

## la modellistica previsionale come strumento di supporto alla qualità dell'aria dell'ambiente urbano.

### Strumenti operativi per la gestione della Qualità dell'Aria: sinergia tra misure e strumenti modellistici

**Andrea Bolignano** (Arpa Lazio - Servizio Tecnico)

Francesco Troiano (Arpa Lazio - Sezione Provinciale di Roma)

Silvia Paci (Arpa Lazio - Sezione Provinciale di Viterbo)

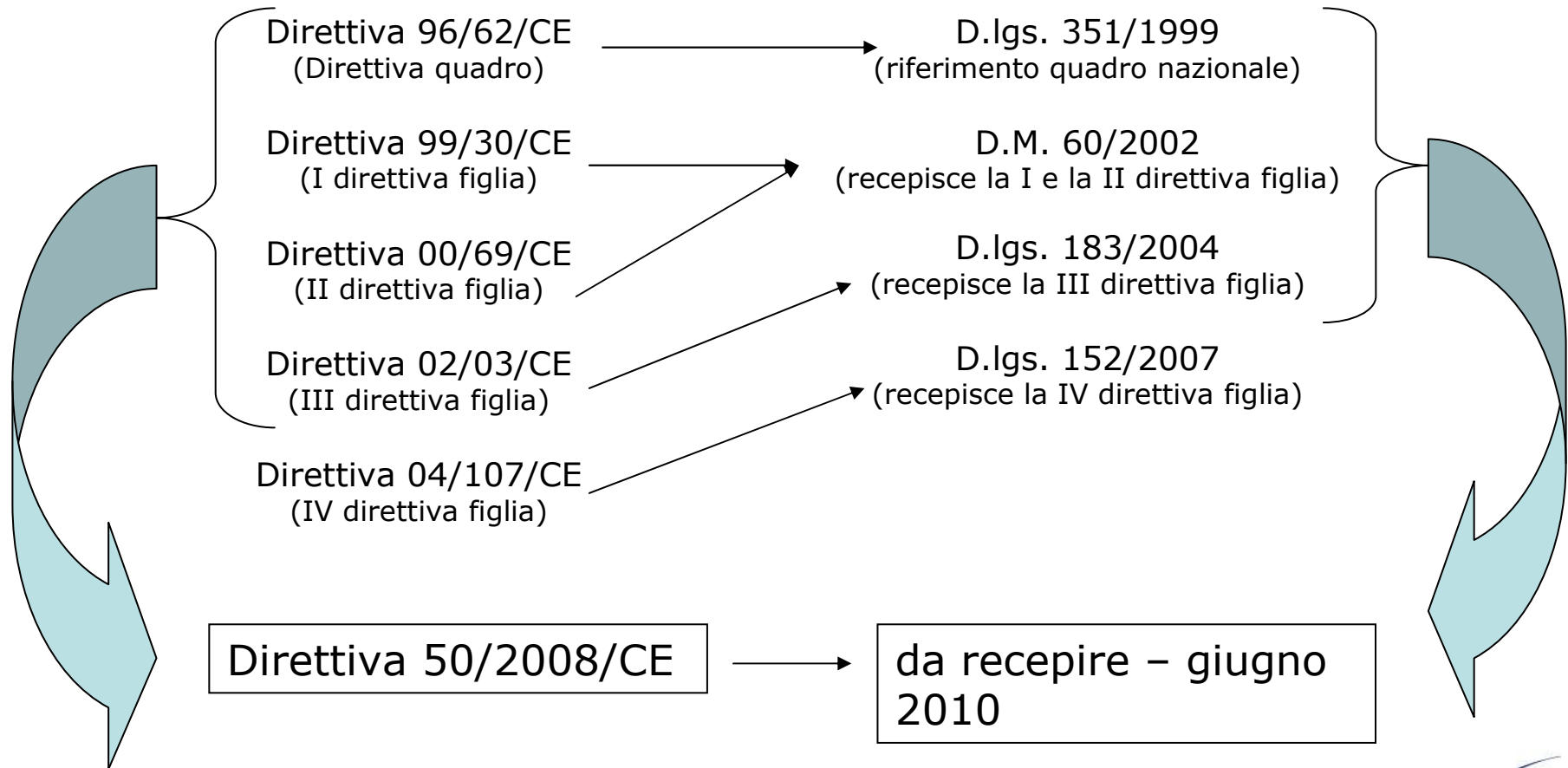
## sommario



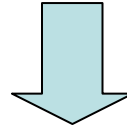
- ✓ contesto normativo – aspetti relativi al caso specifico;
- ✓ relazione tra misure sperimentali e ricostruzione modellistica;
- ✓ Assimilazione diretta e indiretta di dati sperimentali in un modello numerico;
- ✓ Sistema modellistico - Arpalazio;
- ✓ Sistema Near Real-Time per la valutazione della qualità dell'aria operativo in Arpalazio (off-line);
- ✓ Esempi ed applicazioni;

### Quadro normativo europeo

### Quadro normativo nazionale



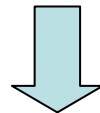
Direttiva 50/2008/CE



Strumenti operativi per la gestione e il controllo della qualità dell'aria

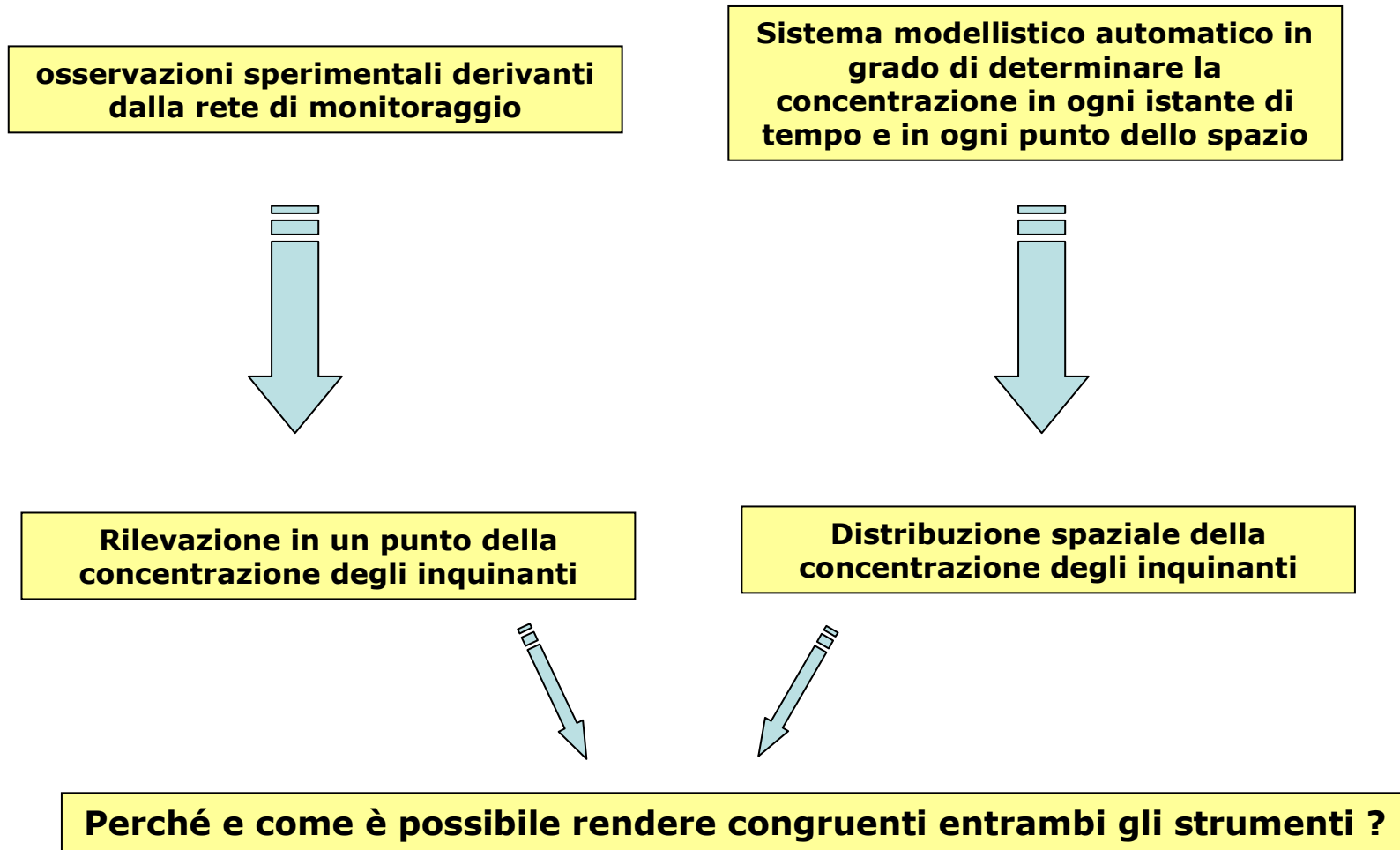


- ✓ Misure sperimentali;
- ✓ Metodi di stima oggettiva;
- ✓ Ricostruzioni modellistiche

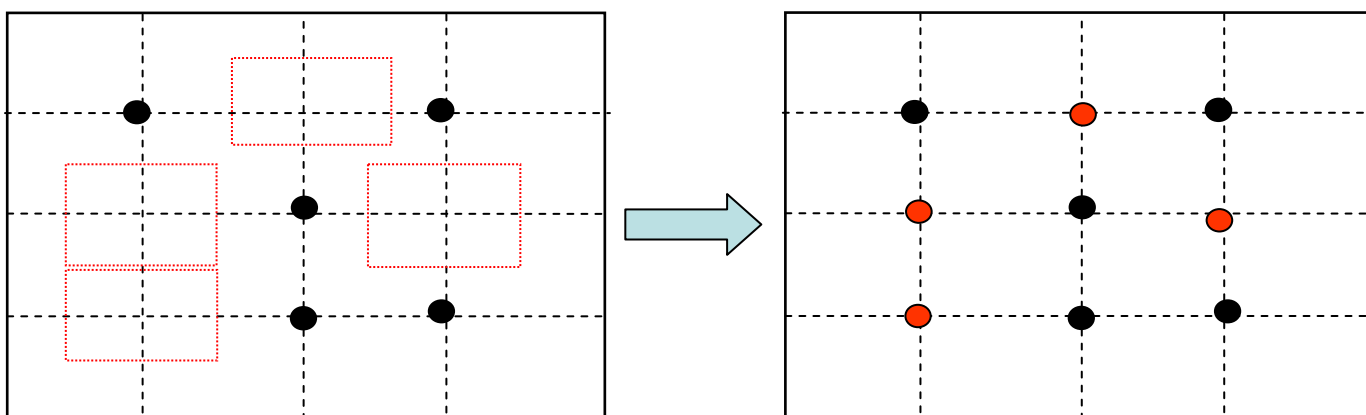


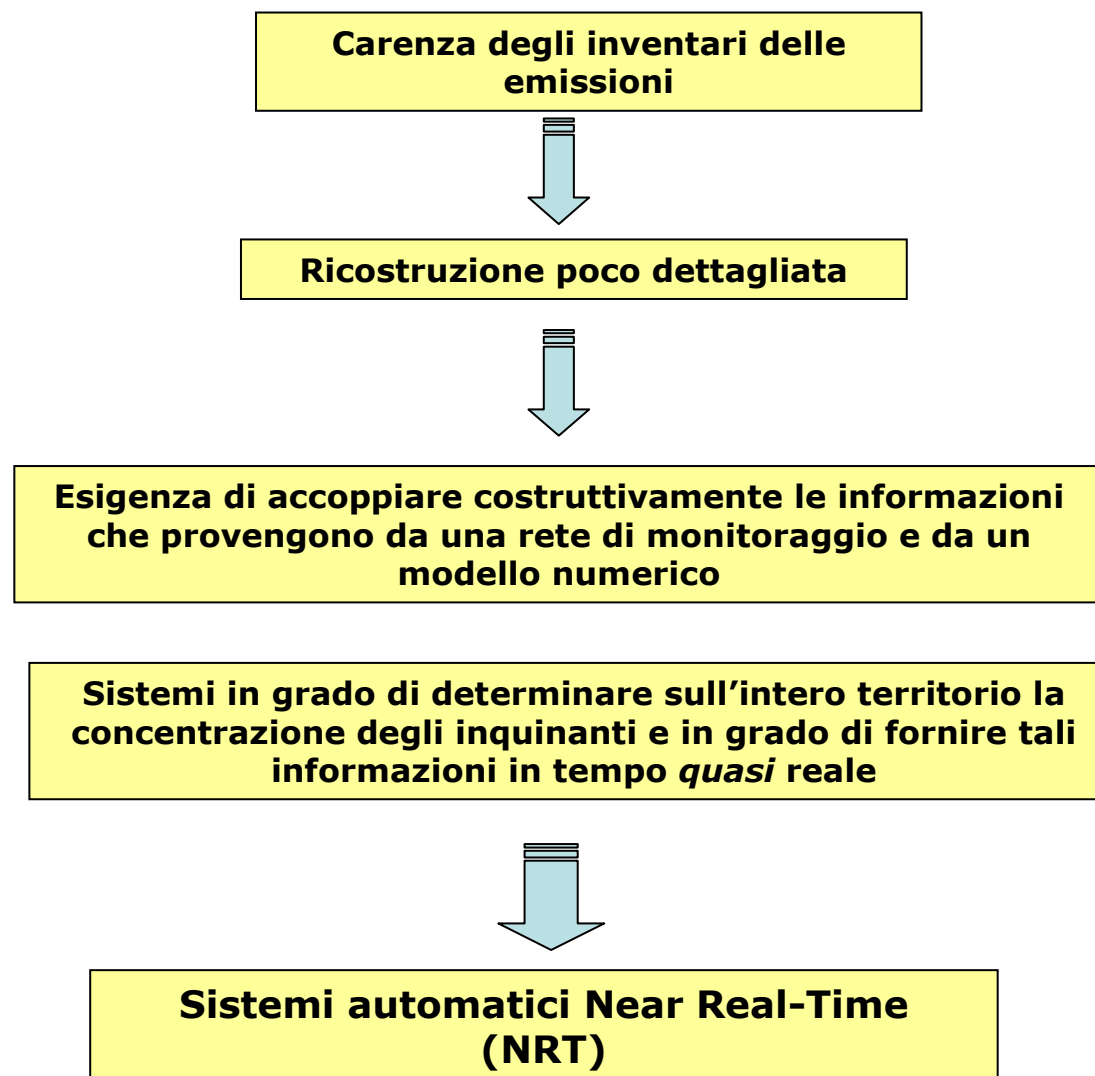
- ✓ **visione spaziale e non solamente puntuale del monitoraggio**
- ✓ stima realistica dell'immediato futuro
- ✓ informazione al pubblico

**In particolare ciò che emerge dalla attuale direttiva europea è l'esigenza di determinare in ogni punto dello spazio lo stato della qualità dell'aria utilizzando ed integrando *tutte* le informazioni disponibili fornendo tali informazioni *nel più breve tempo possibile e il più possibile vicine allo ..... "stato di fatto"***



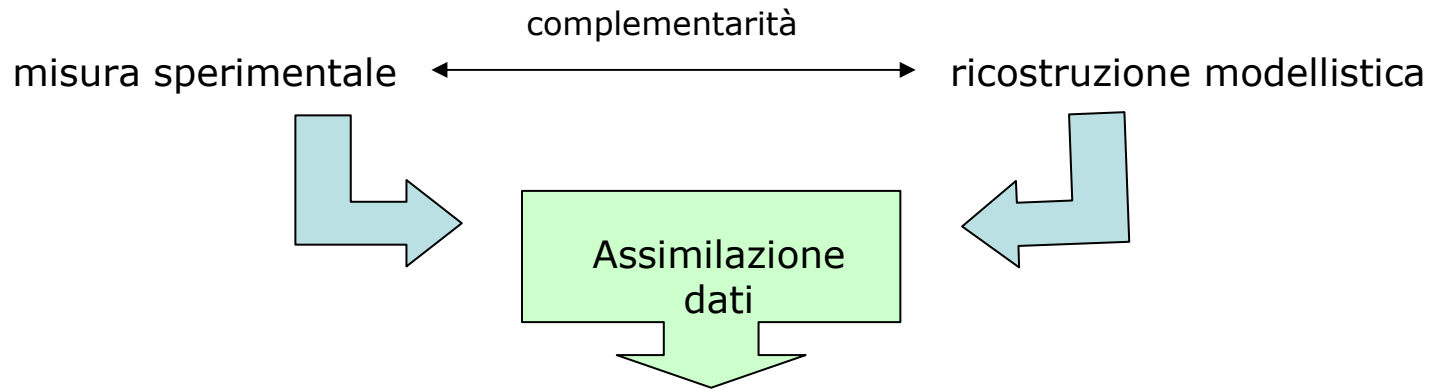
- ✓ Una misura sperimentale rileva esattamente (a parte l'errore strumentale) la concentrazione al suolo di una sostanza, in ogni istante di tempo e in punto preciso dello spazio, senza preoccuparsi delle cause che hanno portato a tale concentrazione ma facendo leva esclusivamente sulle caratteristiche chimico/fisiche che possiede tale sostanza nel momento che questa si è già formata in atmosfera in ogni istante di tempo e *nel punto (o in un'area circoscritta) in cui viene effettuata la misura*.
- ✓ Il punto di partenza di una simulazione modellistica è la *descrizione* matematica delle cause, che presuppone la conoscenza dei numerosi processi fisici e chimici, finalizzata alla *ricostruzione* (a parte l'errore intrinseco di un modello) della concentrazione delle sostanze inquinanti in ogni istante di tempo e *in ogni punto dello spazio*.





## Sistemi automatici Near Real-Time (NRT)

assimilazione



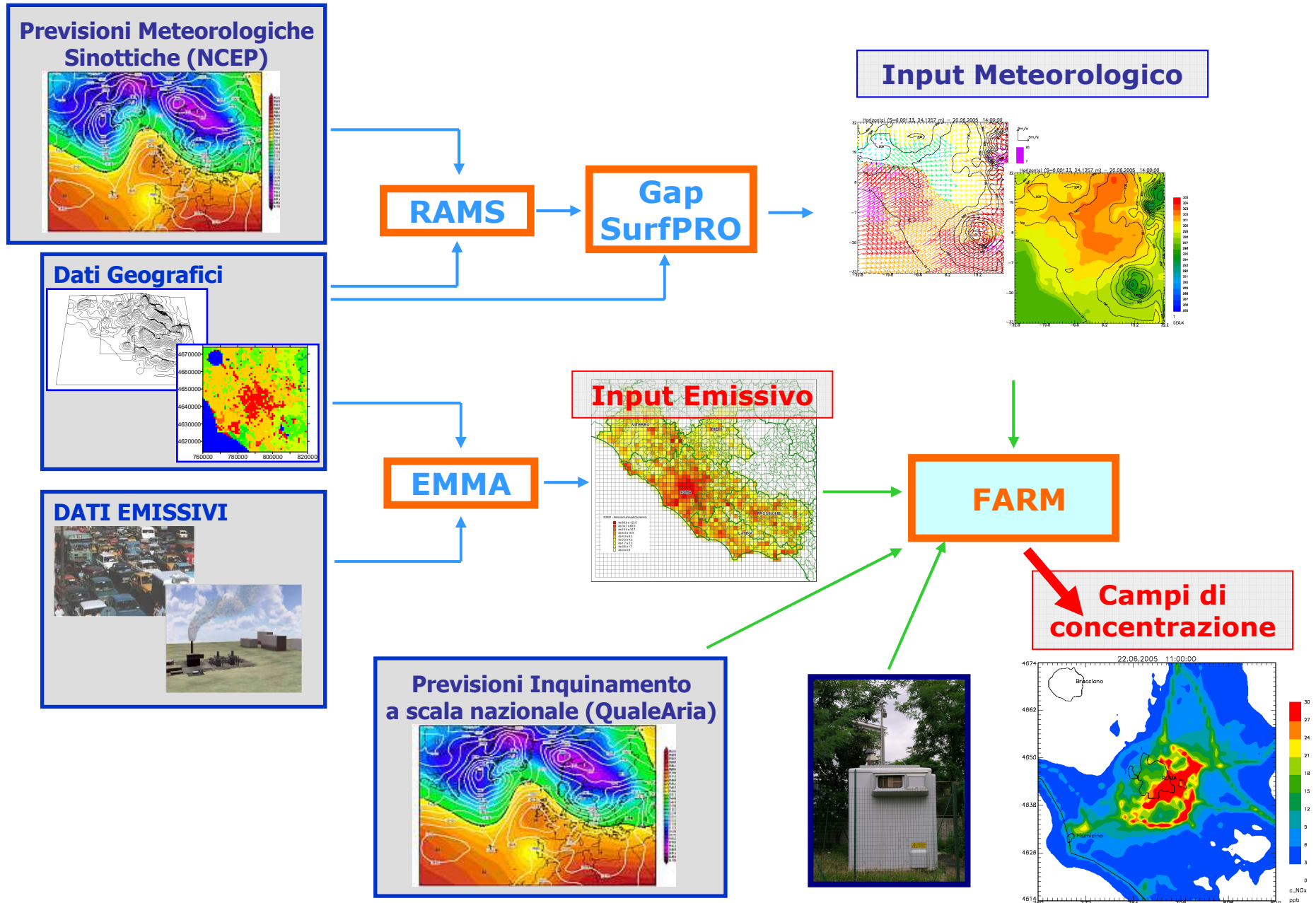
il processo attraverso il quale tutte le informazioni disponibili vengono usate al fine di ottenere la migliore stima possibile dello stato dell'atmosfera. Le informazioni disponibili consistono essenzialmente nelle osservazioni e nelle leggi fisiche che governano l'evoluzione del sistema. Queste ultime sono di fatto disponibili attraverso i modelli numerici

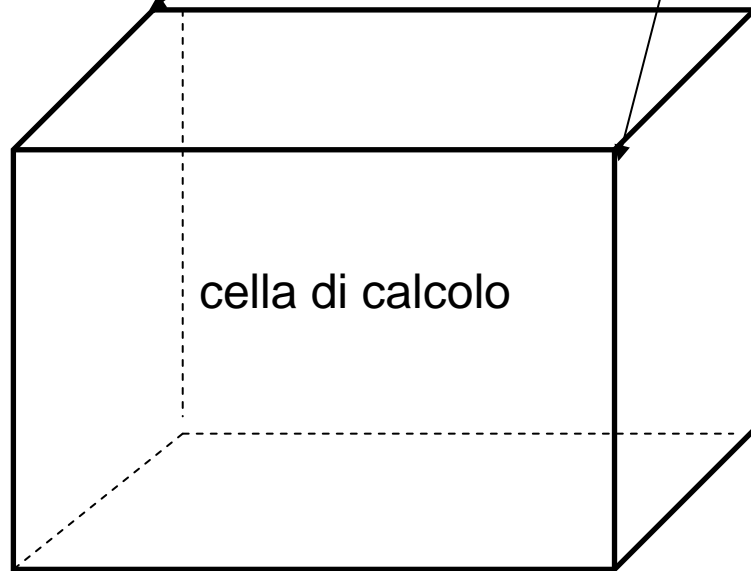
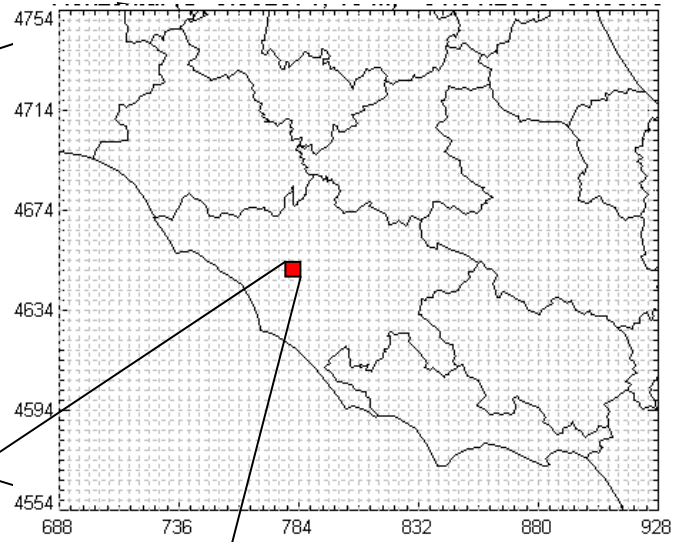
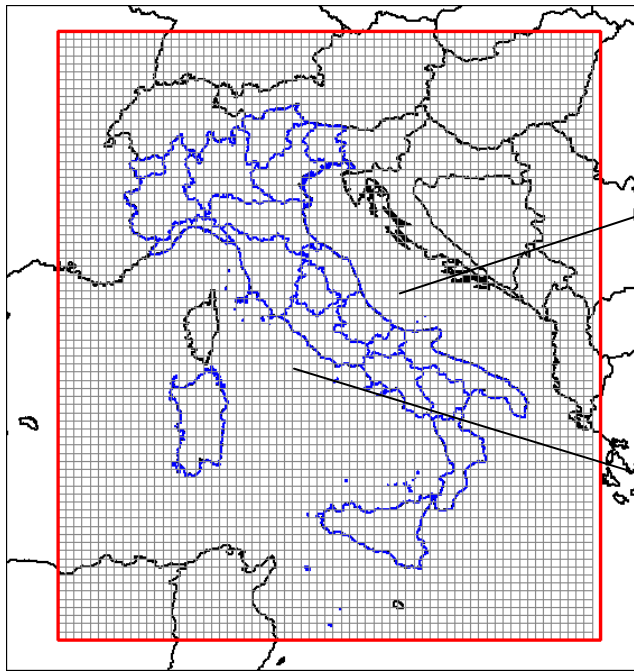


**Valutazione della  
qualità dell'aria  
sul territorio**

# Il sistema modellistico

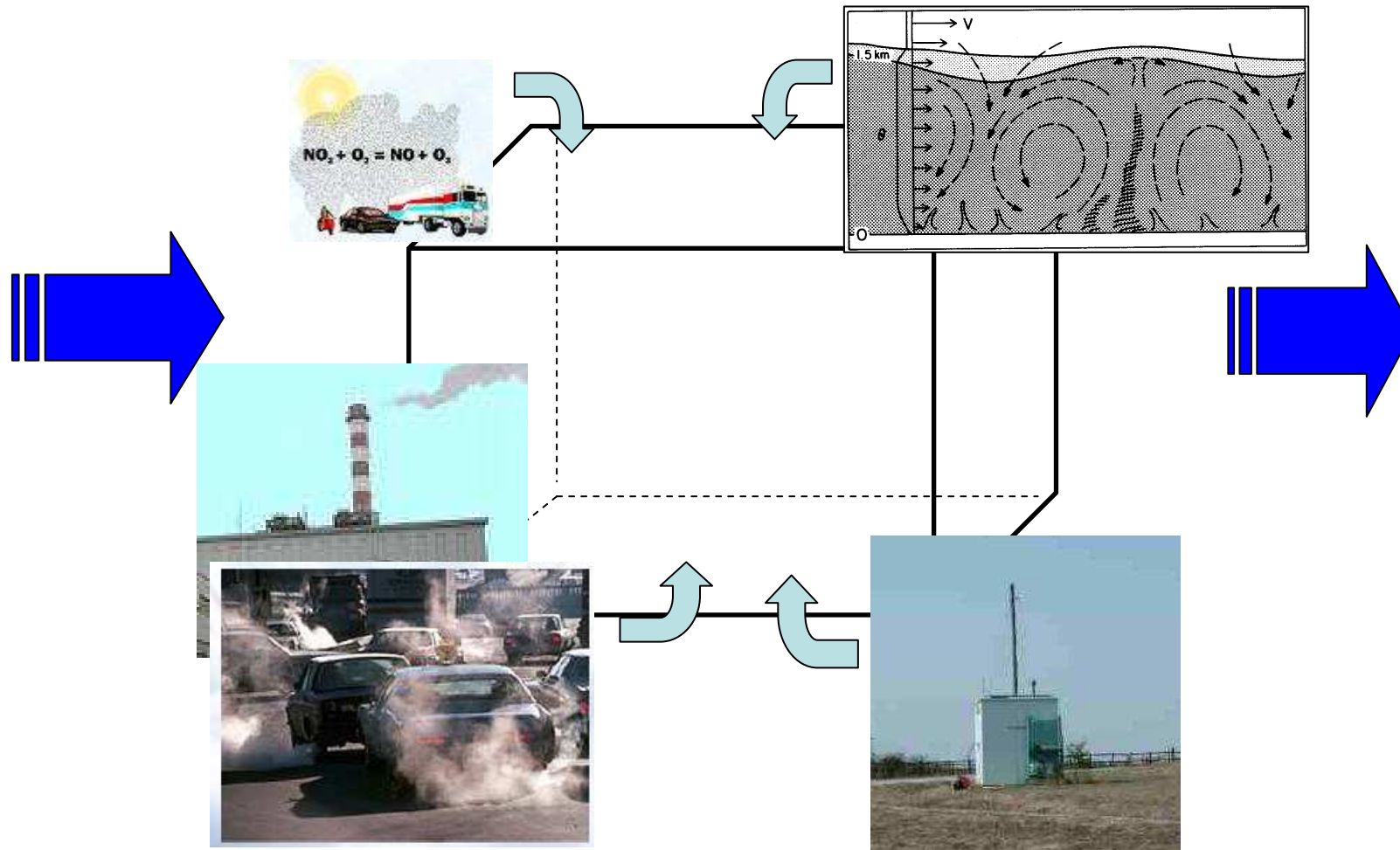
catena modellistica





Assimilazione - Termine di nudging

$$\frac{\partial c_i}{\partial t} = -u \frac{\partial c_i}{\partial x} - v \frac{\partial c_i}{\partial y} - w \frac{\partial c_i}{\partial z} + K_{xx} \frac{\partial^2 c_i}{\partial x^2} + K_{yy} \frac{\partial^2 c_i}{\partial y^2} + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_{zz} \frac{\partial c_i}{\partial z} \right) + S_i + R_i + Dep + \frac{1}{\tau_A} G_A(c_i, c_i^*)$$



Il generico termine  $G_A$  che compare nell'espressione dipende dalla tecnica utilizzata per assimilare i dati sperimentali con il modello numerico come ad esempio:

- **Observational Data Assimilation (ODA)** : assimilazione di misure sperimentali distribuite *arbitrariamente*
- **Objective Analysis** : assimilazione da campi di analisi mediante interpolazione delle osservazioni su una griglia regolare considerando il modello come campo di background;
  - ✓ Optimal Interpolation (OI)
  - ✓ Successive Correction Method (SCM)

$$G_A(c_i, c_i^*) = f(r, c_i, c_i^*, \dots)$$



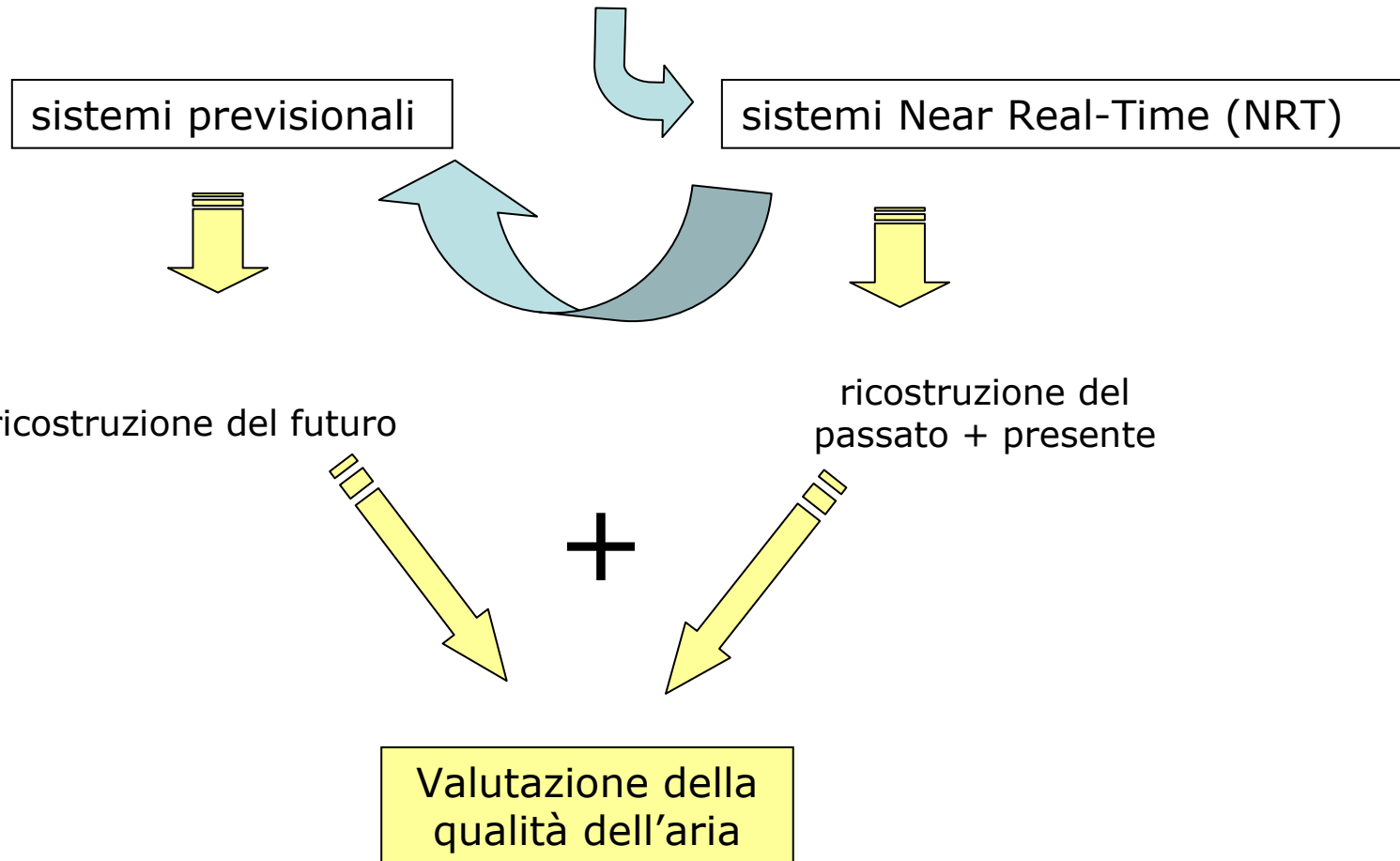
algoritmi più complessi necessitano sempre di maggiore tempo di calcolo



eventuale criticità dei sistemi automatici

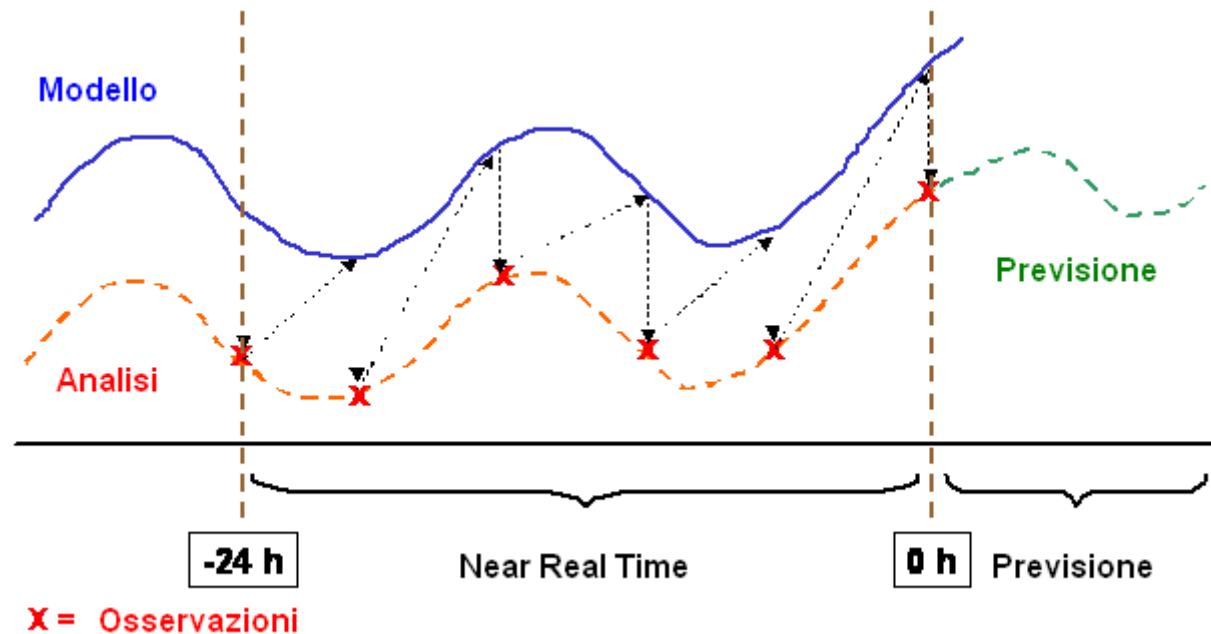
misure e modelli

misure sperimentali



I sistemi Near Real-Time sono sistemi che hanno l'obiettivo di seguire e ricostruire il fenomeno in tempo *quasi* reale ricostruendo la distribuzione spaziale della concentrazione degli inquinanti tenendo conto delle osservazioni sperimentali in ogni istante di tempo.

Pertanto l'integrazione delle misure con i modelli numerici utilizzata per i sistemi Near Real-Time (NRT) segue un approccio profondamente differente da quello utilizzato per i sistemi previsionali



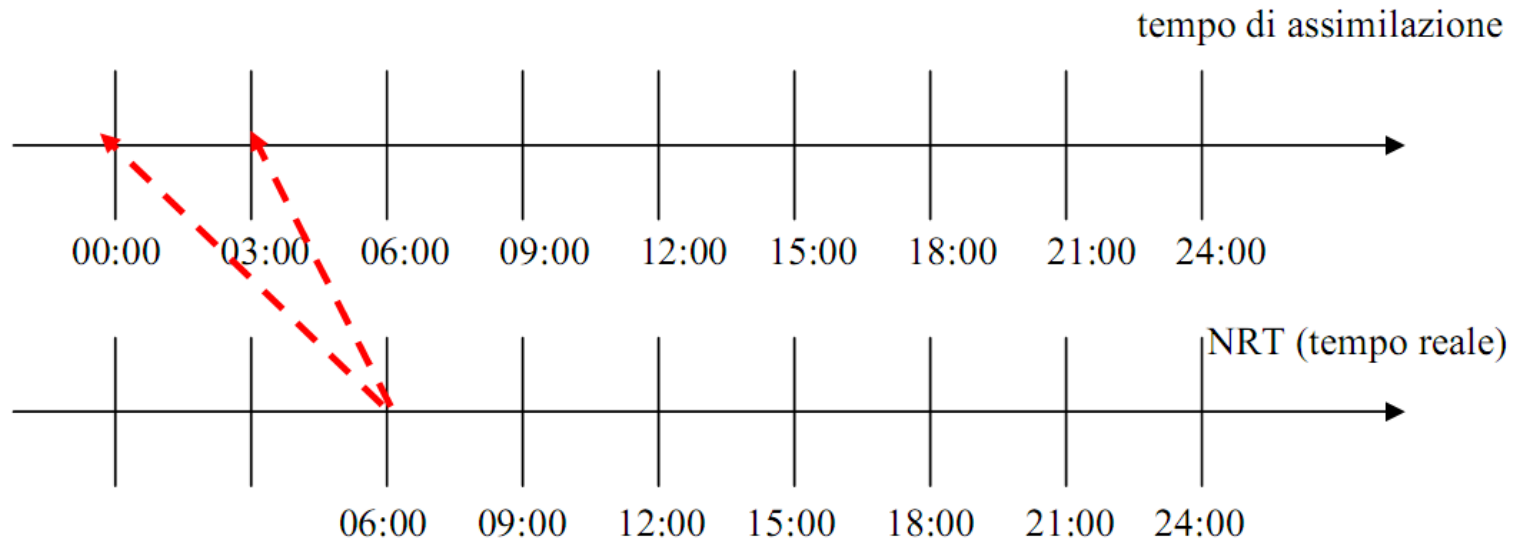
Quando il sistema modellistico funziona come sistema previsionale non è più possibile avere il conforto delle osservazioni durante la simulazione, pertanto il modello assorbe le informazioni che descrivono lo stato iniziale del sistema assimilato (al tempo  $t=0$ ) e prosegue con la simulazione fino a stimare la concentrazione più probabile nell'immediato futuro (generalmente fino a 72 ore).

Quanto è il ritardo temporale minimo con cui è possibile fornire le informazioni prodotte dal sistema NRT?

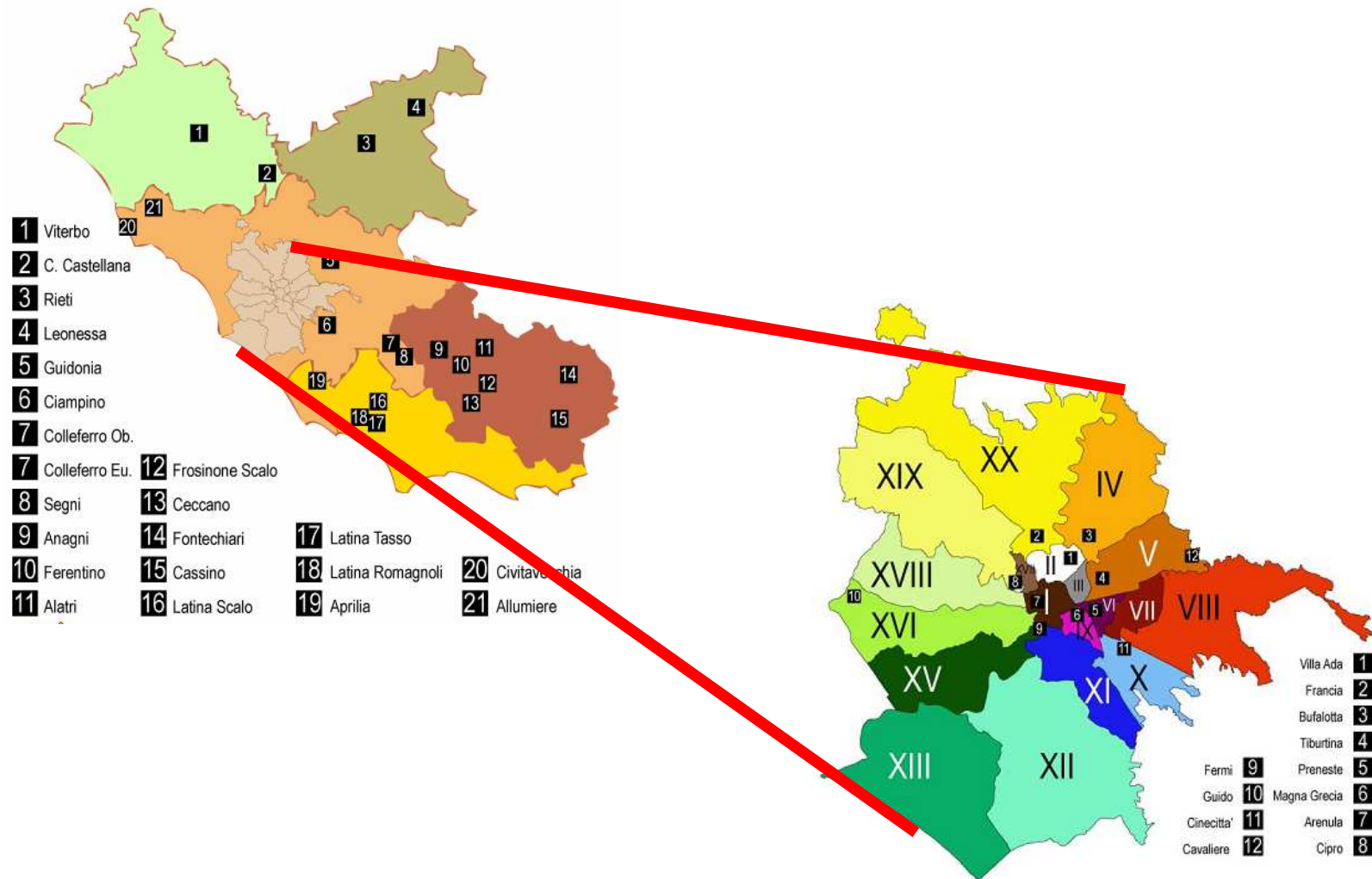


tempo di acquisizione dei dati sperimentali dal centro regionale

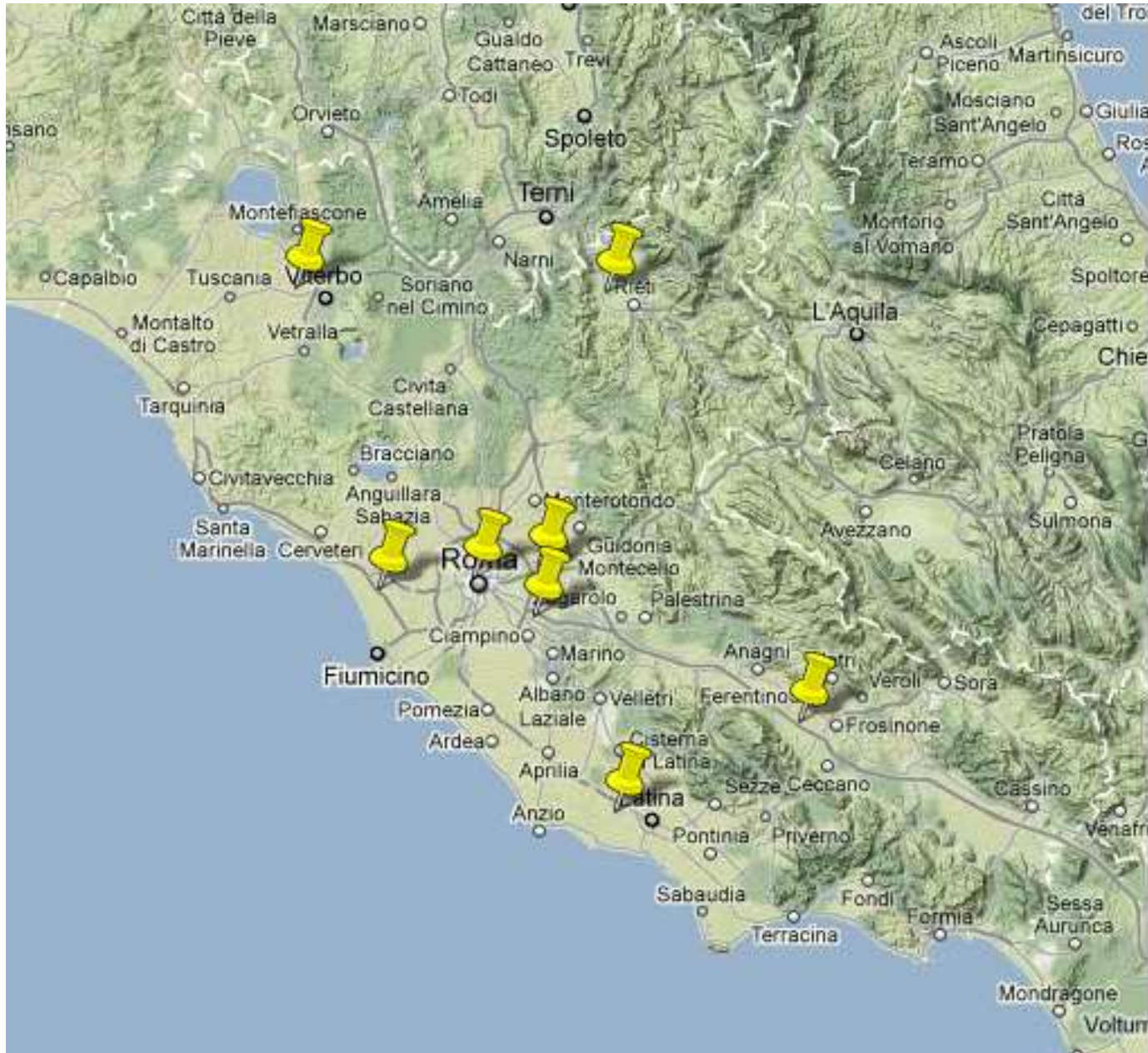
temporalizzazione di tutte le procedure del sistema di calcolo centrale



# rete di monitoraggio di Arpalazio CHIMICA

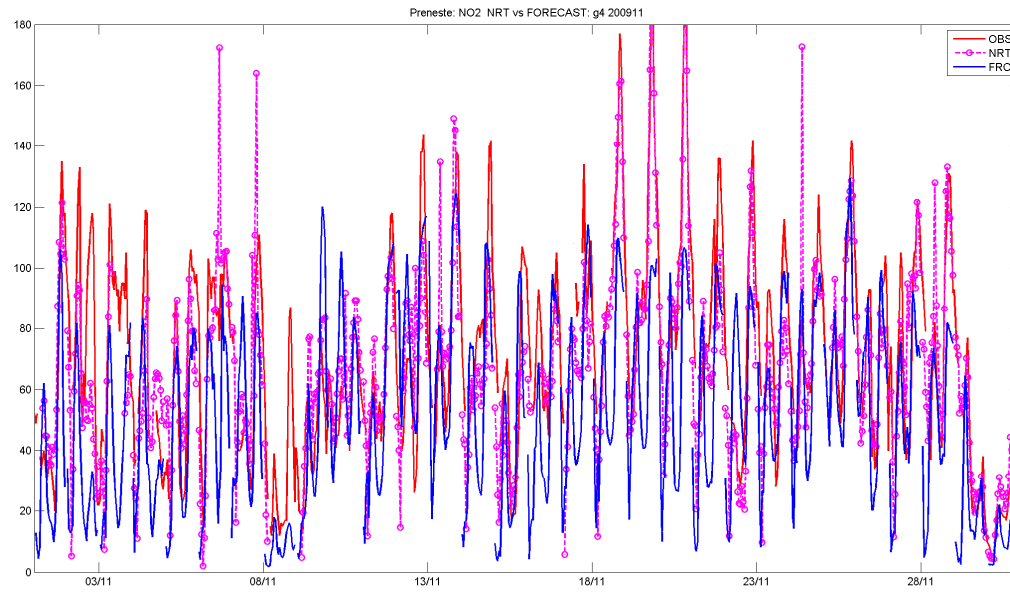


## rete micrometeorologica di Arpalazio



# Confronti

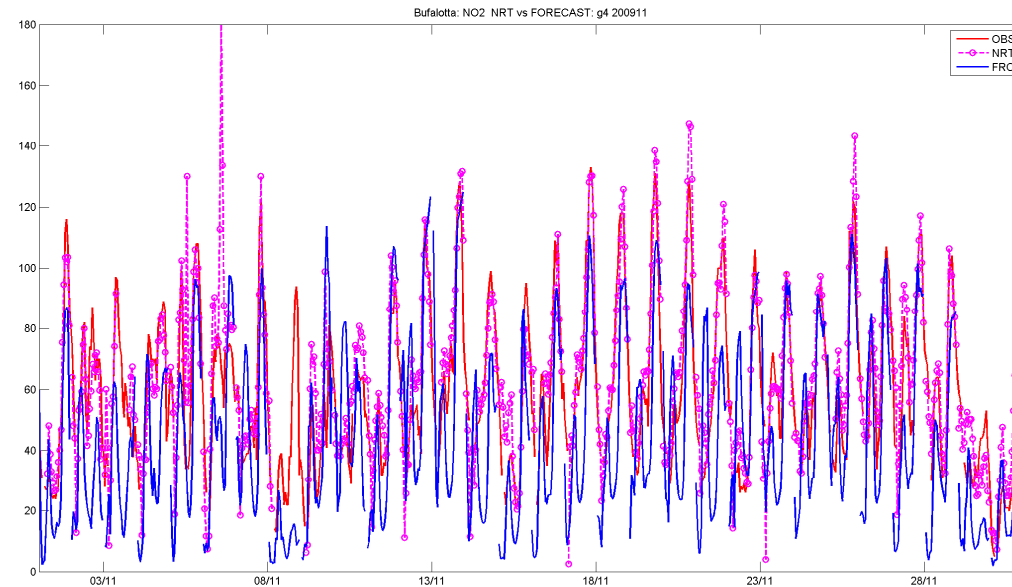
applicazioni



NO<sub>2</sub> – Preneste  
(novembre 2009)

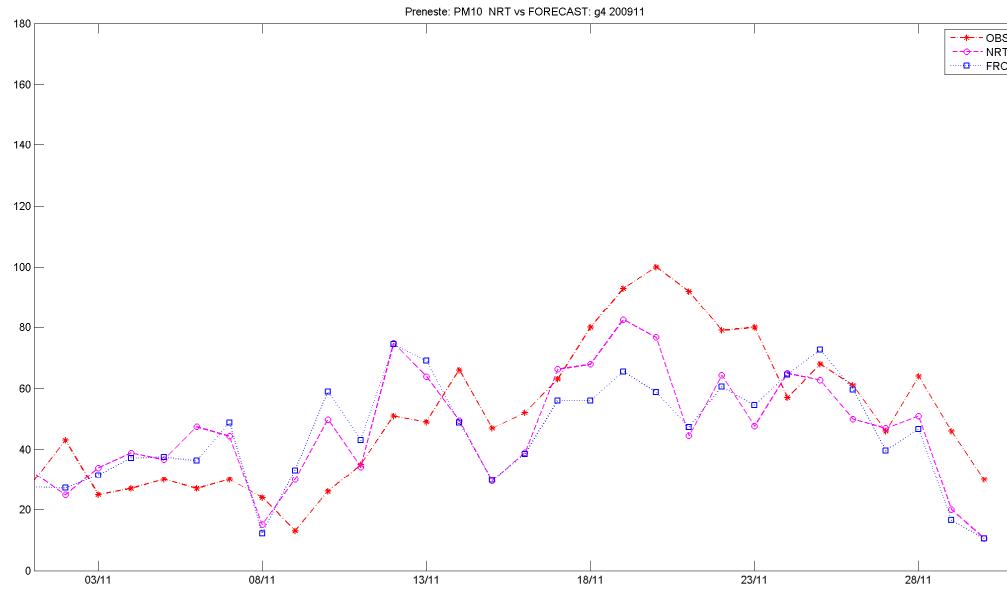
curva rossa → osservazioni;  
curva rosa → NRT;  
curva blu → previsioni

NO<sub>2</sub> – Bufalotta  
(novembre 2009)



# Confronti

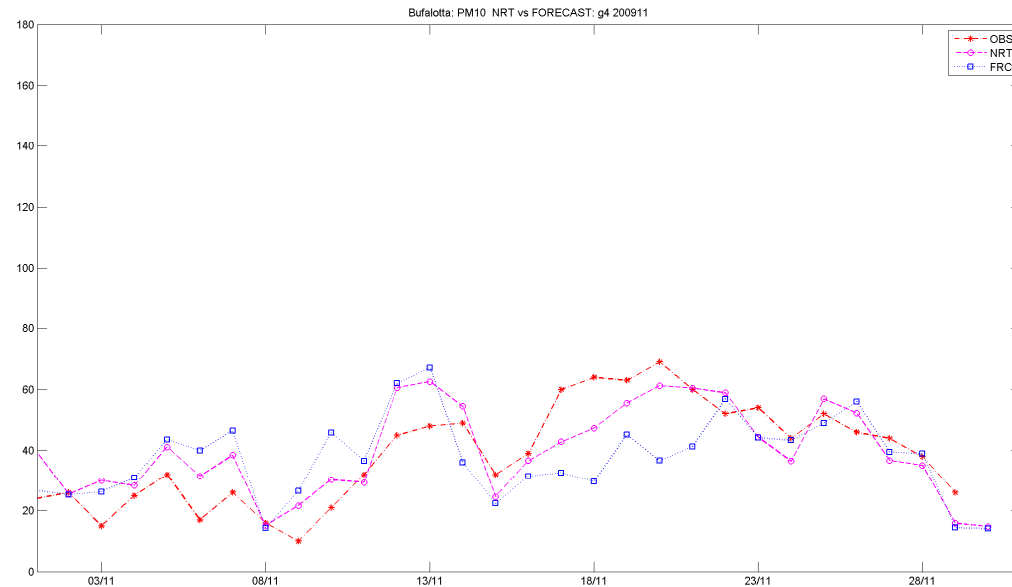
applicazioni



## PM10 – Preneste (novembre 2009)

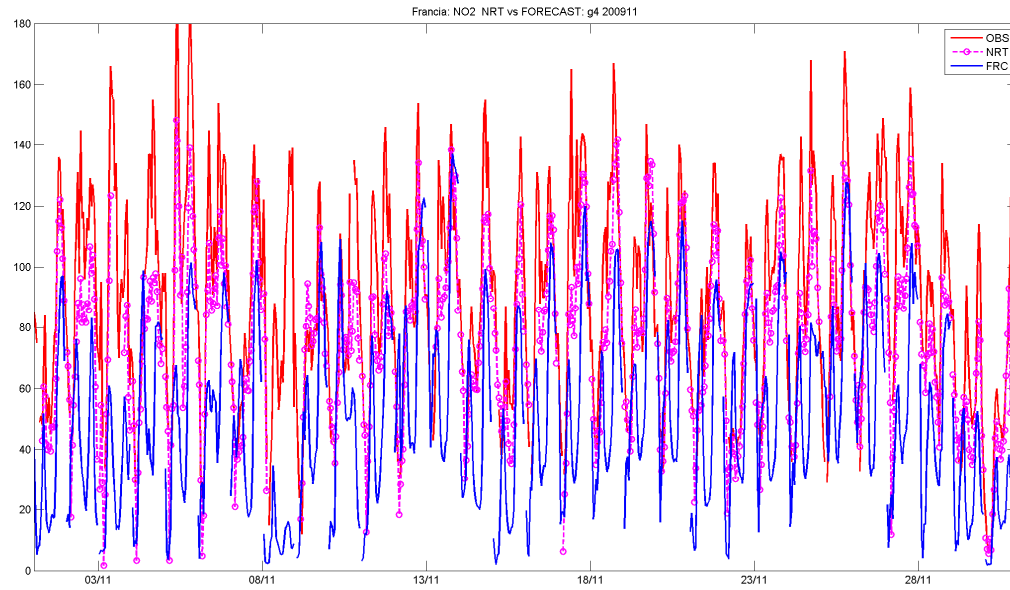
curva rossa → osservazioni;  
curva rosa → NRT;  
curva blu → previsioni

## PM10 – Bufalotta (novembre 2009)



# Confronti

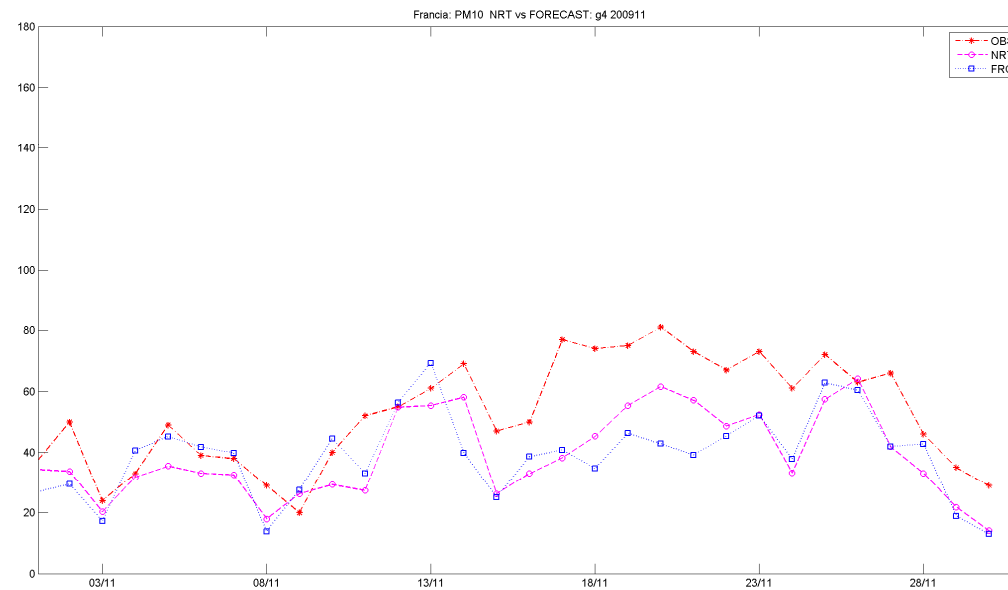
applicazioni



NO<sub>2</sub> – Francia  
(novembre 2009)

curva rossa → osservazioni;  
curva rosa → NRT;  
curva blu → previsioni

PM10 – Francia  
(novembre 2009)



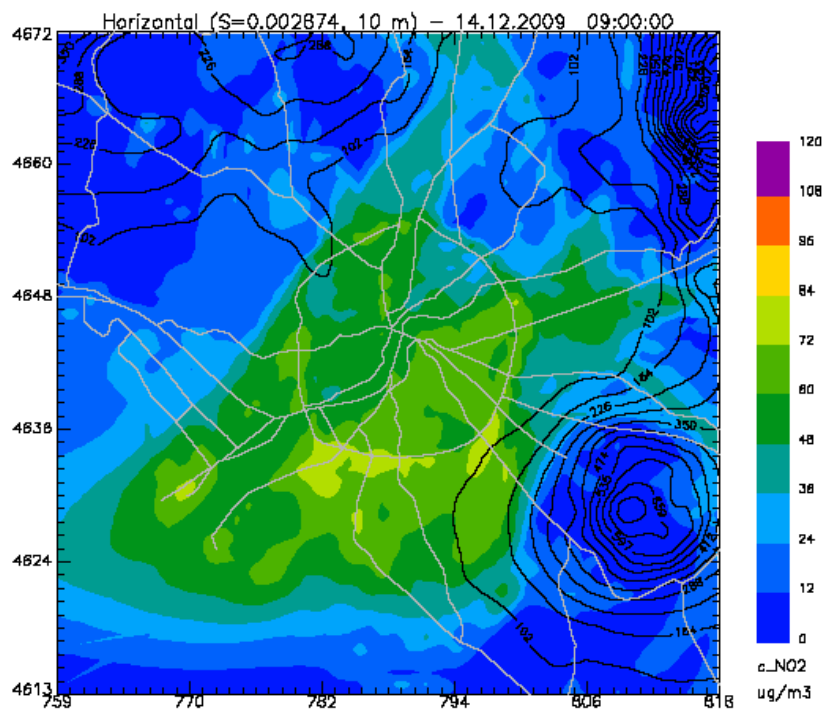
## raggio di influenza

stabilisce un volume di spazio, intorno al punto di misura sia in orizzontale che lungo la verticale, all'interno del quale *si ritiene* che la misura debba influenzare il calcolo della concentrazione ricostruita dal modello

- la tipologia del punto di misura (ad esempio traffico, industriale o di fondo);
- la caratteristica della zona (ad esempio urbana, rurale, suburbana).

Non esiste un criterio standard di assegnazione del raggio di influenza ad ogni punto di misura ma la scelta va fatta per ogni caso specifico in funzione quindi della cosiddetta rappresentatività del punto di misura stesso.

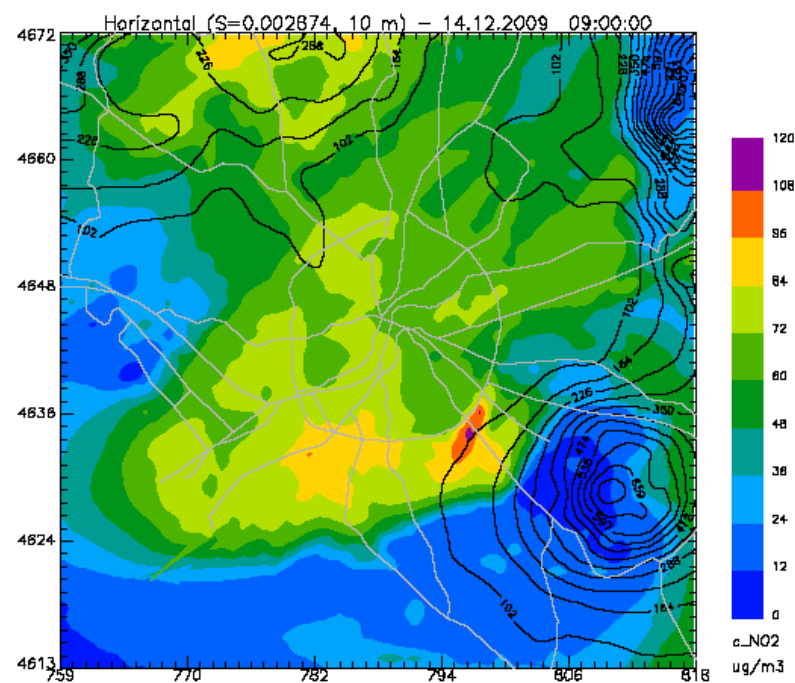
# Confronti



NO<sub>2</sub> - Near Real Time  
(con assimilazione)

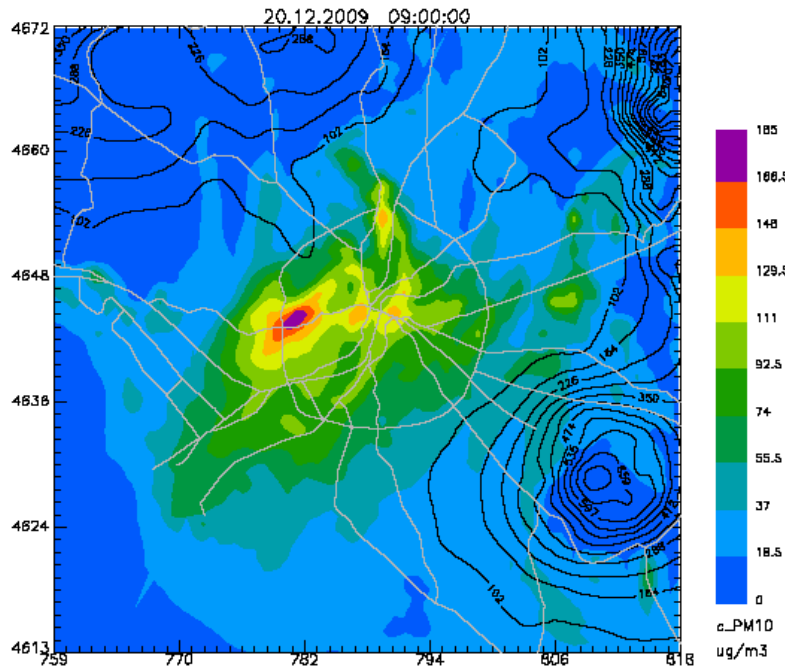


NO<sub>2</sub> - previsionale  
(senza assimilazione)

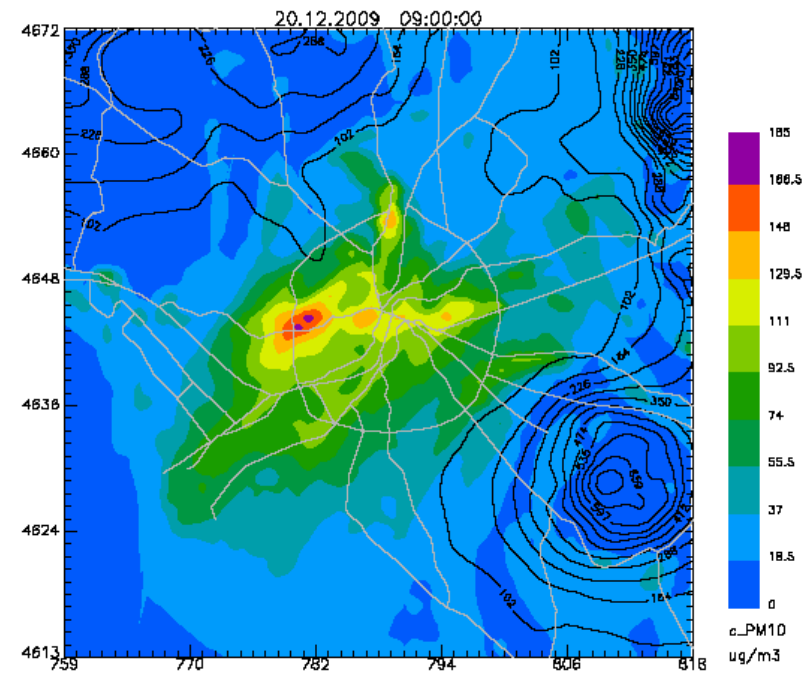


Confronti

applicazioni



← PM10 – previsionale  
(senza assimilazione)



PM10 – Near Real Time  
(con assimilazione)



## Prossimi passi

- Inserimento on line dei risultati del sistema NRT sul dominio di Roma;
- Inserimento on line dei risultati del sistema NRT sul dominio di Frosinone;
- Inserimento on line dei risultati del sistema NRT sul dominio regionale.

Grazie per l'attenzione