



Università degli studi di Roma Tor Vergata

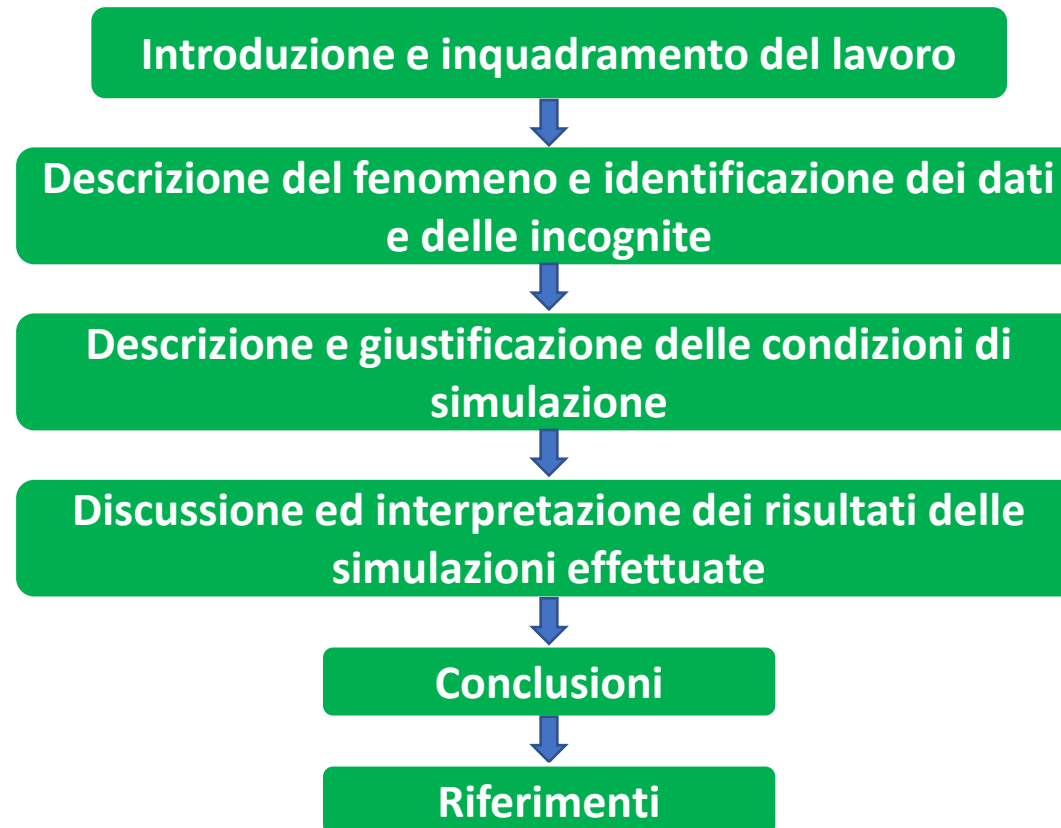
Modellizzazione del trasporto di contaminanti in atmosfera mediante l'applicazione del software Screenview

Corso di Impatto Ambientale delle
Emissioni in Atmosfera
Prof. Ing. Baciocchi
Ing. Iason Verginelli

Federico Donato
Davide Solvani

Esercitazione

Gruppo 5 (confronto con box model). Si consideri un flusso emissivo di un generico contaminante dal sottosuolo di $1 \text{ g/m}^2/\text{s}$ da una sorgente di dimensione $250 \times 250 \text{ m}$. Valutare con il software Screenview le concentrazioni attese a distanze di 100 m , 500 m , e 2000 m . Confrontare i risultati ottenuti con Screenview con quelli ottenuti utilizzando un box model per stimare la concentrazione in aria in corrispondenza della sorgente e l'air dispersion factor model (ADF) per calcolare le concentrazioni attese a valle della sorgente di contaminazione [Suggerimento: Utilizzare in Screenview, l'opzione "Source Type: Area"].



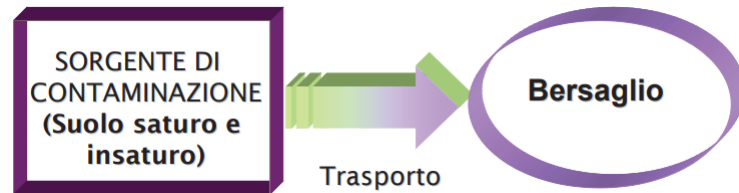
Introduzione e inquadramento del lavoro

- La valutazione della concentrazione di un determinato inquinante a valle della sorgente di emissione è un'operazione che richiede, **a seconda della specifica sul livello di dettaglio**, una grande quantità di informazioni per lo sviluppo di un adeguato modello di dispersione in atmosfera
- Nel presente lavoro è stato preso in esame il caso di un flusso emissivo di contaminante dal sottosuolo, ovvero da una **sorgente emissiva areale**: sotto questa categoria rientrano numerosi casi tipici di particolare interesse quali, ad esempio, l'emissione di contaminanti organici da aree industriali o da situazioni di traffico in un quartiere urbano
- Il procedimento di calcolo inizialmente utilizzato, implementato in linguaggio *Matlab* e su *Excel*, ha quindi richiesto la formulazione di una serie di ipotesi che, **sotto specifici domini di validità**, permettessero di valutare:
 - ✓ la concentrazione in aria in corrispondenza della sorgente C_s , mediante l'utilizzo di un «box model»
 - ✓ le concentrazioni attese a valle della sorgente di contaminazione $C(x)$, attraverso l'Air Dispersion Factor Model (ADF)
- Attraverso il software *Screenview* ed **opportune ipotesi sulle condizioni di simulazione** e sui valori dei parametri di input incogniti, è stata poi determinato il profilo di concentrazione del generico contaminante ovvero la concentrazione di contaminante in corrispondenza del bersaglio
- E' stato infine condotto, sulla base dei dati a disposizione, un confronto qualitativo sui risultati ottenuti rispettivamente con il «box model» e con il software *Screenview*

Descrizione del fenomeno

- Facendo riferimento al problema della dispersione degli inquinanti in atmosfera, è possibile realizzare un modello matematico che, a partire dall'equazione di conservazione della massa (equazione di continuità) e di conservazione della quantità di moto (equazioni di Navier-Stokes) per gas ideali, permette di descrivere i moti atmosferici
- Dall'equazione differenziale per la diffusione di un inquinante in atmosfera così ottenuta, si possono assumere una serie di ipotesi semplificative per determinare una soluzione analitica: nel caso in esame, la soluzione considerata è il **modello gaussiano di trasporto e dispersione dei contaminanti in atmosfera**

MODELLO CONCETTUALE



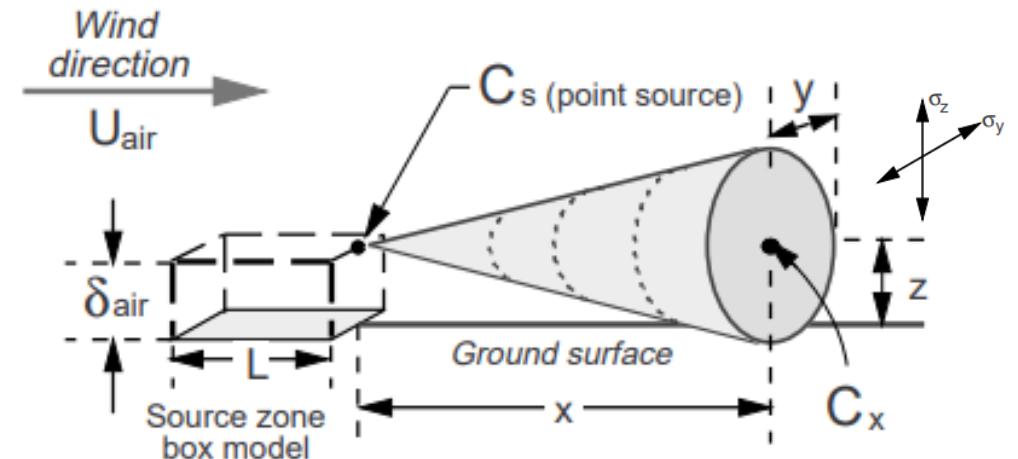
$$C_{poe} = C_s \cdot FT$$

C_{poe} = concentrazione al punto di esposizione

C_s = concentrazione in sorgente

FT = fattore di trasporto

«BOX MODEL» + ADF



$$ADF(x) = \frac{C(x)}{C_s} = \frac{Q}{2 \pi \sigma_y \sigma_z U_{air}} e^{-\frac{y^2}{\sigma_y^2}} \left[e^{-\frac{(z-\delta_{air})^2}{2\sigma_z^2}} + e^{-\frac{(z+\delta_{air})^2}{2\sigma_z^2}} \right]$$

Identificazione dei dati e delle incognite

Per l'immediata determinazione dei dati a disposizione per impostare i calcoli sulla base del modello gaussiano descritto, facciamo riferimento alle schermate degli input in *Screenview*

Tipo di suolo per il calcolo dei coefficienti di dispersione, è un parametro da variare

Altezza del recettore rispetto al piano campagna (ipotesi conservativa $z=0$)

Flusso emissivo di contaminante, fornito dai dati

Altezza di rilascio della sorgente, è un parametro disponibile in letteratura

Lato maggiore della sorgente rettangolare, fornito dai dati

Lato minore della sorgente rettangolare, fornito dai dati

Funzione che permette di determinare il profilo di concentrazione ad un determinato angolo rispetto alla direzione del vento, non serve per il nostro tipo di calcolo

Il terreno è un'opzione considerata di default da *Screenview* per una sorgente areale, mentre le distanze sono fornite dai dati

Il box model richiede una specifica classe di stabilità atmosferica ed una adeguata velocità del vento, quindi per fare un confronto opportuno con *Screenview* consideriamo la terza opzione

Classe di stabilità atmosferica, è un parametro incognito

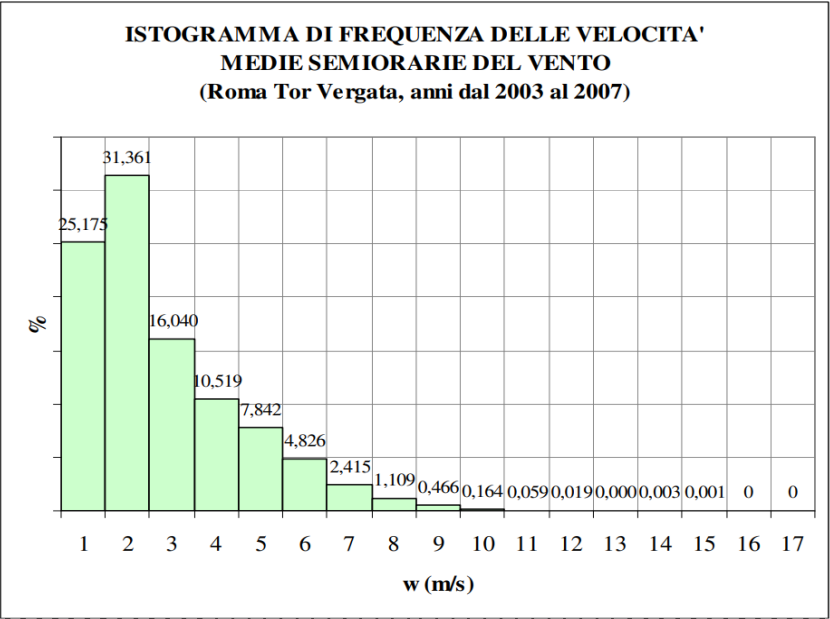
Velocità del vento ad altezza $z=10$ m, è un parametro incognito

Condizioni di simulazione

Per intraprendere le varie simulazioni, sono state assunte alcune **condizioni di simulazione** relative a:

❑ **Velocità del vento U_{air}**

Dati storici (2003 – 2007)



Misure sul campo:
stazione
meteorologica UTV
(sett 2012 – dic 2017)

```
t  
wind_direction  
wind speed  
total_sun_radiance  
diff_sun_radiance  
exposition_secs  
atm_pressure  
rel_humid  
temperature  
GG  
MM  
AAAA  
date_string  
WEEK
```

$U_{air}(10\text{ m}) = \bar{w} = 1.8957\text{ m/s}$

$$\frac{U_{air}(z_1)}{U_{air}(z_2)} = \left(\frac{z_1}{z_2}\right)^p$$

p	A	B	C	D	E	F
Suolo urbano	0,15	0,15	0,20	0,25	0,40	0,60
Suolo rurale	0,07	0,07	0,10	0,15	0,35	0,55

$p = f(\text{classe di stabilità; tipo di suolo})$

Condizioni di simulazione

☐ Classe di stabilità atmosferica → *classificazione di Pasquill-Gifford*

Velocità del vento a 10 m dal p.c. (m/s)	Radiazione solare Incidente (GIORNO)			Copertura nuvolosa (NOTTE)	
	Forte	Moderata	Debole	≥ 50 %	< 50%
calma	--	--	--	--	G
< 2	A	A – B	B	E	F
2 – 3	A – B	B	C	E	F
3 – 5	B	B – C	C	D	E
5 – 6	C	C – D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D

Class	Description
A	Extremely unstable
B	Moderately unstable
C	Weakly unstable
D	Neutral
E	Weakly stable
F	Moderately stable
G	Strongly stable

→ **Classe più probabile** (esposizione cronica)

→ **Classe stabile** (esposizione acuta)

☐ Tipo di suolo

- Urban
- Open-country



Analisi di sensibilità sul tipo di suolo

☐ Distanze su *Screenview*

For **Area** sources, distances are measured from the center of the rectangular area. Any value for the minimum distance can be given since concentrations within the area source can be estimated.



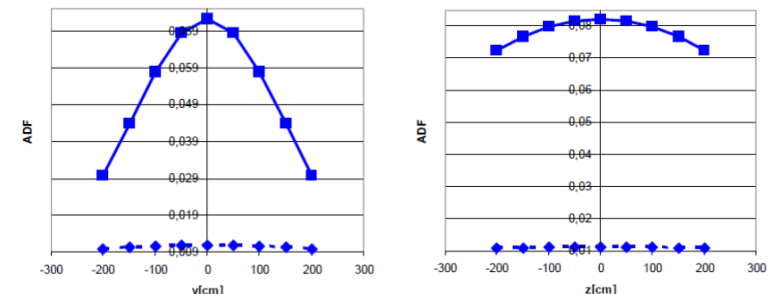
Simulazioni *Screenview* a partire da x=0

☐ Posizione del recettore

In ipotesi conservativa, le concentrazioni calcolate tramite box model sono state valutate in corrispondenza di un recettore sull'asse x



Verifica dell'effettivo andamento dell'ADF lungo y e z



Condizioni di simulazione

❑ Peggioramento del modello gaussiano sulle brevi distanze

- Validità delle parametrizzazioni empiriche di Briggs usate per il calcolo dei coefficienti di dispersione σ_y e σ_z

$$\sigma = ax(1 + bx)^c$$

Simulazioni per il box model effettuate a partire da $x = 100$ m

- Valori di $ADF(x) > 1$ ➡ IMPOSSIBILE DAL PUNTO DI VISTA FISICO ➡

$$ADF(x)_{max} \leq 1$$

❑ Altezza della zona di miscelazione δ_{air}

TABLE 1. PARAMETER SELECTION GUIDELINES: VOLATILIZATION MODELS

Input Parameter		Typical Range	Parameter Measurement or Estimation Guidelines	Reference
Symbol	Description			
SITE-SPECIFIC PARAMETER MEASUREMENTS				
W	Soil source zone dimension parallel to wind direction (cm)	Site-specific	Measure lateral extent of soil zone serving as source of vapor release (e.g., zone exceeding Tier 1 limits). For on-site POE, use maximum lateral source dimension. For off-site POE, use dimension measured along line passing from source zone to nearest downwind off-site POE location.	Connor et al, 1995
L _{GW}	Depth to groundwater	Site-specific	For unconfined unit, measure depth to static water level. For confined unit, measure depth to top of water-bearing stratum.	Connor et al, 1995
L _s	Depth to subsurface soil source (cm)	Site-specific	Measure depth from ground surface to top of affected source zone.	Connor et al, 1995
d or d _s	Thickness of affected soil zone	Site-specific	Measure average vertical dimension from top to base of affected soil zone over lateral area corresponding to W.	Connor et al, 1995
h _v	Thickness of vadose zone (cm)	Site-specific	Measure from ground surface to depth of static water level in unconfined unit. In confined unit, measure from ground surface to depth of soil saturation (often corresponding to potentiometric surface elevation).	Connor et al, 1995
f _{oc}	Fraction of organic carbon in soil (g-C/g-soil)	0.001 - 0.03	Conduct lab analyses on representative unaffected soil samples over depth interval of vertical vapor migration or use generic value of 0.01 for vadose zone.	LaGrega, 1994
REASONABLE PARAMETER ESTIMATES				
U _{air}	Windspeed above ground surface in ambient mixing zone (cm/s)	45 - 450 cm/sec	Match to average annual windspeed for site area, based on published climatic data.	Connor et al, 1995
δ _{air}	Ambient air mixing zone height (cm/s)	200 cm	Match to typical height of human breathing zone (6 ft or 2m).	Connor et al, 1995

valore di riferimento
considerato

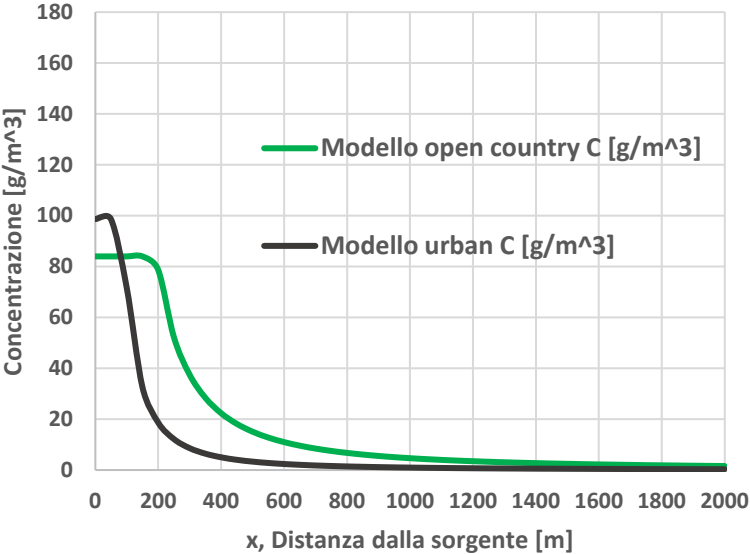
SIMBOLO	PARAMETRO	UNITA' DI MISURA	Valore di default doc. APAT (tab. 5.2)	Necessità di misure sito-specifiche
Caratteristiche ambienti outdoor				
δ _{air}	Altezza della zona di miscelazione	cm	200	
W'	Estensione della sorgente di contaminazione nella direzione principale del vento	cm	4500	SI'
S _w '	Estensione della sorgente di contaminazione nella direzione ortogonale a quella principale del vento	cm	4500	SI'

Oltre al valore di riferimento qui presentato, è stata poi condotta un'analisi di sensibilità sui risultati ottenuti al variare del parametro δ_{air}

Risultati Box Model: Calcolo Analitico

CLASSE D

	Open-Country	Urban
velocità aria (2 m) [m/s]	1.49	1.27
Concentrazione sorgente [g/m ³]	83.94	98.60
ADF (x=100 m) [%]	>1	73%
ADF (x=500 m) [%]	18%	3%
ADF (x=2000 m) [%]	2%	0.3%
x (ADF=50%) [m]	283	121

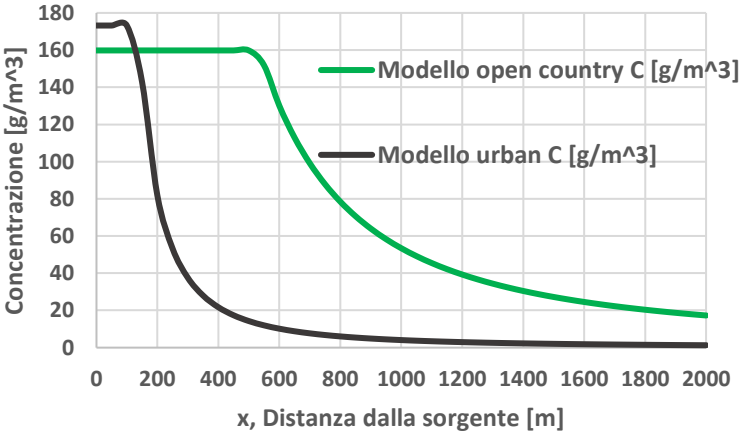


Dati di Input

<i>U_{media air} [m/s]</i>	<i>1.9</i>
<i>delta_{air} [m]</i>	<i>2</i>
<i>Dimensione sorgente [m x m]</i>	<i>250 x 250</i>
<i>Flusso emissivo [g/m²*s]</i>	<i>1</i>

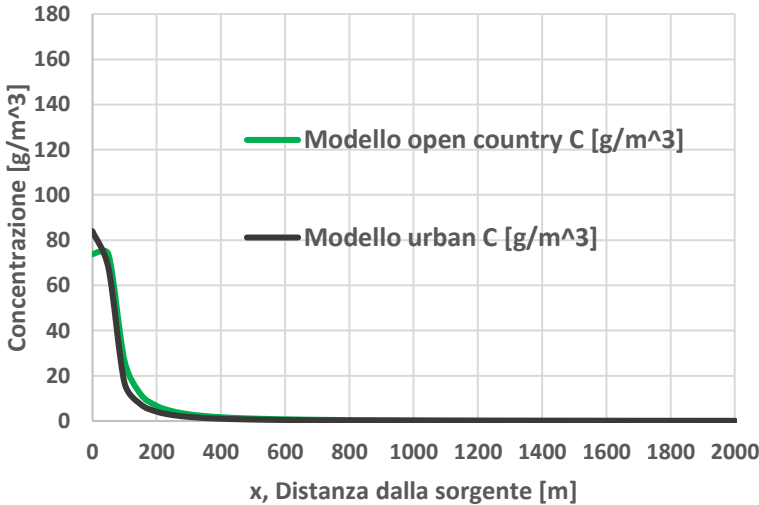
CLASSE F

	Open-Country	Urban
velocità aria (2 m) [m/s]	0.78	0.72
Concentrazione sorgente [g/m ³]	159.80	173.19
ADF (x=100 m) [%]	>1	>1
ADF (x=500 m) [%]	>1	8%
ADF (x=2000 m) [%]	11%	0.7%
x (ADF=50%) [m]	790	195



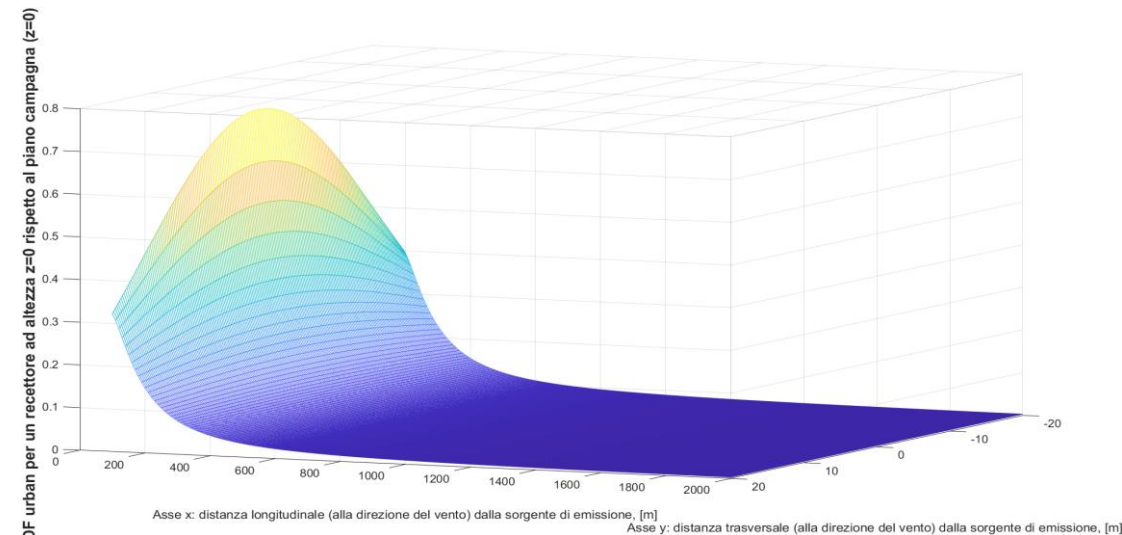
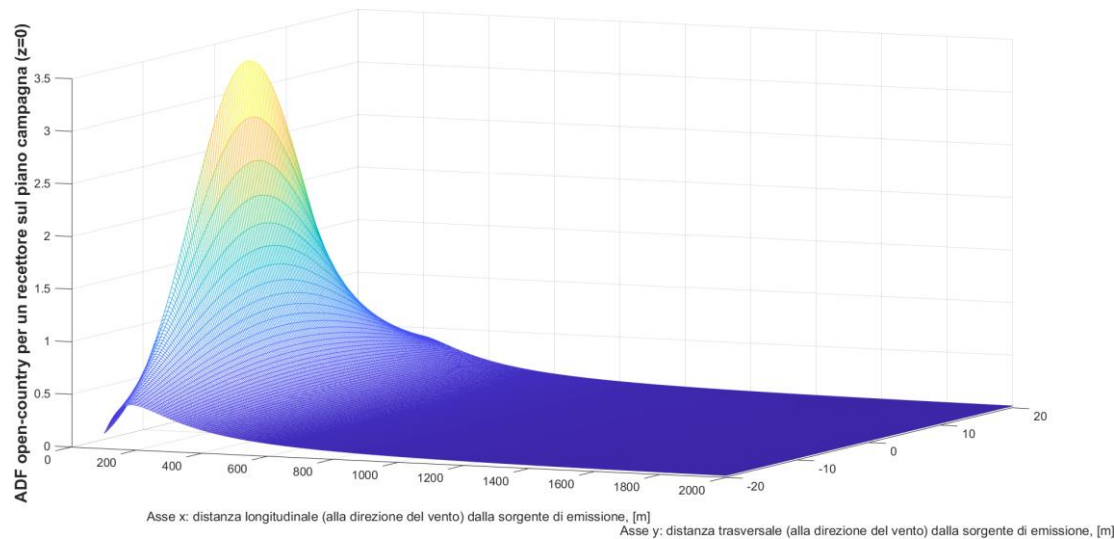
CLASSE A

	Open-Country	Urban
velocità aria (2 m) [m/s]	1.69	1.49
Concentrazione sorgente [g/m ³]	73.80	83.94
ADF (x=100 m) [%]	88%	49%
ADF (x=500 m) [%]	1%	1%
ADF (x=2000 m) [%]	0.10%	0.04%
x (ADF=50%) [m]	85	63

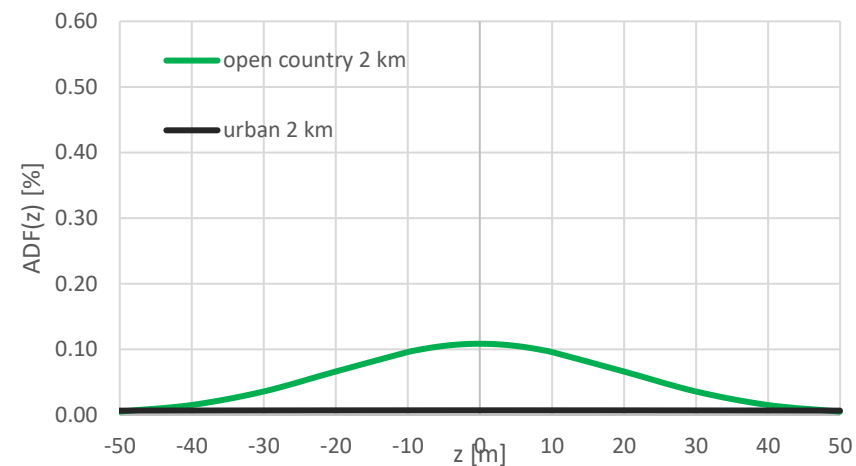
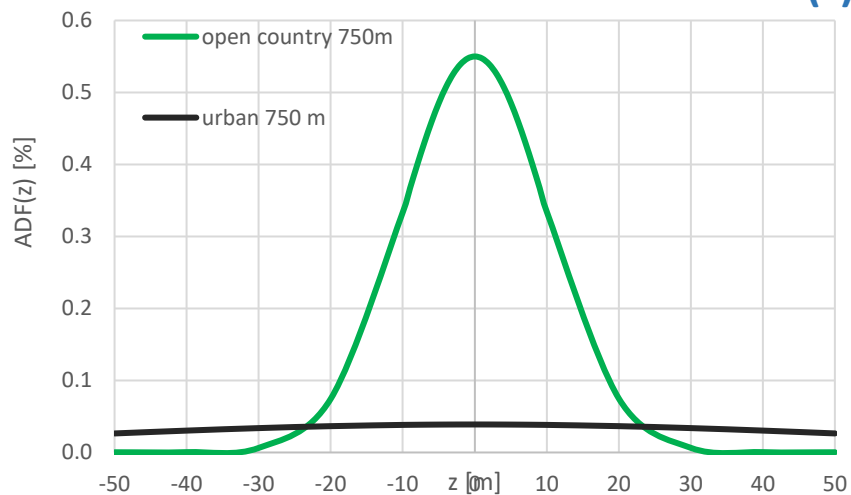


Risultati Box Model : Profilo ADF lungo y e z

Andamento ADF(y) Classe D open-country e urban

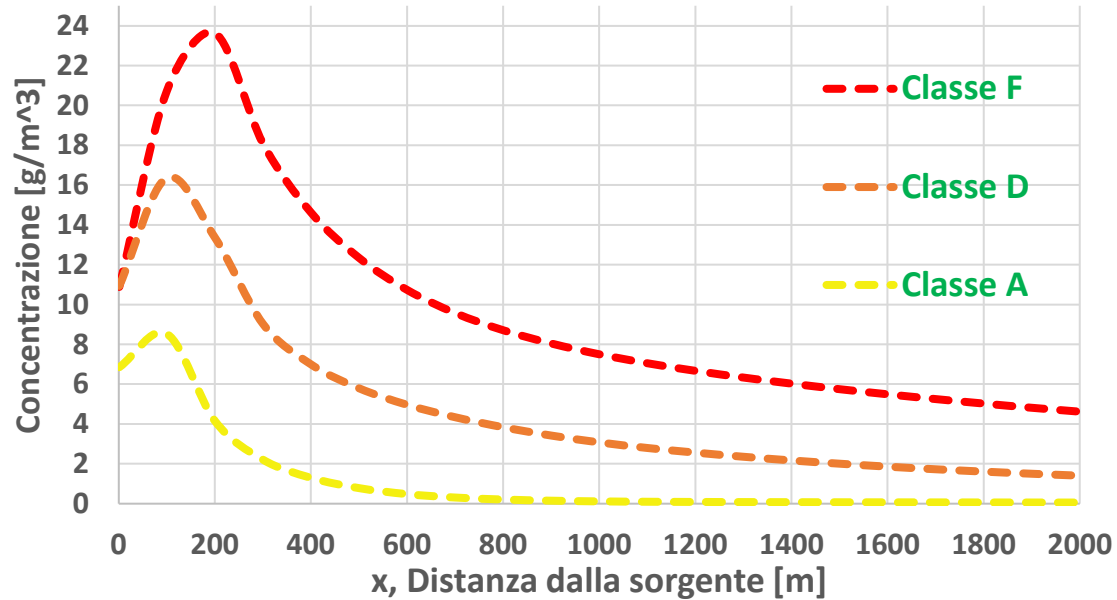


Andamento ADF(z) Classe F open-country e urban a 750 e 2000 m



Risultati ScreenView: Simulazione

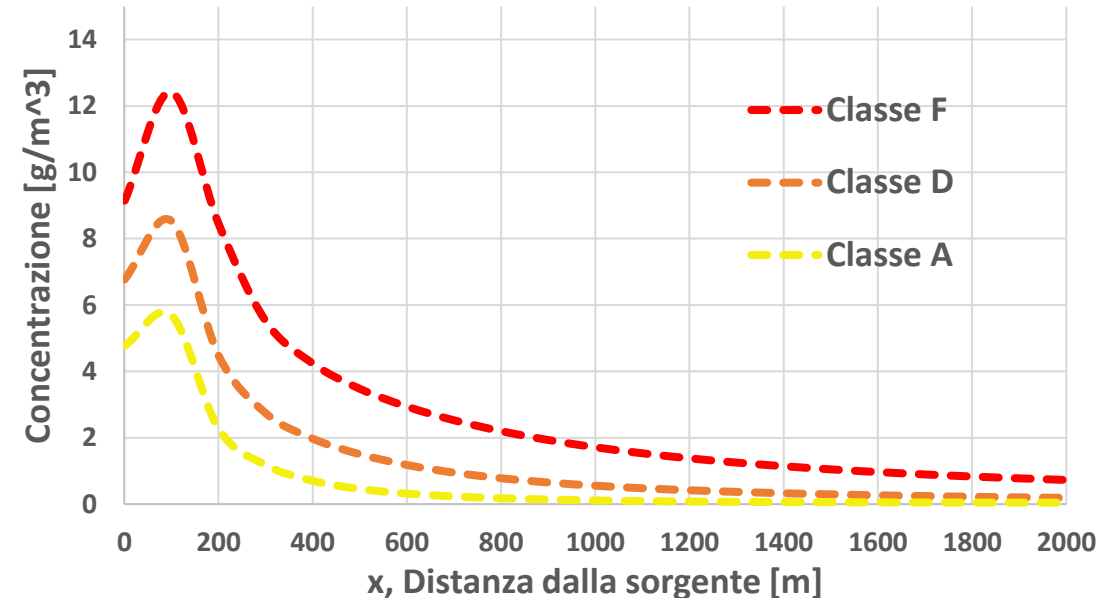
Concentrazione ScreenView Open-Country



- Stesso andamento delle curve con valori inferiori di concentrazione
- Il profilo decresce più rapidamente e a più brevi distanze (dispersione a valle superiore)

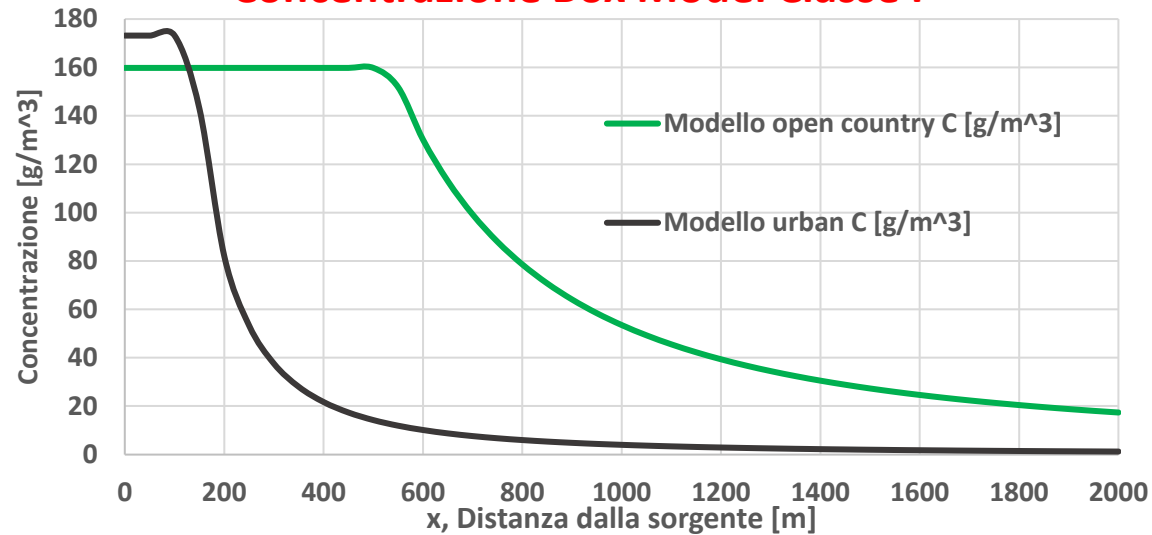
- Presentano un max a breve distanza per poi decrescere
- Il max si sposta a concentrazioni maggiori e a distanze superiori all'aumentare della stabilità
- La concentrazione massima in classe A è 1/3 di quella in classe F e metà della classe D

Concentrazione ScreenView Urban



Risultati: Effetto Tipo di Suolo

Concentrazione Box Model Classe F



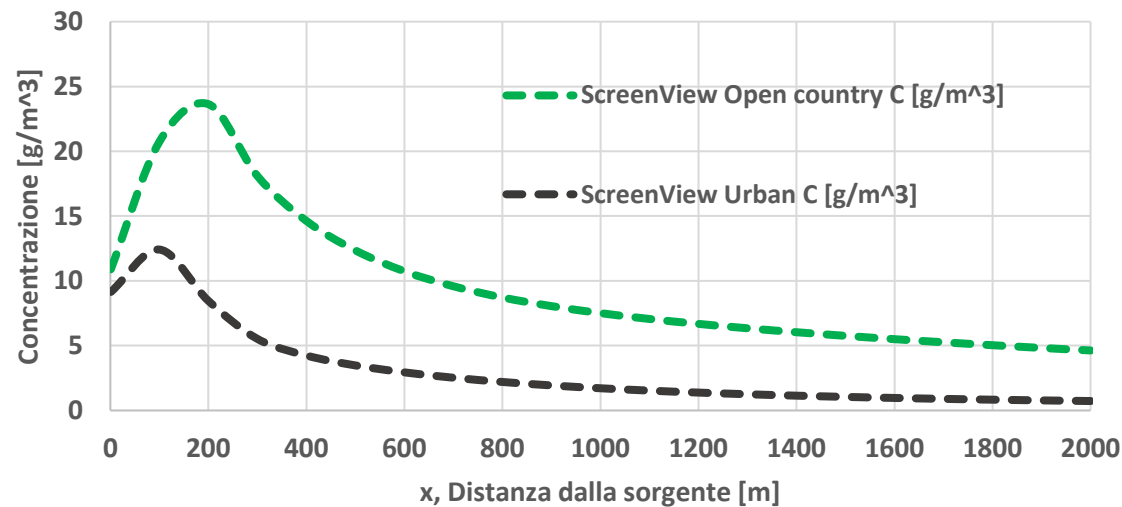
✓ LONTANO DALLA SORGENTE:

- I modelli esibiscono comportamento simile, pur evidenziando diversi valori assoluti

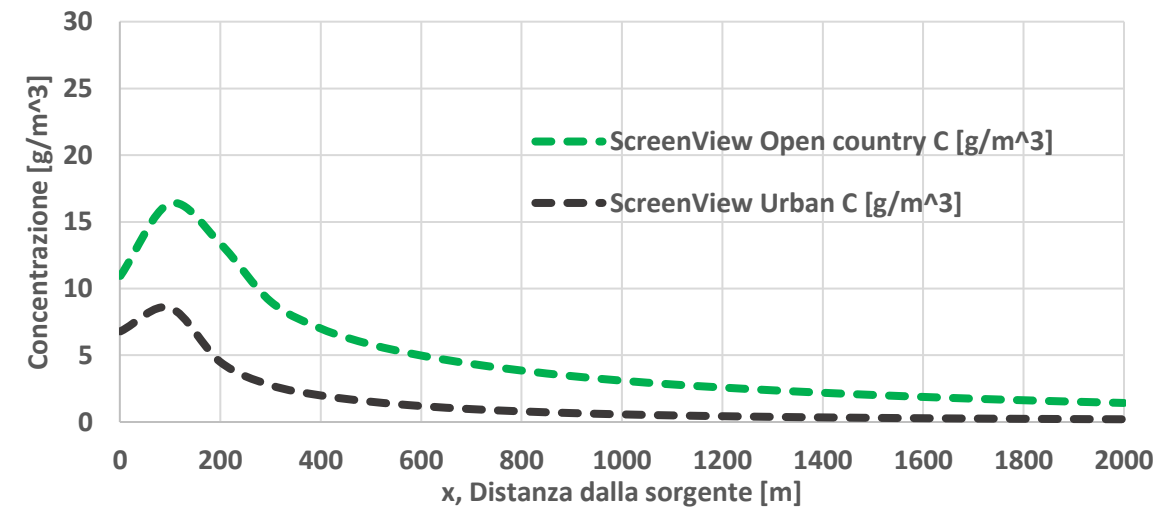
❖ IN PROSSIMITA' DELLA SORGENTE:

- Il box model calcola per il suolo urbano una C_s maggiore rispetto al suolo di tipo rurale
- In ScreenView la concentrazione rurale resta sempre superiore a quella urbana
- Queste differenze risultano tanto più evidenti quanto più la classe è stabile

Concentrazione ScreenView Classe F

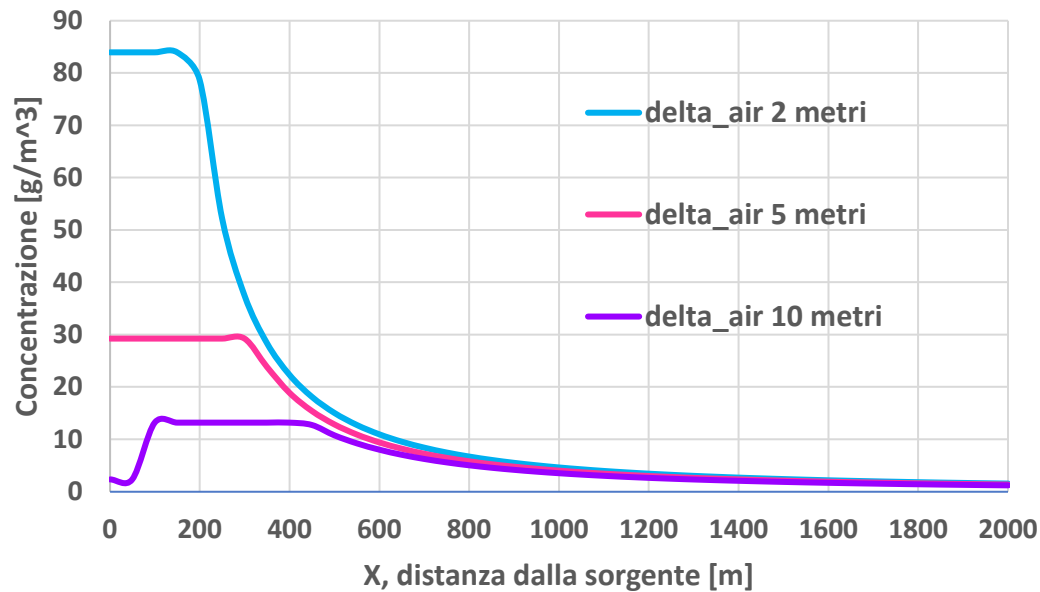


Concentrazione ScreenView Classe D



Risultati: Effetto Altezza Strato Miscelazione

Box Model Classe D open country



Comportamento analogo tra *Box Model* e *ScreenView* all'aumentare del δ_{air} :

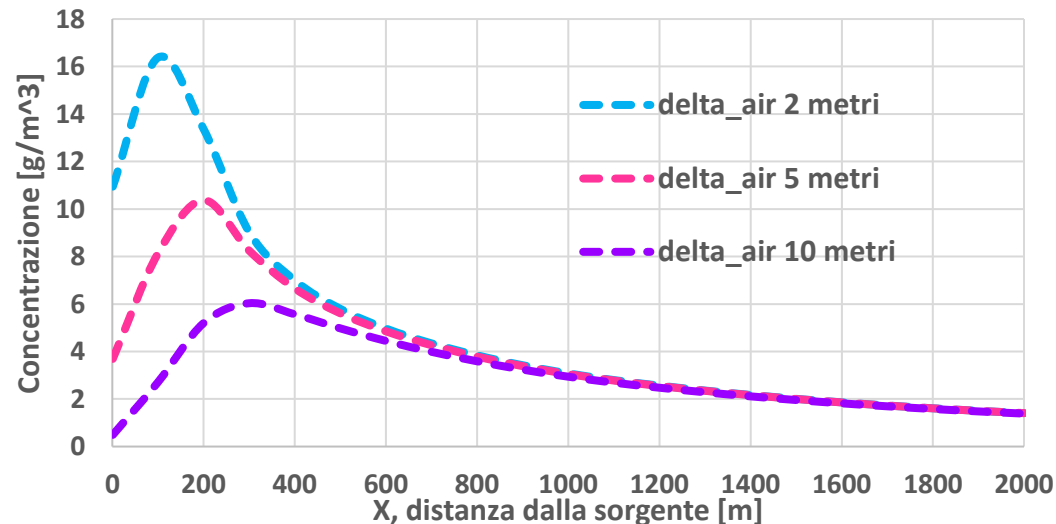
❖ IN PROSSIMITA' DELLA SORGENTE:

1. Diminuisce fortemente la concentrazione C_s a parità degli altri parametri
2. A valle della sorgente, si amplia il range di distanze per cui la concentrazione assume valori prossimi a quella massima

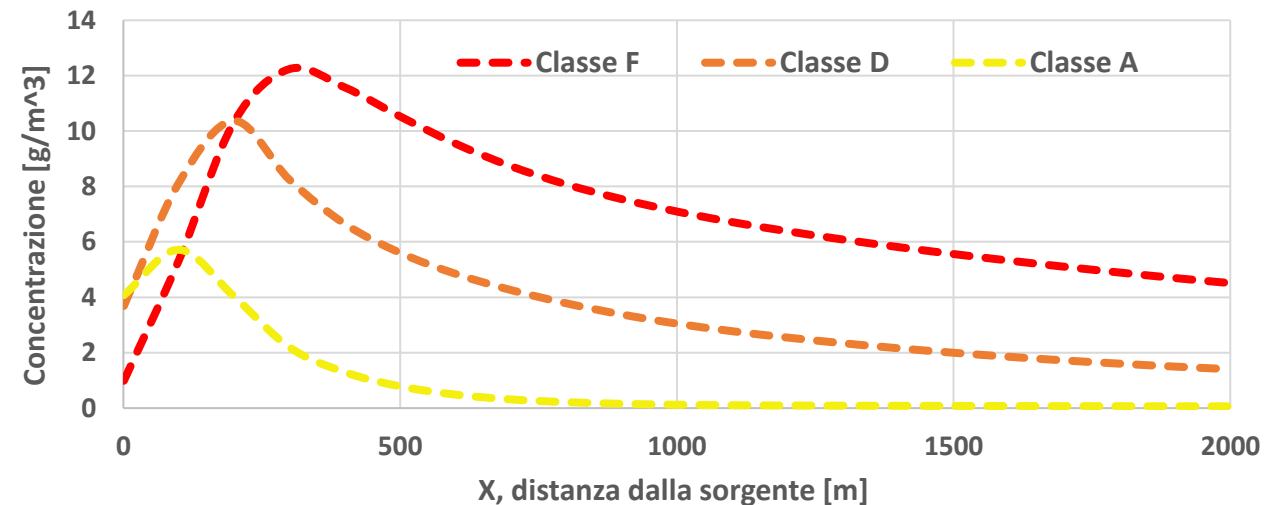
❖ LONTANO DALLA SORGENTE:

Superato già 1 km, i profili tendono a sovrapporsi

ScreenView Classe D open country



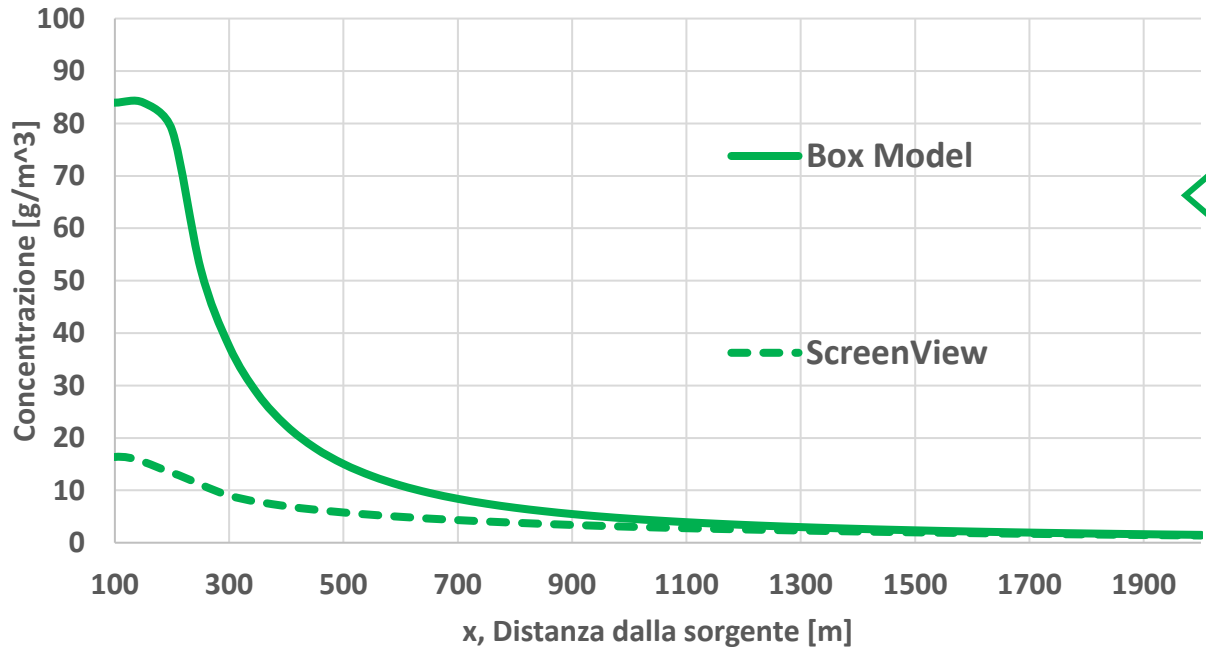
ScreenView d_air= 5 m open country



Risultati Classe D: Confronto Modello-ScreenView

Confronto Box Model VS ScreenView Classe D

Open-Country

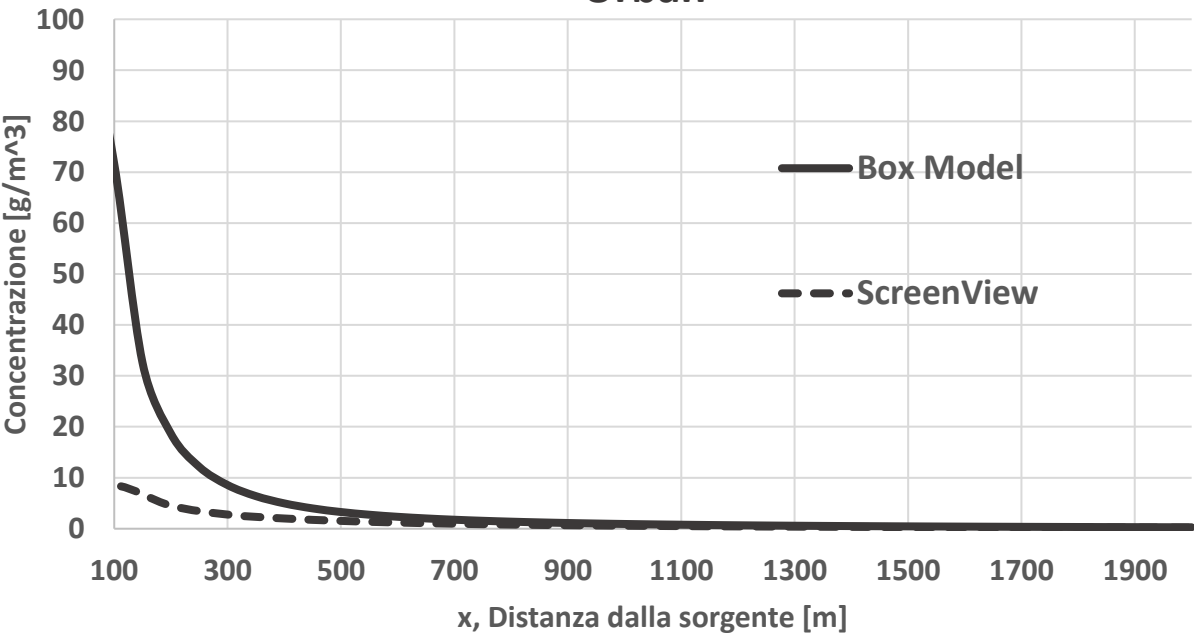


Concentrazione Contaminante [g/m^3] Open-Country

	Box Model	ScreenView
100 metri	83.94	16.37
500 metri	15.03	5.80
2000 metri	1.52	1.41

Confronto Box Model VS ScreenView Classe D

Urban



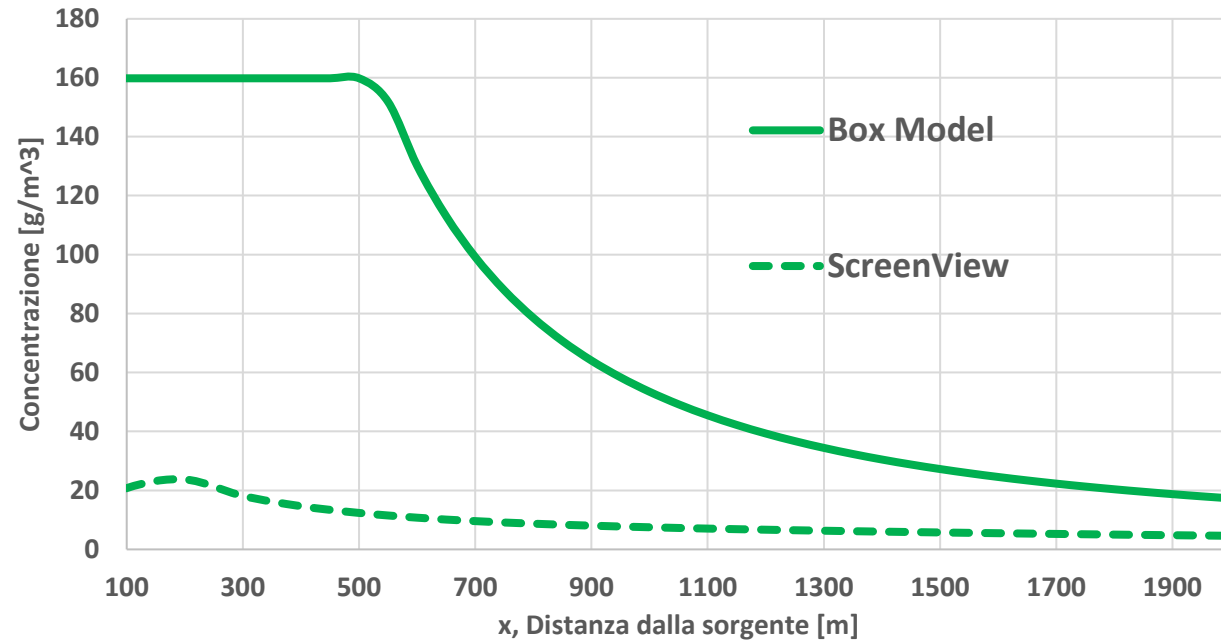
Concentrazione Contaminante [g/m^3] Urban

	Box Model	ScreenView
100 metri	71.75	8.54
500 metri	3.29	1.51
2000 metri	0.30	0.19

Risultati Classe F: Confronto Modello-ScreenView

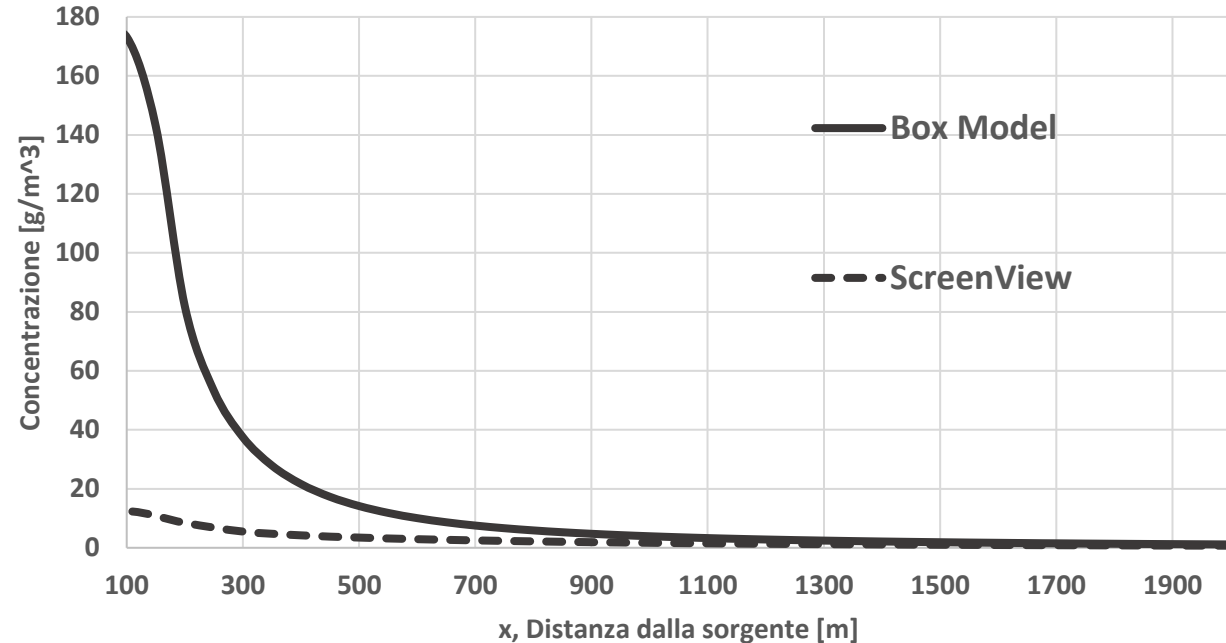
Confronto Box Model VS ScreenView Classe F

Open-Country



Confronto Box Model VS ScreenView Classe F

Urban



Caso peggiore (tossicità acuta)

❖ Evidente **disaccordo** tra gli andamenti

1. **BOX MODEL** (conservativo): **sovrastima** elevata della concentrazione, in particolare **vicino alla sorgente** e mantenuta **fino a lunghe distanze** (a 500 m $C(x) = C_s$)

2. **SCREENVIEW**: concentrazione contenuta sia come **valori assoluti** sia come **propagazione spaziale**

In **Urban** meno evidente rispetto a **Open-Country**

Concentrazione Contaminante [g/m³]

	Open-Country		Urban	
	Box Model	ScreenView	Box Model	ScreenView
100 metri	159.80	20.73	173.19	12.42
500 metri	159.80	12.34	14.21	3.48
2000 metri	17.33	4.61	1.20	0.73

Conclusioni

La trattazione svolta **tende ad evidenziare maggiormente gli andamenti qualitativi della concentrazione** (per un contaminante generico), **piuttosto che a soffermarsi sui valori assoluti**, la cui stima sarebbe poco aderente a misure reali dato l'**elevato flusso emissivo** considerato di $1 \text{ g}/\text{m}^2\text{s}$ (e.g. concentrazione soglia $SO_2 = 350 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

Dal **confronto dei risultati** emerge che:

- ☐ In generale entrambi i **modelli presentano** delle **criticità** nella descrizione del profilo di concentrazione **in prossimità della sorgente** (entro le prime centinaia di metri)
- ☐ Il **Box Model**, più conservativo, **tende a sovrastimare rispetto a ScreenView**, i valori di concentrazione. Questo comportamento diventa **maggiormente evidente avvicinandosi alla sorgente e all'aumentare della stabilità atmosferica** (si veda Classe F)
- ☐ Inoltre le **influenze** indotte **dal tipo di suolo e dal δ_{air}** si manifestano più intensamente **alle brevi distanze**
- ☐ I **profili di concentrazione** tendono a diventare **più rappresentativi e a sovrapporsi se aumenta la distanza dalla sorgente e l'atmosfera è più instabile**
- ☐ I **modelli** utilizzati risultano **comunque adatti a fornire una stima qualitativa della dispersione dei contaminanti a distanze superiori a qualche km**
- ☐ Attraverso l'**impiego di dati sperimentali ricavati da campagne di misura sul campo**, essi **costituiscono un valido strumento di analisi e studio preliminare per la valutazione quantitativa** della dispersione dei contaminanti in ambiente

Bibliografia e Riferimenti

- *Slides del corso*
- *Isprambiente.gov.it, «Fattori di trasporto e siti contaminati: Caratterizzazione, Bonifica e Analisi di Rischio»*
- *J. A. Connor, C. J Newell, «Parameter Estimation Guidelines for Risk-Based Corrective Action (RBCA) Modeling»*
- *A. Spina, C. di Tivoli, «Valutazione della potenza specifica ottenibile in condizioni reali da un generatore eolico: un'analisi di lungo termine in tre siti italiani»*
- *R. F. Griffiths, «Errors in the use of the Briggs parameterization for atmospheric dispersion coefficient»*
- *J. L. Thé, C. L. Thé, M. A. Johnson, «Screening Air Dispersion Model (SCREEN3): SCREEN View User's Guide»*
- *U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY Office of Air Quality Planning and Standards Emissions, Monitoring, and Analysis Division Research Triangle Park, "SCREEN3 Model User's Guide"*
- *Davide Manca, «Emissione e dispersione di sostanze pericolose» Dipartimento di Chimica Materiali e Ingegneria Chimica Politecnico di Milano*

**Grazie
dell'attenzione
(telematica)**