta a condizioni di scarsa ventilazione
2. evento di **trasporto di polvere (dust Sahariano)** dal 15 al 22 settembre
3. fase con moderata ventilazione da nord-est associata a **condizioni di aria pulita**

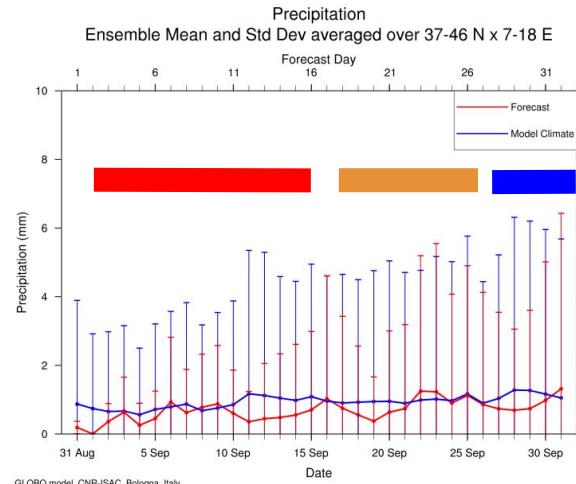
### temperatura



### altezza di geopotenziale a 500 hPa



### precipitazioni



GLOBO model, CNR-ISAC, Bologna, Italy

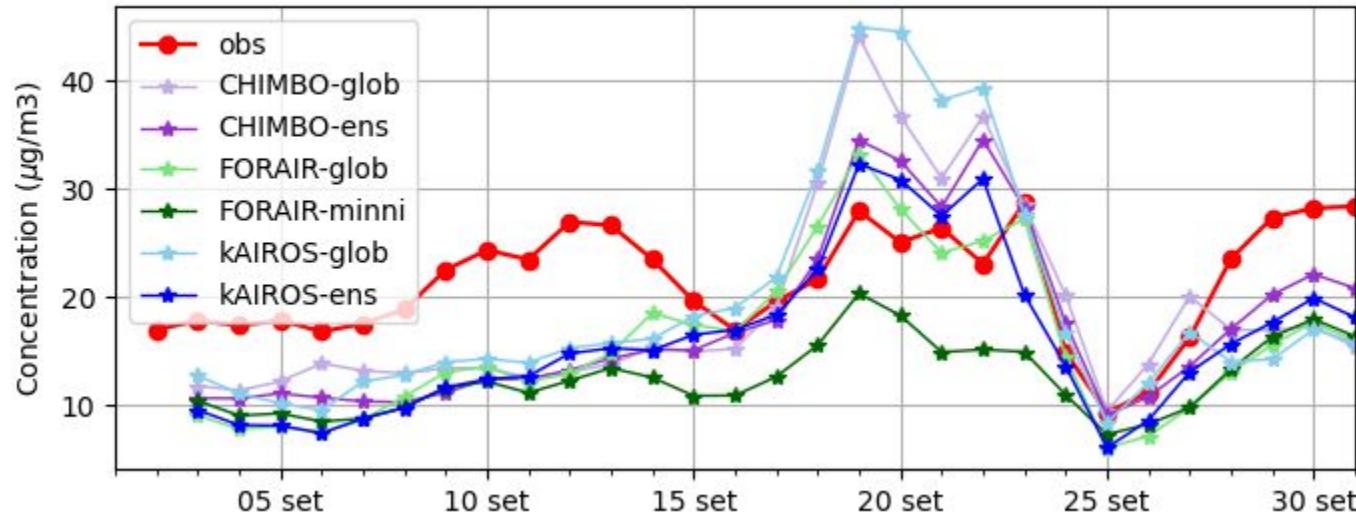
GLOBO model, CNR-ISAC, Bologna, Italy

GLOBO model, CNR-ISAC, Bologna, Italy



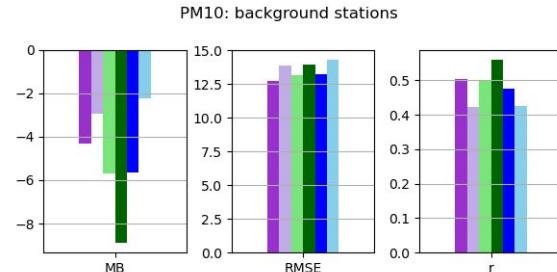
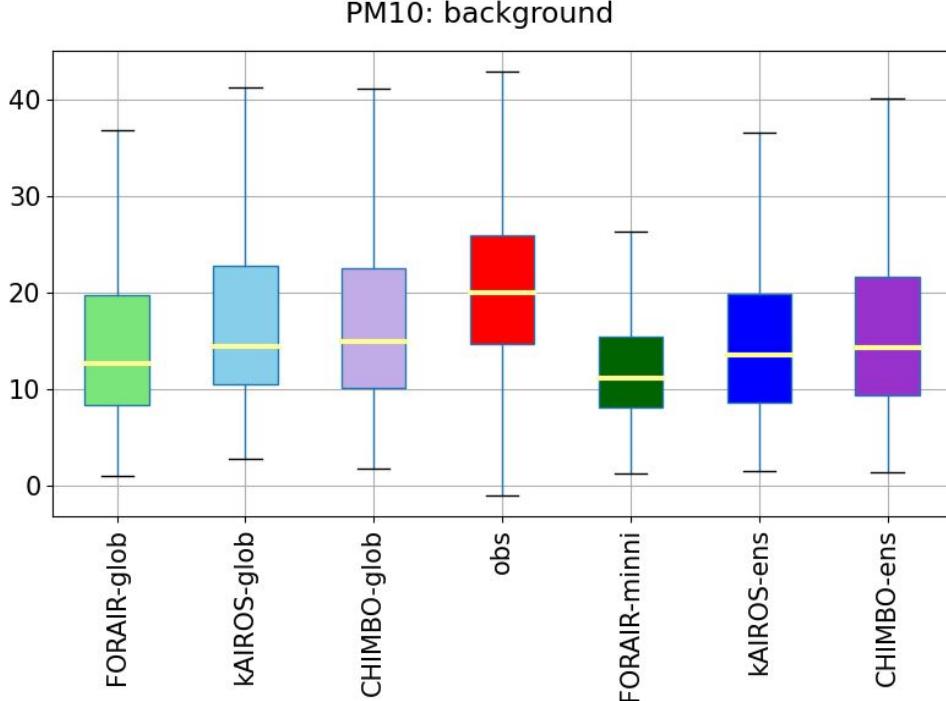
## Test case settembre 2023: PM10

PM10: background stations





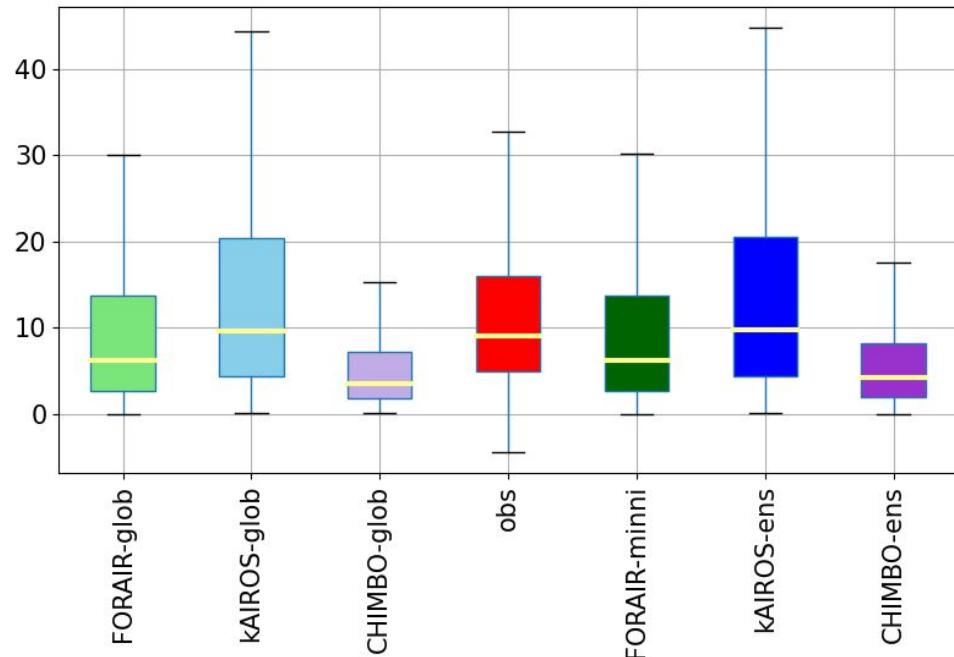
## Test case settembre 2023: PM10



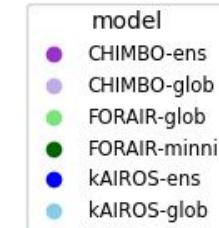
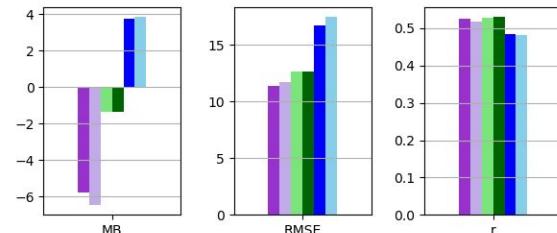


## Test case settembre 2023: NO<sub>2</sub>

NO<sub>2</sub>: background



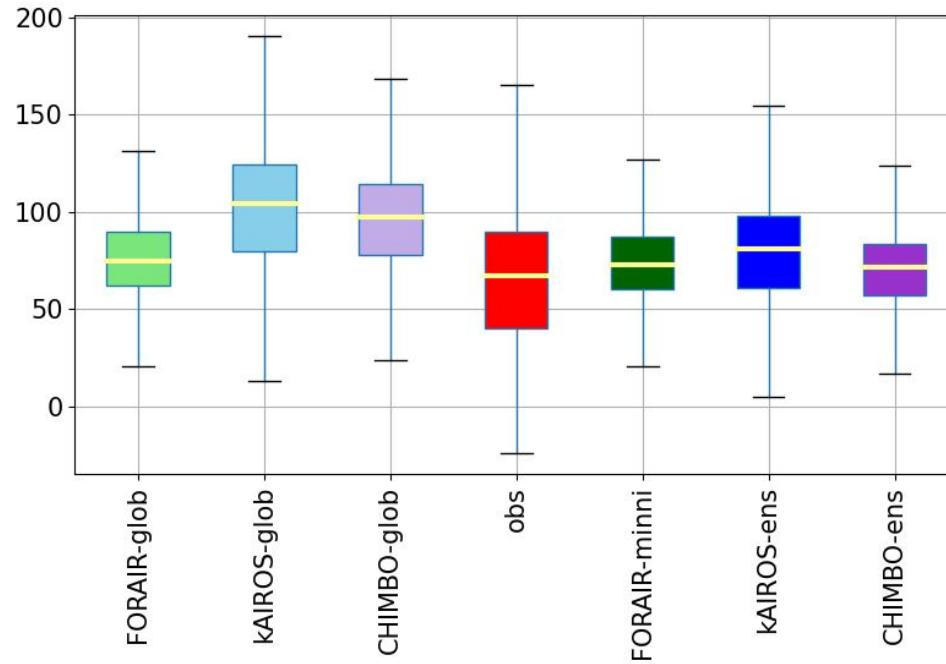
NO<sub>2</sub>: background stations



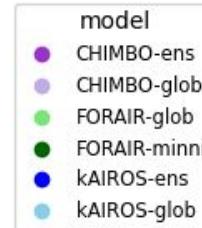
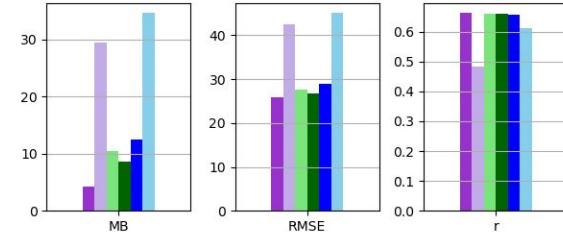


## Test case settembre 2023: O3

O3: background



O3: background stations





CNR

Tony Landi

[tonychristian.landi@cnr.it](mailto:tonychristian.landi@cnr.it)

ENEA

Massimo D'Isidoro

[massimo.disidoro@enea.it](mailto:massimo.disidoro@enea.it)

Arpae

Michele Stortini

responsabile Unità  
previsioni numeriche  
qualità dell'aria

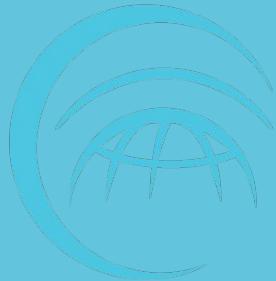
[mstortini@arpae.it](mailto:mstortini@arpae.it)

Lidia Bressan

[lbressan@arpae.it](mailto:lbressan@arpae.it)



NATIONAL COLLABORATION PROGRAMME  
ITALIAN INITIATIVE



Atmosphere Monitoring

# Grazie per l'attenzione

Lidia Bressan: [lbressan@arpae.it](mailto:lbressan@arpae.it)

con il contributo di Arpae, CNR, ENEA



PROGRAMME OF  
THE EUROPEAN UNION



IMPLEMENTED BY  
 ECMWF

