

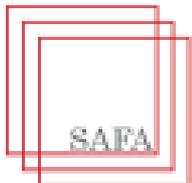
1- Concetto di Source Apportionment e tecniche più diffuse

2- Chemical Mass Balance

Cristina Colombi – ARPA Lombardia

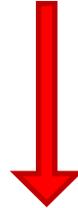
GIORNATE DI STUDIO
LA CARATTERIZZAZIONE CHIMICA DEL PARTICOLATO ATMOSFERICO
V EDIZIONE

Terni, 21-22 Novembre 2022



- Parte 1: Introduzione sul Source Apportionment
- Parte 2: Tecniche di Source Apportionment
- Parte 3: Il modello CMB8.2
- Parte 4: esempi di applicazioni in ARPA Lombardia
 - Lavori pubblicati
 - Costruzione di profili di sorgente locali
 - Confronto fra modelli euleriani e al recettore

Da EEA, 2018: l'inquinamento atmosferico è una delle principali cause di danni alla salute umana in Europa, con una stima di circa 390 000 morti premature all'anno, come risultato della sola esposizione al PM2.5



comprendere le origini dell'inquinamento per garantire che i piani per la QA mirino alle fonti appropriate alle giuste scale per dare risultati efficaci



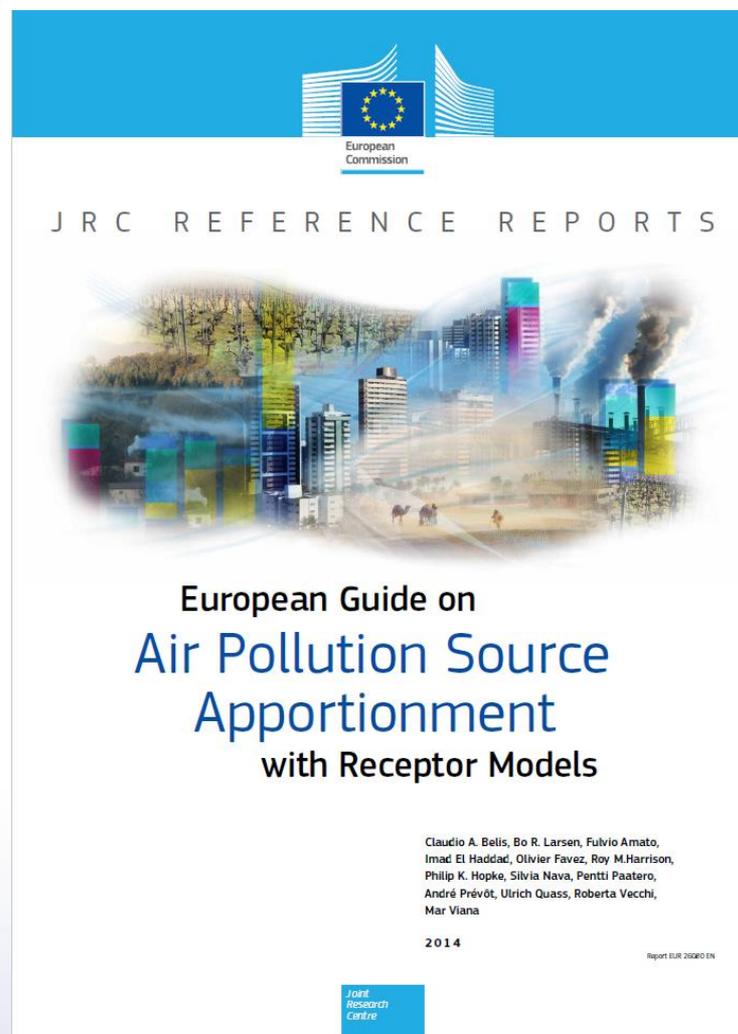
II SOURCE APPORTIONMENT è una tecnica utilizzata per correlare le emissioni provenienti dalle varie fonti di inquinamento alle concentrazioni degli inquinanti atmosferici in un determinato luogo e per un determinato periodo di tempo

European Guide on Air Pollution Source Apportionment with RMs

Anno di pubblicazione: 2014

Autori:

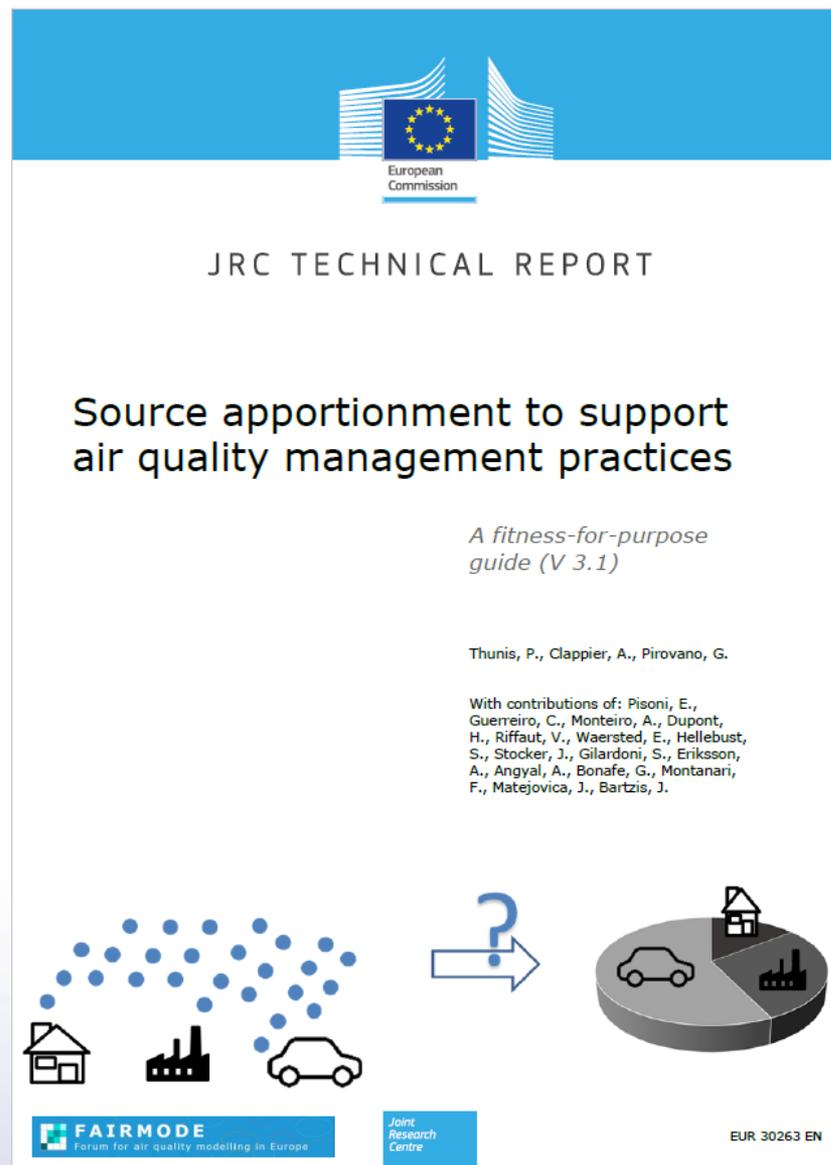
Belis, Larsen, Amato, El Haddad, Favez, Harrison, Hopke, Nava, Paatero, Prevot, Quass, Vecchi, Viana



Source apportionment to support air quality management practices (V 3.1)

Anno di pubblicazione: 2020

Autori:
Thunis, Clappier, Pirovano



Source apportionment to support air quality management practices (V 4.0)

In review entro Giugno 2022 come attività del Gruppo CT1 di FAIRMODE

Autori:

Clappier, Thunis, Pirovano, Riffault, Gilardoni

European Commission

JRC TECHNICAL REPORT

Source apportionment to support air quality management practices

A fitness-for-purpose guide (V 4.0)

Clappier, A., Thunis, P., Pirovano, G., Riffault, V., Gilardoni, S.

With contributions of: Pisoni, E., Guerreiro, C., Monteiro, A., Dupont, H., Waersted, E., Hellebust, S., Stocker, J., Eriksson, A., Anghal, A., Bonafe, G., Montanari, F., Mateiovic, J., Bartzis, J., Gianelle, V.

FAIRMODE
Forum for air quality modelling in Europe

Joint Research Centre

EUR 30263 EN

- Source Apportionment (SA) è la pratica di ricavare **informazioni sulle fonti di inquinamento** e sulla quantità di contributo ai livelli di inquinamento dell'aria ambiente. Ciò può essere realizzato utilizzando tre approcci principali: inventari delle emissioni, modelli orientati alla fonte e modelli orientati al recettore.
- Le informazioni sulle fonti di inquinamento sono essenziali per la progettazione delle politiche di qualità dell'aria e, infatti, il SA è richiesto esplicitamente o implicitamente dalle direttive sulla qualità dell'aria (Dir. 2008/50/CE e Dir. 2004/107/CE).
- Le attività per le quali l'identificazione delle fonti di inquinamento è rilevante comprendono, ad esempio:
 - Elaborazione di piani d'azione
 - Valutazione dell'efficacia delle misure di riduzione (prima e dopo)
 - Domanda di posticipo del raggiungimento dei valori limite (PM10, NO2)
 - Quantificazione dell'inquinamento derivante dal trasporto a lungo raggio e/o transfrontaliero, o da fonti naturali
 - Identificazione delle fonti di inquinanti che sono di particolare interesse (IPA, idrocarburi precursori dell'ozono, carbonio elementare).

Diversi sono gli approcci esistenti per quantificare gli impatti. Vengono usate come tecniche di SA:

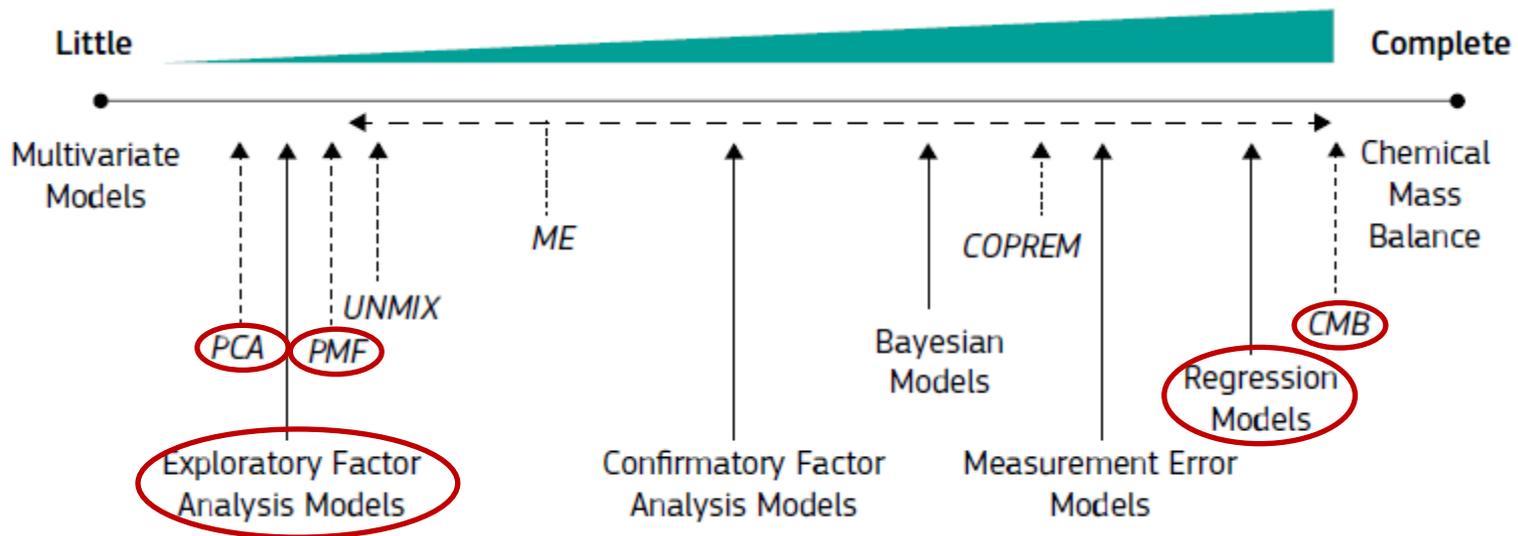
- **Metodi esplorativi**: semplici relazioni matematiche e una serie di ipotesi per ottenere una **stima preliminare** del contributo della sorgente (es: Fattori di Arricchimento (FA), metodo traccianti, approccio incrementale, analisi a cluster).
- **Inventari delle emissioni**: compilazione delle emissioni di tutte le categorie di fonti in una determinata area geografica e all'interno di un anno specifico. Le emissioni sono **stimate** moltiplicando l'intensità di ciascuna attività rilevante (tasso di attività) per una costante proporzionale dipendente dall'inquinamento (fattore di emissione).
- **Modellazione inversa**: utile per ricostruire la fonte emissiva sulla base delle ricadute; i parametri del modello di QA vengono **stimati** adattando il modello alle osservazioni, attraverso la definizione di una funzione obiettivo, ovvero la somma delle deviazioni quadratiche tra le concentrazioni modellate e osservate.

Modelli a dispersione o alla fonte

- **Modelli lagrangiani**: hanno come riferimento un sistema di coordinate solidale con il moto della particella di fluido nell'atmosfera (a particella e a traiettoria).
 - **Modelli gaussiani**: suppongono che la dispersione turbolenta possa essere descritta utilizzando un profilo di distribuzione gaussiano. Questo tipo di modello viene spesso utilizzato per stimare le emissioni da fonti industriali.
 - **Modelli euleriani**: approccio classico per trattare il fenomeno di trasporto di massa, calore e quantità di moto; la base è l'equazione differenziale della conservazione della massa o di continuità, che integrata su una griglia spazio-tempo fissa, fornisce la concentrazione dell'inquinante in ogni punto del dominio del calcolo.
-
- **Modelli al recettore (RM)**: ripartiscono la massa misurata di un inquinante atmosferico in un dato sito, chiamato recettore, tra le sue sorgenti utilizzando l'analisi multivariata per risolvere un'equazione di bilancio di massa. Forniscono informazioni derivate dalle misure, comprese le stime dell'incertezza di produzione.

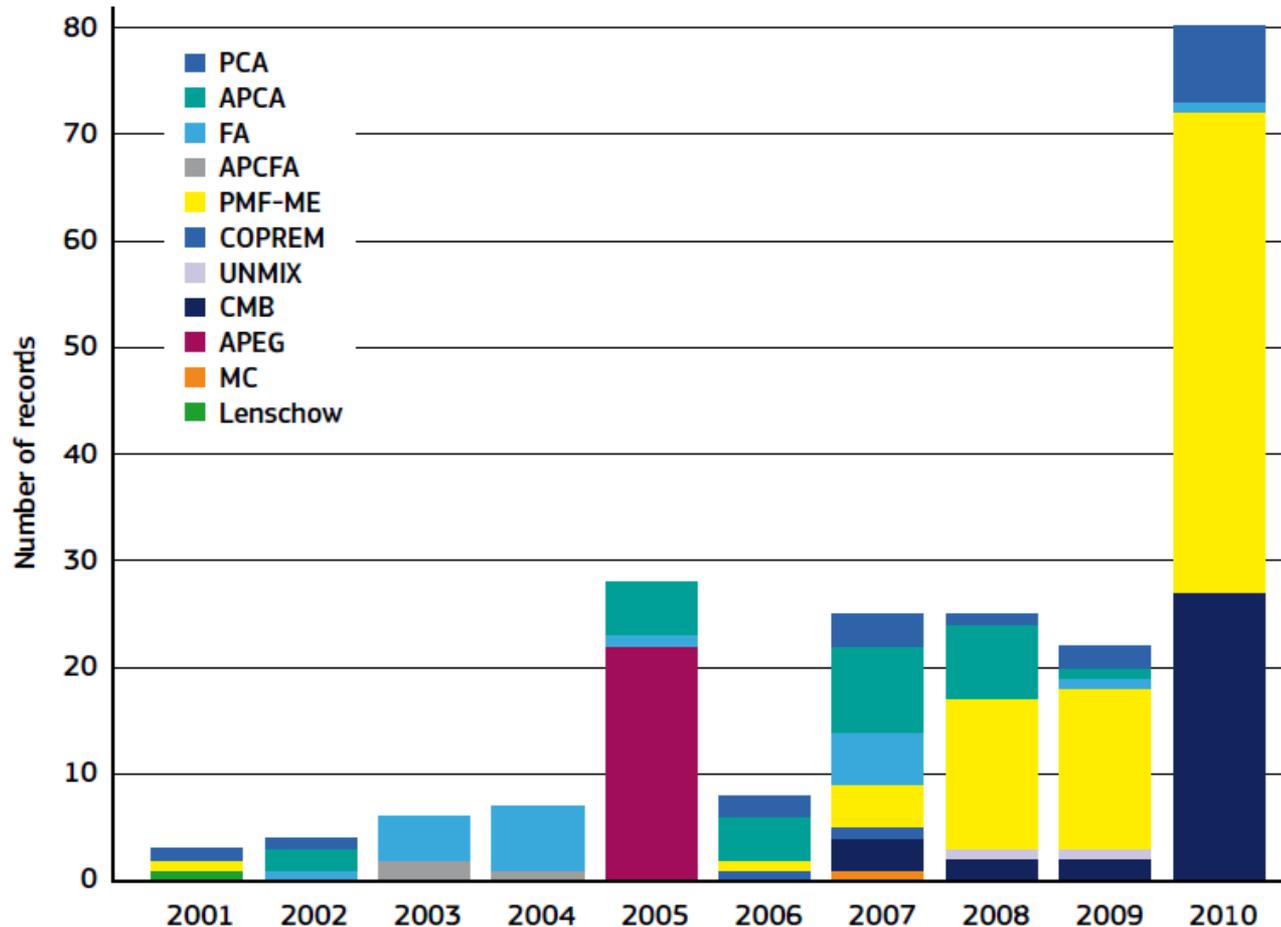
Principali tipologie di RMs (da Viana et al., 2008)

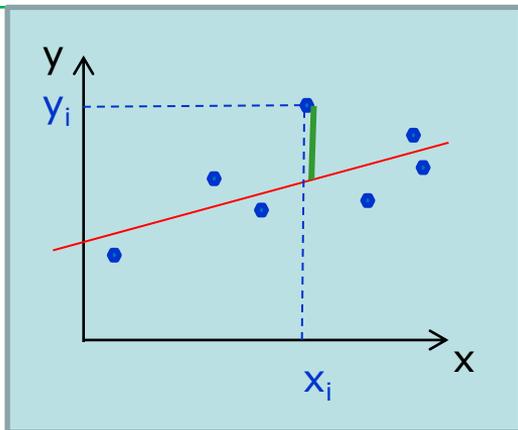
Conoscenze richieste a priori sulle sorgenti per l'applicazione di RMs:



Panoramica degli studi di SA in Europa dal 1987 al 2007 (71 studi). Secondo questo studio, la PCA era il modello più frequentemente utilizzato fino al 2005 (il 30% degli studi), seguito dall'approccio "Lenschow", o approccio a concentrazioni incrementali (11%) e dall'analisi back-traiettorica (11%). Dal 2006 in poi è stato osservato un aumento nell'uso del PMF (13%) e dell'analisi del bilancio di massa dei componenti chimici (19%).

Time-trend degli studi di RMs in Europa tra il 2001 e il 2010 (da Karagulian & Belis, 2012)





levoglucosano quale marker della combustione di biomassa, è un ottimo criterio per la separazione del K, del B(a)P, dell'EC e dell'OC nelle particelle legate alla combustione di biomassa la seconda ad altro.

Metodo della regressione lineare

Dati n numeri x_i, y_i con $i=1, \dots, n$ si intende trovare l'equazione della retta di punti che minimizza la somma S degli scarti al quadrato tra i valori osservati y_i e quelli previsti dalla retta in corrispondenza dei valori x_i della variabile

- Se l'equazione della retta ha forma $y=mx+q$ la somma S è data da:

$$S = \sum_i^n [y_i - (mx_i + q)]^2$$

Coeff. Angolare m è t.c.

$$\frac{\partial S}{\partial m} = -2 \sum_i^n (y_i - mx_i - q)x_i = 0$$

Intercetta q è t.c.

$$\frac{\partial S}{\partial q} = -2 \sum_i^n (y_i - mx_i - q) = 0$$



$$\begin{cases} m = \frac{(\overline{x \cdot y} - \bar{x}\bar{y})}{(\overline{x^2} - \bar{x}^2)} \\ q = \bar{y} - m\bar{x} \end{cases}$$

In pratica:

- L'algoritmo in generale ricostruisce la concentrazione di un composto Y nell'i-esimo giorno partendo dalla sua concentrazione misurata, attraverso la combinazione lineare delle sue due componenti X_1 e X_2 rispettivamente indicatrici della combustione di biomassa (BB) e non (nonBB)

$$Y_i = Y_{i,nonBB} + Y_{i,BB} = \alpha * X_{1,i} + \beta * X_{2,i}$$

- I parametri alfa e beta sono stimati minimizzando la somma S degli scarti quadratici tra la concentrazione totale misurata del composto Y e il composto Y stesso stimato come somma di due componenti.

$$S = \sum_i^n [y_i - \alpha * X_{1,i} - \beta * X_{2,i}]^2$$

- Ciascuna componente viene quindi determinata con uno scarto corrispondente alla ripartizione tra la misura e la stima del composto stesso, proporzionalmente ripartito nelle due componenti.
- Applicando questo algoritmo al potassio, esso è riconducibile ad una componente dovuta al risollevarimento ed una alla combustione di biomassa; pertanto la formula precedente diventa:

$$K_i = K_{i,terr} + K_{i,BB} = \alpha * Si_i + \beta * Levo_i$$

Crostale

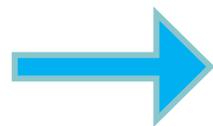
Comb. biomassa

Applicazione al PM2.5 di MI-Pascal, anno 2013

$$\begin{cases} Y = K \\ X_1 = Si \\ X_2 = Levo \end{cases}$$

β	α	q	0.116	1.136	0
dev.st(β)	dev.st(α)		0.036	0.065	
R^2	dev.st(y)		0.880	0.169	
F	dF		267	73	
SQ_{reg}	SQ_{res}		15.3	2.1	

$$\alpha > \beta$$



Il potassio è maggiormente legato alla risospensione!



$$K = 1.136 * Si + 0.116 * Levoglucosano$$

Applicazione al PM2.5 di MI-Pascal, anno 2013

$$\begin{cases} Y = B(a)P \\ X_1 = Si \\ X_2 = Levo \end{cases}$$

β	α	q	1.171	0.023	0
dev.st(β)	dev.st(α)		0.066	0.131	
R2	dev.st(y)		0.861	0.365	
F	dF		214	69	
SQreg	SQres		57	9	

Testato anche Zn al posto di Si: stesse performances.

$\alpha < \beta$  Il B(a)P è maggiormente legato alla BB!

 **$B(a)P = 0.023 * Si + 1.171 * Levoglucosano$**

Principali algoritmi RMs (da Belis et al., 2013)

Type	Examples
Exploratory methods	Enrichment factor, tracer method, incremental approach
Chemical Mass Balance	EPA CMB 8.2
Eigenvector-based models	PCA, UNMIX
Factor analysis without constraints	FA, APCFA
Positive matrix factorization	PMF2, EPA PMF v3
Hybrid trajectory-based models	CPF, PSCF
Hybrid expanded models	PMF solved with ME-2, COPREM

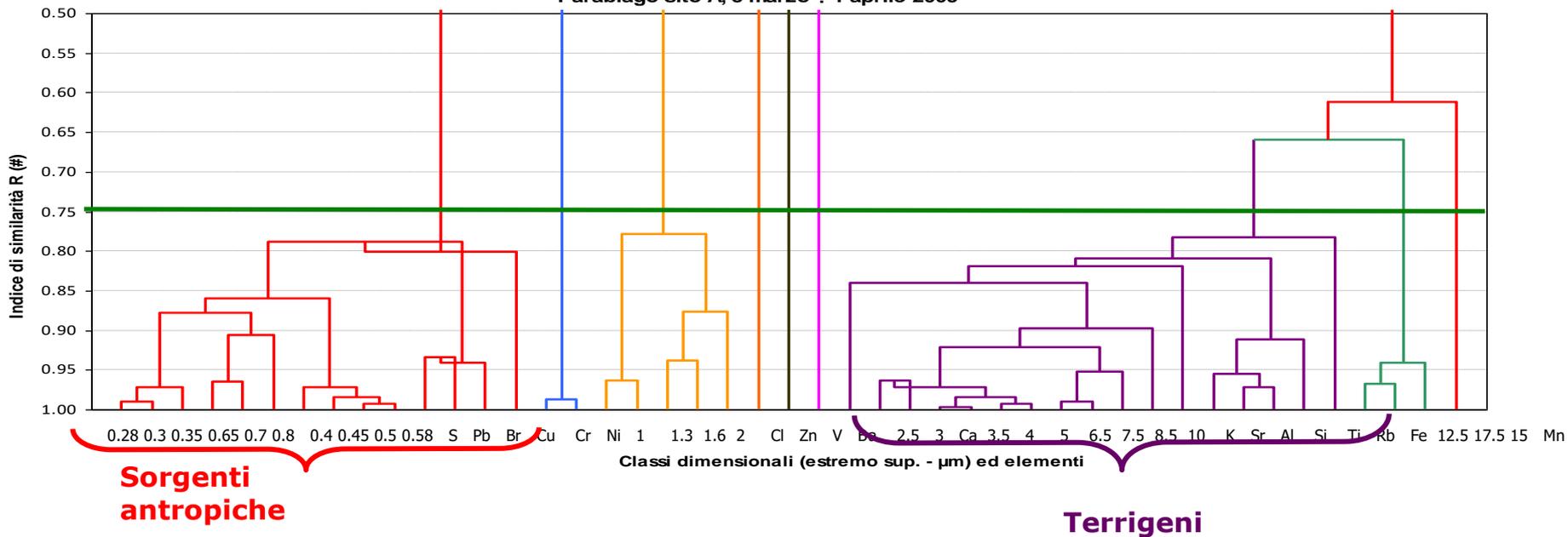
Sorgenti/fattori tipici:

- Sorgenti di traffico: caratterizzate da C, Fe, Ba, Zn, Cu + (spesso) polveri stradali;
- Fonti minerali/crostali: con Al, Si, Ca, Fe come componenti distintivi;
- Spray marino e fonti marine: associate a concentrazioni elevate di Na, Cl, Mg;
- Inquinamento su scala regionale e fonti di inquinamento antropogenico transfrontaliero a grande distanza: ricche di V, Ni, solfato, nitrato, ammonio;
- Combustione di biomassa: marker univoco è il levoglucosano.

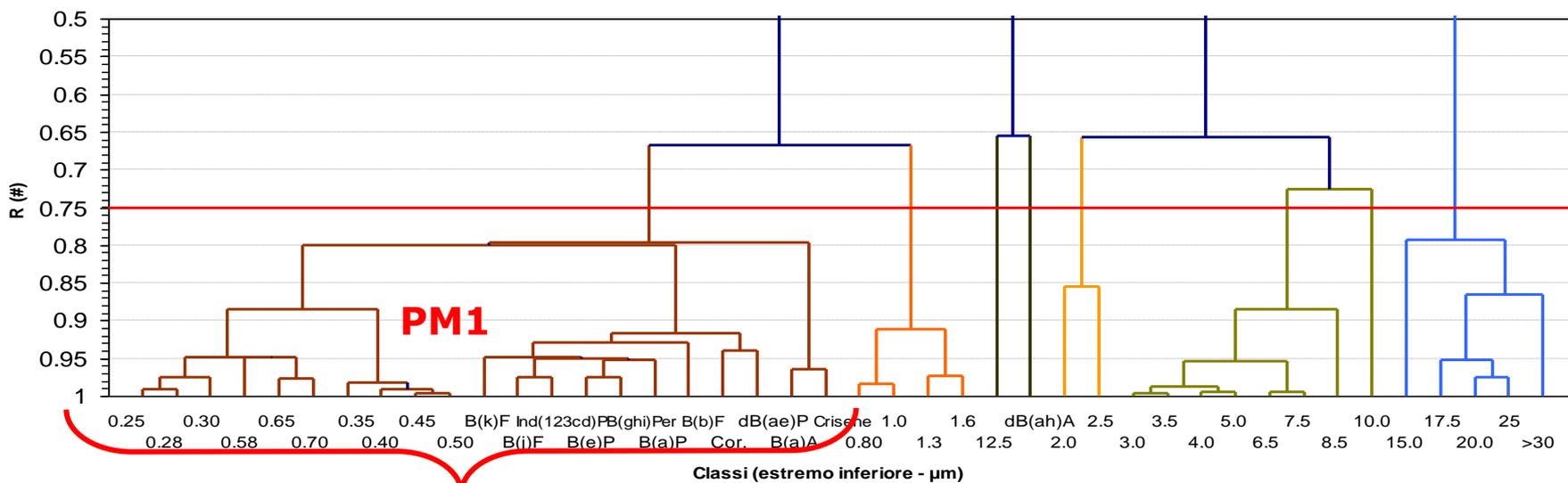
IMPORTANTE:

- 1) gli studi di SA dovrebbero essere pianificati in anticipo in base alla domanda a cui si deve rispondere (**obiettivo**).
[ad esempio: Kim Oanh et al. (2009), Johnson et al. (2011), Watson et al. (2002) e Watson et al. (2008)]
- 2) opportuno **selezionare** il tipo di modello nelle prime fasi del processo di pianificazione in quanto il tipo di informazioni da raccogliere dipende dalle variabili di input del modello, ad esempio:
 - CMB richiede come input i profili di origine locale;
 - PCA e l'analisi fattoriale non richiedono come input i profili di sorgente ma richiedono un'ottima conoscenza dell'area di studio al fine di essere in grado di interpretare i fattori di output in termini di categorie di fonti;
 - PMF e CMB richiedono una stima dell'incertezza per ogni inserimento di dati;
 - i modelli avanzati elaborano anche altri tipi di dati: ad es. variabili meteorologiche, traiettorie, giorno della settimana, distribuzione delle dimensioni.
- 3) lo sviluppo e la disponibilità di strumenti per misurare le **proprietà ottiche** dell'aerosol (diffusione e assorbimento della luce) e la sua **distribuzione dimensionale**, ha portato a studi in cui questa informazione è combinata con la composizione chimica per vincolare meglio le fonti sul base delle loro proprietà e dei processi che gli inquinanti subiscono nell'atmosfera. Concentrazioni di massa o concentrazioni numeriche possono essere usate come specie insieme a specie chimiche (ad esempio Gu et al., 2011, Pere-Trepat et al., 2007; Pey et al., 2009; Zhou et al., 2005). Ad esempio, Ogulei et al. (2006) riporta che i nitrati sono associati a particelle più grandi di quelle associate ai solfati; particelle ultrafini (UFP) sono associate agli scarichi di benzina e diesel ma non alla combustione della vegetazione.

Analisi a cluster delle concentrazioni di massa relative ed elementali relative
Parabiago sito A; 5 marzo ÷ 1 aprile 2009

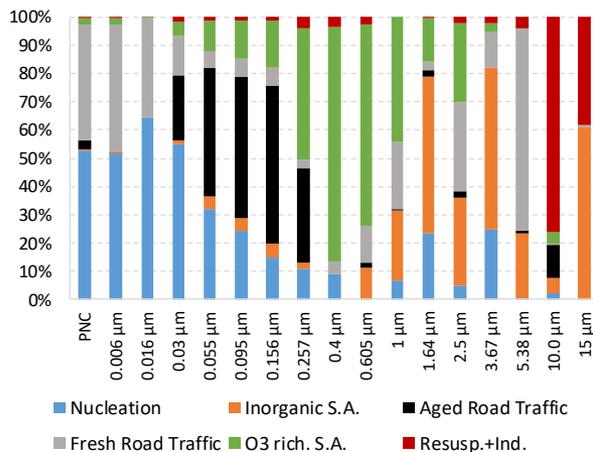


Dendrogramma Cnum e IPA relative
Parabiago sito A; 5 marzo ÷ 1 aprile 2009

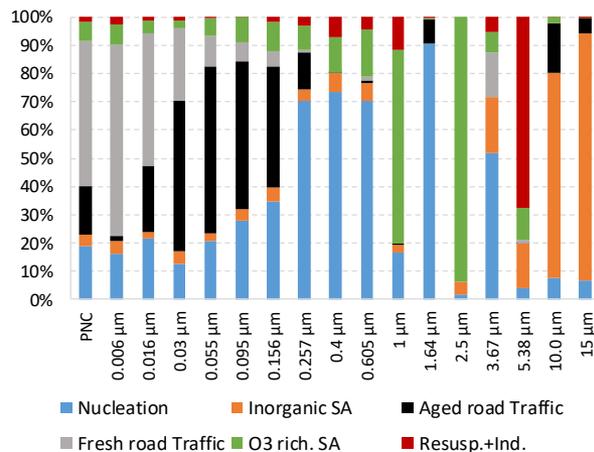


Ad esempio: PMF5 su concentrazioni numeriche

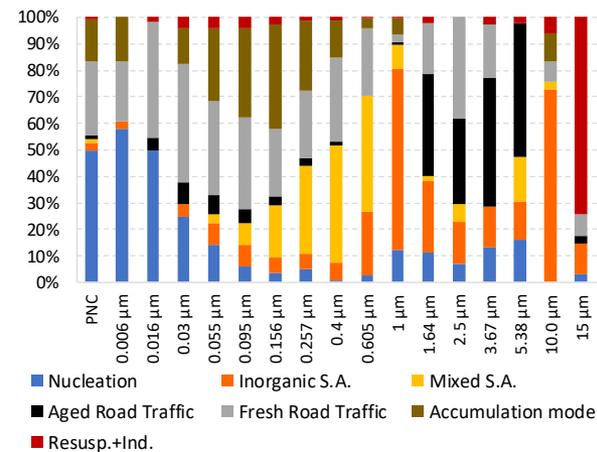
Punto 1 Estiva - Fingerprint dei fattori



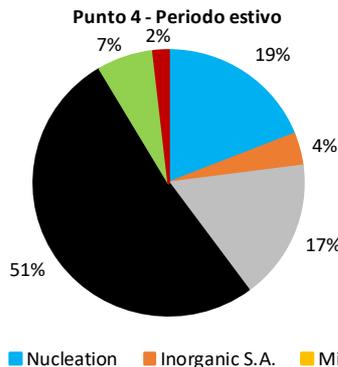
Punto 4 Estiva - Fingerprint dei fattori



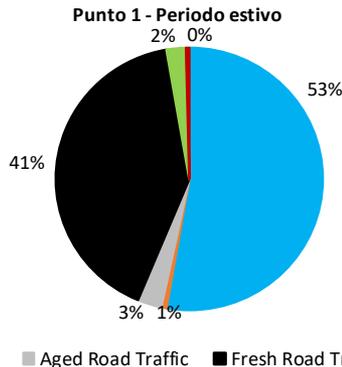
Punto 1 Invernale - Fingerprint dei fattori



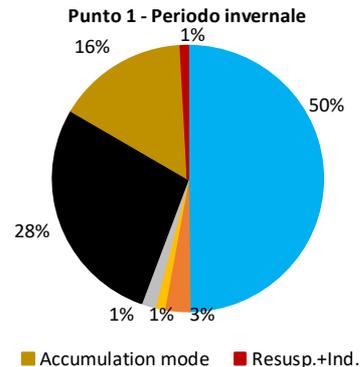
Contributo dei fattori al PNC



Contributo dei fattori al PNC



Contributo dei fattori al PNC



- A cosa servono i modelli al recettore?

Mettere in relazione le sorgenti di emissione con la qualità dell'aria ambiente



- Quanto contribuisce ciascuna delle possibili sorgenti emissive presenti nella zona alle concentrazioni che si misurano in atmosfera?

SOURCE APPORTIONMENT

Lo scopo di un modello a recettore è quello di assegnare il particolato misurato in ambiente alle diverse sorgenti da cui proviene, applicando opportune tecniche statistiche ai dati raccolti in un certo sito di misura.

- 1) impatti potenziali
- 2) contributi
- 3) incrementi

1) Impatti potenziali

Cambiamenti di concentrazione derivanti da cambiamenti di emissione. Sono meglio calcolati con modelli, che possono essere di diversi tipi: gaussiano, lagrangiano, euleriano o modelli semplificati sorgente-recettore basati su uno qualsiasi di questi.

Metodo: denominato "forza bruta", "analisi di sensibilità" o "metodo perturbativo".

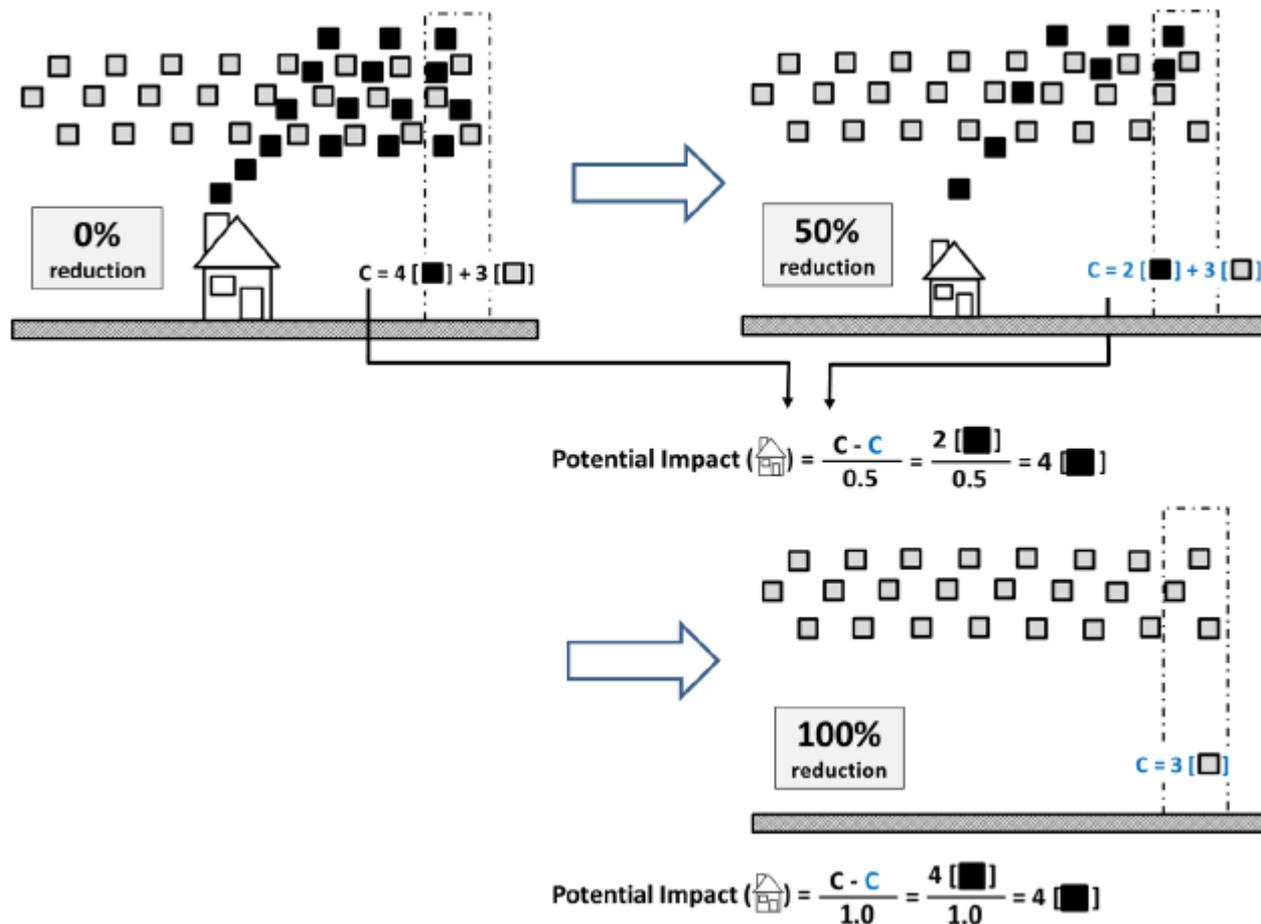
L'impatto potenziale di una sorgente specifica è la differenza tra una simulazione del *base case* (con emissioni complete) e una simulazione in cui le emissioni della sorgente sono ridotte di un fattore α , diviso per α , ovvero:

$$\text{Impatto potenziale} = \frac{\Delta C(\alpha)}{\alpha}$$

Se $\alpha=1$ significa pieno impatto.

La divisione per il fattore α è un mezzo per estrapolare virtualmente l'impatto derivante da qualsiasi riduzione percentuale delle emissioni al 100%, da qui il suo nome "impatto potenziale".

Impatto potenziale



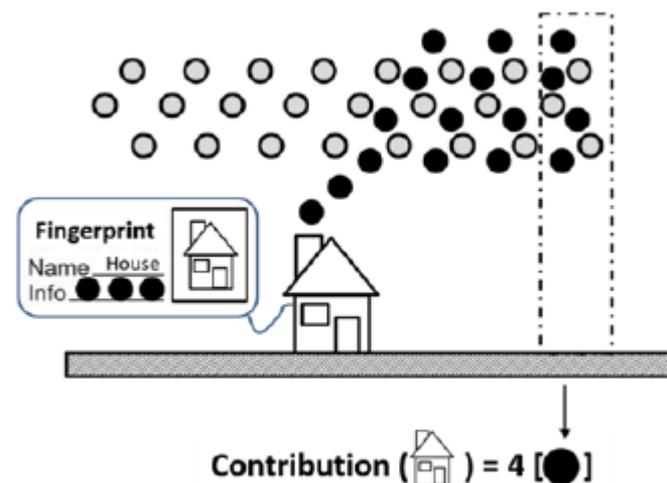
Source apportionment to support air quality management practices, A fitness-for-purpose guide (V 3.1), EUR30263,

2) Contributi

I contributi possono essere calcolati sia a partire dalle misure (tramite modelli orientati al recettore) sia a partire dai risultati del modello (modelli orientati alla sorgente).

I metodi che erogano i contributi sono indicati come "Trasferimento di massa" (Thunis et al. 2019).

Per i modelli al recettore, le informazioni sul tipo di emissioni dalla sorgente sono note e possono essere utilizzate per identificare il contributo della sorgente nella concentrazione finale, sottovento alla sorgente. Questo approccio si basa su misure (cerchi pieni) ed è applicato principalmente ai COV e al particolato.



Source apportionment to support air quality management practices, A fitness-for-purpose guide (V 3.1), EUR30263,

I contributi corrispondono alla massa di un inquinante trasferita dalle sorgenti di emissione alle concentrazioni ambientali.

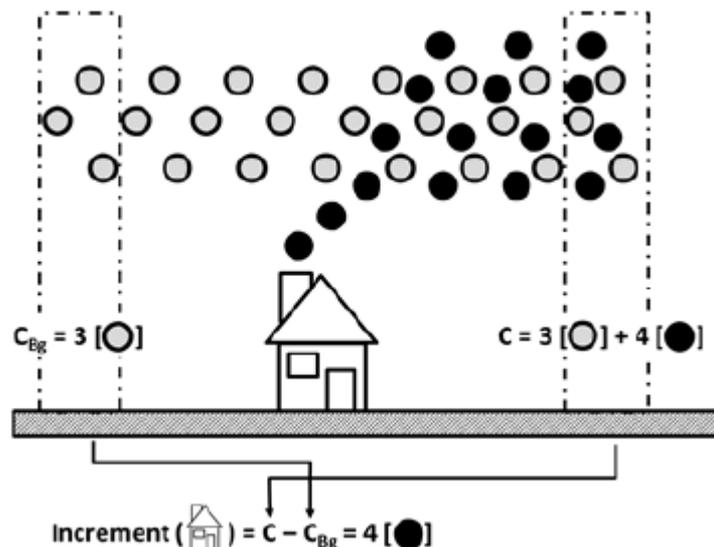
3) Incrementi

L'approccio incrementale mette in relazione un'emissione da una sorgente alla concentrazione in un dato recettore differenziando la concentrazione nel recettore e la concentrazione in un luogo vicino che non è influenzato dalla sorgente.

Gli incrementi vengono spesso calcolati utilizzando le misure.

Il metodo per calcolare gli incrementi, spesso indicato come "Lenschow" è indicato come "Incrementale". Il metodo è generalmente applicato al particolato ma può essere applicato a qualsiasi inquinante.

Gli incrementi si basano sui gradienti spaziali di concentrazione e sono calcolati come differenza tra le concentrazioni in due posizioni specifiche (una influenzata dalla sorgente, l'altra no).



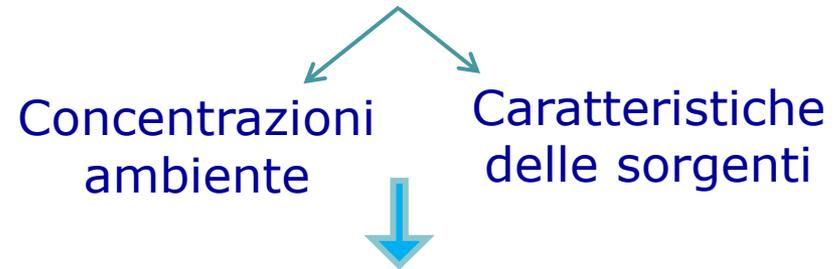
Source apportionment to support air quality management practices, A fitness-for-purpose guide (V 3.1), EUR30263,

Sono di tipo **diagnostico**: stimano l'impatto di varie sorgenti emissive in un sito, sulla base di misure (concentrazioni, caratteristiche chimiche e fisiche dell'inquinante e, in alcuni casi, del profilo chimico che caratterizza ogni sorgente di emissione)

- **Descrivono** la situazione misurata e non possono fornire una previsione del futuro (no scenari, ma possono essere usati a posteriori per controllare l'efficacia di interventi di riduzione).
- Sono strettamente legati alle **misure** e non possono essere utilizzati senza dati misurati.
- Le **variabili dipendenti** (concentrazioni) e alcune variabili indipendenti (profili di speciazione chimica delle sorgenti, in alcuni casi) sono misurate, le restanti **variabili indipendenti** vengono calcolate.

Modelli a recettore (VOC e PM)

Note

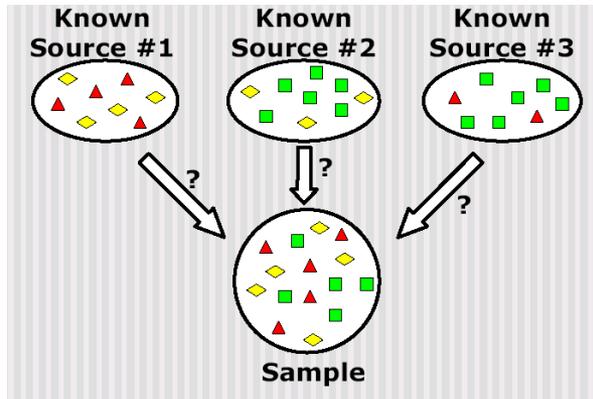


Usando le concentrazioni misurate come input, calcola i contributi delle sorgenti

profilo chimico della sorgente

la frazione di ogni specie chimica nelle emissioni di una data sorgente o categoria di sorgenti

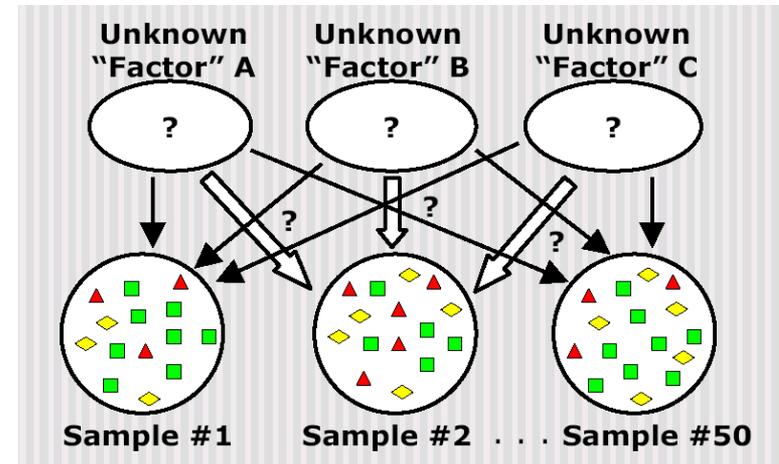
Modelli a singolo campione



Analisi effettuata indipendentemente su ogni singolo campione

CMB

Modelli multivariati



Analisi effettuata su una matrice di dati ambientali

PCA
UNMIX
PMF

Dal punto di vista matematico, la CMB può essere eseguita con un solo campione, anche se, nella pratica, sono necessari molti campioni per ottenere risultati rappresentativi della varietà di condizioni nell'area di studio, compresa la variabilità delle fonti nel tempo.

Al contrario, le tecniche multivariate funzionano correttamente **solo** con un **numero elevato** di campioni come input:

- Secondo la Guida dell'utente di EPA PMF3 (Norris et al., 2008), questo metodo viene spesso utilizzato su dataset PM2.5 con oltre 100 campioni.
- Brown&Hafner (2005) raccomandano almeno 100 campioni di dati di 24 ore di almeno 20 specie.
- Johnson et al. (2001) affermano che sono richiesti almeno 50 campioni ambientali caratterizzati chimicamente per l'esecuzione di modelli multivariati.
- Secondo Henry et al. (1984), il numero minimo di campioni (N) è quello che produce un rapporto tra gradi di libertà (D) e numero di variabili (V) che è superiore a 60, mentre l'ottimale è uno che porta a valori superiori a 100, secondo la seguente equazione:

$$D / V = N - (V / 2 - 1.5)$$

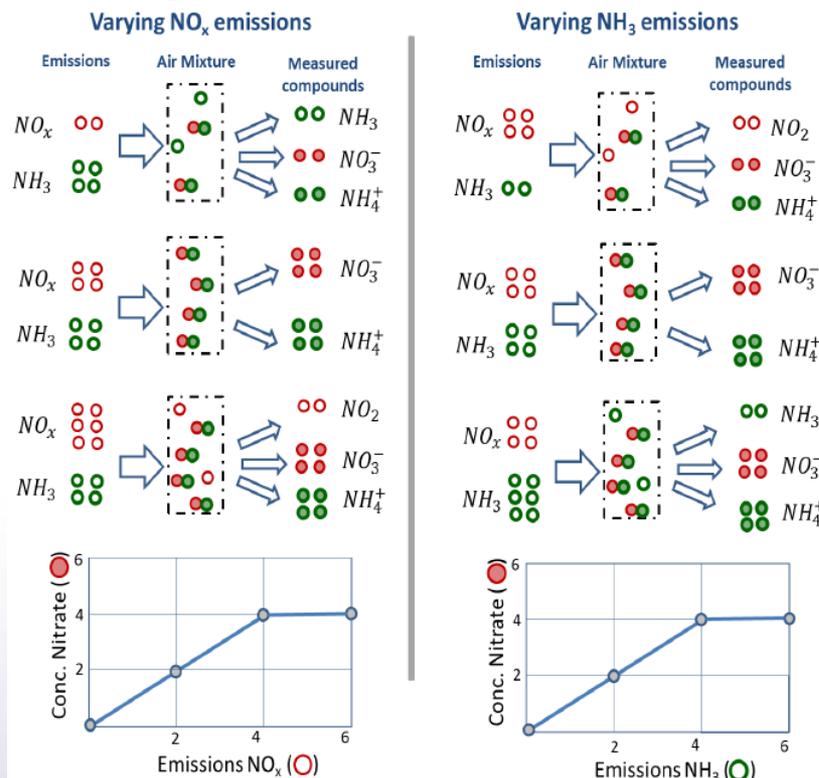
- Thurston e Spengler (1985) propongono che il numero di campioni superi il numero di variabili di almeno un fattore tre.

Indipendentemente dall'approccio di SA utilizzato, è importante distinguere le specie che si comportano in modo lineare da quelle che non lo fanno.

Linearità: un composto atmosferico si comporta in modo lineare quando la concentrazione di quel composto si riferisce linearmente alla forza delle sorgenti di emissione.

Non-Linearità: es. formazione del PM secondario.

Effetto diretto/indiretto: in letteratura, la dipendenza di una specie chimica di PM (ad es. NO_3^-) dal suo precursore diretto (NO_2) è spesso indicata come un effetto diretto mentre la sua dipendenza da altri precursori (ad es. NH_3) è indicata come un effetto indiretto.



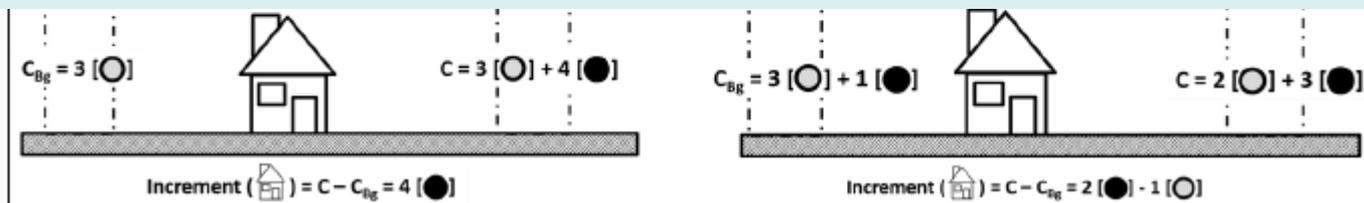
Source apportionment to support air quality management practices, A fitness-for-purpose guide (V 3.1), EUR30263,

Proprietà dei metodi di SA:

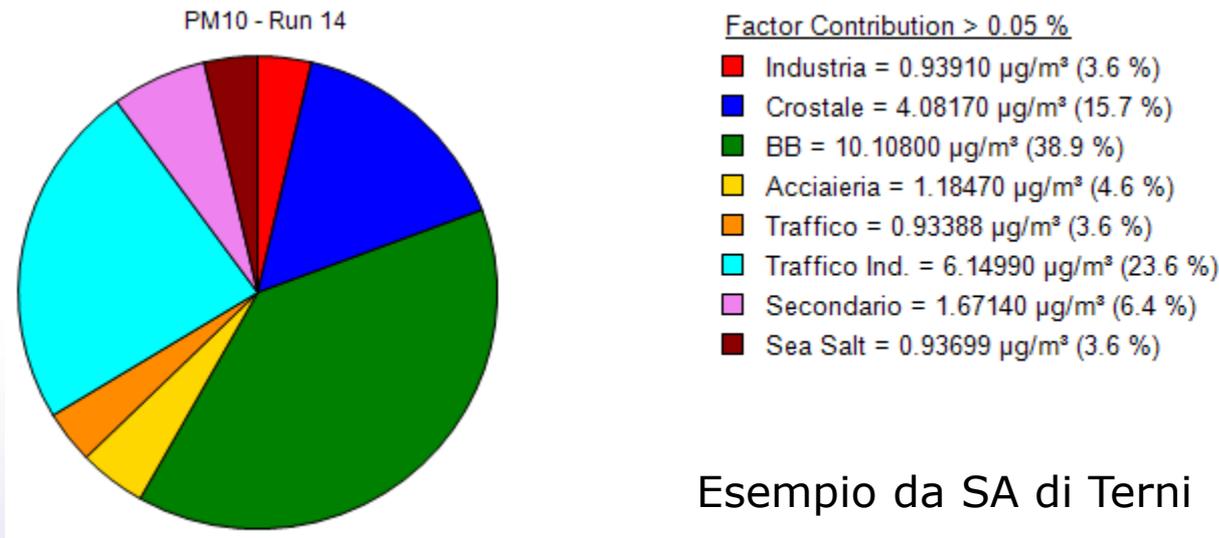
- 1) Univocità: un approccio di SA è univoco quando ogni componente (della concentrazione) si riferisce esplicitamente ad 1! fonte.
- 2) Additività: la somma delle singole componenti di SA (C) è uguale alla componente combinata (tutte le fonti contemporaneamente). In altre parole, per due sorgenti A e B: $C_{AB} = C_A + C_B$.
- 3) Dinamicità: un approccio di SA è dinamico quando i suoi componenti riflettono l'influenza dei cambiamenti nell'emissione sulla concentrazione al recettore.



I contributi dei recettori sono basati su misure, additivi e non ambigui per costruzione. L'approccio è limitato alle specie lineari quindi la dinamicità è assicurata ma limitata a queste specie lineari



I risultati della ripartizione delle fonti sono generalmente riportati in termini di un grafico a torta in cui le varie fonti sono espresse come percentuale della massa totale. Quando il metodo di ripartizione della fonte è additivo e coerente e le specie si comportano in modo lineare, il grafico a torta è estremamente facile da usare per stimare la variazione di concentrazione risultante da una riduzione delle emissioni. La percentuale di riduzione delle emissioni può essere semplicemente moltiplicata per la quota percentuale della sorgente da ridurre per dedurre questa variazione di concentrazione. Ad esempio, la variazione di concentrazione risultante da una riduzione del 50% della sorgente 2 sarà pari a $50\% \times 15.7\% = 7.85\%$.



Dalla concentrazione osservata, i contributi del recettore sono ottenuti secondo le seguenti regole:

- 1) I modelli di recettori ripartiscono la massa di un inquinante atmosferico sulla base di misure.
- 2) Per i composti emessi da una sorgente che ha un'unica origine spaziale e settoriale, la ripartizione è diretta e può essere effettuata direttamente dalla misura prima dell'applicazione del modello del recettore.
- 3) I contributi al recettore sono limitati alla ripartizione della frazione lineare della massa. Ciò implica che il nitrato, il solfato e altri componenti secondari sono riportati solo come concentrazioni e pertanto non sono ripartiti a una fonte ben identificata.
- 4) I contributi al recettore distinguono le origini settoriali di un composto simile emesso da fonti diverse (differenza tra traffico di fondo e residenziale).
- 5) Nel caso di sorgenti che non modificano le proprie caratteristiche nello spazio e nel tempo, i contributi al recettore non distinguono tra background e locale.

Tuttavia, i modelli al recettore sono in qualche modo in grado di “ripartire” alcuni tipi di composti secondari non lineari (es. classi di aerosol organici - OA) indirettamente tramite altri composti correlati (es. traccianti) o tramite le loro proprietà (es. analisi del loro grado di ossidazione o di correlazione con marcatori molecolari di diversa provenienza). Questo metodo consente di etichettarli rispetto alla loro origine (ad es. materia organica da combustibili fossili vs biomassa vs emissioni biogeniche). Sebbene non lineari rispetto ai loro precursori di emissione, tali composti, possono quindi essere comunque “apporzionati”.

1- Concetto di Source Apportionment e tecniche più diffuse

2- Chemical Mass Balance

Cristina Colombi – ARPA Lombardia

GIORNATE DI STUDIO

LA CARATTERIZZAZIONE CHIMICA DEL PARTICOLATO ATMOSFERICO

V EDIZIONE

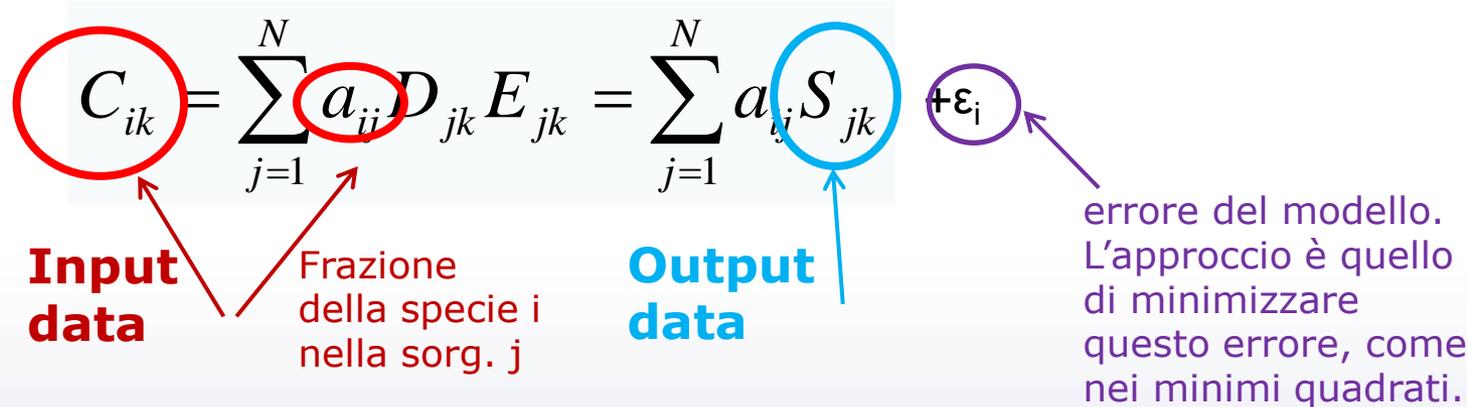
Terni, 21-22 Novembre 2022



U.S. E.P.A., 2004a. EPA-CMB8.2 Users Manual. EPA-452/R-04-011, Office of Air Quality Planning and Standards, U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC

Principio fondamentale: **conservazione della massa**

- **Ipotesi di base:** la concentrazione osservata è data dalla somma dei contributi separati di un certo numero di sorgenti indipendenti tra loro.
- **Matematicamente,** la concentrazione C di particolato misurata nel punto recettore può essere espressa come:

$$C_{ik} = \sum_{j=1}^N a_{ij} D_{jk} E_{jk} = \sum_{j=1}^N a_{ij} S_{jk} + \varepsilon_i$$


Input data

Frazione della specie i nella sorg. j

Output data

errore del modello. L'approccio è quello di minimizzare questo errore, come nei minimi quadrati.

Si ha un sistema di equazioni lineari, risolvibile con il metodo dei minimi quadrati.

Però i diversi elementi hanno concentrazioni che possono differire di qualche ordine di grandezza (dai $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ai ng/m^3)  Minimi quadrati pesati (Watson, 1984).

Approccio dell'algoritmo base di CMB:

- La soluzione viene cercata con il metodo dei minimi quadrati minimizzando l'espressione:

$$S = \sum_{i=1}^I \frac{\left(C_i - \sum_{j=1}^J a_{ij} * S_j \right)^2}{\sigma_{C_i}^2 + \sum_{j=1}^J S_j^2 * \sigma_{a_{i,j}}^2}$$

dove I è il numero di componenti considerate

....attraverso l'applicazione di diverse metodiche:

- Il metodo dei traccianti (*Miller et al., 1972*)
- Soluzione regressione lineare (*Houglund, 1983*)
- Soluzione con il metodo dei minimi quadrati pesati (con o senza intercetta) (*Friedlander, 1973; Gartrell e Friedlander, 1975*)
- Soluzione della «ridge regression» con il metodo dei minimi quadrati pesati (con o senza intercetta) (*Williamson e DuBose, 1983*)
- **Soluzione della effettiva varianza mediante il metodo dei minimi quadrati (*Watson et al., 1984*)**
-

- 1) fornisce le soluzioni più probabili alle equazioni della CMB, fornendo ipotesi sui modelli soddisfatte;
- 2) utilizza tutte le misure chimiche disponibili, non solo le cosiddette specie "traccianti";
- 3) Analiticamente stima l'incertezza dei contributi alla fonte in base all'incertezza di concentrazioni e profili di sorgente;
- 4) dà maggiore influenza alle specie chimiche con minore incertezza sia nelle misure di sorgente che di recettore rispetto alle specie con più alto incertezza.

La varianza effettiva è una semplificazione di una più esatta, ma meno pratica, soluzione di minimi quadrati generalizzata proposta da Britt e Luecke (1973).

Soluzione con il metodo dei minimi quadrati pesati con la varianza effettiva:

Si adotta un approccio matematico che considera l'incertezza sulle misure dei profili delle sorgenti e l'incertezza analitica sulle concentrazioni ambientali.

Inoltre è stato sviluppato un metodo che consente di calcolare le incertezze sui contributi delle sorgenti.

I pesi sono dati da (**varianza effettiva**):

$$(w_e)_{ii} = \frac{1}{\sigma_i^2 + \sum_{k=1}^p \sigma_{ik}^2 S_k^2}$$

Dove:

σ_i = incertezza sulla misura della concentrazione ambientale C_i

σ_{ik} = incertezza sulla frazione della specie i nelle emissioni della sorgente k

Riassumendo.....

La tecnica matematica utilizzata dal modello CMB consiste nel risolvere un insieme di equazioni lineari che esprime la concentrazione di ogni specie chimica al recettore come la somma lineare dei prodotti dei profili della sorgente e del recettore **usando il metodo dei minimi quadrati, pesato con la varianza effettiva**

L'algoritmo per la soluzione è una procedura iterativa che calcola ogni volta i nuovi valori di S_j basandosi sui valori di S_j calcolati nella iterazione precedente.

Il processo iterativo viene terminato quando la differenza tra due iterazioni successive è minore dell' 1%.

Ipotesi di base del CMB:

- 1) La composizione delle emissioni di una data sorgente è **costante**: non cambia nel percorso tra la sorgente (dove è definito il profilo) e il recettore e non cambia durante il periodo di campionamento.
- 2) Le specie chimiche **non reagiscono** tra di loro, e non si formano durante il trasporto in atmosfera. Può essere un'approssimazione grossolana. (***e il secondario??***).
- 3) **Tutte le sorgenti** che contribuiscono in modo significativo alle concentrazioni misurate sono state **identificate** e le loro emissioni ben **caratterizzate**. Sono in genere trascurati i contributi minori, le sorgenti che contribuiscono poco. Sono noti i profili chimici di tutte le sorgenti importanti.
- 4) Il numero di sorgenti, o categorie di sorgenti (N) è inferiore al numero di specie chimiche misurate (m). Numero di gradi di libertà: **$m-N > 0$** . Maggiore è la differenza, migliore la situazione.
- 5) I **profili** delle sorgenti sono **linearmente indipendenti** tra loro. Se ci sono sorgenti con profili chimici simili, il modello non è in grado di distinguerli (problema della ***collinearità***), potrebbe essere necessario raggrupparle.



Limiti: ipotesi mai verificate!!

In pratica,

- ✓ le emissioni non mantengono una composizione costante nel periodo della misura (possono variare in base al processo, ai carichi, ai cicli produttivi...);
- ✓ le diverse specie chimiche possono reagire tra loro e i sistemi di equazioni non sono lineari;
- ✓ è praticamente impossibile sapere esattamente quante e quali sorgenti contribuiscono alle concentrazioni misurate;
- ✓ molte sorgenti hanno composizioni simili.

Di fatto, anche se le ipotesi di base sono piuttosto restrittive e non sono mai esattamente rispettate nella pratica, CMB è in grado di tollerare certe deviazioni rispetto a queste ipotesi, pagandone il prezzo con una maggiore incertezza sui risultati.

Perché i contributi di due diverse sorgenti possano essere distinti è necessario che i profili chimici delle emissioni delle due sorgenti siano sufficientemente diversi tra loro.



Sorgenti facilmente distinguibili



**Errore dovuto a
 collinearità molto piccolo**

Sorgenti con elevata collinearità



**Modello non può
 distinguere contributi
 Errore elevato**

- I profili di composizione in generale cambiano tra il punto di emissione e quello di campionamento.
- CMB ha difficoltà a rendere conto dei cambiamenti dovuti alle reazioni fotochimiche. Impossibilità di riconoscere effettivamente il «PM secondario».

Approccio di CMB: isola le «sorgenti» ammonio nitrato e ammonio solfato (e volendo i composti organici) attraverso la stechiometria (*Watson et al., 2004*)



Rischio: possibile sovrastima!!

Pros

- Tecnica approvata dall'EPA
- Non richiede un numero elevato di campioni (ne basta UNO)
- Software facilmente disponibile (scaricabile da sito internet della US-EPA)
- Apparente semplicità applicativa

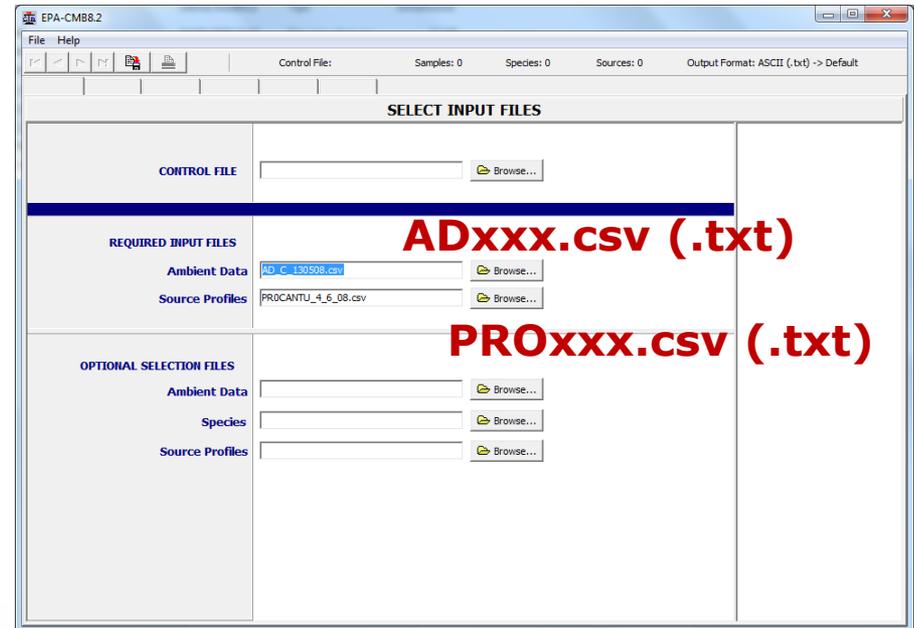
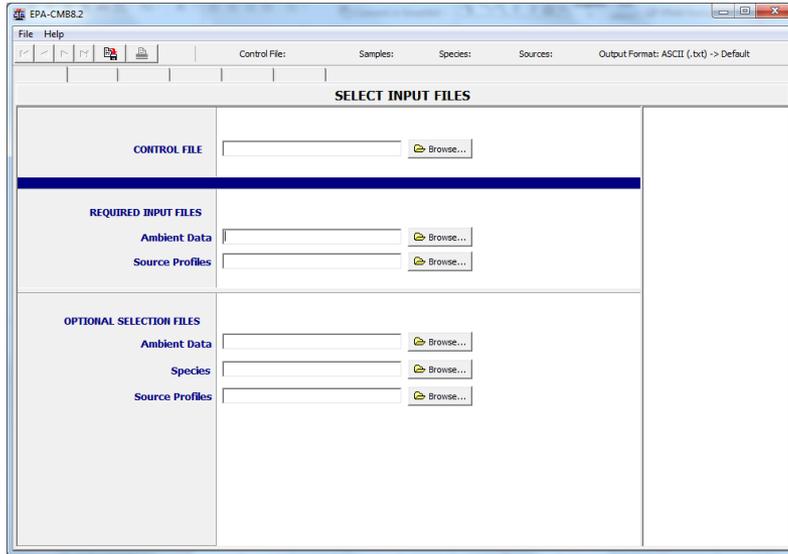
Cons

- Richiede che si conoscano il numero e le caratteristiche delle sorgenti
- I risultati sono facilmente affetti da errore se si usano profili di sorgenti non adatti
- Problema del trattamento del particolato secondario
- Non è in grado di distinguere sorgenti collineari. Il modello riconosce e segnala la collinearità ma non è in grado di gestirla matematicamente

Protocollo per l'applicazione e la validazione di CMB

1. Valutare l'applicabilità in senso generale.
2. Valutare i tipi di sorgenti, preparare profili di sorgenti, concentrazione delle specie chimiche al recettore.
3. Esaminare i parametri statistici del modello e i messaggi diagnostici.
4. Determinare la validità delle ipotesi di base del modello.
5. Modificare la configurazione di input per ottenere una migliore osservanza delle ipotesi del modello.
6. Valutare la consistenza e la stabilità dei risultati del modello.
7. Valutare la validità dei risultati del modello.

- Profili chimici delle sorgenti di interesse, espressi come la frazione di ogni specie chimica nelle emissioni di una sorgente
- Concentrazioni in ambiente dell'inquinante da studiare (PM_x, VOC, ...)
- Concentrazioni in ambiente delle stesse specie chimiche individuate nelle emissioni
- Stima delle incertezze sui valori relativi a sorgenti e recettore



The screenshot displays the 'EPA-CMB8.2' software window. The title bar includes 'File' and 'Help' menus. The status bar shows 'Control File:', 'Samples: 0', 'Species: 0', 'Sources: 0', and 'Output Format: ASCII (.txt) -> Default'. The main area is titled 'SET OPTIONS FOR CURRENT SESSION' and contains the following settings:

- Iteration Delta:** 20
- Maximum Source Uncertainty (%):** 20
- Minimum Source Projection:** 0.95
- Decimal Places Displayed:** 5
- Measurement Units:** µg/m³
- Output File Format:** ASCII (.txt) -> Default
- Britt and Luecke:**
- Source Elimination:**
- Best Fit:**
- Fit Measure Weights:**
 - Chi Square: 1.000
 - R Square: 1.000
 - Percent Mass: 1.000
 - Fraction Estimate: 1.000

A 'Reset to Default' button is located on the right side of the dialog box.

CMB8.2: INPUT DATA

EPA-CMB8.2

File Help

Control File: Samples: 0 Species: 0 Sources: 0 Output Format: ASCII (.txt) -> Default

AMBIENT DATA SAMPLES

SELECTED	SITE	DATE	DUR	START	SIZE	TMAC	TMAU	ALXC	ALXU	SIXC	SIXU	SUXC
	MEDIA	01-mar-0	24	0	PM10	53	5.3	0.5583	0.1117	1.805	0.361	1.8085
	2004	01-mar-0	24	0	PM10	45.5	4.6	0.3534	0.0707	1.5139	0.3028	1.1729
	2005	01-mar-0	24	0	PM10	58.4	5.8	0.52	0.104	1.6039	0.3208	2.2837
	2006	01-mar-0	24	0	PM10	45.6	4.6	0.7851	0.157	2.0321	0.4064	1.7368
	2007	01-mar-0	24	0	PM10	69.9	7	0.6999	0.14	1.891	0.3782	1.4719
	SEM_IN	01-mar-0	24	0	PM10	74.4	7.44	0.6442	0.1288	1.9757	0.3951	1.6396
	SEM_EST	01-mar-0	24	0	PM10	34.4	3.44	0.4849	0.097	1.6442	0.3288	1.9676
	INVERNO	02-mar-0	24	0	PM10	82.2695	8.227	0.769	0.1538	2.2314	0.4463	1.5457
	ESTATE	03-mar-0	24	0	PM10	29.9318	2.9932	0.4908	0.0982	1.7021	0.3404	1.5887
	MEDIA_1	01-mar-0	24	0	PM10	53	5.3	0.5583	0.083745	1.805	0.27075	1.8085
	2004_1	01-mar-0	24	0	PM10	45.5	4.6	0.3534	0.05301	1.5139	0.227085	1.1729
	2005_1	01-mar-0	24	0	PM10	58.4	5.8	0.52	0.078	1.6039	0.240585	2.2837
	2006_1	01-mar-0	24	0	PM10	45.6	4.6	0.7851	0.117765	2.0321	0.304815	1.7368
	2007_1	01-mar-0	24	0	PM10	69.9	7	0.6999	0.104985	1.891	0.28365	1.4719
	SEM_IN_1	01-mar-0	24	0	PM10	74.4	7.44	0.6442	0.09663	1.9757	0.296355	1.6396
	SEM_EST_1	01-mar-0	24	0	PM10	34.4	3.44	0.4849	0.072735	1.6442	0.24663	1.9676
	INVERNO_1	02-mar-0	24	0	PM10	82.2695	8.227	0.769	0.11535	2.2314	0.33471	1.5457
	ESTATE_1	03-mar-0	24	0	PM10	29.9318	2.9932	0.4908	0.07362	1.7021	0.255315	1.5887
	SO_inv	01-mar-0	24	0	PM10	7.02116575	0.702116575	0.124784561	0.224956912	0.510044524	0.502008905	0.304618631
	SO_est	02-mar-0	24	0	PM10	35.08668965	3.508668965	0.531250648	0.10625013	0.210886413	0.242177283	0.294977465
	SO_med	03-mar-0	24	0	PM10	0.35969996	0.035969996	0.786534052	0.15730681	0.769664095	0.353932819	0.299124203
	MI_Pascal	03-mar-0	24	0	PM10	51.3	5.13	0.632437289	0.126487458	0.721090262	0.344218052	0.928286524
	MI_Messina	03-mar-0	24	0	PM10	67.9	6.79	0.150546713	0.230109343	0.839573754	0.567914751	0.20387612
	MI_TS	03-mar-0	24	0	PM10	42.4	4.24	0.739750906	0.147950181	0.276228628	0.455245726	0.337285857

Select All Samples

De-select All Samples

View Selected

Hide Data

View Graph

EPA-CMB8.2

File Help

Control File: Samples: 1 Species: 0 Sources: 0 Output Format: ASCII (.txt) -> Default

FITTING SPECIES ARRAYS

SPECIE	SPECIE NAME	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	COMMENT
ALXC												
SIXC												
SUXC												
CLXC												
KPXC												
CAXC												
TIXC												
VAXC												
CRXC												
MINC												
PEXC												
NIXC												
CLXC												
ZNXC												
BRXC												
SRXC												
CDXC												
SNXC												
BAXC												
PEXC												
CL-C												
NOYC												
SOYC												
NHYC												
OCC												
ECC												

Select All Array 1

Clear All Array 1

View Selected

EPA-CMB8.2

File Help

Control File: Samples: 1 Species: 25 Sources: 0 Output Format: ASCII (.txt) -> Default

FITTING SOURCES ARRAYS

PNO	SID	SIZE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	COMMENT
110000	DIES10	PM10											
60003	DIES10_2	PM10											
500001	DIS10E	PM10											
500002	DIS25E	PM10											
110001	BENZ10	PM10											
500003	BENZ_A2	PM10											
500004	BENZ_E	PM10											
110002	TRAF10	PM10											
110003	TUNN10	PM10											
600005	TUNN_C	PM10											
110005	LEGNA_A	PM10											
60002	LEG_A2	PM10											
110013	ORGC10	PM10											
110014	AMSO10	PM10											
110015	AMN10	PM10											
110020	DIEV10	PM10											
131107	LDVC10	PM10											
134008	PNEUM_EF	PM10											
134007	FRE_E	PM10											
160002	PNEUM_H	PM10											
132206	HDIC10	PM10											
700001	PERODI	PM10											
3213	GasolUN75	PM10											
91043	TIREUST	PM10											
91047	LAVLEGNO	PM10											
900082	metal1	PM10											
257012	metal2	PM10											
257022	metal3	PM10											

AL

Select All Array 1

Clear All Array 1

View Selected

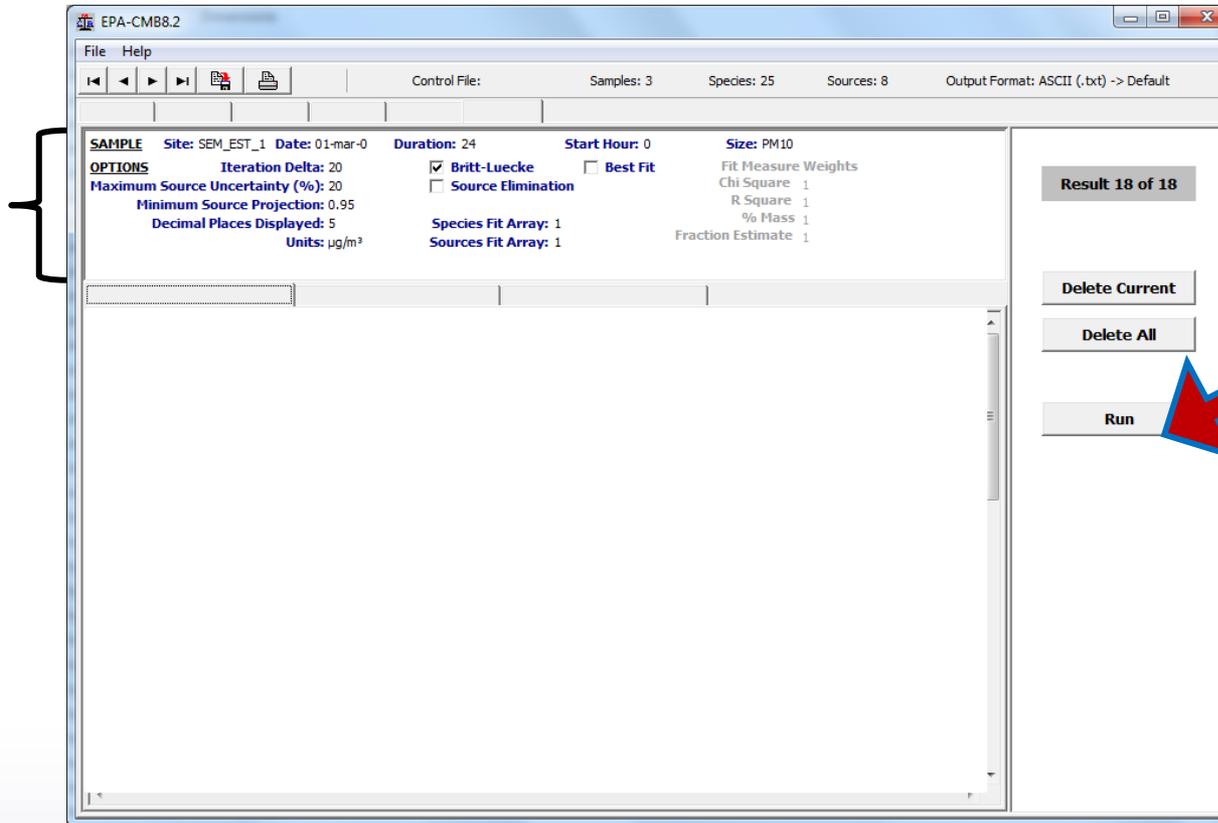
Hide Data

View Graph

Parametri statistici di controllo:

Parametro	Obiettivo
R^2	0.8 – 1.0
Errore standard	< SCE
χ^2	< 4 (ideale: < 1)
% massa	80 - 120%
Gradi di libertà	> 5
Statistica T (rapporto tra stima contributo sorgente e suo errore standard. Indicatore della precisione delle stime modellistiche)	> 2.0
U/S clusters (collinearità)	-----
Rapporto C/M (valore calcolato/misurato)	0.5 – 2.0
Rapporto R/U (Residuo/Incertezze)	-2.0 – 2.0

**Dati di
running**



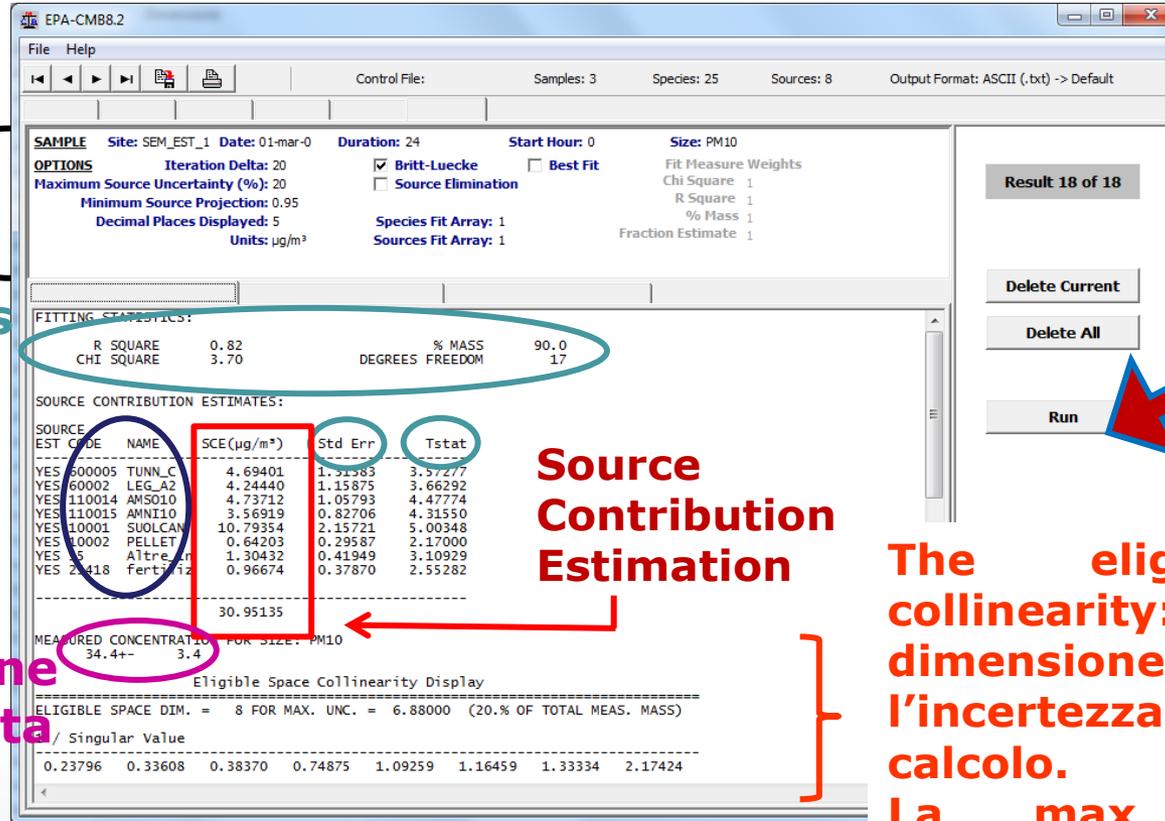
**Si clicca
qui**

Dati di running

Performances del run

Sorgenti selezionate

Concentrazione totale misurata ± errore associato



The screenshot shows the EPA-CMB8.2 software interface. At the top, it displays 'Control File:', 'Samples: 3', 'Species: 25', 'Sources: 8', and 'Output Format: ASCII (.txt) -> Default'. Below this, there are fields for 'SAMPLE Site: SEM_EST_1', 'Date: 01-mar-0', 'Duration: 24', 'Start Hour: 0', and 'Size: PM10'. The 'OPTIONS' section includes 'Iteration Delta: 20', 'Maximum Source Uncertainty (%): 20', 'Minimum Source Projection: 0.95', 'Decimal Places Displayed: 5', 'Units: ug/m³', 'Britt-Luecke' (checked), 'Source Elimination' (unchecked), 'Best Fit' (unchecked), 'Species Fit Array: 1', and 'Sources Fit Array: 1'. The 'FITTING STATISTICS' table shows R SQUARE: 0.82, CHI SQUARE: 3.70, % MASS: 90.0, and DEGREES FREEDOM: 17. The 'SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES' table lists sources with columns for EST_CODE, NAME, SCE(ug/m³), Std Err, and Tstat. The 'MEASURED CONCENTRATION FOR SIZE: PM10' is shown as 34.4 ± 3.4. The 'Eligible Space Collinearity Display' shows 'ELIGIBLE SPACE DIM. = 8 FOR MAX. UNC. = 6.88000 (20.% OF TOTAL MEAS. MASS)' and a table of Singular Values.

EST_CODE	NAME	SCE(ug/m³)	Std Err	Tstat
YES 600005	TUNN_C	4.69401	1.31383	3.57277
YES 60002	LEG_A2	4.24440	1.15875	3.66292
YES 110014	AMSO10	4.73712	1.05793	4.47774
YES 110015	AMN10	3.56919	0.82706	4.31550
YES 10001	SUOLCAN	10.79354	2.15721	5.00348
YES 10002	PELLET	0.64203	0.29587	2.17000
YES 15	Altref	1.30432	0.41949	3.10929
YES 25418	fertiliz	0.96674	0.37870	2.55282
		30.95135		

Source Contribution Estimation

The eligible space collinearity: mostra la dimensione dello spazio e l'incertezza usata nel suo calcolo.

La max unc della sorgente determina lo spazio in cui si estendono gli autovettori con autovalori \leq max unc della sorgente.

Result 18 of 18

Delete Current

Delete All

Run

Si clicca qui

$$std. err = \frac{C}{M} \sqrt{\left(\frac{err_C}{C}\right)^2 + \left(\frac{err_M}{M}\right)^2}$$

Conc. calcolata
Conc. misurata ± std.err

PA-CMB8.2

Help

Control File: Samples: 3 Species: 25 Sources: 8 Output Format: ASCII (.txt) -> Default

SAMPLE Site: SEM_EST_1 Date: 01-mar-0 Duration: 24 Start Hour: 0 Size: PM10

OPTIONS Iteration Delta: 20 Britt-Luecke Best Fit Fit Measure Weights
Maximum Source Uncertainty (%): 20 Source Elimination Chi Square 1
Minimum Source Projection: 0.95 Species Fit Array: 1 R Square 1
Decimal Places Displayed: 5 Sources Fit Array: 1 % Mass 1
Units: µg/m³ Fraction Estimate 1

Result 18 of 18

Delete Current
Delete All
Run

SPECIES	FIT	MEASURED	CALCULATED	CALCULATED MEASURED	RESIDUAL UNCERTAINTY
TMAC	TMAU	34.40000+	3.44000	30.95135+-	2.65202 0.90+- 0.12 -0.8
ALXC	ALXU	* 0.48490+-	0.07273	0.73533+-	0.22344 1.52+- 0.51 1.1
SIXC	SIXU	* 1.64420+-	0.24663	1.72313+-	0.40907 1.05+- 0.29 0.2
SUXC	SUXU	* 1.96760+-	0.29514	1.32210+-	0.11604 0.67+- 0.12 -2.0
CLXC	CLXU	* 0.08830+-	0.02207	0.08822+-	0.01296 1.00+- 0.29 0.0
KPXC	KPXU	* 0.36050+-	0.07210	0.43724+-	0.04753 1.21+- 0.28 0.9
CAXC	CAXU	* 1.03230+-	0.15484	1.00142+-	0.36830 0.97+- 0.39 -0.1
TIXC	TI XU	* 0.06770+-	0.01015	0.06739+-	0.01423 1.00+- 0.26 0.0
VAXC	VAXU	* 0.00330+-	0.00070	0.00370+-	0.00113 1.12+- 0.42 0.3
CRXC	CRXU	* 0.02150+-	0.00538	0.00917+-	0.00146 0.43+- 0.13 -2.2
MNXC	MNXU	* 0.02900+-	0.00580	0.02479+-	0.00352 0.85+- 0.21 -0.6
FEXC	FEXU	* 0.00087<	0.17900	0.55229<	0.11425 ***** 2.6
NIXC	NIXU	* 0.01310+-	0.00328	0.00521+-	0.00118 0.40+- 0.13 -2.3
CUXC	CUXU	* 0.03290+-	0.00660	0.03451+-	0.00437 1.05+- 0.25 0.2
ZNXC	ZNXU	* 0.08250+-	0.01650	0.05771+-	0.00686 0.70+- 0.16 -1.4
BRXC	BRXU	* 0.00740+-	0.00150	0.00442+-	0.00038 0.60+- 0.13 -1.9
SRXC	SRXU	* 0.00087+-	0.00218	0.00487+-	0.00108 0.56+- 0.19 -1.6
CDXC	CDXU	* 0.00090+-	0.00022	0.00086+-	0.00010 0.96+- 0.26 -0.2
SNXC	SNXU	* 0.04740+-	0.00950	0.00069+-	0.00014 0.01+- 0.00 -4.9
BAXC	BAXU	* 0.03500+-	0.00875	0.00867+-	0.00216 0.25+- 0.09 -2.9
PBXC	PBXU	* 0.01890+-	0.00380	0.02476+-	0.00379 1.31+- 0.33 1.1
CL-C	CL-U	* 0.19050+-	0.04763	0.20454+-	0.04033 1.07+- 0.34 0.2
NOYC	NOYU	* 3.15460+-	0.63090	2.97348+-	0.27946 0.94+- 0.21 -0.3
SOYC	SOYU	* 4.73240+-	0.94650	4.21485+-	0.35641 0.89+- 0.19 -0.5

Calcolato-misurato
std.err

Ripartizione dei vari compound nelle diverse sorgenti e nel PM

EPA-CMB8.2

File Help

Control File: Samples: 3 Species: 25 Sources: 8 Output Format: ASCII (.txt) -> Default

SAMPLE Site: SEM_EST_1 Date: 01-mar-0 Duration: 24 Start Hour: 0 Size: PM10

OPTIONS Iteration Delta: 20 Britt-Luecke Best Fit Fit Measure Weights
 Maximum Source Uncertainty (%): 20 Source Elimination Chi Square 1
 Minimum Source Projection: 0.95 R Square 1
 Decimal Places Displayed: 5 Species Fit Array: 1 % Mass 1
 Units: µg/m³ Sources Fit Array: 1 Fraction Estimate 1

SPECIES	CALCULATED	MEASURED	SOURCE NAME													
			TUNN_C	LEG_A2	AMSO10	AMNI10	SUOLCA	PELLET	Altre_	ferti1						
TMAC	30.951	34.4000	0.136	0.123	0.138	0.104	0.314	0.019	0.038	0.028						
ALXC	0.735	0.4849	0.032	0.008	0.000	0.000	1.425	0.009	0.009	0.034						
SIXC	1.723	1.6442	0.045	0.000	0.000	0.000	1.013	0.001	0.086	0.022						
SUXC	1.322	1.9676	0.026	0.013	0.585	0.000	0.013	0.026	0.005	0.005						
CLXC	0.498	0.0883	0.000	0.319	0.000	0.000	0.073	0.194	0.385	0.028						
KPXC	0.437	0.3605	0.035	0.298	0.000	0.000	0.410	0.519	0.026	0.016						
CAXC	1.001	1.0323	0.108	0.021	0.000	0.000	0.371	0.019	0.008	0.259						
TIXC	0.067	0.0677	0.096	0.001	0.000	0.000	0.702	0.001	0.167	0.014						
VAXC	0.003	0.0033	0.114	0.000	0.000	0.000	0.327	0.000	0.011	0.976						
CRXC	0.009	0.0215	0.072	0.036	0.000	0.000	0.050	0.000	0.132	0.094						
MNXC	0.024	0.0290	0.079	0.010	0.000	0.000	0.335	0.208	0.162	0.007						
FEXC	0.552	0.0008	*****	2.195	0.000	0.000	*****	0.517	47.881	1.930						
NIXC	0.005	0.0131	0.021	0.013	0.000	0.000	0.082	0.000	0.170	0.035						
CUXC	0.034	0.0329	0.455	0.008	0.000	0.000	0.066	0.010	0.530	0.003						
ZNXC	0.057	0.0825	0.114	0.024	0.000	0.000	0.078	0.142	0.247	0.042						
BRXC	0.004	0.0074	0.501	0.023	0.000	0.000	0.000	0.009	0.034	0.004						
SRXC	0.004	0.0087	0.000	0.015	0.000	0.000	0.248	0.096	0.000	0.093						
CDXC	0.000	0.0009	0.000	0.472	0.000	0.000	0.000	0.000	0.283	0.193						
SNXC	0.000	0.0474	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000						
BAXC	0.008	0.0350	0.000	0.000	0.000	0.000	0.185	0.013	0.005	0.000						
PBXC	0.024	0.0189	0.512	0.076	0.000	0.000	0.114	0.002	0.916	0.002						
CL-C	0.204	0.1905	0.000	1.058	0.000	0.000	0.000	0.055	0.000	0.013						
NOYC	2.973	3.1546	0.035	0.016	0.000	0.877	0.000	0.003	0.001	0.000						
SOYC	4.214	4.7324	0.028	0.086	0.728	0.000	0.000	0.026	0.004	0.003						
NHYC	2.066	1.8474	0.000	0.002	0.700	0.437	0.000	0.000	0.000	0.000						
OCC	6.457	8.5344	0.314	0.233	0.000	0.000	0.009	0.000	0.018	0.003						
ECC	2.157	2.0940	0.790	0.354	0.000	0.000	0.048	0.000	0.021	0.005						

Result 18 of 18

Delete Current

Delete All

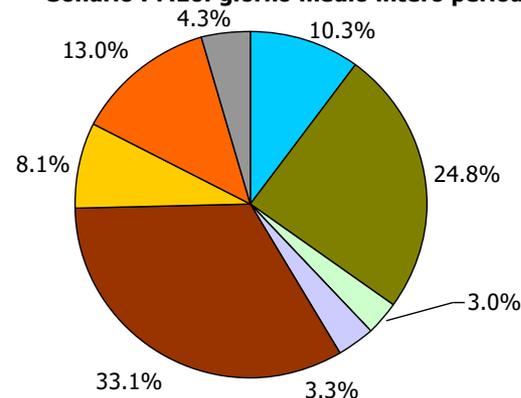
Run

OUTPUT CMB 8.2

- Traffico
- Combustione Pellet
- Industria
- Risolleamento
- Ammonio Solfato

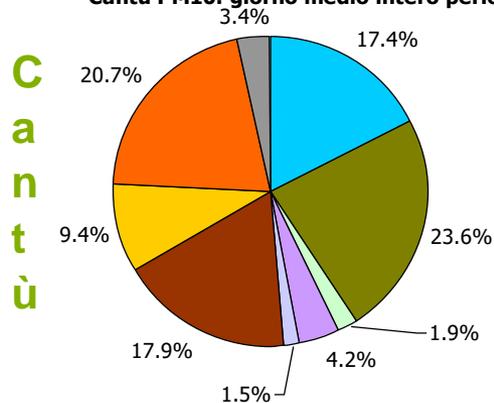
PM10-Sondrio: intero periodo		
Sorgente	Massa (µg/m3)	Errore
Massa misurata	40.36	4.036
Massa calcolata	38.60	3.18
Traffico	4.15	0.84
Combustione biomasse	10.00	2.63
Combustione Pellet	1.22	0.42
Fertilizzanti	1.32	0.41
Risolleamento	13.38	2.37
Ammonio Nitrato	3.27	0.73
Ammonio Solfato	5.26	1.13
	R2	0.93
Parametri Statistici	χ2	1.62
	% Massa	95.7

Sondrio PM10: giorno medio intero periodo



S
o
n
d
r
i
o

Cantù PM10: giorno medio intero periodo

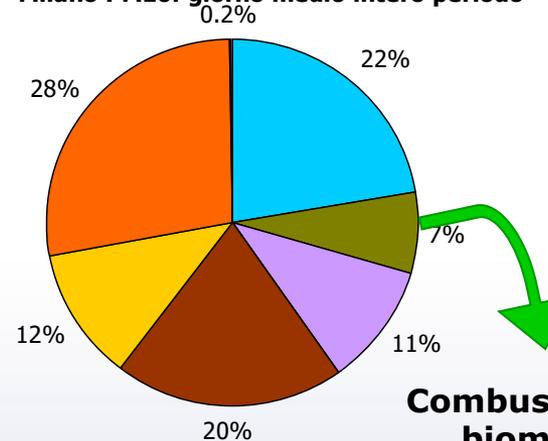


C
a
n
t
ù

- Combustione di legna
- Fertilizzanti
- Ammonio Nitrato
- Non attribuito

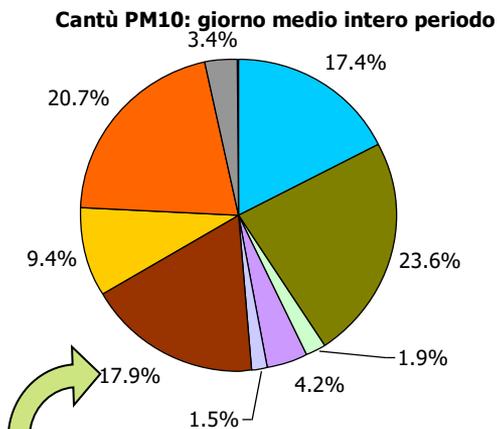
PM10-Milano via Pascal intero periodo		
Sorgente	Massa (µg/m3)	Errore
Massa misurata	51.3	5.1
Massa calcolata	51.2	4.6
Traffico	11.48	2.47
Combustione biomasse	3.55	0.99
Industria	5.69	1.48
Risolleamento	10.17	3.83
Ammonio Nitrato	5.96	1.25
Ammonio Solfato	14.36	2.85
	R2	0.87
Parametri Statistici	χ2	2.34
	% Massa	99.8

Milano PM10: giorno medio intero periodo



M
i
l
a
n
o

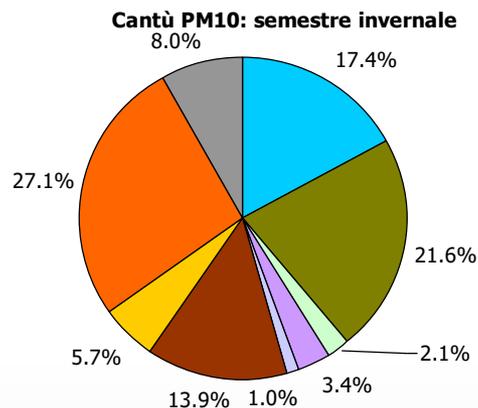
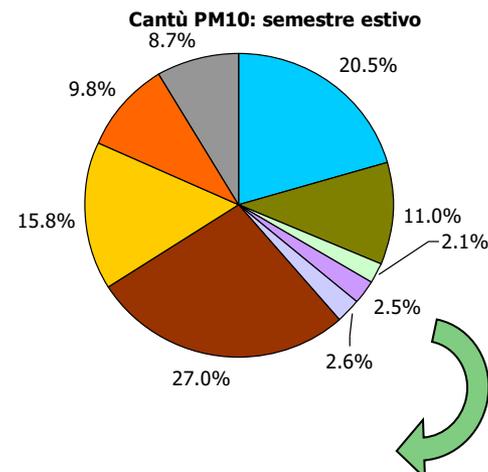
Combustione di
biomasse



PM10-Cantù: semestre invernale

Sorgente	Massa (µg/m3)	Errore
Massa misurata	74.4	7.4
Massa calcolata	68.5	6.7
Traffico	12.91	3.31
Combustione biomasse	16.10	4.12
Combustione Pellet	1.54	0.62
Industria	2.52	0.82
Fertilizzanti	0.75	0.40
Risollevamento	10.31	2.38
Ammonio Nitrato	4.21	1.03
Ammonio Solfato	20.13	3.57
<i>R2</i>		0.89
<i>Parametri Statistici</i>	χ^2	2.75
<i>% Massa</i>		92.0

OUTPUT CMB 8.2



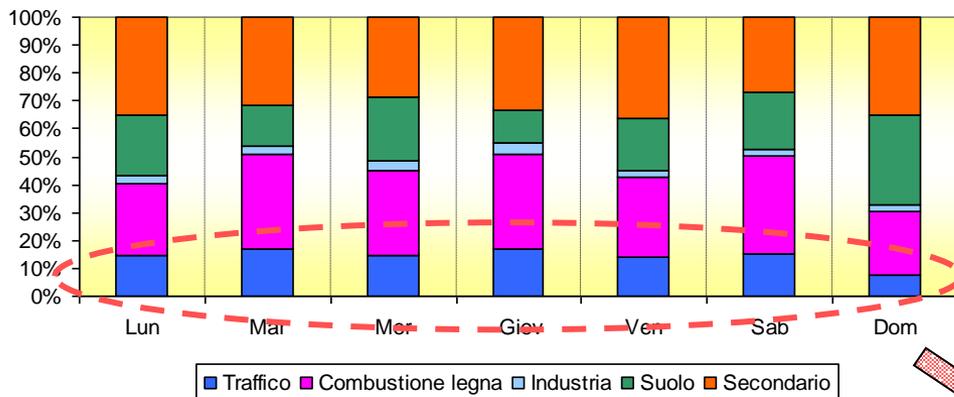
PM10-Cantù: intero periodo

Sorgente	Massa (µg/m3)	Errore
Massa misurata	53.0	5.3
Massa calcolata	51.2	4.1
Traffico	9.22	2.47
Combustione di legna	12.49	3.21
Combustione Pellet	0.98	0.48
Industria	2.22	0.65
Fertilizzanti	0.79	0.36
Risollevamento	9.51	2.12
Ammonio Nitrato	4.99	1.04
Ammonio Solfato	10.98	2.15
<i>R2</i>		0.89
<i>Parametri Statistici</i>	χ^2	2.66
<i>% Massa</i>		96.6

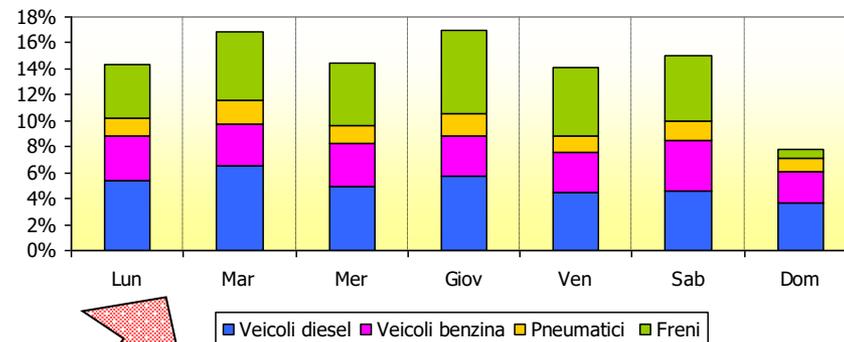
- Traffico
- Combustione Pellet
- Fertilizzanti
- Ammonio Solfato
- Non attribuito
- Combustione di legna
- Industria
- Risollevamento
- Ammonio Nitrato

C. Colombi, PM2008, Bari, 06-08 Ottobre 2008

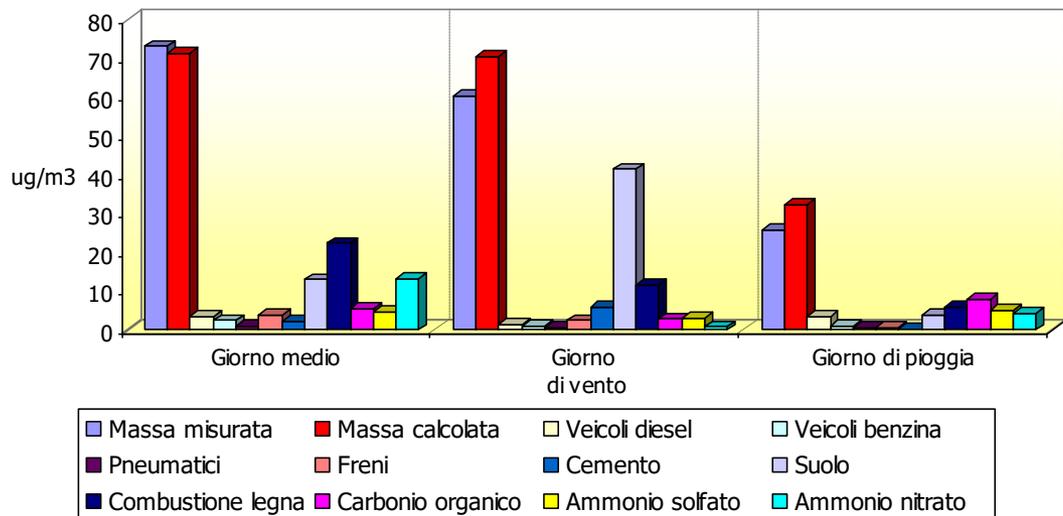
Erba - settimana tipo PM10



Erba - contributo settimanale del traffico



Erba - Influenza delle condizioni meteorologiche



Parametri statistici			
	R2	χ^2	%Massa
Lunedì	0,95	1,34	121,1
Martedì	0,95	1,36	120,6
Mercoledì	0,96	1,19	123,3
Giovedì	0,94	1,93	110,6
Venerdì	0,96	1,28	118,8
Sabato	0,91	2,74	102,6
Domenica	0,91	2,43	113,7

C. Colombi, PM2006, Firenze, 11.09.06

Profilo sorgente	Bibliografia
Traffico	ARPA Lombardia, Progetto PUMI, 2005
Combustione di legna	Colombi et al., 2010
Combustione pellet	
Risollevamento	
Industria	Speciate 3.2 US-EPA
Fertilizzanti	
Ammonio solfato	Rapporti stechiometrici
Ammonio nitrato	

➤ **Vecchio!!**

✓ **OK**

✓ **OK**

✓ **OK**



Determination of local source profile for soil dust, brake dust and biomass burning sources

Cristina Colombi¹, Vorne Gianelle¹, Claudio Belis² and Bo Larsen³

¹ARPA Lombardia, Dipartimento provinciale di Milano, via Juvara, 22, 20129, Milano, Italy

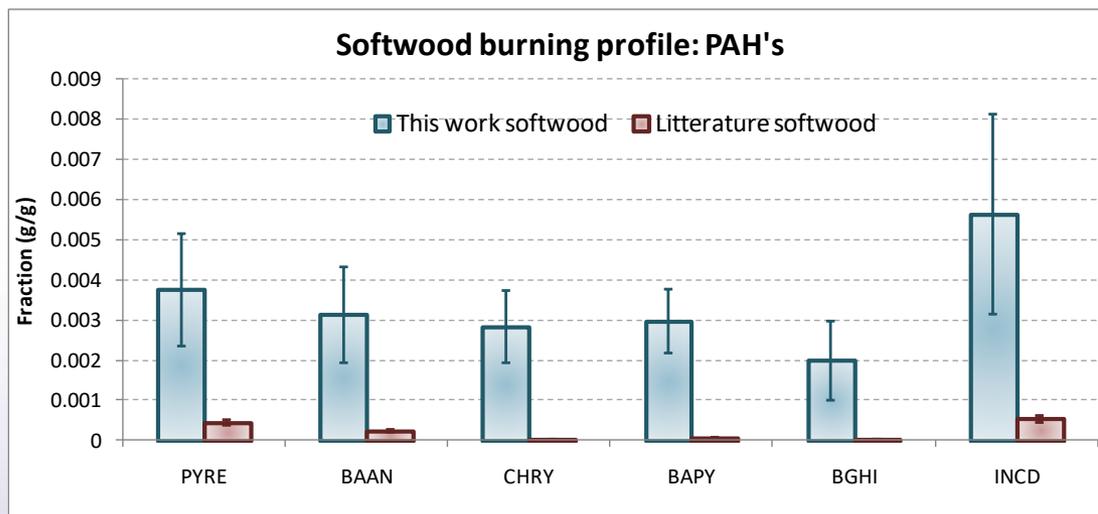
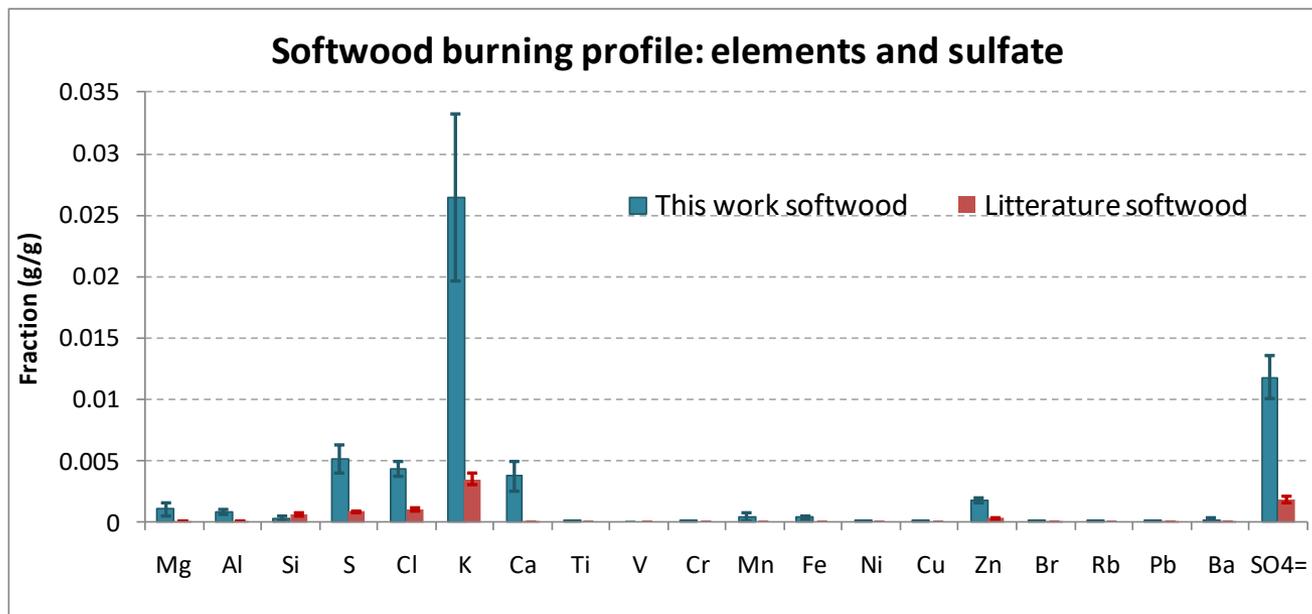
²JRC, Institute for Environment and Sustainability, via Fermi, 2749, 21020 Ispra, Italy

³JRC, Institute for Health and Consumer Protection, via Fermi, 2749, 21020 Ispra, Italy

c.colombi@arpalombardia.it

AAAS10 – Firenze, 19-22 Settembre 2010

**Colombi et al., 2010 – Chemical Engineering Transactions, Vol.22, 2010
DOI: 10.3303/CET1022038**



FAQ | Privacy statement | Legal notice | Contact JRC | Search

European Commission
JOINT RESEARCH CENTRE
Source Apportionment

European Commission > EU Science Hub > SA

Source Apportionment

Dashboard About this site Forgot password Register

The source apportionment

SPECIEUROPE Database

Download documents

News and updates
New report available for download:
"A comparative analysis of the causes of air pollution in three cities of the Danube region"
More news...

DeltaSA
The new online tool to assess source apportionment model outputs: It works in two different modes;
(1) the source chemical profiles similarity,
(2) a complete test of the model result.

Contact us Workshops

Links
 DG Environment
 Global database on SA
 FAIRMODE
More links...

Joint Research Centre

SPECIEUROPE
Source profiles for Europe Database

SPECIEUROPE

Source profiles for Europe database

HOME DATABASE ADDITIONAL INFO

<https://source-apportionment.jrc.ec.europa.eu/>



Web site: <https://sourceapportionment.jrc.ec.europa.eu/Specieurope/index.aspx>

[FAQ](#) | [Privacy statement](#) | [Legal notice](#) | [Contact JRC](#) | [Search](#)



The screenshot shows the SPECIEUROPE website interface. At the top left, there is the European Commission logo and the text 'JOINT RESEARCH CENTRE SPECIEUROPE'. Below this, a navigation bar includes 'European Commission > EU Science Hub > SE'. On the right side of the navigation bar, there are three buttons: 'BENCHMARKING', 'SOURCE APPORTIONMENT', and 'FAIRMODE'. The main content area features the SPECIEUROPE logo (a circle with stars and a bar chart) and the text 'SPECIEUROPE Source profiles for Europe database'. Below this, there is a sub-menu with three items: 'HOME', 'DATABASE', and 'ADDITIONAL INFO'.

Welcome to SPECIEUROPE 2.0

SPECIEUROPE 2.0 is released on July 1st 2017. Near **eighty new profiles** have been added. The main changes concern the source categories industry, traffic, road dust, biomass burning, wood burning and secondary inorganic aerosol. A new source category "other combustion" has been created which includes a variety of combustion sources already present in other source categories excluding traffic and biomass burning.

SPECIEUROPE 2.0 has enhanced **search and download functionalities**. In the new version the profiles can be retrieved and downloaded by source category, species, year, PM size fraction, country or site. The architecture of the database is more clearly displayed to allow a better exploration of the source categories and subcategories.

Pernigotti, D., Belis, C.A., Spanó, L., 2016. SPECIEUROPE: The European data base for PM source profiles. Atmospheric Pollution Research, 7 (2), pp. 307-314. DOI: 10.1016/j.apr.2015.10.007

Release 2015

209 profili:

150 originali,
13 composite
39 derivati,
6 stechiometrici

RELEASE 2 2017

80 nuovi profili

- Le principali modifiche riguardano l'industria, il traffico, le polveri stradali, la combustione di biomassa, la combustione di legna e l'aerosol inorganico secondario.
- È stata creata una nuova categoria di fonti "altra combustione".
- SPECIEUROPE 2.0 ha migliorato le funzionalità di ricerca e download: i profili possono essere recuperati e scaricati per categoria di fonte, specie, anno, frazione dimensionale, paese o sito.
- L'architettura del database è più chiaramente visualizzata per consentire una migliore esplorazione delle categorie e sottocategorie di fonte.

Grazie per l'attenzione!