



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,  
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

# PMSS nell'esercizio di intercomparazione FAIRMODE WG4: modellistica a microscala in ambiente urbano

Felicità Russo<sup>1</sup>, Daniela Barbero<sup>2</sup>, Gianni Tinarelli<sup>2</sup> e Maria Gabriella Villani<sup>1</sup>

1-ENEA, Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development, SSPT-MET-INAT, 40129 Bologna, Italy.

2-ARIANET, Via Gian Giacomo Gilino, 9, 20128 Milan, Italy



1101 0110 1100  
0101 0010 1101  
0001 0110 1110  
1101 0010 1101  
1111 1010 0000



# Cos'è FAIRMODE e WP4

**FAIRMODE** è un forum per la modellistica della qualità dell'aria presieduto dal JRC, creato per lo scambio di esperienze e risultati della modellistica della qualità dell'aria nel contesto delle [direttive sulla qualità dell'aria](#) e per promuoverne l'uso a fini normativi in modo [armonizzato](#) tra gli Stati membri.

## WG4: Modellistica QA a microscala:

- modellistica della qualità dell'aria ad alta risoluzione spaziale (ordine di qualche metro), solitamente focalizzata sugli ambienti urbani.
- E' sempre più utilizzata nel contesto delle politiche AAQD, a causa dei superamenti dei valori limite AQ in hotspots locali. Necessario: elevata risoluzione spaziale per comprendere le cause e impostare misure specifiche e localizzate per mitigare il problema.

# L'esercizio di intercomparison in Fairmode WG4: contesto generale

La prima attività del WG4 è stata quella di eseguire un esercizio di confronto delle metodologie per ricavare indicatori di concentrazione degli inquinanti (NO<sub>2</sub>) a lungo termine.

In particolare, identificare le migliori pratiche di modellistica su microscala nel contesto dell'AAQD:

- Testare la **robustezza degli approcci** per riprodurre le concentrazioni medie annuali (e altre statistiche AAQD come i percentili)
- Valutazione del ruolo della **meteorologia**
- Specificare **i requisiti di simulazione** in termini di dati di input (es: inventari delle emissioni su microscala, dati meteorologici) e i set di dati di osservazioni per la validazione
- **Fornire indicazioni** per applicazioni di **modelli su microscala nel contesto dell'AAQD** (es. derivazione indicatori di situazione di superamento, area di rappresentatività spaziale delle stazioni di monitoraggio)

# L'esercizio di intercomparazione in Fairmode

• **6 maggio 2016**

- Confronto con i dati di due stazioni AQ (traffico, fondo urbano)

**Serie temporali  
per un giorno con  
concentrazioni  
elevate**

1

• **dal 30 aprile 2016 al  
28 maggio 2016**

- Confronto con i dati di campionatori passivi
- Confronto tra modelli analizzando le mappe 2D delle concentrazioni al suolo

**Mappe di  
concentrazioni  
medie mensili**

2

Science of the Total Environment 925 (2024) 171761



Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/scitotenv](http://www.elsevier.com/locate/scitotenv)



Using dispersion models at microscale to assess long-term air pollution in urban hot spots: A FAIRMODE joint intercomparison exercise for a case study in Antwerp

F. Martín<sup>a,\*</sup>, S. Janssen<sup>b</sup>, V. Rodrigues<sup>c</sup>, J. Sousa<sup>b</sup>, J.L. Santiago<sup>a</sup>, E. Rivas<sup>a</sup>, J. Stocker<sup>d</sup>, R. Jackson<sup>d</sup>, F. Russo<sup>e</sup>, M.G. Villani<sup>e</sup>, G. Tinarelli<sup>f</sup>, D. Barbero<sup>f</sup>, R. San José<sup>g</sup>, J.L. Pérez-Camanyo<sup>g</sup>, G. Sousa Santos<sup>h</sup>, J. Bartzis<sup>i</sup>, I. Sakellaris<sup>j</sup>, Z. Horváth<sup>k</sup>, L. Környei<sup>l</sup>, B. Liszkai<sup>l</sup>, Á. Kovács<sup>l</sup>, X. Jurado<sup>h</sup>, N. Reiminger<sup>h,i</sup>, P. Thunis<sup>m</sup>, C. Cuvelier<sup>m</sup>

<sup>a</sup> CIEMAT, Research Center for Energy, Environment and Technology, Avenida Complutense 40, 28040 Madrid, Spain

<sup>b</sup> VITO NV, Flemish Institute for Research and Technology, Boeretang 200, 2400 Mol, Belgium

<sup>c</sup> CESAM & Department of Environment and Planning, University of Aveiro, 3810-193 Aveiro, Portugal

<sup>d</sup> Cambridge Environmental Research Consultants (CERC), UK

<sup>e</sup> ENEA, Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development, 40129 Bologna, Italy

<sup>f</sup> ARIANET S.r.l., via Crepti 57, 20159 Milano, Italy

<sup>g</sup> Computer Science School, Technical University of Madrid (UPM), Campus de Monteganceda, s/n, 28660 Madrid, Spain

<sup>h</sup> NILU - The Climate and Environmental Research Institute, Norway

<sup>i</sup> University of Western Macedonia (UOWM), Dept. of Mechanical Engineering, Stavara & Bakola Str., 50132 Kozani, Greece

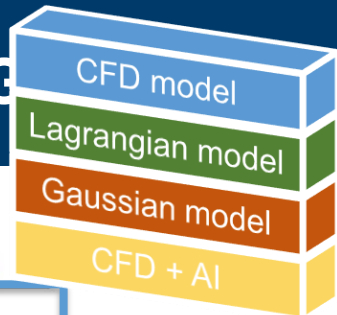
<sup>j</sup> SZE, Szechenyi Istvan University, Győr, Hungary

<sup>k</sup> AIR&D, Strasbourg, France

<sup>l</sup> ICUBE Laboratory, UMR 7357, CNRS/University of Strasbourg, F-67000 Strasbourg, France

<sup>m</sup> European Commission, Joint Research Centre (JRC), Ispra, Italy

# L'esercizio di intercomparazione in Fairmode WG



## Simulazione mensile completa

Description of the models (and model setup) used for directly estimating the monthly average concentrations with full period simulations on an hourly basis.

Institution	VITO	CERC	ENEA	NILU	UPM	SZE
Model Description	ATMOSstreet Gaussian plume (IFDM) with street canyon parameterization (OSPM)	ADMS Quasi-Gaussian	PMSS Mass consistent diagnostic reconstruction + conservation of momentum for meteorology & obstacle aware Lagrangian dispersion	EPISODE 3D grid Eulerian dispersion model with imbedded Gaussian dispersion model	PALM4U CFD-LES	OpenFOAM CFD Unsteady RANS with k-eps turbulence modelling

## Simulazione mensile ricostruita tramite scenari

Description of the models used for making scenario simulations for retrieving monthly average concentrations through scenarios-based approaches.

	VITO	CIEMAT	UOWM	SZE	AIR&D	AIR&D
Model Description	OpenFOAM CFD – RANS steady state	Star CCM+ CFD – RANS steady state	ADREA-HF CFD – RANS steady state	OpenFOAM CFD – RANS steady state	OpenFOAM CFD – RANS unsteady state (time-average after convergence)	FOLLOWAIR Encoder decoder Convolutional Neural Network (CNN) trained on CFD-RANS unsteady averaged results

# Estremi della simulazione

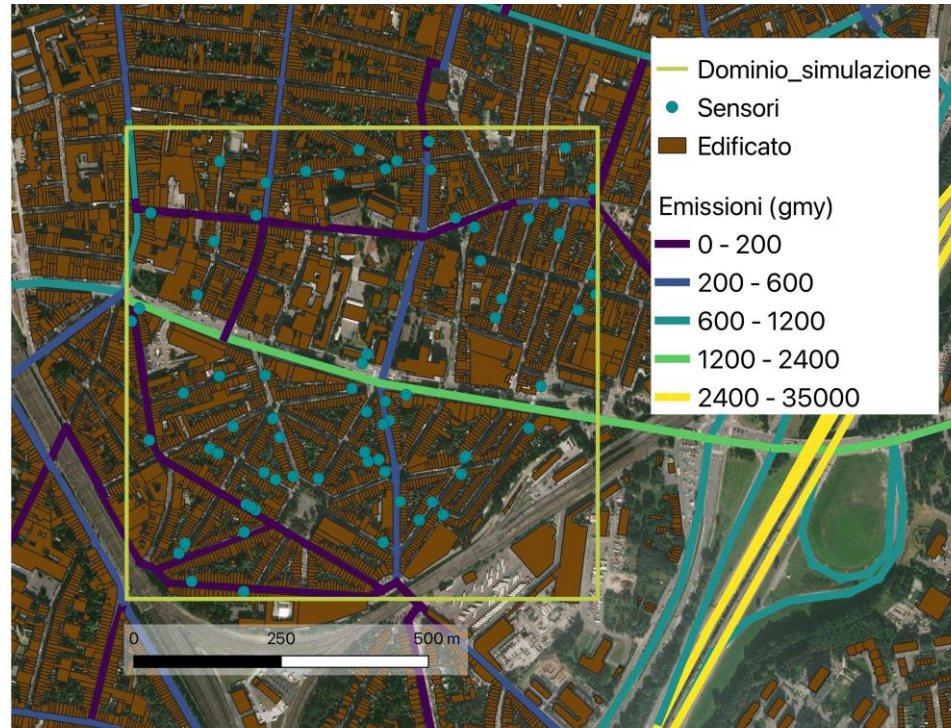
## Dati a disposizione per le simulazioni:

- **Dati meteo orari** della stazione di Antwerp-Luchtbal
- **Emissioni da traffico:** emissioni medie annue strada per strada, profili temporali
- Informazioni sulla disposizione e sulla volumetria degli **edifici**
- **Concentrazioni di background orarie:** simulate con il modello statistico di interpolazione RIO

## Simulazione con PMSS:

- Ricostruzione delle emissioni orarie con **EMMA**
- Risoluzione orizzontale **3 metri**
- **Simulazione di NO<sub>x</sub>, conversione in NO<sub>2</sub>** usando una versione **semplificata** della relazione usata dal modello RIO.

## Anversa (Belgio) - Dominio di 800x800 m<sup>2</sup>



# Risultati Fase 1 – Simulazione del 6 maggio 2016

Calcolo delle medie orarie per ciascun modello con confronto puntuale con i dati misurati dalle due stazioni

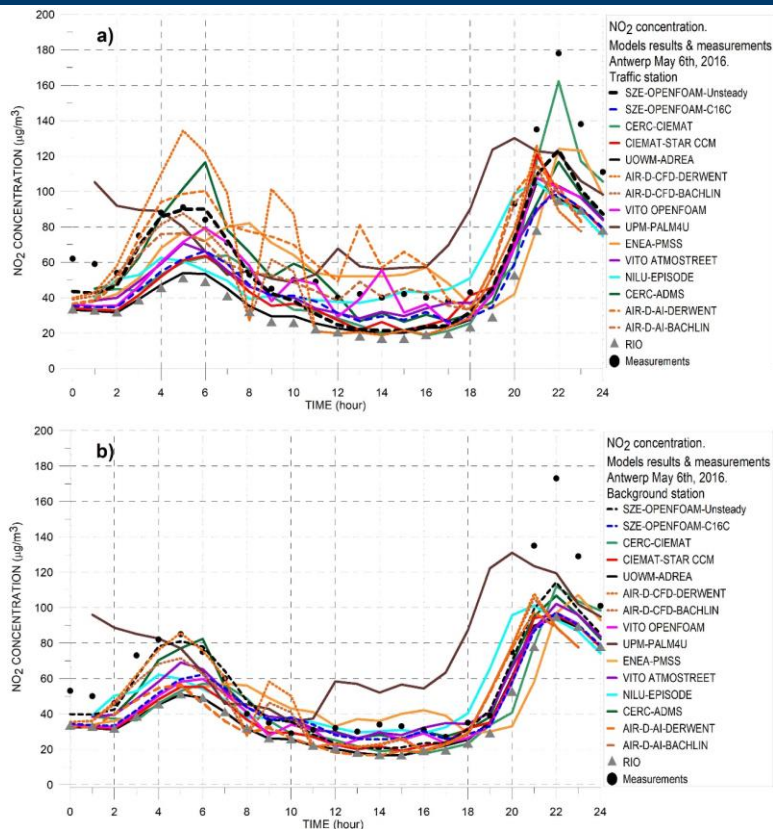
## Risultati:

La maggior parte dei modelli:

- **riproduce adeguatamente** l'evoluzione temporale ( $R^2 > 0.70$  per entrambe le stazioni)
- **sottostima** leggermente le concentrazioni
- simula le concentrazioni della **stazione di background in modo più accurato rispetto a quelle della stazione di traffico**

## Picco serale

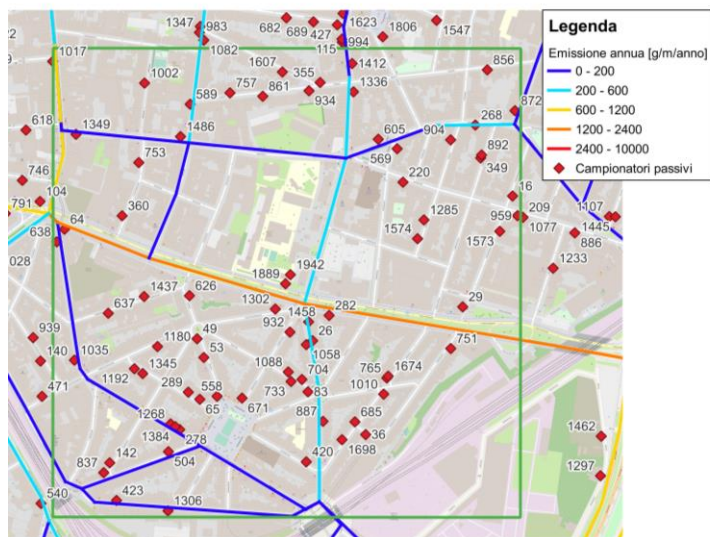
- Riprodotto temporalmente, ma sottostimato (mediamente di  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- Evento molto localizzato e transitorio



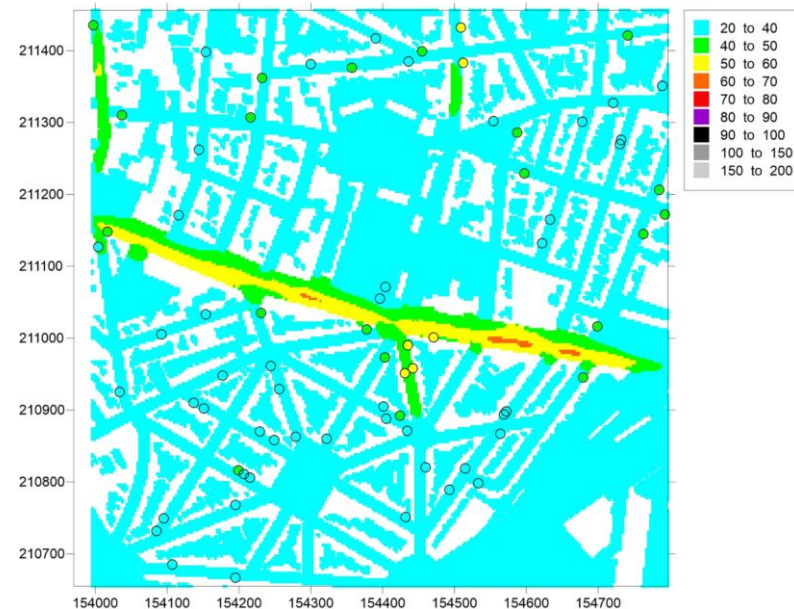
# Risultati Fase 2 – Simulazione dal 30-04-2016 al 28-05-2016

Calcolo della media mensile  $\text{NO}_2$  per ciascun modello e campionatore passivo:

- Confronto puntuale
- Capacità nel riprodurre la distribuzione spaziale di concentrazione



ENEA - STEP 2.2



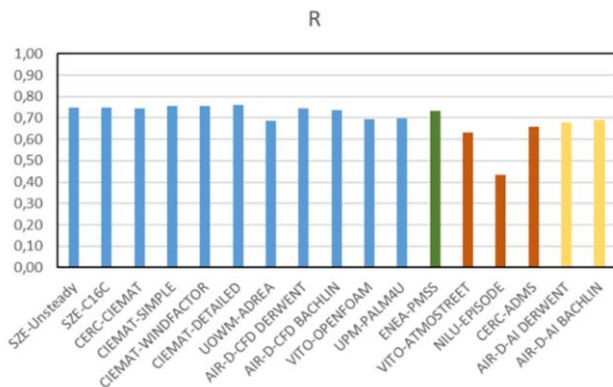
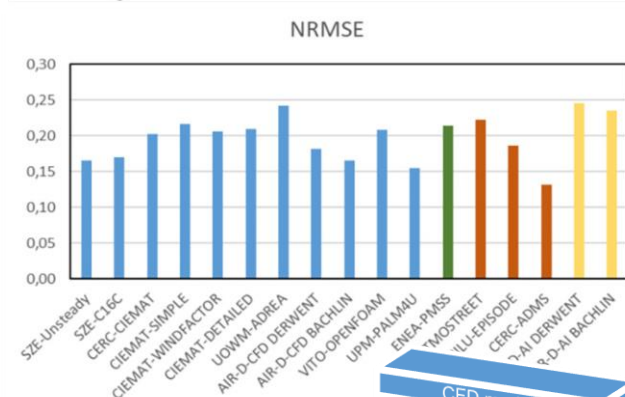
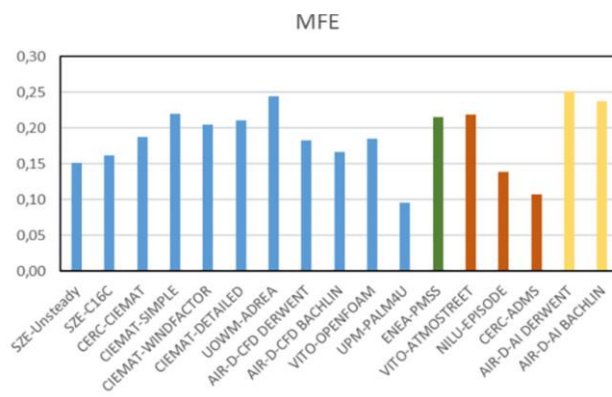
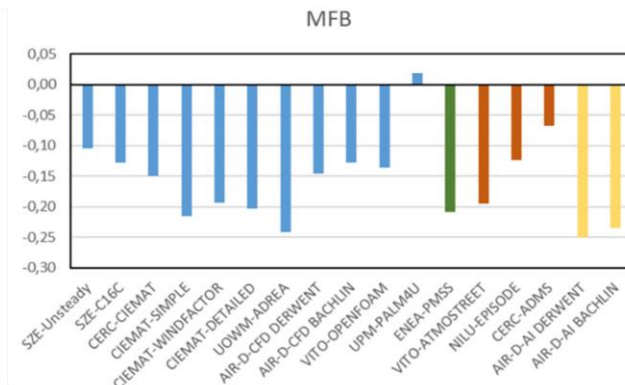
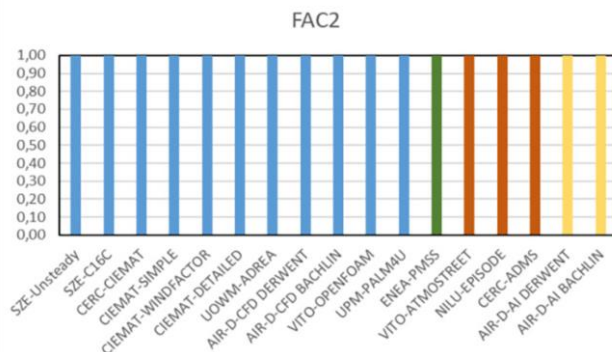


# Risultati Fase 2 – Simulazione dal 30-04-2016 al 28-05-2016

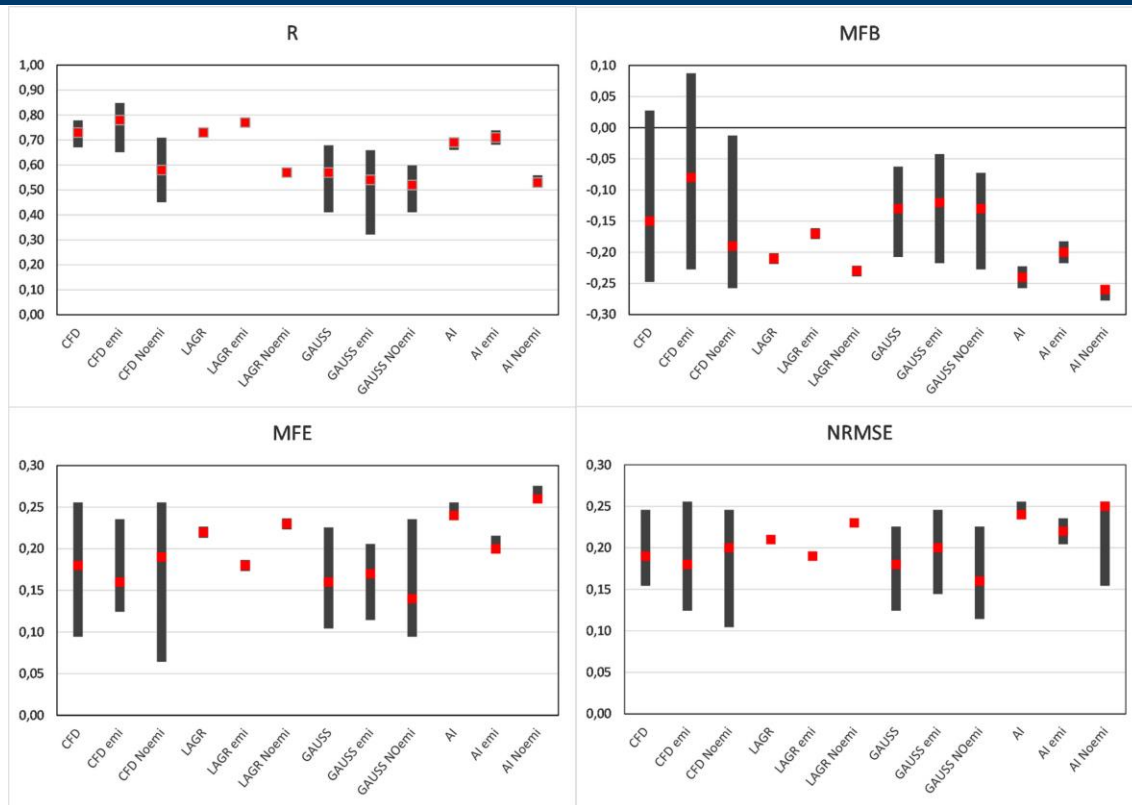
## Medie mensili (puntuali) sui campionatori:

La maggior parte dei modelli:

- **riproduce adeguatamente** l'evoluzione temporale ( $R^2 > 0.60$ )
- Sottostima leggera
- risultati migliori rispetto a quelli ottenuti per la serie temporale oraria



# Risultati Fase 2 – Simulazione dal 30-04-2016 al 28-05-2016



## Risultati, confronto puntuale:

Raggruppati per:

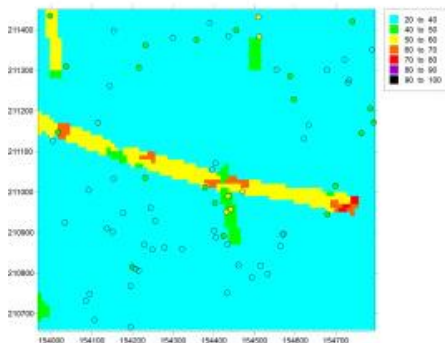
- tipologia di modello (*CFD*, *LAGR*, *GAUSS*, *AI*)
- campionatori passivi in corrispondenza di strade con dati emissivi (*emi*) o senza (>60%) (*NOemi*)

→ I risultati di PMSS sono comparabili a quelli ottenuti da modelli CFD

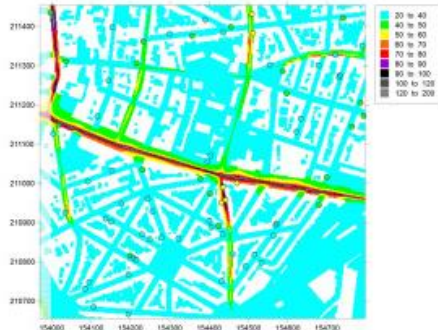
→ I risultati di modelli **CFD**, **Lagrangiani** e **AI** migliorano sensibilmente se si utilizzano per il confronto solo i dati dei campionatori localizzati su strade con dati emissivi

# Risultati Fase 2 – Simulazione dal 30-04-2016 al 28-05-2016

VITO-ATMOSTREET - STEP 2.2



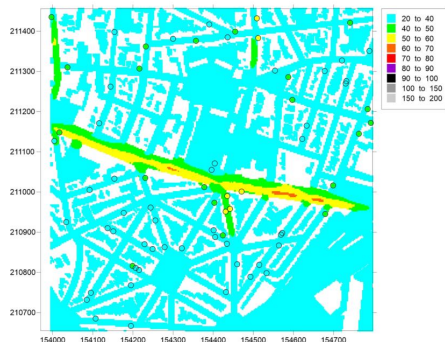
SZE - Unsteady - STEP 2



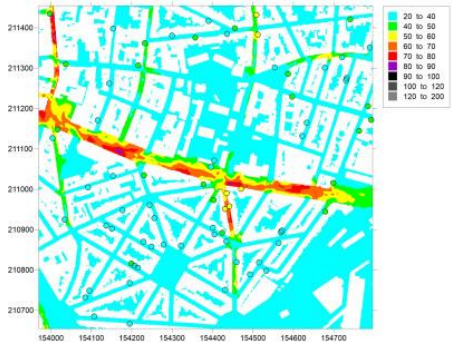
## Risultati per la distribuzione spaziale:

- Modelli gaussiani riproducono adeguatamente solo gli hotspot principali
- PMSS ottiene rappresentazioni spaziali molto simili a quelli ottenuti da modelli CFD
- CFD+AI ottiene rappresentazioni spaziali abbastanza simili a quelli ottenuti da modelli CFD

ENEA - STEP 2.2



AIR-D-CFD-DERWENT - STEP 2.2



# Conclusioni

- Analisi oraria di NO<sub>2</sub>: la maggior parte dei modelli sono in grado di riprodurre abbastanza bene l'evoluzione temporale per un giorno di inquinamento relativamente alto.
- Medie mensili di NO<sub>2</sub>: in genere sottostimate dalla maggior parte dei modelli, tuttavia la distribuzione spaziale è abbastanza bene rappresentata da molti approcci, nonostante differenze importanti nel riprodurre gradienti di concentrazione.
- Necessità di avere a disposizione inventari emissivi accurati, dettagliati e alla risoluzione dei modelli per la riproduzione ad alte risoluzioni spaziali di inquinamento atmosferico in hot-spots urbani.
- Più il modello è complesso e tiene conto della morfologia urbana e dei flussi atmosferici associati, più realistica risulta la riproduzione spaziale delle concentrazioni di NO<sub>2</sub>.

Con PMSS:

- **risultati comparabili con quelli di modelli CFD**
- **costi computazionali contenuti: possibilità di svolgere simulazioni annuali**

# Sviluppi futuri

1. Risultati della simulazione annuale:

*Prevista scrittura di un secondo articolo scientifico*

2. Analisi dei risultati per valutare la rappresentatività spaziale delle stazioni e le aree di superamento dei limiti di legge

*Presentazione orale ad HARMO22 dal titolo*

*«FAIRMODE WG4 Intercomparison Exercise of Urban Microscale Models: Spatial Representativeness and Limit Value Exceedances Areas»*

Per informazioni:  
felicita.russo@enea.it  
d.barbero@aria-net.it  
g.tinarelli@aria-net.it  
mariagabriella.villani@enea.it



**GRAZIE PER L'ATTENZIONE !**