

XII Giornata della Modellistica in ARIA(NET)

DISPERSIONE DEGLI ODORI

Confronto tra i diversi modelli

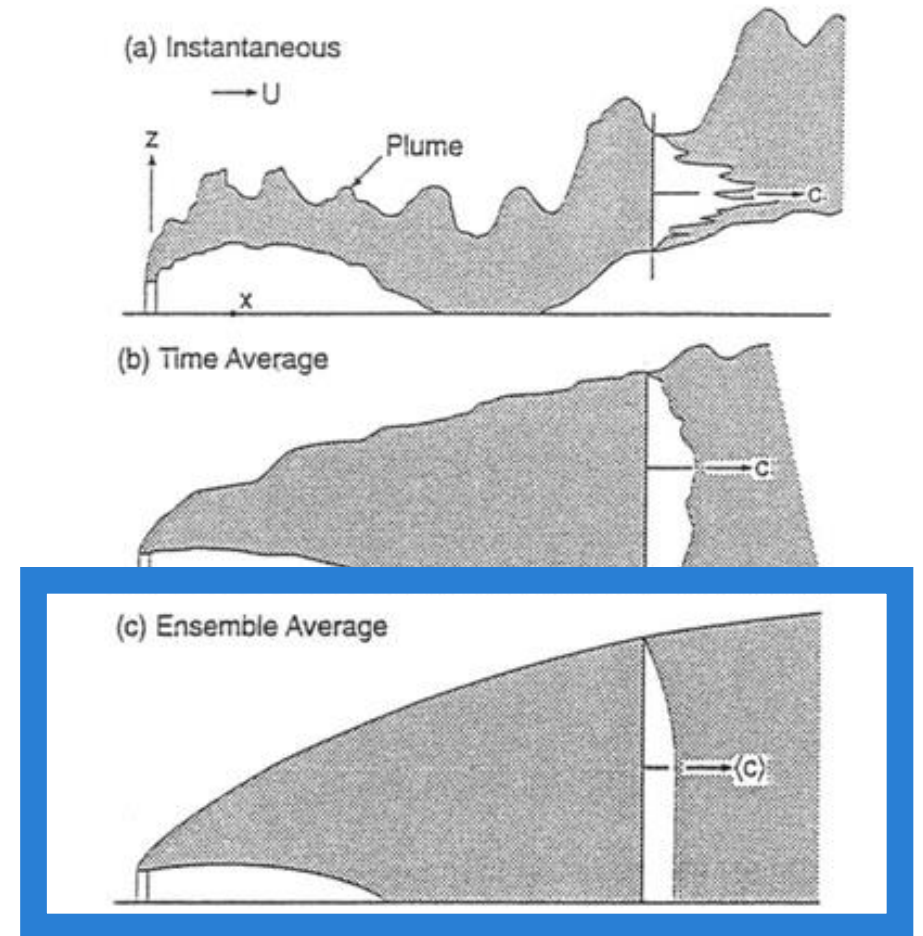


Dispersion degli odori

La molestia olfattiva è percepita da un individuo attraverso un **singolo atto respiratorio**, della durata di circa 5 secondi.

È quindi necessario **modellare i valori "istantanei" della concentrazione** (o almeno ad una frequenza dell'ordine di 5 secondi).

Questo tipo di quantità fisica non è direttamente simulata dai modelli comunemente utilizzati nel quadro di applicazioni nel campo degli odori.



Dispersione degli odori: normative

- Disposizioni locali/regionali:

Prassi comune: **peak-to-mean statico** (2.3*concentrazione media oraria)



- **SNPA 2025**: “Emissioni odorigene: elementi di riferimento e approcci metodologici per il monitoraggio”

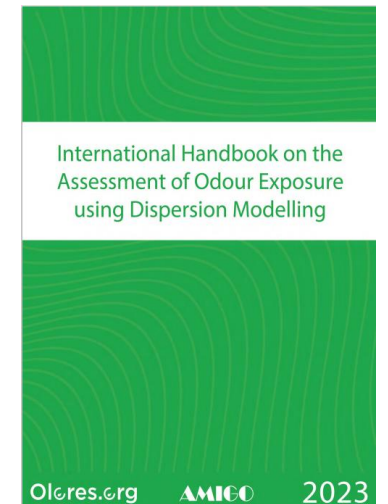
EMISSIONI ODORIGENE:
ELEMENTI DI RIFERIMENTO
E APPROCCI METODOLOGICI
PER IL MONITORAGGIO

Delibera del Consiglio SNPA n.268/25 del 23.01.2025

Riferimento a nuovi approcci, di tipo avanzato che si basano sulla stima del **peak-to-mean dinamico**

- Riferimento a livello internazionale:

“International Handbook on the Assessment of Odour Exposure using Dispersion Modelling”



AGENDA

Introduzione

Caso test

Peak-to-mean statico:
confronto tra modelli

Peak-to-mean dinamico:
confronto tra
metodologie

Conclusioni

CASO TEST

- Emissioni di **odore**
- Sorgenti **puntuali calde**
- Simulazione **a scala locale** (100 m)
- **Building downwash**
 - Stack downwash in CALPACT
 - Schulman-Scire in CALPUFF
 - LEVEL 2 in SPRAY
- Orografia complessa
- Simulazione **annuale**
- Calcolo del **98° percentile** delle concentrazioni di picco

PEAK-TO-MEAN STATICO

Confronto tra modelli

CALPACT

Gaussiano

CALPUFF*

Lagrangiano a puff

SPRAY

Lagrangiano a particelle

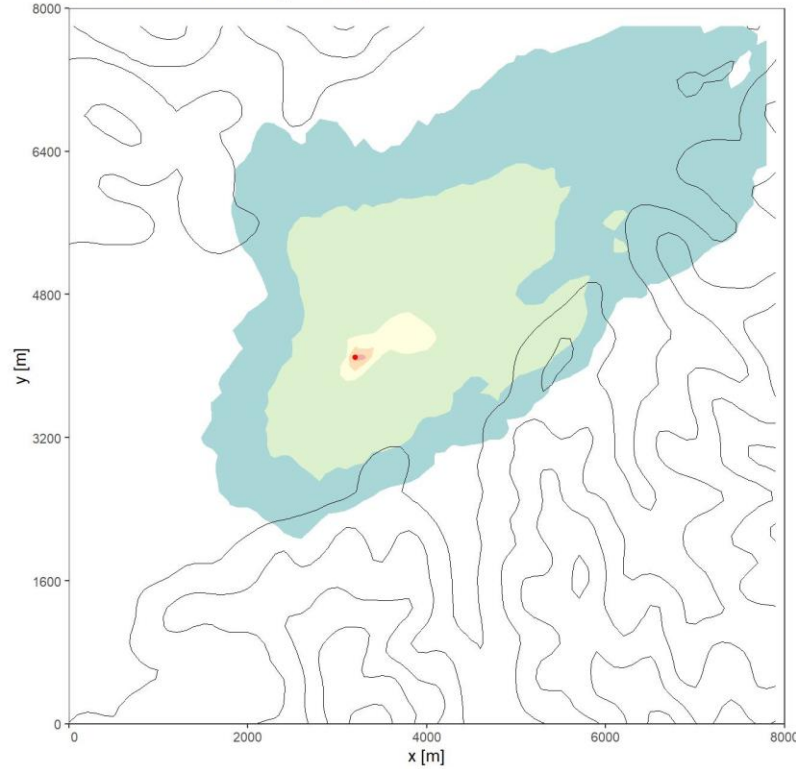


*Simulazione fornita da SUEZ Air & Climate Spanish team

Peak-to-mean statico: confronto tra modelli

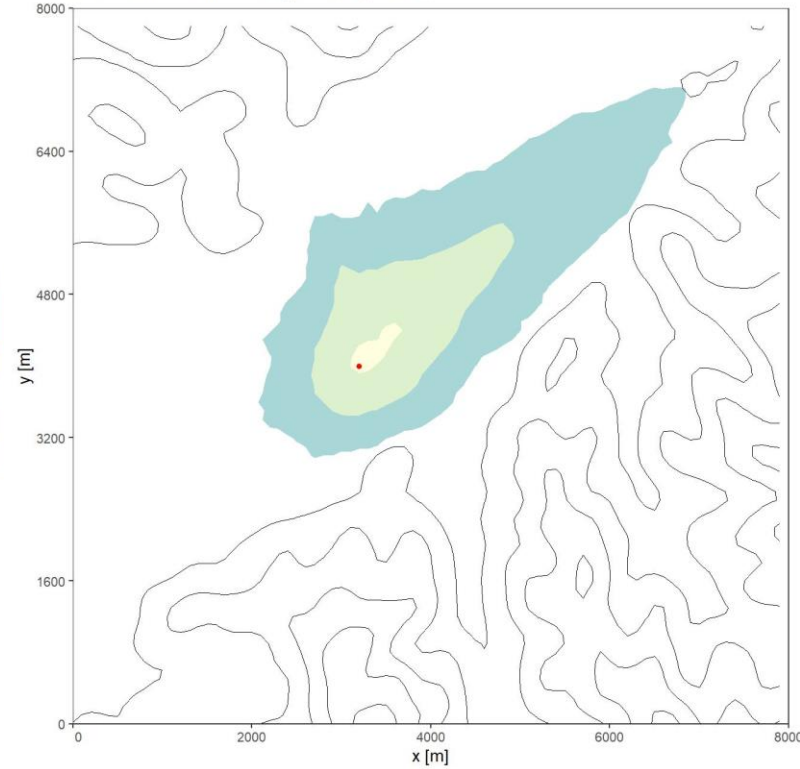
CALPACT

UO, 98 percentile delle concentrazioni orarie di picco
Massimo nel dominio = 2.44 , X= 3200 , Y= 4100



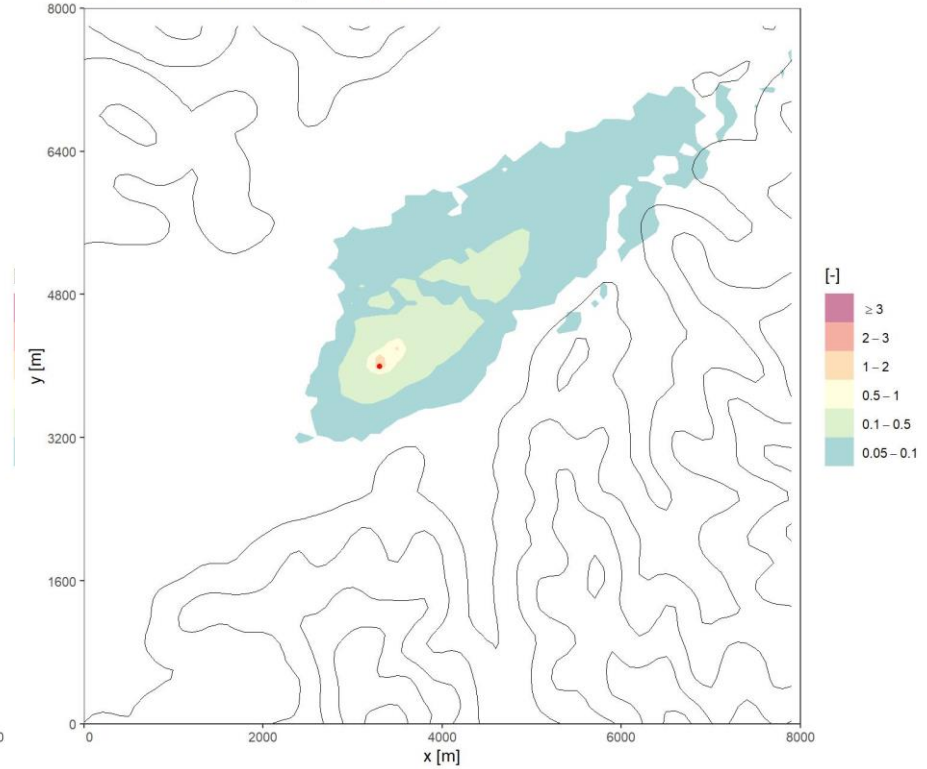
CALPUFF

UO, 98 percentile delle concentrazioni orarie di picco
Massimo nel dominio = 1.00 , X= 3200 , Y= 4000



SPRAY

UO, 98 percentile delle concentrazioni orarie di picco
Massimo nel dominio = 1.32 , X= 3300 , Y= 4000



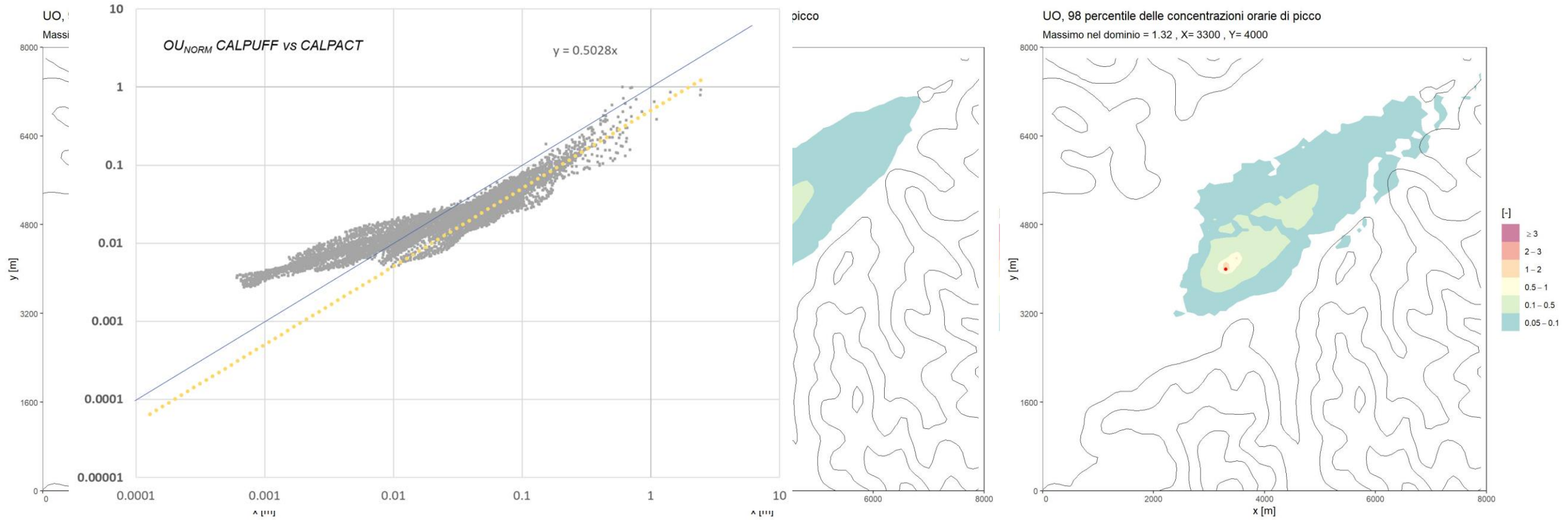
Concentrazioni al suolo in UO/m³ normalizzate rispetto alla concentrazione massima di CALPUFF

Peak-to-mean statico: confronto tra modelli

CALPACT

CALPUFF

SPRAY

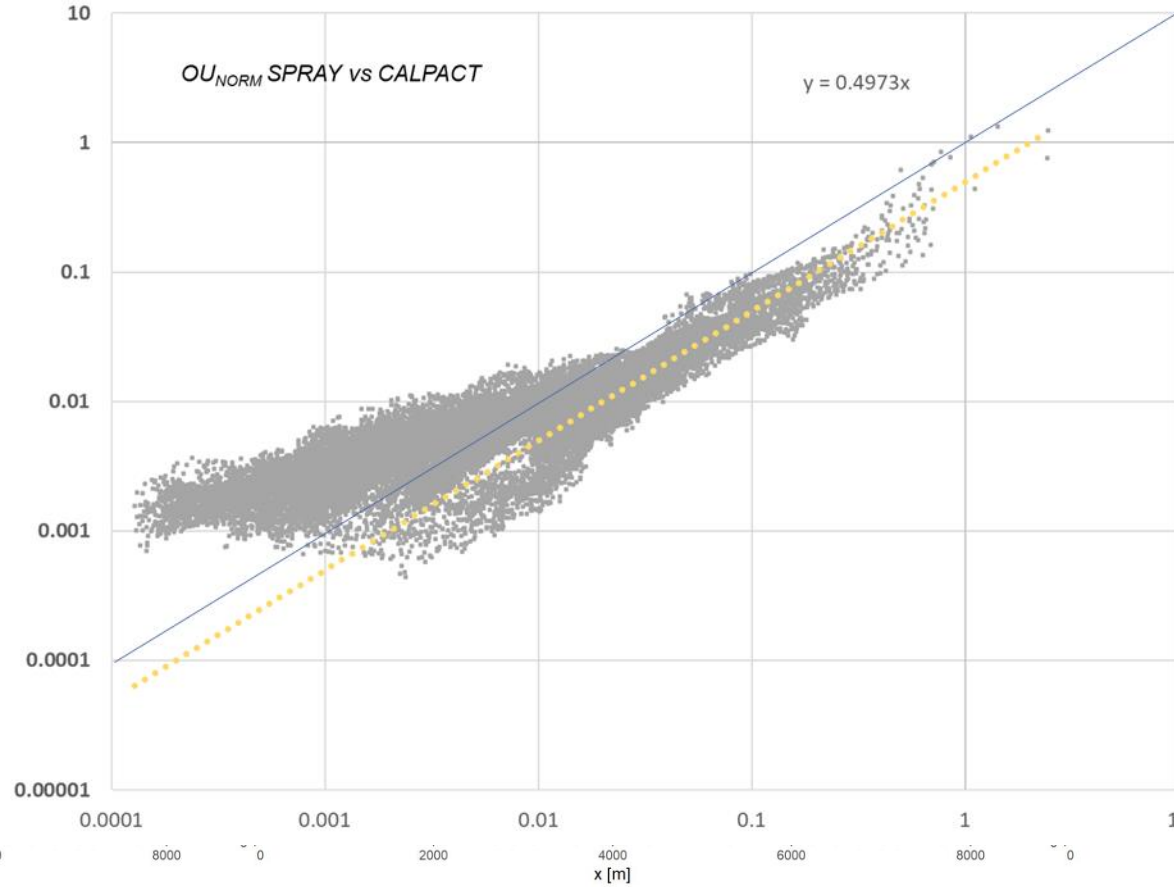
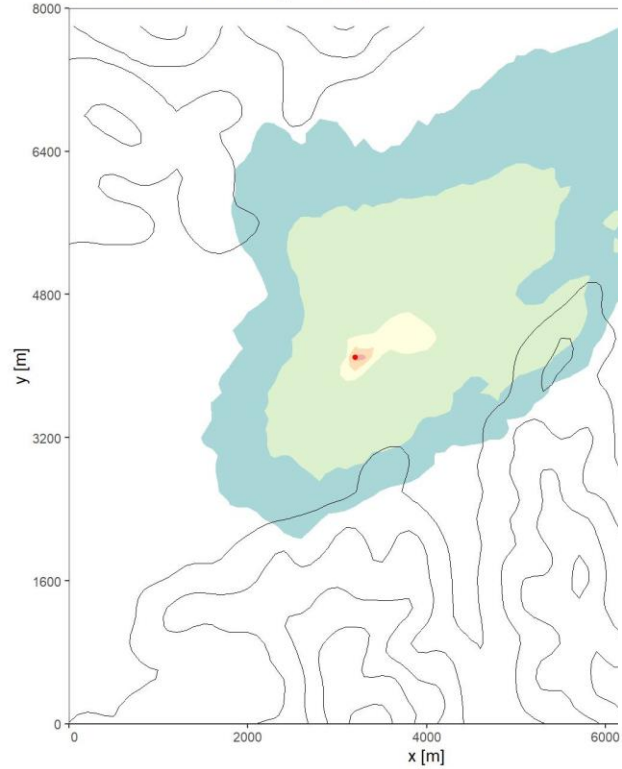


Concentrazioni al suolo in UO/m^3 normalizzate rispetto alla concentrazione massima di CALPUFF

Peak-to-mean statico: confronto tra modelli

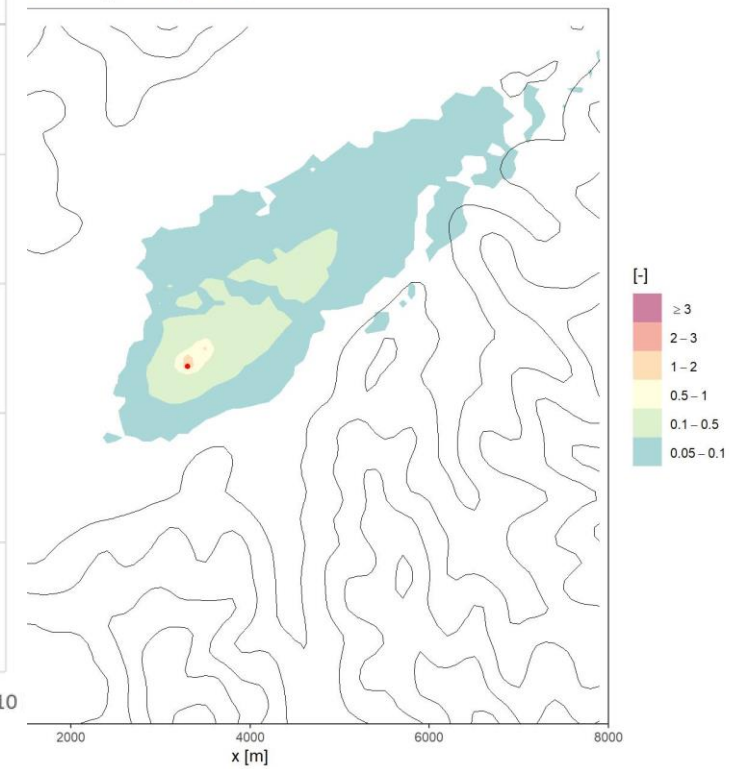
CALPACT

UO, 98 percentile delle concentrazioni orarie di picco
Massimo nel dominio = 2.44 , X= 3200 , Y= 4100



SPRAY

le delle concentrazioni orarie di picco
nio = 1.32 , X= 3300 , Y= 4000

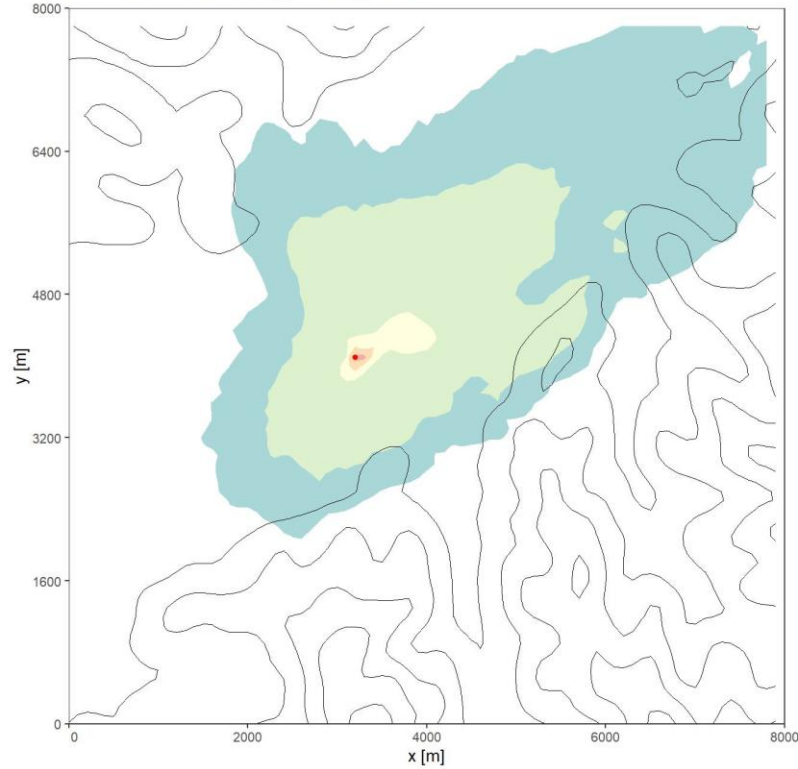


Concentrazioni al suolo in UO/m^3 normalizzate rispetto alla concentrazione massima di CALPUFF

Peak-to-mean statico: confronto tra modelli

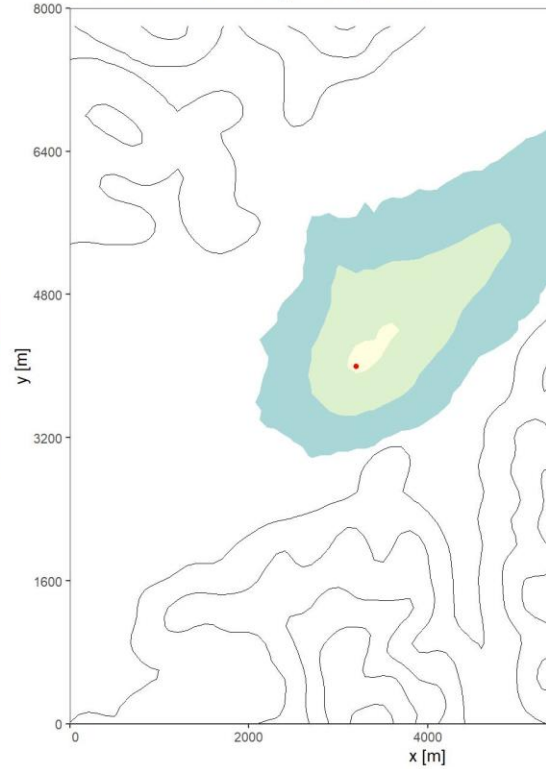
CALPACT

UO, 98 percentile delle concentrazioni orarie di picco
Massimo nel dominio = 2.44 , X= 3200 , Y= 4100



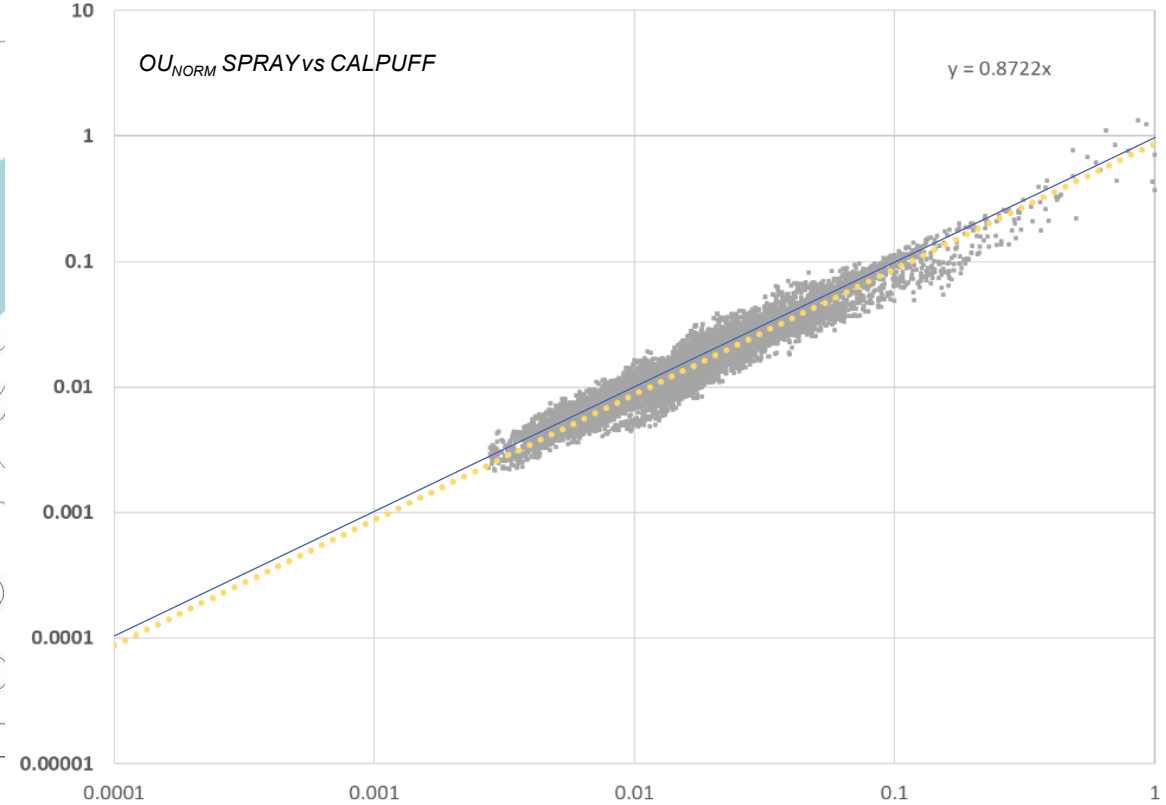
CALPUFF

UO, 98 percentile delle concentrazioni orarie di picco
Massimo nel dominio = 1.00 , X= 3200 , Y= 4000



SPRAY

UO, 98 percentile delle concentrazioni orarie di picco



Concentrazioni al suolo in UO/m³ normalizzate rispetto alla concentrazione massima di CALPUFF

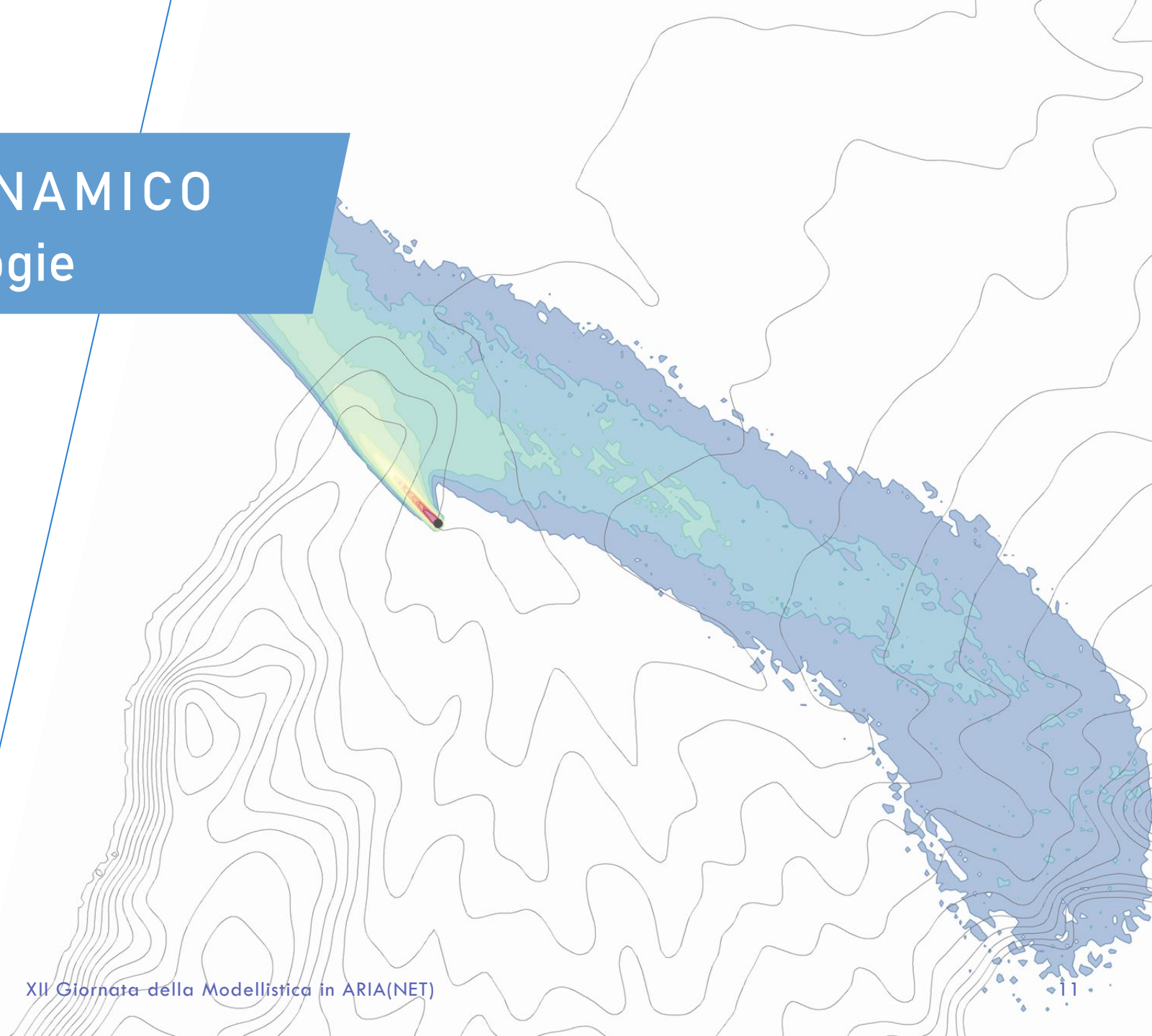
PEAK-TO-MEAN DINAMICO

Confronto tra metodologie

PEAK-TO-MEAN
LONGITUDINALE

**METODO DI TRASPORTO
DELLA VARIANZA**

**METODO DI
MICROMIXING**



PEAK-TO-MEAN DINAMICO

Confronto tra metodologie

PEAK-TO-MEAN
LONGITUDINALE

**METODO DI TRASPORTO
DELLA VARIANZA**

**METODO DI
MICROMIXING**

Vi sono inoltre “nuovi” approcci, di tipo “avanzato”, almeno allo stato attuale, che sono in una fase di attiva ricerca e sviluppo e, fatta eccezione per pochi casi applicativi, non trovano per ora una traduzione operativa nella comune pratica delle valutazioni di impatto odorigeno. Si citano ad esempio **modelli di trasporto della varianza**, modelli a pennacchio fluttuante, **modelli di micromixing**, modelli lagrangiani a due particelle.



**EMISSIONI ODORIGENE:
ELEMENTI DI RIFERIMENTO
E APPROCCI METODOLOGICI
PER IL MONITORAGGIO**

Delibera del Consiglio SNPA n.268/25 del 23.01.2025

Peak-to-mean dinamico

Entrambi i metodi si basano sulla **stima dei valori di concentrazione di picco c mediante il calcolo della varianza di concentrazione σ_c .**

Una volta che la **concentrazione media $\langle C \rangle$ e σ_c sono noti**, supponendo che il comportamento statistico della concentrazione può essere descritto da una distribuzione di due parametri, c può essere stimato attraverso un **percentile della distribuzione** (tipicamente il 98°).

Peak-to-mean dinamico

METODO DI TRASPORTO DELLA VARIANZA

Considerando $C = \langle C \rangle + c'$ e l'equazione generale di trasporto for c'^2 :

$$\frac{\overline{\partial c'^2}}{\partial t} + U_j \frac{\overline{\partial c'^2}}{\partial x_j} = -2v_c \overline{\left(\frac{\partial c'}{\partial x_j}\right)^2} - \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\overline{u'_j c'^2} \right) - 2\overline{u'_j c'} \frac{\partial \langle C \rangle}{\partial x_j}$$

Trascurando il termine di trasporto e il termine di diffusione, l'equazione si reduce a:

$$\frac{\overline{\partial c'^2}}{\partial t} = -2\sigma_{ui} T_{Li} \left(\frac{\partial \langle C \rangle}{\partial x_j} \right)^2 - \frac{\overline{c'^2}}{2T_{Lw}}$$

la cui soluzione analitica è:

$$\overline{c'^2} = 2\sigma_{ui} T_{Li} (2T_{Lw}) \left(\frac{\partial \langle C \rangle}{\partial x_j} \right)^2$$

Il peak-to-mean viene stimato da $\langle C \rangle$ e $\overline{c'^2}$ calcolati in ogni punto ipotizzando una PDF Gamma.

Oetl and Ferrero (2017): A simple model to assess odour hour for regulatory purposes, *Atmospheric Environment*, G155, 162-173

METODO DI MICROMIXING

Viene introdotta una terza equazione correlata alle particelle (oltre a quelle relative a posizione e velocità), che descrive la concentrazione c_p di ogni particella:

$$dc_p = \varphi(c_p, \mathbf{X}, \mathbf{U}, t) dt$$

Si suppone quindi che le particelle non conservino la loro concentrazione iniziale, simulando la microscelazione (miscelazione dovuta alla diffusività molecolare) attraverso la variazione nel tempo del volume inizialmente assegnato ad ogni particella emessa. Quindi, durante un dt , la concentrazione si evolve:

$$dc_p = \left(\frac{c_p - \langle C(\mathbf{X}_p, t) \rangle}{\tau_m} \right) dt \quad V_p(t + dt) = V_p(t) \left(\frac{c_p(t)}{c_p(t) + dc_p} \right)$$

da cui si può ricavare:

$$\overline{c'^2} = \sum_{p=1}^N \frac{c_p^2 V_p}{V}$$

Il peak-to-mean viene stimato da $\langle C \rangle$ e $\overline{c'^2}$ calcolati in ogni punto ipotizzando una PDF Gamma.

Cassiani M. (2013): The Volumetric Particle Approach for Concentration Fluctuations and Chemical Reactions in Lagrangian Particle and Particle-grid Models, *Boundary-Layer Meteorology*, 146, 207-233

Peak-to-mean dinamico

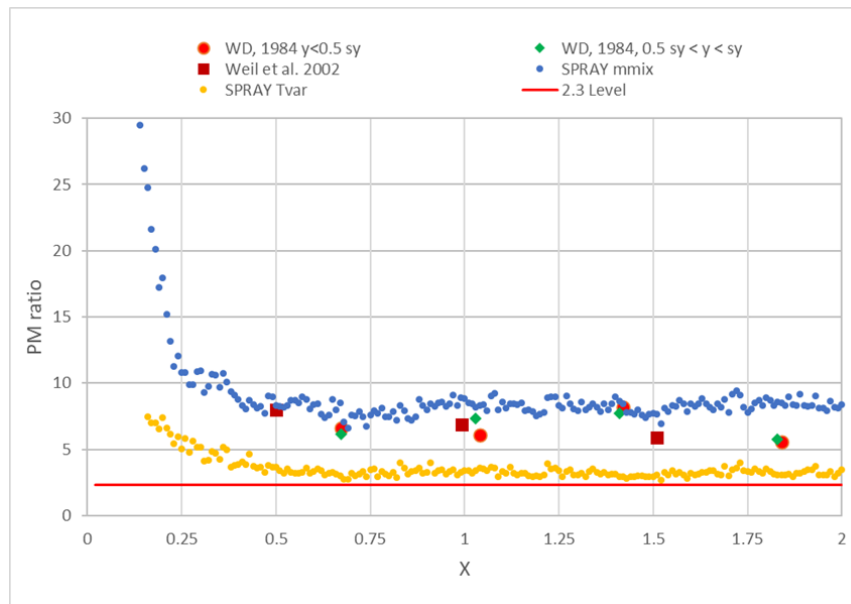
Entrambi i metodi sono stati validati utilizzando dati da esperimenti controllati che riportano informazioni numeriche circa l'intensità di fluttuazione $\sigma_c / \langle C \rangle$ per applicazioni su materiale tossico/esplosivo.

→ Esperimenti in condizioni controllate (serbatoi d'acqua in condizioni instabili)

Implementation of a Simplified Micromixing Model Inside a Lagrangian Particle Dispersion Code for the Estimation of Concentration Variances and Peaks

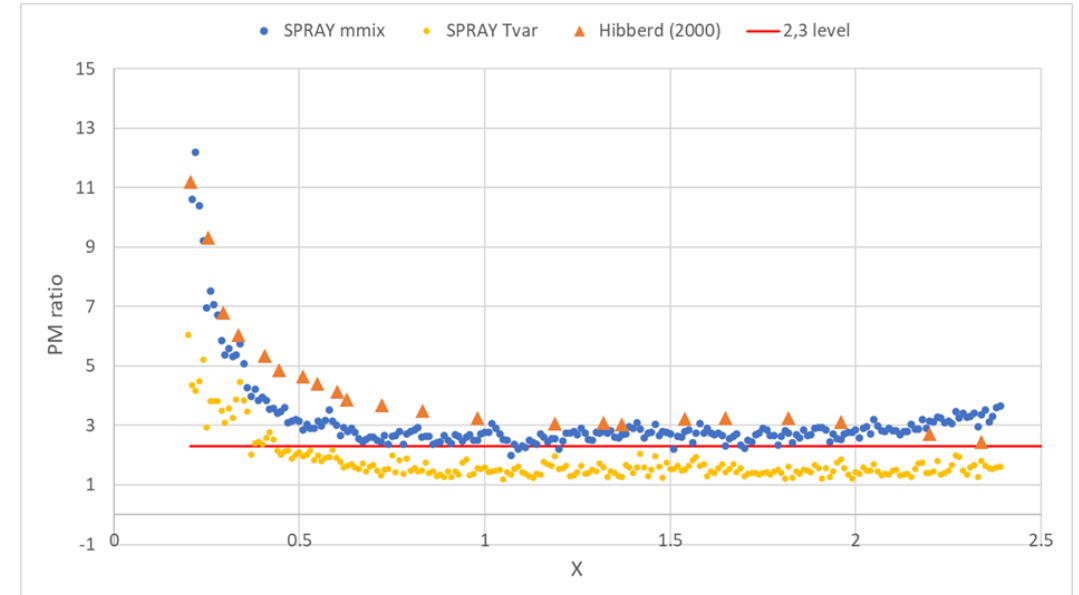
Willis and Deardorff and Weil

Dati al suolo, lungo il centro del pennacchio



Hibberd

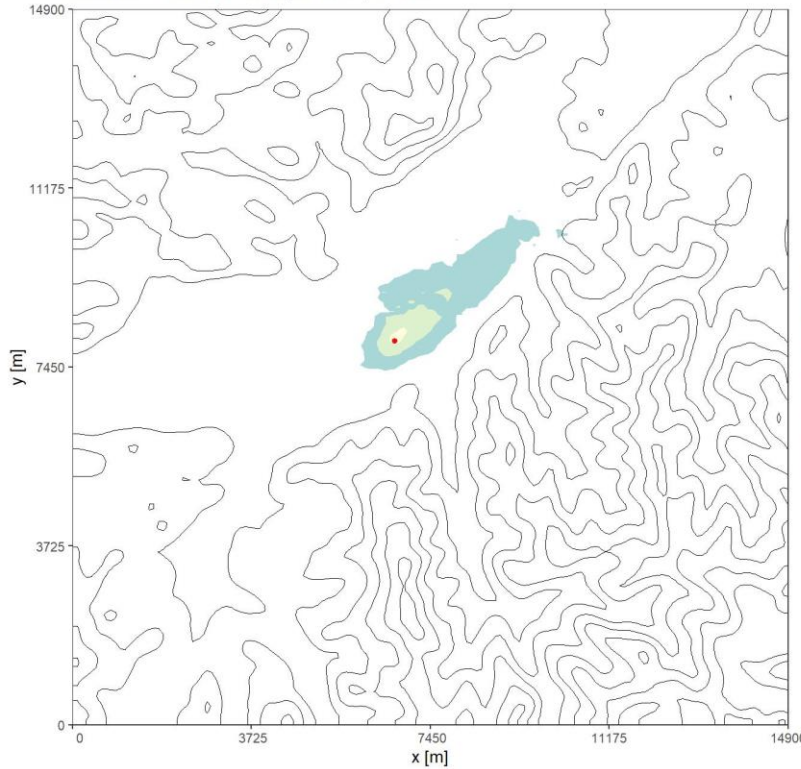
Dati al suolo, lungo il centro del pennacchio



Peak-to-mean dinamico: confronto tra metodologie

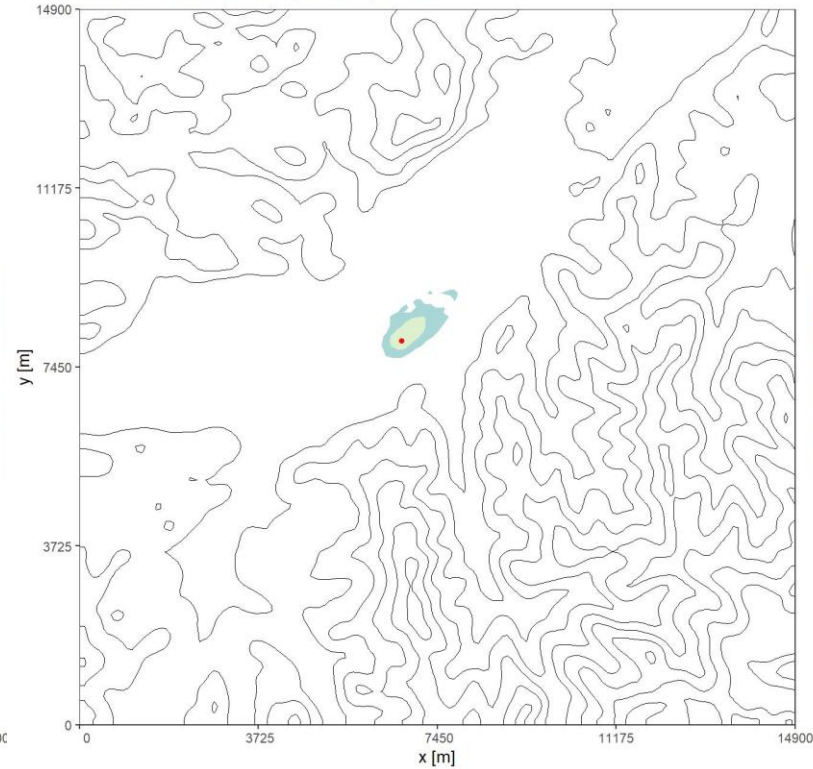
Peak-to-mean statico

UO, 98 percentile delle concentrazioni orarie di picco
Massimo nel dominio = 1.00 , X= 6700 , Y= 8000



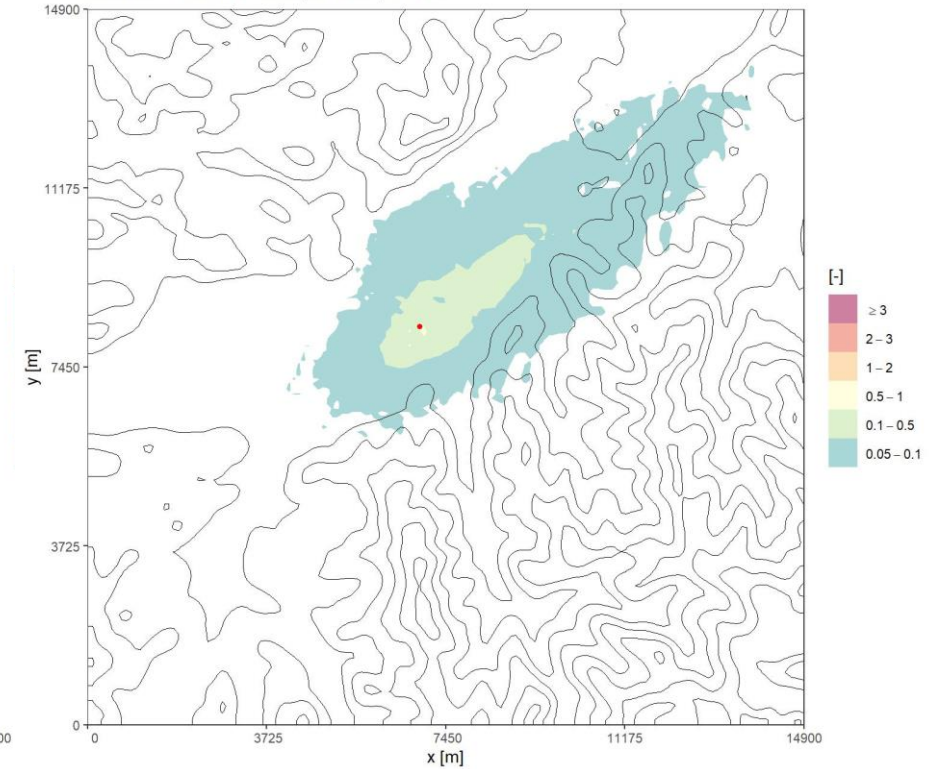
Metodo di trasporto della varianza

UO, 98 percentile delle concentrazioni orarie di picco
Massimo nel dominio = 0.49 , X= 6700 , Y= 8000



Metodo di micromixing

UO, 98 percentile delle concentrazioni orarie di picco
Massimo nel dominio = 1.16 , X= 6900 , Y= 8300



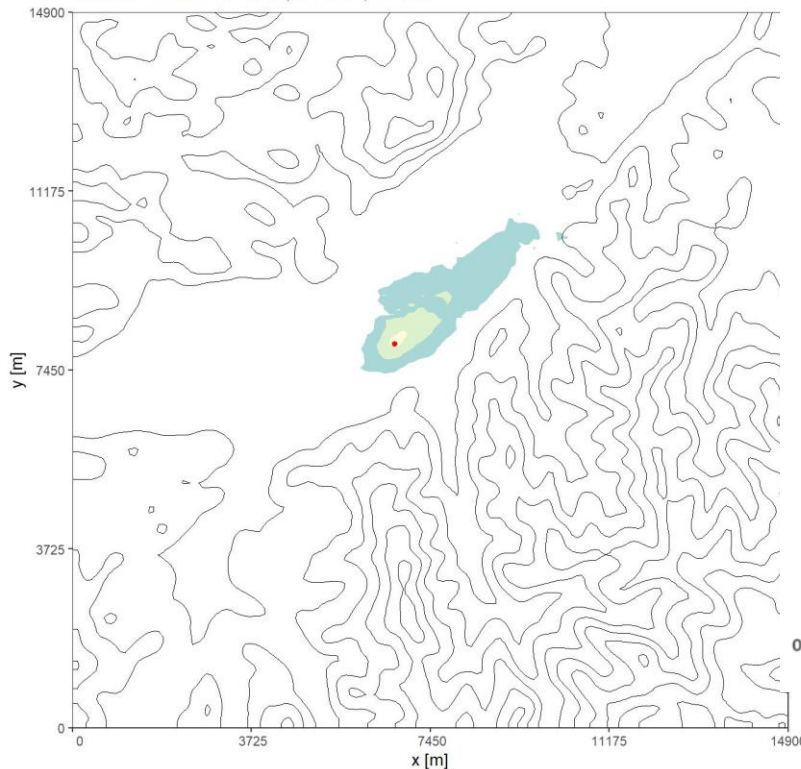
Concentrazioni al suolo in UO/m³ normalizzate rispetto alla concentrazione massima di P2M statico

Peak-to-mean dinamico: confronto tra metodologie

Peak-to-mean statico

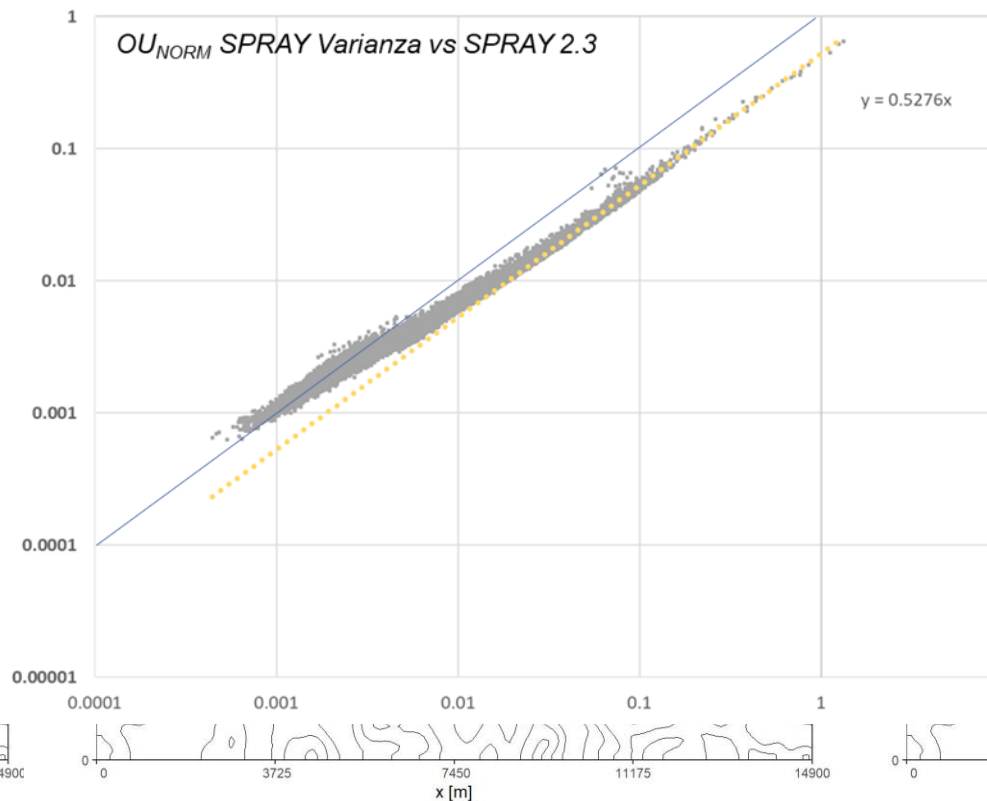
UO, 98 percentile delle concentrazioni orarie di picco

Massimo nel dominio = 1.00 , X= 6700 , Y= 8000



Metodo di trasporto della varianza

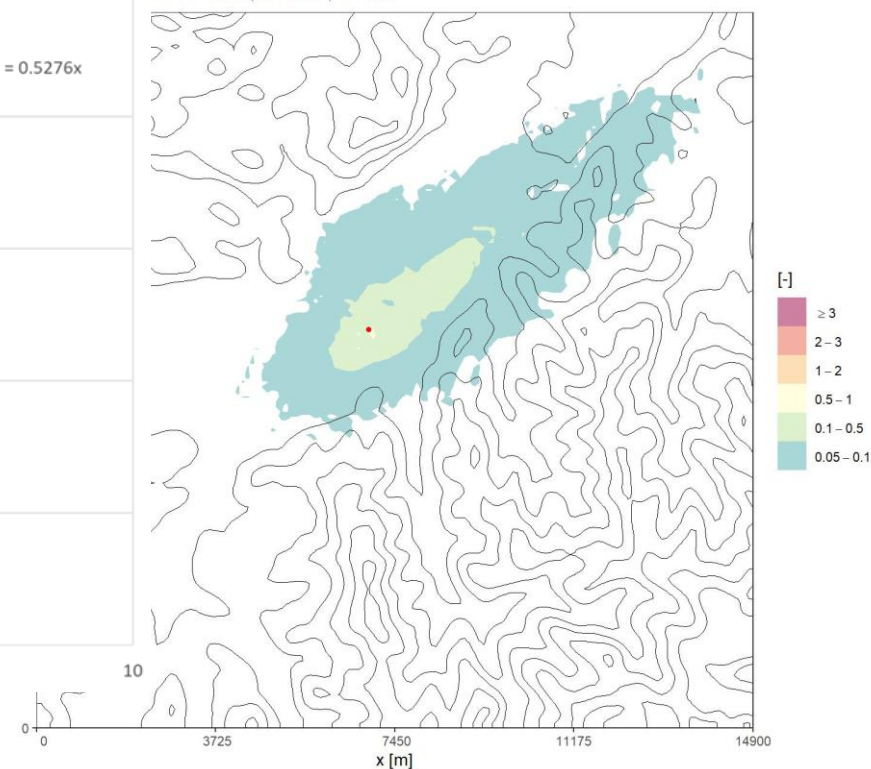
UO, 98 percentile delle concentrazioni orarie di picco



Metodo di micromixing

UO, 98 percentile delle concentrazioni orarie di picco

Minimo = 1.16 , X= 6900 , Y= 8300



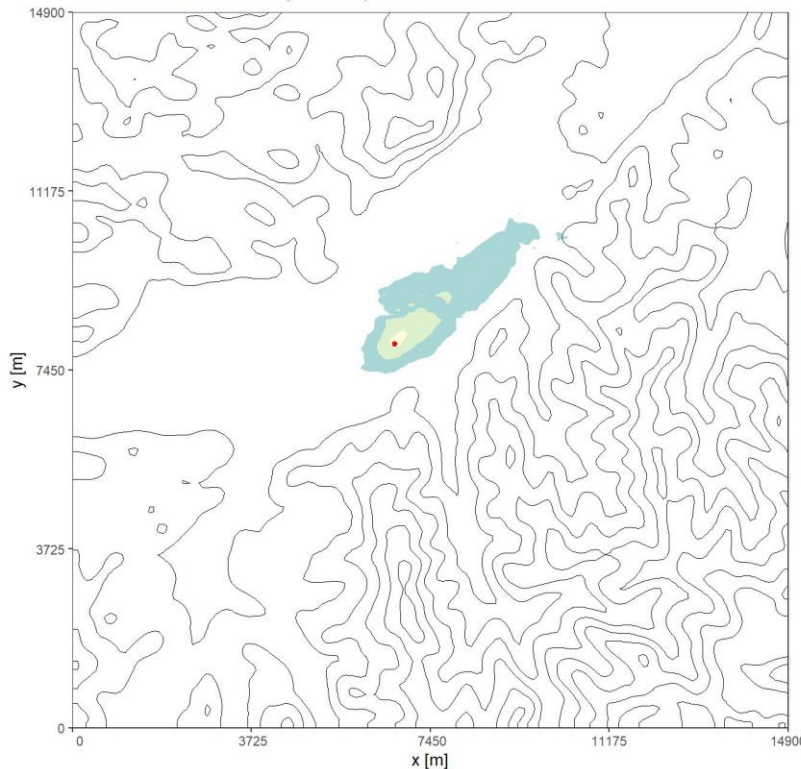
Concentrazioni al suolo in UO/m³ normalizzate rispetto alla concentrazione massima di P2M statico

Peak-to-mean dinamico: confronto tra metodologie

Peak-to-mean statico

UO, 98 percentile delle concentrazioni orarie di picco

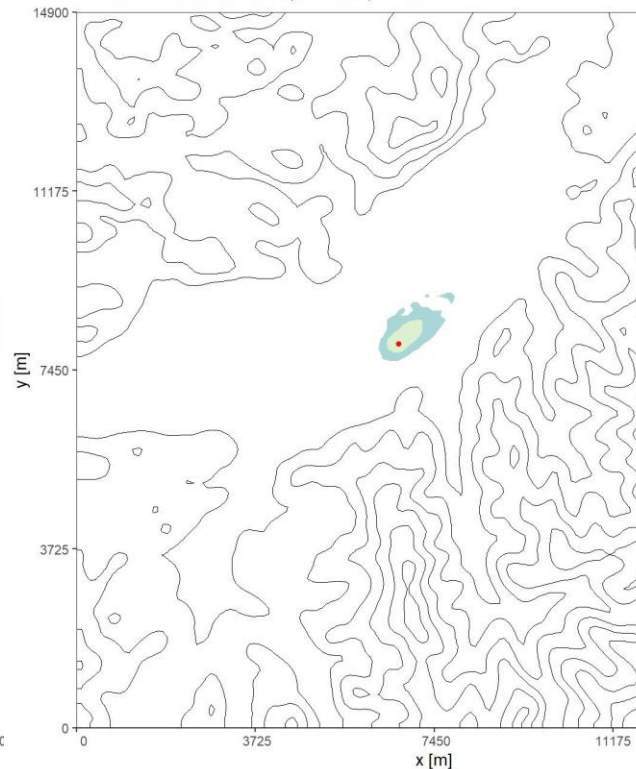
Massimo nel dominio = 1.00 , X= 6700 , Y= 8000



Metodo di trasporto della varianza

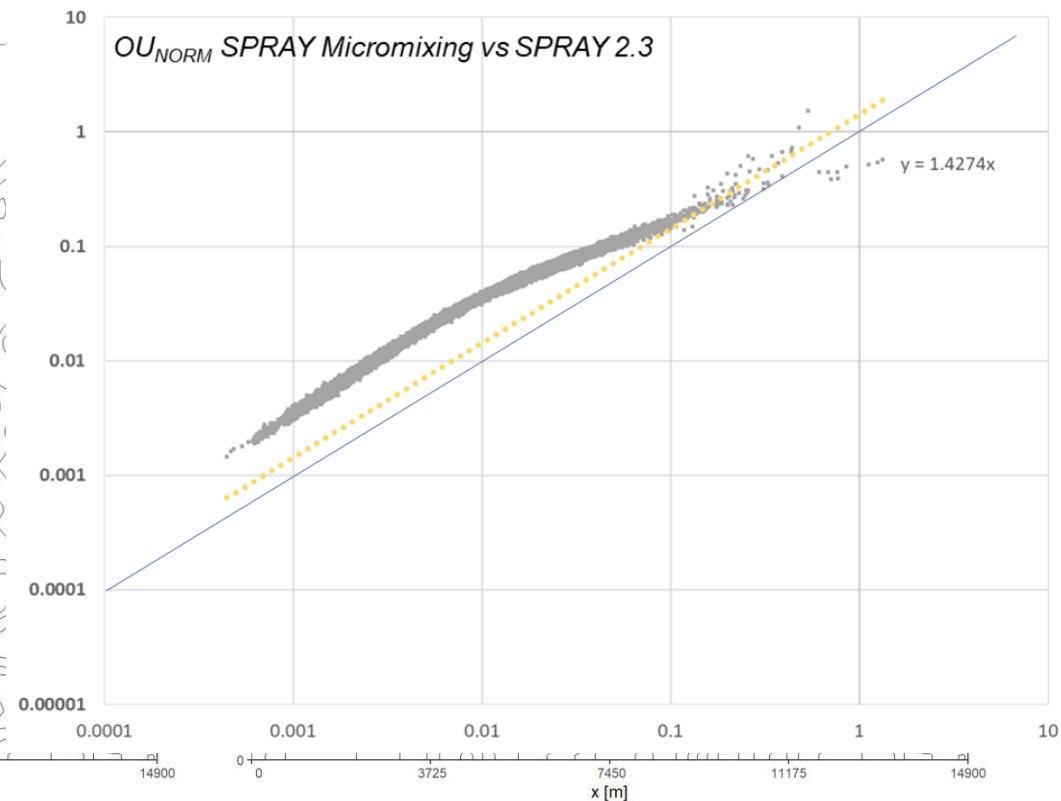
UO, 98 percentile delle concentrazioni orarie di picco

Massimo nel dominio = 0.49 , X= 6700 , Y= 8000



Metodo di micromixing

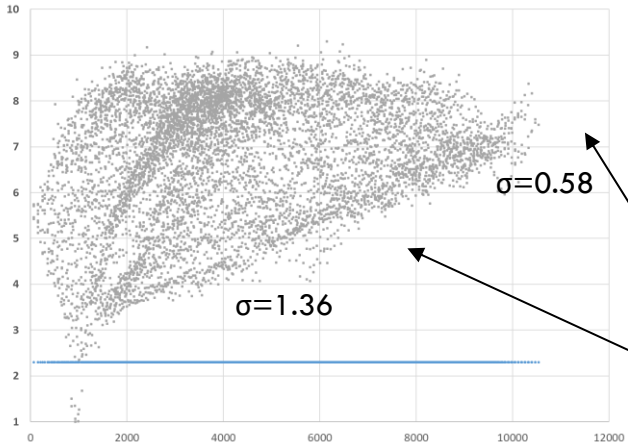
UO, 98 percentile delle concentrazioni orarie di picco



Concentrazioni al suolo in UO/m³ normalizzate rispetto alla concentrazione massima di P2M statico

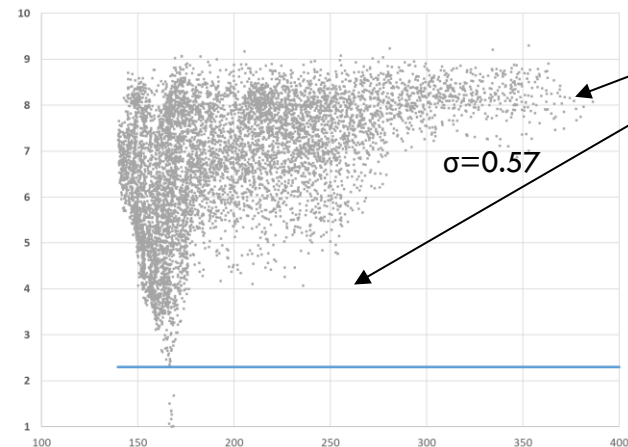
Peak-to-mean dinamico: metodo di micromixing

Fattore moltiplicativo vs distanza (m)

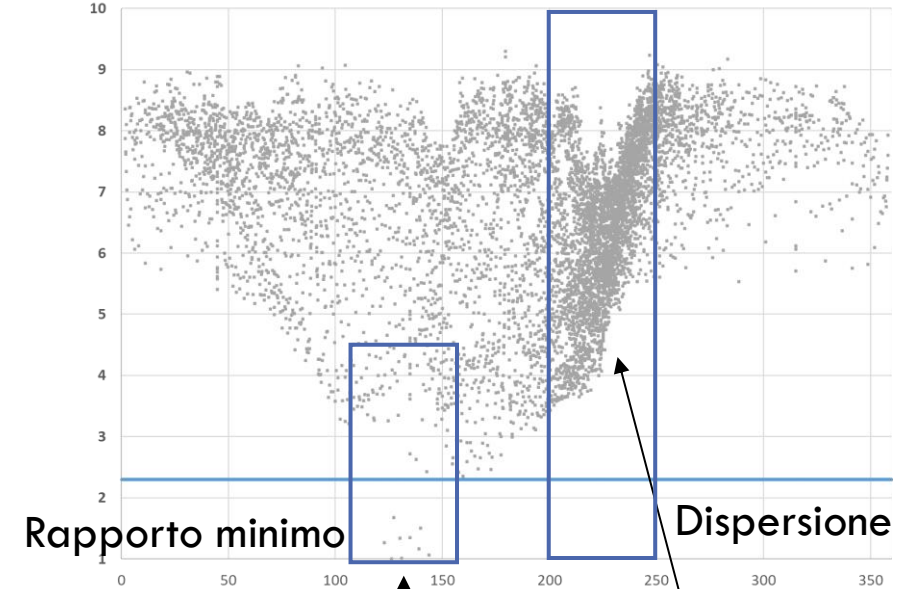


Dispersione diminuisce
Aumenta il rapporto minimo

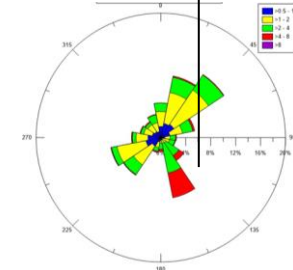
Fattore moltiplicativo vs altitudine (m)



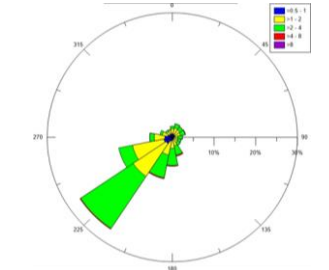
Fattore moltiplicativo vs direzione di provenienza del vento (°N)



Rosa dei venti diurna



Rosa dei venti notturna



CONCLUSIONI

- **Attenzione crescente per metodi dinamici** per la stima del peak-to-mean
- Disponibilità in **SPRAY** di diversi **metodi dinamici** per la stima del peak-to-mean **validati in condizioni controllate**
- Necessità di una **validazione più estesa** dei diversi metodi di stima del peak-to-mean:
 - confronto con altri dati sperimentali
 - sorgenti fuggitive

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

www.aria-net.it

MODELLISTICA ATMOSFERICA
 **ARIANET**
A  **suez** company