

# Sorgenti emissive

Caratterizzazione delle sorgenti



Strumenti di misura



Inventari  
Stime  
Letteratura



Definizione delle emissioni

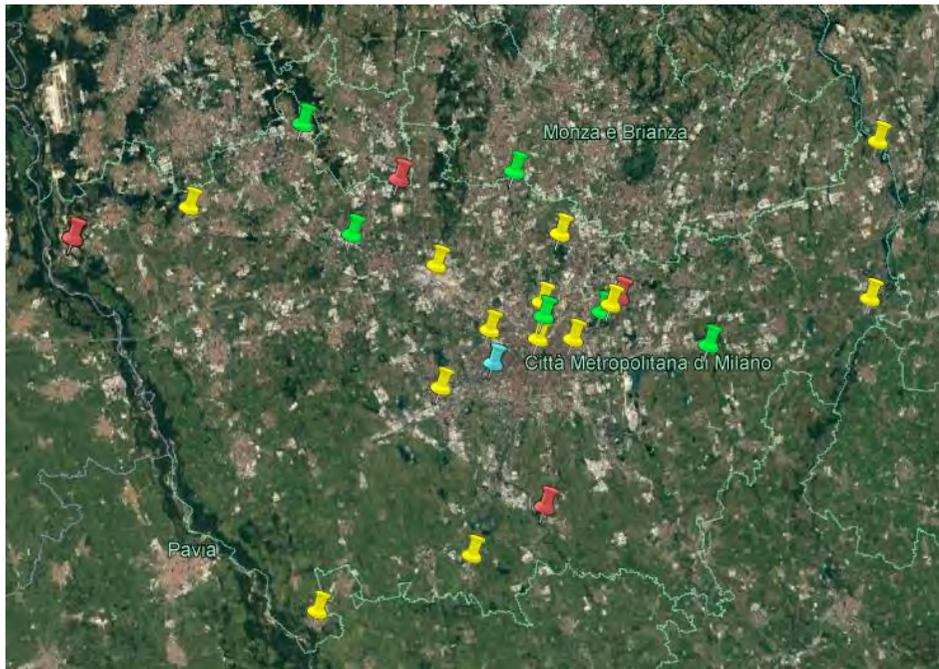


# Caratterizzazione meteo (...)



Misure sito-specifiche

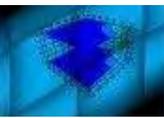
Misure di superficie



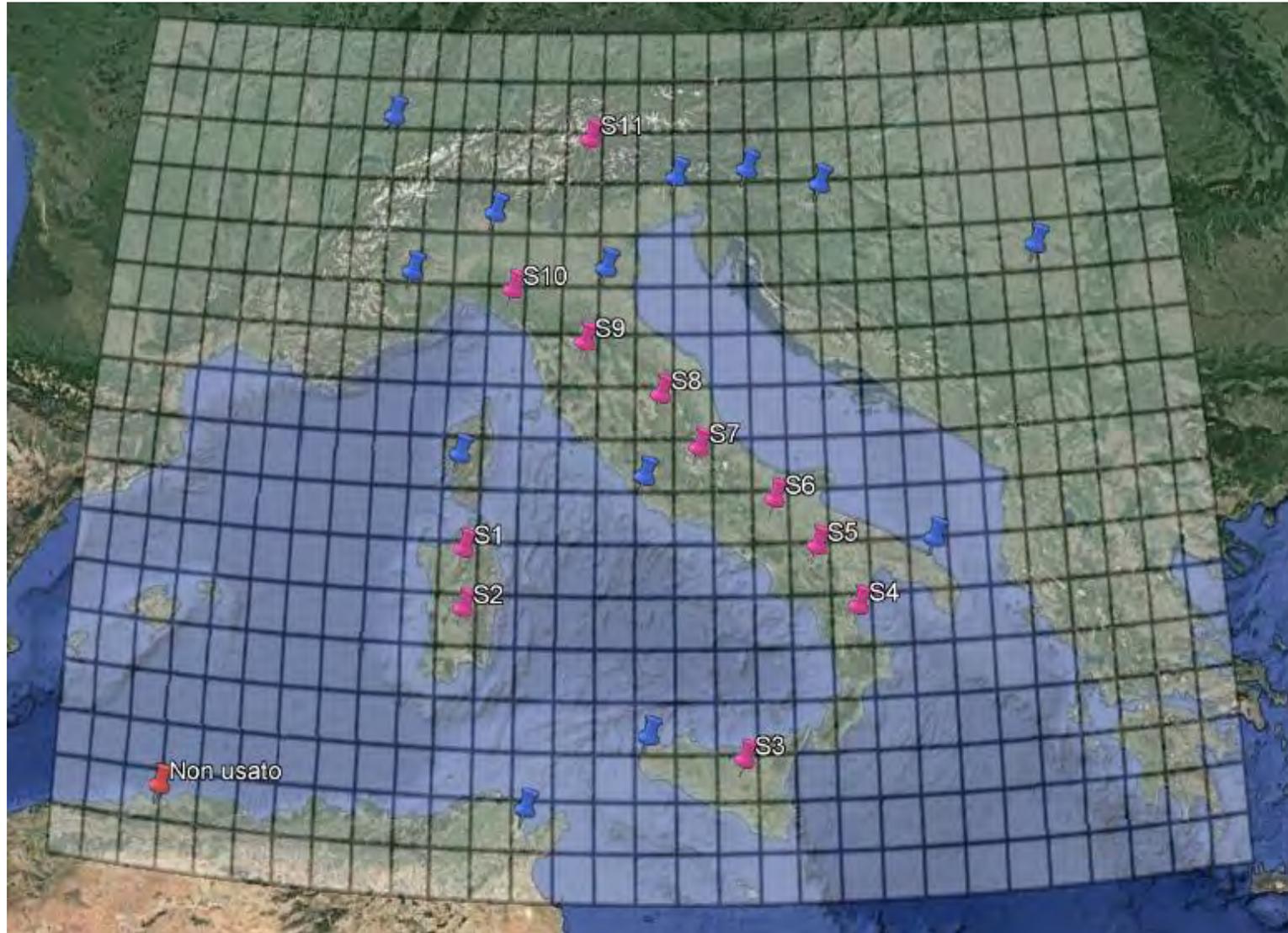
Reti provinciali/regionali (ARPA)



Reti nazionali (SYNOP-ICAO)



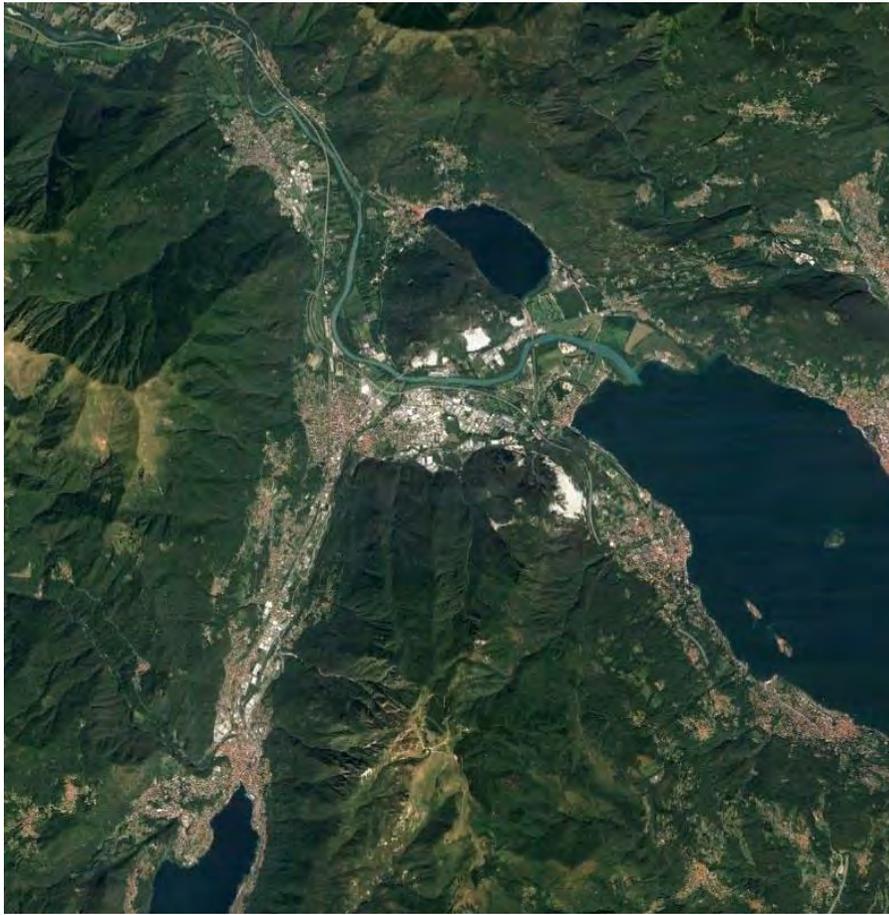
## *(...) Caratterizzazione meteo*



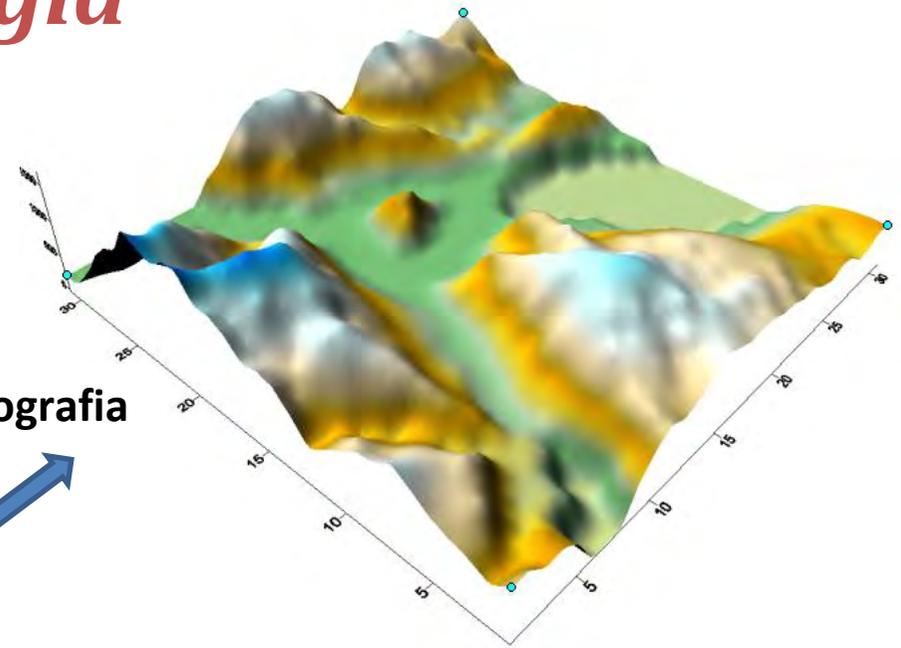
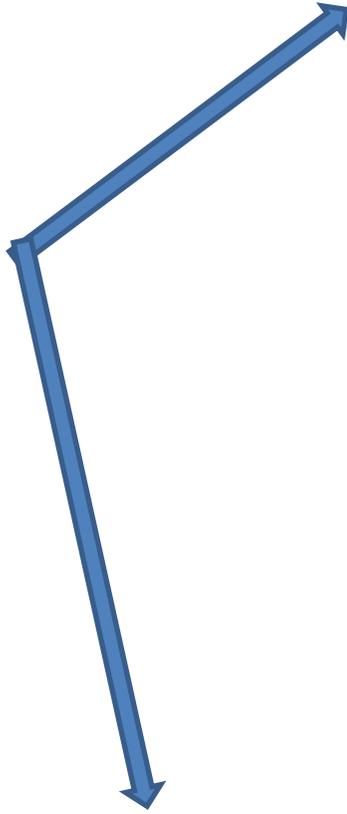
PROFILI  
VERTICALI

**Modelli meteorologici (ECMWF - WRF - MM5)**

# Geomorfologia



Orografia





# (...) Geomorfologia (Uso del suolo)

ID	Descrizione CORINE Land Cover	Parametri USGS					
		Rugosità sup. (m)	Albedo	Rapporto di Bowen	F. calore al suolo	F. calore antrop.	Indice del fogliame
11	Zone urbanizzate	1.00	0.18	1.5	0.25	0	0.2
12	Zone industriali, commerciali ed	0.02	0.26	1	0.15	0	0.5
13	Zone estrattive, cantieri, discariche etc.	0.02	0.26	1	0.15	0	0.5
14	Zone verdi artificiali non agricole	0.25	0.15	1	0.15	0	3
21	Seminativi	0.25	0.15	0.5	0.15	0	3
22	Colture permanenti	0.25	0.15	0.5	0.15	0	3
23	Prati stabili	0.25	0.15	1	0.15	0	3
24	Zone agricole eterogenee	0.06	0.2	1	0.15	0	0.5
31	Zone boscate	2.00	0.15	1	0.15	0	7
32	Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva	0.02	0.1	0.1	0.25	0	1
33	Zone aperte con vegetazione rada o assente	0.10	0.25	1	0.15	0	0.05
41	Zone umide interne	0.20	0.1	0.1	0.25	0	1
51	Acque continentali	0.00	0.1	0	0.15	0	0



# *EQ. Conservazione della concentrazione*

Uso del suolo

$$\frac{\partial c_k}{\partial t} + \left\{ \frac{\partial}{\partial x}(uc_k) + \frac{\partial}{\partial y}(vc_k) + \frac{\partial}{\partial z}(wc_k) \right\} = D_k \left\{ \frac{\partial^2 c_k}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c_k}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 c_k}{\partial z^2} \right\} + R(c_1, c_2, \dots, c_k, \dots, c_N) + S$$

Termine di trasporto                      Diffusione Molecolare                      Reazioni chimiche                      Termine di sorgente

**Equazione differenziale iperbolica alle derivate parziali**

**L'equazione descrive il caso generale di conservazione della concentrazione di una sostanza generica ( $c_k$ ) trasportata all'interno di un fluido (atmosfera)**

**Equazione "Non omogenea"**

**Equazione "Non lineare"**

**Ammette soluzioni analitiche solo in condizioni particolari**



# Descrizione Euleriana

## Descrizione deterministica

$$u = u(x,y,z,t)$$

$$c = c(x,y,z,t)$$

*il movimento del fluido è studiato descrivendone le caratteristiche come funzione dello spazio e del tempo. Le grandezze vengono osservate in punti fissi nello spazio, al variare del tempo.*

volume di controllo



derivata temporale locale  
(derivata parziale)

$$\frac{\partial}{\partial t}$$

Le proprietà del flusso (velocità, densità, pressione) sono definite come funzioni dello spazio - ossia del vettore posizione  $\mathbf{X}$  - e del tempo  $t$ . L'osservatore è solidale ad un riferimento fisso o inerziale e "fotografa" il campo di velocità (o di densità, o di pressione...) a ciascun istante temporale, senza avere informazioni relative al moto della singola particella fluida

# Descrizione Lagrangiana

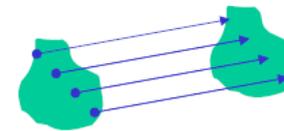
## Descrizione stocastica

$$\mathbf{X} = f(\mathbf{x}_0, t_0, t)$$

$$\mathbf{X} = \mathbf{v}, t, c \dots$$

*il movimento del fluido è descritto seguendo la storia di ogni singola particella di fluido e descrivendone le caratteristiche in funzione dei suoi spostamenti e del tempo.*

sistema materiale



derivata temporale sostanziale  
(derivata totale)

$$\frac{d}{dt}$$

Nel moto Lagrangiano l'attenzione non è focalizzata su un determinato volume di controllo, ma sulla singola particella fluida. Le proprietà del flusso saranno quindi funzioni del particolare elemento di fluido oltre che del tempo. Scegliendo di identificare la particella fluida mediante il vettore posizione  $\mathbf{X}_0$  del suo centro di massa all'istante iniziale  $t_0$ , la sua velocità all'istante  $t$  sarà esprimibile come  $\mathbf{v} = \mathbf{v}(\mathbf{X}_0, t)$ .



# *Soluzioni analitiche*

## Modello Gaussiano

### Soluzione stazionaria

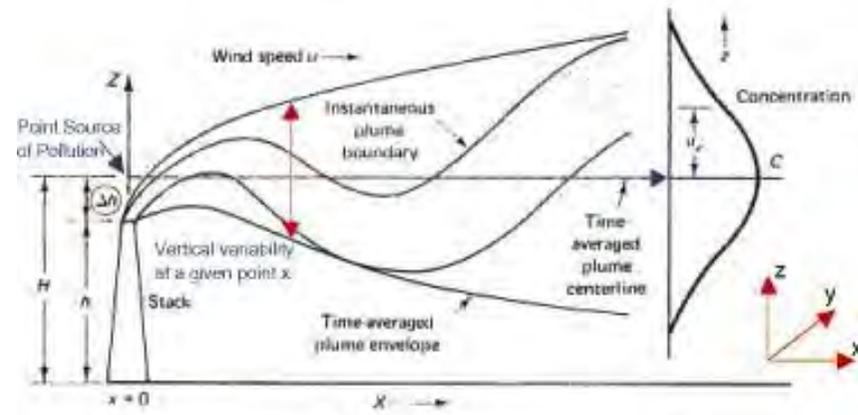
Valida in condizioni di omogeneità e isotropia delle condizioni iniziali ed al contorno

#### Convective Boundary Layer (CBL)

$$C_d \{x_r, y_r, z\} = \frac{Qf_p}{\sqrt{2\pi\tilde{u}}} F_y \cdot \sum_{j=1}^2 \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\lambda_j}{\sigma_{zj}} \left[ \exp\left(-\frac{(z - \Psi_{dj} - 2mz_i)^2}{2\sigma_{zj}^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z + \Psi_{dj} + 2mz_i)^2}{2\sigma_{zj}^2}\right) \right]$$

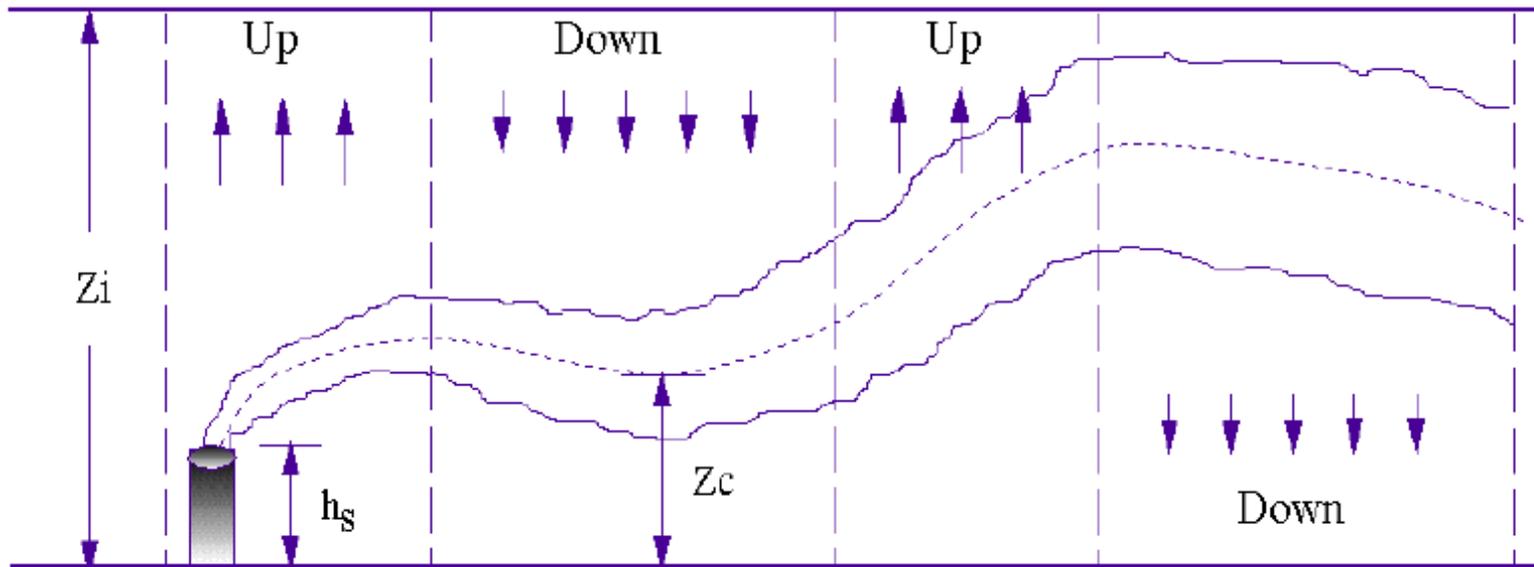
#### Stable Boundary Layer (SBL)

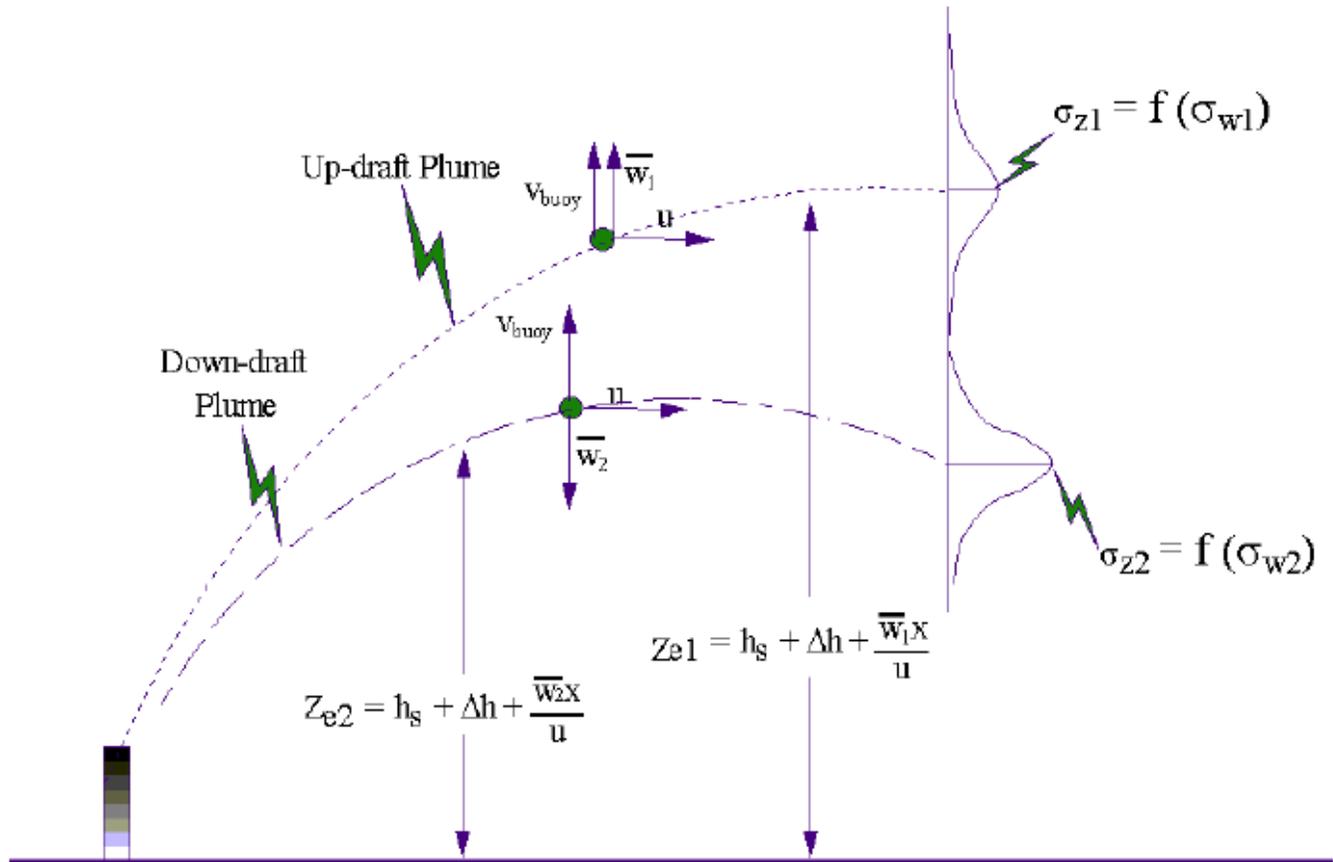
$$C_s \{x_r, y_r, z\} = \frac{Q}{\sqrt{2\pi\tilde{u}\sigma_{zs}}} \cdot F_y \cdot \sum_{m=-\infty}^{\infty} \left[ \exp\left(-\frac{(z - h_{es} - 2mz_{ieff})^2}{2\sigma_{zs}^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z + h_{es} + 2mz_{ieff})^2}{2\sigma_{zs}^2}\right) \right]$$



[Avvia animazione](#)

### Instantaneous Plume





$$P_w = \frac{\lambda_1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{w1}} \exp\left(-\frac{(w - \bar{w}_1)^2}{2\sigma_{w1}^2}\right) + \frac{\lambda_2}{\sqrt{2\pi}\sigma_{w2}} \exp\left(-\frac{(w - \bar{w}_2)^2}{2\sigma_{w2}^2}\right)$$

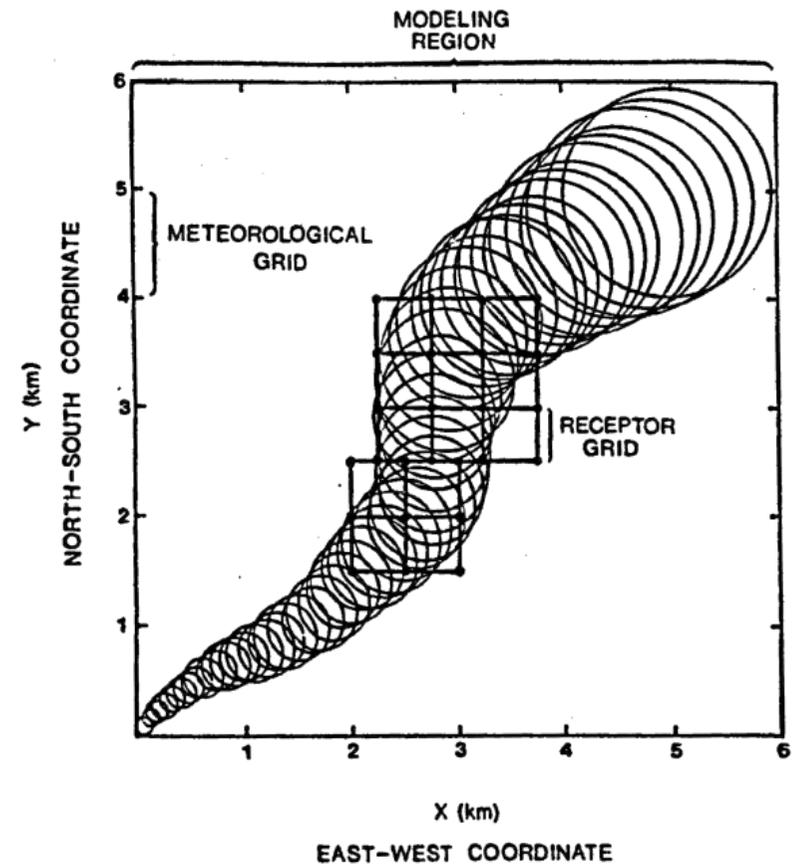
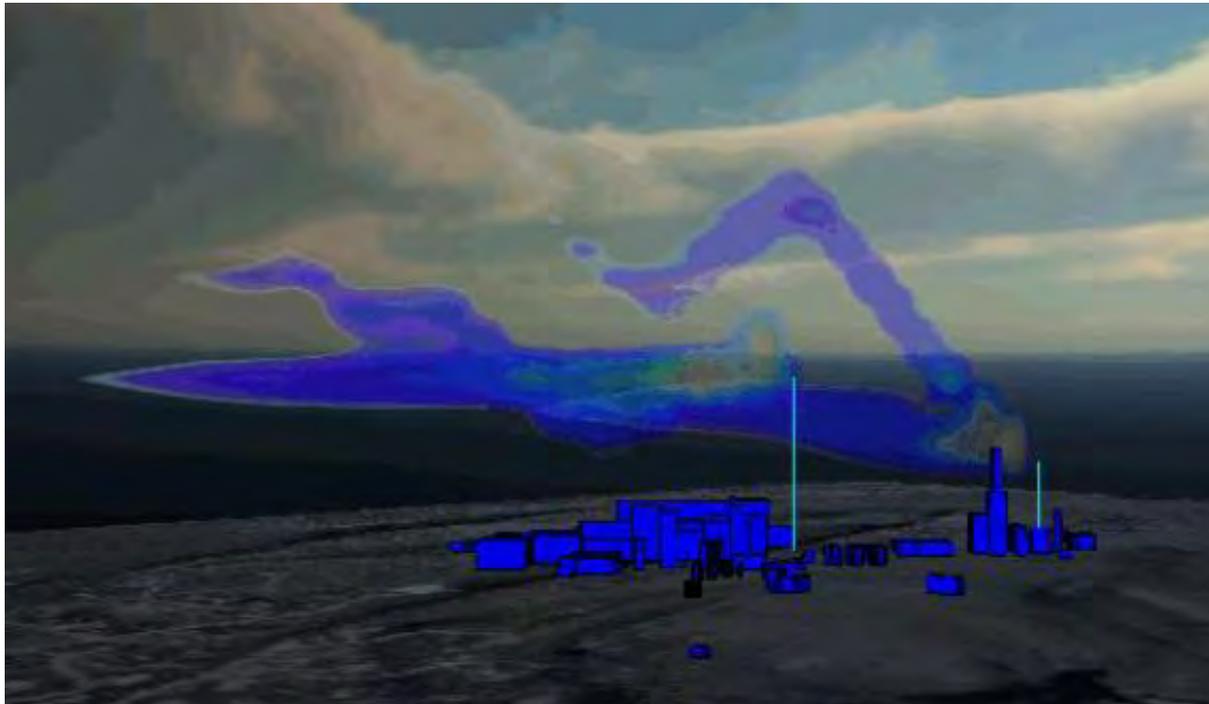


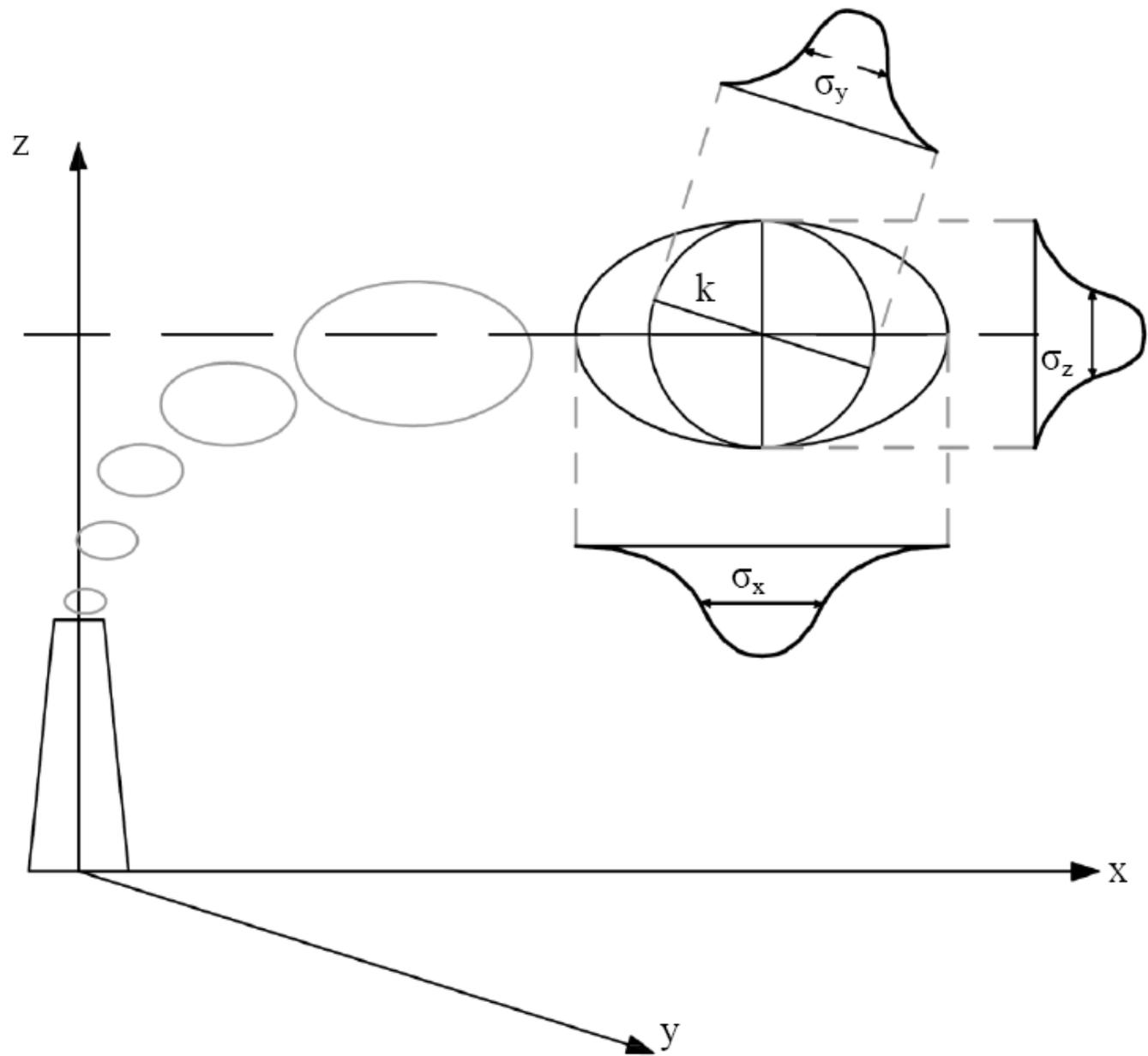
# Soluzioni analitiche

## Modello Lagrangiano (a puff gaussiani)

Soluzione non stazionaria 3D - Valida in qualsiasi condizioni spaziali e temporali

$$C(x, y, z) = \frac{M}{(2\pi)^{3/2} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{(x-x')^2}{2\sigma_x^2} - \frac{(y-y')^2}{2\sigma_y^2} - \frac{(z-z')^2}{2\sigma_z^2}\right)$$





# Briggs - rurali

$$\sigma_y = ax^e(b + cx^f)^d$$

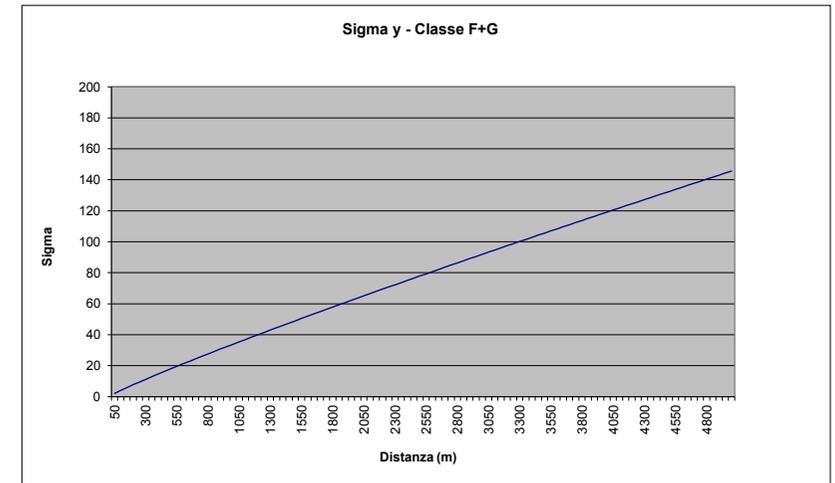
b=1  
d=-0.5  
e=1  
f=1

Stabilità		
	a	c
A	0.22	0.0001
B	0.16	0.0001
C	0.11	0.0001
D	0.08	0.0001
E	0.06	0.0001
F	0.04	0.0001

$$\sigma_z = ax^e(b + cx^f)^d$$

b=1  
e=1  
f=1

Stabilità			
	a	c	d
A	0.2	0	1
B	0.12	0	1
C	0.08	0.0002	-0.5
D	0.06	0.0015	-0.5
E	0.03	0.0003	-1
F	0.016	0.0003	-1



**Indeterminazione "strutturale" FATTORE 2**

# Criteri di Applicabilità

## Modello Gaussiano

Modello 2D stazionario (NON RICHIEDE consequenzialità dati meteorologici)  
(NON RICHIEDE profili verticali)

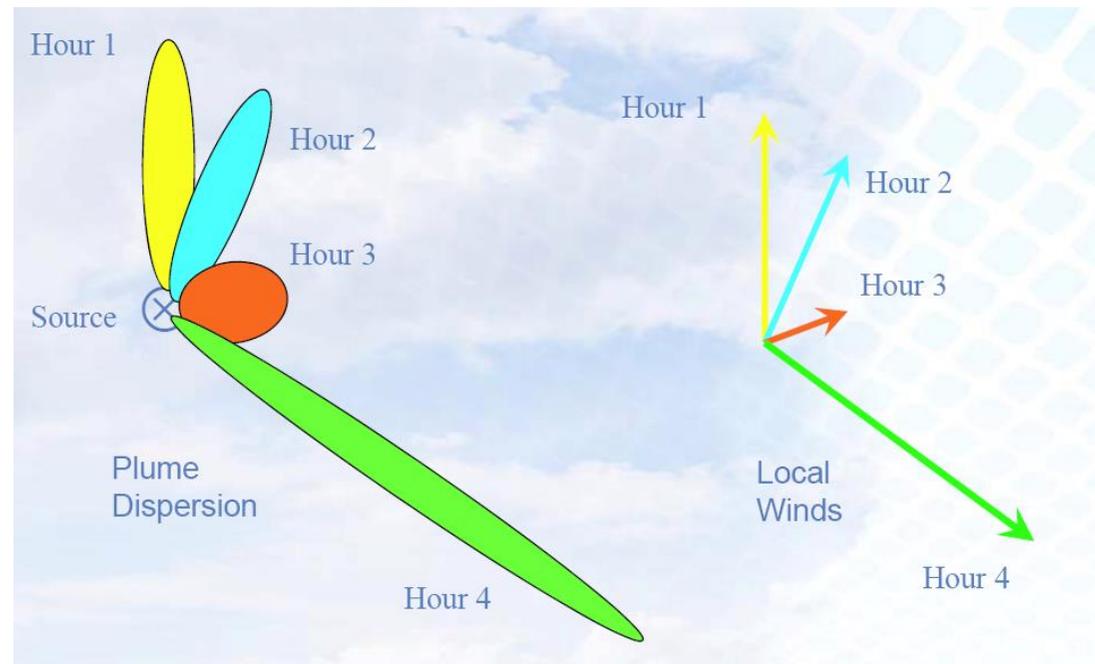
Non gestisce direttamente le situazioni di “calma di vento”

Meteorologia Stazionaria

Analisi di tipo “Screening”

Valutazione diffusionali su aree di dimensioni contenute / geomorfologia poco pronunciata

Modello “Sorgente - recettore”





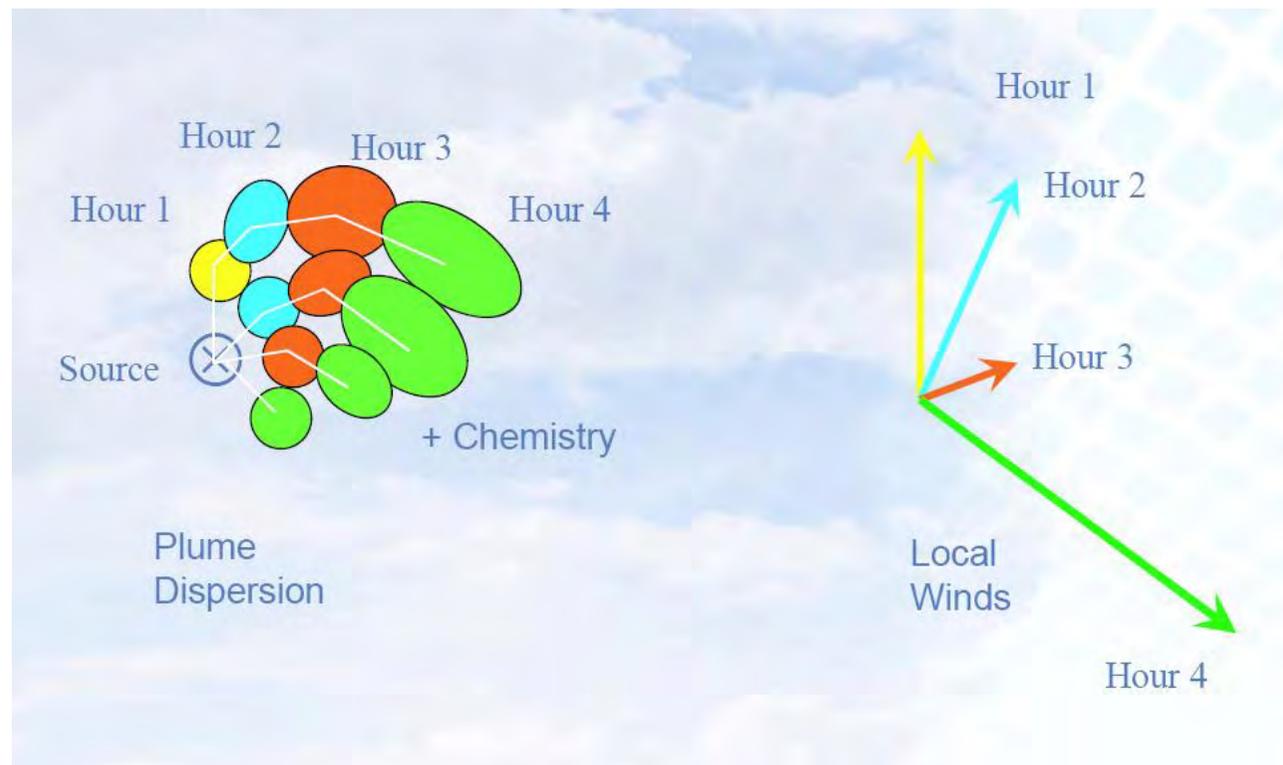
# Modello Lagrangiano

Modello 3D dinamico (**RICHIEDE** consequenzialità dati meteorologici)  
(**RICHIEDE** profili verticali)

Gestisce le situazioni di “calma di vento” come normali condizioni meteo-climatiche

Valutazioni diffusionali complete senza limitazioni spaziali e temporali (**se usato con dati 3D**)

Meteorologia non stazionaria



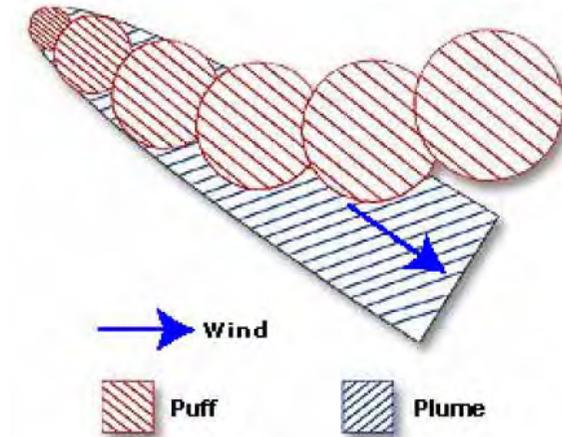


Analisi di tipo “Screening” (**se usato con dati di singolo punto**)

Se usato in condizioni Gaussiane (“Screening – dati 2D)

CALPUFF mantiene la dinamica del moto superficiale e la

Capacità di trattare le calme di vento



Il modello lagrangiano a puff (CALPUFF) è particolarmente indicato per il territorio nazionale spesso caratterizzato da

geomorfologia complessa anche su aree non particolarmente estese

climatologia “non gaussiana”

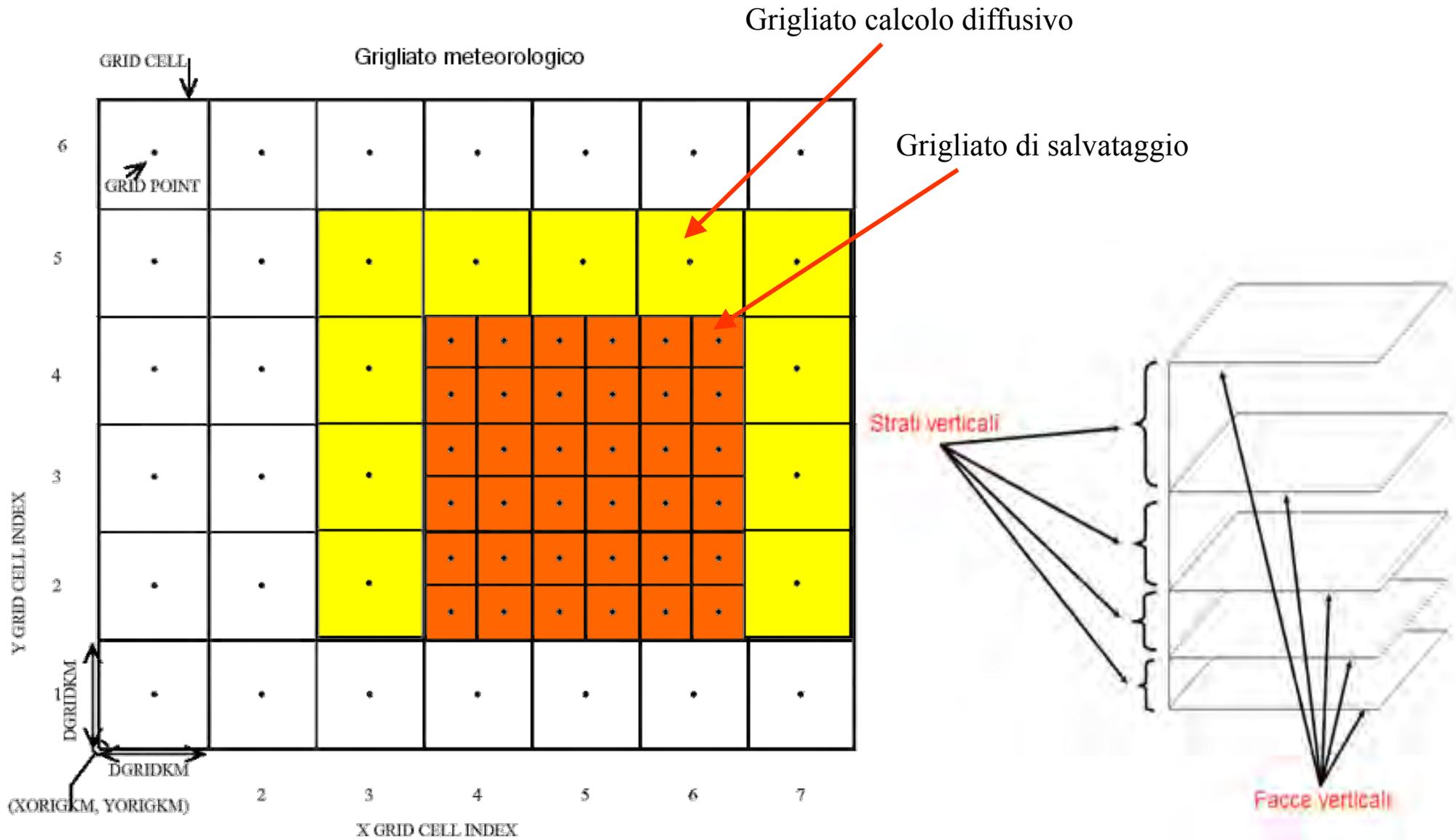
Il modello CALPUFF è indicato ufficialmente come modello da utilizzare per le valutazioni di dispersione di inquinanti in

Regione Lazio - [Piano di risanamento della qualità dell'aria](#) ([Procedura Tecnica n. 2](#))

Regione Lombardia – Studio delle emissioni odorigene ([D.g.r. 15 febbraio 2012 - n. IX/3018](#))

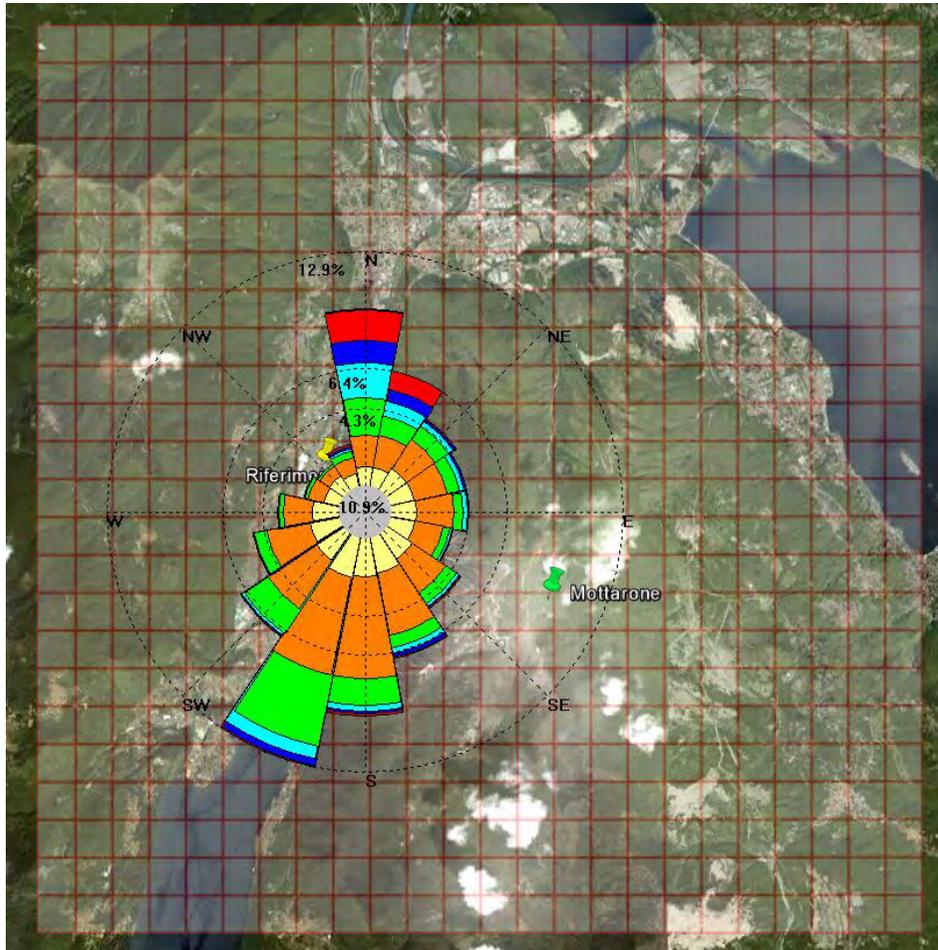
# Concentrazioni calcolate

## Recettori di griglia



# Concentrazioni calcolate

## Scenari emissivi

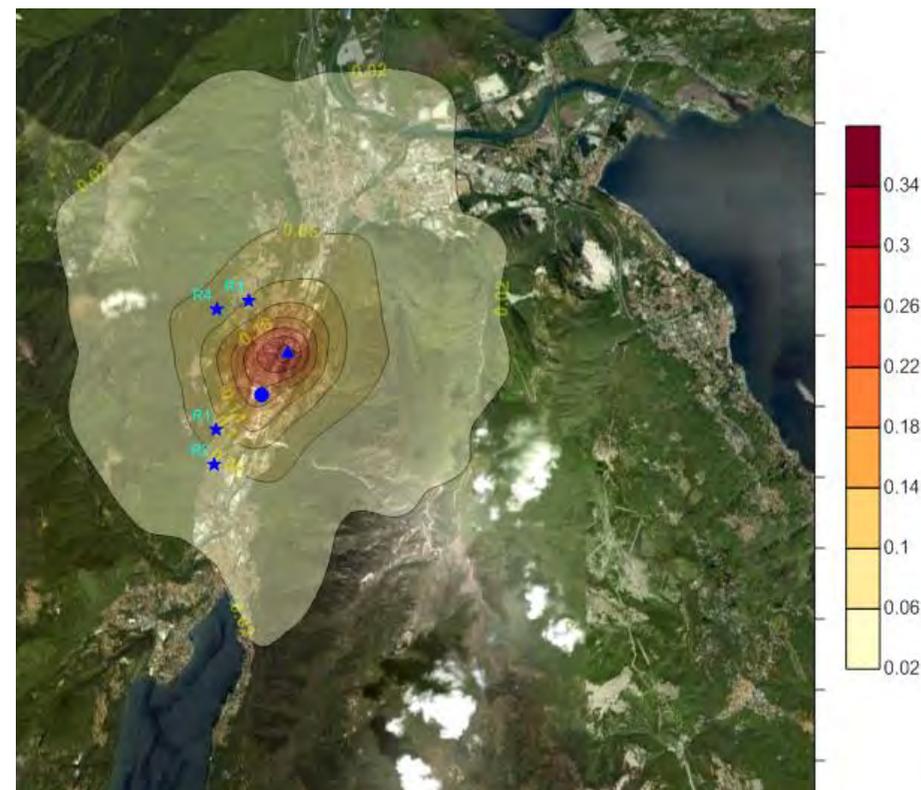
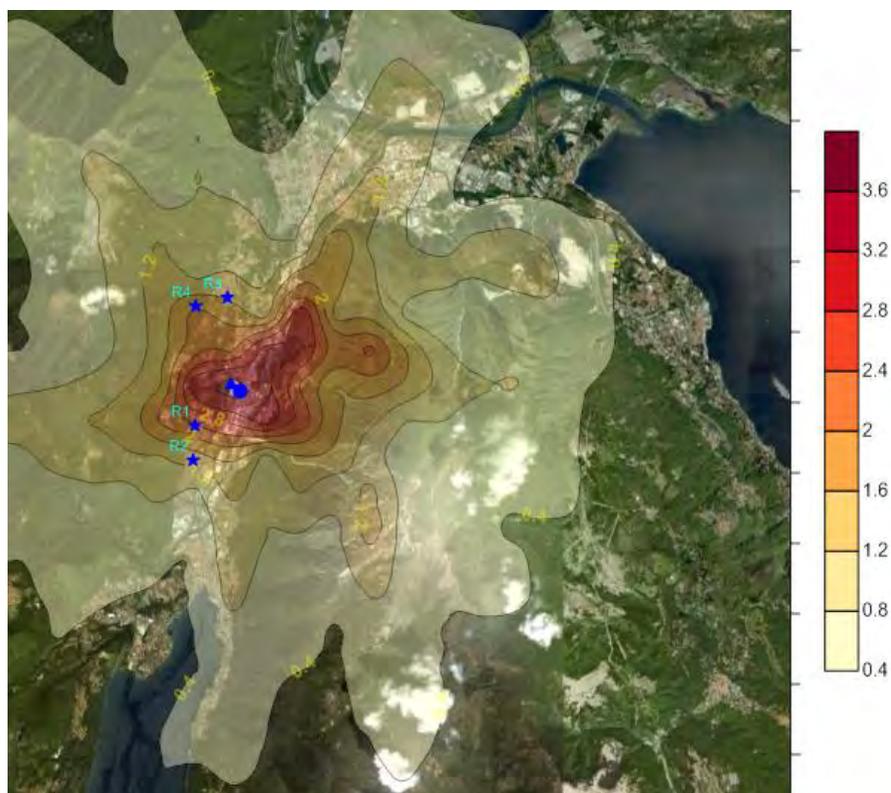


# Concentrazioni calcolate

## Scenari emissivi



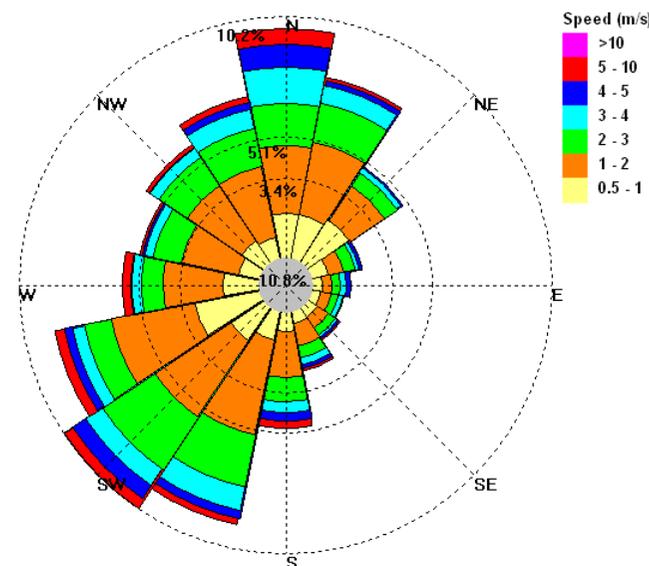
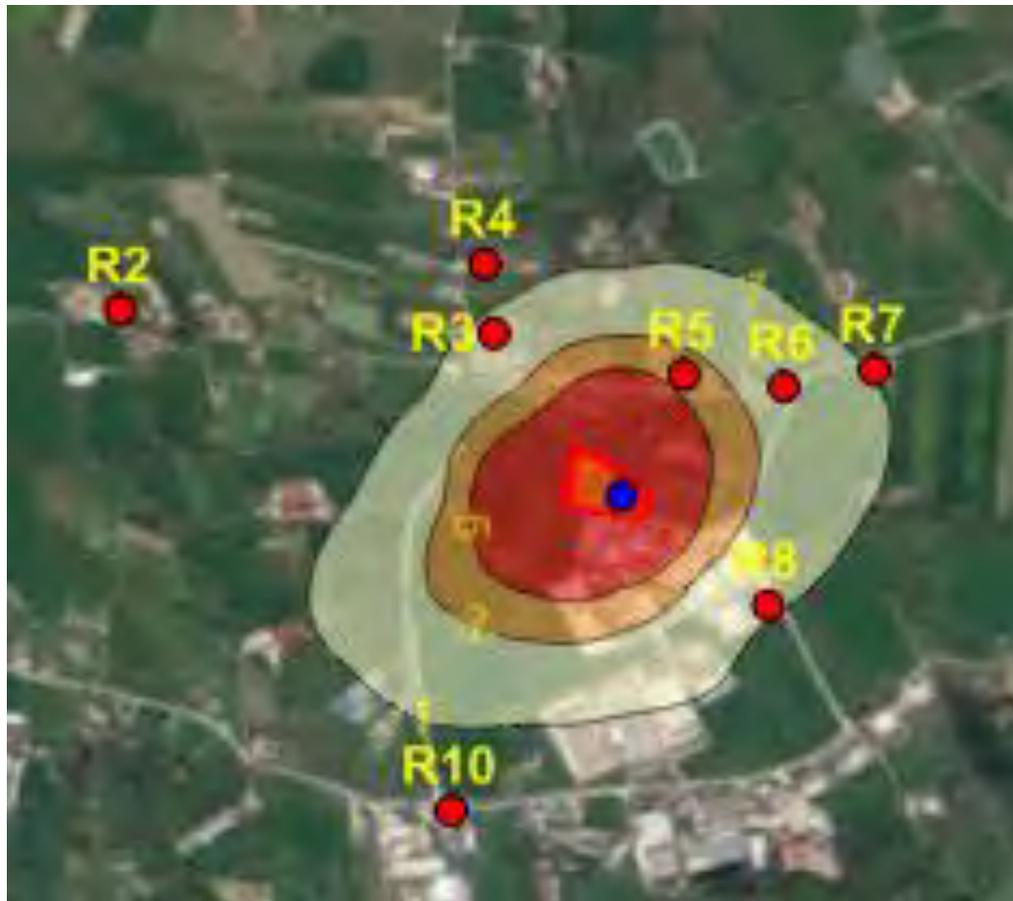
### Distribuzione valori massimi orari



### Distribuzione valori medi anno

# Concentrazioni calcolate

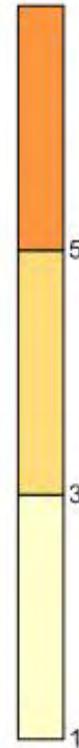
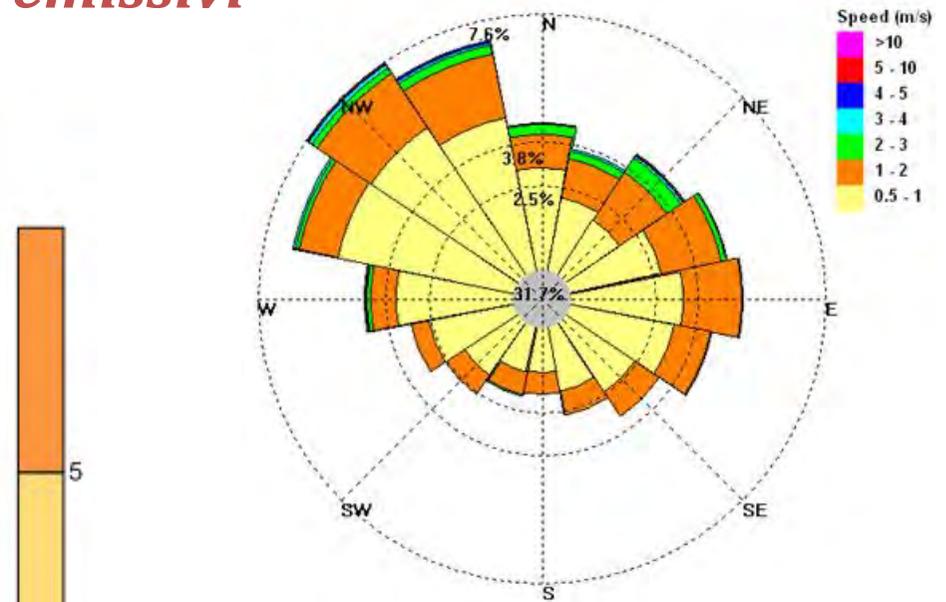
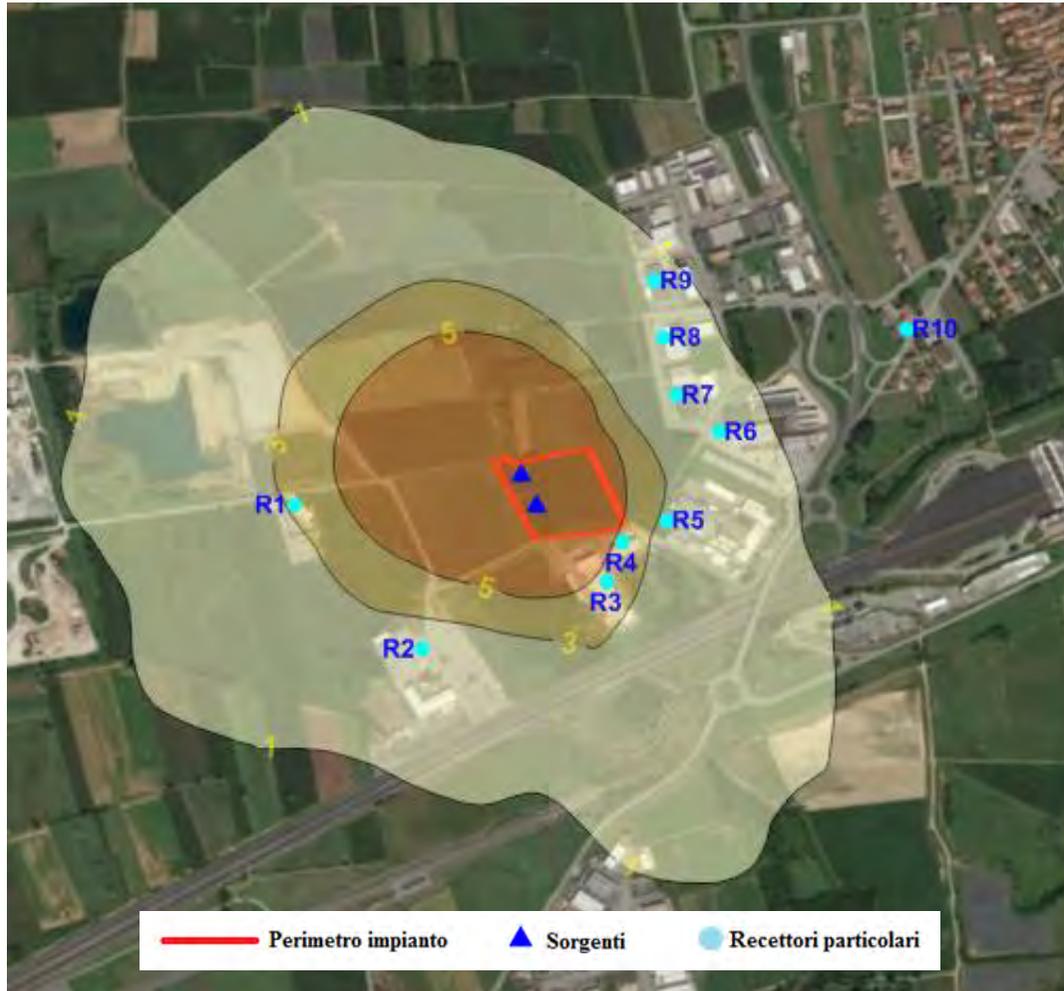
## Scenari emissivi



ID	Recettore	Distanza da Impianto(m)	98 % picco orario (UO)
R1	abitazioni-attività commerciali-	1700 W	0.05
R2	abitazioni residenziali	1200 NW	0.14
R3	abitazioni residenziali-alimentari	450 NNW	<b>1.25</b>
R4	abitazioni residenziali	600 NNW	0.68
R5	abitazioni-agriturismo	300 NNE	<b>4.59</b>
R6	abitazioni-ristorante	400 NE	<b>1.74</b>
R7	abitazioni- attività commerciali	600 NE	0.91
R8	attività commerciale-capannoni	350 SE	<b>1.02</b>
R9	abitazioni residenziali-piccole	2000 SE	0.06
R10	abitazioni residenziali	750 SSW	0.46

# Concentrazioni calcolate

## Scenari emissivi

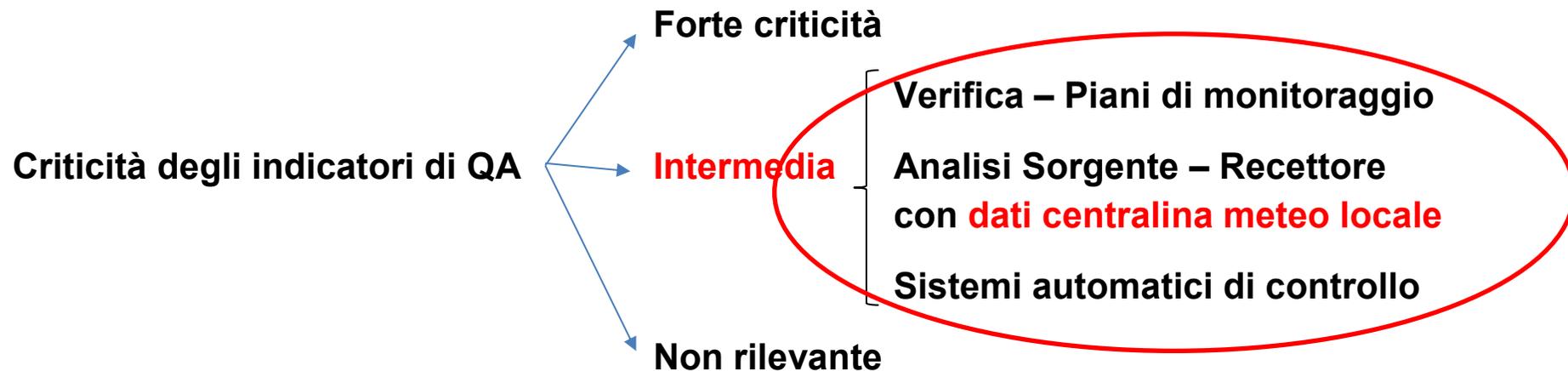
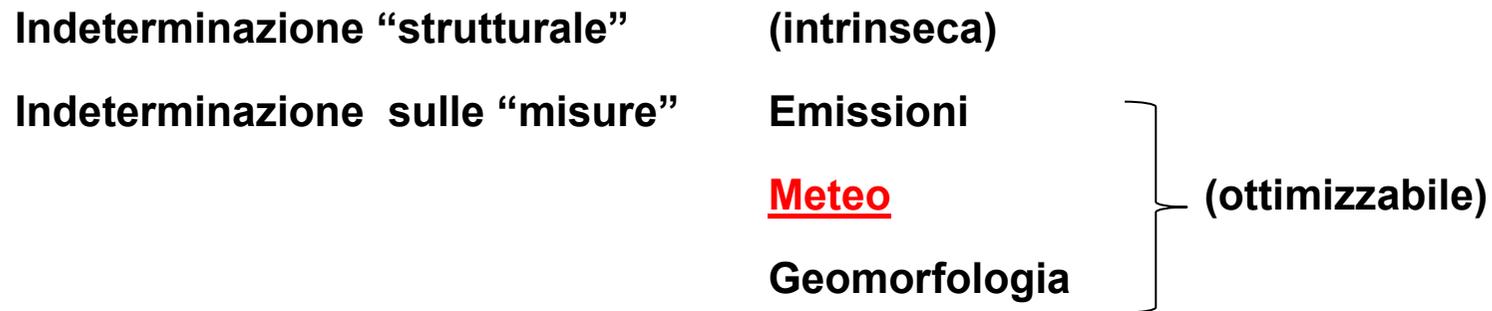


ID	Recettore	Distanza da impianto (km)	98 % picco orario (UO)
R1	Industriale	450 W	3.21
R2	Industriale	330 SW	2.27
R3	Industriale	150 SE	4.1
R4	Industriale	130 ESE	4.20
R5	Industriale	200 E	2.58
R6	Industriale	330 ENE	1.49
R7	Industriale	209 NE	1.74
R8	Industriale	370 NE	1.46
R9	Industriale	450 NNE	1.21
R10	Limite zona residenziale	700 NE	0.53

# Valutazione degli scenari



## Fattori di indeterminazione:





**MAIND S.r.l.**

**Piazza L. da Vinci, 7**

**20133 - Milano**

**Tel. 02/2367490**

**02/45409619**

**E-mail: [support@maindsupport.it](mailto:support@maindsupport.it)**

**Web: <http://www.maind.it>**