

Introduzione al modello di dispersione gaussiano a pennacchio

(ing. Rosario Manno)
(rosariomanno@alice.it)

- La procedura di VIA concerne i **progetti di opere elencati negli Allegati al D.L.vo152 e ss.mm.ii.**;
- si hanno **due elenchi** di cui
 - il primo (Allegato II al D.L.vo152 e ss.mm.ii.) comprende i progetti di grandi opere per i quali la VIA è di competenza statale; vi sono comprese 18 categorie di opere tra cui raffinerie di petrolio greggio, centrali termiche ed impianti di combustione con potenza termica di almeno 300 MW, elettrodotti, autostrade, porti commerciali, etc;
 - il secondo (Allegato III al D.L.vo152 e ss.mm.ii.) comprende quelli per i quali la VIA è di competenza delle regioni. Quest'ultimo elenco comprende varie categorie di opere tra cui: recupero di suoli dal mare per una superficie che superi 200 ettari, impianti termici per la produzione di energia elettrica, vapore ed acqua calda con potenza termica complessiva superiore a 150 MW, porti turistici e da diporto quando lo specchio d'acqua è superiore a 10 ettari o le aree esterne interessate superano i 5 ettari oppure i moli sono di lunghezza superiore ai 500 metri, strade extraurbane secondarie, costruzioni di strade di scorrimento in area urbana o potenziamento di esistenti a quattro o a più corsie con lunghezza in area urbana o extraurbana superiore a 1500 metri, etc;

- Spesso negli elenchi sono previste soglie dimensionali dei progetti ai fini di determinare l'obbligo di sottoporli a VIA. Inoltre, in alcuni casi, è previsto lo svolgimento da parte delle Regioni di una preliminare procedura di Verifica per stabilire la necessità di sottoporre il progetto alla procedura di VIA. E' il caso dei progetti compresi in un terzo elenco (allegato IV al D.Lg.vo 152) che comprende progetti riguardanti l'agricoltura, l'industria energetica ed estrattiva, i progetti d'infrastrutture, altri progetti, etc

La **Verifica**, prevista dall'art.20 del D.Lg.vo 152 e ss.mm.ii., è effettuata con i criteri contenuti nell'allegato V al medesimo D.Lg.vo.

- *Nel caso in cui un progetto debba essere sottoposto a VIA è necessario uno **studio d'impatto ambientale**.*

*Lo studio di impatto ambientale che accompagna i progetti(definito nel D.Lg.vo 152 come **elaborato che integra il progetto** definitivo redatto in conformità alle previsioni dell'art.22) contiene **almeno** le seguenti informazioni:*

- a) una descrizione del progetto con informazioni relative alle sue caratteristiche, alla sua localizzazione ed alle sue dimensioni;*
- b) una descrizione delle misure previste per evitare, ridurre e possibilmente compensare gli impatti negativi rilevanti;*
- c) i dati necessari per individuare e valutare i principali impatti sull'ambiente e sul patrimonio culturale che il progetto può produrre, sia in fase di realizzazione che in fase di esercizio;*
- d) una descrizione sommaria delle principali alternative prese in esame dal proponente, ivi compresa la cosiddetta opzione zero, con indicazione delle principali ragioni della scelta, sotto il profilo dell'impatto ambientale;*
- e) una descrizione delle misure previste per il monitoraggio.*

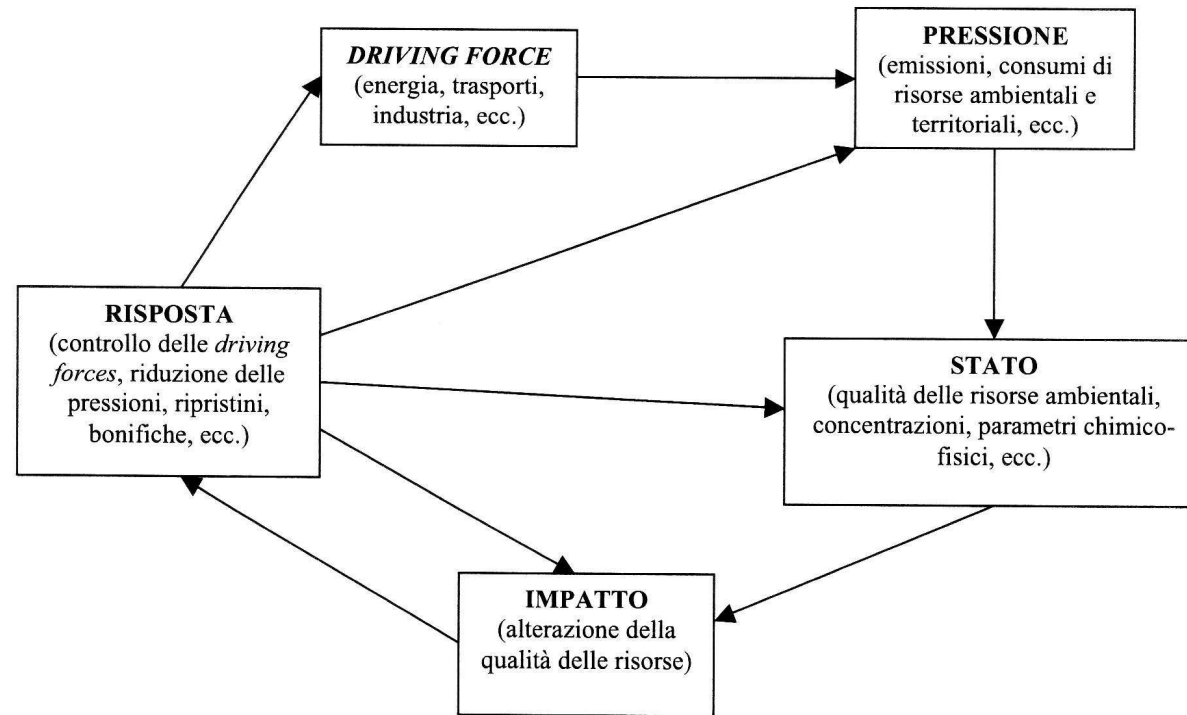
Deve essere inoltre allegata una sintesi non tecnica.

SIA-Studio d'impatto ambientale

- Una sintesi di **come viene attuato lo studio d'impatto ambientale** è illustrata dal modello generale dello schema D-P-S-I-R, dell'Agenzia Europea per l'ambiente, e dallo schema di pag.11 delle "Linee guida VIA" del 18/6/2001" qui riportati :

1.6 Obiettivi generali, impostazione ed articolazione degli Studi di Impatto

In termini generali si assume, quale modello generale di riferimento, lo schema DPISR proposto dall'Agenzia Europea per l'Ambiente, come rappresentato nella seguente figura.



Il richiamo allo schema DPSIR assume valenza metodologica nella misura in cui lo stesso schema offre una rappresentazione sufficientemente articolata delle complesse relazioni che intercorrono fra attività umane e qualità dell'ambiente. Più in particolare, la procedura di VIA - in quanto strumento di prevenzione dell'impatto ambientale - interviene su progetti determinati (driving force) individuando e caratterizzandone i fattori di pressione potenzialmente significativi in relazione allo stato dell'ambiente.

Con riferimento al modello DPSIR, lo Studio di Impatto Ambientale deve dunque:

- ✓ Analizzare il progetto in quanto *driving force*, evidenziandone e caratterizzandone i fattori di pressione (o fattori causali di impatto);
- ✓ Analizzare lo stato dell'ambiente coinvolto dal progetto, secondo l'articolazione in compartimenti e settori ambientali proposta nel capitolo 2 del presente documento;

- ✓ Individuare e caratterizzare gli impatti di progetto, ovvero le alterazioni dello stato dell'ambiente determinate dall'interazione tra fattori di pressione e componenti/sistemi ambientali;
- ✓ Produrre un quadro di riferimento per la valutazione degli impatti, in relazione alla loro dimensione ed alla sensibilità / vulnerabilità dei recettori individuati;
- ✓ Individuare gli interventi di natura progettuale che consentono di ridurre al minimo gli impatti residui;
- ✓ Individuare gli interventi (risposta) che consentano di mitigare e/o compensare gli impatti residui non eliminabili in sede di progettazione.

Più in particolare, gli impatti devono essere individuati e caratterizzati:

- ⇒ nella loro dimensione “fisica” (ad es. quanto aumenta la concentrazione in atmosfera di un determinato inquinante), evidenziando le relazioni causali che sussistono fra impatto stesso e fattori di pressione determinati dal progetto (ad es. analizzando le relazioni fra attività di progetto, emissioni di inquinanti e aumento delle concentrazioni in atmosfera);
- ⇒ nel contesto territoriale ed ambientale specifico, evidenziando la rilevanza dell'impatto in relazione alla situazione ante operam e caratterizzando l'ambito coinvolto sotto il profilo dei recettori potenzialmente coinvolti.

<i>COMPARTIMENTI</i>	<i>SETTORI AMBIENTALI</i>
ATMOSFERA	Aria Clima
AMBIENTE IDRICO	Acque superficiali Acque sotterranee Acque marine
LITOSFERA	Suolo Sottosuolo Assetto idrogeologico
AMBIENTE FISICO	Rumore Vibrazioni Radiazioni non ionizzanti Radiazioni ionizzanti
BIOSFERA	Flora e Vegetazione Fauna Ecosistemi
AMBIENTE UMANO	Salute e benessere Paesaggio Beni culturali Assetto territoriale

Resta inteso che non necessariamente uno Studio di impatto ambientale dovrà trattare in modo equivalente tutti i settori ambientali. Il livello di approfondimento dipenderà dalla natura particolare delle pressioni dell'intervento in progetto, nonché delle specifiche sensibilità dei siti coinvolti.

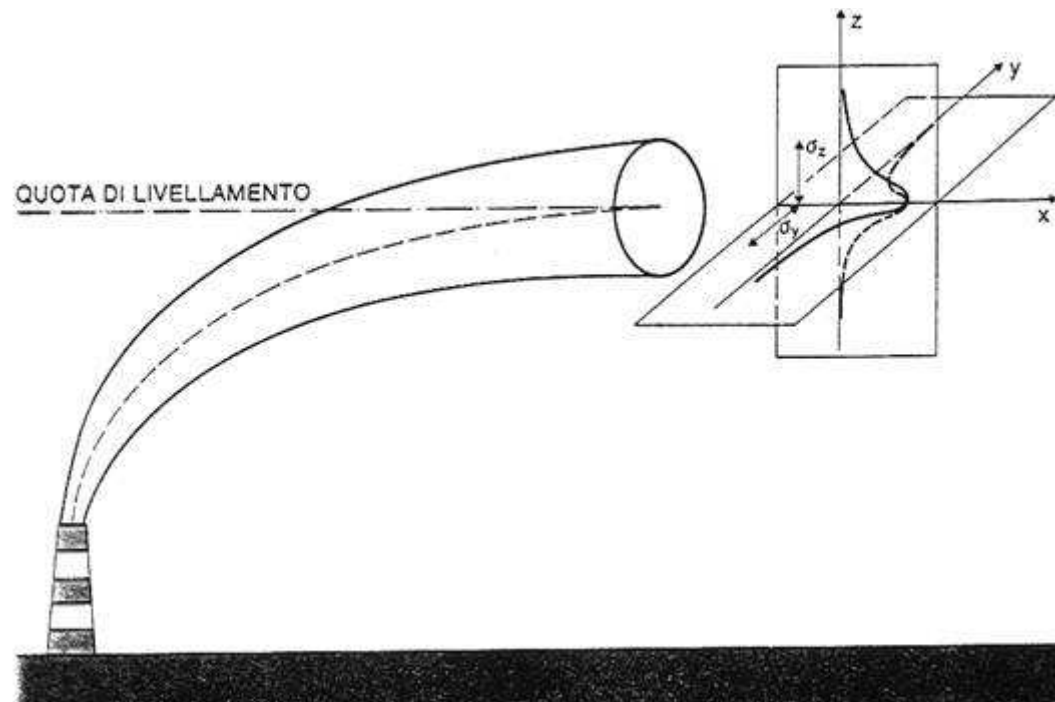
- Tra le attività dell'ingegnere che redige lo studio d'impatto ambientale del progetto vi è la stima dell'impatto, che le emissioni inquinanti quali SO₂, NO₂ etc., sulla qualità dell'aria. Si deve tenere presente che la **normativa** prevede per le concentrazioni di inquinanti, contenuti sia nelle **emissioni al camino** sia **nell'aria ambiente**, appositi limiti che non possono essere superati ed inoltre che l'impatto ambientale dipende anche dalle condizioni meteorologiche del sito prescelto per l'ubicazione dell'opera.

Il modello di dispersione gaussiano a pennacchio è stato lo strumento più utilizzato per tale scopo.

Modello gaussiano

- Per la stima delle ricadute al suolo degli inquinanti atmosferici emessi dalle ciminiere, si utilizza spesso il semplice modello gaussiano a pennacchio, in cui si suppone il sito pianeggiante, che l'altezza effettiva di rilascio degli inquinanti sia pari alla somma di quella geometrica h del camino incrementata dell'altezza di risalita Dh del pennacchio di fumo; in ogni sezione perpendicolare all'asse del pennacchio si suppone che le concentrazioni dell'inquinante abbiano un andamento rappresentato da curve di Gauss sia parallelamente all'asse y che all'asse z , caratterizzate da una σ_y ed una σ_z dipendenti da x , come illustrato nella figura.
- Il sistema di riferimento ha l'asse x coincidente con la direzione del vento V , costante e orizzontale, e l'asse z coincidente con l'asse del camino. Per applicare il modello gaussiano la velocità del vento V alla quota di sbocco del camino dev'essere : $U \geq 1\text{m/s}$
- La sorgente è considerata puntiforme .L'emissione è supposta costante nel tempo.

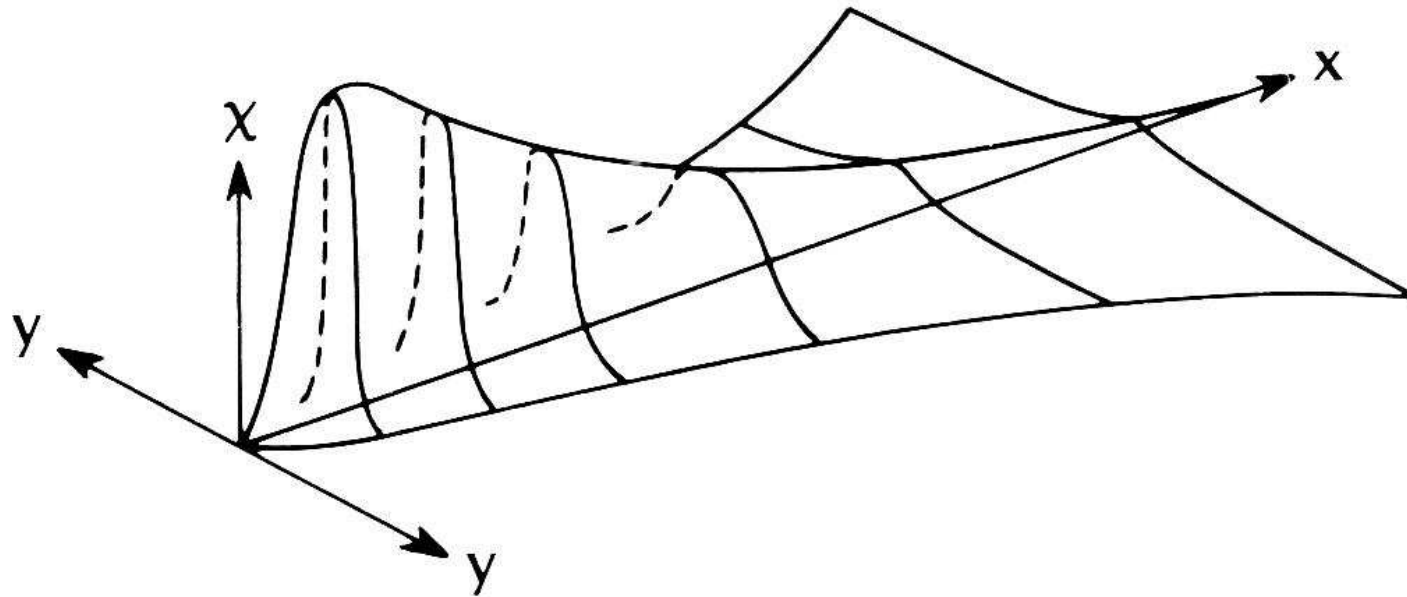
Quota di livellamento del pennacchio



Andamento delle concentrazioni dell'inquinante al suolo

- Con queste ipotesi l'andamento delle concentrazioni dell'inquinante a livello del suolo, concentrazioni orarie, fornito dal modello, è del tipo di quello della figura seguente

-andamento delle concentrazioni d'inquinanti al suolo (da T.R.Oke-"Boundary Layer Climates")



- **Sintesi della schematizzazione utilizzata per la stima delle concentrazioni al suolo degli inquinanti emessi da una ciminiera utilizzando il modello di dispersione gaussiano a pennacchio**

Consideriamo il tipico caso delle emissioni da una ciminiera posta in un sito rurale pianeggiante.

Ipotesi:

- emissione di gas inquinante costante e continua nel tempo g/s;
- velocità del vento alla quota di sbocco dal camino costante in tutto lo strato atmosferico interessato dal pennacchio > 1m/s;
- atmosfera omogenea in tutto lo strato;
- suolo riflettente;

Il modello fornisce in genere le concentrazioni orarie dell'inquinante in aria a livello del suolo, espresse in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

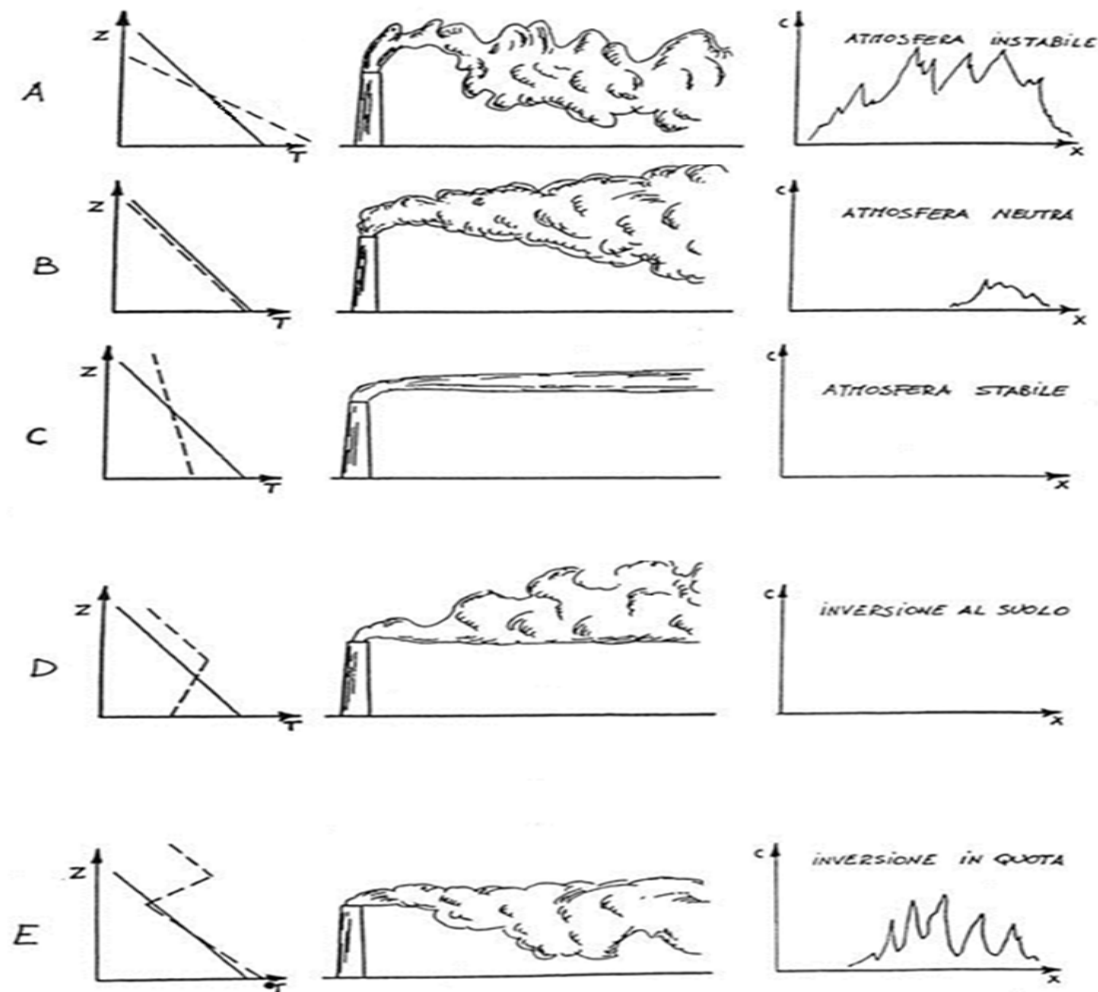
- Le condizioni atmosferiche della dispersione dipendono dalla **stabilità atmosferica**, al variare della quale variano i coefficienti di dispersione σ_y e σ_z
- **Stabilità atmosferica:** può essere intesa come la capacità dell'atmosfera di favorire (instabilità) o no (stabilità) i movimenti verticali di particelle d'aria e quindi dei pennacchi di fumo. La stabilità è legata al gradiente termico verticale $\Delta T / \Delta z$ ($^{\circ}\text{C}/\text{hm}$) nell'atmosfera.

- Viene adottata la classificazione di Pasquill in sei classi **A,B,C,D,E,F** con: **A,B,C classi instabili** (gradiente termico $\Delta T/\Delta z < -1 \text{ } ^\circ\text{C/hm}$), e instabilità decrescente da A a C. Tali classi sono caratterizzate da forte fino a debole insolazione (w/mq) e basse velocità del vento e si hanno di giorno. Esse comportano l'impatto del pennacchio di fumo vicino alla sorgente, senza che esso abbia avuto ancora un' apprezzabile diluizione nell'aria ambiente. In tal caso si hanno elevate concentrazioni al suolo.

- **D classe neutra** (gradiente termico $\Delta T/\Delta z = -1$ °C/hm) si ha con moderata o debole insolazione e alte velocità del vento e/o con cielo nuvoloso ; si verifica di giorno o di notte;
- **E,F classi stabili** (gradiente termico $\Delta T/\Delta z > -1$ °C/hm) con stabilità crescente da E a F; si hanno in genere di notte e con basse velocità del vento e cielo coperto o poco coperto: tali condizioni comportano un maggiore raffreddamento del suolo rispetto all'aria. Il pennacchio non ricade in prossimità della sorgente e viaggia per lunghe distanze in quota ,rimanendo poco diluito: si hanno basse concentrazioni al suolo.

- Un caso a parte è dato dall'**inversione termica**, (**gradiente termico $\Delta T/\Delta z > 0$ °C/hm**) ovvero il caso di temperatura dell'aria in quota più elevata di quella dell'aria vicina al suolo; è una condizione di elevata stabilità atmosferica.
- Il gradiente termico può essere determinato tramite torri meteorologiche con sensori a varie quote, o con strumenti di *remote sensing* come il RASS(*Radio Acoustic Sounding System*).
- L'andamento delle concentrazioni al suolo è mostrato in figura 3.

Vari tipi di pennacchi al variare della stabilità atmosferica



Confronto profili verticali di temperatura

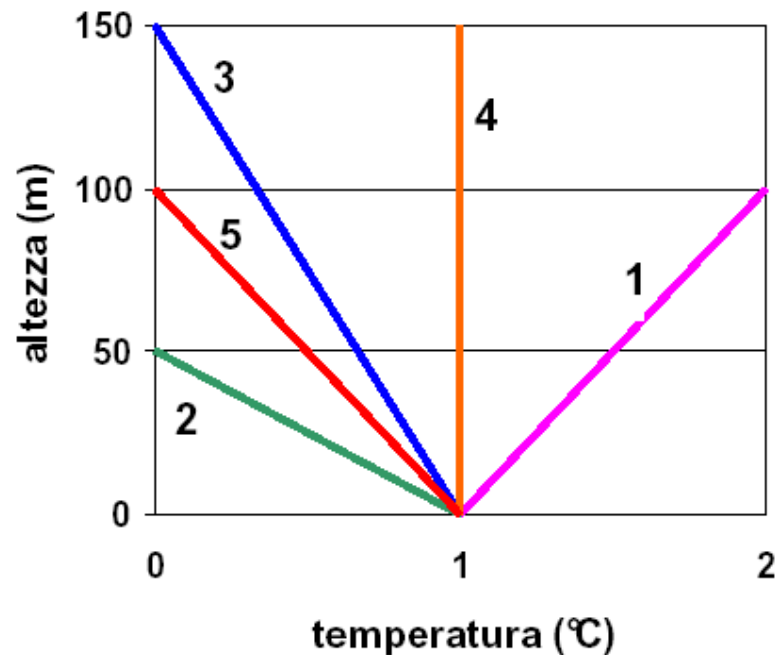
- Nella figura precedente , sulla sinistra si notano i profili verticali di temperatura dell'aria, schematizzati con delle rette di inclinazioni diverse, associati ai vari casi di stabilità atmosferica. Essi sono confrontati con la retta che rappresenta l'adiabatica secca ovvero la neutralità.

Nella figura che segue è riportata una sintesi:

- profilo superadiabatico per instabilità
- „ subadiabatico per stabilità

Gradiente termico, delta T/delta z

Stabilità atmosferica



- caso 1: Retta di inversione termica
- caso 2: Retta superadiabatica
- caso 3: Retta subadiabatica
- caso 4: Retta di inversione termica
- caso 5: ADIABATICA SECCA

Stabilità di Pasquill con i dati meteorologici al suolo

- Oltre che in base al gradiente termico verticale, le classi di stabilità secondo Pasquill sono definite a partire da dati meteorologici misurati **al suolo** come l'insolazione (o copertura nuvolosa) e la velocità del vento misurata a 10 m.

stabilità di Pasquill di giorno

Vento (m/s)	Radiazione Solare Globale (W/m ²)					
	>700	700÷540	540÷400	400÷270	270÷140	<140
<2	A	A	B	B	C	D
2 ÷ 3	A	B	B	B	C	D
3 ÷ 4	B	B	B	C	C	D
4 ÷ 5	B	B	C	C	D	D
5 ÷ 6	C	C	C	C	D	D
>6	C	C	D	D	D	D

determinazione della Categoria di Stabilità Atmosferica nelle ore diurne.

Stabilità di Pasquill di notte

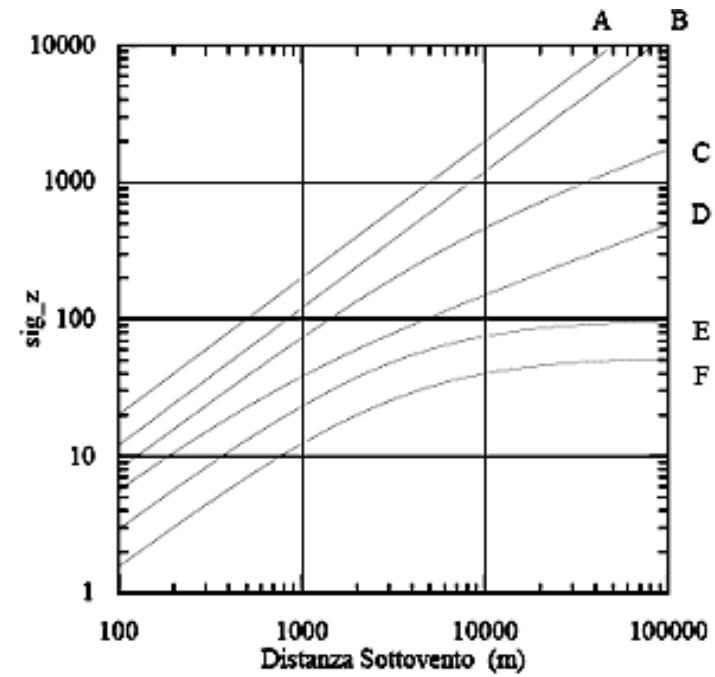
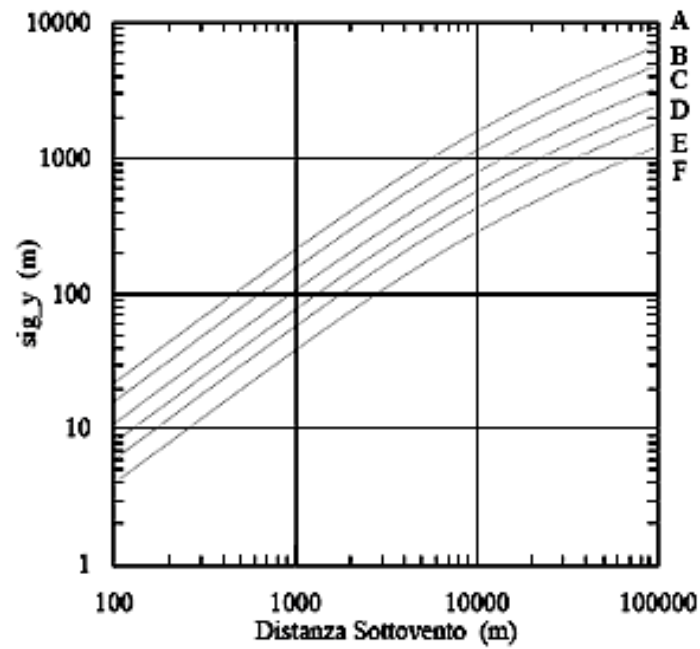
Vento (m/s)	Radiazione Netta (W/m ²)		
	> -20	-20 ÷ -40	< -40
< 2	D	F	F
2 ÷ 3	D	E	F
3 ÷ 5	D	D	E
5 ÷ 6	D	D	D
> 6	D	D	D

determinazione della Categoria di Stabilità Atmosferica nelle ore notturne.

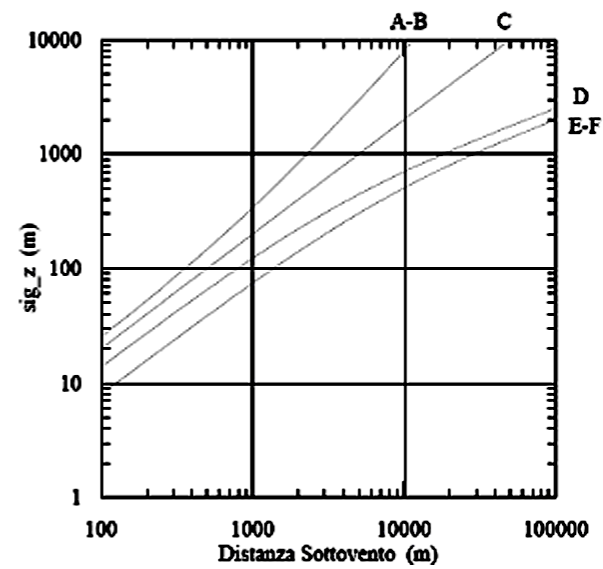
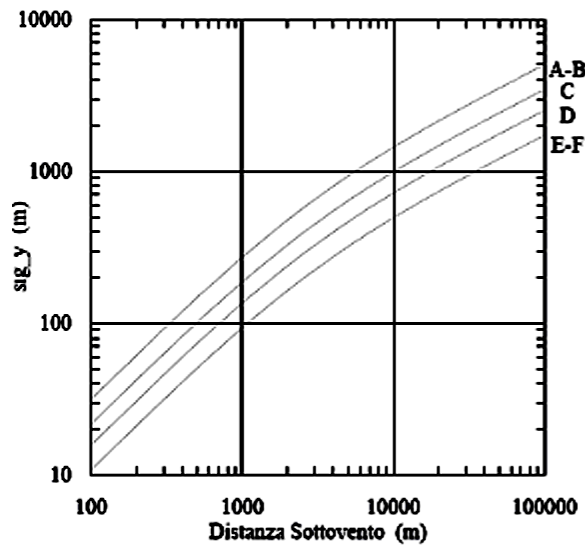
- Per il nostro paese esiste uno studio dal titolo ***“Caratteristiche diffusive dei bassi strati dell’atmosfera”***, condotto dall’ENEL e dall’Aeronautica Militare, che riporta i dati delle classi di stabilità di Pasquill per diverse località italiane.

Sono stati determinate inoltre, in funzione di tali classi di stabilità le σ_y e σ_z che compaiono nel modello gaussiano, i cui valori (m) aumentano al crescere della distanza x sottovento. Tali coefficienti dipendono in genere dal sito. I più usati sono quelli di Briggs, ricavati separatamente per situazioni rurali e per situazioni urbane. Le figure riportano l'andamento nei due casi. Sono riportati anche gli andamenti delle σ ricavati a suo tempo da Pasquill-Gifford.

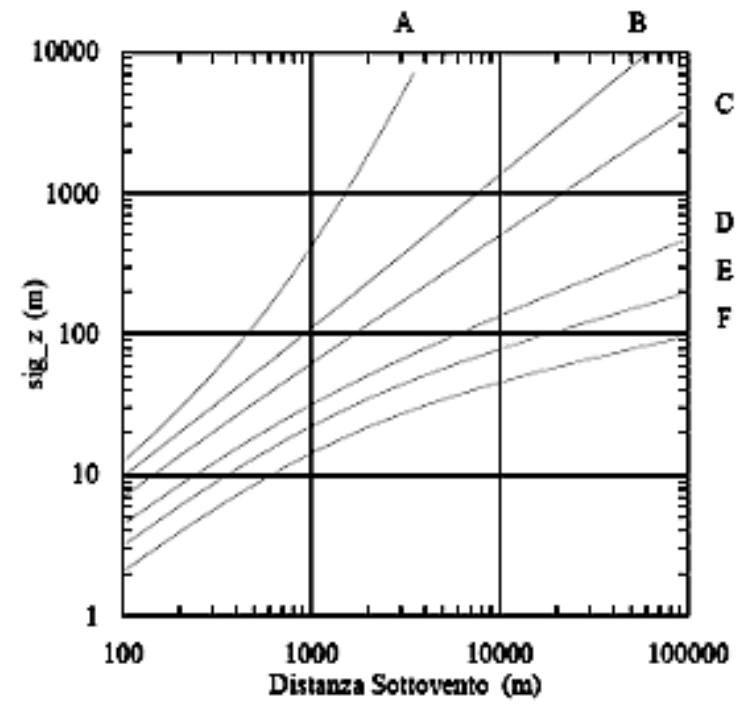
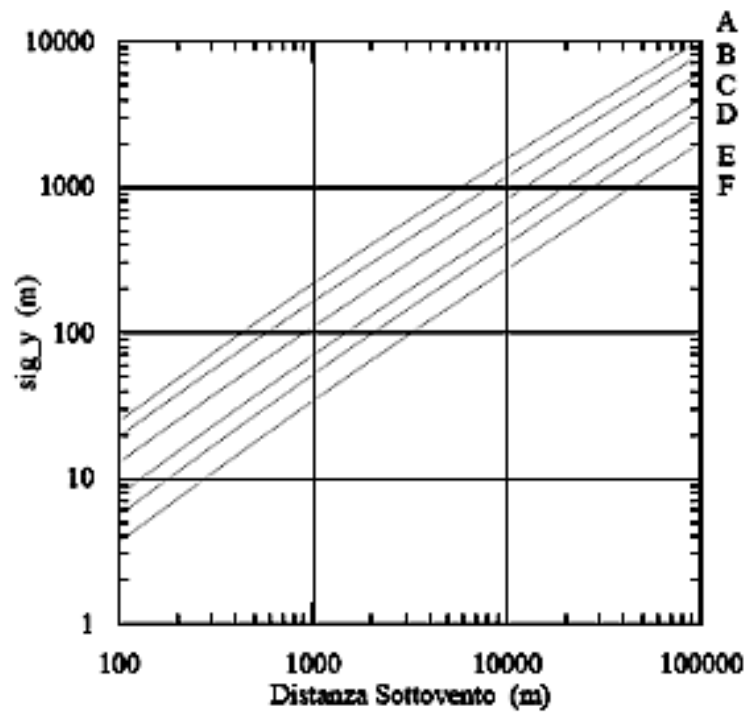
Deviazioni standard s_y , s_z secondo Briggs (modello rurale).



Deviazioni standard s_y , s_z secondo Briggs (modello urbano).



Deviazioni standard s_y , s_z secondo Pasquill-Gifford



Risalita del pennacchio di fumo (plume rise)

- La stabilità atmosferica influisce anche sulla risalita dei pennacchi.
- Esistono diverse formule per il calcolo del plume rise D_h , nei vari casi.
Per i pennacchi di fumi caldi dei grandi impianti, dotati quindi di una elevata spinta di galleggiamento denomina *buoyancy flux* si utilizzano quelle di Briggs. Si nota che:
 - - D_h cresce allontanandosi dal punto di emissione fino a raggiungere un valore di equilibrio D_{h_m} , ad una distanza che è possibile stimare;
 - - in linea di principio, D_h dipende dalla distanza sottovento x , dalla velocità media del vento e dalla spinta di galleggiamento, che a sua volta dipende

da:

- V_s , velocità di uscita dei fumi dalla bocca della ciminiera (m/s),
- r_s raggio della bocca della ciminiera (m),
- T_s temperatura assoluta dei fumi (°K),
- T_a temperatura assoluta dell'aria (°K).

Per **atmosfera instabile o neutra** si utilizza la stessa formula per il calcolo del **plume rise**;

-Quando l'atmosfera è **in condizioni stabili** (tipicamente nelle situazioni notturne) Briggs presenta altri tipi di correlazioni per il calcolo dell'innalzamento del pennacchio. Il valore all'equilibrio del plume rise per atmosfera stabile, a parità delle altre condizioni, è in genere minore che nel caso precedente e dipende anche dal parametro di stabilità espresso da:

$$S = \frac{g}{T_a} \left(\frac{\partial T_a}{\partial z} + 0.0098 \right)$$

- Ai fini pratici si può utilizzare per calcolare S il gradiente termico medio in °C/m ed approssimare il gradiente adiabatico secco 0,0098 °C/m con 0,01 °C/m;

- Si nota che l'aumento della velocità del vento ha due effetti contrastanti sulle concentrazioni al suolo: esse diminuiscono se la velocità aumenta, ma nel contempo una velocità del vento maggiore provoca una minore risalita del pennacchio che tende a fare aumentare le concentrazioni;

Inoltre una velocità del vento troppo elevata alla quota del camino, rispetto alla velocità di scarico dei fumi, provoca un abbassamento del pennacchio per l'effetto scia. Per evitare ciò si cerca allora di mantenere la velocità di scarico dei fumi maggiore di 1,5 volte la velocità del vento;

- **Variazioni dello schema semplice**
- Tra le complicazioni dello schema semplice esaminato prima e che comportano un aumento delle concentrazioni al suolo, bisogna considerare il **trapping** e la **fumigazione**.
- In entrambi i casi la stabilità atmosferica non rimane omogenea nello strato d'atmosfera in cui si muove il pennacchio.

Trapping:

- È il caso in cui il pennacchio che evolve in un'atmosfera instabile o neutra, incontra in quota uno strato stabile la cui altezza è detta **altezza di mescolamento**. Tale strato fungerà da barriera riflettente. Il pennacchio è intrappolato (**Trapping**) e sarà disperso tra il suolo (supposto totalmente riflettente) e lo strato stabile predetto ;ciò farà aumentare le concentrazioni al suolo.

- In generale l'altezza dello strato di rimescolamento viene assunta pari all'altezza della base del primo strato stabile esistente in quota entro lo strato Limite Planetario (PBL)
- Quando l'inversione in quota non esiste, o non si riesce ad individuare con sicurezza per incertezza o mancanza di dati, lo strato di rimescolamento viene assimilato con il PBL, entro il quale hanno luogo i vari fenomeni di attrito meccanico e termodinamico.

- Il fenomeno della **fumigazione** si verifica quando il pennacchio, che si trova emesso inizialmente in un'atmosfera stabile (per esempio di notte) , dopo il sorgere del sole e mentre viene trasportato dal vento, è raggiunto in quota da uno strato instabile che sale dal suolo che si va riscaldando. Questo strato instabile porta improvvisamente al suolo gli inquinanti.

- Ai fini della trattazione matematica della **fumigazione** si assume che la base dello strato stabile in quota sia impenetrabile e quindi si comporti come una superficie riflettente.
- Se H_f è il valore dell'altezza della base dello strato stabile in quota (altezza di fumigazione), ben presto al di sotto di tale quota si stabiliscono valori di concentrazione uniformi lungo la verticale.
- E la concentrazione in aria sottovento al rilascio, è funzione soltanto di x e y .

- Si ha **fumigazione**, con un meccanismo diverso, anche nei siti costieri di giorno durante la **brezza di mare** ben sviluppata (primo pomeriggio), durante il quale si sviluppa il TIBL (*Thermal Internal Boundary Layer*). La fumigazione è un fenomeno pericoloso perché si hanno elevate concentrazioni al suolo. Inoltre durante la brezza di mare in quota esiste una controbrezza di segno opposto, e per impianti vicini alla linea di costa l'applicazione del modello gaussiano per stimare le concentrazioni risulta problematica. Oggi si tende in tali casi ad utilizzare modelli più complessi.

Thermal internal boundary layer

- Nella *figura seguente* di giorno il vento soffia dalla terra più calda rispetto al mare (o lago); il profilo verticale di temperatura $T(z)$ dell'aria sulla terra avrà un andamento del tipo illustrato in a), profilo 1, con gradiente termico negativo al crescere della quota z (atmosfera instabile). Si noti che nella figura sono indicate sommità e base dell'inversione termica.
- Quando l'aria procede il suo cammino sull'acqua più fredda della terra, si ha un progressivo raffreddamento degli strati vicini ad essa. A una certa distanza si ha un profilo di temperatura dell'aria caratterizzato da inversione termica, profili 2 e 3, che sostituisce parzialmente il precedente profilo. Lo strato d'aria in cui tale inversione si manifesta, cresce in altezza all'aumentare della distanza dalla costa.

- Se invece si ha brezza di mare ben sviluppata (primo pomeriggio estivo), l'aria proveniente dal mare più freddo ha un profilo di temperatura corrispondente a equilibrio stabile, con gli strati più bassi caratterizzati da forte stabilità o inversione termica, come rappresentato nella *figura 2* in b), profilo 1.
- A contatto con il suolo molto riscaldato dal sole si sviluppa uno strato d'aria instabile, prossimo al suolo, al di sopra del quale permane l'inversione termica o la condizione di stabilità. L'altezza di questo strato, detto TIBL (*Thermal Internal Boundary Layer*), è indicata dalla linea tratteggiata della *Figura 2*, b), e cresce all'aumentare della distanza dalla linea di costa, come rappresentato dai profili 2 e 3, con un andamento assimilabile a un arco di parabola con asse orizzontale.

Thermal internal boundary layer

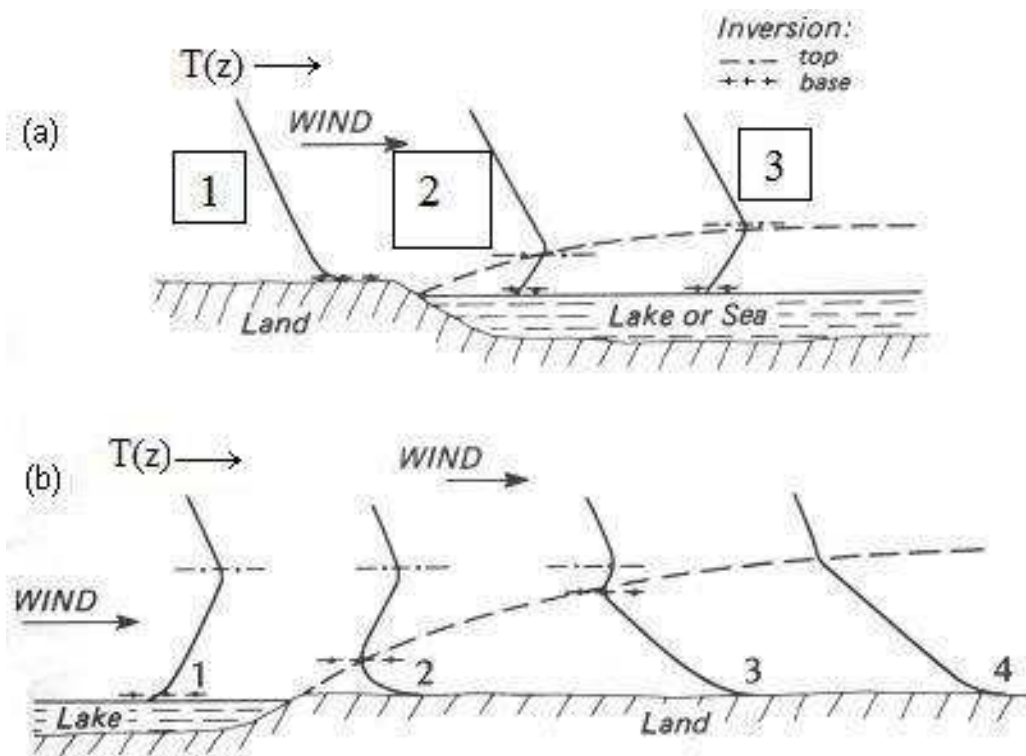


figura 2, da [5]

Camino sulla linea di costa

- Per il camino 1 più vicino al mare (o lago) il pennacchio viene rilasciato nello strato d'atmosfera stabile per cui sale poco e rimane di piccolo spessore (*fanning*); procedendo verso l'entroterra sospinto dal vento ad un certo punto esso sarà raggiunto dallo strato instabile che si sviluppa al suolo e comincerà a disperdersi, ma solo verso il basso perché detto strato è sovrastato da un'inversione termica la cui base ha un andamento indicato in figura dalla linea tratteggiata.
- Il pennacchio sarà poi catturato in quota dalla corrente di ritorno verso il mare, tipica della circolazione di brezza, con velocità di segno opposto quindi non più costante come ipotizzato nel modello gaussiano. Questa zona è vista come un muro di fumo (*wall of smoke*). Tali condizioni possono persistere per qualche ora.
- Da quanto precede, discende che la dispersione da un camino ubicato in prossimità della costa e in presenza di brezza di mare può avvenire in condizioni molto diverse da quelle omogenee ipotizzate nel modello gaussiano

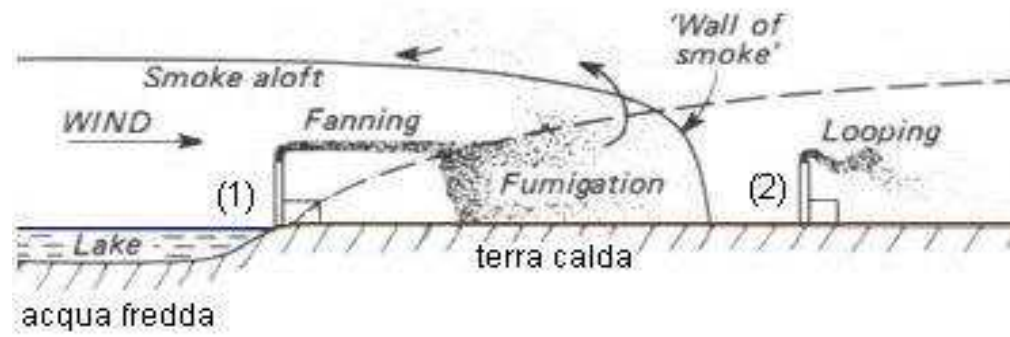


figura 4 ,da [5]

- **Breve introduzione ai modelli matematici di screening nella procedura di V.I.A. -**

- Per la stima delle ricadute si può fare anche ricorso a modelli semplificati, cosiddetti modelli di screening, che possono essere usati per una prima valutazione di massima, basandosi su ipotesi fenomenologiche “conservative”, ed applicandoli alle situazioni più avverse dal punto di vista degli impatti (es. emissioni massime ammissibili, condizioni ambientali avverse alla diluizione, recettori più sensibili, etc.). In base ai risultati ottenuti si può decidere di effettuare ulteriori approfondimenti impiegando modelli più complessi.

- può essere utile fornire una stima preliminare condotta in maniera quantitativa mediante un modello semplificato che sia in grado di calcolare le concentrazioni degli inquinanti nell'aria, anche in assenza delle misure meteorologiche che influenzano le concentrazioni, assumendo delle condizioni simulate.
- Esistono vari modelli di screening ognuno con caratteristiche peculiari. Tra tali modelli c'è SCREEN3 ,dell'americana EPA (U.S . Environmental Protection Agency), che è scaricabile insieme alla guida utente dal sito:
- <http://www.epa.gov/scram001/models/screen/screen3.zip>

Esempio di calcoli con emissione da un camino.

Nel modello SCREEN3, che utilizza il modello gaussiano, si suppone che le condizioni di emissione della sorgente siano stazionarie.

Lo schema (Fig.1) è quello noto del **camino di altezza H**, alla cui **base** si pone l'**origine** del sistema di riferimento di **assi cartesiani x,y,z**, in cui :

l'asse x ha direzione e verso coincidenti con la direzione ed il verso del vento e **l'asse z** è orientato verso l'alto e coincide con l'asse del camino;

Il pennacchio di fumo , a causa della differenza di temperatura con l'aria ambiente e per la velocità posseduta dai fumi in uscita, avrà una risalita ΔH , rispetto alla quota di emissione H , che raggiunge un valore massimo ad una certa distanza dal camino:

la quota finale raggiunta dai fumi viene considerata come quella dell'asse del pennacchio che si ipotizza emesso a quella quota.

Nel modello SCREEN3 le classi di stabilità sono indicate con i numeri interi da 1 a 6 e cioè:
A=1,B=2,C=3,D=4,E=5, F=6.

Per approfondimenti **si rimanda alla guida utente.**

La concentrazione al suolo, per una data distanza x , sottovento rispetto al camino è massima proprio sull'asse x mentre decresce sull'asse y ;

la simulazione pertanto è limitata alla ricerca delle concentrazioni lungo l'asse x a livello del suolo ($Z=0$), e tra queste ultime viene ricercata la concentrazione massima da confrontare con gli standard fissati dalle leggi, tenuto conto anche della situazione ambientale preesistente.

Si noti che il modello calcola automaticamente l'altezza di mescolamento in modo conservativo.

Esempio di calcolo. Dati richiesti da SCREEN 3

Per effettuare i calcoli nel caso di un camino , dopo la scelta da parte dell'utente delle opportune opzioni, SCREEN3 richiede i seguenti dati dell'emissione:

- portata massima dell'inquinante in g/sec, supposta costante (es. 100 g/sec)
- velocità di uscita dei fumi dal camino in m/sec (es. 25 m/sec)
- temperatura dei fumi in °K (es. 450 °K)
- temperatura dell'aria ambiente in °K (es. 293 °K)
- altezza del camino rispetto al suolo in m (es. 100 m)
- diametro interno del camino in m (es. 2,5 m)
- quota di calcolo delle concentrazioni $Z=0$ (a livello del suolo)

- Si allega un esempio con l'output del modello SCREEN3 nell'ipotesi semplice di terreno pianeggiante in aperta campagna e assenza di ostacoli che possano provocare downwash; inoltre è considerata l'ipotesi di trapping in precedenza descritta e l'opzione *full meteorology*, in cui nel calcolo delle concentrazioni vengono simulate tutte le possibili condizioni meteorologiche.
- Viene studiato l'intervallo di distanze da 500 a 5000 m. Per ogni distanza x viene calcolata la concentrazione oraria e sono indicate le condizioni meteo che la determinano.
- Alla fine sono indicate la distanza x a cui si verifica la massima concentrazione ed il relativo valore espresso in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

- *** SCREEN3 MODEL RUN ***
- *** VERSION DATED 96043 ***
- ESEMPIO SORGENTE PUNTIFORME IN TERRENO PIANEGGIANTE
- SIMPLE TERRAIN INPUTS:
- SOURCE TYPE = POINT
- EMISSION RATE (G/S) = 100.000
- STACK HEIGHT (M) = 100.0000
- STK INSIDE DIAM (M) = 2.5000
- STK EXIT VELOCITY (M/S)= 25.0000
- STK GAS EXIT TEMP (K) = 450.0000
- AMBIENT AIR TEMP (K) = 293.0000
- RECEPTOR HEIGHT (M) = .0000
- URBAN/RURAL OPTION = RURAL
- BUILDING HEIGHT (M) = .0000
- MIN HORIZ BLDG DIM (M) = .0000
- MAX HORIZ BLDG DIM (M) = .0000
- THE REGULATORY (DEFAULT) MIXING HEIGHT OPTION WAS SELECTED.
- THE REGULATORY (DEFAULT) ANEMOMETER HEIGHT OF 10.0 METERS WAS ENTERED.
- BUOY. FLUX = 133.643 M⁴/S³; MOM. FLUX = 635.851 M⁴/S².
- *** FULL METEOROLOGY ***
- *****
- *** SCREEN AUTOMATED DISTANCES ***
- *****
- *** TERRAIN HEIGHT OF 0. M ABOVE STACK BASE USED FOR FOLLOWING DISTANCES ***

- DIST CONC U10M USTK MIX HT PLUME SIGMA SIGMA
- (M) (UG/M**3) STAB (M/S) (M/S) (M) HT (M) Y (M) Z (M) DWASH

- -----

500.	16.20	1	3.0	3.5	960.0	307.14	120.51	112.68	NO
600.	64.48	1	3.0	3.5	960.0	307.14	141.00	161.00	NO
700.	96.05	1	3.0	3.5	960.0	307.14	161.03	219.64	NO
800.	138.2	1	1.5	1.8	515.3	514.29	206.01	305.21	NO
900.	170.1	1	1.5	1.8	515.3	514.29	224.01	381.93	NO
1000.	177.0	1	1.5	1.8	515.3	514.29	239.94	469.03	NO
1100.	170.7	1	1.5	1.8	515.3	514.29	256.00	567.77	NO
1200.	161.4	1	1.5	1.8	515.3	514.29	272.15	678.00	NO
1300.	152.4	1	1.5	1.8	515.3	514.29	288.35	799.64	NO
1400.	144.2	1	1.5	1.8	515.3	514.29	304.57	932.68	NO
1500.	136.9	1	1.5	1.8	515.3	514.29	320.79	1077.12	NO
1600.	130.4	1	1.5	1.8	515.3	514.29	336.99	1233.00	NO
1700.	124.6	1	1.0	1.2	722.4	721.43	377.15	1406.59	NO
1800.	119.8	1	1.0	1.2	722.4	721.43	392.31	1584.77	NO
1900.	115.3	1	1.0	1.2	722.4	721.43	407.50	1774.63	NO
2000.	111.2	1	1.0	1.2	722.4	721.43	422.71	1976.21	NO
2100.	107.3	1	1.0	1.2	722.4	721.43	437.94	2189.55	NO
2200.	103.7	1	1.0	1.2	722.4	721.43	453.17	2414.69	NO
2300.	100.3	1	1.0	1.2	722.4	721.43	468.40	2651.68	NO
2400.	97.19	1	1.0	1.2	722.4	721.43	483.62	2900.57	NO
2500.	94.23	1	1.0	1.2	722.4	721.43	498.82	3161.39	NO
2600.	91.44	1	1.0	1.2	722.4	721.43	514.00	3434.20	NO
2700.	88.82	1	1.0	1.2	722.4	721.43	529.17	3719.05	NO
2800.	89.02	2	1.5	1.8	515.3	514.29	402.80	358.33	NO
2900.	89.57	2	1.5	1.8	515.3	514.29	414.41	370.89	NO
3000.	89.73	2	1.5	1.8	515.3	514.29	425.99	383.54	NO
3500.	86.49	2	1.5	1.8	515.3	514.29	483.54	447.95	NO
4000.	80.09	2	1.5	1.8	515.3	514.29	540.43	514.01	NO
4500.	73.35	2	1.5	1.8	515.3	514.29	596.68	581.37	NO
5000.	68.41	2	1.0	1.2	722.4	721.43	665.59	663.15	NO

<u>DIST</u>	<u>CONC</u>	<u>STAB</u>	<u>U10M</u>	<u>USTK</u>	<u>MIX HT</u>	<u>PLUME HT</u>	<u>SIGMAY</u>	<u>SIGMAZ</u>	<u>DWASH</u>
(M)	(UG/M**3)		(M/S)	(M/S)	(M)	(M)	(M)	(M)	
MAXIMUM 1-HR CONCENTRATION AT OR BEYOND 500. M:									
<u>986.</u>	<u>177.1</u>	<u>1</u>	<u>1.5</u>	<u>1.8</u>	<u>515.3</u>	<u>514.29</u>	<u>237.86</u>	<u>457.05</u>	<u>NO</u>

- DWASH= MEANS NO CALC MADE (CONC = 0.0)
- DWASH=NO MEANS NO BUILDING DOWNWASH USED
- DWASH=HS MEANS HUBER-SNYDER DOWNWASH USED
- DWASH=SS MEANS SCHULMAN-SCIRE DOWNWASH USED
- DWASH=NA MEANS DOWNWASH NOT APPLICABLE, X<3*LB

• *****

• *** SUMMARY OF SCREEN MODEL RESULTS ***

• *****

• CALCULATION MAX CONC DIST TO TERRAIN

• PROCEDURE (UG/M**3) MAX (M) HT (M)

• -----

• SIMPLE TERRAIN **177.1 986. 0.**

• *****

• ** REMEMBER TO INCLUDE BACKGROUND CONCENTRATIONS **

• *****

- Vedasi il file SCREEN –FILE OUT più leggibile

Note

1 -Direttiva 85/337/CEE del Consiglio del 27 giugno 1985, concernente la valutazione di impatto ambientale di determinati progetti

pubblici e privati, come modificata ed integrata con la direttiva 97/11/CE del Consiglio del 3 marzo 1997 e con la direttiva 2003/35/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 26 maggio 2003 e con la direttiva 2009/31/CE del Parlamento europeo e del Consiglio (GU L 140 del 5.6.2009, pag. 114).

2-La Commissione ha successivamente riunito la legislazione UE vigente che disciplina le valutazioni d'impatto ambientale. La direttiva sulla valutazione d'impatto ambientale (VIA) iniziale e le sue tre successive revisioni sono state raggruppate dando luogo ad una versione più compatta, di facile consultazione che è entrata in vigore il 17 febbraio 2012. Il Parlamento europeo e il Consiglio hanno adottato la direttiva VIA codificata il 13 dicembre 2011, e il testo è stato pubblicato il 28 gennaio 2012 ([Direttiva 2011/92/UE](#)). L'articolo 14 di tale recente direttiva in particolare abroga la direttiva 85/337/CEE, come modificata dalle direttive successive.

3-Ai sensi del punto 1. dell'art.34 (*Norme tecniche, organizzative ed integrative*) del D.Lg.vo n.152/2006 e ss.mm.ii. "...Resta ferma

altresì, nelle more dell'emanazione delle norme tecniche di cui al presente comma, l'applicazione di quanto previsto dal decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 27 dicembre 1988."

4-Vedasi: - **Decreto Legislativo 16 gennaio 2008, n. 4** "Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n.152,recante norme in materia ambientale"(Gazzetta Ufficiale n.24 del 29 gennaio 2008-Suppl.Ordinario n.24);

Decreto Legislativo 29 giugno 2010, n. 128"Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 3 aprile 2006, n.152,recante norme in materia ambientale, a norma dell'art.12 della legge 18 giugno 2009, n.69"(Supplemento Ordinario alla Gazzetta Ufficiale n.186 dell' 11 agosto 2010-Serie Generale-N.184/L; **Decreto Legislativo 7 luglio 2011, n. 121** "Attuazione della direttiva 2008/99/CE sulla tutela penale dell'ambiente, nonché della direttiva 2009/123/CE che modifica la direttiva 2005/35/CE relativa all'inquinamento provocato dalle navi e all'introduzione di sanzioni per violazioni(11G0163)" Gazzetta Ufficiale del 1 agosto 2011, n.177.

Bibliografia

-Appunti corso sulla dispersione atmosferica (cap.7) della Prof.Mariarosa Giardina-UNIPA

-Rosario Manno-Dispersione atmosferica nei siti costieri-Energie e Ambiente oggi -2014
Editrice Fiera di Milano;

- -Rapporto APAT *Dati ed informazioni per la caratterizzazione della componente "atmosfera e prassi corrente di utilizzo dei modelli di qualità dell'aria nell'ambito della procedura di V.I.A.* di Maria Belvisi, Mario C. Cirillo, Marina Colaiezzi, Caterina D'Anna, Giuseppe Marfoli - Marzo 2007
(<http://www.isprambiente.gov.it/it/temi/valutazione-di-impatto-ambientale-via/dati-e-informazioni-per-la-caratterizzazione-delle-componenti-e-fattori-ambientali-nella-redazione-degli-studi-di-impatto-ambientale-sia>)
- -*SCREEN3 Model User's Guide* EPA-454/B-95-004 della U.S . Environmental Protection Agency- Office of Air Quality Planning and Standards Emission, Monitoring, and Analysis Division Research Triangle Park, North Carolina 27711 (<http://www.epa.gov/scram001/models/screen/screen3.zip>)
- "Linee guida VIA" del 18/6/2001" (<http://www.isprambiente.gov.it/files/via/linee-guida-via-parte-generale.zip>)
- T.R.Oke "Boundary Layer Climates"- Methuen
- Turner, D.B., 1970. Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates. Revised, Sixth printing, Jan. 1973. Office of Air Programs Publication No. AP-26.

- Grazie per l'attenzione

Figura 2-formula base utilizzata da SCREEN3 per il calcolo delle concentrazioni

$$\begin{aligned}
 X = & Q / (2\pi u_s \sigma_y \sigma_z) \{ \exp[-\frac{1}{2}((z_r - h_e) / \sigma_z)^2] \\
 & + \exp[-\frac{1}{2}((z_r + h_e) / \sigma_z)^2] \\
 & + \sum_{N=1}^k [\exp[-\frac{1}{2}((z_r - h_e - 2Nz_i) / \sigma_z)^2] \\
 & + \exp[-\frac{1}{2}((z_r + h_e - 2Nz_i) / \sigma_z)^2] \\
 & + \exp[-\frac{1}{2}((z_r - h_e + 2Nz_i) / \sigma_z)^2] \\
 & + \exp[-\frac{1}{2}((z_r + h_e + 2Nz_i) / \sigma_z)^2]] \} \quad (1)
 \end{aligned}$$

where:

- X = concentration (g/m³)
- Q = emission rate (g/s)
- π = 3.141593
- u_s = stack height wind speed (m/s)
- σ_y = lateral dispersion parameter (m)
- σ_z = vertical dispersion parameter (m)
- z_r = receptor height above ground (m)
- h_e = plume centerline height (m)
- z_i = mixing height (m)
- k = summation limit for multiple reflections of plume off of the ground and elevated inversion, usually ≤ 4 .

