

Allegato E

Indicatori di qualità e contributi dell'incertezza di misura degli IPA atmosferici

E.1 Generalità

La Tabella 1A/D (par.12.2) elenca le variabili che determinano l'incertezza complessiva della misura degli IPA atmosferici. Per ognuna di esse, l'incertezza specifica è funzione delle equazioni/funzioni utilizzate per la misura. Si riportano appresso alcuni esempi.

E.2 Volume di campionamento

Qualora non siano disponibili o non si vogliano applicare le specifiche di qualità della misura del volume di campionamento fornite dal Costruttore del sistema di prelievo di polveri sospese, l'incertezza può essere determinata nel modo seguente:

Il volume d'aria filtrata (V_{camp}) è espresso, in funzione della velocità di flusso d'aspirazione, da:

$$V_{\text{camp}} = \varphi_{\text{camp}} * t \quad (\text{E.1})$$

dove:

φ_{camp} = velocità di flusso d'aspirazione;

t = intervallo di campionamento.

Il flusso d'aspirazione è caratteristico dello strumento (regolato automaticamente o manualmente), appropriato affinché l'impattore raccolga selettivamente la frazione PM10 sul filtro. La velocità d'aspirazione effettiva è determinata eseguendo due misure agli estremi dell'intervallo di campionamento (pari a 24 h), ovvero:

$$\varphi_{\text{camp}} = 0.5 * (\varphi_{\text{in}} + \varphi_{\text{fin}}) \quad (\text{E.2})$$

laddove φ_{in} e φ_{fin} rappresentano rispettivamente i flussi misurati all'inizio e al termine della prova.

L'incertezza della misura del volume d'aria campionato è funzione delle incertezze relative a: 1) la velocità di flusso d'aspirazione; 2) l'intervallo di campionamento.

E.2.1 Contributo del flusso di prelievo

L'incertezza della misura della velocità d'aspirazione è calcolata sulla base della "qualità" della lettura del flussimetro. Quest'ultima può essere dedotta da un certificato di taratura dello strumento, se la taratura soddisfa i requisiti di riferibilità fino a riferimento primari di flusso. L'incertezza è espressa dalla relazione:

$$u(\varphi_{\text{camp}}) = \sqrt{u_{\text{cal}}^2 + 2 * u_{\text{eff}}^2} \quad (\text{E.3})$$

dove:

$u(\varphi)$ = incertezza tipo della misura del flusso;

u_{cal} = incertezza associata alla taratura del flussimetro usato per determinare φ ;

u_{eff} = incertezza della misura individuale del flusso, dipendente dalla risoluzione delle letture di pressione nello strumento adottato.



E.2.2 Contributo dell'intervallo di misura

Il periodo di campionamento (t) può essere misurato con un'incertezza ≤ 0.5 min. Considerando che il singolo intervallo di prelievo è pari a 24 h, l'incertezza relativa è inferiore a 0.03% e trascurabile rispetto alle altre fonti d'errore.

E.2.3 Contatore volumetrico

Numerosi strumenti di campionamento delle polveri sospese sono equipaggiati, oltre al flussimetro e al cronometro, anche d'un contatore integrale di volume. In questo caso, il volume effettivo d'aria filtrata (V_{eff}) è dato da:

$$V_{\text{eff}} = V_{\text{fin}} - V_{\text{in}} \quad (\text{E.4})$$

ovvero dalla differenza tra i volumi registrati al termine (V_{fin}) e all'inizio (V_{in}) della prova. Due elementi contribuiscono a determinare l'incertezza complessiva di V_{eff} , ovvero l'incertezza di ogni singola lettura V_{in} , V_{fin} (dipendente dalla risoluzione di lettura del contatore), e l'errore intrinseco del contatore volumetrico (differenza tra il volume effettivamente campionato e volume letto). Quest'ultimo è deducibile dai certificati di taratura dello strumento forniti dal Costruttore; inoltre, esso risulta inferiore all'errore di lettura di V_{fin} e V_{in} , soprattutto quando la lettura è eseguita manualmente. Poiché $u(V_{\text{fin}}) = u(V_{\text{in}})$, se ne deduce:

$$u(V_{\text{eff}}) = \sqrt{(u^2(V_{\text{fin}}) + u^2(V_{\text{in}}))} \quad (\text{E.5})$$

E.3 Efficienza di recupero

L'efficienza di recupero di ciascun IPA è ottenuta da non meno di sei (tipicamente dieci) misure replicate del medesimo composto in un materiale di riferimento *certificato* (CRM) o riferimento (SRM). L'incertezza associata all'estrazione incompleta dell'IPA i -esimo è funzione di: 1) l'incertezza calcolata per l'IPA i -esimo nel CRM/SRM; 2) lo scarto tipo del recupero medio; 3) la quantità media determinata.

Al riguardo, si applica la formula (E.6):

$$\frac{u(R_i)}{R_i} = \sqrt{\frac{u^2(m_{RM,i})}{m_{RM,i}^2} + \frac{s^2(m_{E,i})}{n_i * m_{E,i}^2}} \quad (\text{E.6})$$

dove:

$m_{RM,i}$ = massa certificata dell'IPA i -esimo nel CRM/SRM;

$s(m_{E,i})$ = scarto tipo dei risultati di misura replicata della massa dell'IPA i -esimo (che tiene conto dell'efficienza d'estrazione);

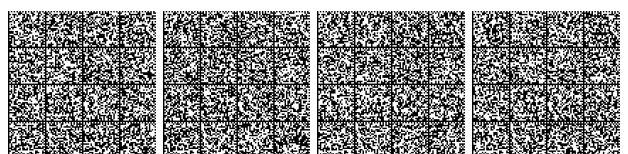
n_i = numero delle repliche di misura dell'IPA i -esimo nel CRM/SRM.

Il valore della grandezza $s(m_{E,i})$ può essere usato come indice dell'incertezza associata alla ripetibilità analitica (u_{an}), espressa dalla formula (E.7):

$$u_{\text{an}}^2 = \frac{s^2(m_{E,i})}{m_{E,i}^2} \quad (\text{E.7})$$

Per il BaP:

$$\frac{u^2(R_{BaP})}{R_{BaP}^2} = \frac{u^2(m_{RM,BaP})}{m_{RM,BaP}^2} + \frac{s^2(m_{E,BaP})}{n_i * m_{RM,BaP}^2} \quad (\text{E.6a})$$



e:

$$u_{an}^2 = \frac{s^2(m_{E,BaP})}{m_{E,BaP}^2} \quad (E.7a)$$

E.4 Massa dell'IPA *i*-esimo raccolta

Per la determinazione della massa di ciascun IPA raccolta con le polveri sospese, occorre tener conto sia dell'efficienza di campionamento del PM10, sia della stabilità chimica dell'IPA (ossia del suo grado di conservazione tra il momento della raccolta e quello dell'analisi chimica).

E.4.1 Efficienza di campionamento

Quando il flusso è regolato in accordo alle specifiche del campionatore per la raccolta della frazione PM10 dall'aria ambiente l'efficienza del campionamento delle polveri è assunta pari al 100%.

E.4.2 Stabilità del campione

La stabilità del campione (A_i per l'IPA *i*-esimo) deve essere determinata sperimentalmente, per la conservazione in condizioni micro-ambientali tipiche dello specifico laboratorio d'analisi (p.es., in regime di temperatura e umidità controllate, nonché di concentrazioni d'ossidanti, luminosità e immagazzinamento ridotti al minimo).

I test (o parte di essi) siano eseguiti a livelli di BaP (e di IPA cancerogeni) equivalenti a concentrazioni ambientali pari a 1 ng/m³.

All'inizio e al termine dell'immagazzinamento, si dovrà sottoporre ad analisi chimica un numero di campioni n non inferiore a quello necessario per verificare le condizioni di ripetibilità ($n > 5$). In entrambi i casi i campioni saranno prelevati in modo casuale da un batch di campioni rappresentativi, al fine di minimizzare qualsiasi differenza sistematica nelle concentrazioni. Il t-test sarà utilizzato per verificare la stabilità o instabilità degli IPA (al 95% di confidenza, "two-sample").

L'incertezza nella determinazione della stabilità è composta da quattro contributi:

- l'estrazione (frazione casuale dell'efficienza di recupero);
- la taratura (frazione casuale della taratura strumentale);
- precisione analitica;
- inomogeneità del batch di campioni selezionati come "rappresentativi".

Come tale, ammesso che il t-test non presenta significative differenze tra i risultati analitici prima e dopo l'immagazzinamento, il contributo della stabilità di ciascun analita non sarà preso in considerazione, poiché sarà già incorporato negli altri contributi.

La quantità dell'IPA *i*-esimo ($m_{F,i}$) presente sul filtro di raccolta delle polveri sospese è data dalla formula:

$$m_{F,i} = \frac{m_{ex,i}}{S_i * A_i} \quad (E.8)$$

dove:

$m_{ex,i}$ = quantità dell'IPA *i*-esimo nell'estratto organico;

S_i = efficienza di campionamento dell'IPA *i*-esimo;

A_i = stabilità dell'IPA *i*-esimo nel campione (frazione residua dopo il campionamento).

Pertanto, l'incertezza di massa è funzione dei singoli contributi associati ai tre parametri.

Per il BaP, in particolare:



$$m_{F,BaP} = \frac{m_{ex,BaP}}{S_{BaP} * A_{BaP}} \quad (E.8a)$$

NOTA: rispettando i limiti massimi cronologici e le condizioni di conservazione dei campioni, i coefficienti A_i possono in prima approssimazione considerarsi unitari per tutti gli IPA cancerogeni.

E.4.3 Quantità di IPA cancerogeni presente nell'estratto delle polveri atmosferiche

Per la misura della quantità di BaP o di ogni altro IPA analita nell'estratto del campione ($m_{E,i}$ al par. E.3) si usano correntemente tre metodi:

1. metodo del riferimento esterno (ES): al par.10.1.1
2. metodo del riferimento interno (IS): al par.10.1.2
3. metodo del riferimento surrogato (SS): al par.10.1.3 e al par.10.2.

E.4.3.1 Metodo del riferimento esterno (o "riferimento esterno")

Quando si applica il metodo del riferimento esterno, l'incertezza complessiva della misura è determinata dai contributi dei seguenti parametri: a) l'incertezza delle concentrazioni delle sostanze di riferimento usate per la taratura; b) la *lack-of-fit* della funzione di taratura; c) la deriva della risposta del rivelatore tra le tarature; d) la ripetibilità dell'analisi; e) la selettività del sistema cromatografico.

Riguardo agli riferimenti di taratura, concentrazioni note di BaP e di ciascun IPA cancerogeno determinando dissolte in un opportuno solvente sono impiegate per stabilire i relativi fattori di risposta (assoluti o relativi rispetto ai riferimenti interni o surrogati). L'incertezza della concentrazione di ciascun IPA nella soluzione di taratura è data da: a) la purezza dell'analita in forma solida (può essere trascurata quando è certificata superiore o uguale al 99%); b) la frazione di massa della sostanza pura nel solvente utilizzato per preparare le soluzioni di riferimento di taratura; c) i pesi o i volumi dei composti e delle soluzioni, sia riguardo alla lettura del dato numerico, sia per l'errore intrinseco degli strumenti (bilance, vetreria graduata, ecc.). Poiché per la taratura di più IPA si usano di solito soluzioni di miscele ottenute dissolvendo più sostanze pure di riferimento solide separatamente e unificandole, è necessario verificare che ogni composto puro non contenga tracce di congeneri o di interferenti di questi. P.es., crisene puro non può contenere tracce di benz[a]antracene né di trifenilene.

Per ragioni di costi o di produttività, può essere conveniente servirsi direttamente di stock di soluzioni di taratura. In questo caso, le concentrazioni degli IPA analiti devono essere indicate da documenti che certifichino la riferibilità delle soluzioni adottate allo scopo a riferimenti internazionalmente accettati.

La funzione di taratura è ricavata di solito per regressione. Se si adottano soluzioni di taratura in cui le concentrazioni o le quantità di BaP e IPA differiscono per intervalli uguali è possibile usare la regressione dei minimi quadrati, altrimenti occorre adottare modelli di regressione pesata. Un fattore di normalizzazione adatto è lo scarto tipo della risposta misurata. Qualora si abbiano misure singole per ogni livello di concentrazione, la concentrazione stessa è un fattore di normalizzazione appropriato. Per saggiare la "qualità" della regressione, il residuo relativo (δ_i) può essere calcolato per ogni livello degli riferimenti di taratura attraverso la formula:

$$\delta_i = \frac{|m_{reg,i} - m_{c,i}|}{m_{c,i}}$$

dove:

δ_i = residuo relativo alla concentrazione c per l'IPA i -esimo;



$m_{reg,i}$ = quantità dell'IPA i -esimo calcolata attraverso la funzione di regressione al livello c del riferimento di taratura;

$m_{c,i}$ = quantità dell'IPA i -esimo contenuta nel riferimento di taratura per il livello c .

L'incertezza residua conseguente al *lack-of-fit* della funzione di taratura sarà calcolata dal massimo relativo residuo, attraverso l'espressione:

$$v_{d,i} = \frac{\delta_{i,max}}{\sqrt{3}}$$

dove:

$v_{d,i}$ = incertezza residua della *lack-of-fit* dell'IPA i -esimo;

$\delta_{i,max}$ = massimo relativo residuo osservato.

La *lack-of-fit* della funzione di taratura contribuisce all'incertezza a causa dell'estrazione non quantitativa dell'analita se l'efficienza è significativamente diversa dal 100%. Se ciò si verifica, è necessario tenere conto della *lack-of-fit* della funzione di taratura nel calcolo dell'incertezza complessiva della misura.

Riguardo alla deriva della risposta del rivelatore tra due tarature, è prassi utilizzare i fattori di risposta strumentale calcolati da una taratura per una serie di campioni d'analisi, finché essa non viene ripetuta. Nell'intervallo tra le due tarature occorre eseguire dei test di verifica della risposta del sistema rivelatore e, qualora necessario, operare delle correzioni dei fattori di risposta precedentemente calcolati nonché tenere conto dell'incertezza di misura come elemento di controllo di qualità. Poiché tra due tarature può verificarsi una significativa deriva della risposta, l'incertezza relativa corrispondente per il periodo compreso tra due aggiustamenti successivi ($n-1$ e n) dei fattori di risposta sarà stimata grazie alle differenze relative tra le risposte osservate nei test successivi. Allo scopo, si usa la formula:

$$u_{i,drift} = \frac{|r_{i,n} - r_{i,n-1}|}{\sqrt{3} * \frac{r_{i,n} + r_{i,n-1}}{2}}$$

dove:

$r_{i,n}$ = risposta del rivelatore per la sostanza di riferimento di taratura dell'IPA i -esimo nel test n -esimo, alla concentrazione c ,

formula valida se non si applica alcun fattore di correzione per la deriva del rivelatore, p.es. calcolando la media tra i fattori di risposta dedotti da due test successivi.

Poiché il sistema di separazione è ottimizzato per minimizzare l'incertezza associata alla coeluizione di potenziali specie interferenti, la risoluzione tra due picchi d'analiti è non inferiore a 1,2; perciò il contenuto all'incertezza associato alla selettività può considerarsi trascurabile.

In conclusione, l'incertezza combinata nella misura della quantità di IPA i -esimo è espressa dalla formula:

$$\frac{v^2(m_{M,i})}{m_{M,i}^2} = \frac{v^2(m_{c,i})}{n * m_{c,i}^2} + v_{i,an}^2 + v_{d,i}^2 + v_{i,drift}^2 \quad (E.9)$$

dove n è il numero degli riferimento di taratura usati per costruire la funzione di taratura.

Applicata al BaP, la (E.9) diventa:



$$\frac{v^2(BaP)}{m_{M,BaP}^2} = \frac{v^2(m_{c,BaP})}{n \cdot m_{c,BaP}^2} + v_{BaP,an}^2 + v_{d,BaP}^2 + v_{BaP,drift}^2 \quad (E.9a)$$

E.4.3.2 Metodo del riferimento interno

Applicando il metodo del *riferimento interno*, l'incertezza di misura sarà determinata dai contributi dei parametri appresso elencati: a) incertezza del fattore di risposta di ciascun IPA determinato attraverso l'equazione di taratura; b) l'incertezza della concentrazione del riferimento interno di riferimento per l'IPA considerato, nell'estratto del campione; c) la precisione della misura delle risposte del riferimento interno di riferimento e dell'IPA nell'estratto del campione; d) la selettività del sistema cromatografico per l'IPA e per il riferimento interno.

Purché i contributi casuali all'incertezza associati alla preparazione delle soluzioni di taratura siano trascurabili, il fattore di risposta medio per l'IPA *i*-esimo sarà determinato mediante le funzioni di taratura e il conseguente valore dell'incertezza associata al fattore di risposta sarà dato dalla formula:

$$v_{i,f}^2 = \frac{s_{i,f}^2}{n}$$

dove:

$s_{i,f}$ = scarto tipo del fattore di risposta per l'IPA *i*-esimo;

n = numero di soluzioni di taratura usate.

Quanto alle incertezze di misura associate alla concentrazione della sostanza di riferimento interno di riferimento per ogni IPA cancerogeno oggetto di valutazione e alla selettività del sistema cromatografico, vale quanto riportato sopra per l'applicazione del metodo del riferimento esterno.

L'incertezza di misura associata alla determinazione del fattore di risposta dell'IPA *i*-esimo e del corrispondente riferimento interno presente nell'estratto campione (E) è adeguatamente rappresentata dallo scarto tipo del fattore di risposta ($s_{i,f}$):

$$v\left(\frac{A_{i,E}}{A_{il,E}}\right) = s_{i,f}$$

Concludendo, l'incertezza combinata della misura dell'IPA *i*-esimo è data dalla formula:

$$\frac{v^2(m_{M,i})}{m_{M,i}^2} = \frac{v^2(m_{i,E})}{n \cdot m_{i,E}^2} + v_{d,i}^2 + s_{i,f}^2 \frac{v^2(m_{M,i})}{m_{M,i}^2} = \frac{v^2(m_{i,E})}{n \cdot m_{i,E}^2} + v_{d,i}^2 + s_{i,f}^2 \quad (E.10)$$

Ovvero per il BaP:

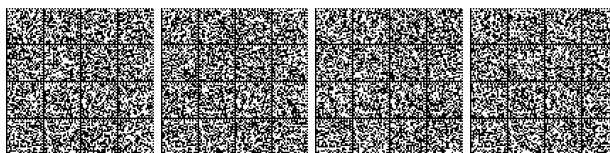
$$\frac{v^2(m_{M,BaP})}{m_{M,BaP}^2} = \frac{v^2(m_{BaP,E})}{n \cdot m_{BaP,E}^2} + v_{d,BaP}^2 + s_{BaP,f}^2 \frac{v^2(m_{M,BaP})}{m_{M,BaP}^2} = \frac{v^2(m_{BaP,E})}{n \cdot m_{BaP,E}^2} + v_{d,BaP}^2 + s_{BaP,f}^2 \quad (E.10a)$$

E.4.3.3 Metodo del riferimento surrogato

Il metodo del riferimento *surrogato* è applicato per correggere i risultati per l'efficienza di recupero della procedura. Il fattore di recupero usato è pari a:

$$r_i = \frac{m_{j,ssf}}{m_{j,sse}} \quad (E.11)$$

dove:



r_i = coefficiente di recupero;
 $m_{j,ssf}$ = quantità di sostanza di riferimento surrogato j -esimo, aggiunta prima dell'estrazione del filtro-campione;
 $m_{j,sse}$ = quantità di sostanza di riferimento surrogato j -esimo misurata nell'estratto campione.

Riguardo all'incertezza della quantità $m_{j,ssf}$ occorre considerare sia i valori dell'incertezza associata alle quantità degli IPA analiti contenute nei solventi di riferimento di taratura, sia i valori dell'incertezza degli strumenti adoperati per misurare i pesi e i volumi delle sostanze.

Non è necessario tenere conto della purezza dei riferimenti surrogati, purché essi non contengano interferenze che si sovrappongano ai segnali degli IPA analiti. L'incertezza associata alla misura della sostanza di riferimento surrogato nell'estratto campione è calcolata in modo simile a quanto riportato per i metodi del riferimento esterno e del riferimento interno. Se si applica il metodo del riferimento esterno, il contributo della deriva della risposta del rivelatore è trascurato.

L'incertezza risultante per l'IPA i -esimo è data da:

$$u_{r,i}^2 = v_{i,SSF}^2 + v_{i,SSE}^2$$

E.4.4. Incertezza combinata della quantità di IPA nell'estratto

I contributi dei diversi elementi che concorrono a determinare l'incertezza della quantità di IPA nel campione atmosferico sono raggruppati nella formula:

$$\frac{u^2(m_{i,E})}{m_{i,E}^2} = \frac{u^2(m_{M,i})}{m_{M,i}^2} + \frac{u^2(r_i)}{r_i^2}$$

dove il suffisso i indica l'IPA i -esimo determinando, M indica le grandezze misurate ed E quelle contenute nell'estratto campione.

E.5. Incertezza della quantità di IPA nel bianco campione

La quantità di BaP e di ogni altro IPA cancerogeno contenuta nel bianco campione è misurata analizzando una serie di bianchi sufficiente per valutare la ripetibilità: siano eseguite non meno di sei analisi replicate.

Qualora la risposta di bianco sia inferiore a tre volte il rumore di fondo del rivelatore in corrispondenza del picco cromatografico dell'IPA i -esimo (ovvero, al suo tempo di ritenzione nelle condizioni cromatografiche operative), la relativa incertezza di bianco campione è calcolata sulla base del valore del *noise* usando la pendenza della funzione di taratura estrapolata alla risposta pari a zero, attraverso la formula:

$$m_{bl,i} = \frac{3 * r_{0,i}}{2 * b_{0,i}}$$

Dove:

$m_{bl,i}$ = incertezza del bianco campione per l'IPA i -esimo;
 $r_{0,i}$ = livello del rumore di fondo al tempo di ritenzione dell'IPA i -esimo;
 $b_{0,i}$ = pendenza della funzione di taratura in corrispondenza della risposta zero.



E.5. Incertezza combinata della concentrazione di IPA in aria

Combinando tutti i fattori d'incertezza sopra descritti (par. E.2, E.3 ed E.4), si ottiene la formula che esprime l'incertezza relativa combinata per la concentrazione di BaP e di ogni IPA i-esimo in aria:

$$\frac{v^2(c_i)}{c_i^2} = \frac{v^2(V)}{V^2} + \frac{v^2(m_{i,E})}{m_{i,E}^2} + \frac{v^2(E_i)}{E_i^2} \quad (\text{E.12})$$

e per il BaP:

$$\frac{v^2(c_{BaP})}{c_{BaP}^2} = \frac{v^2(V)}{V^2} + \frac{v^2(m_{BaP,E})}{m_{BaP,E}^2} + \frac{v^2(E_{BaP})}{E_{BaP}^2} \quad (\text{E.12a})$$

E.6. Incertezza espansa della concentrazione di IPA in aria

L'incertezza relativa espansa con un livello di confidenza pari al 95% è calcolata moltiplicando il valore $v(c_i)$ per un fattore di copertura appropriato al numero di gradi di libertà dei componenti dominanti dell'incertezza, come risultano dalle prestazioni del programma di test (si applichi in proposito l'equazione di Welch-Satlerswaithe, descritta in UNI ENV-13005:2000 [8]). Per un numero di gradi di libertà sufficientemente alto si può usare un fattore di copertura a 2.

In prima approssimazione, il numero dei gradi di libertà di cui sopra può essere scelto sulla base di quello di un contributo all'incertezza, che copra oltre il 50% dell'incertezza totale.

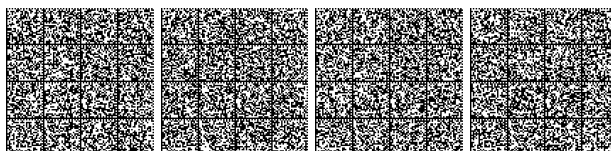
E.7. Incertezza associata ai requisiti di performance

Combinando le incertezze specificate per le caratteristiche di performance, si ottiene il valore tipico per la situazione peggiore "possibile ma accettabile". L'incertezza relativa combinata risulta pari a circa $\pm 6.5\%$; pertanto, assumendo $k = 2$, l'incertezza espansa sarà approssimativamente $\pm 13\%$.

E.8. Incertezza inter-laboratorio

Poiché il metodo sopra descritto contempla la possibilità di scelta tra diversi approcci per l'estrazione con solvente delle polveri, per l'estrazione con solvente, per la manipolazione dell'estratto e per l'analisi chimica strumentale, e poiché gli Istituti e Laboratori specializzati usano di routine metodi differenti, è logico attendersi risultati diversi ogniqualvolta si effettuino test inter-laboratorio sia per la semplice analisi chimica delle polveri (anche su batch omogenei), sia per l'intera procedura di monitoraggio degli IPA. Perciò, per la comparabilità dei dati ambientali le deviazioni tra le misure eseguite dai vari Organismi devono essere tenute in conto, nel computo dell'incertezza complessiva delle indagini ambientali. In linea di principio, questo fatto implica una correzione dei requisiti d'incertezza indicati nel D.lgs 155/2010. Per esempio, se si adotta il valore del contributo all'incertezza trovato nei test di comparazione inter-laboratorio in corrispondenza del valore limite del BaP atmosferico (1 ng/m^3), ossia $\pm 15 \div 18\%$, ne risulta un'incertezza relativa espansa pari a $\pm 35\%$ ($k = 2$).

Si raccomanda l'organizzazione di test inter-laboratorio a scadenze regolari, come parte di programmi di *QA/QC assessment and maintenance*. I test saranno organizzati secondo quanto prescritto in ISO 5725-2 [6], utilizzando campioni sufficientemente omogenei (omogeneità $> 95\%$). Per migliorare l'omogeneità dei campioni d'aria raccolti nei test "di campo", è opportuno utilizzare un unico condotto principale dal quale siano prelevate le aliquote opportune per le misure individuali.



Bibliografia e testi utili per la consultazione:

1. Qualità dell'aria – Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di benzo[a]pirene in aria ambiente. Norma europea UNI EN 15549:2008.
2. D.lgs 13 agosto 2010, n. 155. Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa. Gazzetta Ufficiale n. 216 del 15 settembre 2010.
3. EN 12341:2001, Air Quality – Determination of the PM₁₀ fraction of suspended particulate matter – Reference method and field test procedure to demonstrate equivalence of measurement methods.
4. EN 14902:2005. Ambient air quality. Standard method for the measurement of Pb, Cd, As, and Ni in the PM₁₀ fraction of suspended particulate matter.
5. EN ISO/IEC 17025, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories (ISO/IEC 17025:2005)
6. ISO 5725-2, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results – Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method
7. Air quality – Approach to uncertainty estimation for ambient air reference measurement methods. CEN Report CR 14377:2002.
8. UNI CEI ENV 13005:2000, Guida all'espressione dell'incertezza di misura.
9. European Commission, Working Group on Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (2001). Ambient air pollution by polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH): Position Paper. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 49 pp (ISBN 92-894-2057-X).
10. European Commission, Working Group on Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (2001). Ambient air pollution by polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH): Position Paper Annexes. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 49 pp (ISBN 92-894-2057-X).
11. ISO 16362:2005, Ambient air – Determination of particle-phase polycyclic aromatic hydrocarbons by high performance liquid chromatography

