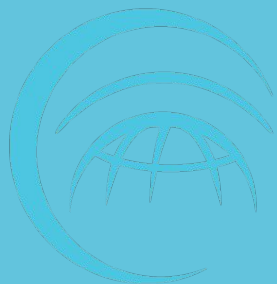




Dati per il monitoraggio della qualità dell'aria

Stime modellistiche

Lidia Bressan, Arpae-SIMC



Atmosphere Monitoring



PROGRAMME OF
THE EUROPEAN UNION





Atmosphere
Monitoring

Stime modellistiche

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



PROGRAMME OF
THE EUROPEAN UNION



IMPLEMENTED BY





Atmosphere
Monitoring

CAMS NCP Italy - WP3: downscaling



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:

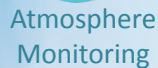
- Arpae
- CNR
- ENEA

modellistica regionale:

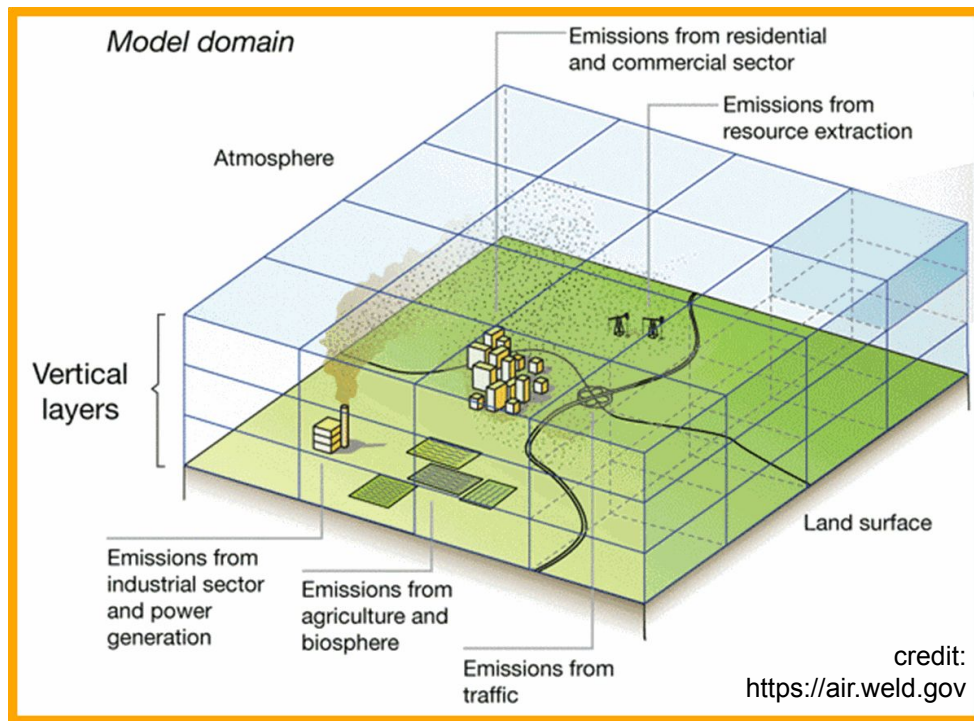
- Arpae, ARPAL, ARPAC, ARPAV, Arpa Umbria, Arpa Piemonte, Arpa Lombardia

MOS:

- CNR, ARPAL, ISPRA



dominio



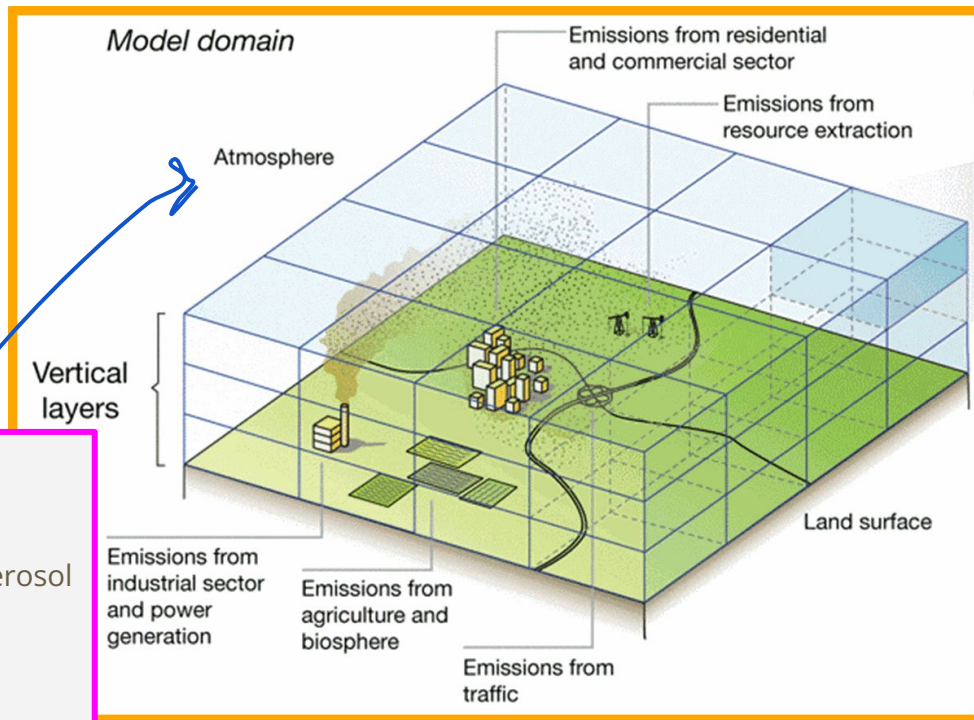
**modelli
FOTOchimici**



Atmosphere
Monitoring

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



IMPLEMENTED BY

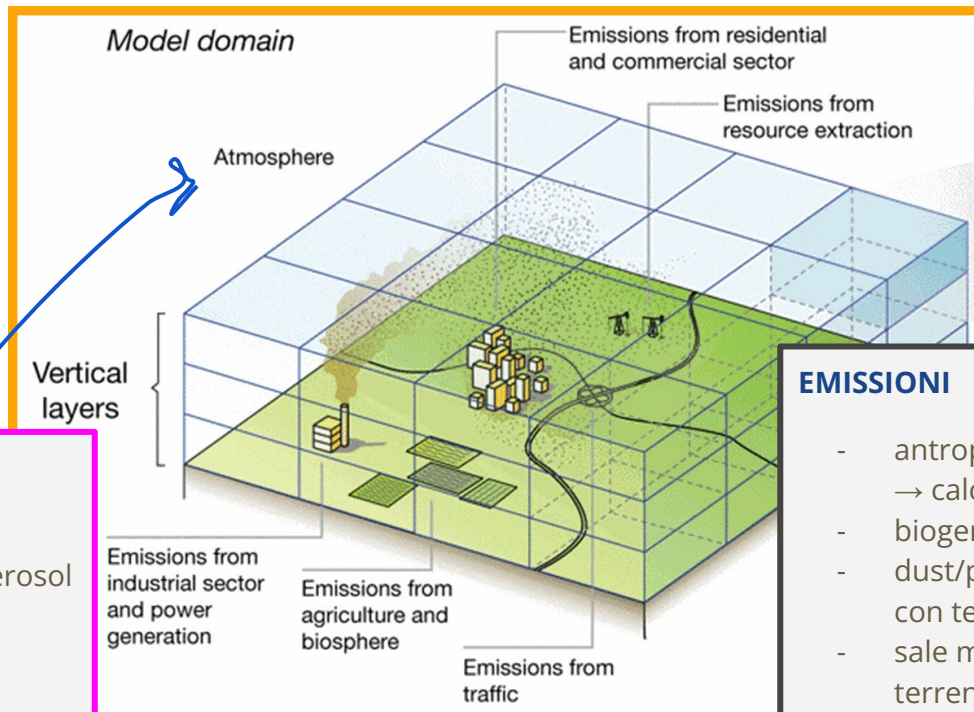




Atmosphere
Monitoring

modellistica di qualità dell'aria

**modelli
FOTOchimici**



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

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



IMPLEMENTED BY





Atmosphere
Monitoring

modellistica di qualità dell'aria

**modelli
FOTOchimici**

METEO

trasporto, turbolenza
temperatura,
radiazione, ...

Model domain

Atmosphere

Vertical
layers

Emissions from residential
and commercial sector

Emissions from
resource extraction

Emissions from
industrial sector
and power
generation

Emissions from
agriculture and
biosphere

Emissions from
traffic

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

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



IMPLEMENTED BY



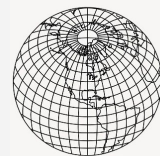


Atmosphere
Monitoring

modellistica di qualità dell'aria

**modelli
FOTOchimici**

condizioni
al contorno
BC



METEO

trasporto, turbolenza
temperatura,
radiazione, ...

Model domain

Atmosphere

Vertical
layers

Emissions from residential
and commercial sector

Emissions from
resource extraction

Emissions from
industrial sector
and power
generation

Emissions from
agriculture and
biosphere

Emissions from
traffic

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

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



IMPLEMENTED BY



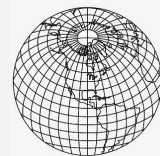


Atmosphere
Monitoring

modellistica di qualità dell'aria

modelli FOTOchimici

condizioni
al contorno
BC



METEO

trasporto, turbolenza
temperatura,
radiazione, ...

Model domain

Atmosphere

Vertical
layers

Emissions from residential
and commercial sector

Emissions from
resource extraction

Emissions from
industrial sector
and power
generation

Emissions from
agriculture and
biosphere

Emissions from
traffic

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

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



IMPLEMENTED BY





Atmosphere
Monitoring

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>

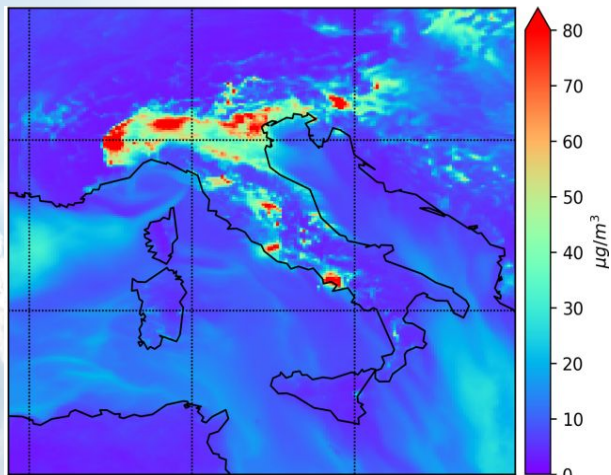




Atmosphere
Monitoring

modelli nazionali operativi di qualità dell'aria

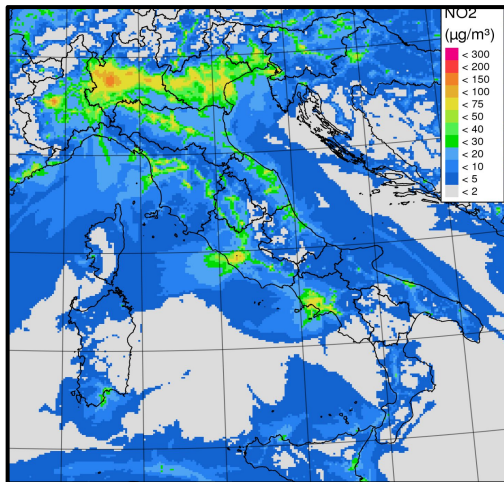
kAIROS



arpae
Agenzia
regionale
dell'ambiente
emilia-romagna

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

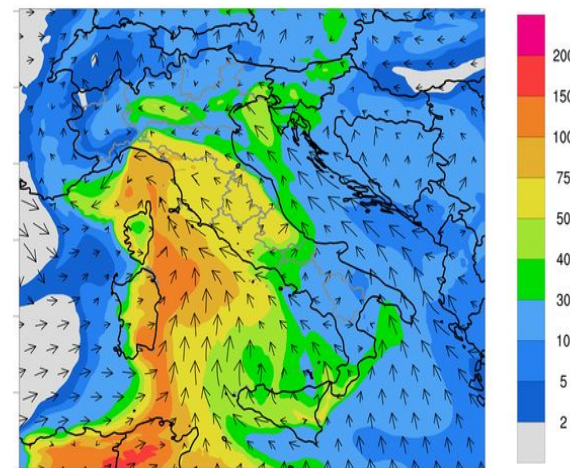
FORAIR-IT



ENEA
ITALIAN NATIONAL AGENCY FOR
NEW TECHNOLOGIES, ENERGY AND
SUSTAINABLE ECONOMIC DEVELOPMENT

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

CHIMBO



Consiglio Nazionale
delle Ricerche

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



Atmosphere
Monitoring

modelli nazionali operativi di qualità dell'aria

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

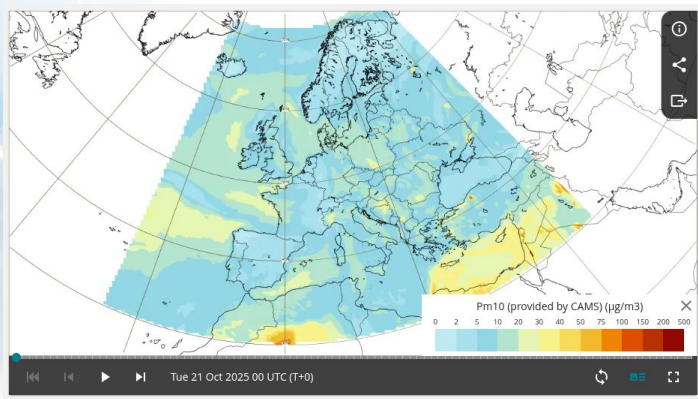


Atmosphere
Monitoring

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

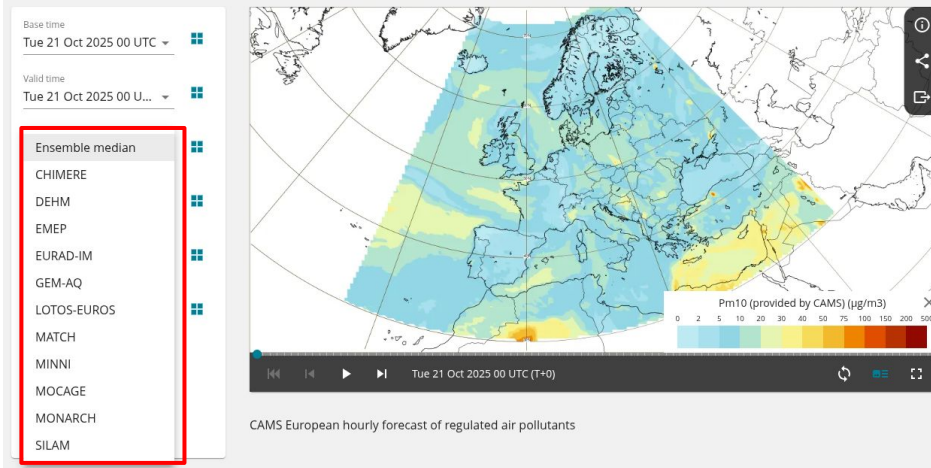
- CO Carbon monoxide
- NO₂ Nitrogen dioxide
- NO Nitrogen monoxide
- O₃ Ozone
- SO₂ Sulphur dioxide
- NH₃ Ammonia
- CHOCHO Glyoxal
- HCHO Formaldehyde
- PAN Peroxyacyl nitrates
- Non-methane volatile organic compounds (VOCs)

speciazione
dei gas
del particolato

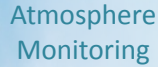
PARTICOLATO

- PM₁₀, dust
- PM₁₀, sea salt (dry)
- NH₃ PM_{2.5}, ammonium
- HNO₃ PM_{2.5}, nitrate
- H₂SO₄ PM_{2.5}, sulphate
- SIA PM_{2.5}, secondary inorganic aerosol
- PM_{2.5}, total elementary carbon
- PM_{2.5}, total organic matter
- Particulate matter < 10 µm (PM₁₀)
- Particulate matter < 2.5 µm (PM_{2.5})

European air quality hourly forecast of regulated air pollutants



11 models + model ensemble



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

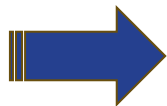
11 models + model ensemble



downscaling a scala regionale

due utilizzi principali dei
modelli nazionali

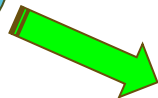
72-h forecast orari
modelli nazionali
CHIMBO
FORAIR-IT
kAIROS



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

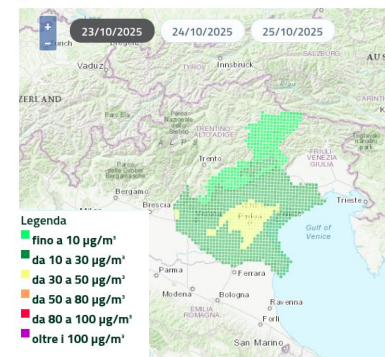


EWC European Weather Cloud

**Ensemble
dei modelli nazionali**

Sistema SPIAIR

Previsioni delle concentrazioni medie
giornaliere di 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

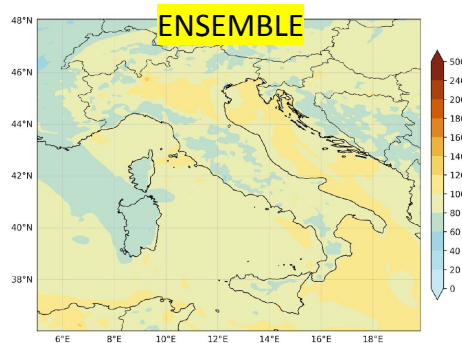
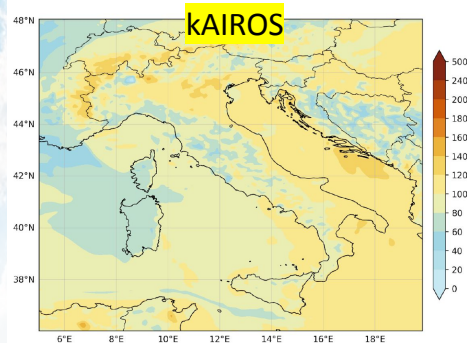
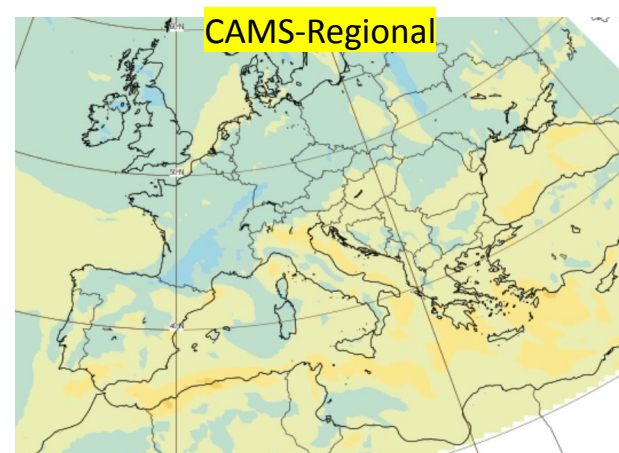
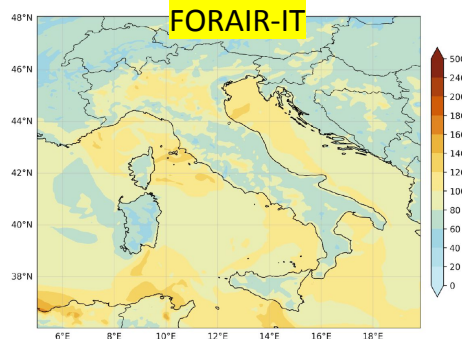
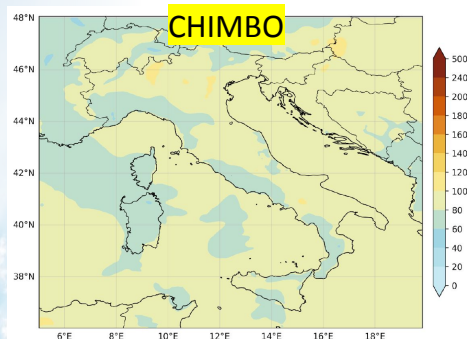
- archivio degli ensemble: campi superficiali e mappe
- archivio dei campi completi dei modelli nazionali → downscaling regionale



Atmosphere
Monitoring

CAMS NCP Italy: multi-model ensemble nazionale

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



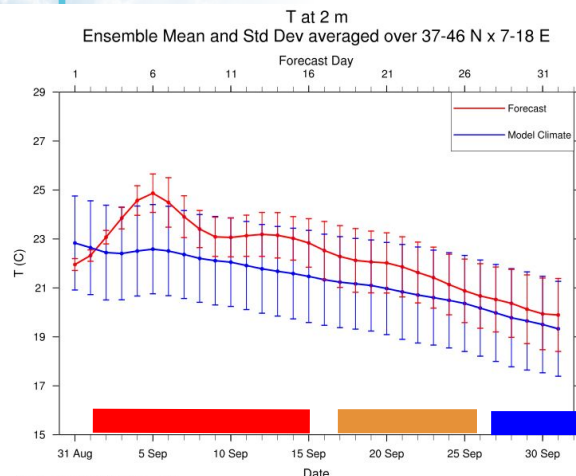
- concentrazioni superficiali orarie
- inquinanti regolati: O3, NO2, SO2, PM10, PM2.5
- previsioni giornaliere
- **griglia comune** con 5km risoluzione orizzontale



Test case settembre 2023

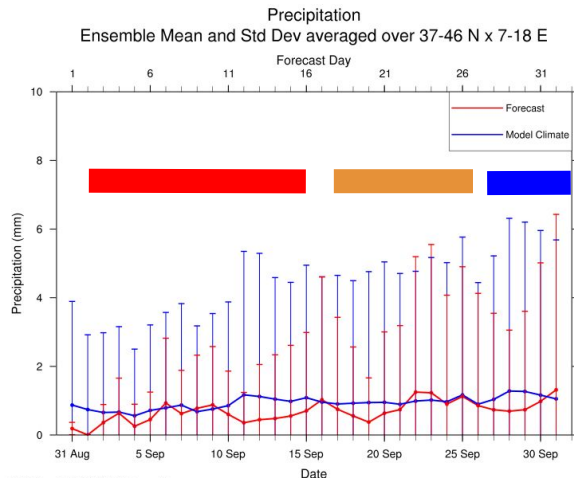
1. fase di **accumulo di inquinanti** dovuta a condizioni di scarsa ventilazione
2. evento di **trasporto di polvere (dust Sahariano)** dal 15 al 22 settembre
3. fase con moderata ventilazione da nord-est associata a **condizioni di aria pulita**

temperatura



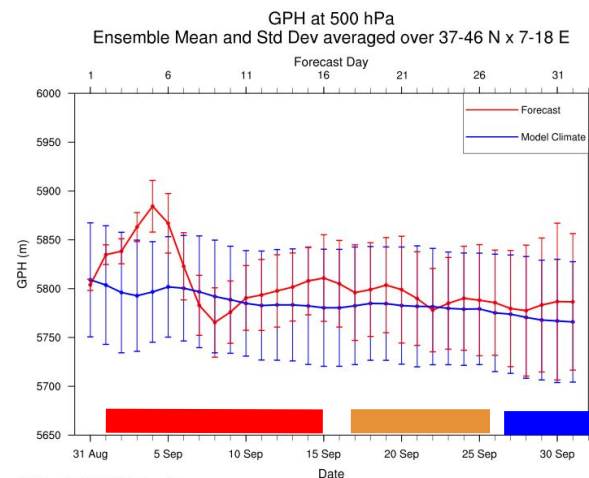
GLOBO model, CNR-ISAC, Bologna, Italy

precipitazioni



GLOBO model, CNR-ISAC, Bologna, Italy

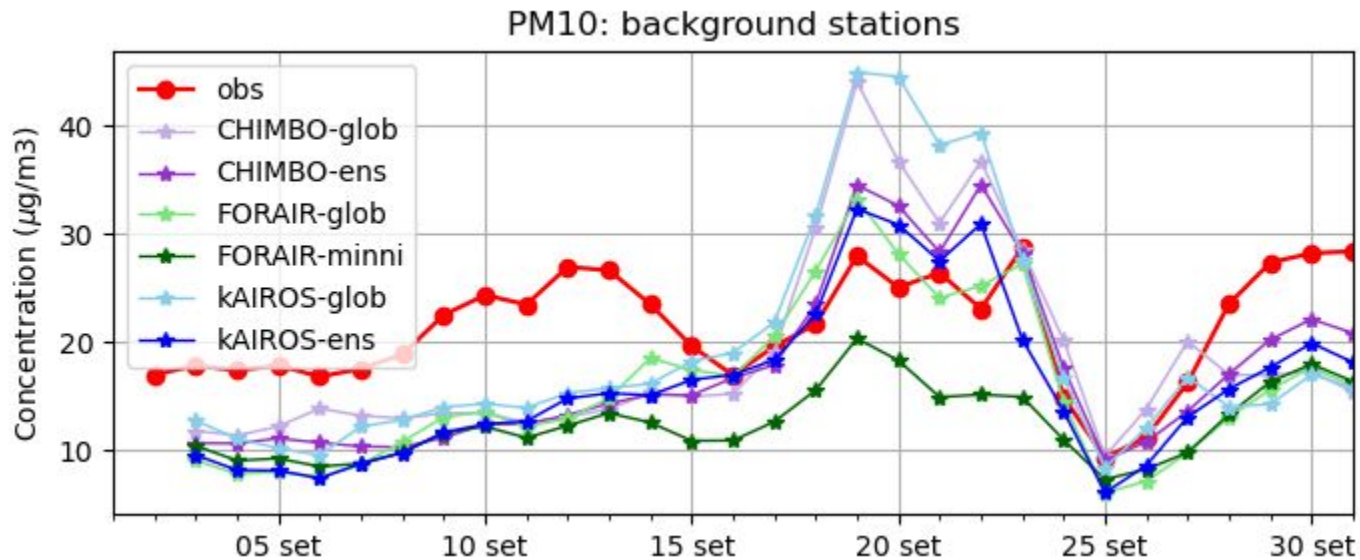
altezza di geopotenziale a 500 hPa



GLOBO model, CNR-ISAC, Bologna, Italy



Test case settembre 2023: PM10

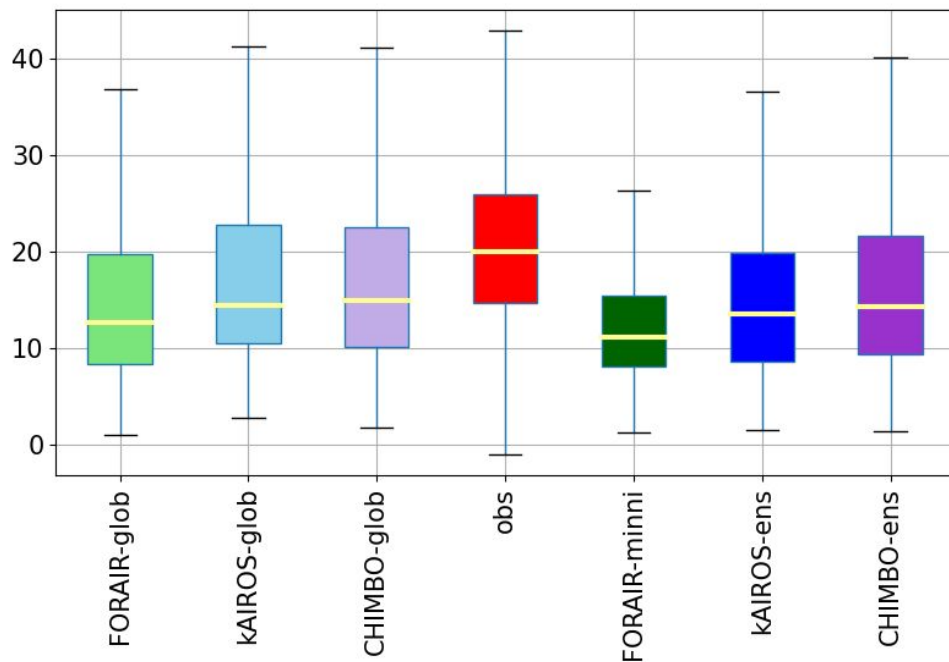




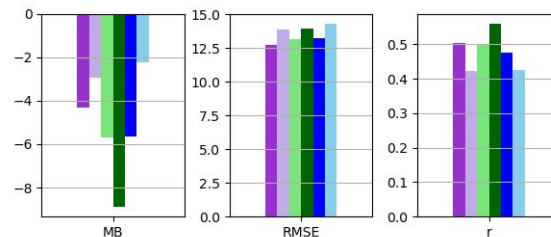
Atmosphere
Monitoring

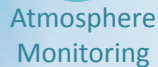
Test case settembre 2023: PM10

PM10: background



PM10: background stations





NO2: background

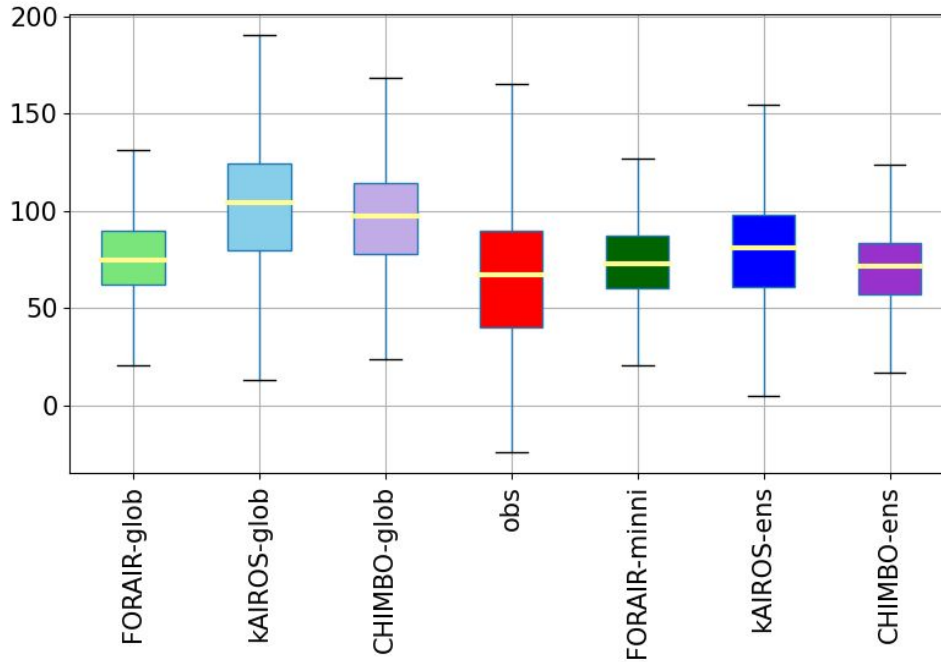


- CHIMBO-ens
- CHIMBO-glob
- FORAIR-glob
- FORAIR-minni
- kAIROS-ens
- kAIROS-glob

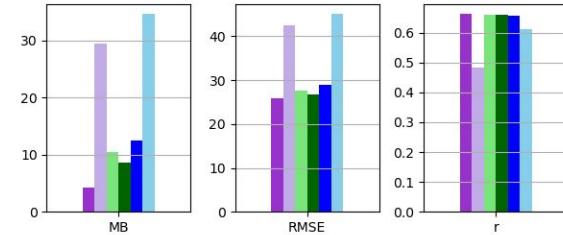


Test case settembre 2023: O3

O3: background



O3: background stations



model

- CHIMBO-ens
- CHIMBO-glob
- FORAIR-glob
- FORAIR-minni
- kAIROS-ens
- kAIROS-glob



Atmosphere
Monitoring

recapiti

CNR

Tony Landi

tonychristian.landi@cnr.it

ENEA

Massimo D'Isidoro

massimo.disidoro@enea.it

Arpae

Michele Stortini

responsabile Unità
previsioni numeriche
qualità dell'aria

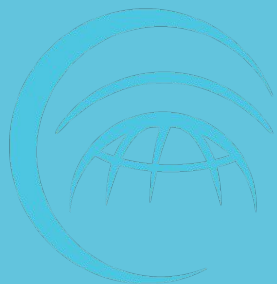
mstortini@arpae.it

Lidia Bressan

lbressan@arpae.it



NATIONAL COLLABORATION PROGRAMME
ITALIAN INITIATIVE



Atmosphere Monitoring

Grazie per l'attenzione

Lidia Bressan: lbressan@arpae.it

con il contributo di Arpae, CNR, ENEA



PROGRAMME OF
THE EUROPEAN UNION



IMPLEMENTED BY

