



## IL MODELLO MINNI PER LE POLITICHE DI QUALITÀ DELL'ARIA A SUPPORTO DI GOVERNO E REGIONI

**M**odello **I**ntegrato **N**azionale a supporto della **N**egoziatura **I**nternazionale sui temi dell'inquinamento atmosferico



<http://www.minni.org/>

**Gino Briganti**  
**Andrea Cappelletti**  
ENEA – Laboratorio Qualità dell'Aria  
Ufficio Territoriale di Pisa

**Seminario c/o LaMMA**

**15 maggio 2013**



# CHI SIAMO 1



## LABORATORIO QUALITA' DELL' ARIA AIR

Unità Tecnica Modelli, Metodi e Tecnologie per le Valutazioni Ambientali UTVALAMB  
ENEA di Bologna

è composto da più di 20 ricercatori che lavorano con approccio interdisciplinare nelle attività di ricerca, promozione e trasferimento tecnologico mirate a migliorare la comprensione dei processi atmosferici e della qualità dell'aria, includendo le interazioni con i cambiamenti climatici in atto, nonché a supportare la formulazione delle politiche a scala internazionale, nazionale e regionale.



# CHI SIAMO 2



**Gabriele Zanini**  
**responsabile UTVALAMB**

**Luisella Ciancarella**  
**responsabile UTVALAMB\_AIR**

**Mario Adani, Massimo Berico, Gino Briganti \*, Andrea Cappelletti \*, Egildo Cavazzini,  
Giuseppe Cremona, Massimo D'Isidoro, Antonella Malaguti , Teresa La Torretta,  
Mihaela Mircea, Roberto Nuzzi, Antonio Piersanti, Gaia Righini, Lina Vitali**

**Felicita Russo, Milena Stracquadanio**  
**TD**

**Alessandra Ciucci, Ettore Petralia, Chiara Telloli**  
**Assegni di ricerca**

## **COLLABORAZIONI STABILI PER IL MODELLO MINNI**

**Ilaria D'Elia, Tiziano Pignatelli, Giovanni Vialetto**  
**ENEA, Casaccia (Roma)**

**Giovanni Bracco**  
**FIM, ENEA, Frascati (Roma)**

**\* sede ENEA Pisa**

## ATTIVITA' PRINCIPALI UTVALAMB\_AIR

- **Ricerca sui processi atmosferici, meteorologia applicata, modellistica numerica per l'inquinamento atmosferico a partire da scenari emissivi (naturali ed antropici) attuali e futuri**
- **Attività sperimentali per la caratterizzazione chimica e fisica degli aerosol anche a supporto del miglioramento e della validazione delle performance dei modelli di qualità dell'aria**
- **Identificazione ed analisi dei rischi ambientali connessi all'inquinamento atmosferico ed individuazione delle strategie di mitigazione e delle specifiche politiche per una sostenibilità ambientale a lungo termine**
- **Valutazione degli effetti della qualità dell'aria sulla salute della popolazione, sulla vegetazione e sul patrimonio artistico-monumentale**
- **Sviluppo di Geodatabases ed analisi mirate in logica GIS Geographic Information Systems**

## Modello Integrato Nazionale a supporto della Negoziazione Internazionale sui temi dell'inquinamento atmosferico

Responsabile del progetto: Gabriele Zanini



- Progetto ENEA finanziato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.
- Sviluppato da ENEA in collaborazione con Arianet ISPRA e IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis )

<http://www.minni.org/>

**Il 21 settembre 2005 la Commissione Europea ha adottato la "Strategia tematica sull'inquinamento atmosferico", definita nella Comunicazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento europeo COM(2005)446.**

La strategia definisce obiettivi in materia di salute, di ambiente e di riduzione delle emissioni da realizzare in Europa, entro il 2020, tramite:

- l'aggiornamento/semplicificazione/attuazione (anche tramite sanzioni) della legislazione in vigore per gli inquinanti:
  - ✓ pericolosi per la salute (O<sub>3</sub> e PM);
  - ✓ dannosi per gli ecosistemi (N nutriente, sostanze acide, O<sub>3</sub>);
- il coinvolgimento di settori e politiche che possano incidere sull'inquinamento atmosferico, tramite la riduzione di emissioni di precursori: NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, COV, PM

**AGGIORNAMENTO DELLA LEGISLAZIONE: DIRETTIVA 2008/50/CE** DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 21 maggio 2008, **relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa**, recepita con **DECRETO LEGISLATIVO n. 155 del 13 agosto 2010**.

La **strategia tematica** è delineata anche sulla base di risultati del modello euleriano unificato a scala continentale (Simpson et al., 2003) del programma EMEP (UNECE European Monitoring and Evaluation Programme for Transboundary Long-Range Transported Air Pollutants) – <http://www.emep.int>

Il modello EMEP (Simpson et al., 2003) è poco adatto a descrivere le peculiarità della circolazione meteorologica e della dinamica della dispersione a scala locale/nazionale complessità orografica e morfologica del territorio italiano a causa della bassa risoluzione (50 km).

Per questo motivo, nel 2002, il MATT (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Direzione Generale per la Salvaguardia Ambientale) ha deciso di dotarsi di un proprio modello nazionale, in grado di **fornire un supporto alle decisioni nell'elaborazione e nella valutazione delle politiche di qualità dell'aria, a livello locale, nazionale ed internazionale e di dettagliare a scala nazionale gli studi quantitativi su cui è basata l'elaborazione della strategia tematica europea.**

**MATT dà incarico ad ENEA: nasce il Progetto MINNI**

- I **MODELLI** sono metodi di valutazione alternativi ufficialmente riconosciuti, utili per:
- ottenere campi di concentrazione anche nelle aree all'interno delle zone ove non esistano stazioni di misurazione o estendere la **rappresentatività spaziale** delle misure stesse;
  - comprendere le relazioni tra emissioni e immissioni, discriminare i contributi delle diverse sorgenti alle concentrazioni in una determinata area (**source apportionment**), e **determinare i contributi transfrontalieri e quelli derivanti da fenomeni di trasporto su larga scala** (per esempio, le polveri sahariane);
  - **integrare e combinare le misurazioni** effettuate tramite le stazioni di misurazione in siti fissi, in modo tale da ridurre il numero, nel rispetto dei criteri individuati nel presente decreto;
  - valutare la qualità dell'aria nelle zone **in cui non sono presenti stazioni** di misurazione;
  - **prevedere la qualità dell'aria** sulla base di scenari ipotetici di emissione o in funzione di variazioni delle condizioni meteorologiche;
  - valutare **l'efficacia delle misure di contenimento** delle emissioni in atmosfera.



Lo **Stato**, le **Regioni** e le **Province** autonome elaborano i rispettivi **inventari delle emissioni**.

L'ISPRA provvede, ogni cinque anni, e per la prima volta entro il 2012 con riferimento all'anno 2010, a scalare su base provinciale l'inventario nazionale al fine di consentire l'armonizzazione con gli inventari delle regioni e delle province autonome.

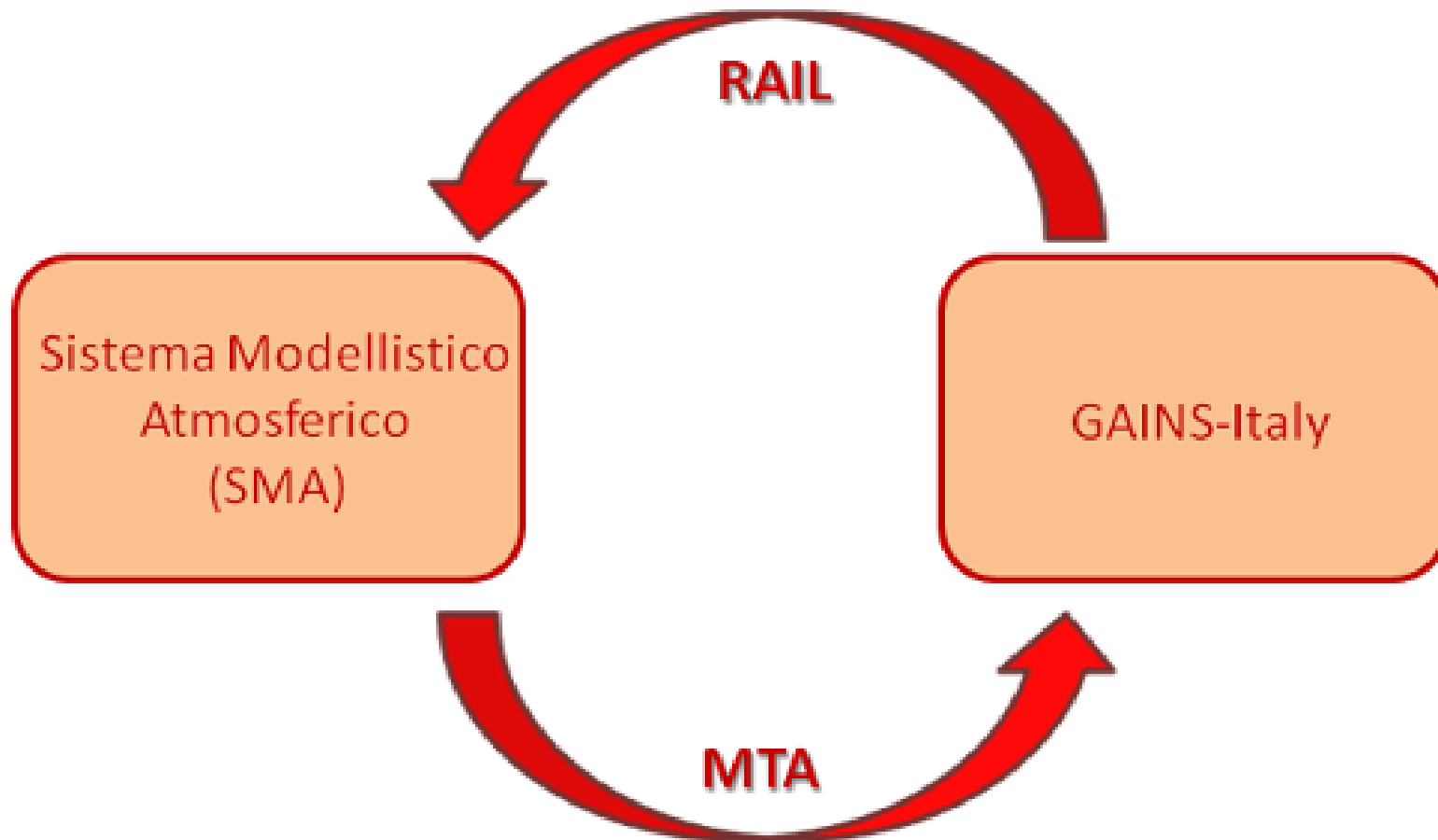
L'ENEA, in collaborazione con l'ISPRA, provvede a scalare ulteriormente, in coerenza con la risoluzione spaziale del modello nazionale, l'inventario nazionale scalato su base provinciale entro sei mesi dall'elaborazione di quest'ultimo, al fine di ottenere gli elementi di base per le simulazioni modellistiche di cui al comma 5 (*lo Stato, le regioni e le province autonome selezionano le rispettive tecniche di modellizzazione*) e consentire il confronto previsto da tale comma e le valutazioni necessarie all'esercizio dei poteri sostitutivi di cui al comma 1 (*provvedimenti di zonizzazione e di classificazione, la rete di misura, i piani e le misure di qualità dell'aria*).

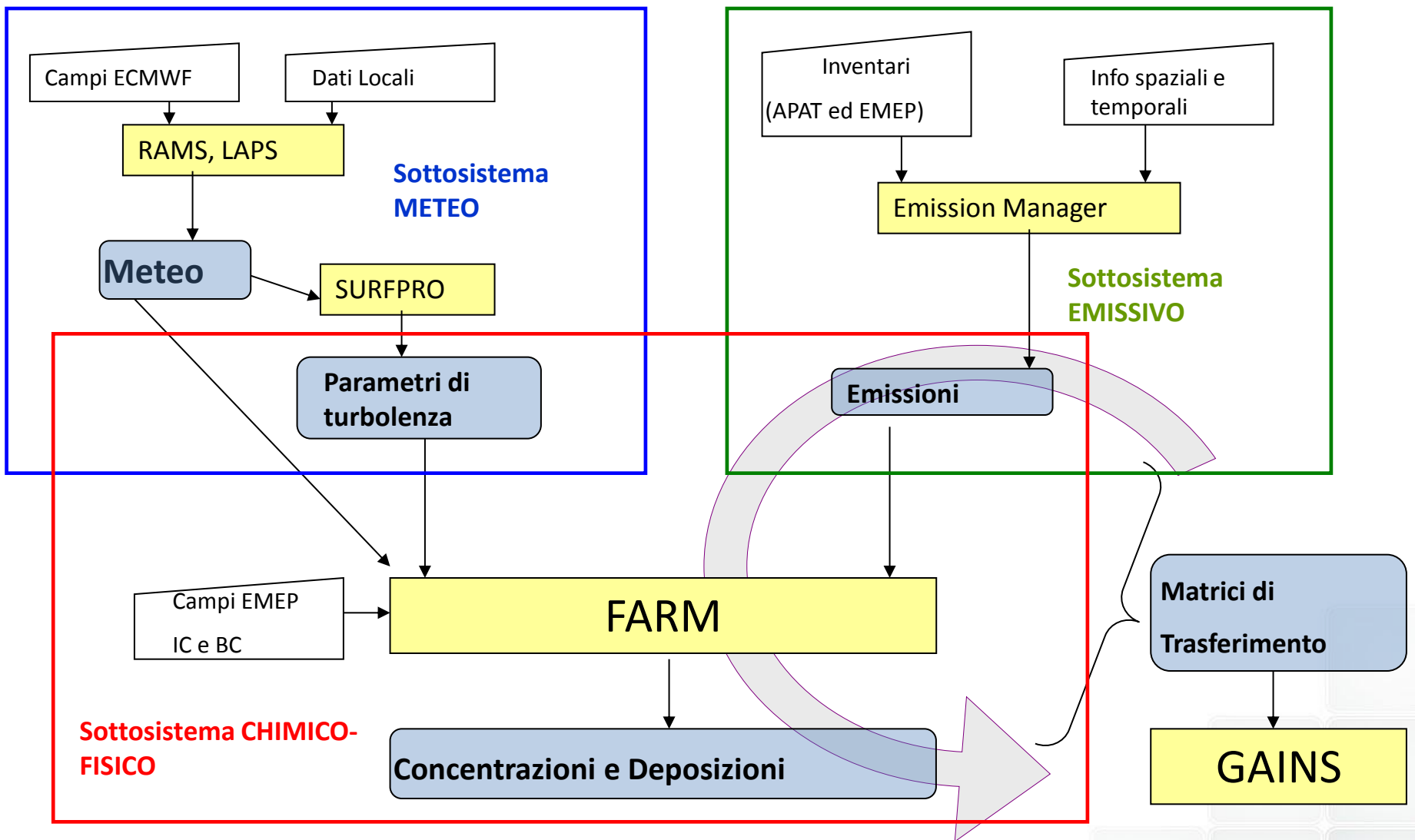
**I risultati di tali elaborazioni sono resi disponibili alle Regioni e alle Province autonome** per le valutazioni di cui al comma 1 e di cui agli articoli 5 (*Valutazione della qualità dell'aria ambiente*) e 8 (*Valutazione della qualità dell'aria ambiente e stazioni di misurazione in siti fissi di campionamento in relazione all'ozono*).

Lo **Stato**, le **Regioni** e le **Province** autonome selezionano le **rispettive tecniche di modellizzazione**, da utilizzare per la valutazione e la gestione della qualità dell'aria ambiente, sulla base delle caratteristiche e dei criteri individuati dall'appendice III.

L'ENEA elabora ogni cinque anni, e per la prima volta entro il mese di giugno 2014 con riferimento all'anno 2010, simulazioni modellistiche della qualità dell'aria **su base nazionale**, utilizzando l'inventario delle emissioni nazionale opportunamente scalato. **I risultati di tali elaborazioni sono resi disponibili alle Regioni e alle Province autonome per le valutazioni di cui al comma 1** (*provvedimenti di zonizzazione e di classificazione, rete di misura, piani e misure di qualità dell'aria*) **e di cui agli articoli 5** (*valutazione della qualità dell'aria ambiente*) **e 8** (*valutazione della qualità dell'aria ambiente e stazioni di misurazione in siti fissi di campionamento in relazione all'ozono*).

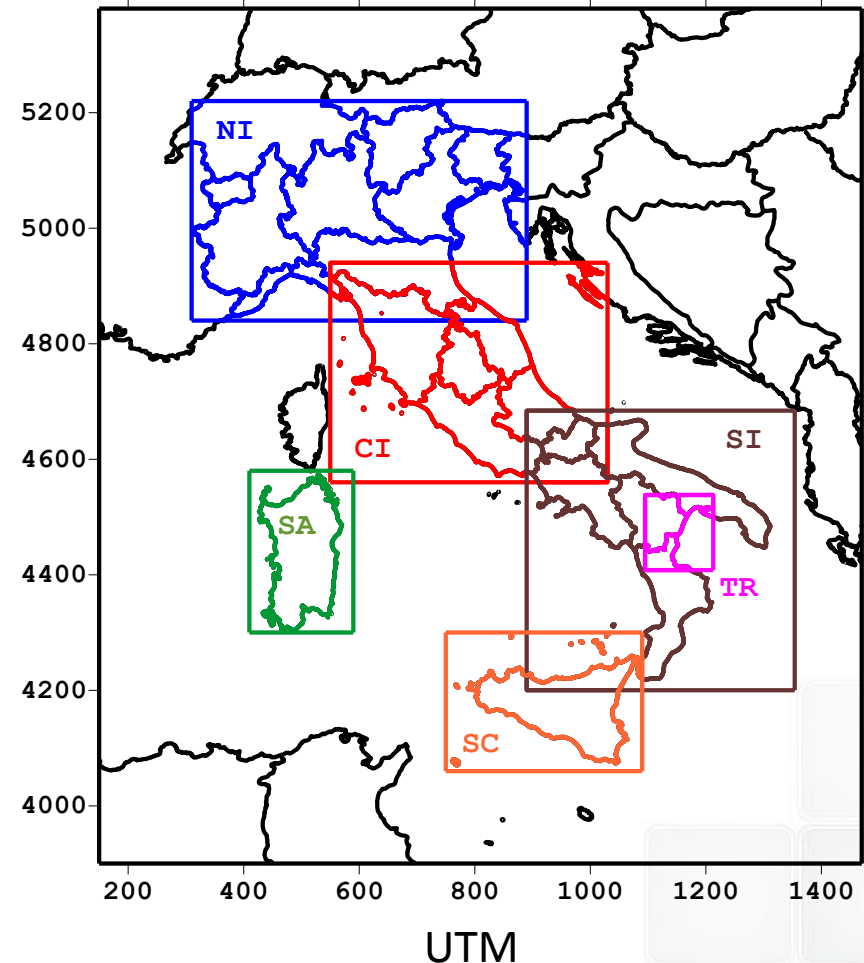
L'ENEA elabora inoltre, su richiesta del Ministero dell'Ambiente, **proiezioni su base modellistica della qualità dell'aria** in relazione a specifiche circostanze quali, ad esempio, procedure comunitarie, azioni previste all'articolo 16 (*inquinamento transfrontaliero*) e situazioni di inadempimento previste al comma 1 (*mancato adeguamento nell'elaborazione dei provvedimenti di zonizzazione e classificazione*). L'ENEA partecipa regolarmente agli esercizi di intercomparazione fra modelli avviati nell'ambito dei programmi comunitari riferiti alla valutazione della qualità dell'aria.





## Dimensioni dei reticoli di calcolo usati

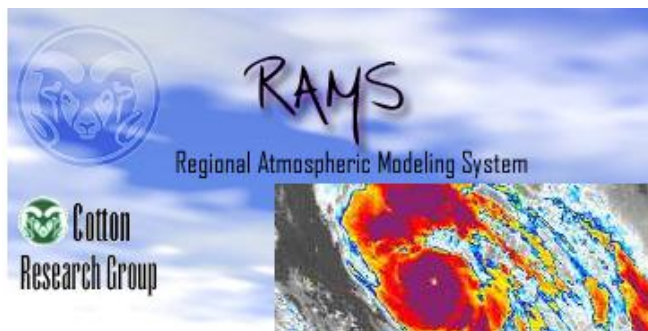
	risol.	nx	ny	nz	tot
IT	20 km	67	75	16	80400
NI	4 km	146	96	16	224256
CI	4 km	121	96	16	185856
SI	4 km	116	121	16	224576
SC	4 km	86	61	16	83936
SA	4 km	46	71	16	52256
TR	1 km	119	131	16	249424



## Livelli verticali [m]:

20, 75, 150, 250, 380, 560, 800,  
1130, 1570, 2160, 2970, 4050,  
5500, 7000, 8500, 10000

DOMINIO NAZIONALE A **20 km x 20 km** DI RISOLUZIONE

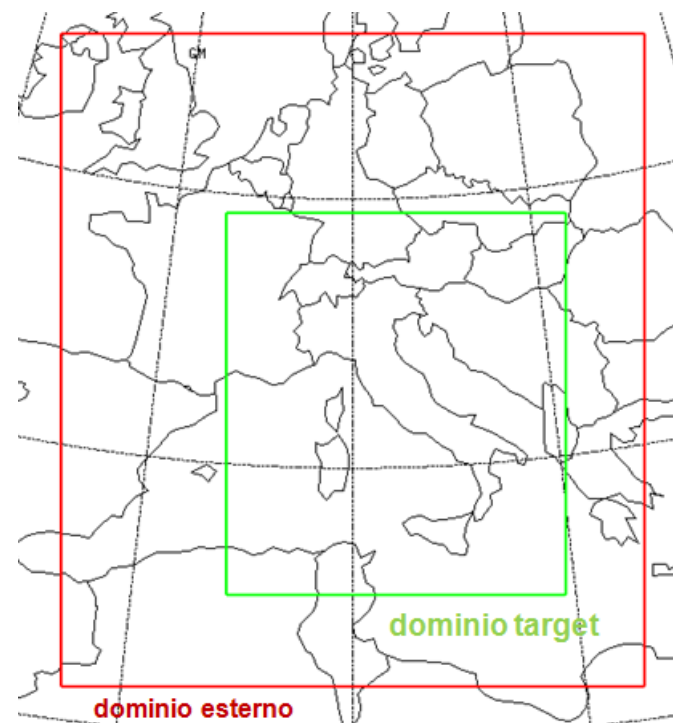


**RAMS** (Colorado State University)  
Regional Atmospheric Modeling System  
Modello **Prognostico** non idrostatico

Le **condizioni iniziali** e al **contorno** sono state ottenute a partire dai campi di analisi meteorologica dell'*ECMWF* (European Centre For Medium-Range Weather Forecast).

Le simulazioni sono state effettuate in modalità di **nudging**. Si sono utilizzate a tal fine le osservazioni della rete *WMO* (World Meteorological Organization) di tipo *SYNOP* e *METAR* disponibili attraverso gli archivi *ECMWF*.

Le simulazioni sono state **re-inizializzate** ogni sette-dieci giorni in modo da rimuovere eventuali derive dei campi calcolati rispetto alle analisi di grande scala e alle osservazioni locali.



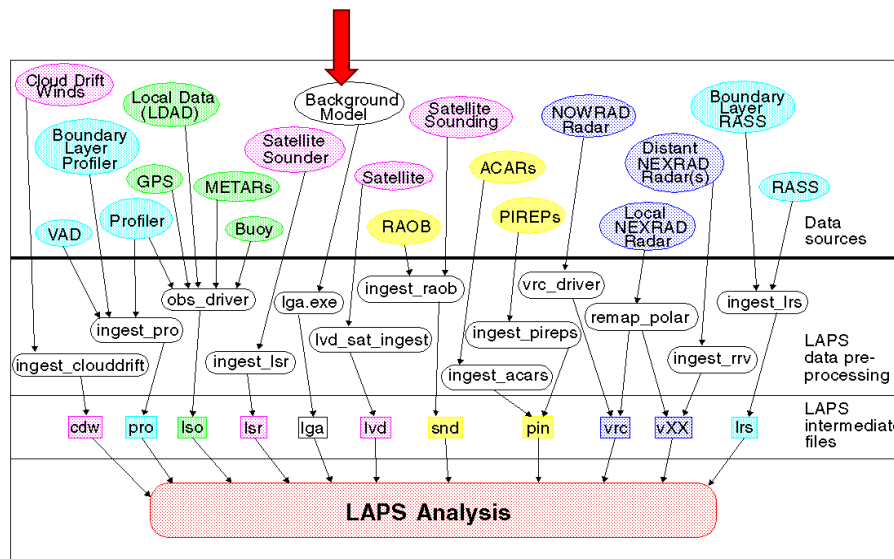
DOMINIO NAZIONALE A 4 km x 4 km DI RISOLUZIONE

ANNI 1999 E 2005

LAPS (Local Analysis and Prediction System)

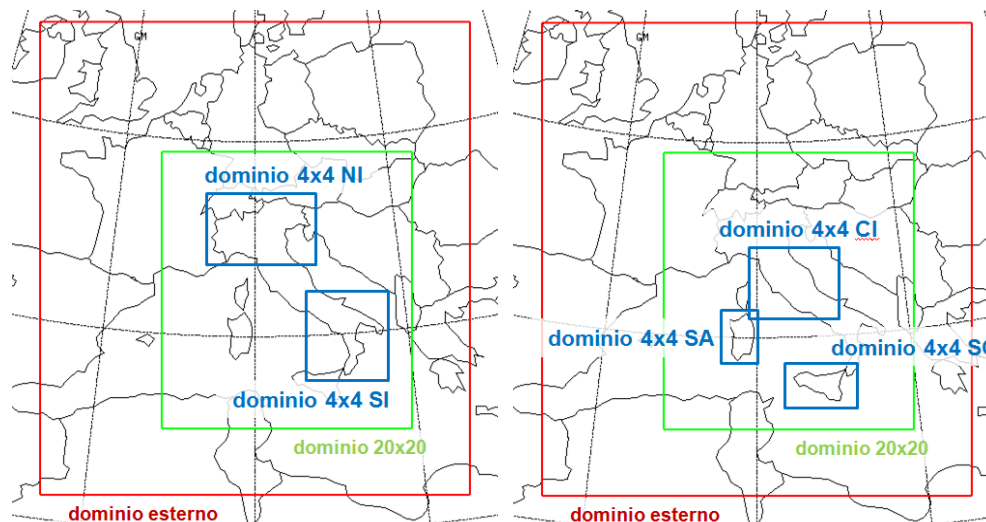


Modello *Diagnostico*



ANNI 2003 E 2007

RAMS



## CALCOLO DELLE VARIABILI MICRO METEOROLOGICHE



ARIANET Srl  
Via Gilino n. 9  
20128 Milano, ITALY  
www.aria-net.it

### SURFPRO

SURface-atmosphere interFace PROcessor

#### Scopo

- Pre-processore meteorologico di tipo diagnostico in terreno complesso:
- ✓ alimentazione di modelli di qualità dell'aria 2D e 3D
  - ✓ caratterizzazione meteo-climatica di siti

#### Scala spaziale

Dalla scala locale (fino a 50 km) a quella regionale (100-1000 km)

#### Dati di input

- Topografici: orografia e uso del suolo (classificazione flessibile)
- Meteo: vento, temperatura, copertura nuvolosa, umidità, precipitazione, pressione, radiazione totale e netta; come valori scalari / serie temporali / sequenze di campi 2D-3D

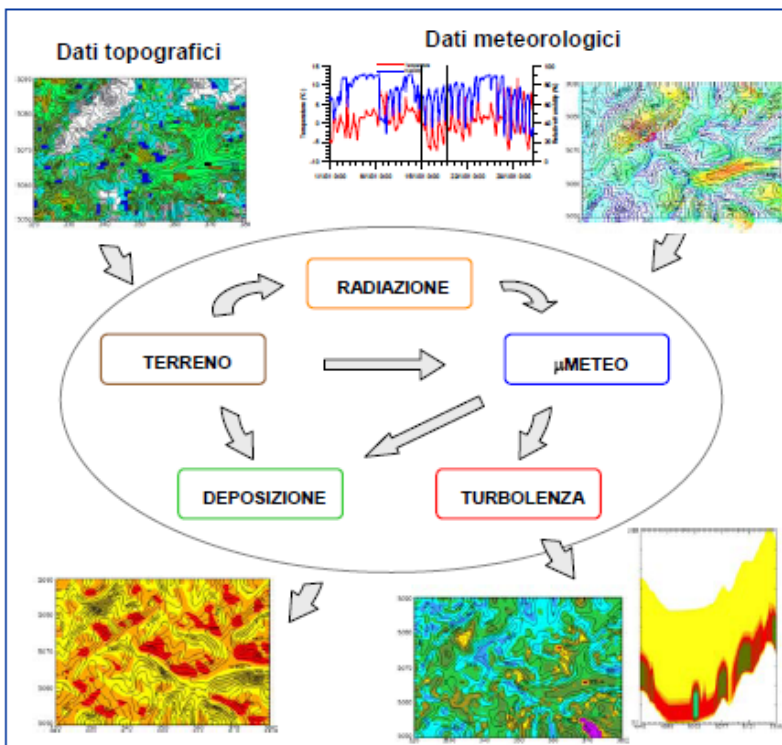
#### Fonti dati

- Topografia: database locali e a grande scala, pre-processori RELIEF, COSIMO
- Meteo: dati di stazione, output di modelli meteorologici diagnostici (MINERVE) o prognostici (RAMS, MM5, ARPS)

#### Output

Sequenze di campi 2D-3D:

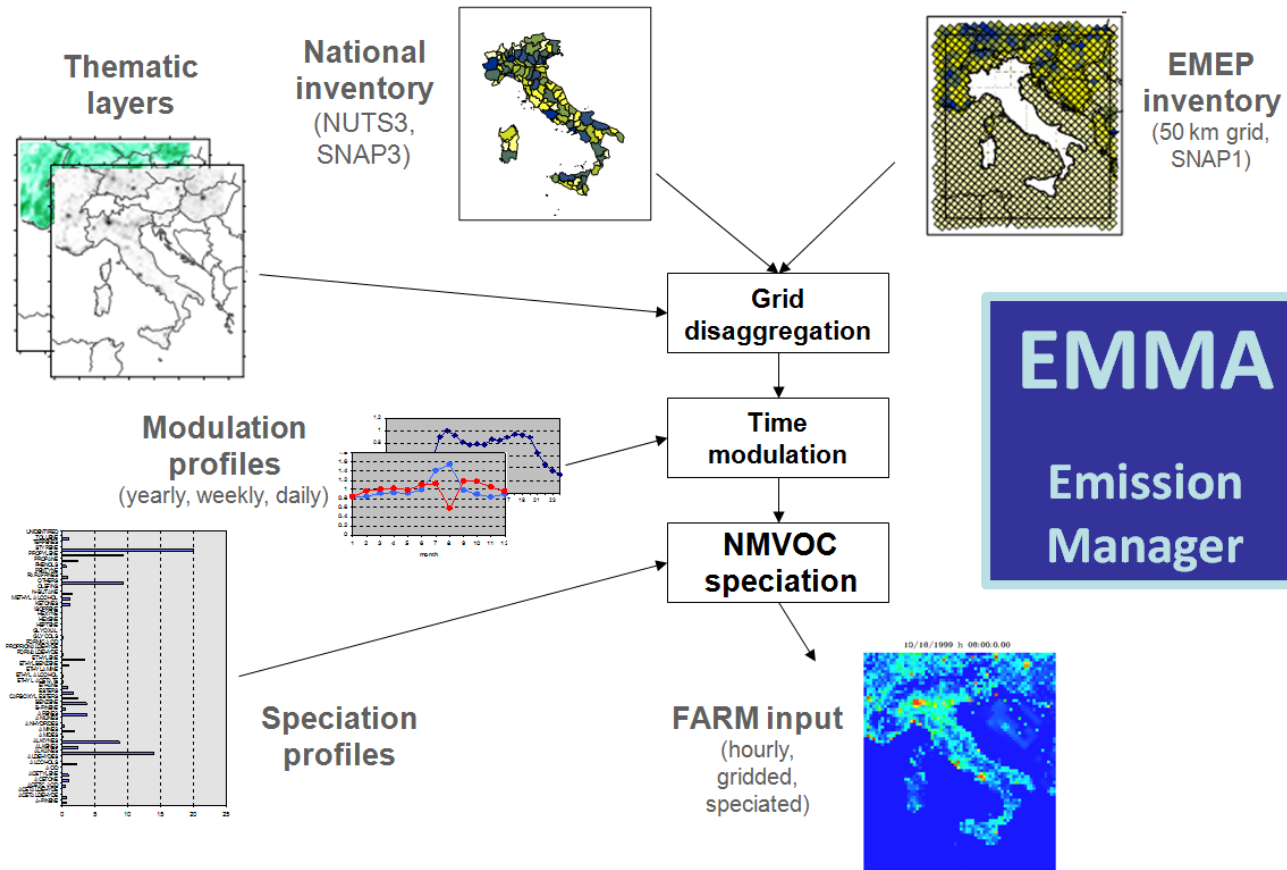
- parametri geofisici ( $z_0$ , albedo, rapporto di Bowen, ...)
- flussi superficiali (flusso di calore dal terreno, radiazione totale e netta in presenza o meno di ombre, ...)
- parametri di scala del PBL ( $u^*$ ,  $L$ ,  $w^*$ ,  $h_{mix}$ , classe di stabilità...)
- diffusività turbolente orizzontali e verticali
- velocità di deposizione per diverse specie chimiche



Codici di qualità dell'aria interfacciabili  
SPRAY, FARM, ARIA Impact



# IL SOTTO-SISTEMA EMISSIVO



## Schemi specifici per varie sorgenti naturali:

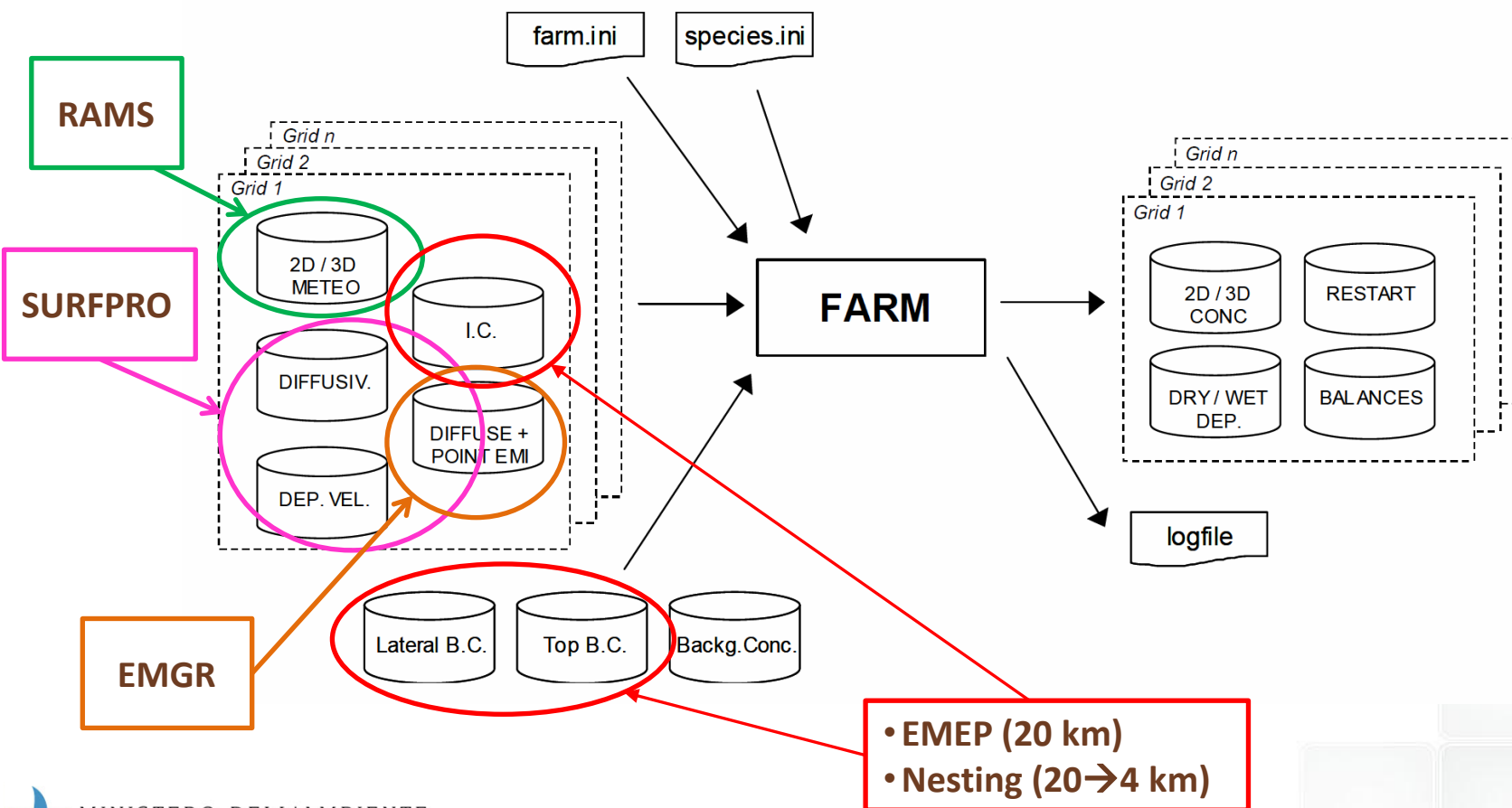
- erosione e risospensione eolica
- aerosol marino
- incendi boschivi

NUTS = Nomenclatura delle unità territoriali statistiche (2=regioni, 3=province)

SNAP = Selected Nomenclature for Air Pollution

## FARM Flexible Atmospheric Regional Model

Sviluppato da **ARIANET S.r.l.** e derivato da **STEM** (G.R. Carmichael – Univ. Iowa)



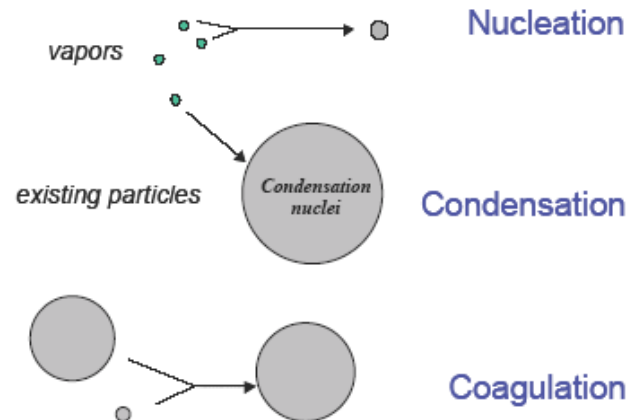
## Principali caratteristiche di FARM

- ✓ modello di trasporto euleriano 3D agli elementi finiti con chiusura della turbolenza di tipo K;
- ✓ trattamento delle emissioni areali e puntuali, con calcolo del plume rise e relativa assegnazione alle celle verticali;
- ✓ calcolo della deposizione secca in funzione della meteorologia e dell'uso del suolo;
- ✓ calcolo della deposizione umida attraverso la stima dello "scavenging" in presenza di precipitazioni;
- ✓ possibilità di usare domini innestati on-line;
- ✓ calcolo della trasformazione chimica in fase gas delle specie con meccanismi chimici **SAPRC90**, **SAPRC99**, **POPs-Hg**;
- ✓ modulo per gli aerosol (**AERO0**, **AERO3**), interfacciato con il meccanismo chimico;
- ✓ modulo radiativo **TUV**.

## AERO3 (Binkowski, 1999)

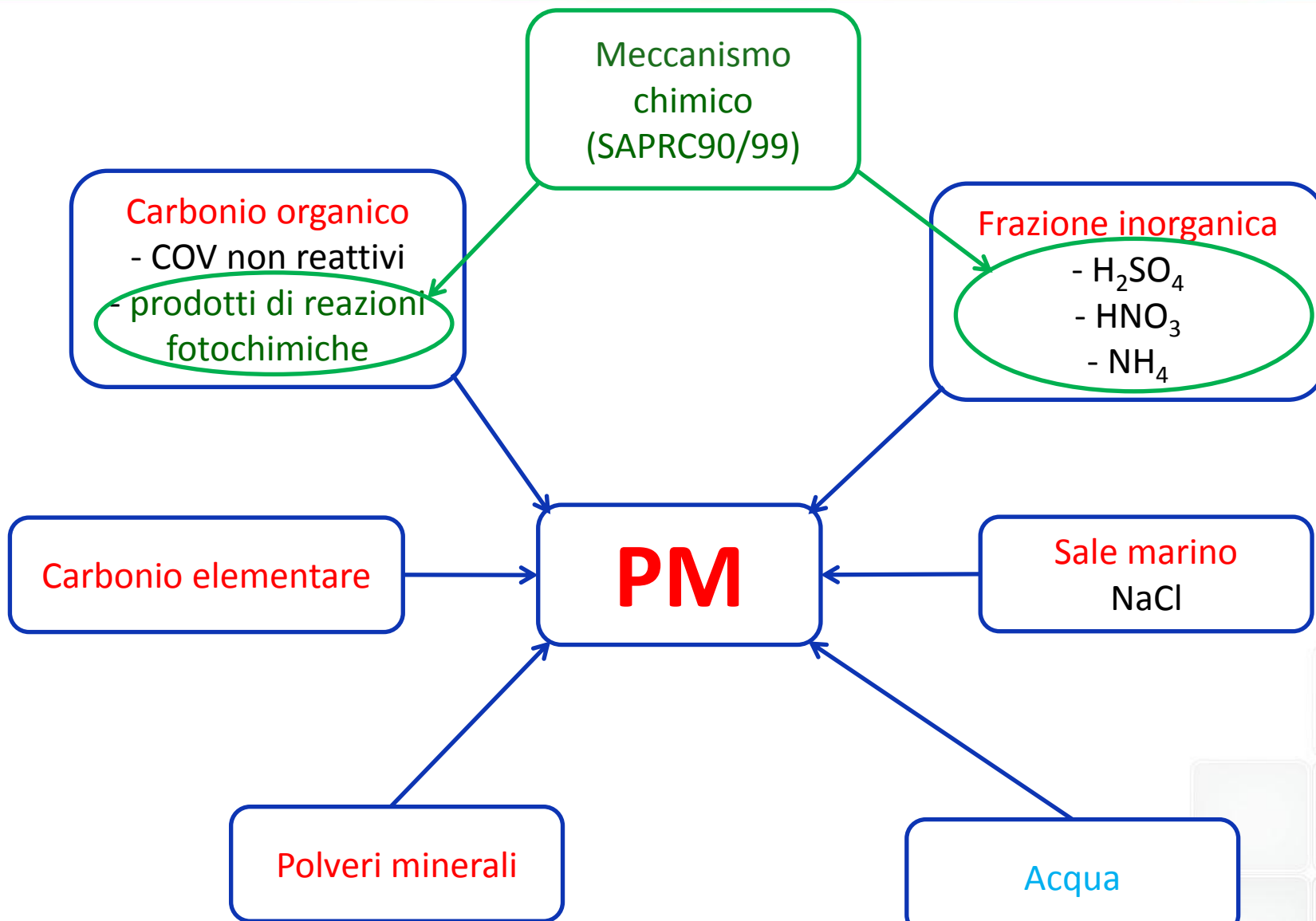
Sovrapposizione di n. 3 distribuzioni lognormali:

- Aitken mode ( $D < 0.1 \mu\text{m}$ ),
- accumulation mode ( $0.1 \mu\text{m} < D < 2.5 \mu\text{m}$ ),
- coarse mode ( $D > 2.5 \mu\text{m}$ ).



### AERO0

- Integrato nel modello euleriano unificato EMEP (2003);
- calcola le concentrazioni di aerosol secondario inorganico ( $\text{SO}_4$ ,  $\text{NO}_3$  e  $\text{NH}_4$ ) e primario (aerosol di origine antropica);
- usa 2 frazioni : fine + coarse.



## TUV (Madronich, 1989)

Il trasferimento radiativo gioca un ruolo importante nelle reazioni chimiche (banda UV), oltre che nei processi dinamici dell'atmosfera. **La corretta determinazione dei flussi attinici è fondamentale per migliorare le prestazioni del modello chimico.**

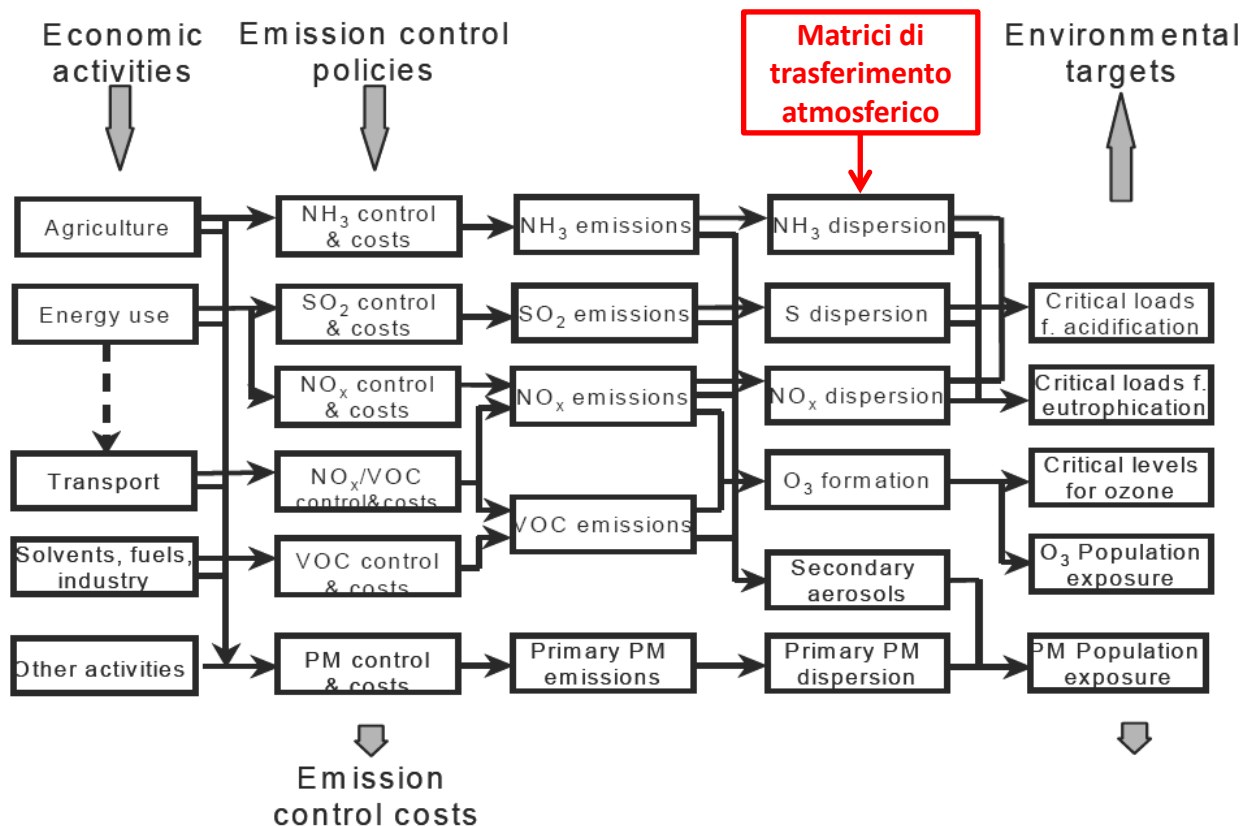
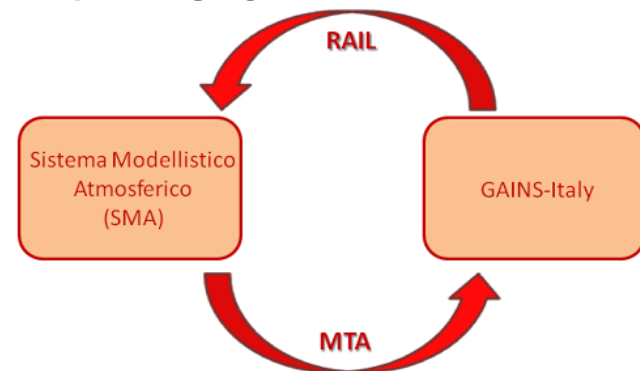
In FARM è stato pertanto inserito l'algoritmo TUV (Tropospheric Ultraviolet-Visible Model), che calcola la radianza spettrale, il flusso attinico spettrale ed i ratei di fotodissociazione per  $121 < \lambda < 750$  nm.

I coefficienti di fotodissociazione delle diverse specie chimiche sono calcolati in funzione di:

- ✓ albedo;
- ✓ quota;
- ✓ angolo solare zenitale;
- ✓ contenuto colonnare di ozono;
- ✓ copertura nuvolosa;
- ✓ spessore ottico dell'aerosol.

## GREENHOUSE GAS - AIR POLLUTION INTERACTIONS AND SYNERGIES

**GAINS-Italy** è un *sistema modellistico di valutazione integrata di impatto e costi di strategie di controllo delle emissioni*, basato sulla metodologia GAINS-Europe (IIASA, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg Austria), riconosciuta a livello internazionale.



GAINS è lo strumento con cui viene attuata la **“Strategia tematica sull'inquinamento atmosferico”** adottata dalla Commissione il 21 settembre 2005 - **COM(2005)446**.

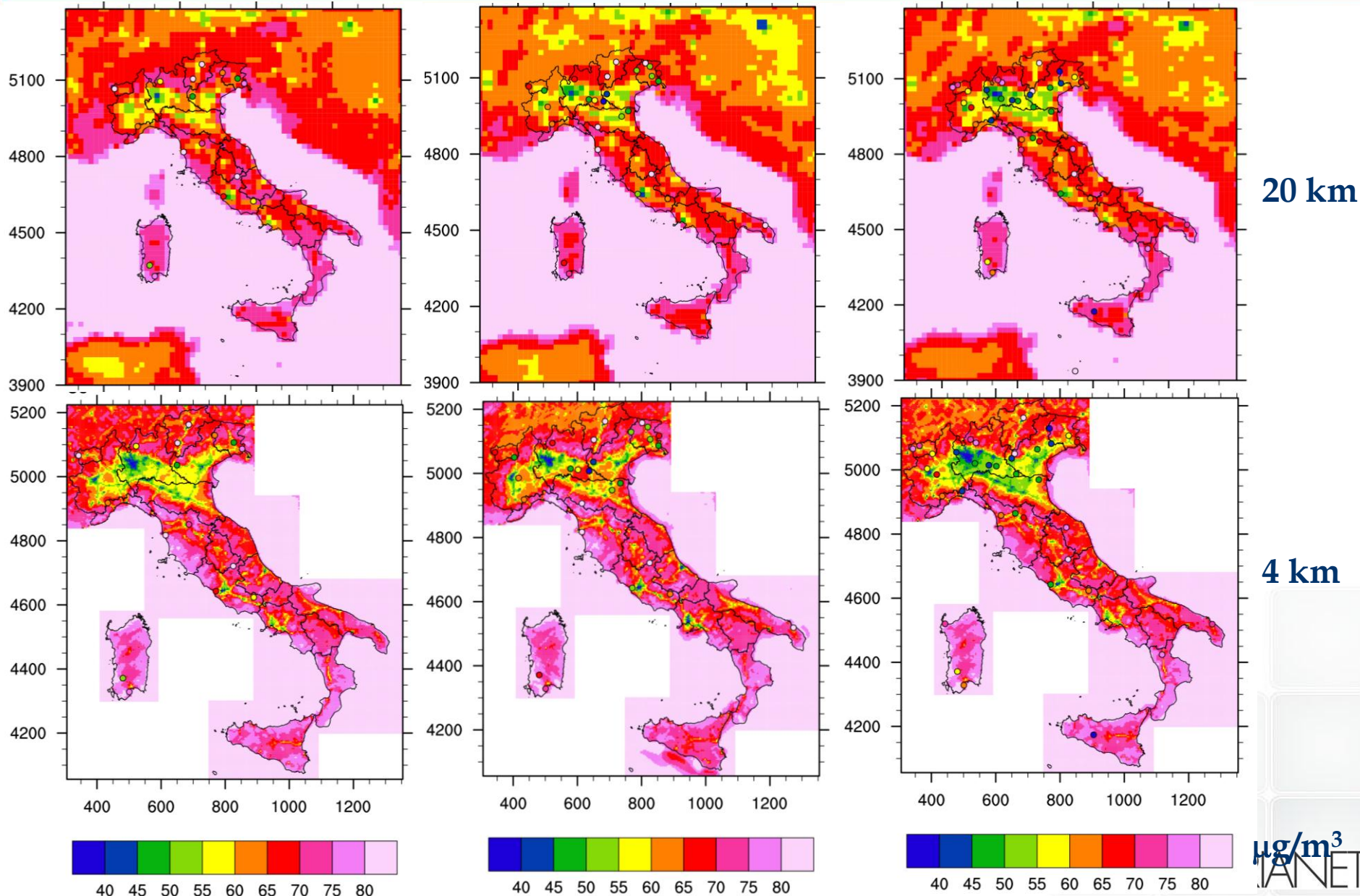
anno meteo	anno scenario	periodo di simulazione	scenario emissivo	versione farm	modello chimico	TUV	domini
1999	1999	annuale	ISPRA (nazionale) EMEP (estero) Guenther (biogeniche estero)	farm 2.9	SAPRC90	-	IT0, NI0, CI0, SI0, SC0, SA0
2003	2003	annuale	ISPRA (nazionale) EMEP (estero) Guenther (biogeniche estero)	farm 2.13	SAPRC90	-	IT0, NI0, CI0, SI0, SC0, SA0
2005	2005	annuale	ISPRA (nazionale) EMEP (estero) Guenther (biogeniche estero)	farm 2.13	SAPRC90	-	IT0, NI0, CI0, SI0, SC0, SA0
2007	2007	annuale	ISPRA (nazionale) EMEP (estero) Guenther (biogeniche estero)	farm 2.13	SAPRC90	-	IT0, NI0, CI0, SI0, SC0, SA0
2005	2005	annuale	GAINS senza pacchetto climatico	farm 2.13	SAPRC90	-	IT2, NI2, CI2, SI2, SC2, SA2
2005	2010	annuale	GAINS senza pacchetto climatico	farm 2.13	SAPRC90	-	IT2, NI2, CI2, SI2, SC2, SA2
2005	2015	annuale	GAINS senza pacchetto climatico	farm 2.13	SAPRC90	-	IT2, NI2, CI2, SI2, SC2, SA2
2005	2020	annuale	GAINS senza pacchetto climatico	farm 2.13	SAPRC90	-	IT2, NI2, CI2, SI2, SC2, SA2
2010	2010	maggio-giugno	ISPRA (nazionale) EMEP (estero) Guenther (biogeniche estero)	farm 2.13	SAPRC90	-	IT3, SI3, TR3
2010	2010	maggio-giugno	ISPRA (nazionale) EMEP (estero) Guenther (biogeniche estero)	farm 3.1	SAPRC99	-	IT3, SI3, TR3
2010	2010	maggio-giugno	ISPRA (nazionale, no SNAP 11) MEGAN (biogeniche nazionali) EMEP (estero, no SNAP 11) MEGAN (biogeniche estero)	farm 3.1	SAPRC99	-	IT3, SI3, TR3
2010	2010	maggio-giugno	ISPRA (nazionale) EMEP (estero) Guenther (biogeniche estero)	farm 3.1	SAPRC99	X	IT3, SI3, TR3



2003

2005

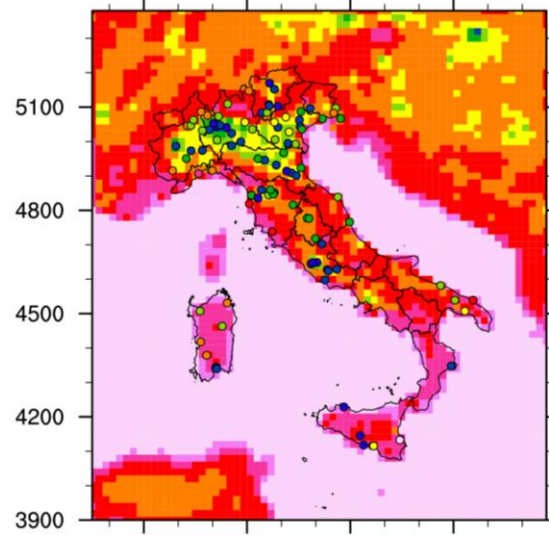
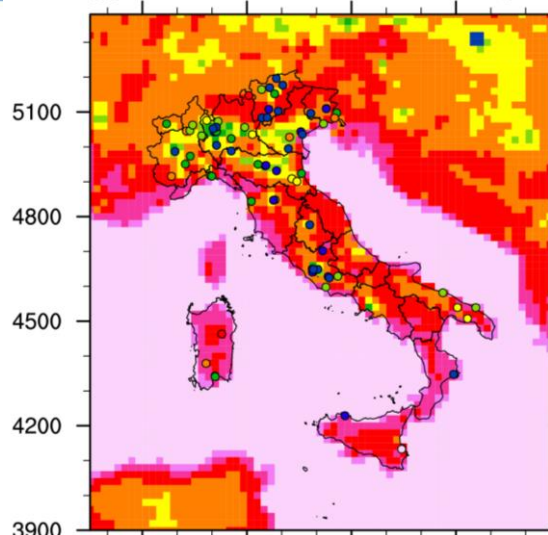
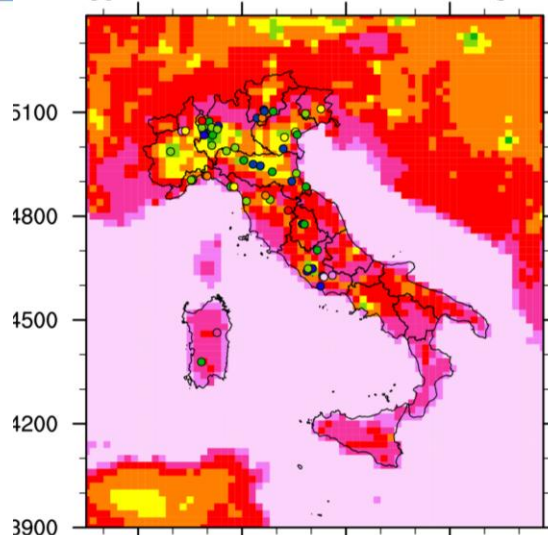
2007



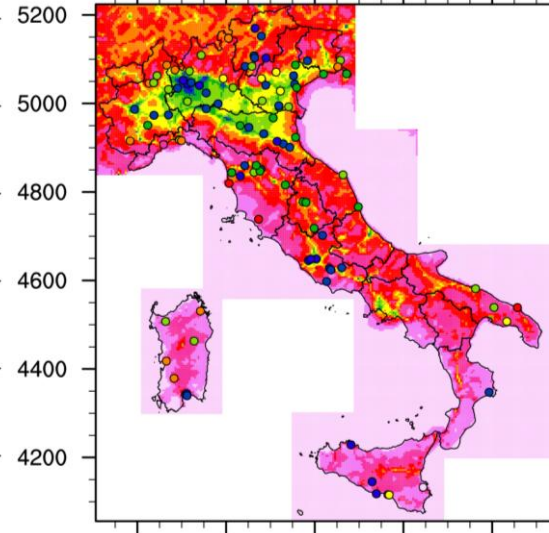
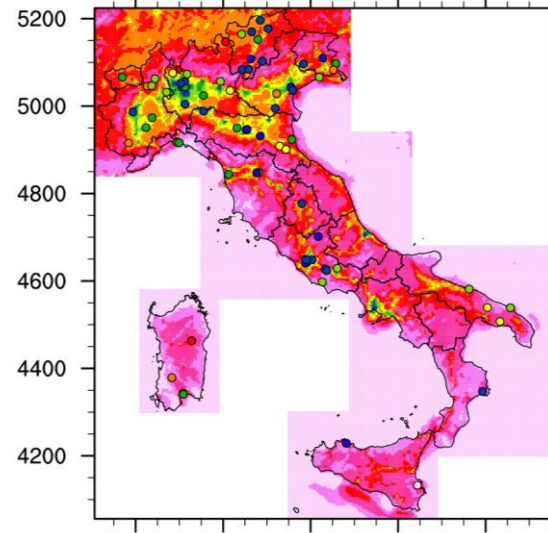
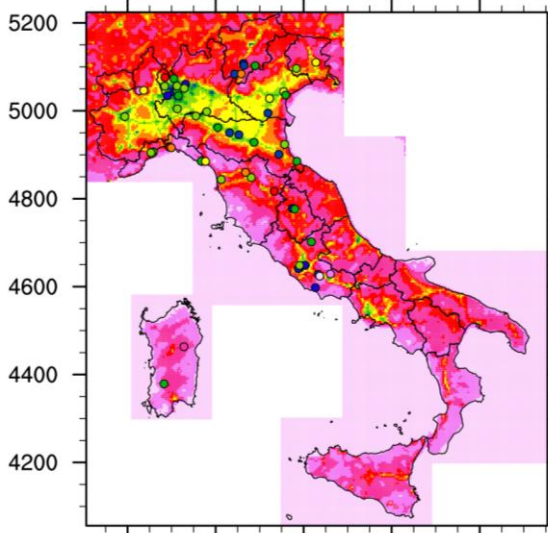
2003

2005

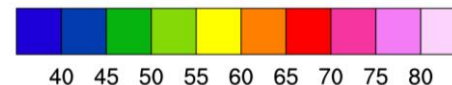
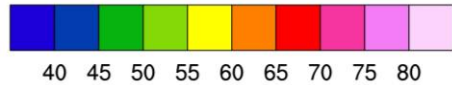
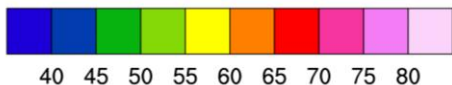
2007



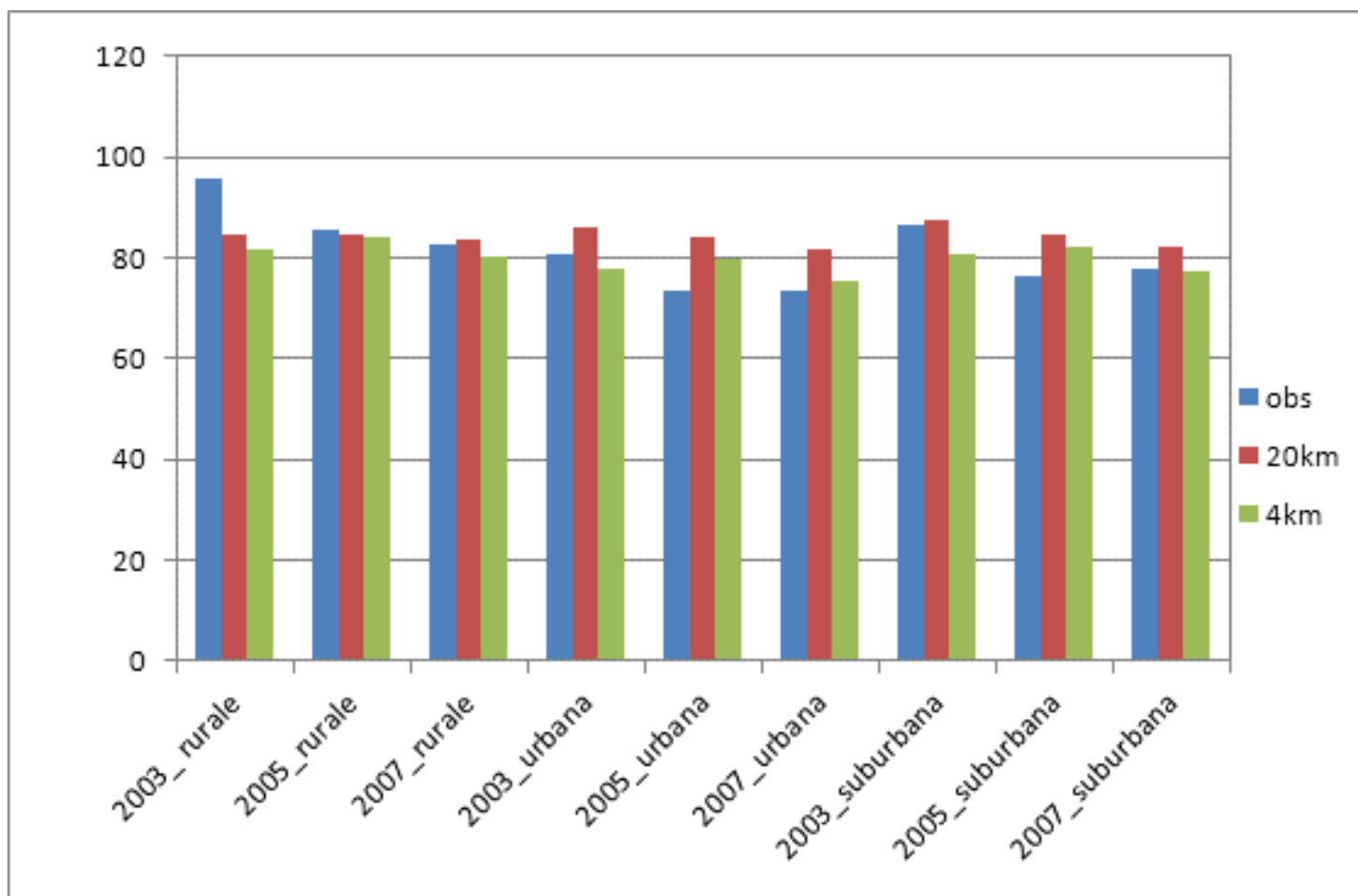
20 km



4 km



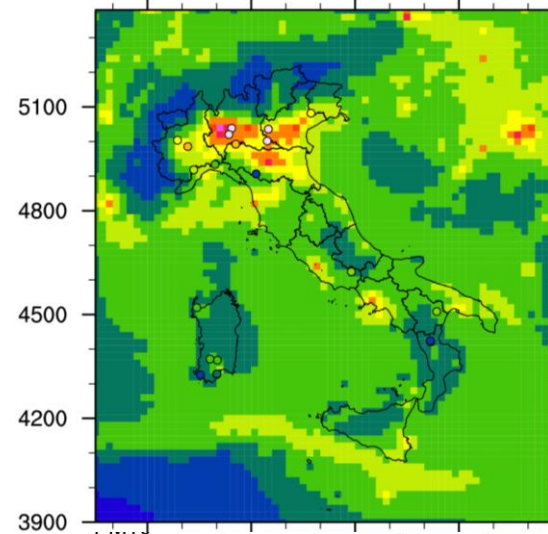
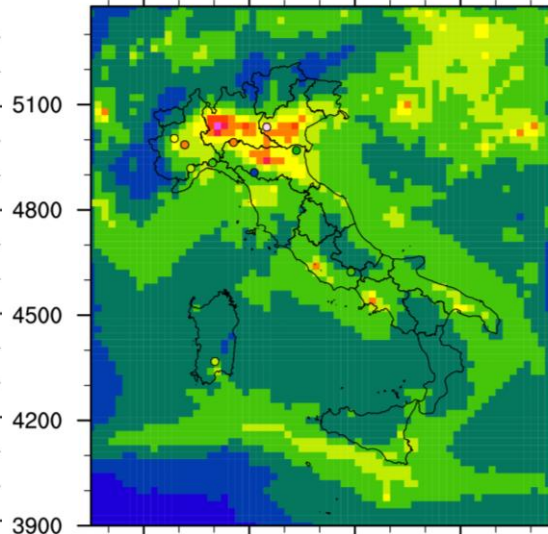
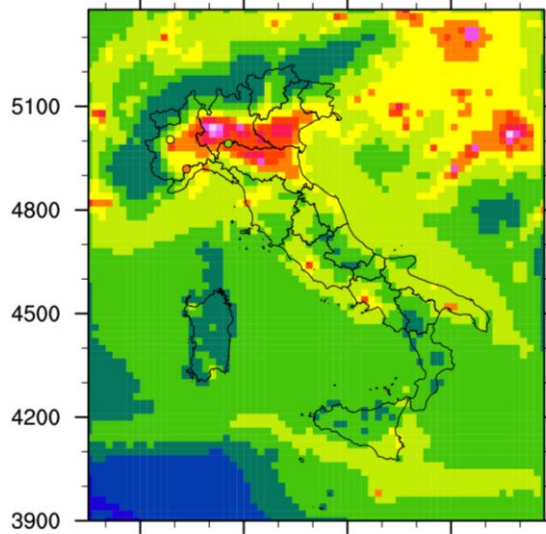
Media annuale del valore medio massimo giornaliero su 8 ore sulla base delle medie consecutive di 8 ore.



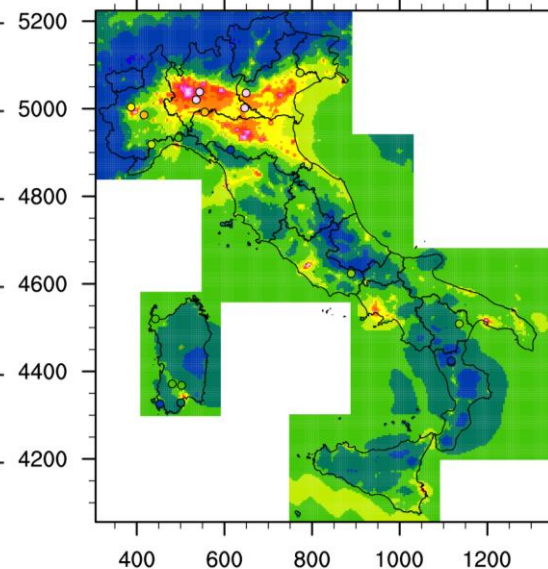
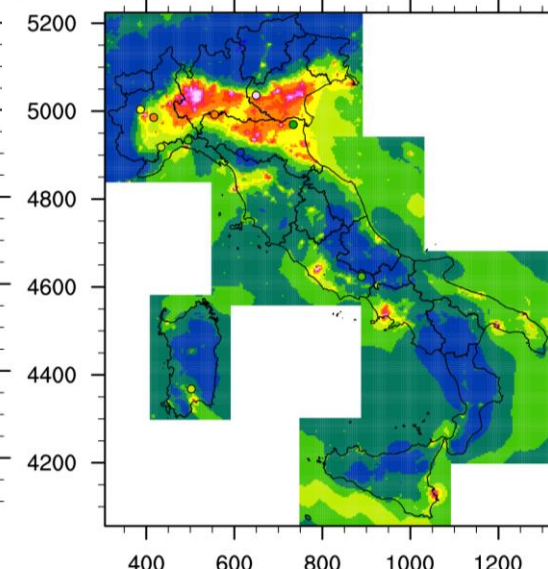
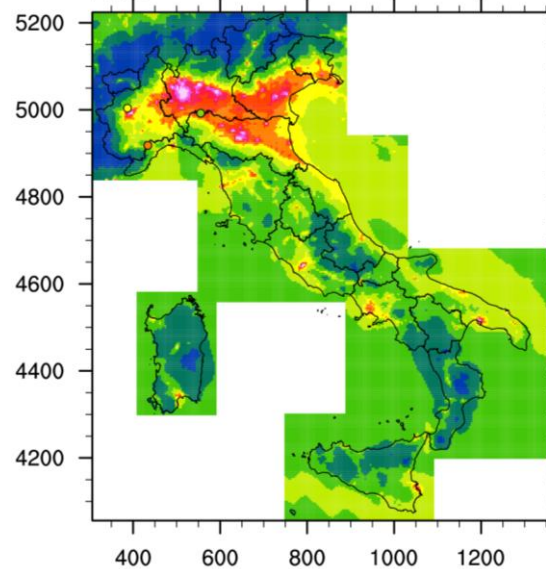
2003

2005

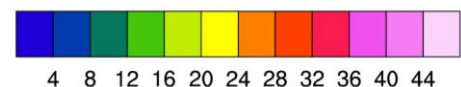
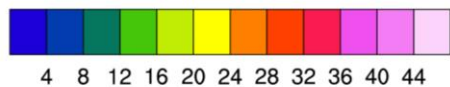
2007



20 km



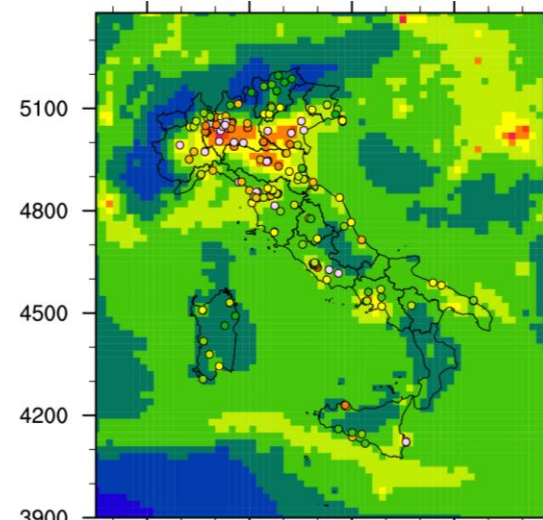
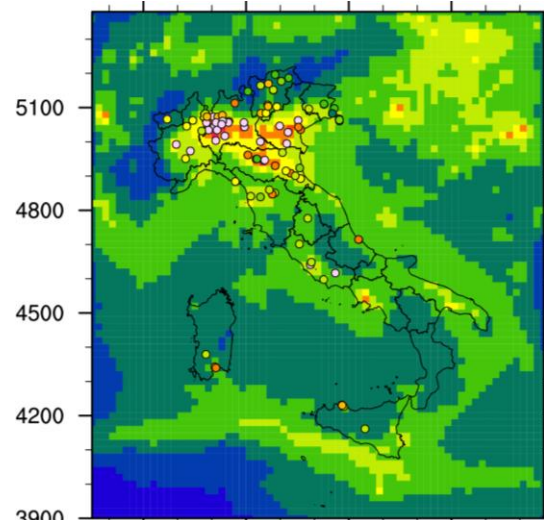
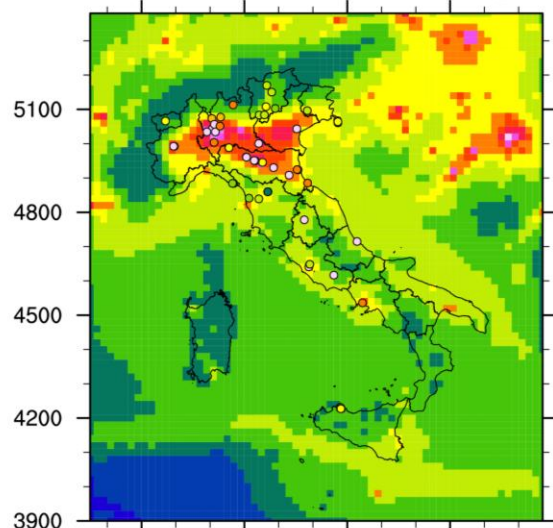
4 km



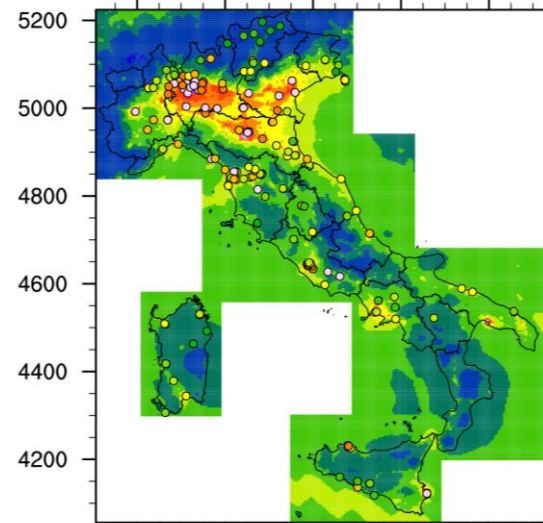
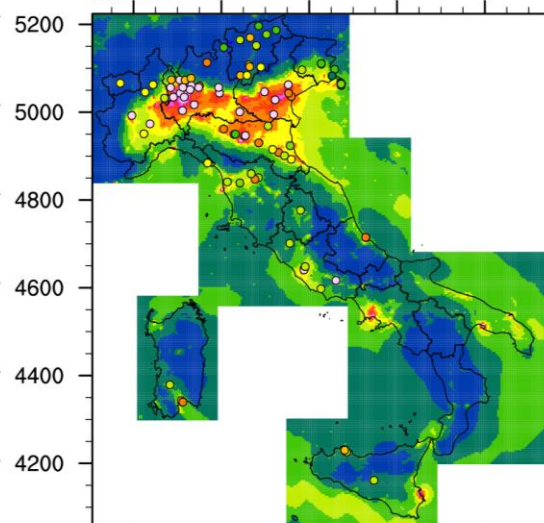
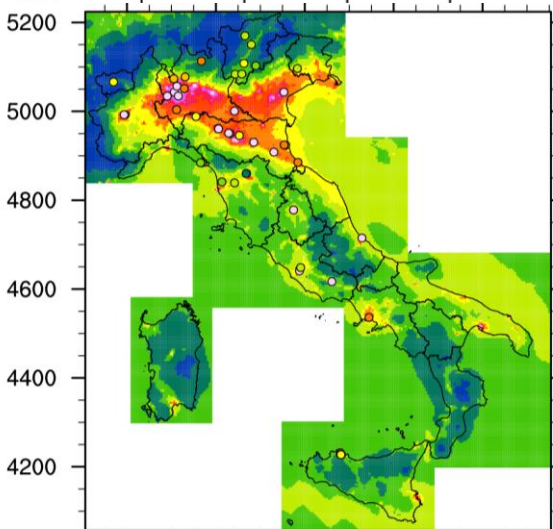
2003

2005

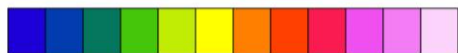
2007



20 km



4 km



4 8 12 16 20 24 28 32 36 40 44

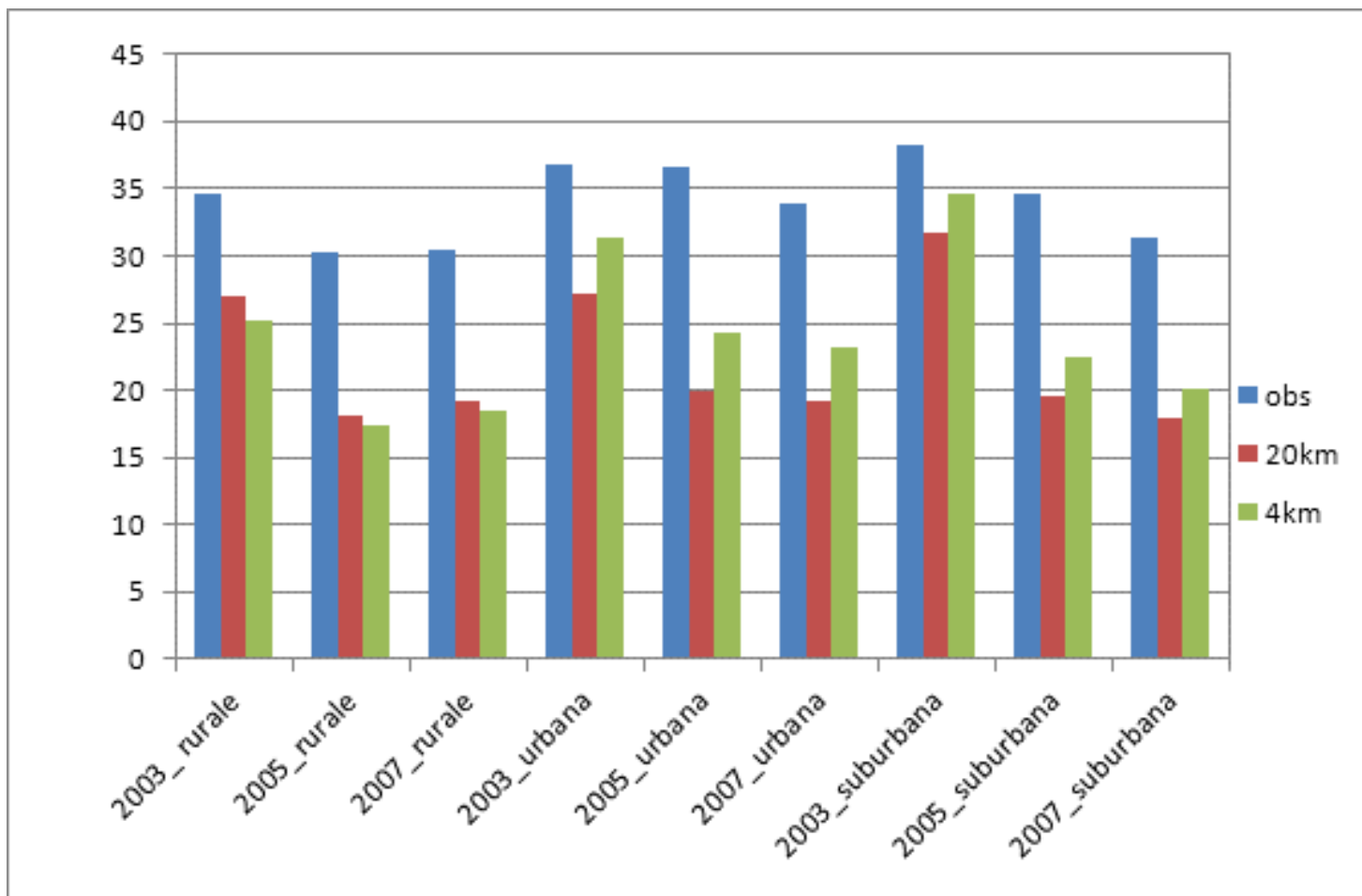


4 8 12 16 20 24 28 32 36 40 44



4 8 12 16 20 24 28 32 36 40 44

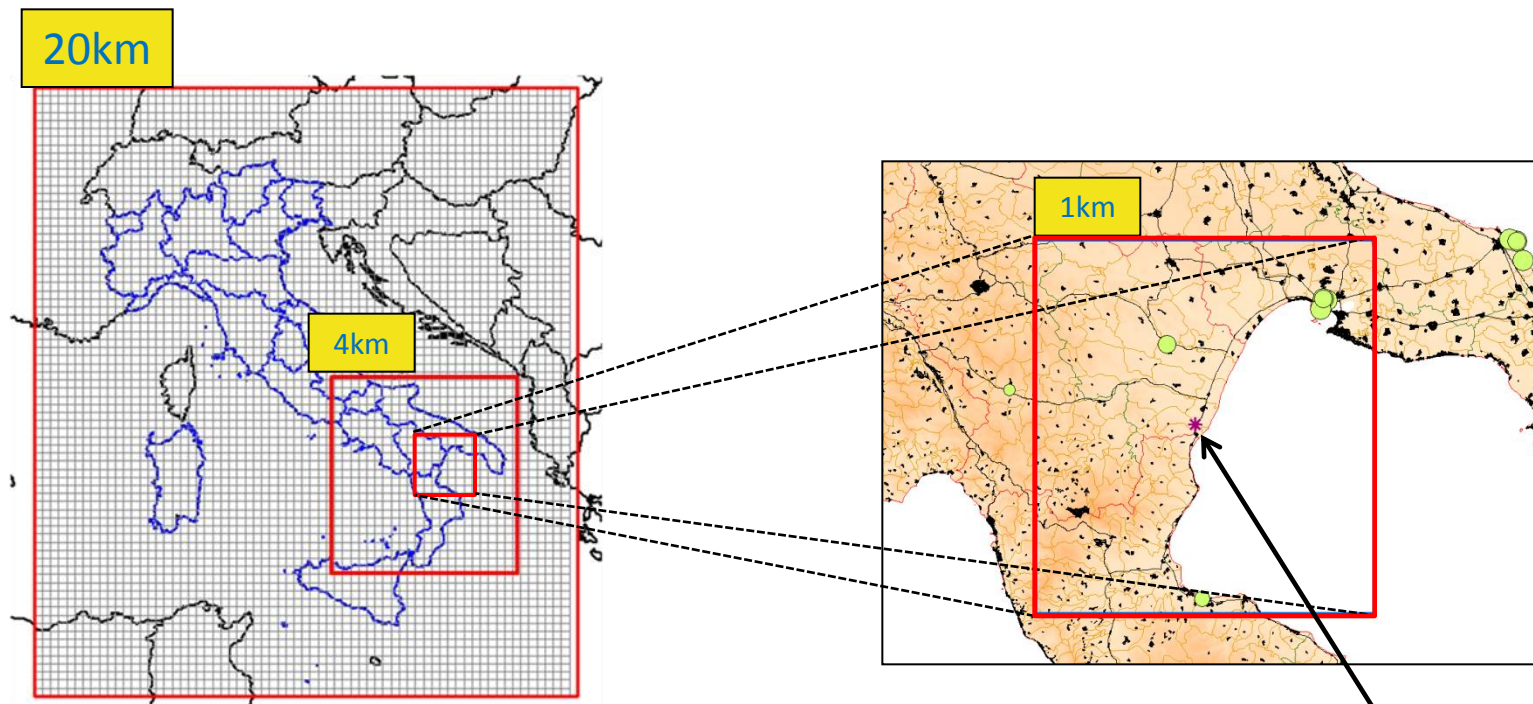
Media annuale del valore medio giornaliero.



## CAMPAGNA DI TRISAIA

### Upgrade del sistema modellistico

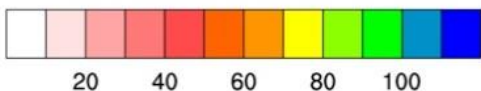
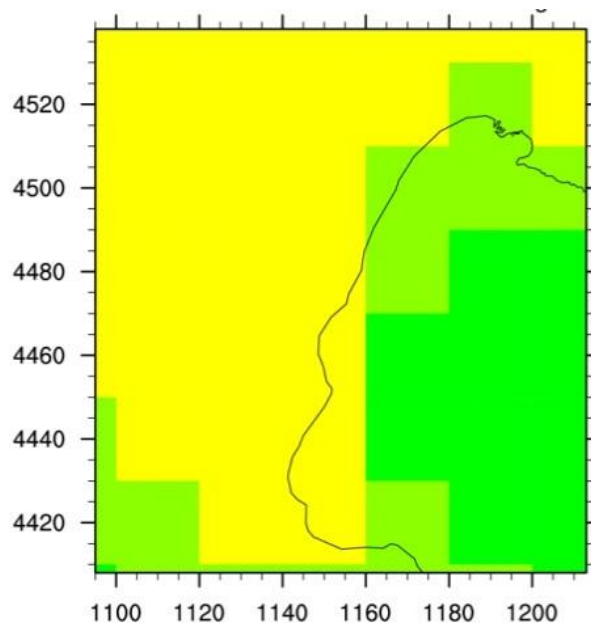
- **SAPRC90 → SAPRC99**
- **Introduzione del modulo radiativo TUV**
- **Introduzione del modello delle emissioni biogeniche MEGAN**
- **Effetto dell'aumento della risoluzione 20→4→1 km**
- **Polveri sahariane** - Aggiunta di SKIRON-dust (Kallos et al., 2007) alle BC di farm 20x20 km, conformemente al modello AERO3: i 7 bin di SKIRON sono stati assegnati alle corrispondenti frazioni di PM in AERO3.



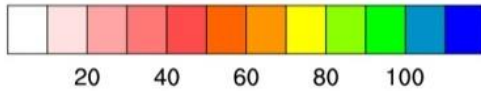
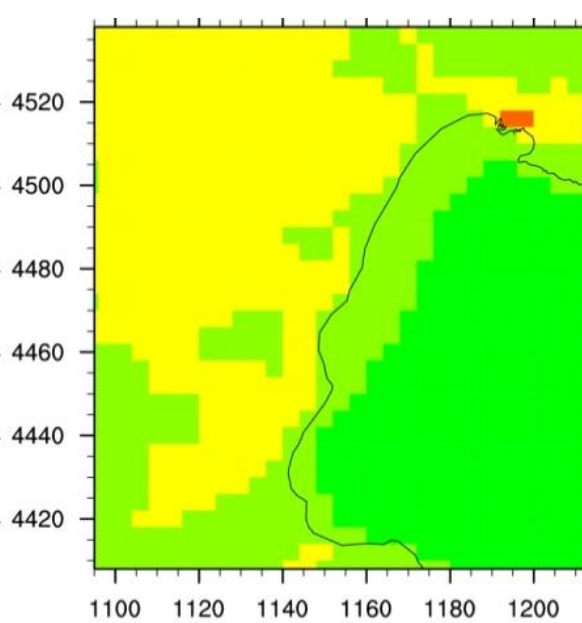
CAMPAGNA SPERIMENTALE CONDOTTA DA ENEA IN **TRISAIA**  
(MAGGIO-GIUGNO 2010)



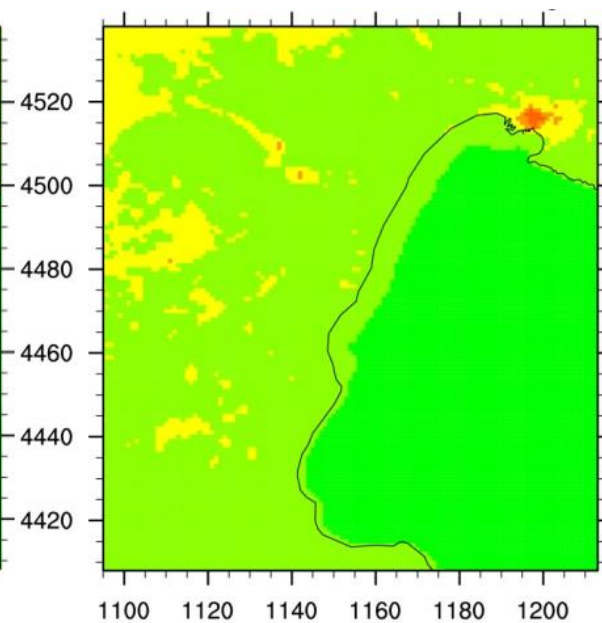
## OZONO



**20 km**



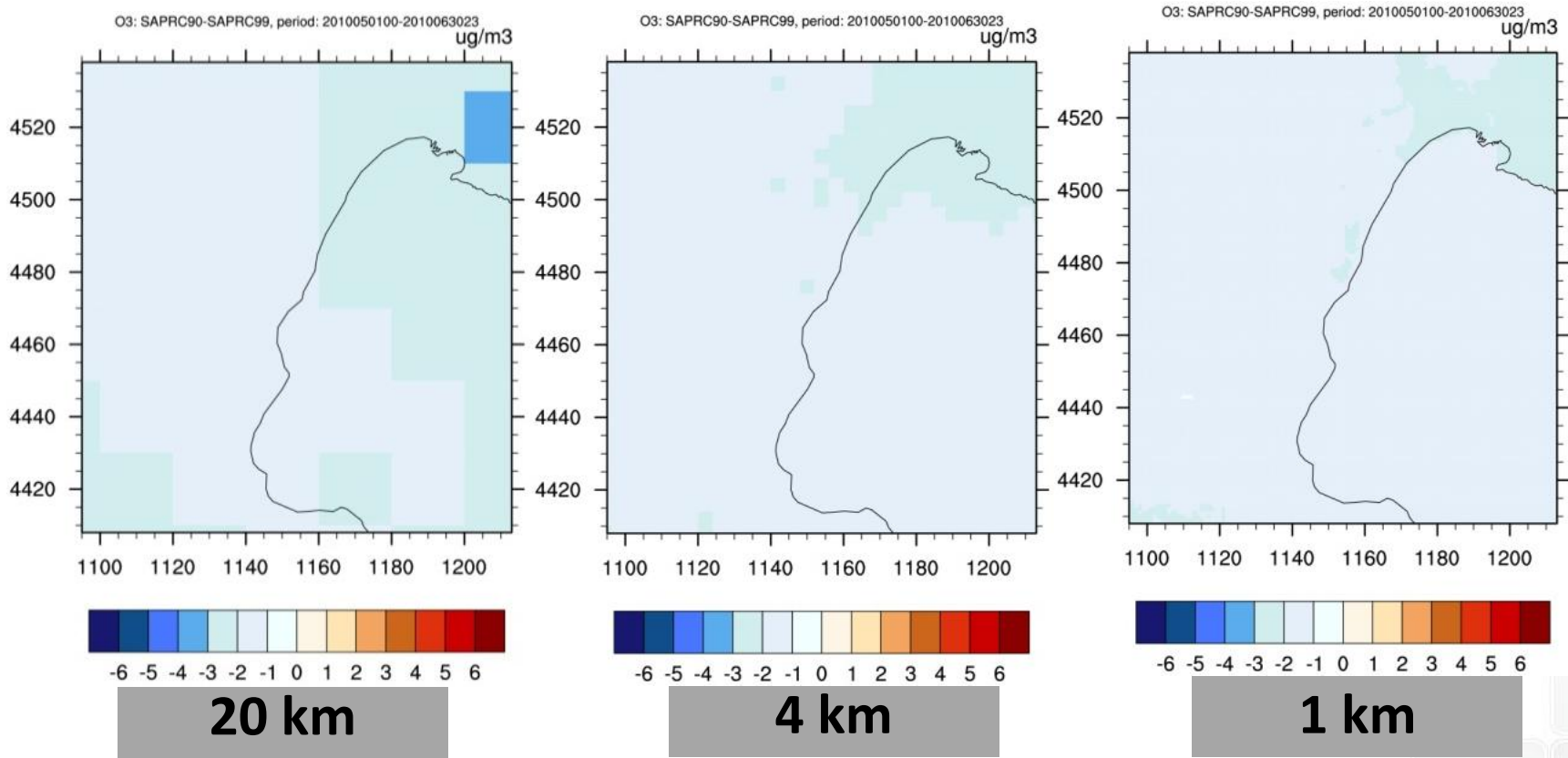
**4 km**



**1 km**

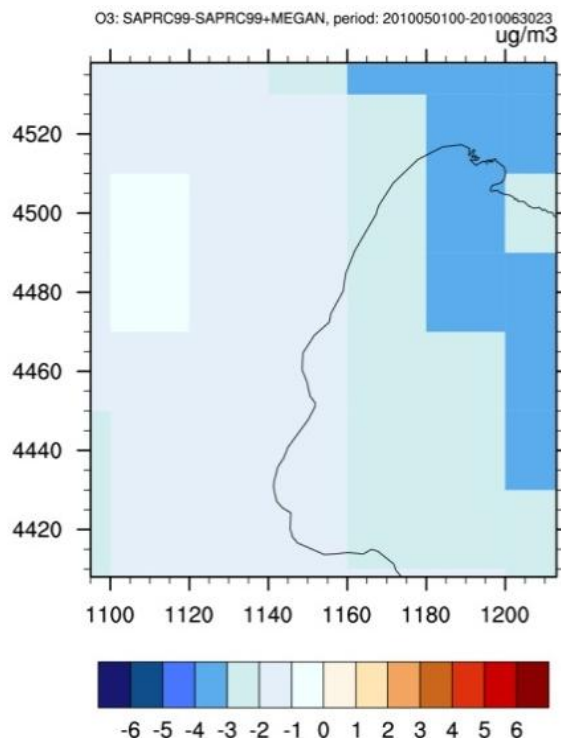
Concentrazioni medie al suolo

## OZONO

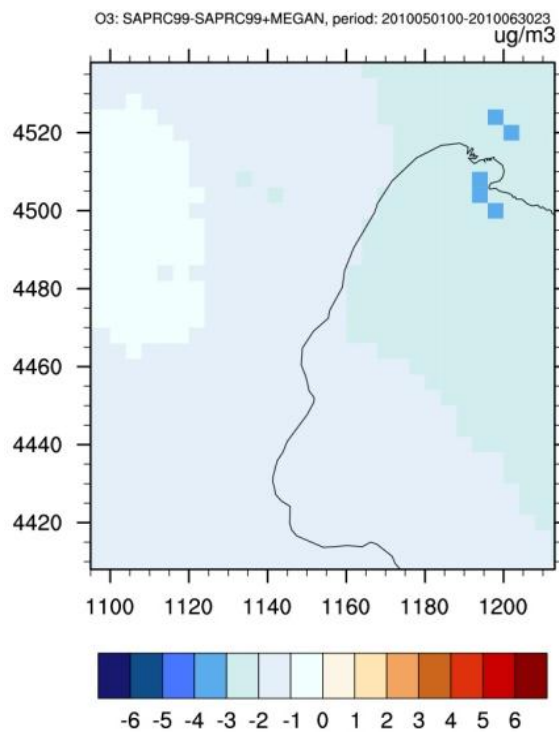


## Concentrazioni medie al suolo

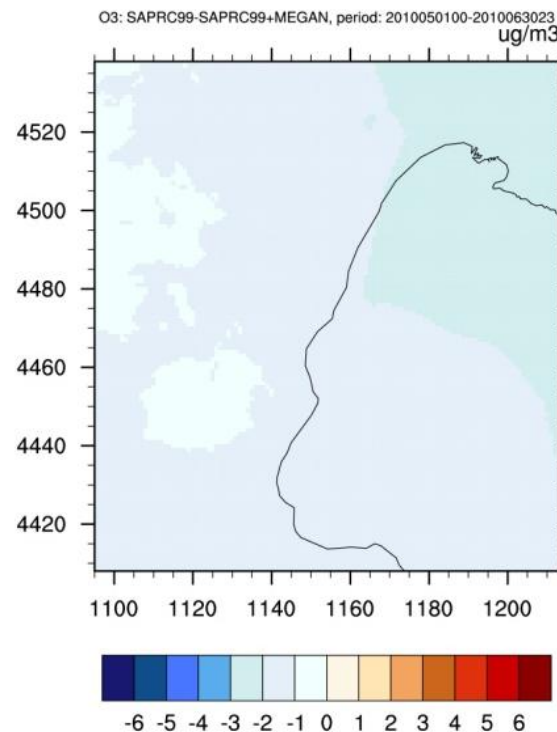
## OZONO



**20 km**



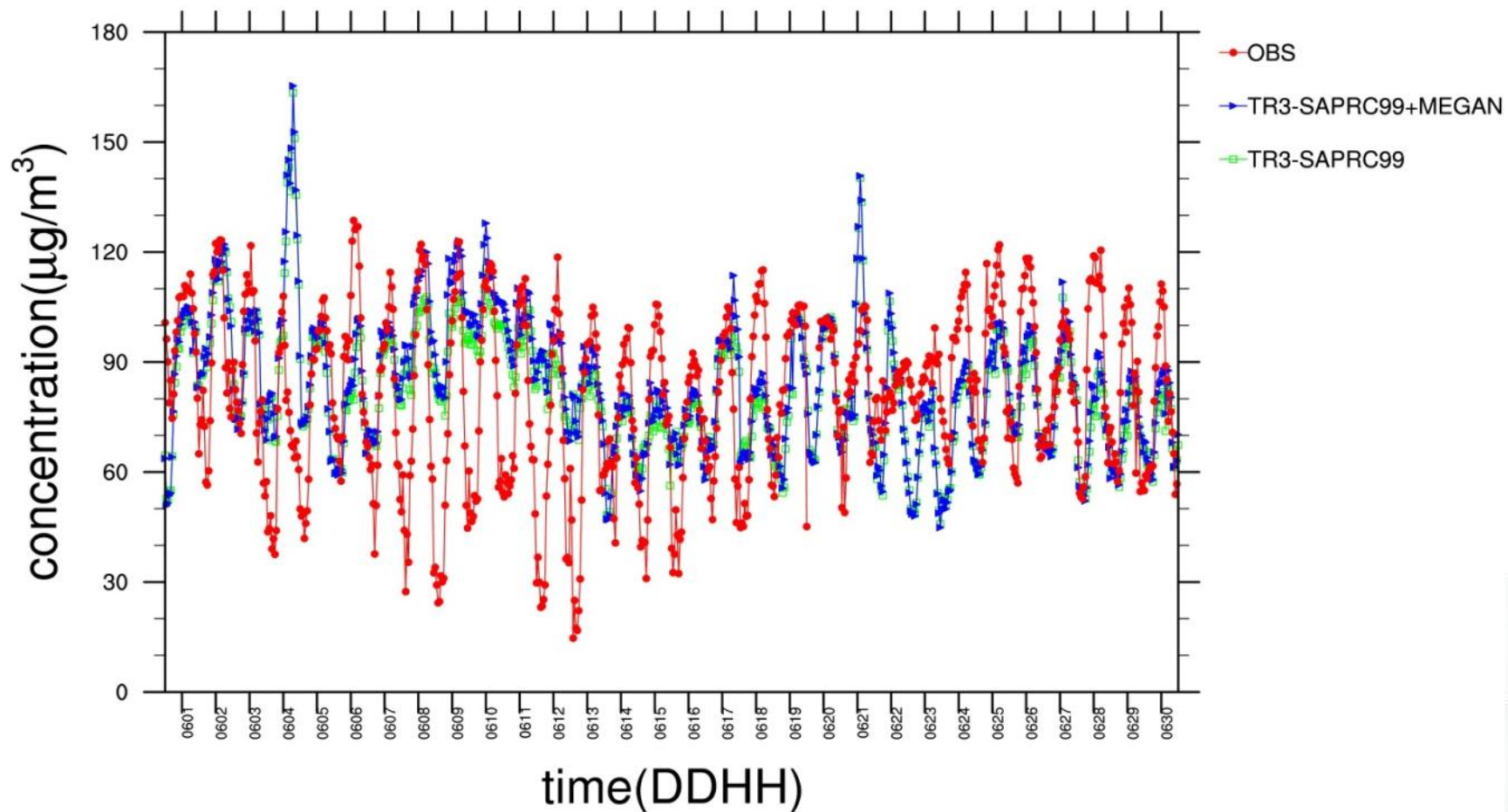
**4 km**



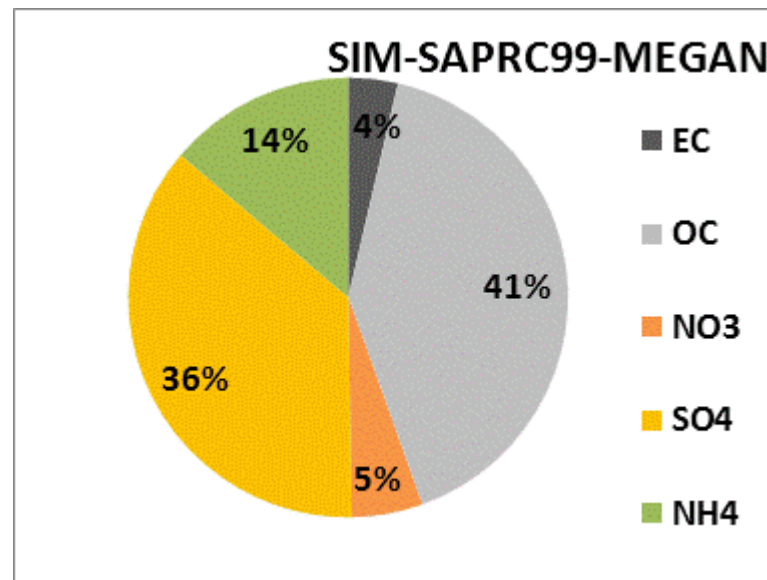
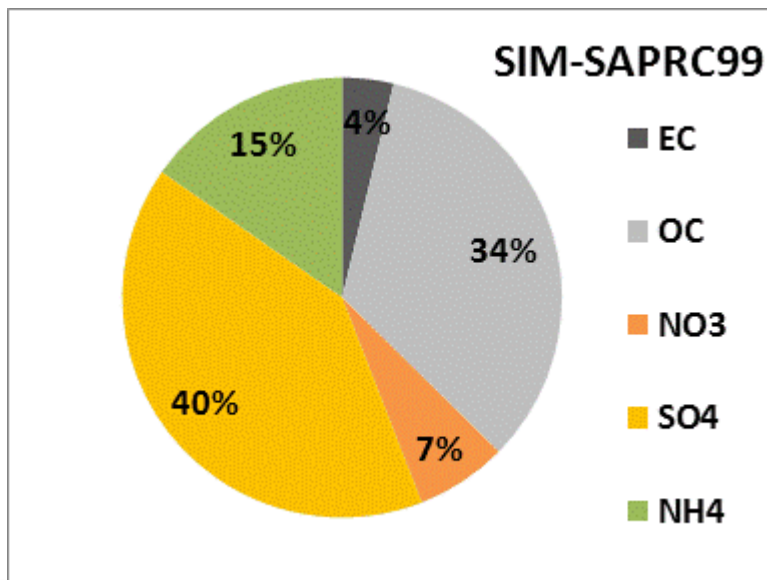
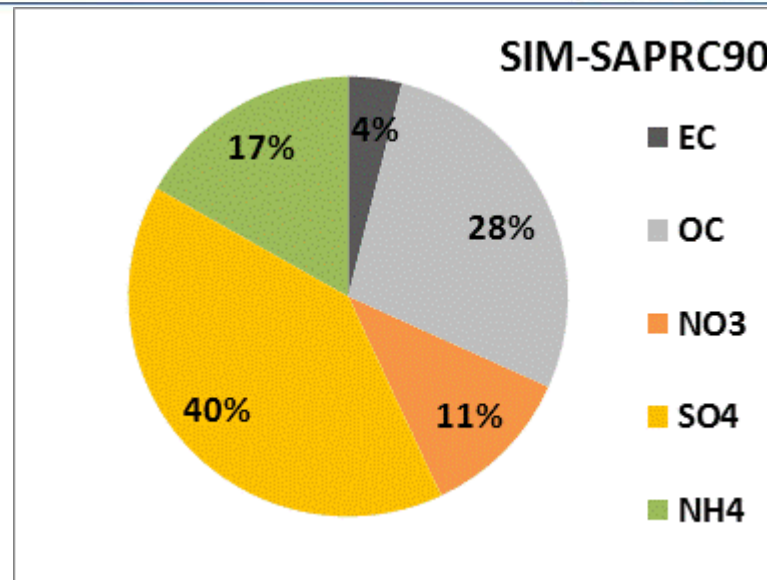
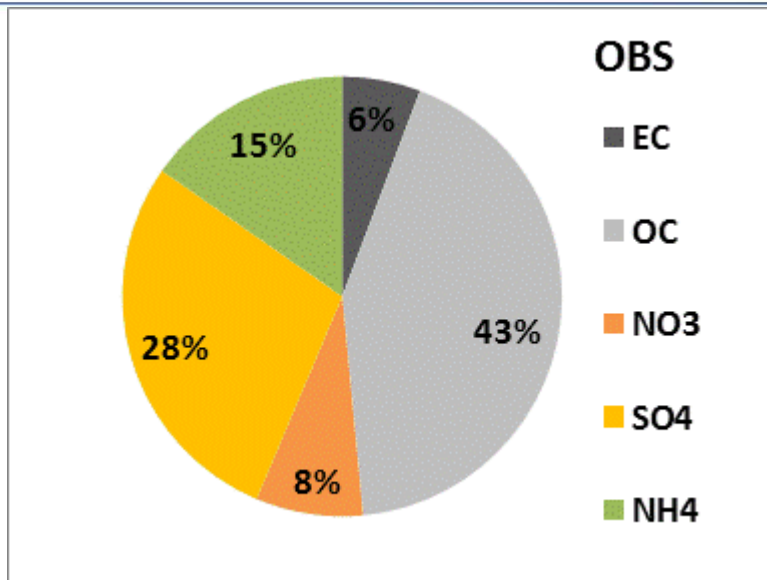
**1 km**

**Concentrazioni medie al suolo**

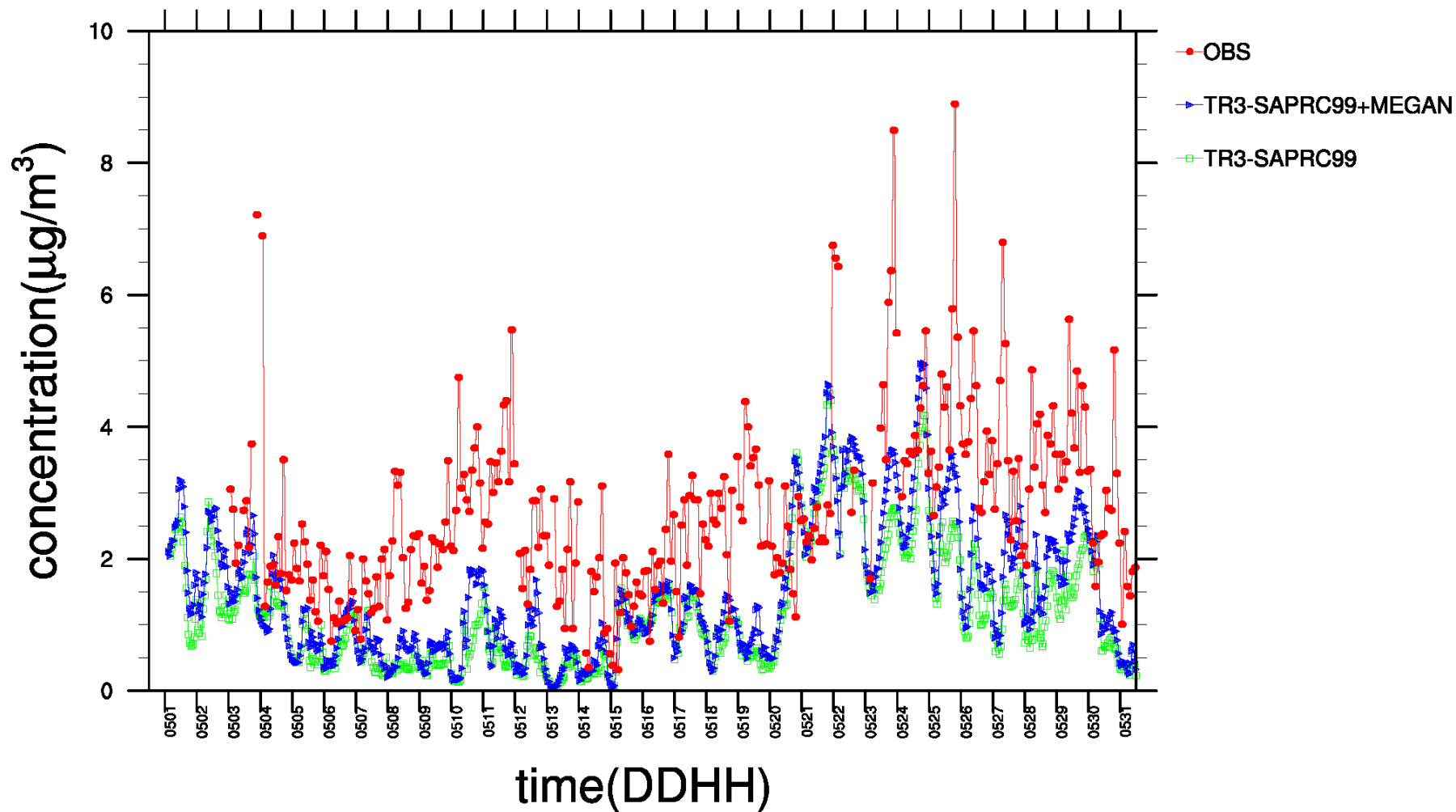
O3, 01.06.2010-01.07.2010, trisaia



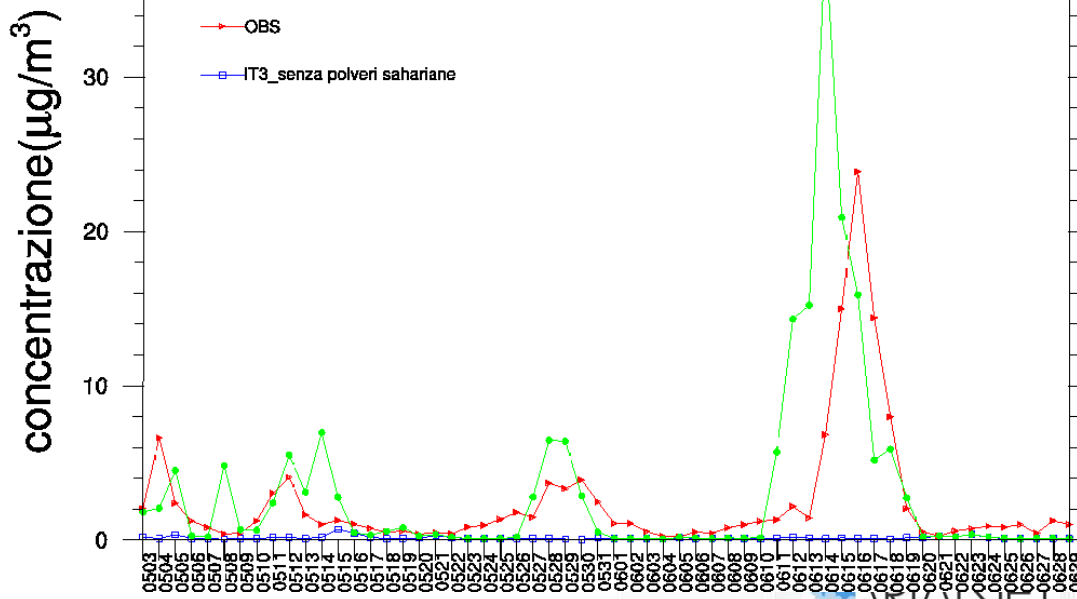
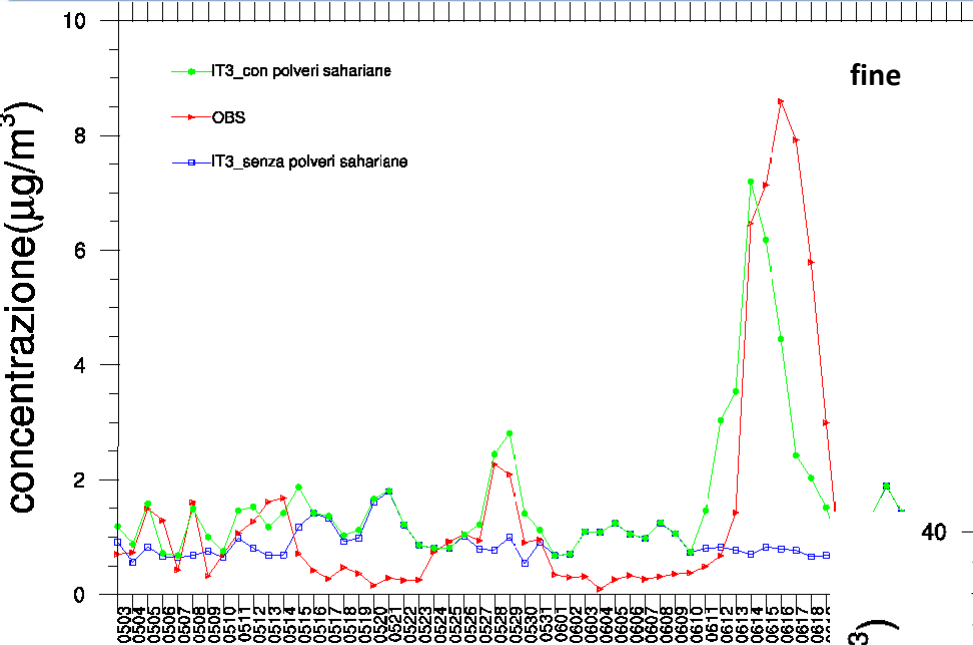
# COMPOSIZIONE CHIMICA DELL'AEROSOL PER DIVERSE CONFIGURAZIONI DI FARM



## AORG, 01.05.2010-01.06.2010, trisaia



# POLVERI SAHARIANE TRISAIA





# FUTURI SVILUPPI DI MINNI



- ✓ **INCENDI BOSCHIVI**
- ✓ **POLVERI SAHARIANE** - Ampliamento del dominio di simulazione ed introduzione del modulo per la stima del termine sorgente.
- ✓ **EMISSIONI VULCANICHE** - Stima del termine sorgente diretto ( $\text{SO}_2$ ) e secondario ad eruzioni laviche ( $\text{NO}_2$ ). Sviluppo di modelli per calcolare correttamente la soprelevazione termodinamica del pennacchio.
- ✓ **ULTERIORE DISCESA DI SCALA**
- ✓ **IMPLEMENTAZIONE DELLA TRATTAZIONE DEI SOA**
- ✓ **CAMBIAMENTI CLIMATICI E QUALITÀ DELL'ARIA**
- ✓ **MINNI-SMA IN MODALITÀ PREDITTIVA**
- ✓ **ecc...**