

Incerteza di misura: cosa, come e perché

Premessa.

I laboratori delle Agenzie Ambientali sono da tempo impegnati in un grande sforzo, anche economico, per offrire ai propri clienti un prodotto di qualità, ossia un risultato associato alla sua incerteza e metrologicamente riferibile al SI. Paradossalmente però il cliente spesso reagisce negativamente perché non sa cosa sia, a cosa serve e come si debba interpretare quel misterioso numeretto che compare a destra del risultato e che prende il nome appunto di incerteza. Nel lontano 1999 appena emisi, fiero di me, i primi rapporti di prova con le incerteze associate ai risultati, ricevetti dal più importante cliente una telefonata al limite dell'insulto: dovevo vergognarmi di aver fornito dati incerti!

Tanto tempo è passato ma la situazione non è cambiata molto. D'altra parte non possiamo incolpare i nostri clienti di questo stato di fatto, semmai dobbiamo chiederci come colmare il vuoto culturale che si è creato tra i laboratori impegnati da anni ad affinare la qualità dei dati e i clienti utilizzatori dei dati stessi. Il problema non è solo italiano, basti pensare che l'Asia Pacific Laboratory Accreditation Cooperation (APLAC) ha ritenuto utile recepire nel 2009 un documento europeo del 2000 pensato per informare i clienti su cos'è e come utilizzare l'incerteza di misura associata ai risultati nei rapporti di prova! [1-2].

L'iniziativa di UN.I.D.E.A. va proprio in questa giusta direzione. Desidero rivolgere il mio breve contributo non solo al personale di laboratorio ma anche e soprattutto al cliente del laboratorio, a colui cioè che utilizza i risultati di prove e misure per prendere delle decisioni.

Cos'è l'incerteza di misura?

La questione ha, se vogliamo, radici filosofiche: il punto geometrico è una astrazione mentale e come tale non esiste, pur essendo alla base dei teoremi fondamentali della geometria: per quanto piccolo, sotto una lente opportuna diventerà un cerchio e per di più un cerchio con contorni sfumati! Come si fa quindi a rispondere alla domanda: quanto distano tra loro due punti? Se i punti sono dei cerchi, e per giunta sfumati, da dove inizio e fino a dove misuro? E con quale strumento: con un metro da sarta o con un calibro? In definitiva, ripetendo n volte la misura della distanza tra i due cosiddetti punti, si avranno n risultati diversi tra loro, anche se di poco. Questo principio di indeterminazione di scolastica memoria è una legge universale e si traduce nel concetto filosofico che al mondo non ci sono certezze, che il valore vero non esiste. Qualunque misura è sempre e inesorabilmente accompagnata da una variabilità naturale e quindi darà sempre un risultato incerto.

Il concetto di incerteza è mirabilmente sintetizzato nella recente definizione del VIM3, il Vocabolario Internazionale di Metrologia [3]:

“Parametro non negativo che caratterizza la dispersione dei risultati di misura che sono attribuibili a un misurando, sulla base delle informazioni utilizzate.”

In altre parole, il risultato di una misura non è un valore ma è un insieme di valori che avrà una ampiezza variabile in funzione delle informazioni avute a disposizione, comprese le condizioni in cui sono state effettuate le misure [4]. Una conseguenza fondamentale è che tutti i valori dell'intervallo sono equivalenti tra loro e indistinguibili uno dall'altro. Se il risultato della misura della distanza tra i due punti è $122 \pm 4\text{mm}$, non posso dire che 122 è diverso da 118 o da 126.

Ma come si calcola l'incerteza di misura?

Le regole per calcolare ed esprimere l'incerteza di misura sono state definite e condivise a livello mondiale e quindi descritte in una Guida ISO emessa nel 1993, molto vicina a noi quindi, in confronto alla storia della metrologia moderna. Questa Guida ha dato origine poi alla UNI CEI ENV 13005:2000 chiamata più amichevolmente GUM [5].

L'approccio della GUM si può sintetizzare in cinque punti:

- identificare il modello matematico che esprime il risultato;
- identificare le fonti di incerteza;

- valutare ed esprimere ciascuna fonte di incertezza come scarto tipo "u";
- combinare gli scarti tipo così ottenuti ottenendo l'incertezza composta "u_c";
- moltiplicare l'incertezza composta per un opportuno coefficiente in modo da ottenere l'incertezza estesa "U = k u_c".

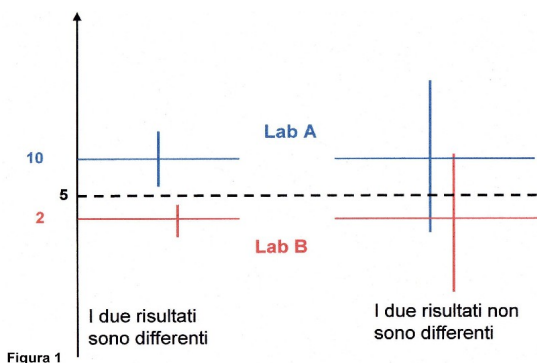
Gli ultimi due punti sono banali operazioni matematiche, il terzo è il vero colpo di genio e contiene la regola per trasformare tutte le fonti di incertezza in un'unica forma (scarto tipo) in modo da poterle combinare tra loro senza incorrere nell'errore blu da scuola elementare di sommare mele con pere. I primi due punti invece si applicano bene alle "misure" e meno bene alle "prove" e quindi sono problematici per i laboratori chimici. Di solito la misura è la parte finale di un procedimento più complesso chiamato prova (nella lingua inglese la differenza tra i relativi termini "measurement" e "testing" è più marcata). In questi casi l'applicazione pedissequa della GUM porta a sottostimare l'incertezza calcolata perché le fonti di incertezza che bisognerebbe intercettare (vedi secondo punto dell'elenco precedente) sono numerose e frequentemente nascoste proprio nei meandri dei numerosi passaggi che precedono la misura finale [6-7-8-10].

Le obiettive difficoltà di applicazione della GUM per certe tipologie di laboratori hanno favorito lo sviluppo di approcci alternativi. La GUM stessa auspica la redazione di documenti interpretativi e applicativi specifici per particolari situazioni, salvaguardando naturalmente il rispetto dei principi di base. I nostri laboratori di prova sono direttamente coinvolti in questo processo evolutivo che ha visto con il passare del tempo il fiorire di alternative sempre più efficaci e adatte allo scopo [4, 6-7-8-9-10-11-12]. Il fatto poi che questo processo duri da 15 anni rende l'idea delle grandi difficoltà in gioco e delle notevoli competenze tecniche richieste per farvi fronte.

Perché calcolare l'incertezza di misura?

Una risposta a questa domanda la troviamo tra le righe di quanto detto finora: nulla è certo, il valore vero non esiste, ogni risultato di misura non è un valore ma è un intervallo di infiniti valori. Illuminanti sono anche a questo proposito le parole della GUM stessa quando dice che nel riportare il risultato di una misura... *"è obbligatorio fornire una qualche indicazione quantitativa della qualità del risultato (n.d.r: incertezza), cosicché gli utenti ne possano accertare l'attendibilità. Senza tale indicazione i risultati delle misure non possono essere confrontati né tra loro, né con valori di riferimento assegnati da specifiche norme (n.d.r: come ad esempio i limiti di legge)"*. In altre parole, un risultato senza l'incertezza associata non serve a nulla.

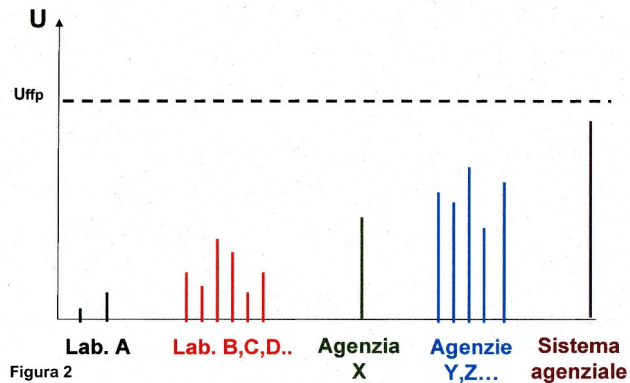
Per comprendere appieno l'importanza di esprimere in un rapporto di prova il risultato con la sua incertezza associata, prendiamo per esempio due laboratori A e B che analizzano lo stesso campione e danno come risultato rispettivamente 10 e 2 (Figura 1).



A fronte di un ipotetico valore limite di 5 che non deve essere superato, i due risultati da soli non permettono di prendere decisioni. Infatti, una volta nota l'incertezza, le conseguenze possono essere drasticamente diverse: nel caso di sinistra il campione è conforme per il lab B e non conforme per il lab A, mentre nel caso di destra i risultati dei due laboratori non sono distinguibili uno dall'altro. A complicare le cose si aggiunge il fatto che esprimere il giudizio di conformità, sempre in quest'ultimo caso, si presenta alquanto problematico in assenza di regole decisionali condivise [13].

Considerazioni.

Abbiamo appena visto che incertezze diverse possono portare a giudizi di conformità diversi a parità di risultato di misura, d'altra parte l'incertezza dipende dalle condizioni in cui la misura è stata condotta (lo dice la definizione stessa). Qual'è la conseguenza? Facciamo l'esempio di una stessa misura fatta sullo stesso campione con lo stesso metodo (Figura 2).



Nel primo caso il lab A, a fronte di un campione a rischio, incarica il miglior analista di fare cinque repliche e di esprimere poi il risultato come media delle stesse: l'incertezza associata sarà molto bassa. Nel lavoro routinario, però, le misure sono fatte in singolo da qualunque analista: l'incertezza sarà circa il doppio della precedente. Nel secondo caso, a parità di condizioni routinarie, laboratori diversi B, C, D... daranno incertezze diverse in funzione degli specifici strumenti utilizzati, della competenza del proprio personale, dell'ambiente, ecc. In definitiva è normale e corretto, non riprovevole come spesso si sente dire, che laboratori diversi possano dare incertezze di misura diverse a parità di campione e di metodo di prova.

La conseguenza è che laboratori diversi, pur lavorando bene e avendo calcolato correttamente la propria incertezza, possono dare giudizi di conformità diversi a parità di risultato sullo stesso campione, proprio in virtù delle incertezze diverse associate ai risultati. In definitiva, incertezze diverse si potrebbero tradurre, di fatto, in una modifica dei limiti di legge [13]. Se poi i laboratori del caso appena preso in considerazione fanno parte di una unica organizzazione (ad es. l'Agenzia ambientale X), si presenta il problema politico della disomogeneità dei giudizi di conformità, certamente non tollerabile, anche se tecnicamente giustificata. La strada da seguire potrebbe essere, in questo caso, un approccio al calcolo dell'incertezza basato sulle variabilità interlaboratoriali che consentirebbe di esprimere, per quel metodo e su quel parametro, un'incertezza di Agenzia inevitabilmente superiore a quelle dei singoli laboratori ma unica e garante dell'omogeneità dei giudizi di conformità e dell'immagine stessa dell'Agenzia verso l'esterno. A questo punto si può estendere il ragionamento al Sistema delle Agenzie che potrebbe addivenire a incertezze proprie del Sistema Agenziale a garanzia della omogeneità di comportamento su tutto il territorio nazionale.

Tutto questo è fattibile a patto che venga stabilita da qualcuno e in qualche modo l'incertezza massima ammissibile adatta allo scopo (nella Figura 2: $U_{\text{fit for purpose}}$).

Da quest'ultima osservazione, assieme ad altre considerazioni che non sono state oggetto specifico di questo intervento, si deduce che il problema del corretto utilizzo dell'incertezza di misura si potrà risolvere solo se ai laboratori che stanno già facendo egregiamente la loro parte si affiancheranno tutti gli altri attori che intervengono nella filiera dei controlli di conformità. Penso soprattutto agli attori istituzionali: al legislatore che impone i limiti di legge, agli estensori di metodi normalizzati, ai normatori, agli enti che fissano i criteri di qualità e di accettabilità dei risultati ed ai clienti stessi che hanno il diritto di essere istruiti e informati.

Bibliografia.

1. APLAC TC 010, “*General Information on Uncertainty of measurement*”, Issue 1 (2009) (www.aplac.org)
2. SP, FaL, SWEDAC, LIVSMEDELSVERKET, VAV, “*Important information to our customers concerning the quality of measurements*”, (2000) (www.sp.se)
3. UNI CEI 70099:2008 - Vocabolario Internazionale di Metrologia - Concetti fondamentali e generali e termini correlati
4. **Priel M.**, *Accred. Qual. Assur.*, **14**, 35 (2009)
5. UNI CEI ENV 13005:2000: Guida all’espressione dell’incertezza di misura
6. Analytica Method Committee, *Analyst*, **120**, 2303 (1995)
7. **Horwitz W., Albert R.**, *Analyst*, **122**, 615 (1997)
8. EA-4/16, “*Guidelines on the expression of uncertainty in quantitative testing*” (2003) (www.european-accreditation.org)
9. EURACHEM/CITAC, “*Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement*”, 2nd Ed, (2000). Tradotta in italiano in Rapporti ISTISAN 03/30 (www.iss.it)
10. **Visser R.G.**, *Accred. Qual. Assur.*, **7**, 124 (2002)
11. EUROLAB, Technical Report No 1/2007, “*Measurement uncertainty revisited – Alternative approaches to uncertainty evaluation*” (2007) (www.eurolab.org)
12. Analytica Method Committee, *Accred. Qual. Assur.*, **15**, 73 (2010)
13. ISPRA, Manuali e linee guida 52/2009 “*L’analisi di conformità con i valori di legge: il ruolo dell’incertezza associata a risultati di misura*” (2010) (www.isprambiente.it)

Alessandro Grigato

ARPAV – Dipartimento Regionale Laboratori

mail: agrigato@arpa.veneto.it