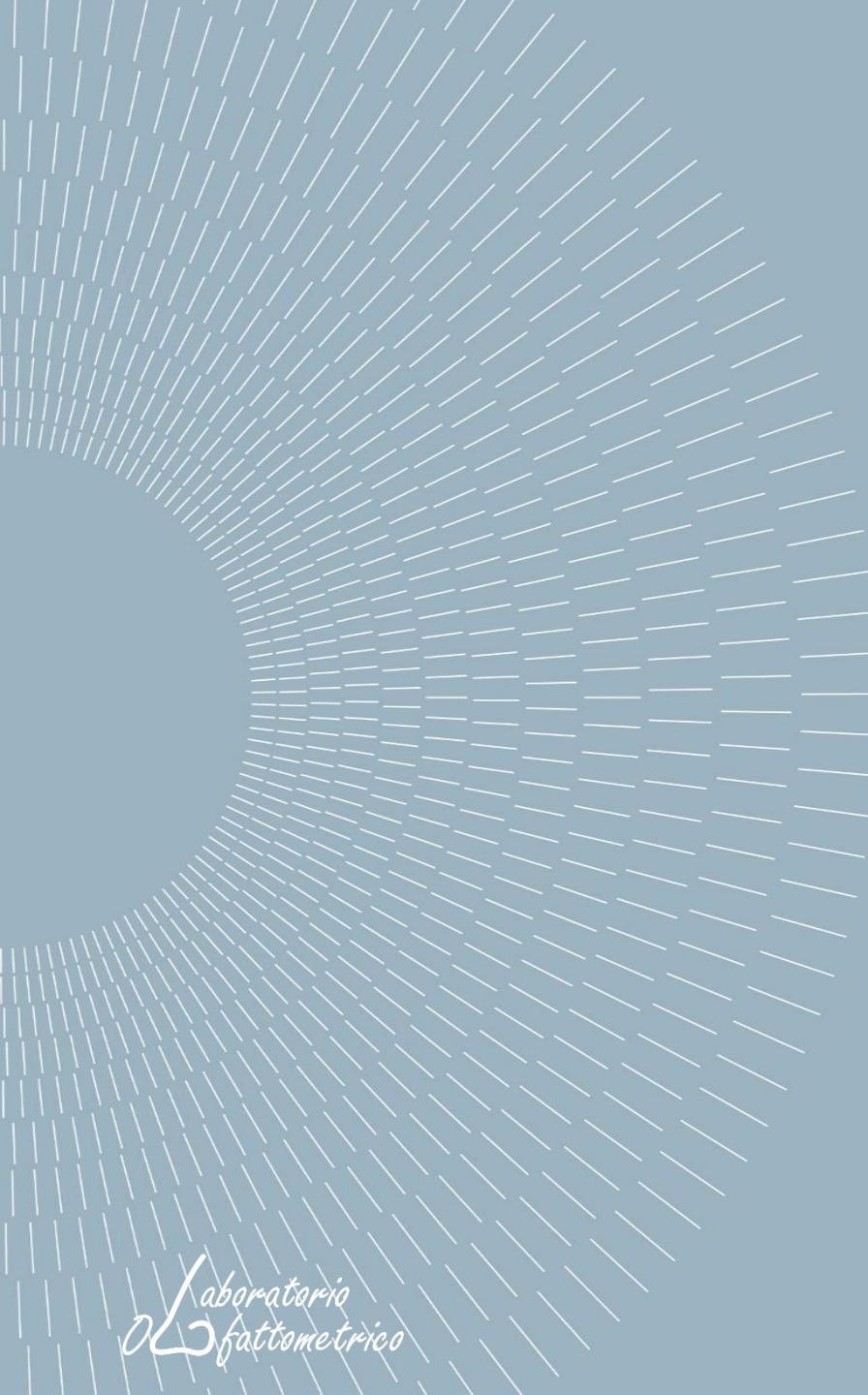


# POLITECNICO DI MILANO



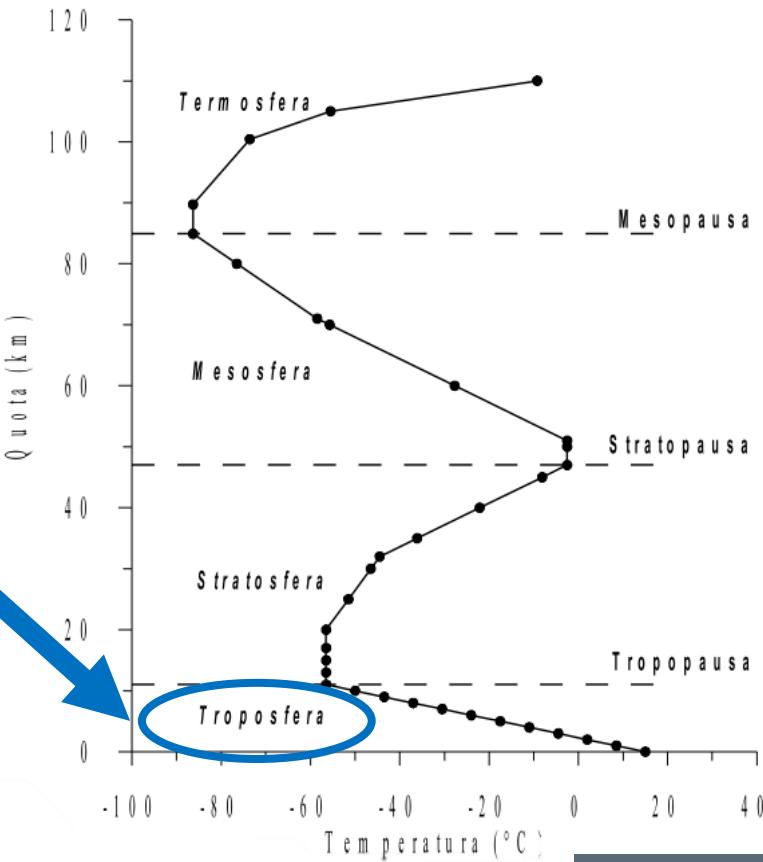
**Sistemi per la stima di dispersione atmosferica: la scelta del modello**



# INTRODUZIONE

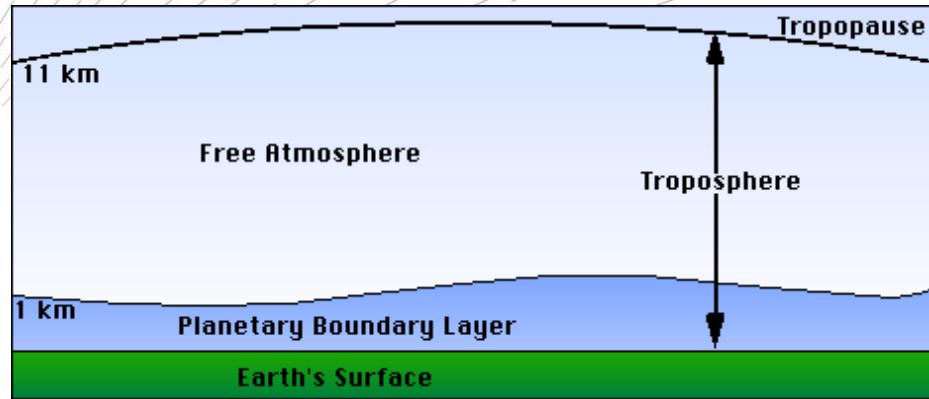
# L'atmosfera terrestre

La **Troposfera** è la parte più bassa dell'atmosfera a diretto contatto con la superficie terrestre. Ai fini dello studio dell'inquinamento atmosferico, siamo interessati solo ad una porzione di essa, quella a più diretto contatto col suolo.



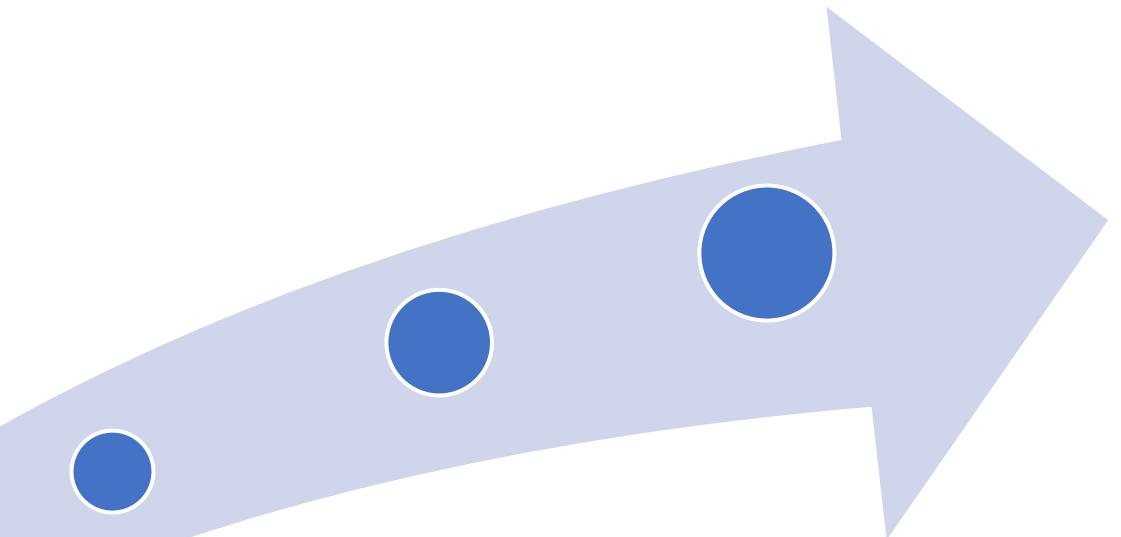
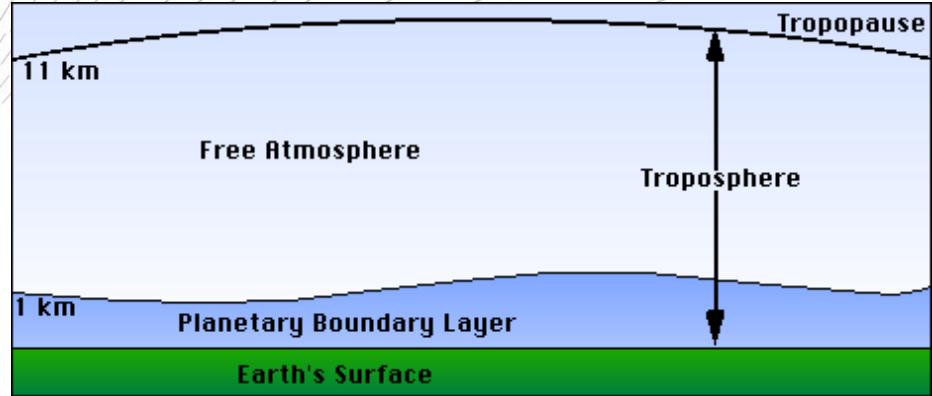
# L'inquinamento atmosferico: il *PBL*

Lo strato limite planetario o *Planetary Boundary Layer* (*PBL*) è la porzione di atmosfera interessata dai fenomeni di **inquinamento atmosferico**.



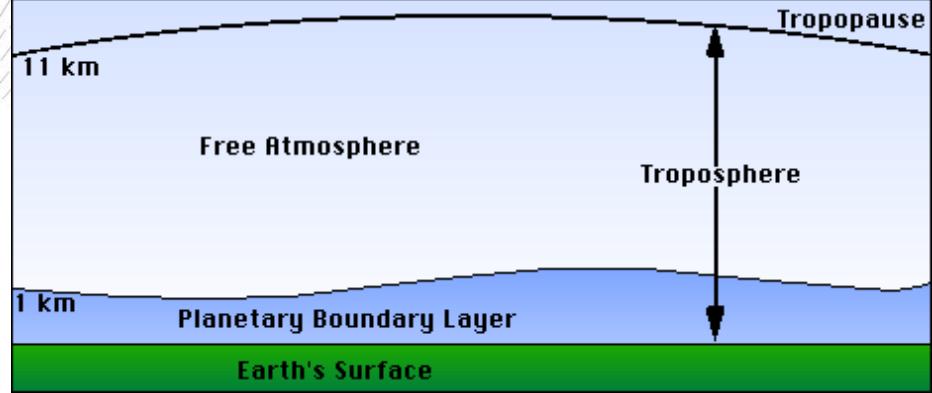
# L'inquinamento atmosferico: il **PBL**

Lo strato limite planetario o *Planetary Boundary Layer* (PBL) è la porzione di atmosfera interessata dai fenomeni di **inquinamento atmosferico**.



# L'inquinamento atmosferico: il *PBL*

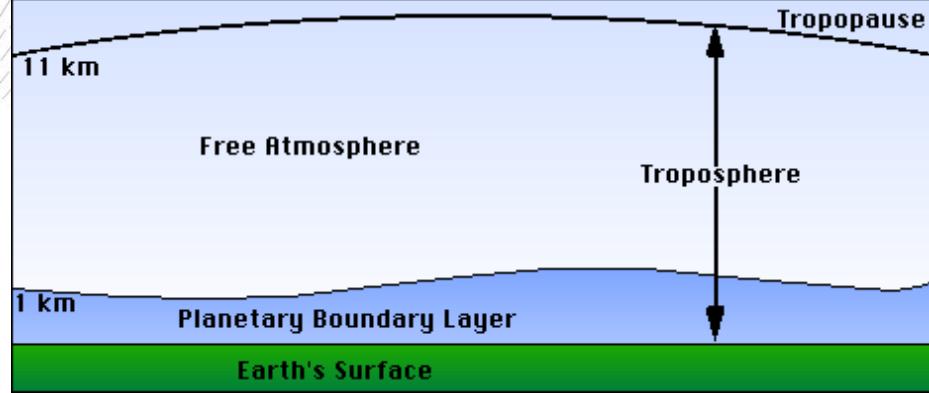
Lo strato limite planetario o *Planetary Boundary Layer* (*PBL*) è la porzione di atmosfera interessata dai fenomeni di **inquinamento atmosferico**.



Emissione

# L'inquinamento atmosferico: il *PBL*

Lo strato limite planetario o *Planetary Boundary Layer* (*PBL*) è la porzione di atmosfera interessata dai fenomeni di inquinamento atmosferico.

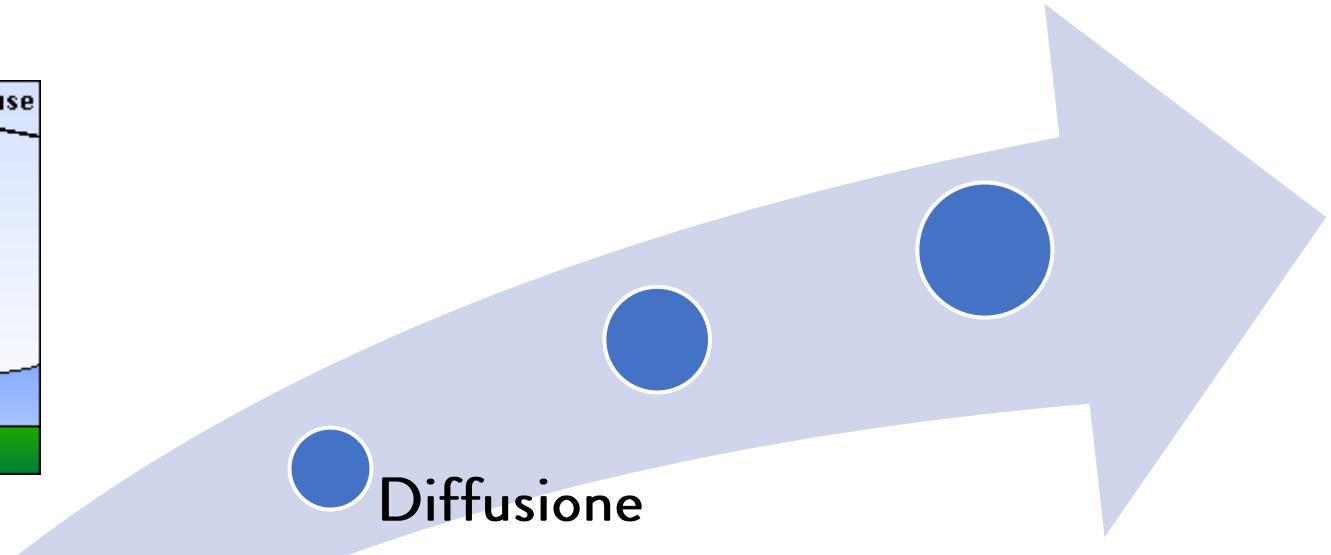
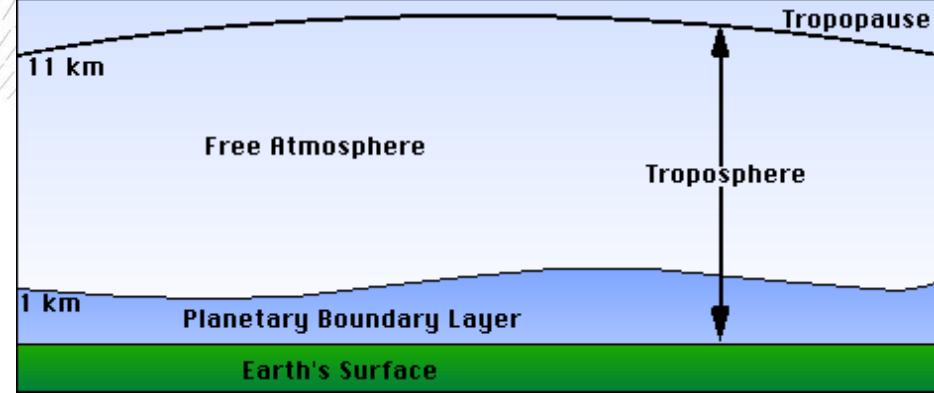


Avvezione

Emissione

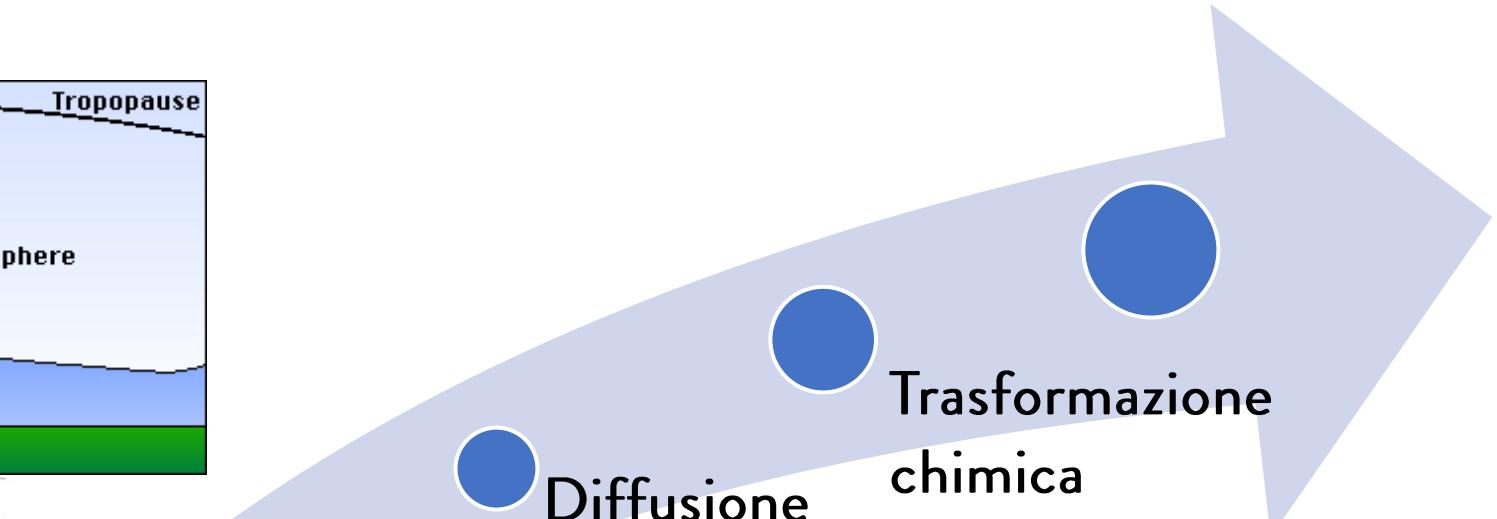
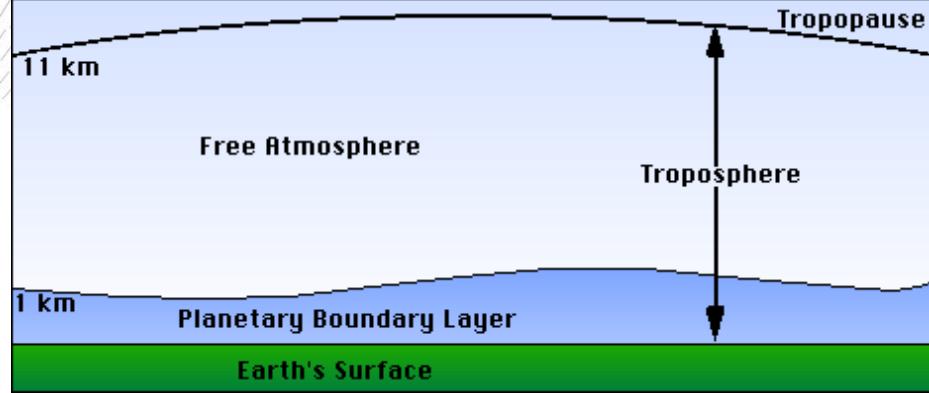
# L'inquinamento atmosferico: il *PBL*

Lo strato limite planetario o *Planetary Boundary Layer* (*PBL*) è la porzione di atmosfera interessata dai fenomeni di inquinamento atmosferico.



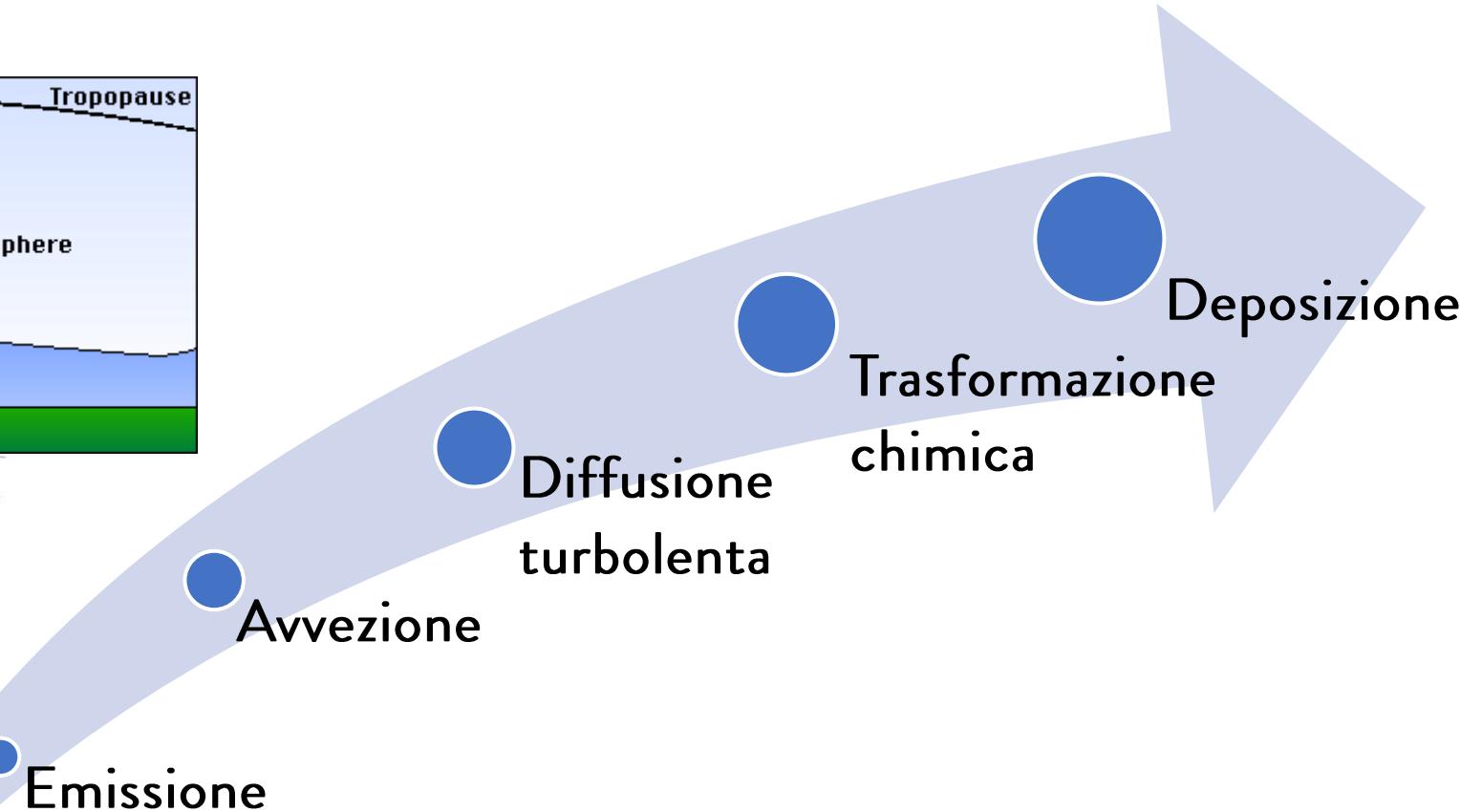
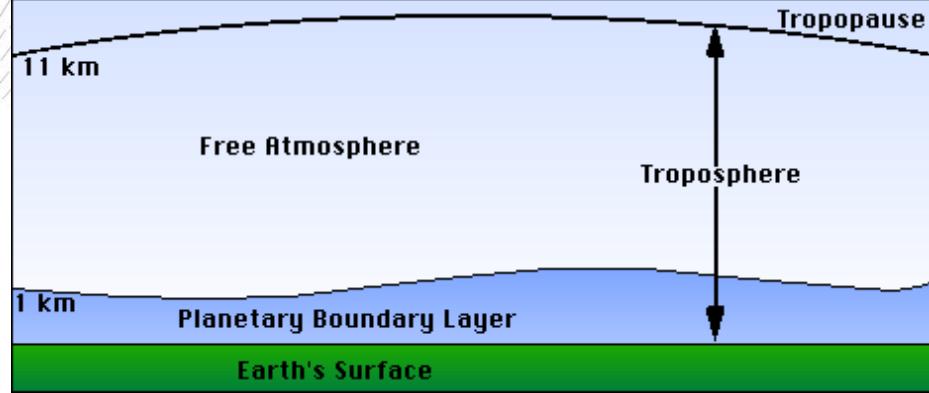
# L'inquinamento atmosferico: il *PBL*

Lo strato limite planetario o *Planetary Boundary Layer* (*PBL*) è la porzione di atmosfera interessata dai fenomeni di inquinamento atmosferico.



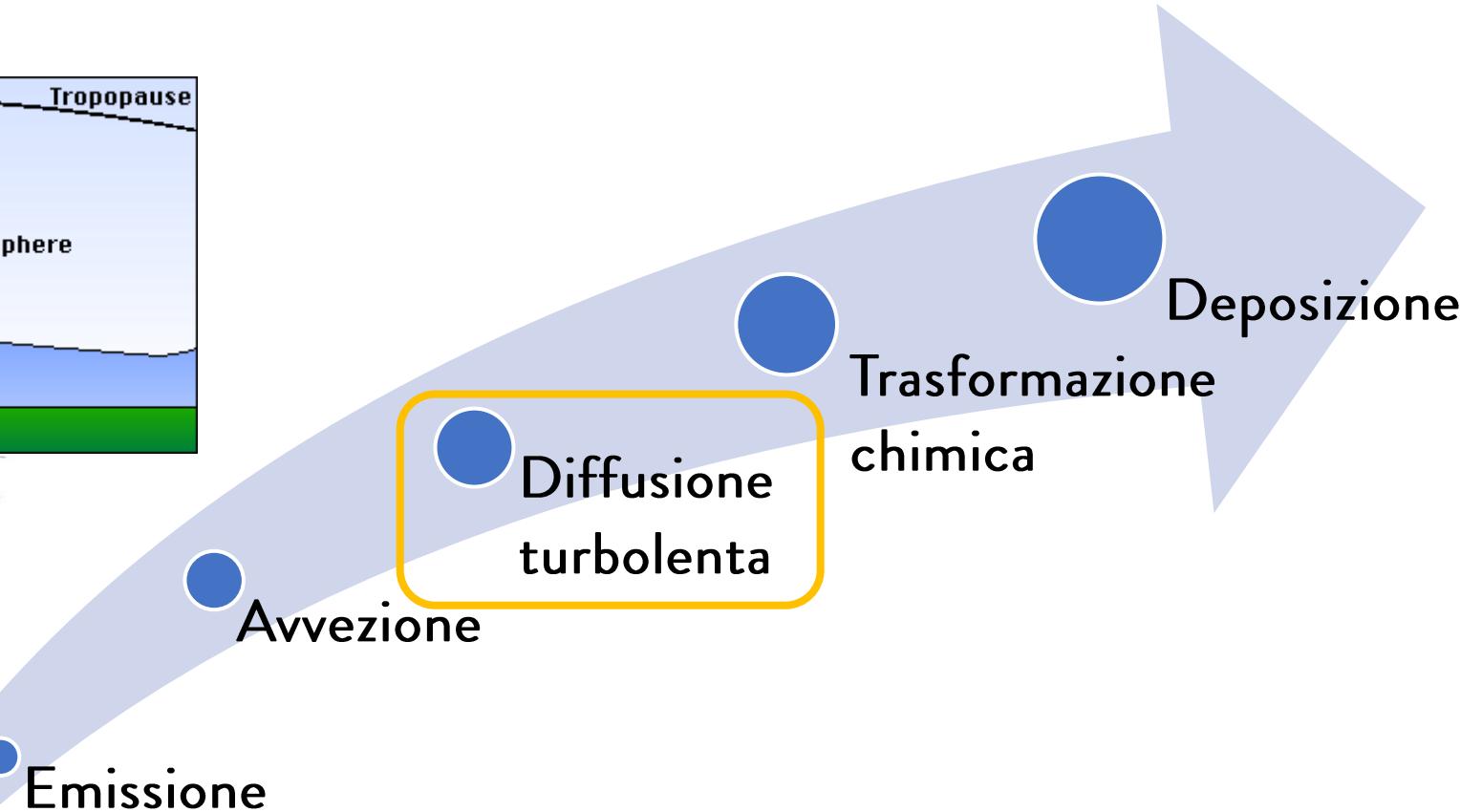
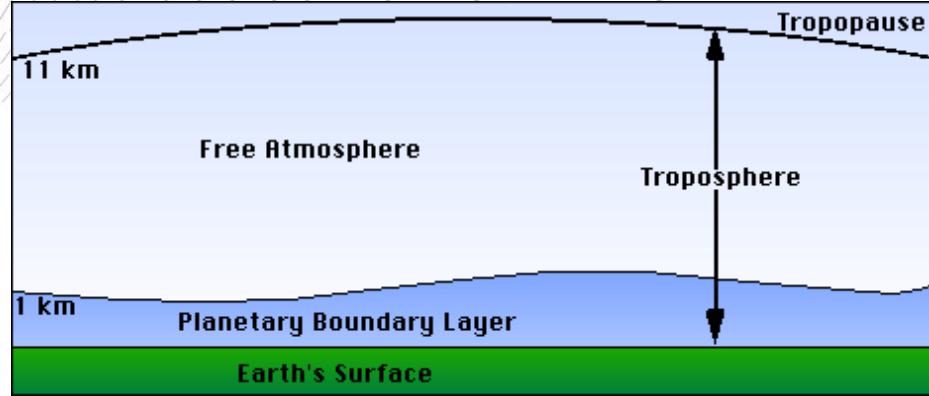
# L'inquinamento atmosferico: il *PBL*

Lo strato limite planetario o *Planetary Boundary Layer* (*PBL*) è la porzione di atmosfera interessata dai fenomeni di inquinamento atmosferico.



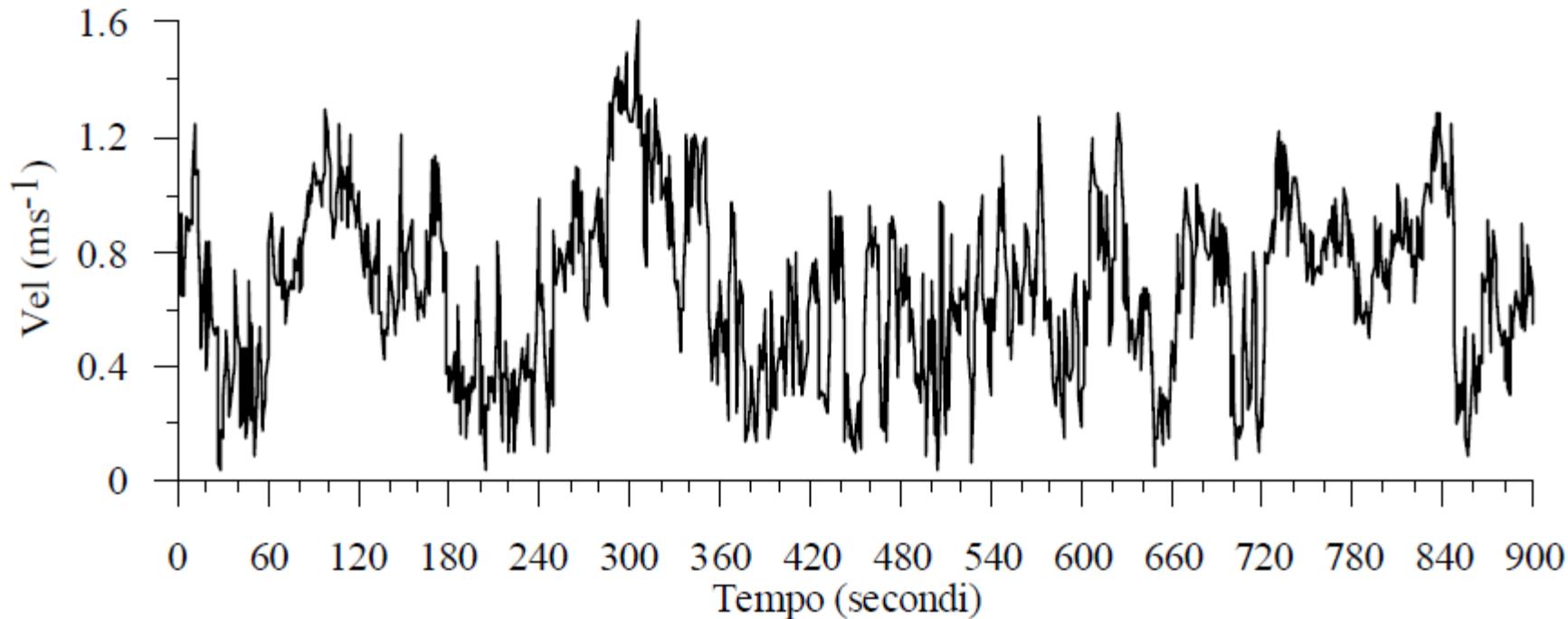
# L'inquinamento atmosferico: il *PBL*

Lo strato limite planetario o *Planetary Boundary Layer* (*PBL*) è la porzione di atmosfera interessata dai fenomeni di inquinamento atmosferico.



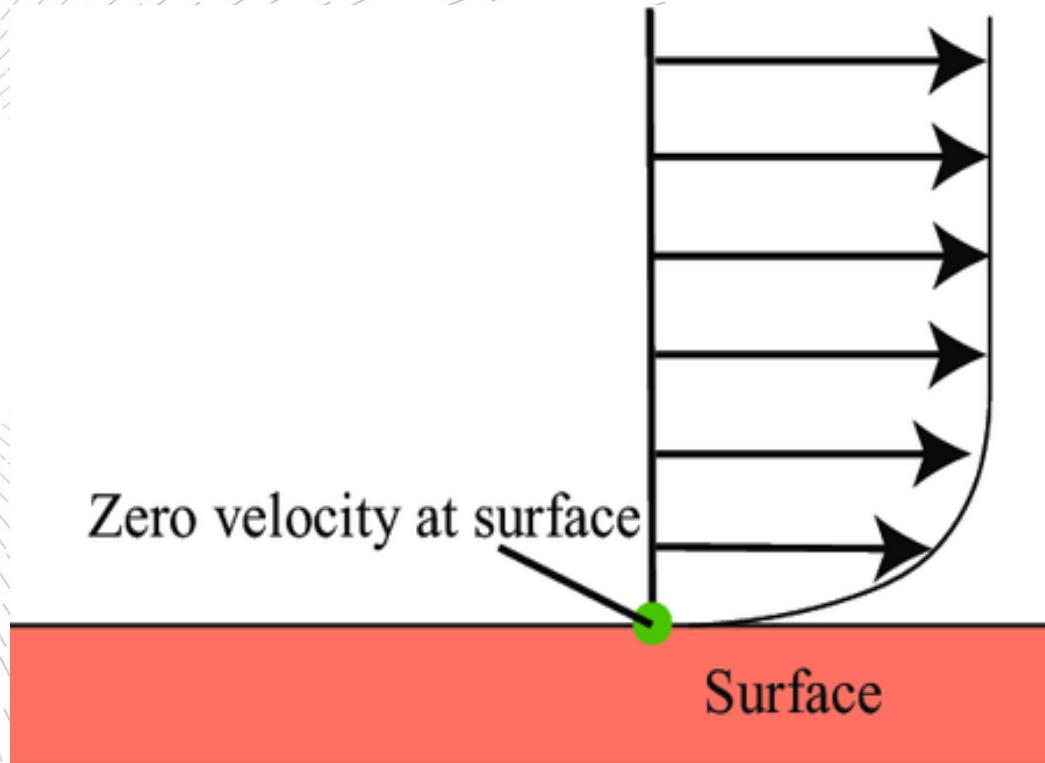
# L'inquinamento atmosferico: il *PBL*

La caratteristica più evidente del *PBL* è la presenza di significative irregolarità (**fluttuazioni turbolente**) nell'andamento nello spazio e nel tempo delle grandezze fisiche che lo caratterizzano.

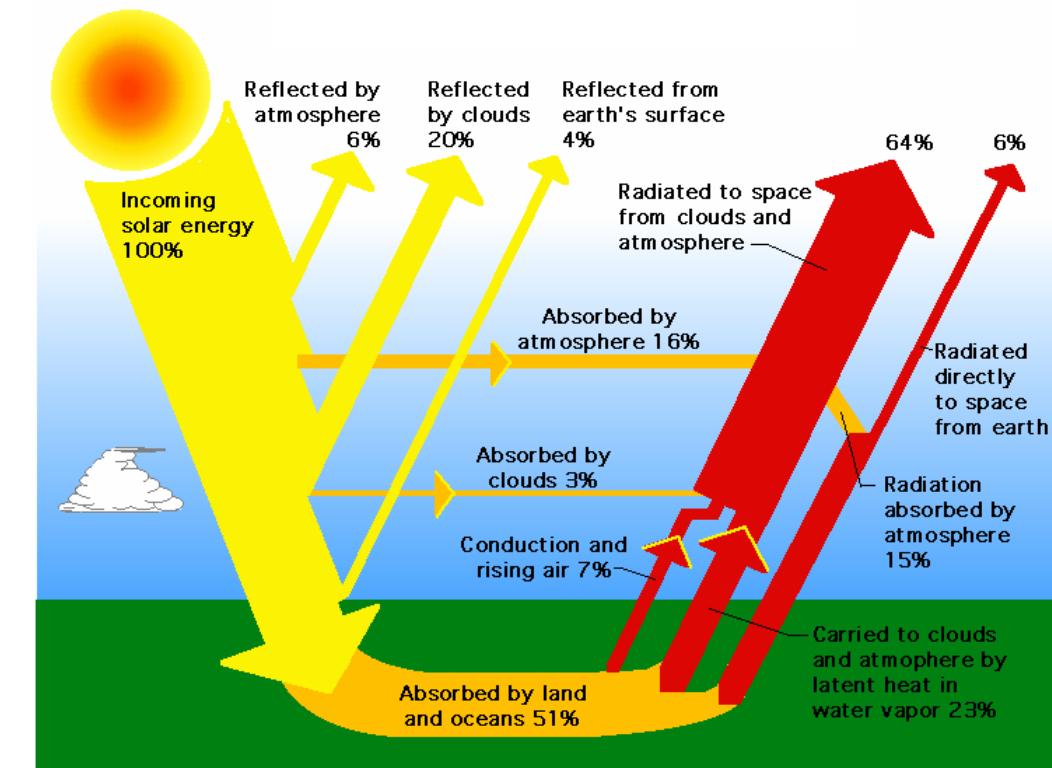


# La turbolenza nel PBL

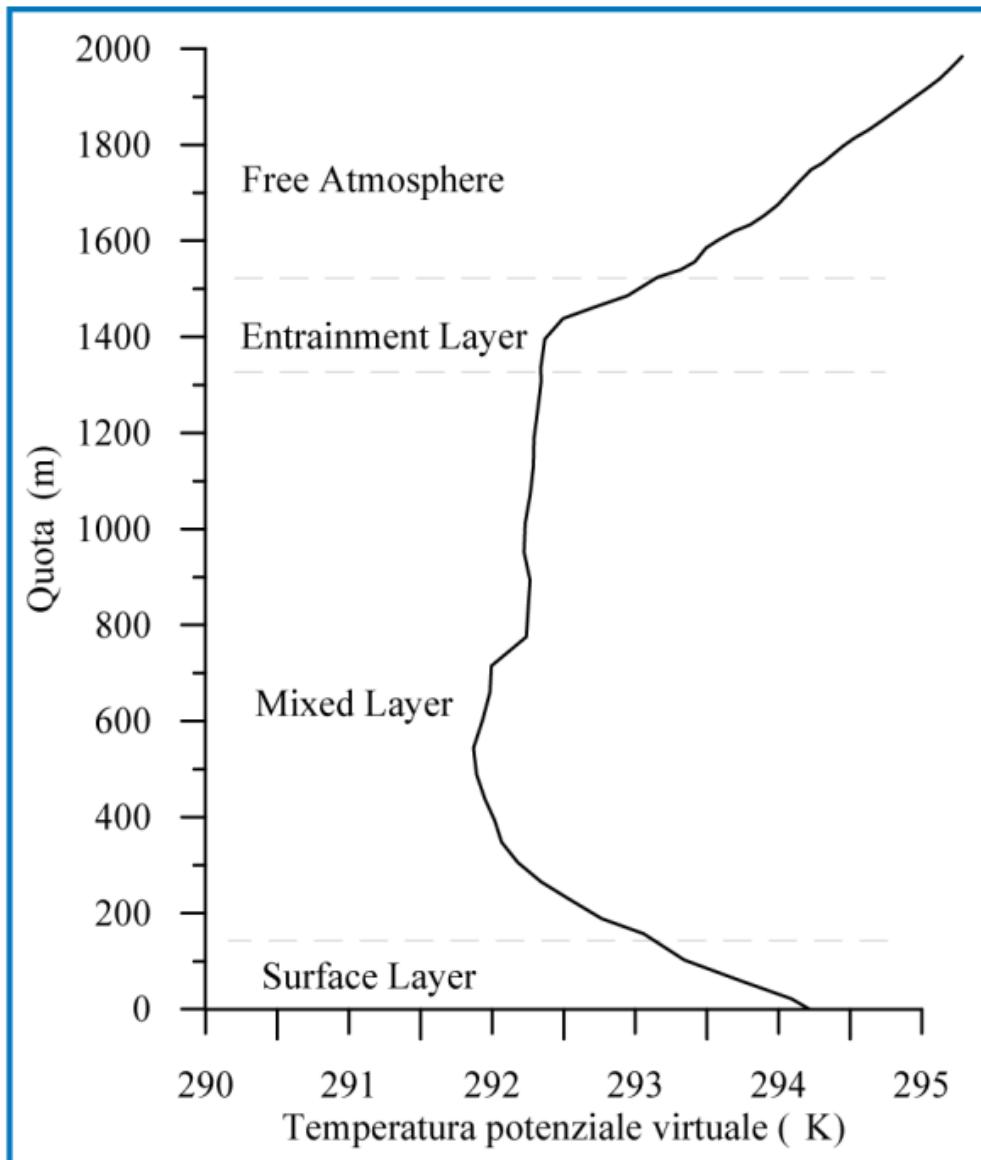
## TURBOLENZA MECCANICA



## TURBOLENZA CONVETTIVA

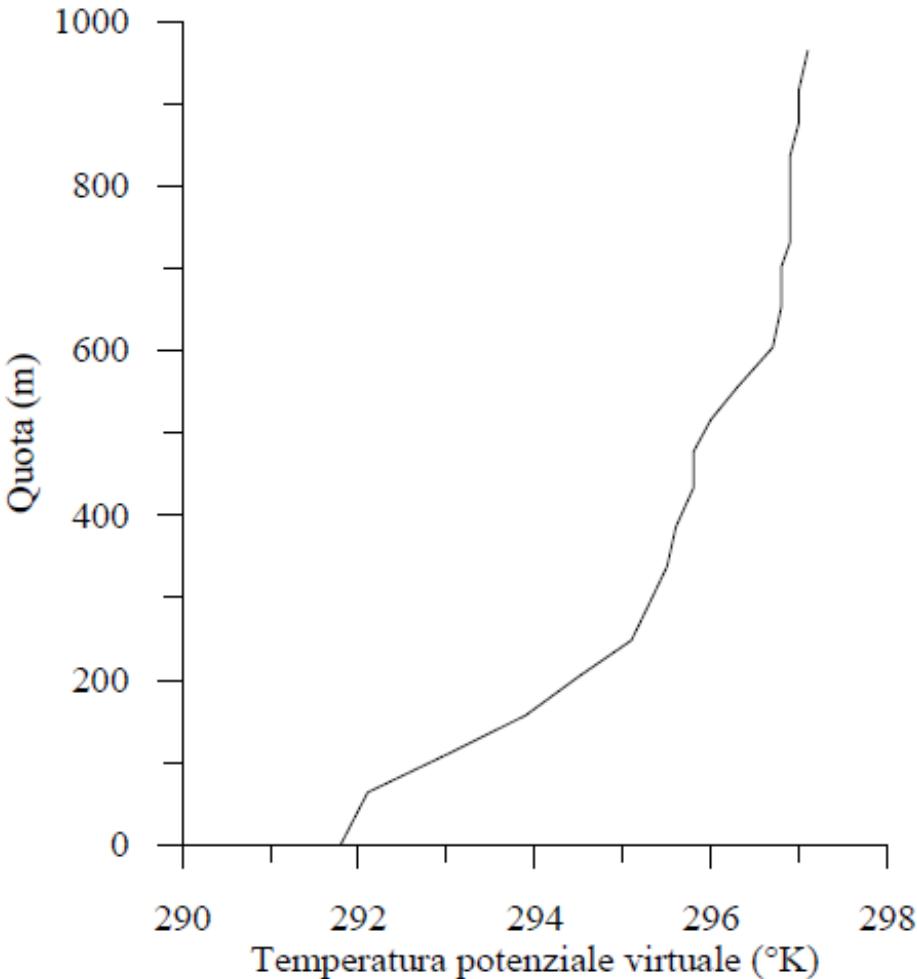


# Profilo termico diurno



$\approx$  km

# Profilo termico notturno



Assenza di limite superiore ben definito: strato di atmosfera con il maggior gradiente termico

≈ 10-100 m

# Perché questa trattazione?

PBL come trappola per gli inquinanti emessi

MA SOPRATTUTTO • • •

- Prevalenza di episodi di molestia olfattiva in determinati momenti della giornata
- Concentrazione all'emissione vs. concentrazione in ricaduta

# Perché questa trattazione?

PBL come trappola per gli inquinanti emessi

MA SOPRATTUTTO • • •

- Prevalenza di episodi di molestia olfattiva in determinati momenti della giornata
- **Concentrazione all'emissione vs. concentrazione in ricaduta**

# Perché questa trattazione?

PBL come trappola per gli inquinanti emessi

MA SOPRATTUTTO • • •

- Prevalenza di episodi di molestia olfattiva in determinati momenti della giornata
- Concentrazione all'emissione vs. concentrazione in ricaduta



## MODELLI DI DISPERSIONE

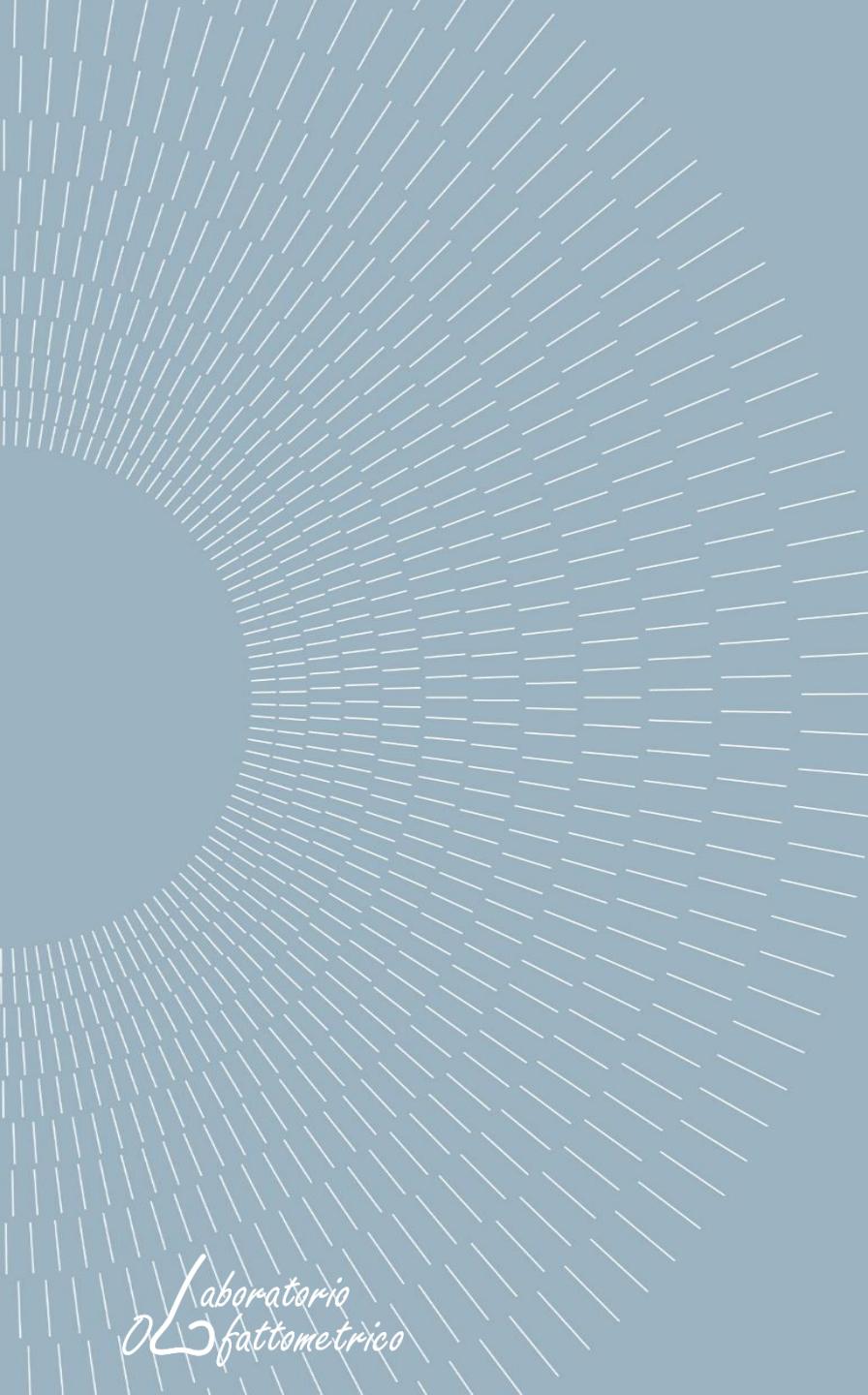
# Modelli di dispersione in atmosfera

E' un algoritmo che consente di simulare il trasporto e la dispersione in atmosfera e la ricaduta al suolo degli inquinanti emessi.



Valutazione del campo di  
concentrazione spazio-temporale degli  
inquinanti





# SCELTA DEL MODELLO DI SIMULAZIONE

# Scelta del modello

COMPLESSITÀ'



# Scelta del modello

- Analitici stazionari a pennacchio: modelli Gaussiani convenzionali o avanzati (e.g. AERMOD)

COMPLESSITÀ



# Scelta del modello

- Analitici stazionari a pennacchio: modelli Gaussiani convenzionali o avanzati (e.g. AERMOD)
- Non stazionari a puff (e.g. CALPUFF)

COMPLESSITÀ



# Scelta del modello

- Analitici stazionari a pennacchio: modelli Gaussiani convenzionali o avanzati (e.g. AERMOD)
- Non stazionari a puff (e.g. CALPUFF)
- Lagrangiani a particelle (e.g. SPRAY, LAPMOD)

COMPLESSITÀ



# Scelta del modello

- Analitici stazionari a pennacchio: modelli Gaussiani convenzionali o avanzati (e.g. AERMOD)
- Non stazionari a puff (e.g. CALPUFF)
- Lagrangiani a particelle (e.g. SPRAY, LAPMOD)
- Euleriani a griglia (e.g. CALGRID)
- Modelli fluidodinamici (CFD)

COMPLESSITÀ



# Scelta del modello

- Analitici stazionari a pennacchio: modelli Gaussiani convenzionali o avanzati (e.g. AERMOD)
- Non stazionari a puff (e.g. CALPUFF)
- Lagrangiani a particelle (e.g. SPRAY, LAPMOD)
- Euleriani a griglia (e.g. CALGRID)
- Modelli fluidodinamici (CFD)

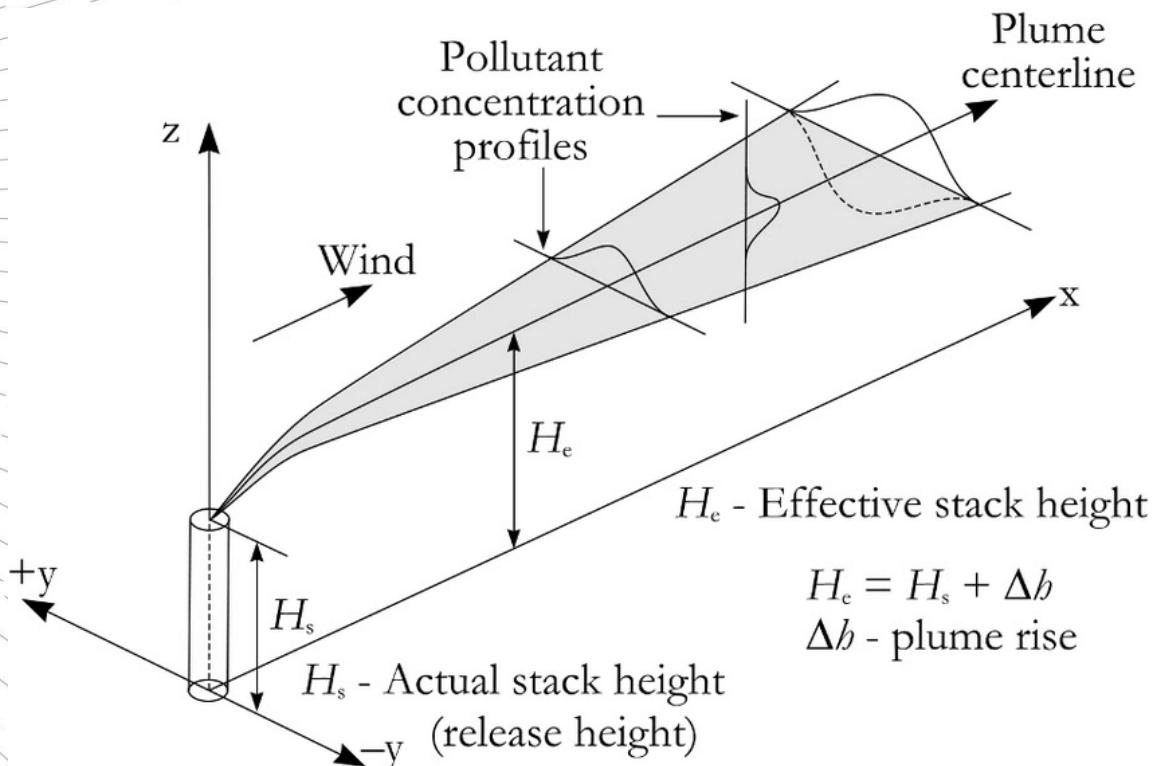
**DIFFICILMENTE UTILIZZATI**

**COMPLESSITÀ**



# Modelli Gaussiani stazionari

Descrivono il fenomeno emissivo come il rilascio di un **pennacchio** (plume) continuo al cui interno la concentrazione è distribuita in maniera Gaussiana.



# Modelli Gaussiani stazionari

Il calcolo della concentrazione è basato sull'integrazione in condizioni semplificate (stazionarietà e omogeneità) dell'equazione generale del trasporto e della diffusione:

$$c(x, y, 0, H) = \left[ \frac{Q}{\pi \sigma_y \sigma_z u} \right] \left[ \exp\left(-\frac{1}{2} \left( \frac{y}{\sigma_y} \right)^2\right) \right] \left[ \exp\left(-\frac{1}{2} \left( \frac{H}{\sigma_z} \right)^2\right) \right]$$

$c(x, y, 0, H)$  = concentration (g/m<sup>3</sup>)

$Q$  = pollutant emission rate (g/s)

$\sigma_y, \sigma_z$  = standard deviations of the plume in y and z direction (m), which are a function of atmospheric stability

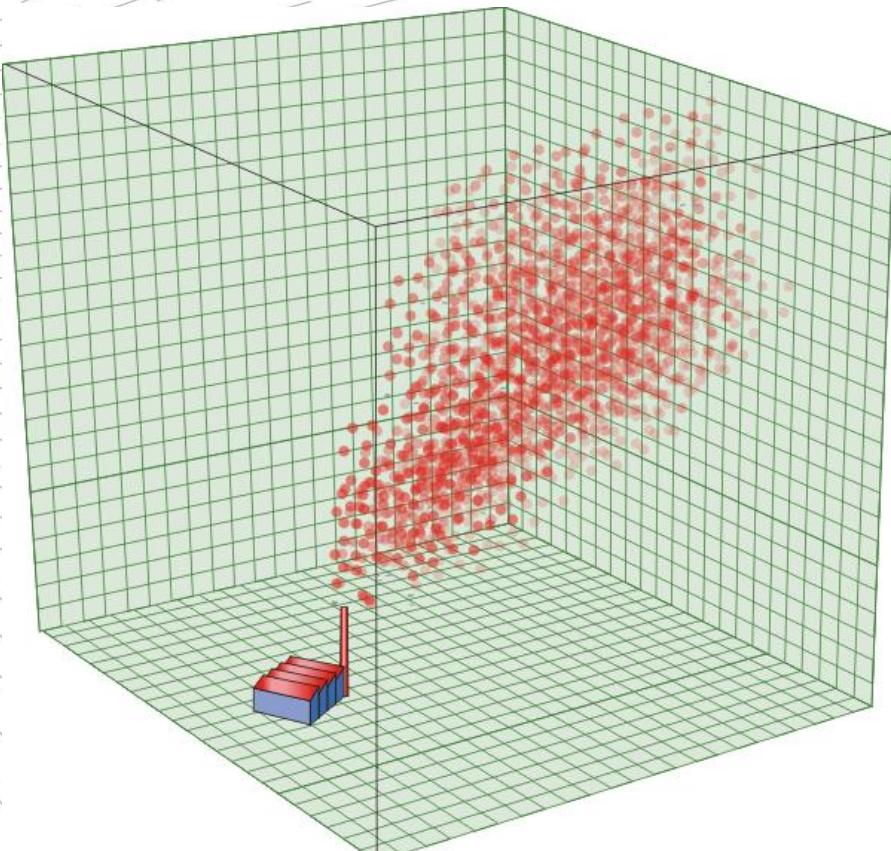
$u$  = wind speed (m/s)

$x, y, z$  = distances from the emission sources (m)

$H$  = effective stack height (stack height + plume rise =  $h + \Delta H$ )

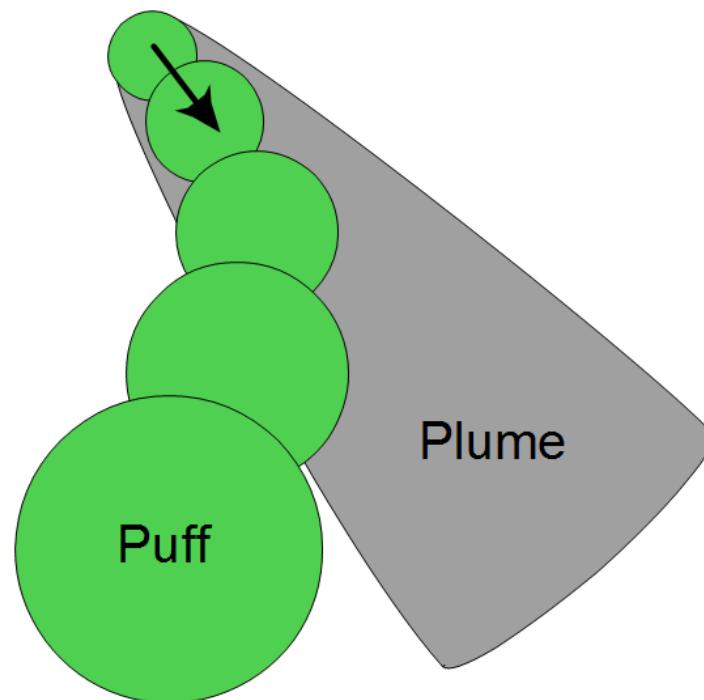
# Modelli Lagrangiani a particelle

Descrivono il fenomeno emissivo come il rilascio di una serie di **particelle** in continuo movimento caotico (pseudo-casuale) nello spazio e nel tempo.



# Modelli a puff

Descrivono il fenomeno emissivo in maniera discretizzata considerando il rilascio di diverse “nuvolette” di inquinanti (**puff**), all’interno dei quali la concentrazione è distribuita in maniera gaussiana.



# PRO & CONS

## Gaussiani stazionari

- 👉 Applicazioni “near-field”
- 👉 Limitate risorse di calcolo
- 👉 Semplicità di utilizzo
- 👉👉 Non sono in grado di trattare calme di vento
- 👉👉 Non 3D: non adeguati nel caso di orografia complessa
- 👉👉 Modelli stazionari

# PRO & CONS

## Gaussiani stazionari

- 👉 Applicazioni “near-field”
- 👉 Limitate risorse di calcolo
- 👉 Semplicità di utilizzo
- 👉👉 Non sono in grado di trattare calme di vento
- 👉👉 Non 3D: non adeguati nel caso di orografia complessa
- 👉👉 Modelli stazionari

## Lagrangiani a puff

- 👉 Applicazioni “near-field” e “far-field”
- 👉 Risorse di calcolo intermedie
- 👉👉 Intermedia difficoltà di utilizzo
- 👉👉 Capaci di trattare calme di vento
- 👉👉 Non omogenei: adeguati nel caso di orografia complessa
- 👉👉 Modelli non stazionari

# PRO & CONS

## Gaussiani stazionari

- Applicazioni “near-field”
- Limitate risorse di calcolo
- Semplicità di utilizzo
- Non sono in grado di trattare calme di vento
- Non 3D: non adeguati nel caso di orografia complessa
- Modelli stazionari

## Lagrangiani a puff

- Applicazioni “near-field” e “far-field”
- Risorse di calcolo intermedie
- Intermedia difficoltà di utilizzo
- Capaci di trattare calme di vento
- Non omogenei: adeguati nel caso di orografia complessa
- Modelli non stazionari

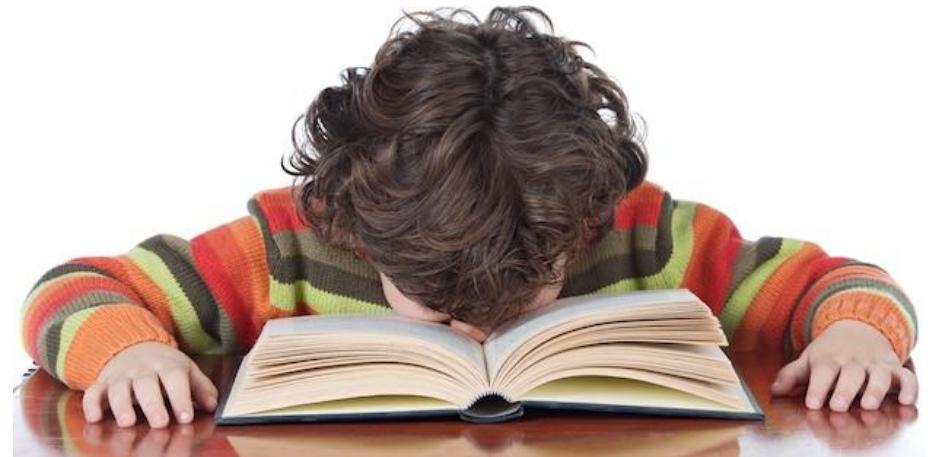
## Lagrangiani a particelle

- Applicazioni “near-field” e “far-field”
- Elevate risorse di calcolo
- Notevoli difficoltà di utilizzo
- Capaci di trattare calme di vento
- Non omogenei: adeguati nel caso di orografia complessa
- Modelli non stazionari

# Scelta del modello

## Reference

- UNI 10796:2000 “*Valutazione della dispersione in atmosfera di effluenti aeriformi. Guida ai criteri di selezione dei modelli matematici*”
- Linee Guida Regionali
- EPA (2017) “*Revision to the Guideline on Air Quality Models, Appendix W*”
- Review di letteratura



# UNI 10796:2000

**Valutazione della dispersione in atmosfera di effluenti aeriformi**

**Guida ai criteri di selezione dei modelli matematici**

## Criteri

- Scala spaziale
- Base temporale
- Tipologia di sorgente
- Tipologia di inquinante
- Orografia



Modellazione “tipica” di impatto olfattivo: SCHEDA 9

➤ Modelli a puff



**Nessuna menzione all'odore!**

# Linee Guida Regionali

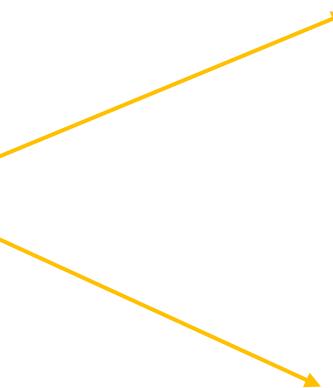
## Modelli suggeriti per valutazioni di impatto odorigeno

- Lagrangiani a puff
- Lagrangiani a particelle
- 3D Euleriani



Tre tipologie di modelli impiegati con finalità di regolamentazione:

- Gaussiani stazionari
- Lagrangiani
- Euleriani



**SCREENING  
MODELS**

**ADVANCED  
MODELS**



# EPA: Guideline on Air Quality Models



Alcuni cambiamenti significativi per modellazione di odore:

## Pre 2017

- CALPUFF preferred model for long-range transport (> 50 km)
- CALPUFF alternative model for near-field (< 50 km)
- AERMOD preferred model for near-field dispersion (< 50 km)

## Post 2017

- CALPUFF screening technique for long-range transport (> 50 km)
- CALPUFF alternative model for near-field (< 50 km)\*
- AERMOD preferred model

\*The EPA recognizes that AERMOD, as a Gaussian plume dispersion model, may be limited in its ability to appropriately address such situations, and that CALPUFF or other Lagrangian model may be more suitable, so we continue to provide the flexibility of alternative model approvals

# EPA: Guideline on Air Quality Models

Rassegna dei modelli post-revisione del documento (2017)

## Preferred

- AERMOD
- CTDMPLUS (sorgenti puntuali)
- OCD (emissioni vicino alla costa e in mare aperto)

## Alternative

Numerose possibilità:

<https://www.epa.gov/scram/air-quality-dispersion-modeling-alternative-models#calpuff>

- CALINE3 (gaussiano stazionario)
- CALPUFF
- ISC3 (gaussiano stazionario)

# Scelta del modello: alcune considerazioni

- Diverse possibilità nella scelta dei modelli
- **Necessità di una valutazione caso-per-caso**

# Scelta del modello: alcune considerazioni

- Diverse possibilità nella scelta dei modelli
- **Necessità di una valutazione caso-per-caso**
- AERMOD sembrerebbe preferibile ma

*“EPA recognizes that AERMOD, as a Gaussian plume dispersion model, may be limited in its ability to appropriately address such situations, and that CALPUFF or other Lagrangian model may be more suitable, so we continue to provide the flexibility of alternative model approvals”*

ove i modelli Gaussiani trovano scarsa applicabilità, modelli Lagrangiani (e.g. CALPUFF) sono da preferirsi

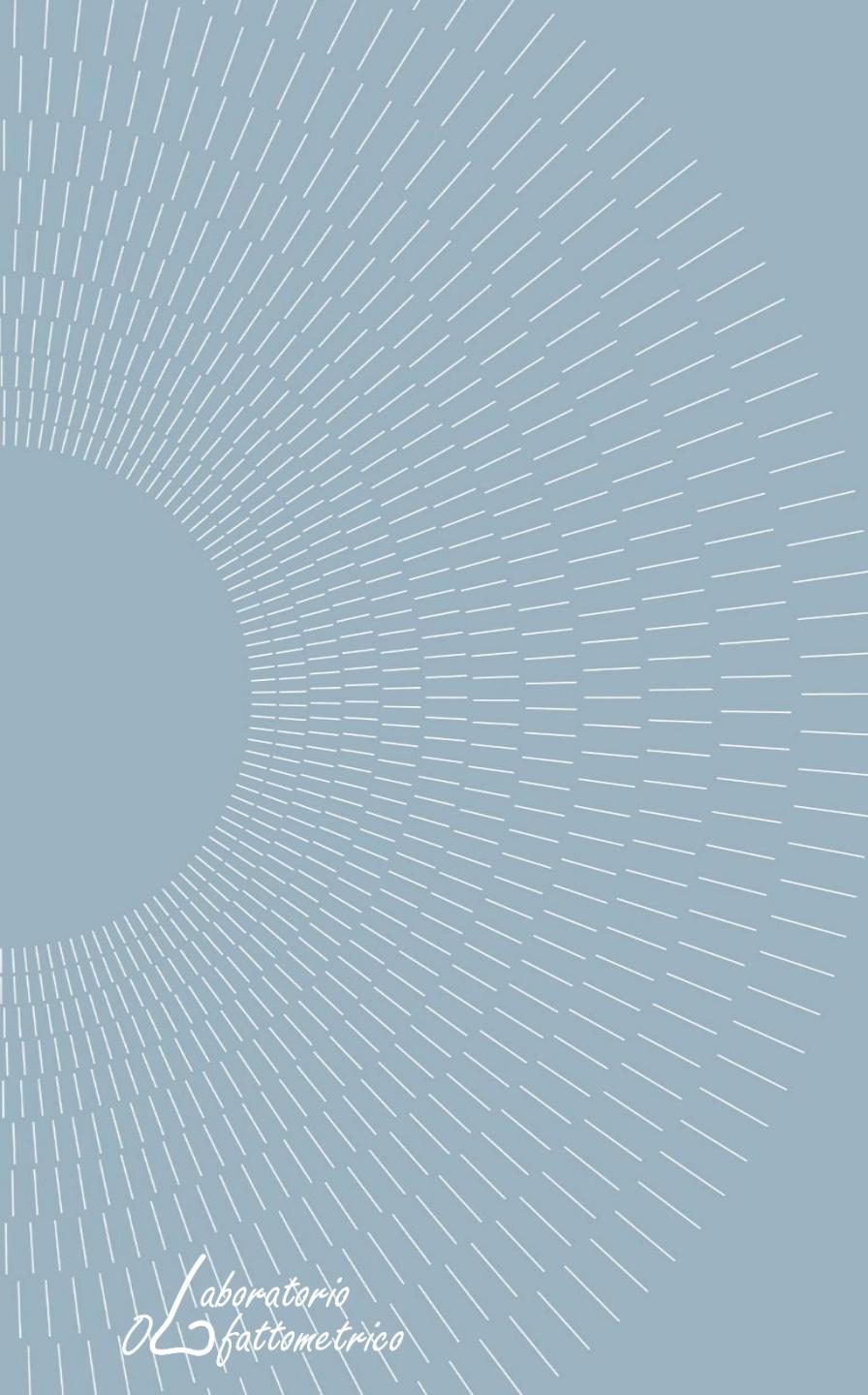
# Scelta del modello: alcune considerazioni

- Diverse possibilità nella scelta dei modelli
- **Necessità di una valutazione caso-per-caso**
- AERMOD sembrerebbe preferibile ma

*“EPA recognizes that AERMOD, as a Gaussian plume dispersion model, may be limited in its ability to appropriately address such situations, and that CALPUFF or other Lagrangian model may be more suitable, so we continue to provide the flexibility of alternative model approvals”*

ove i modelli Gaussiani trovano scarsa applicabilità, modelli Lagrangiani (e.g. CALPUFF) sono da preferirsi

- **Modelli Gaussiani stazionari inadeguati in condizioni di calma di vento**
- **Modelli Gaussiani stazionari inadeguati in caso di orografia complessa**

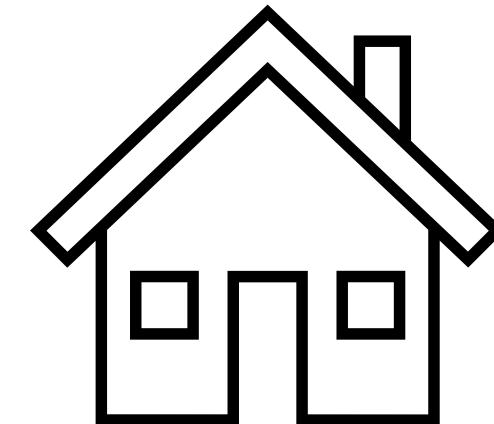
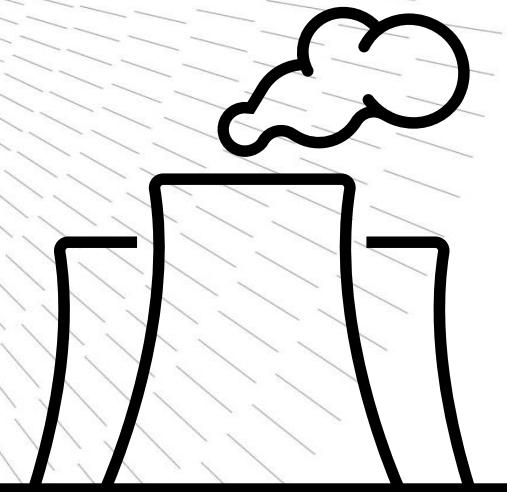


# APPROCCIO MODELLISTICO PER VALUTAZIONI DI IMPATTO OLFATTIVO

# Approccio modellistico per valutazioni di impatto olfattivo

→ Regione Lombardia: DGR 15 febbraio 2012 – n. IX/3018

→ “Associare alle emissioni di sostanze inquinanti in atmosfera, oltre che dei limiti in concentrazione, anche dei limiti che ne caratterizzino l’impatto odorigeno, nasce dalla necessità di far sì che attività con rilevanti flussi osmogeni non ostacolino la fruibilità del territorio coerentemente con quanto previsto dalle pianificazioni adottate.”



# Approccio modellistico per valutazioni di impatto olfattivo

Stesso approccio ma con alcune differenze



Regione  
Lombardia



REGIONE  
PIEMONTE



PROVINCIA  
AUTONOMA DI TRENTO



REGIONE  
PUGLIA



REGIONE VENETO



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente



REGIONE BASILICATA



MINISTERO DELL'AMBIENTE  
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE

# Approccio modellistico per valutazioni di impatto olfattivo

Stesso approccio ma con alcune differenze



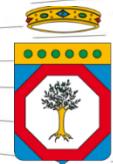
Regione  
Lombardia



REGIONE  
PIEMONTE



PROVINCIA  
AUTONOMA DI TRENTO



REGIONE  
PUGLIA



REGIONE VENETO



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente



MINISTERO DELL'AMBIENTE  
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE



REGIONE BASILICATA

# Approccio modellistico per valutazioni di impatto olfattivo

Stesso approccio ma con alcune differenze



Regione  
Lombardia



REGIONE  
PIEMONTE



PROVINCIA  
AUTONOMA DI TRENTO



REGIONE  
PUGLIA



agenzia  
prevenzione  
ambiente energia  
emilia-romagna



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente



agenzia regionale per la  
protezione dell'ambiente  
del Friuli venezia giulia



MINISTERO DELL'AMBIENTE  
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE



REGIONE VENETO



REGIONE BASILICATA

Concentrazioni orarie di picco di odore al 98° percentile su base annuale

# Approccio modellistico per valutazioni di impatto olfattivo

Concentrazioni orarie di picco di odore al **98° percentile** su base annuale

**98° percentile** → 175esima ora peggiore dell'anno



# Approccio modellistico per valutazioni di impatto olfattivo

Stesso approccio ma con alcune **differenze**

- Scelta dei ricettori
- Criteri di accettabilità al ricettore
- Presentazione dei risultati



# Scelta dei ricettori

Stesso approccio ma con alcune **differenze**

- Identificazione dei ricettori (e.g. “I ricettori dovrebbero essere disposti in modo che in ogni arco di circonferenza di  $120^\circ$  sia collocato almeno un ricettore sensibile”)
- Quota del ricettore (e.g. Regione Lombardia vs. Regione Puglia)

# Approccio modellistico per valutazioni di impatto olfattivo

Stesso approccio ma con alcune **differenze**

- Scelta dei ricettori
- Criteri di accettabilità al ricettore
- Presentazione dei risultati

# Criteri di accettabilità al ricettore

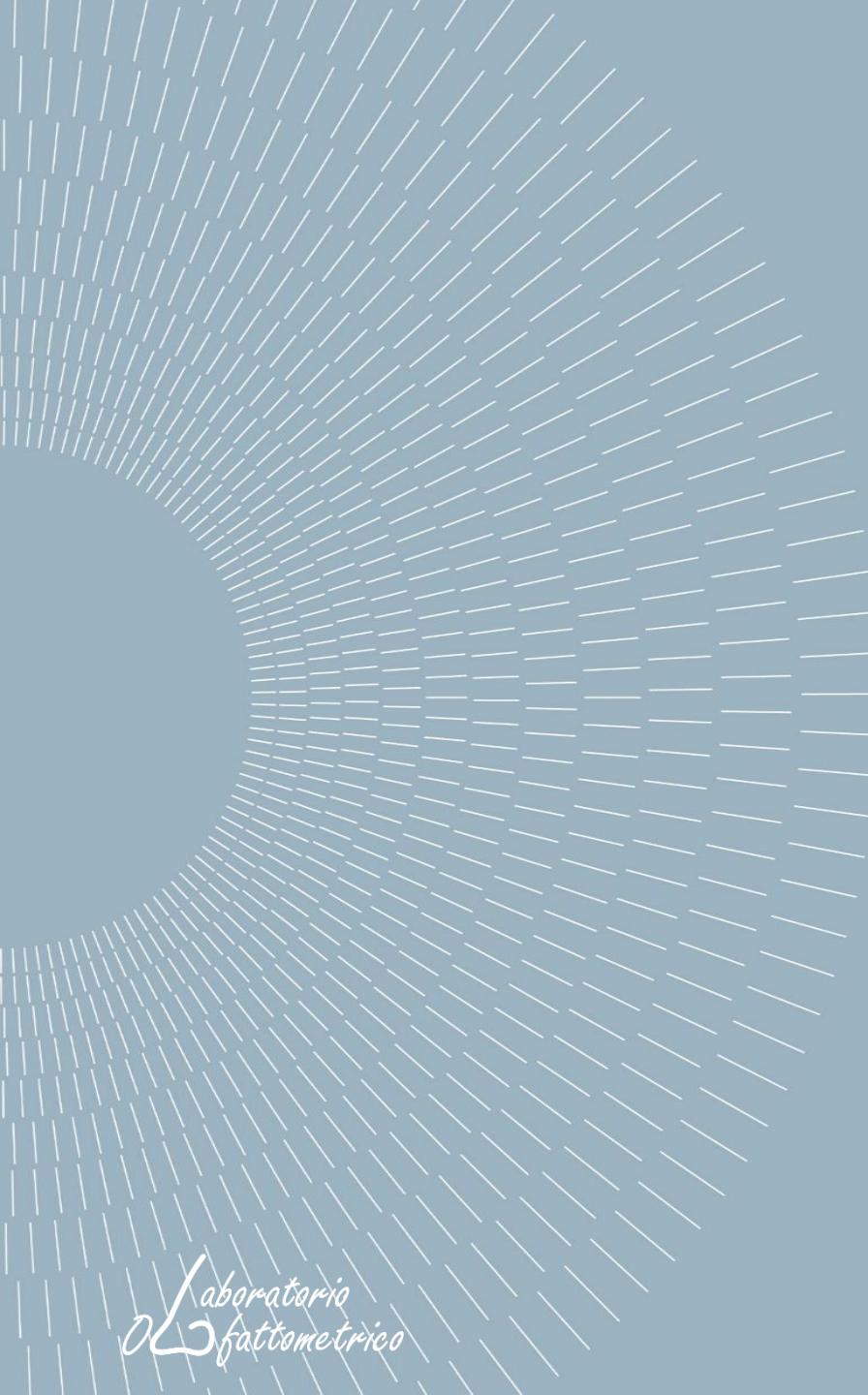
Stesso approccio ma con alcune **differenze**

	Lombardia, FVG, Piemonte, Liguria	MITE	Emilia Romagna, Trento, Basilicata	Puglia
Valori di accettabilità	1 – 3 – 5 ou <sub>E</sub> /m <sup>3</sup>	1 – 2 – 3 – 4 – 5 ou <sub>E</sub> /m <sup>3</sup>	1 – 2 – 3 – 4 ou <sub>E</sub> /m <sup>3</sup>	1 – 2 – 3 – 4 – 5 ou <sub>E</sub> /m <sup>3</sup>
Classi di sensibilità del ricettore	Non identificate	Cinque	Sei	Otto
Criterio		Destinazione urbanistica	Destinazione urbanistica (residenziale non) e distanza dalla sorgente	Destinazione urbanistica

# Presentazione dei risultati

Stesso approccio ma con alcune **differenze**

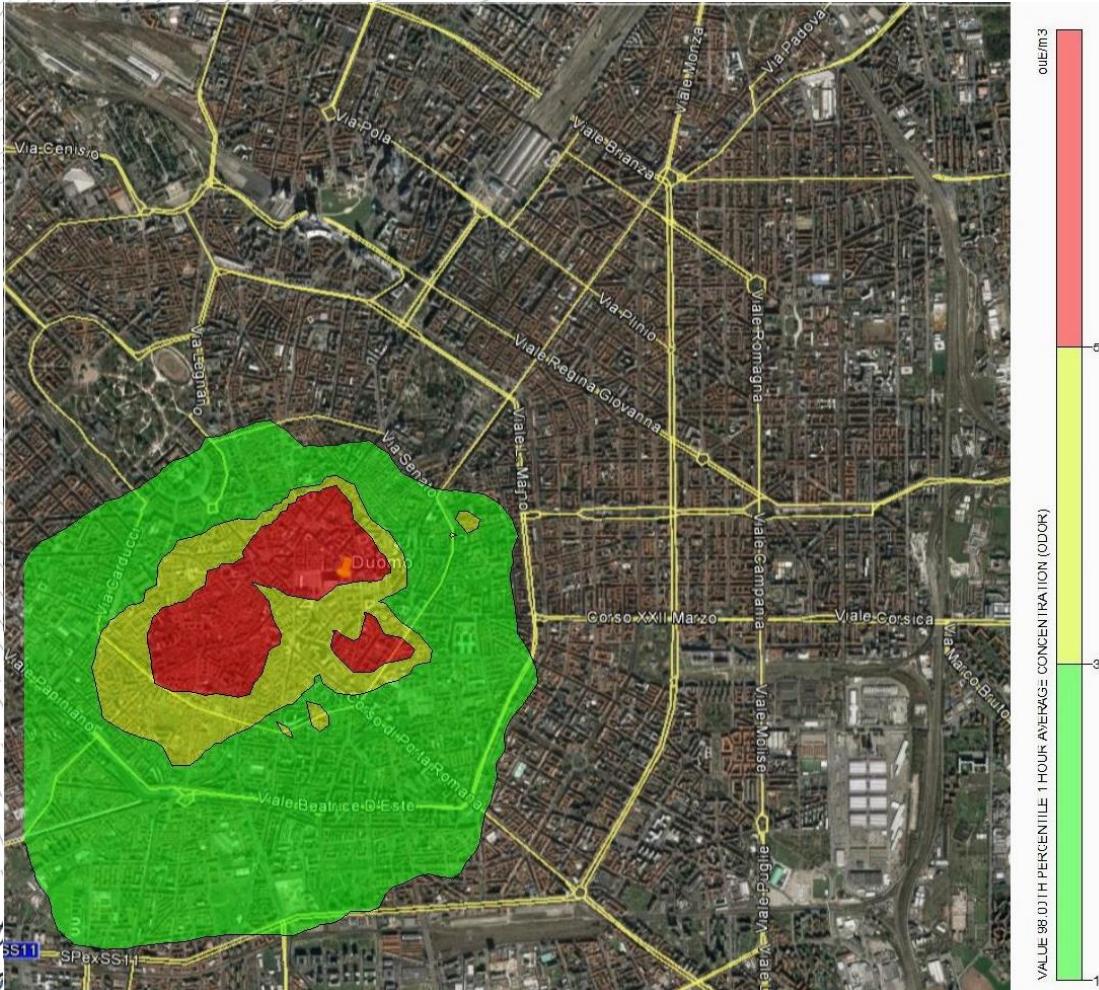
- Basilicata: nessuna richiesta circa le concentrazioni massime al ricettore
- Puglia: introduzione del 99.9 percentile al ricettore



# INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

# Interpretazione dei risultati

# È tanto o è poco?



# Interpretazione dei risultati

## Dipende!

La valutazione degli impatti **non può prescindere** dalla destinazione  
urbanistica del territorio

# Interpretazione dei risultati

## Dipende!

La valutazione degli impatti **non può prescindere** dalla destinazione urbanistica del territorio

Se non esplicitati criteri di accettabilità al ricettore:

- $1 \text{ ou}_E/m^3$ : soglia di percezione dell'odore
- $3 \text{ ou}_E/m^3$ : soglia di riconoscimento dell'odore
- $5 \text{ ou}_E/m^3$ : soglia di molestia olfattiva



G. Schuberger et al. 2000 - Modification of a Gauss dispersion model for the assessment of odour sensation in the vicinity of livestock buildings

# Interpretazione dei risultati: 98° percentile vs. massimo

Case-study: serbatoio di stoccaggio di idrocarburi



## Interpretazione dei risultati: 98° percentile vs. massimo

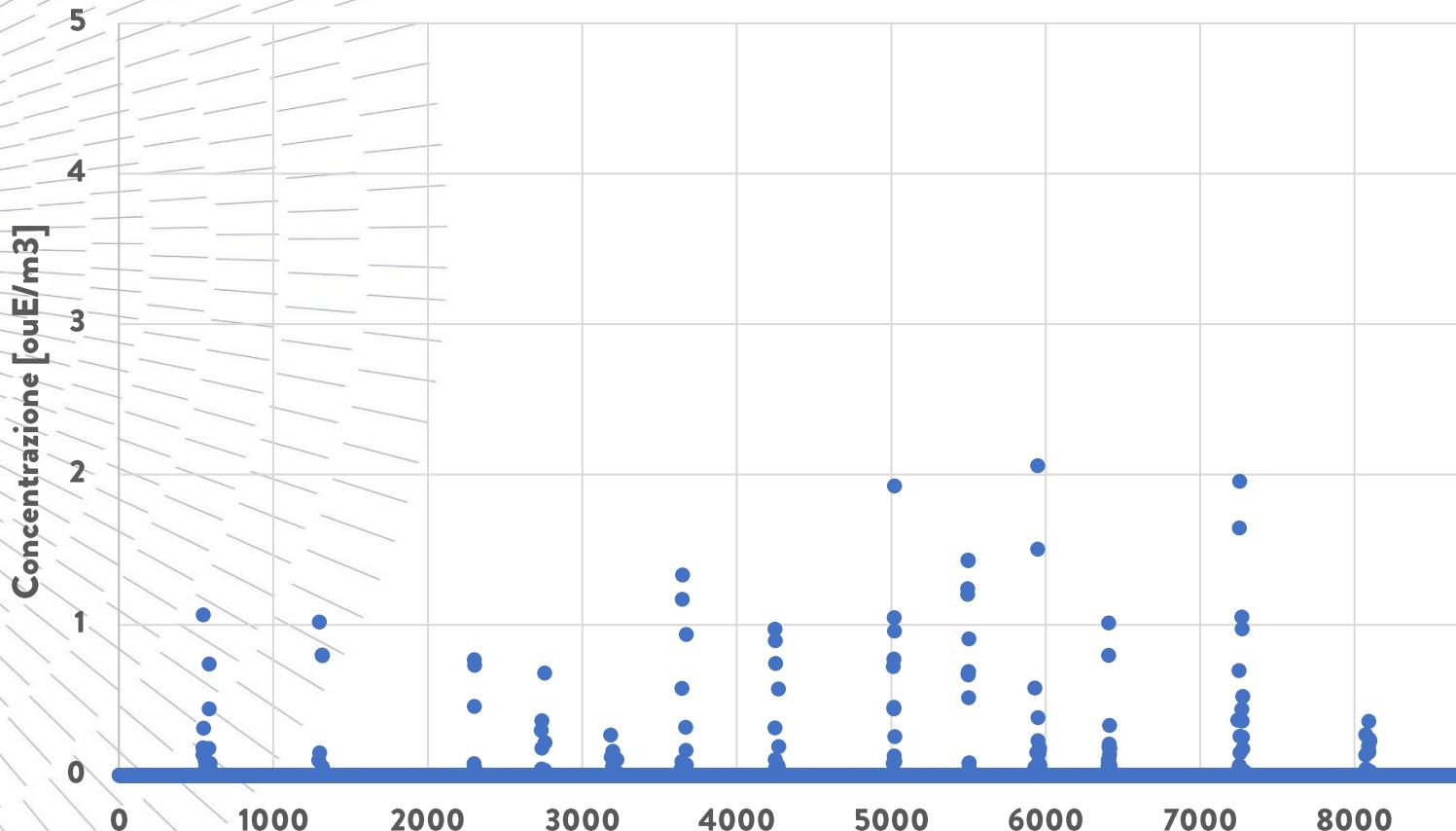
# Case-study: serbatoio di stoccaggio di idrocarburi



# Interpretazione dei risultati: 98° percentile vs. massimo

Case-study: serbatoio di stoccaggio di idrocarburi

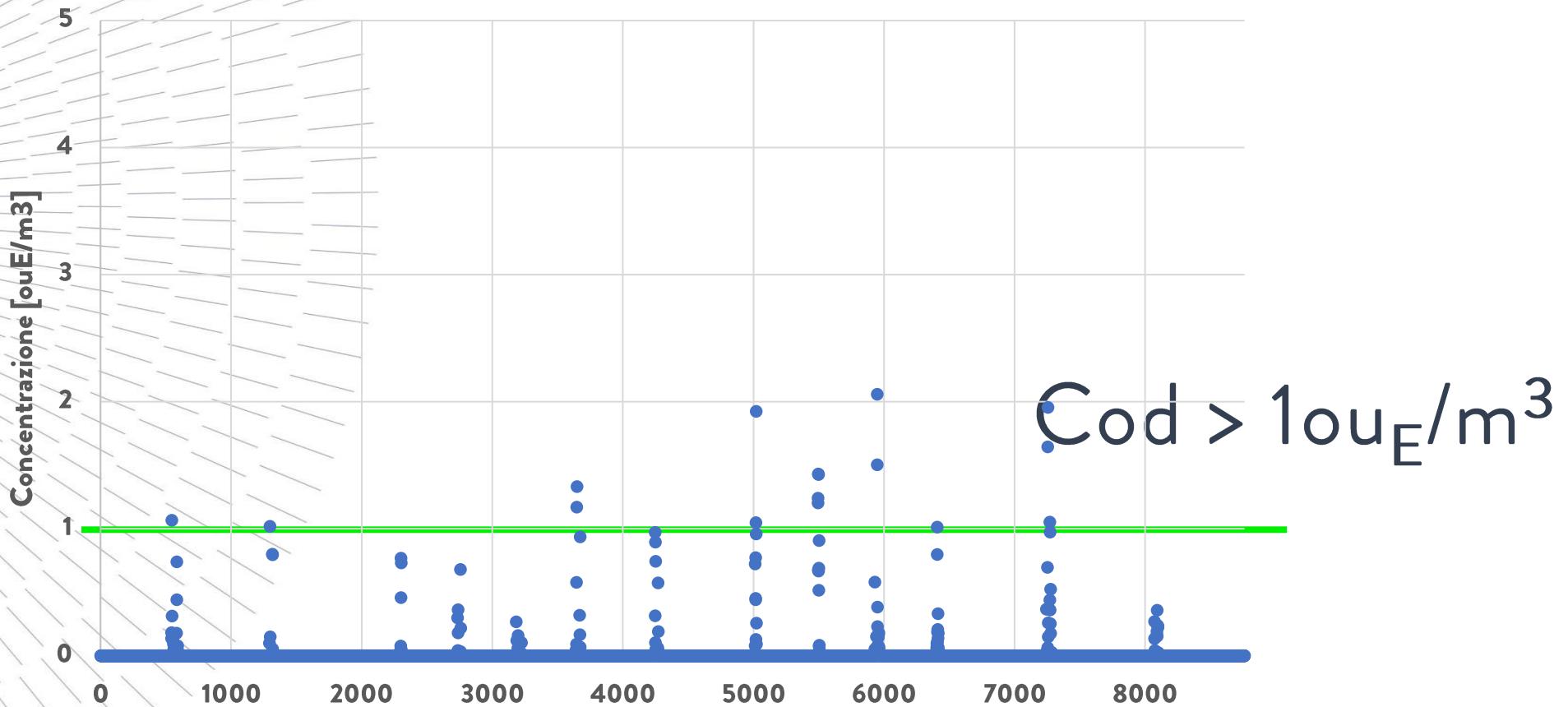
R\_2



# Interpretazione dei risultati: 98° percentile vs. massimo

Case-study: serbatoio di stoccaggio di idrocarburi

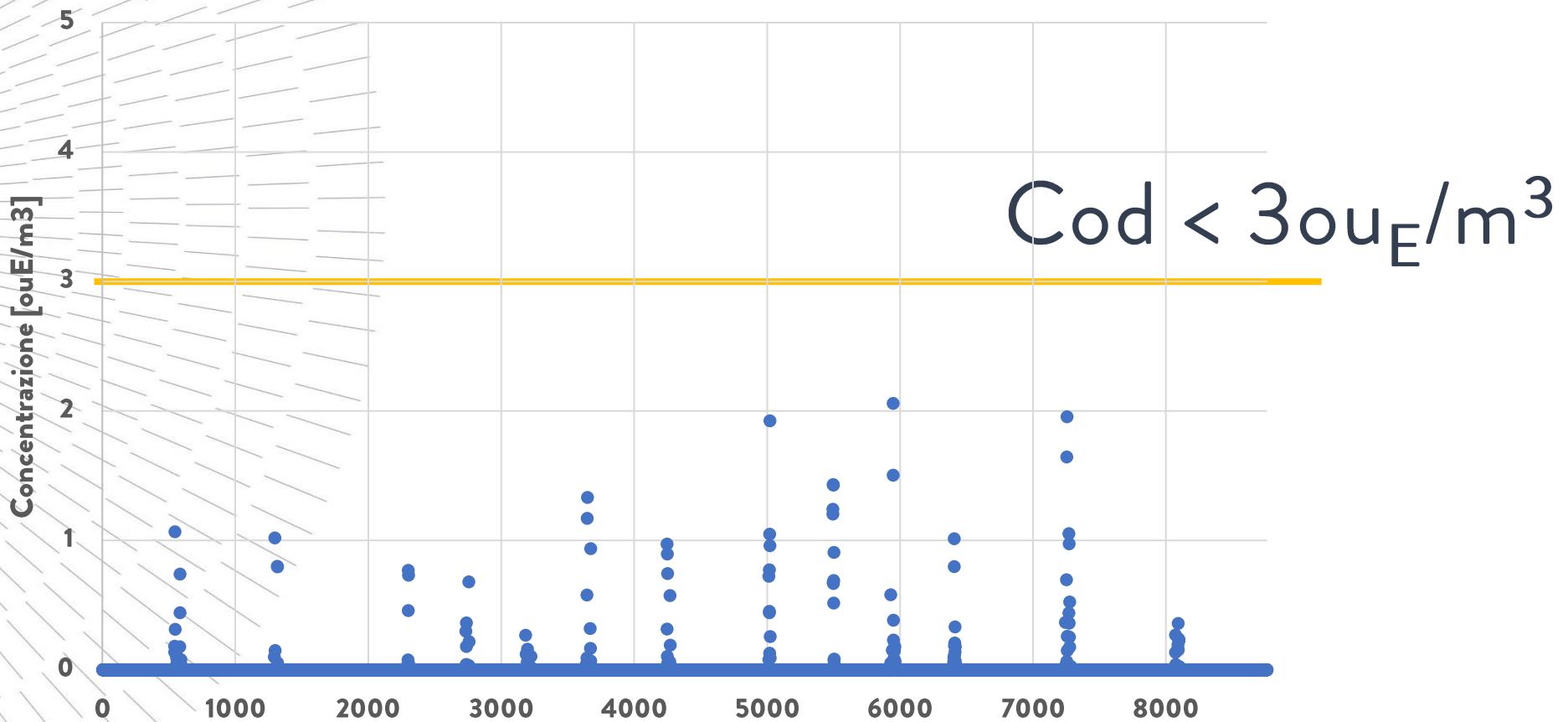
R\_2



# Interpretazione dei risultati: 98° percentile vs. massimo

Case-study: serbatoio di stoccaggio di idrocarburi

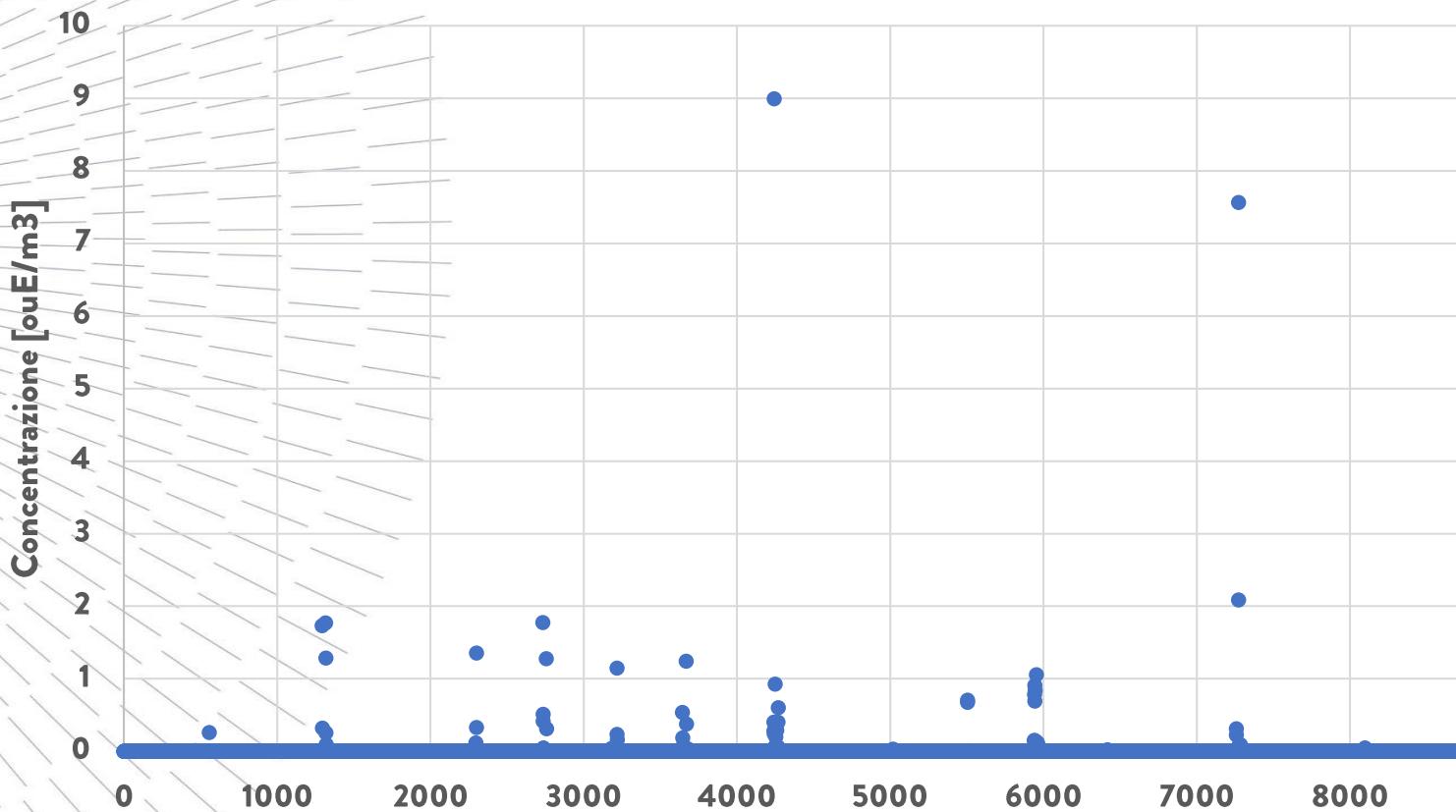
R\_2



# Interpretazione dei risultati: 98° percentile vs. massimo

Case-study: serbatoio di stoccaggio di idrocarburi

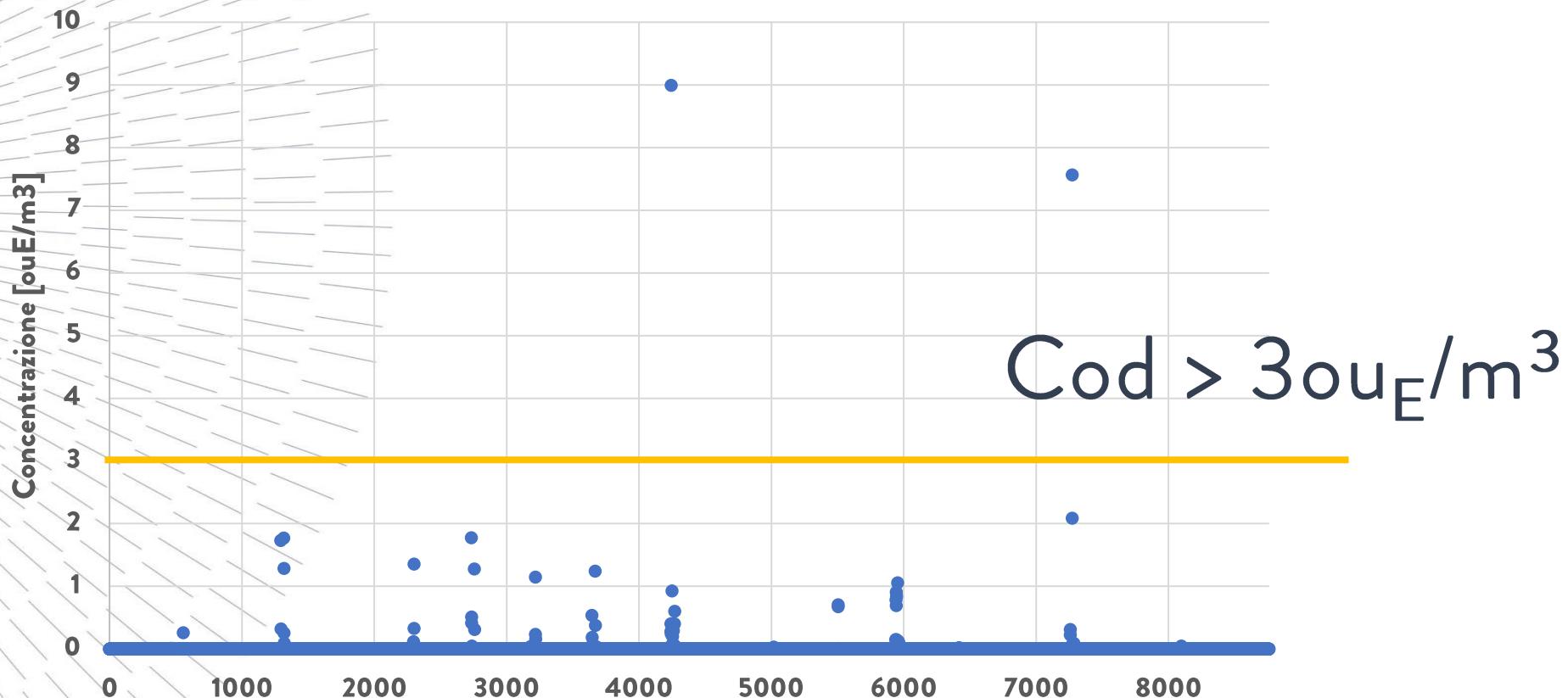
R\_3



# Interpretazione dei risultati: 98° percentile vs. massimo

Case-study: serbatoio di stoccaggio di idrocarburi

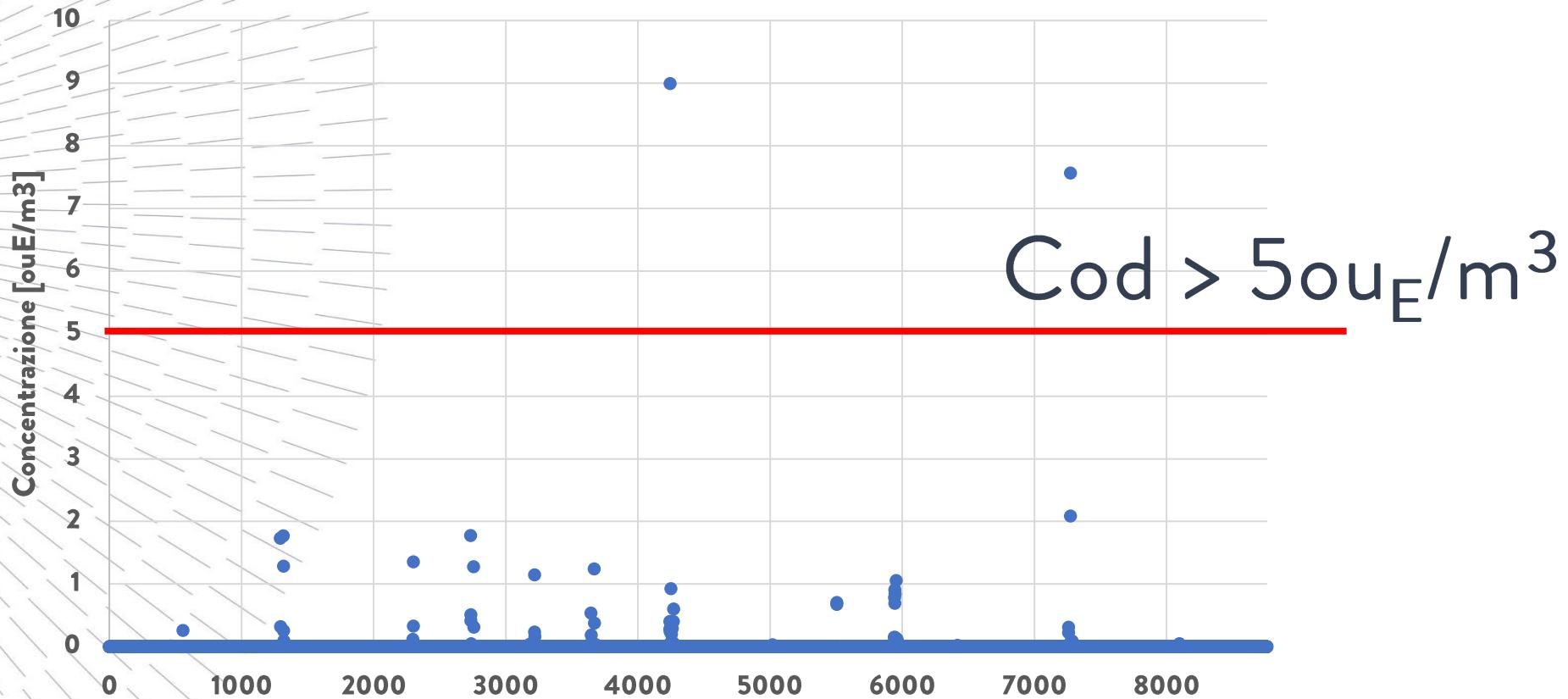
R\_3



# Interpretazione dei risultati: 98° percentile vs. massimo

Case-study: serbatoio di stoccaggio di idrocarburi

R\_3



# Interpretazione dei risultati: 98° percentile vs. massimo

Case-study: serbatoio di stoccaggio di idrocarburi

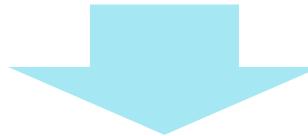
GIORNO	ORA	RICETTORE	CONCENTRAZIONE	DISTANZA R_2 - TK	PG CLASS	WD
23-gen	17	2	1.07	260	5	167
24-feb	1	2	1.02	260	5	178
01-giu	22	2	1.17	260	6	170
01-giu	23	2	1.33	260	6	185
29-lug	2	2	1.05	260	6	162
29-lug	5	2	1.92	260	3	168
17-ago	21	2	1.24	260	6	166
17-ago	22	2	1.2	260	6	167
18-ago	0	2	1.43	260	6	167
18-ago	1	2	1.43	260	6	166
05-set	18	2	2.06	260	3	159
05-set	19	2	1.5	260	6	164
24-set	22	2	1.01	260	5	167
30-ott	5	2	1.64	260	4	180
30-ott	7	2	1.95	260	3	177
30-ott	21	2	1.05	260	6	197

## Interpretazione dei risultati: 98° percentile vs. massimo

- Le ore di superamento del 1° valore di riferimento sono **largamente inferiori alle 175 ore**, margine associato alla valutazione del 98° percentile.
- La valutazione richiesta dalle linee guida/leggi regionali non garantisce che non vi possano essere stati eventuali fenomeni odorigeni nel corso dell'anno, ma solo che tali fenomeni hanno interessato meno del 2% delle ore annuali.

# Interpretazione dei risultati

Affidabilità del modello in vicinanza della sorgente 



Possibile influenza della sorgente sulla dispersione del pennacchio:  
modelli gaussiani/lagrangiani vs modelli CFD

# Interpretazione dei risultati

169



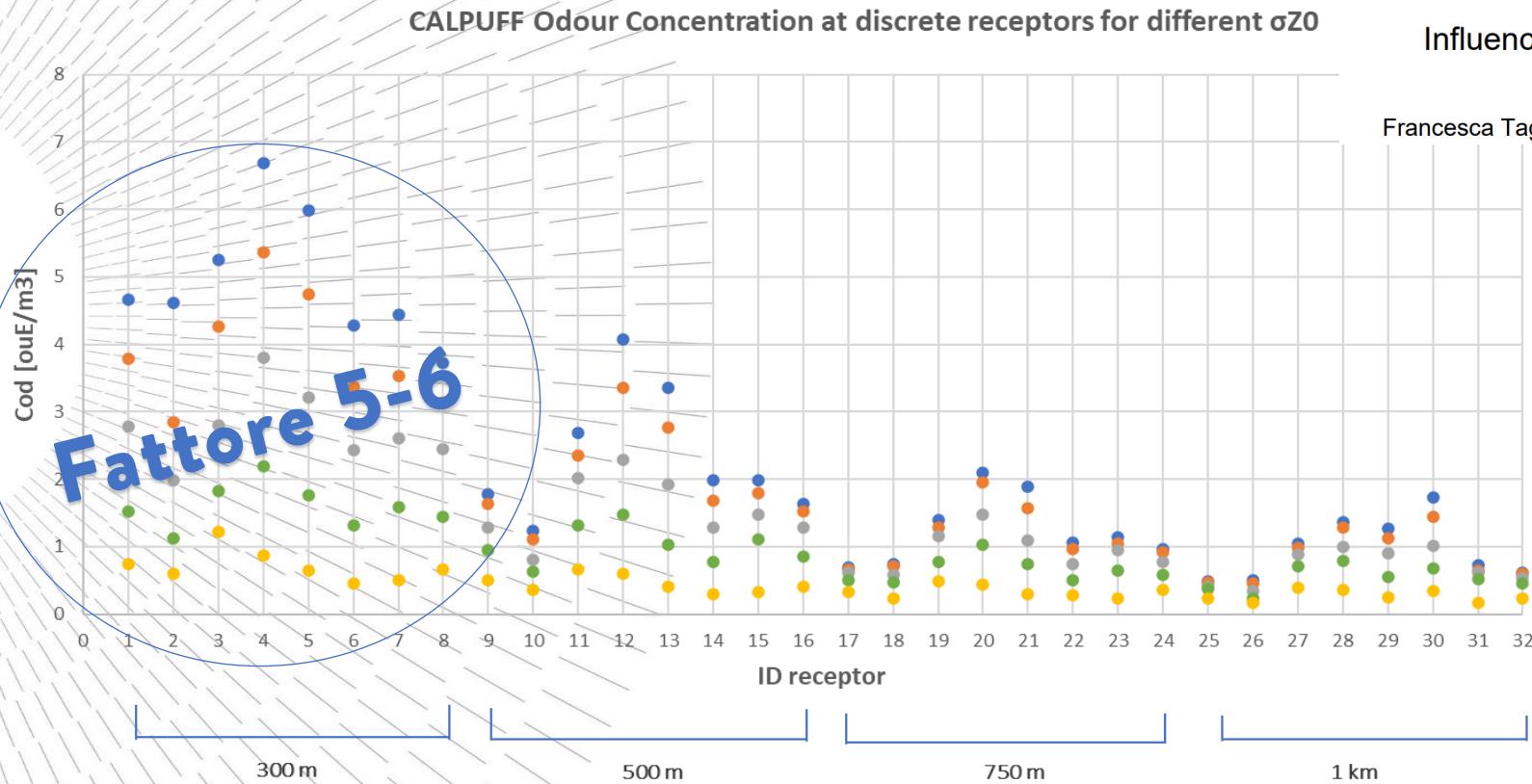
CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS

VOL. 85, 2021



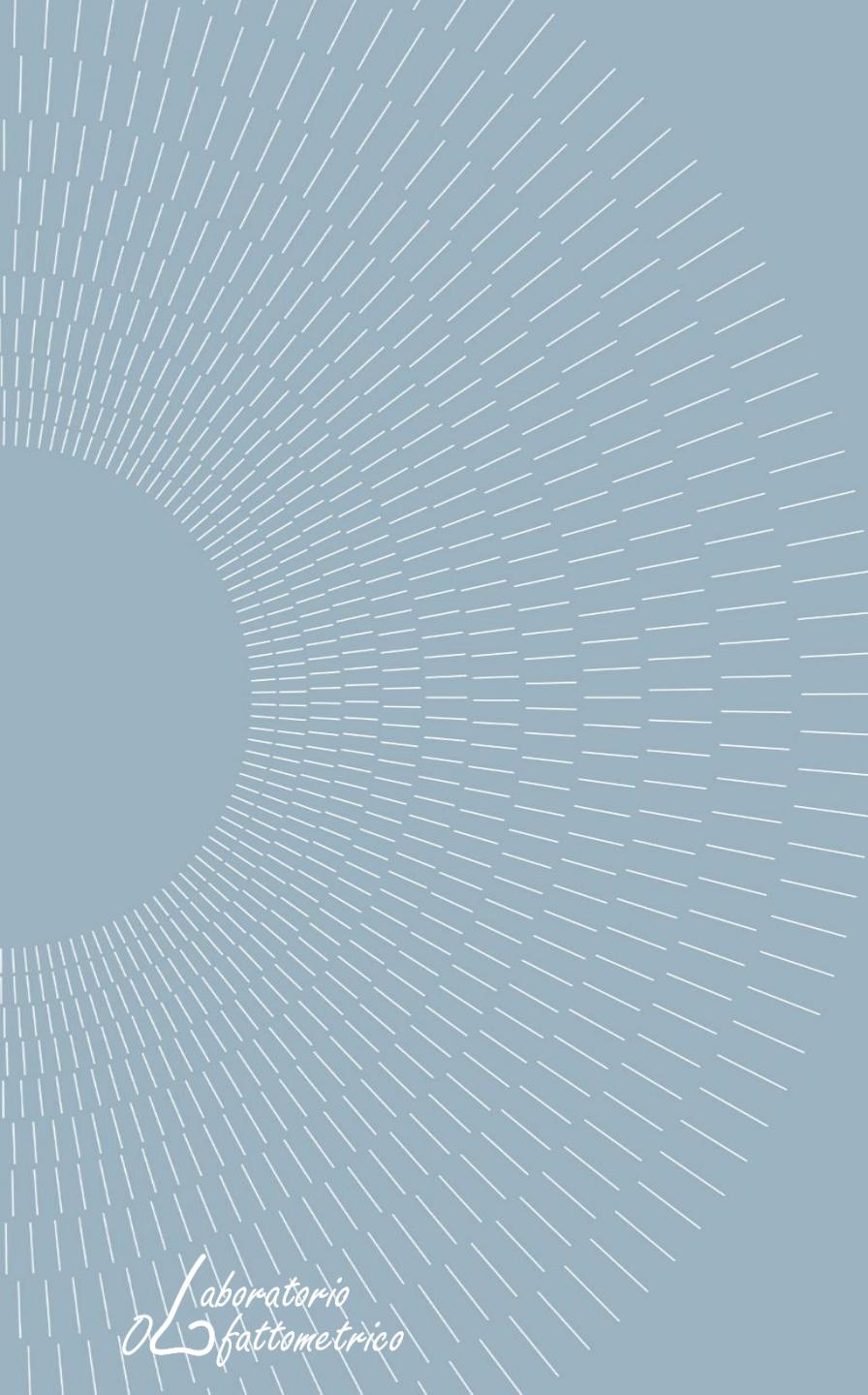
The Italian Association  
of Chemical Engineering  
Online at [www.cetjournal.it](http://www.cetjournal.it)

DOI: 10.3303/CET2185029



## Influence of Model Parameters When Simulating Landfill Odour Emission

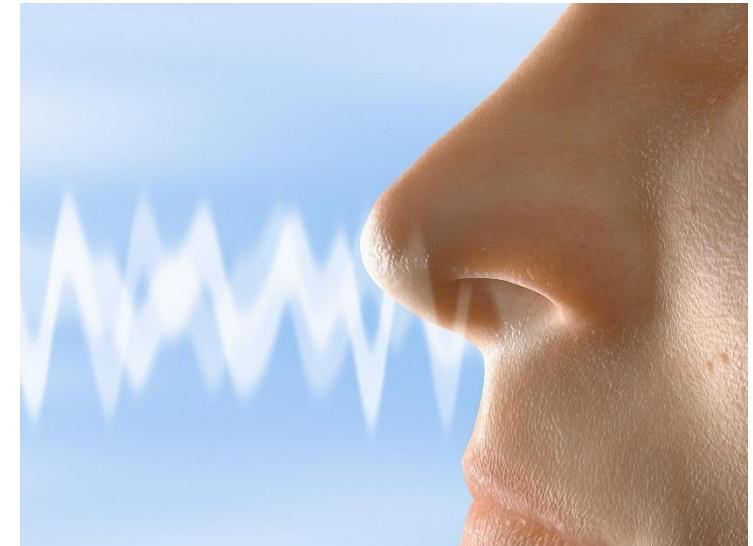
Francesca Tagliaferri, Marzio Invernizzi\*, Selena Sironi, Laura Capelli



# STIMA DELLE CONCENTRAZIONI DI PICCO

# OUTPUT Richiesto dai modelli di dispersione atm per l'odore

«Concentrazioni orarie di picco di odore al 98° percentile su base annuale»



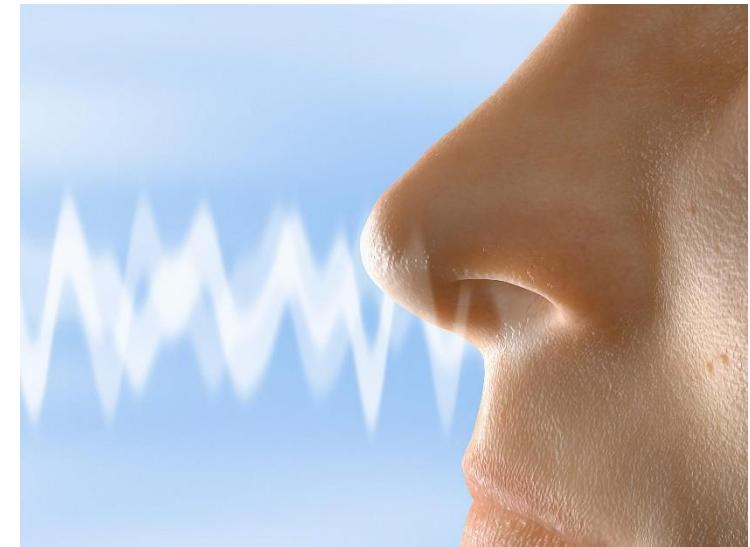
# OUTPUT Richiesto dai modelli di dispersione atm per l'odore

«Concentrazioni **orarie** di picco di odore al 98° percentile su base annuale»

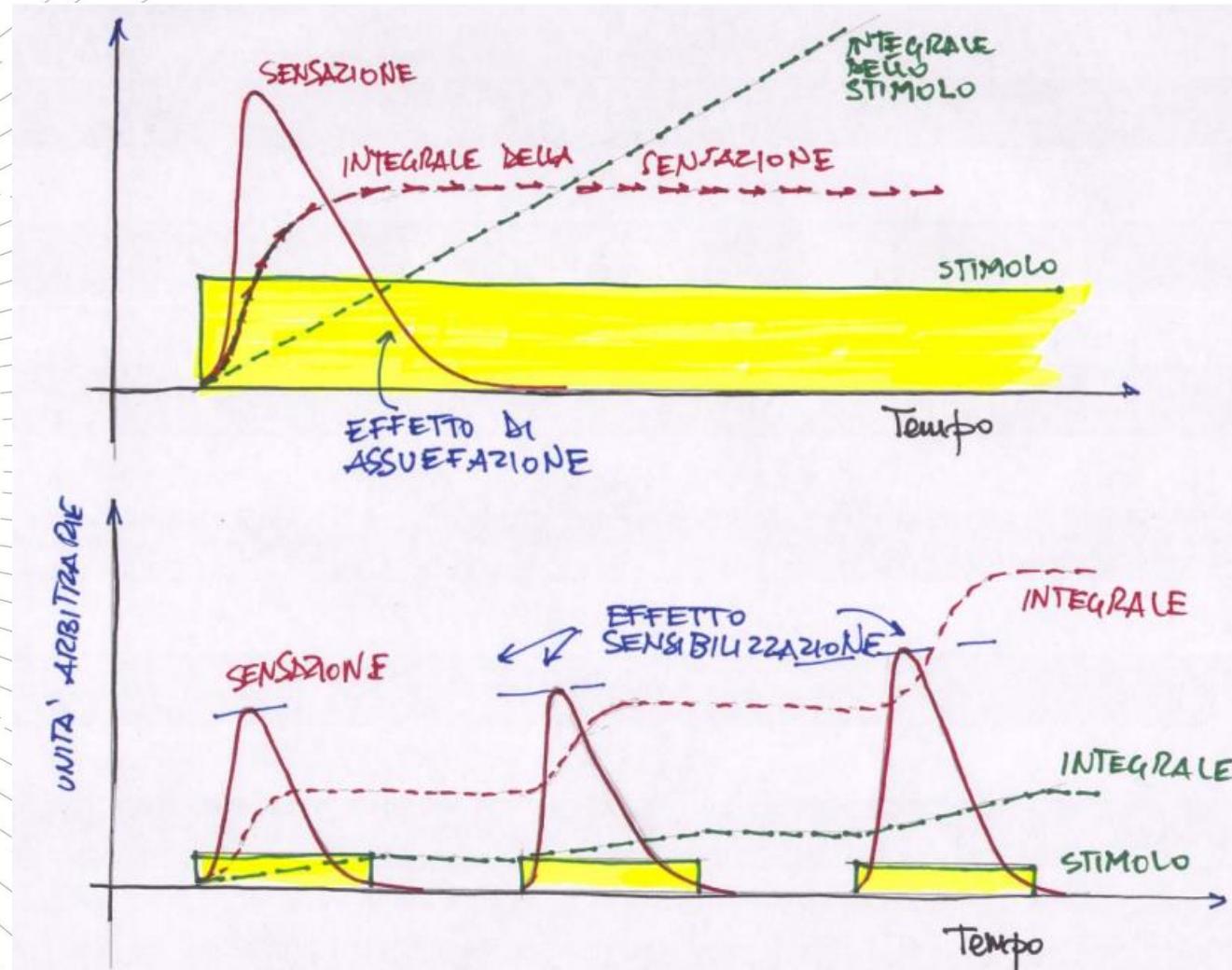
=> i modelli ragionano su base oraria

MA

La percezione dell'odore è un fenomeno istantaneo



# Sensazione e stimolo



# OUTPUT Richiesto dai modelli di dispersione atm per l'odore

«Concentrazioni orarie di **picco** di odore al 98° percentile su base annuale»

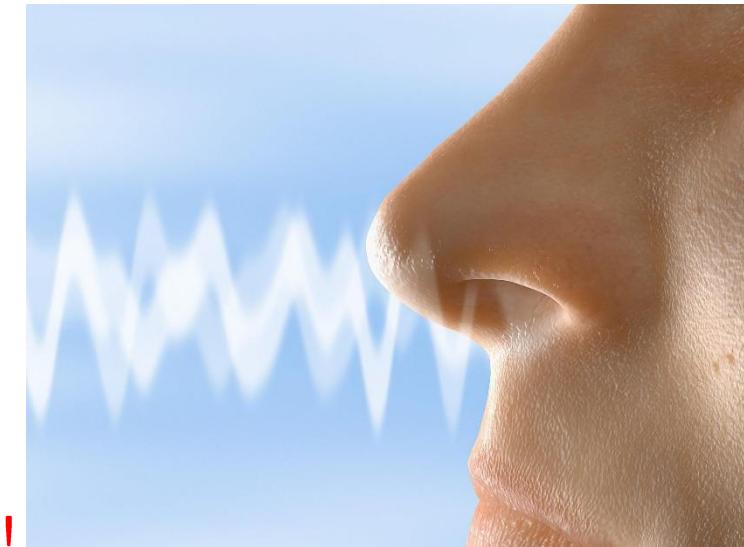
=> Si richiede di stimare il **picco**

MA • •

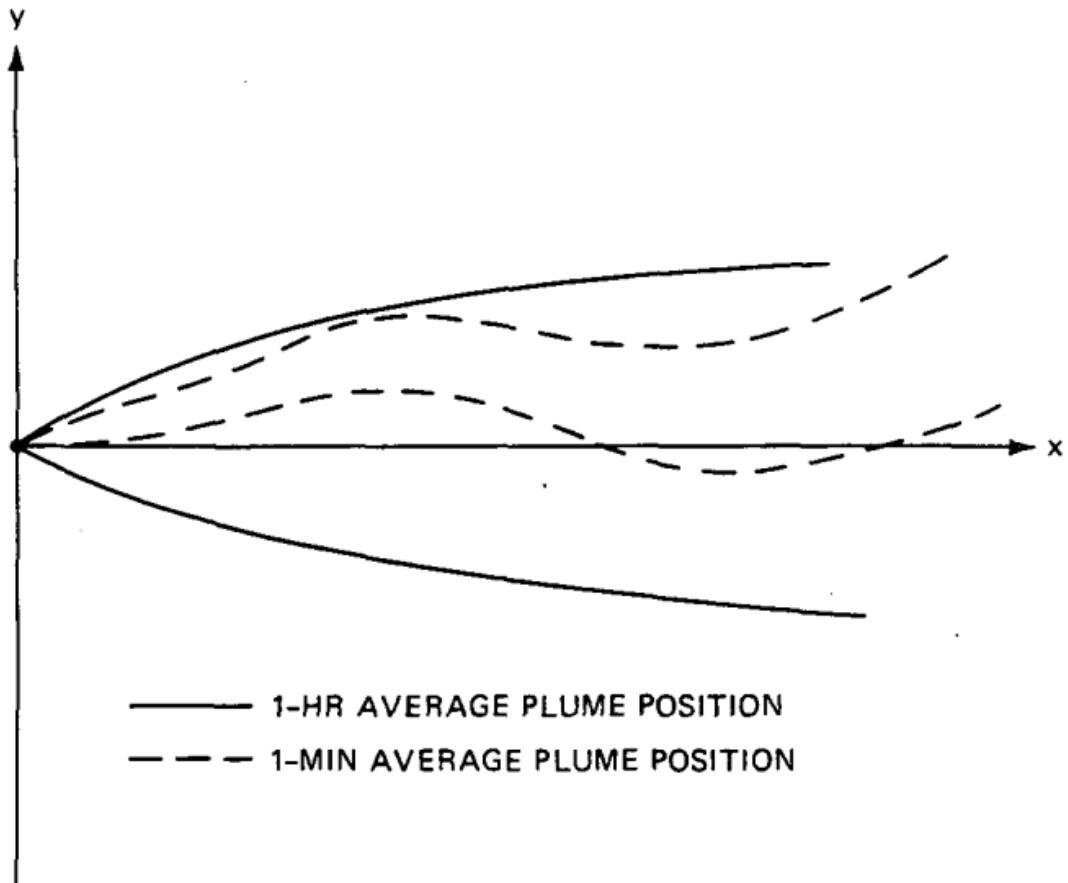
Non esiste una definizione ben precisa di picco!

Ipotesi:

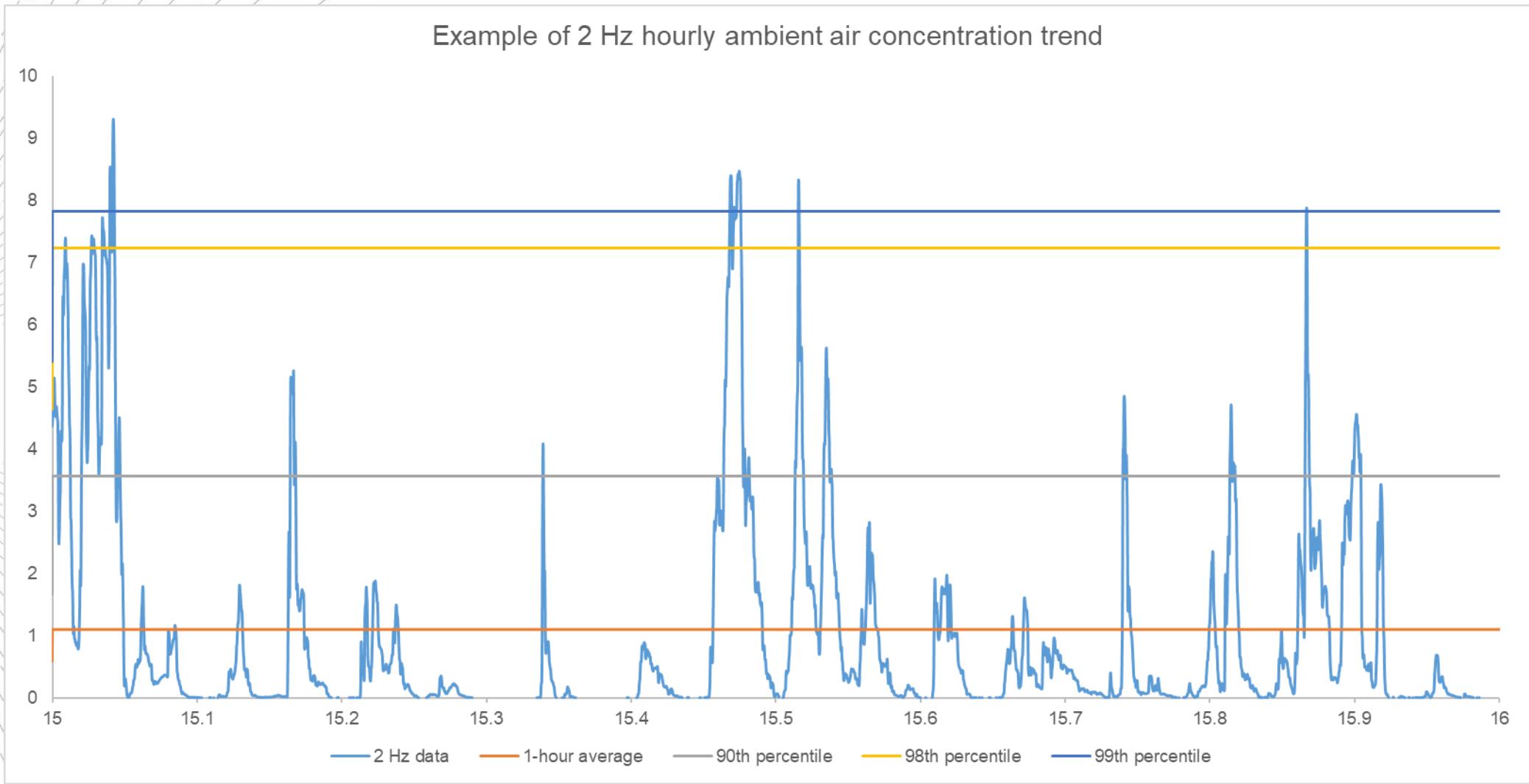
- *Valore massimo assoluto => Strumento e tempo dipendente!*
- *Stima di un percentile di superamento => Adatto per variabili stocastiche!*



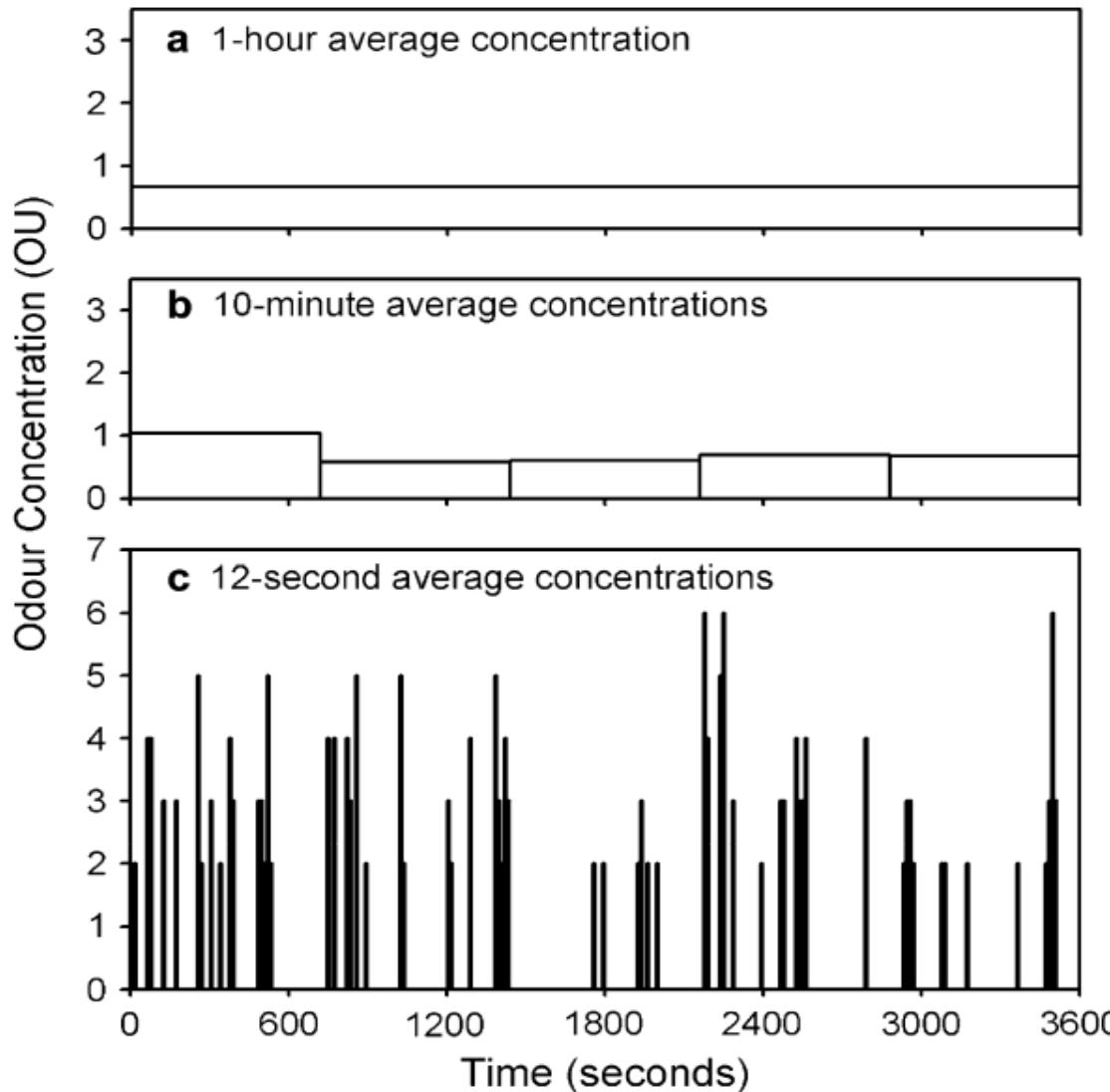
# Cosa genera il picco?



# Cos'è il picco?



# Stima delle concentrazioni di picco



State of the art:

Fattore *peak-to-mean*



$$F = \frac{C_p}{C_m}$$

# Stima delle concentrazioni di picco

- Peak-to-mean costante

- In Italia: 2.3
- In Germania: 4
- In Belgio: 1
- In Australia:  $2 \div 25$  (2.3 più usato)

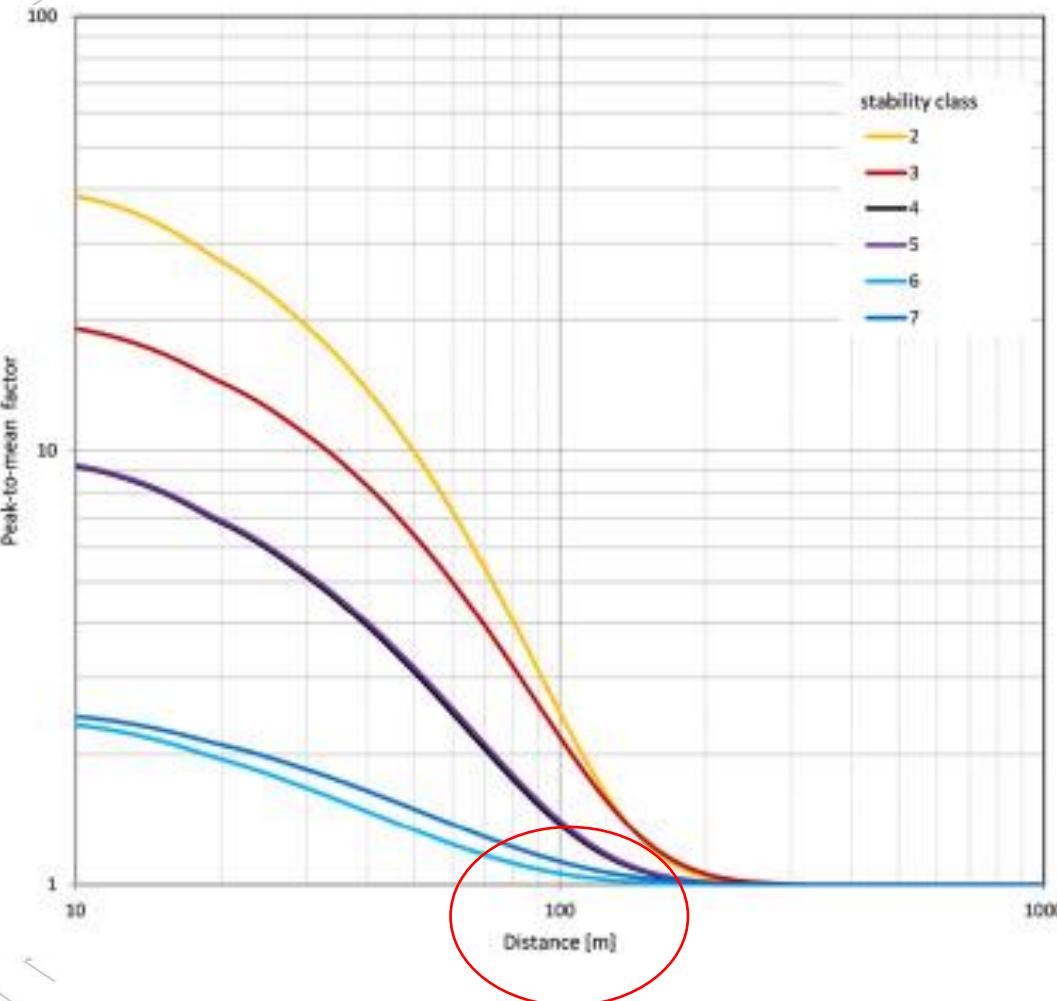
~ Fattore di sicurezza  
Alta ripetibilità

# Stima delle concentrazioni di picco

- Peak-to-mean costante
  - In Italia: 2.3
  - In Germania: 4
  - In Belgio: 1
  - In Australia:  $2 \div 25$  (2.3 più usato)
- Metodo semiempirico (Schauberger et al. 2000)

Limitazioni fisiche  
e teoriche

# Stima F – Semiempirico

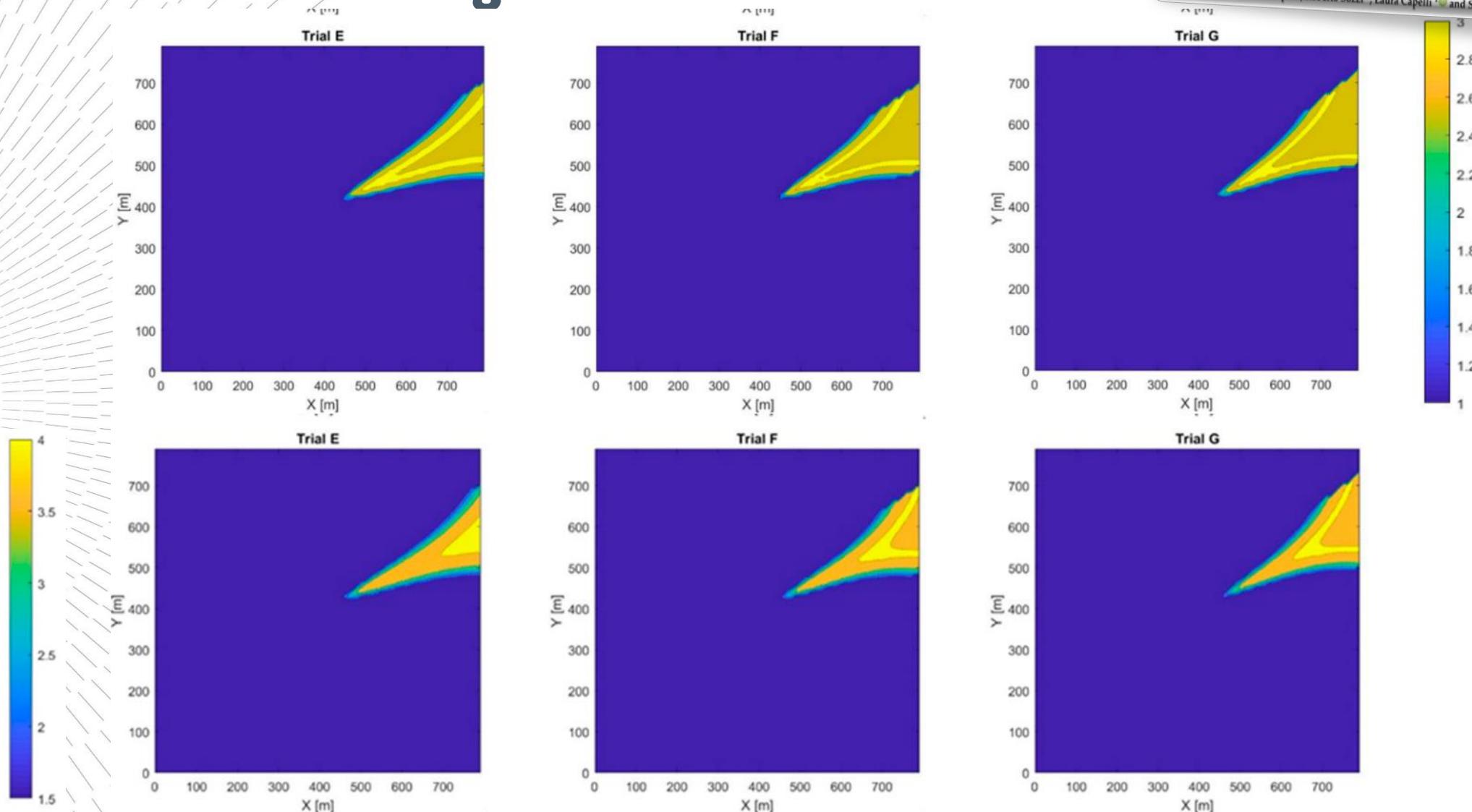


# Stima delle concentrazioni di picco

- Peak-to-mean costante
  - In Italia: 2.3
  - In Germania: 4
  - In Belgio: 1
  - In Australia:  $2 \div 25$  (2.3 più usato)
- Metodo semiempirico (Schauberger et al. 2000)
- PDF Fluctuating Plume Model (Gifford 1959-> Invernizzi 2021)

Problemi sul  
multisorgente

# Stima F – Fluctuating Plume Model (R90)

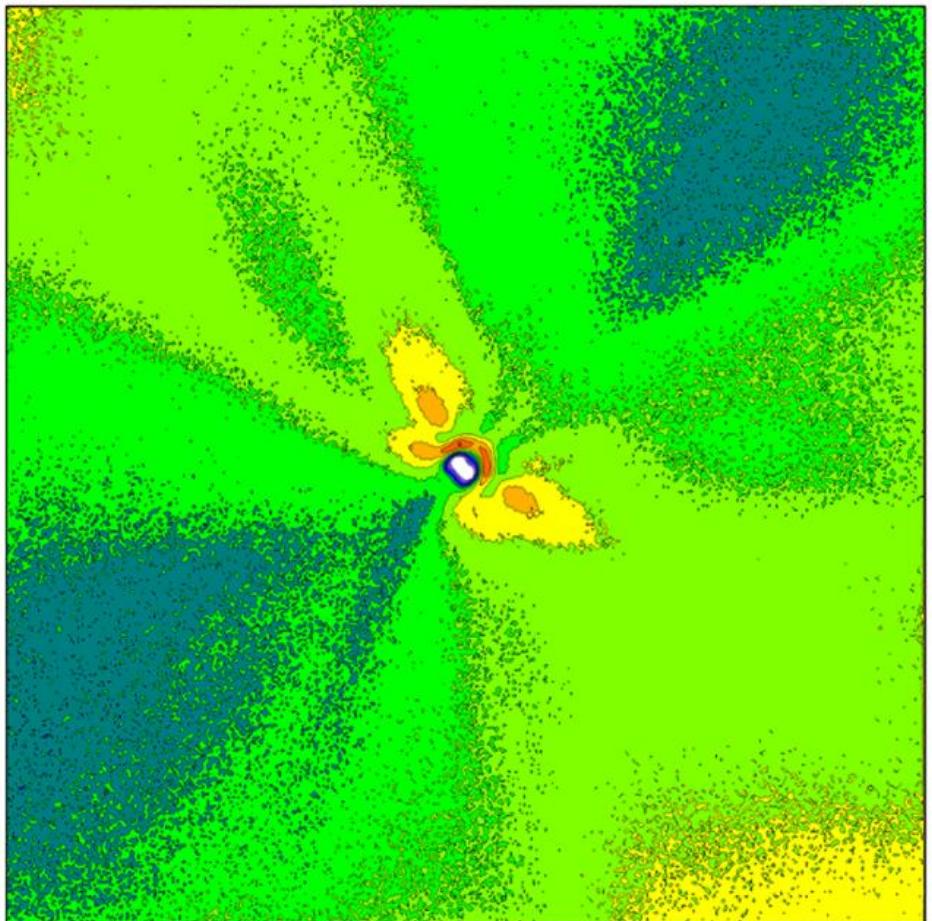


# Stima delle concentrazioni di picco

- Peak-to-mean costante
  - In Italia: 2.3
  - In Germania: 4
  - In Belgio: 1
  - In Australia:  $2 \div 25$  (2.3 più usato)
- Metodo semiempirico (Schauberger et al. 2000)
- PDF Fluctuating Plume Model (Gifford 1959-> Invernizzi 2021)
- PDF Trasporto della Varianza (Oettl & Ferrero 2017)

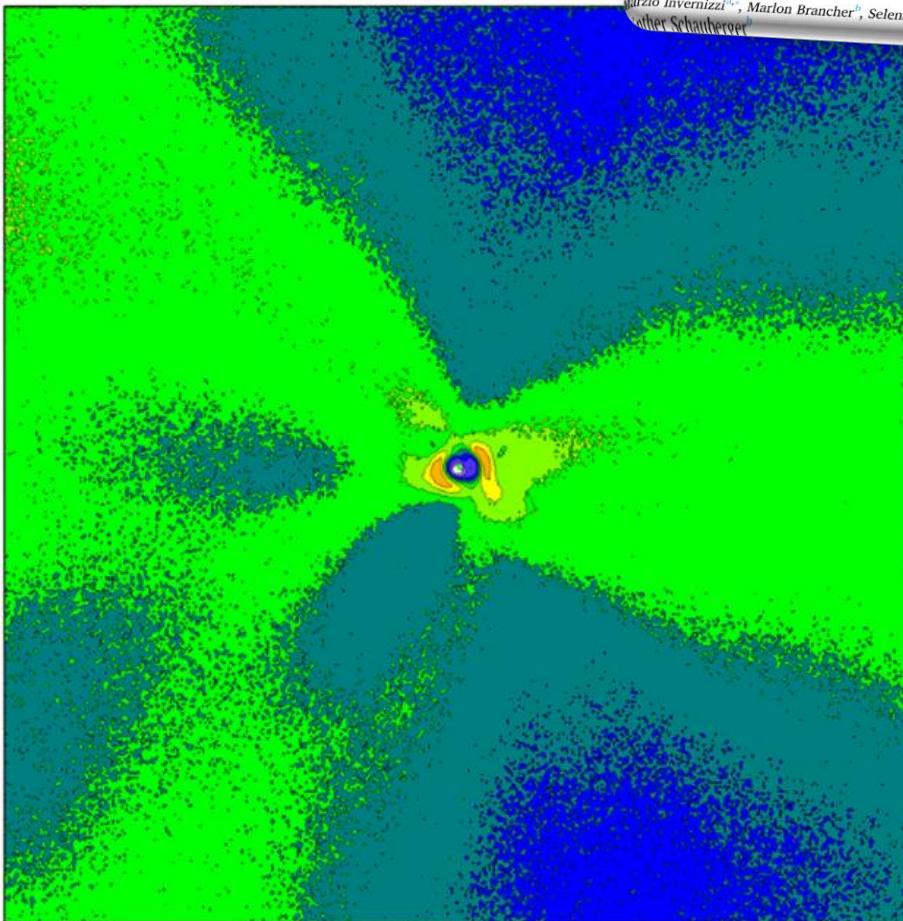
Scelte  
metodologiche  
non chiare

# Stima F – Trasporto della Varianza (R90)



Groß-Enzersdorf, AT

Scale [m]



Corzano Bargnano, IT

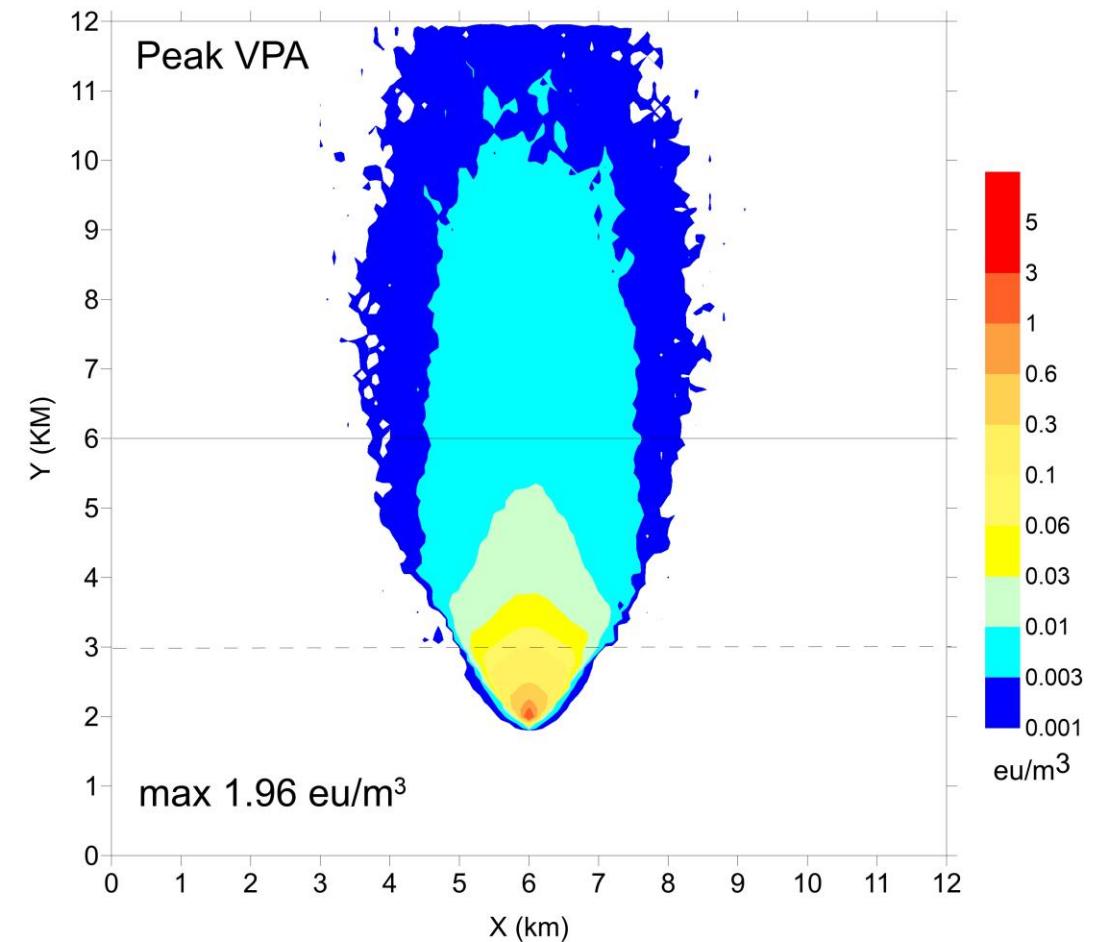
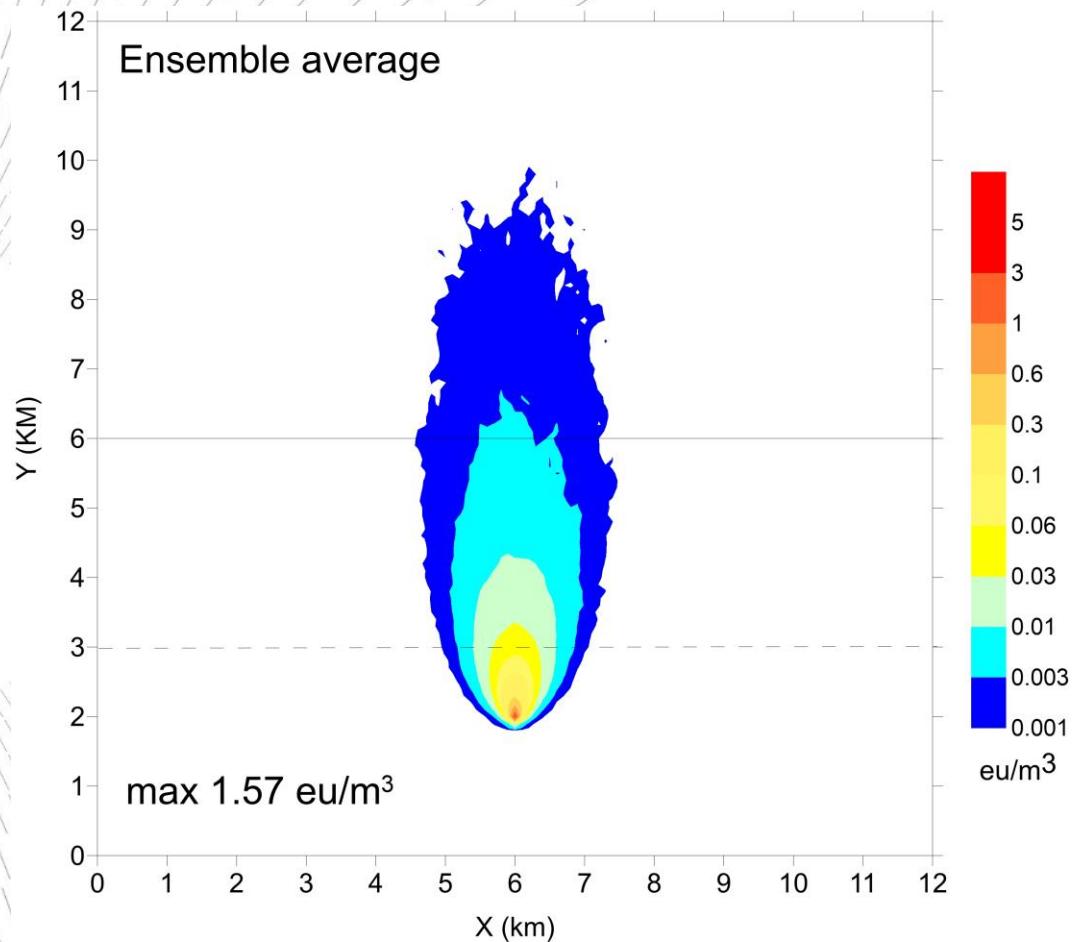


# Stima delle concentrazioni di picco

- Peak-to-mean costante
  - In Italia: 2.3
  - In Germania: 4
  - In Belgio: 1
  - In Australia: 2 ÷ 25 (2.3 più usato)
- Metodo semiempirico (Schauberger et al. 2000)
- PDF Fluctuating Plume Model (Gifford 1959-> Invernizzi 2021)
- PDF Trasporto della Varianza (Oettl & Ferrero 2017)
- PDF Micromixing

Non implementato  
in modelli disp atm  
(combustione)

# Stima F – Micromixing (R98)



# Stima delle concentrazioni di picco

- Peak-to-mean costante





**Grazie per l'attenzione!**

[francesca.tagliaferri@polimi.it](mailto:francesca.tagliaferri@polimi.it)