

Margherita Plassa
Istituto di Metrologia "G. Colonnetti"
CNR
Torino
m.plassa@imgc.cnr.it

LA TARATURA DEGLI STRUMENTI E DEI SISTEMI DI MISURA NEI LABORATORI CHIMICI

Viene discussa l'applicabilità di concetti e procedimenti metrologici alle analisi chimiche, considerate come operazioni di misura; in particolare si esamina il concetto di taratura di un sistema per misurazione con l'utilizzo come riferimento di valori realizzati da campioni, ricordando che un materiale di riferimento può essere pienamente compreso nella definizione metrologica di campione di misura. Vengono illustrate, anche con esempi, realizzazioni di tarature di strumenti chimici caratterizzati da diversi livelli di complessità e versatilità.

L'applicazione di concetti metrologici alla chimica

Le analisi chimiche sono operazioni di misura, e quindi si possono applicare a esse i concetti e i procedimenti tipici della metrologia. Questa affermazione va tuttavia completata con due altre considerazioni:

- la prima, che i procedimenti della chimica hanno una loro specificità e non necessariamente assomigliano a quelli di altre branche delle scienze cui si applica la metrologia;
- la seconda, che i progressi metrologici nel

campo chimico hanno seguito un loro proprio percorso, con un proprio linguaggio, e che solo nell'ultimo decennio si è verificata una reale convergenza fra la metrologia dei diversi settori, con la ricerca di un linguaggio comune e lo sforzo di sviluppare una normativa di generale applicabilità in tutti i campi.

Ciò ha portato a una situazione in cui un termine non ha sempre un significato univoco e la normativa stessa presenta delle difformità di cui occorre tener conto. In questo testo ci si riferirà principalmente alla normativa ISO, in primo luogo al VIM, Vocabolario

Internazionale di Metrologia (1), quindi alla norma 17025 (2) e alle guide sui materiali di riferimento (3).

Secondo la metrologia, per ottenere da un procedimento di misura risultati affidabili è necessario che la misura sia riferibile a campioni riconosciuti. Soltanto misure riferibili a tali campioni sono confrontabili fra loro, e soltanto se le misure sono corredate da un valore dell'incertezza si può stabilire se due risultati di misura siano fra loro compatibili. L'attenzione posta oggi alla confrontabilità delle misure, mentre in passato si badava molto di più alla loro ripetibilità e riproducibilità

bilità, è stata fortemente sollecitata dalla globalizzazione nei suoi vari aspetti, sia per l'incremento e la liberalizzazione del commercio mondiale, sia per l'uniformazione delle analisi e cure mediche, sia per il comune interesse verso i problemi ambientali e la salute del pianeta. L'enfasi posta sull'uso di riferimenti comuni e sulla valutazione e riduzione dell'incertezza associata alle misure rappresentano a loro volta un'evoluzione rispetto all'attenzione che veniva attribuita al concetto di valore vero. Per effettuare misure riferibili occorre operare con strumenti tarati, e questa condizione viene considerata come necessaria al riconoscimento della competenza di un laboratorio (2). È opportuno quindi discutere cosa si intenda per taratura e come si realizzi quest'operazione per la strumentazione chimica.

La taratura, la conferma metrologica, l'aggiustamento di uno strumento

Secondo la definizione del VIM (punto 6.11) la taratura è (1) "l'insieme di operazioni che stabiliscono, in condizioni specificate, la relazione tra i valori della grandezza indicati da uno strumento o da un sistema per misurazione, oppure i valori rappresentati da un campione materiale o da un materiale di riferimento, e i corrispondenti valori realizzati da campioni". Questa definizione è corredata da tre note che ne sono parte integrante:

- Nota 1 "Il risultato di una taratura permette o l'assegnazione di valori del misurando alle indicazioni o la determinazione di correzioni da applicare alle indicazioni";
- Nota 2 "Una taratura può anche determinare altre proprietà metrologiche, come l'effetto di grandezze d'influenza";
- Nota 3 " Il risultato di una taratura può essere registrato in un documento, talvolta denominato certificato di taratura o rapporto di taratura".

Si è qui dato per scontato, come avviene da parte degli organismi italiani per la normazione (4) e per l'accreditamento (5), di far corrispondere la parola italiana "taratura" all'inglese "calibration" e al francese

"*étalonnage*". Questa decisione tuttavia non riscuote l'accordo universale.

La taratura presuppone di per sé l'esistenza di una gerarchia, in base alla quale i valori della grandezza in gioco realizzati da campioni si trovano a un livello più elevato nella gerarchia e costituiscono quindi un riferimento.

La definizione che si trova nei documenti IUPAC (6), specifica per la taratura nelle analisi, è la seguente: "insieme di operazioni che stabiliscono, in condizioni specificate, la relazione tra i valori indicati dallo strumento analitico e i corrispondenti valori noti di un analita" e riprende la formulazione che si trovava nella prima edizione (1984) del VIM, che si riferiva a "valori noti del misurando". La definizione della II edizione del VIM è sicuramente più precisa e più realistica, dal momento che in pratica chiarisce che cosa si debba intendere per valori noti del misurando; anche le definizioni proposte per la III edizione mantengono il riferimento a valori forniti da campioni di misura.

La definizione VIM può venire integrata mediante quella utilizzata dal SIT (5), la quale aggiunge che il risultato di una tara-



tura viene talvolta espresso sotto forma di una costante di taratura o di una serie di costanti di taratura in forma di un diagramma di taratura. Nel caso di uno strumento di misura questo diagramma rappresenta la risposta dello strumento a misurandi di diverso valore e in linea di principio viene costruito determinando per punti il campo dei valori di lettura ottenuto in misurazioni eseguite su un misurando noto con incertezza molto più bassa di quella propria dello strumento.

Alla curva che unisce i punti così ottenuti si dà il nome di curva di taratura. Essa è spesso poco significativa poiché, data la buona linearità degli strumenti di misurazione in commercio, si presenta come una retta inclinata a 45°: è quindi preferibile riportare nel grafico, in funzione delle indicazioni, le correzioni da apportare. La curva di taratura dovrebbe essere accompagnata da una banda d'incertezza.

Si può osservare a questo punto che la taratura di uno strumento è un'operazione specifica che viene fatta in un preciso momento, e successivamente si opera in base alla supposizione che essa rimanga valida per un certo periodo, dopo il quale sarà necessaria o una verifica delle condizioni dello strumento, o un suo aggiustamento, o una nuova taratura.

Questo si può riassumere nell'affermazione che uno strumento deve essere soggetto a "conferma metrologica" definita come "l'insieme delle operazioni richieste per assicurare che le apparecchiature per misurazione siano conformi ai requisiti per l'utilizzazione prevista" (7).

Va citata ancora l'operazione di "aggiustamento" di uno strumento, che viene purtroppo denominata con diversi termini (che spaziano fra taratura, regolazione, messa a punto, aggiustaggio e altro ancora). Secondo il VIM nella sua formulazione attuale si tratta di un'operazione volta a portare lo strumento di misura a una condizione di funzionamento adatto all'impiego previsto (la nota precisa che l'aggiustamento può essere automatico, semiautomatico o manuale), ma nella nuova edizione del VIM la definizione, più chiara, pre-



scriverà che si deve fare in modo che le indicazioni dello strumento corrispondano a valori dati della grandezza da misurare. Resta inteso che tutti i valori di misura citati debbono essere corredati dall'incertezza di misura (8).

Strumenti per misurazione e sistemi per misurazione

La strumentazione utilizzata nell'analisi chimica si può suddividere in due grandi categorie, di cui la prima comprende gli analizzatori dedicati, che effettuano uno specifico tipo di misura - tipicamente la concentrazione di un dato analita in un certo tipo di matrice (aria, acqua, solventi organici...) - con requisiti predeterminati (un certo intervallo di concentrazione, una certa risoluzione). Questo tipo di strumento utilizza un solo principio di misura, è realizzato in modo da evitare il più possibile interferenze da parte di altre molecole, è linearizzato nel campo di interesse, ed è il più delle volte utilizzato per analisi di routine, per esempio per monitorare la concentrazione di un inquinante in un dato punto di un corso d'acqua o di una città. La seconda categoria comprende invece gli strumenti in grado di identificare e quantificare svariate molecole di analiti anche molto diversi tra loro, magari dopo aver provveduto alla loro separazione; tra questi sono un esempio tipico gli strumenti per

Cromatografia a gas o a liquido, apparecchiature complesse che consistono schematicamente di un dispositivo per l'introduzione del campione, una o più colonne cromatografiche, installate in una camera termostata, nelle quali avviene la separazione degli analiti in base alla loro ripartizione differenziale fra una fase stazionaria e una mobile che fluisce nell'intero sistema, uno o più rivelatori che generano segnali elettrici proporzionali alla quantità di analita, e infine di un sistema di registrazione ed elaborazione dei dati. In casi come questo si parla più correttamente di sistemi di misura o sistemi per misurazione: per un sistema di taratura se non si è prima definito il misurando (o i misurandi), stabilita una certa configurazione dello strumento e messo a punto un procedimento analitico per il quale si sono valutate prestazioni quali specificità, risoluzione, ripetibilità, riproducibilità, prestazioni del software - in buona sostanza se non si è scelto, messo a punto e validato un metodo analitico adatto. A questo punto la catena di misura è definita ed è quindi possibile mettere in relazione, per ogni analita, le indicazioni dello strumento con dei valori di riferimento generati/realizzati da campioni, i quali nel caso delle analisi chimiche saranno il più delle volte materiali di riferimento.

Campioni di misura e materiali di riferimento

Abbiamo già sottolineato come i riferimenti per le tarature indicati nella definizione siano i valori della grandezza in gioco "realizzati da campioni"; è quindi opportuno chiedersi che cosa si intenda per campioni, o più precisamente per campioni di misura. Ricorrendo anche qui alla definizione ufficiale (VIM 6.1), si ha che un campione di misura è definito come un "campione materiale, strumento per misurazione, materiale di riferimento o sistema di misurazione inteso a definire, realizzare, conservare o riprodurre un'unità ovvero uno o più valori noti di una grandezza per servire da riferimento".

Appare evidente da questa definizione come un campione sia definito tale per convenzione; è poi la necessità che le misure siano riferibili e confrontabili a imporre che i riferimenti siano campioni nazionali o internazionali, preferibilmente campioni delle unità SI. Per quanto riguarda la chimica, poiché la grandezza maggiormente misurata è la concentrazione nelle sue varie espressioni (concentrazione in massa, o in volume, o frazione molare, e così via); occorrono campioni di concentrazione delle varie sostanze ai diversi valori che possono occorrere. A prima vista potrebbe apparire che un campione ideale sarebbe rappresentato da una sostanza pura (l'analita cercato) diluita in una idonea matrice in proporzione nota. Una parte dei materiali di riferimento viene effettivamente realizzata in questo modo, determinando le quantità delle sostanze coinvolte per via gravimetrica. In particolare viene realizzata in questo modo un'importante classe di materiali di riferimento, le miscele gassose campione. Tuttavia in moltissimi casi il metodo analitico non può garantire né una completa separazione o un completo recupero delle sostanze presenti nel materiale da analizzare, né l'assenza di interferenze, ed è necessario che la matrice del materiale di riferimento sia il più possibile vicina alla composizione del materiale da analizzare: nel caso di matrici particolarmente complesse

(inorganiche od organiche) il materiale di riferimento non viene preparato miscelando le sue componenti ma partendo proprio da un materiale del tipo di quelli da analizzare (per esempio fanghi di depuratori o tessuti animali), e la determinazione della concentrazione dei vari componenti di interesse viene effettuata per via analitica con particolari precauzioni (e spesso con l'intervento di diversi laboratori) (9). Questo tipo di materiali di riferimento più che per taratura di strumentazione viene utilizzato per la validazione di metodi analitici o nei casi in cui si procede all'operazione che viene denominata "taratura dell'intero procedimento analitico" (10), applicata quando il rivelatore non risponde soltanto al contenuto degli elementi o molecole da analizzare, ma alle differenze della matrice (3). In questi casi infatti non si applica la definizione VIM, poiché non si parla più di taratura degli strumenti, ma di taratura del metodo o di taratura dell'analisi. Va sottolineato però come il principio di utilizzare per i materiali di riferimento una composizione il più possibile simile a quella del materiale da analizzare venga comunque seguito anche per composizioni sem-

plici. Come esempio si può citare quello delle miscele gassose binarie, ternarie o quaternarie di sostanze utilizzate per la taratura di analizzatori di inquinanti, per le quali si adotta come matrice un gas molto simile all'atmosfera, cioè aria sintetica o al massimo azoto.

Non sempre il campione o il materiale di riferimento vengono definiti come tali, per esempio quando si utilizza il metodo delle aggiunte e si addiziona al materiale da analizzare una certa quantità, di solito determinata per via gravimetrica, di una sostanza di purezza nota, essa ha la funzione di un campione, anche se non viene utilizzato questo termine.

Esempi di taratura

Allo scopo di chiarire in modo più concreto quanto si è detto verranno descritte le procedure di taratura di uno strumento di misura e di un sistema di misura come prima definiti, prendendo gli esempi dal settore dell'analisi di gas.

Taratura di un analizzatore NDIR per CO₂

Lo strumento considerato è un fotometro a infrarosso non dispersivo, basato sulla pro-

prietà delle molecole eteroatomiche di assorbire nell'infrarosso a lunghezze d'onda caratteristiche: viene utilizzato per determinare la concentrazione di biossido di carbonio (c_{CO_2}) all'aria aperta ma anche in ambienti chiusi. All'IMGC esso serve per la determinazione della c_{CO_2} in laboratorio durante misure di altro tipo per le quali occorre conoscere la densità oppure l'indice di rifrazione dell'aria.

Un analizzatore di questo tipo è predisposto per operare in un intervallo di concentrazione dell'analita abbastanza ristretto (fra 0 e 1000 $\mu\text{mol/mol}$), nel quale il segnale di uscita, già espresso in unità di concentrazione (in questo caso frazione molare), è sufficientemente linearizzato per l'uso previsto. Lo strumento prevede due possibilità di regolazione (o aggiustamento secondo la definizione data sopra) e precisamente l'aggiustamento dello zero e quello di un valore che viene scelto dall'utente, vicino al valore medio della sua concentrazione di misura, che si trova quindi in genere verso il centro della scala o nella seconda metà della stessa. Tipicamente nel caso di un analizzatore utilizzato per misure in atmosfera il valore medio della concentrazione di

Bibliografia

- (1) BIPM/IEC/IFCC/ISO/IUPAC/IUPAP/OIML "International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology - VIM", ISO, II ed., 1993. È in preparazione avanzata una nuova edizione. Non esiste una traduzione ufficiale in italiano dell'edizione attualmente in vigore, sebbene alcune definizioni siano riprese in altre norme.
- (2) Norma EN ISO/IEC 17025: 2000, "Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura".
- (3) ISO, "Calibration in analytical chemistry and use of certified reference materials", guide 32, 1997. Fa parte di una serie di sei guide (dalla 30 alla 35) sui materiali di riferimento.
- (4) Norma UNI 4546: 1984, "Misure e misurazioni: termini e definizioni fondamentali".
- (5) SIT, "Termini e definizioni", documento 517, 2002.
- (6) IUPAC, "Compendium of Chemical Terminology, II ed., 1997.
- (7) Norma UNI EN ISO 10012: 2004, "Requisiti per i processi e le apparecchiature di misurazione", che è la versione ufficiale italiana della EN ISO 10012:2003.
- (8) EURACHEM/CITAC, "Quantificazione dell'incertezza nelle misure analitiche", Rapporto ISTISAN 03/30. È la traduzione italiana della QUAM, guida EURACHEM/CITAC CG 4, a cura dell'Istituto Superiore di Sanità e dell'Istituto di Metrologia "G. Colonnelli". La guida si può richiedere ai due istituti oppure scaricare dai rispettivi siti Internet.
- (9) UNICHIM, "Guida alla scelta e all'uso dei materiali di riferimento", Manuale N. 197, 2003.
- (10) CITAC/EURACHEM, "Guide to quality in analytical chemistry", 2002.
- (11) R.J. Francey, L.P. Steele, *Accred. Qual. Assur.*, 2003, **8**, 200.
- (12) M. Sega *et al.*, *Annali di Chimica*, 2002, **92**, 897.
- (13) ISO 6975:1997, "Natural gas - Extended analysis - Gaschromatographic method".
- (14) E. Amico di Meane *et al.*, "Determinazione delle curve di taratura di un gascromatografo da laboratorio per l'analisi del gas naturale", *Atti II Congr. Metrologia e qualità*, 2001, **1**, 50.
- (15) E. Prenesti, *Chimica e Industria*, 2003, **85**(1), 57.

CO₂ (c_{CO_2}) è intorno a 400 $\mu\text{mol/mol}$. Il costruttore suggerisce di effettuare un'operazione che viene definita come taratura, mediante due gas di concentrazione nota, cioè due materiali di riferimento: rispettivamente azoto puro ($c_{CO_2}=0$ mol/mol) e una miscela di CO₂ in azoto ($c_{CO_2}=400$ $\mu\text{mol/mol}$ nel nostro esempio). Si fanno passare i due gas successivamente nello strumento e, se si riscontra che lo strumento non segna esattamente 0 e 400, si impone che ciò avvenga mediante i comandi di regolazione a ciò predisposti. Dal punto di vista della procedura metrologica questo equivale in realtà a fare contestualmente una successione di tre operazioni, taratura/aggiustamento/taratura, su due punti, senza però un'effettiva registrazione dei dati, poiché si fa soltanto una lettura della prima indicazione, si valuta se c'è uno scostamento, si aggiusta lo strumento, si rifà una lettura di controllo. Si tratta di un procedimento metrologicamente corretto a patto che siano rispettati alcuni requisiti, cioè che sia valutata l'incertezza della misura ottenuta e che questa sia adeguata rispetto alle esigenze. L'incertezza che si ottiene con questo procedimento dipende naturalmente dallo strumento (risoluzione, ripetibilità, linearità...), dalla qualità dei gas di riferimento (quindi dall'incertezza sulla loro concentrazione), dalla valutazione delle grandezze d'influenza, ed è tipica-

mente dell'ordine di 10 a 20 $\mu\text{mol/mol}$. Nell'esempio considerato le componenti più importanti sono l'incertezza dei gas di riferimento e la risoluzione dello strumento. L'incertezza ottenuta è adeguata per misure di routine della c_{CO_2} nell'aria, tenuto conto anche che si tratta di strumenti assai stabili e che normalmente si riscontrano scostamenti molto piccoli, tanto che non è prescritto di registrarne i valori. Ovviamente dovrà essere l'operatore ad allarmarsi qualora notasse degli scostamenti anomali.

L'incertezza della taratura così ottenuta è sì adeguata per le misure correnti, ma è invece troppo grande per altre applicazioni. In determinazione del suo incremento nell'atmosfera terrestre richiederebbero un'incertezza tipo dell'ordine di 0,1 ppm (11). Questa non è raggiungibile con uno strumento del tipo descritto che non ha una sufficiente risoluzione, tuttavia migliorando il procedimento di taratura (12) si può ridurre l'incertezza tipo di un ordine di grandezza, come risulta necessario in talune applicazioni metrologiche. Un primo punto è un migliore controllo delle grandezze d'influenza; mentre viene infatti esclusa un'influenza, nelle condizioni normali di un laboratorio, del punto di prelievo e dell'umidità dell'aria, si constata invece che la portata del gas in ingresso influisce sulla misura; si determina quindi la portata della pompa di prelievo del campione e si regola, durante la

taratura, la portata dei gas di riferimento intorno allo stesso valore, entro i limiti, di solito ampi, in cui l'influenza di questo parametro è praticamente nulla. Si esegue quindi non più una taratura in due punti, ma una taratura in sette punti equispaziati in un intervallo un po' maggiore dell'intervallo di misura, determinando quindi una curva di taratura che

mostra fra l'altro come lo strumento presenti una certa deviazione dalla linearità. Si utilizzano come riferimento una serie di miscele gassose non semplicemente certificate del produttore, ma da un laboratorio di taratura accreditato dal SIT, che hanno una minore incertezza. La Figura 1 mostra una tipica curva di taratura con la sua banda d'incertezza (incertezza tipo), che si situa appunto intorno a 2 ppm.

Taratura di un gascromatografo per l'analisi del gas naturale

Si prende in considerazione l'esempio dell'analisi del gas naturale, abbastanza complessa poiché richiede di dosare un certo numero di analiti aventi proprietà molto vicine tra loro. Per questo prodotto il numero di analisi effettuate è molto elevato, data la sua importanza economica, e l'ISO ha creato un comitato tecnico apposito (TC 193) che ha elaborato dei metodi normati dai quali si può trarre ispirazione anche per altri casi. La norma di riferimento per questa analisi è la ISO 6975 (13) affiancata da una serie di altre. Il gas naturale è una miscela di idrocarburi, con una concentrazione di metano maggiore dell'80%, di etano <10%, di propano <2% e poi di idrocarburi superiori in quantità decrescenti, oltre a piccole percentuali di idrocarburi aromatici e di altri gas. Fra l'altro vengono prescritte delle caratteristiche per il gas da analizzare, come il tenore massimo di acqua e di idrocarburi condensabili, e l'intervallo di concentrazioni ammissibili.

Si utilizzano per l'analisi più gascromatografi oppure un solo strumento avente una configurazione specifica già predisposta dalla ditta costruttrice, che comprende una valvola a sei porte per l'introduzione del campione, sei colonne gascromatografiche con speciali valvole di commutazione, due rivelatori (TCD e FID), ovviamente completati da un dispositivo per l'introduzione del gas di trasporto e per i gas di servizio del rivelatore FID, aria e idrogeno.

In primo luogo occorre una verifica della corretta funzionalità operativa del sistema

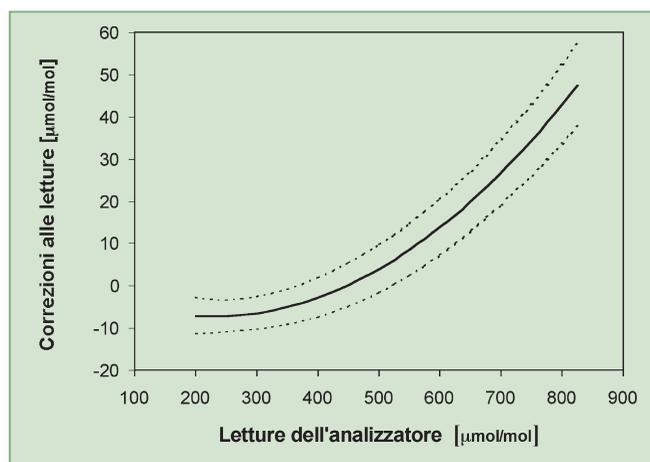


Figura 1 - Curva di taratura di un analizzatore NDIR per CO₂ nell'aria (12)

(sono da controllare fra l'altro la pressione e la portata dei gas di trasporto e di servizio, le temperature della valvola di iniezione, delle valvole di commutazione, del forno e dei rivelatori, la tenuta del sistema pneumatico), inoltre vanno verificate la linea di fondo e le prestazioni delle colonne. Segue la verifica delle prestazioni connesse con il metodo analitico, come la risoluzione e la ripetibilità.

Si determina la concentrazione dei seguenti analiti: alcani dal metano al pentano (compresi i ramificati), alcani con sei o più atomi di carbonio (che non vengono separati), e inoltre azoto, elio, ossigeno e biossido di carbonio. Per la taratura si utilizzano come materiali di riferimento miscele binarie, preparate per via gravimetrica secondo un'apposita norma, ognuna di esse contenente l'analita specifico e un gas di riempimento, che è in generale il metano, salvo che per l'analita metano e per l'ossigeno (per i quali si fa uso rispettivamente di azoto e di elio). In alternativa è anche possibile l'impiego di miscele certificate multicomponenti che contengano tutti o parte degli analiti di interesse. Per ciascuno dei componenti principali è prevista la taratura su un minimo di sette punti, cioè la determinazione della risposta del rivelatore (in termini di area di picco gascromatografico) per almeno sette concentrazioni note del componente, scelte seguendo apposite prescrizioni ed effettuando almeno due ripetizioni: si ottengono quindi con il metodo dei minimi quadrati una curva di taratura per ciascun analita, scegliendo opportunamente l'ordine del polinomio. Se le incertezze delle concentrazioni dei gas di riferimento e quelle delle aree stanno entro certi limiti si può fare uso del metodo dei mini-

mi quadrati ordinari, altrimenti occorre fare ricorso ai minimi quadrati pesati. La Figura 2 riporta un esempio di una curva di taratura per il propano; l'incertezza indicata dalla banda è l'incertezza tipo. Per i componenti minori invece è ammessa una taratura a un solo punto,

intorno al quale la risposta del rivelatore può essere considerata come lineare.

Lo stato della taratura verrà successivamente tenuto sotto controllo effettuando un aggiustamento giornaliero e riprogrammando una nuova taratura dopo un congruo intervallo.

Richiami conclusivi

In questo lavoro si è cercato di illustrare come il concetto di taratura di uno strumento o di un sistema per misurazione rispetto a uno o più campioni di misura si applichi bene alla strumentazione di tipo chimico, anzi come essa corrisponda a quanto praticato correntemente in chimica, purché si abbia cura usare una terminologia ben definita e di dare il giusto valore ai termini usati, in particolare alla locuzione "campione di misura" che, come si evince in modo esplicito dalla normativa, include i materiali di riferimento, che costituiscono nella maggior parte dei casi i campioni utilizzati in chimica analitica.

È stata presa in considerazione solo l'analisi strumentale, poiché l'analisi con metodi

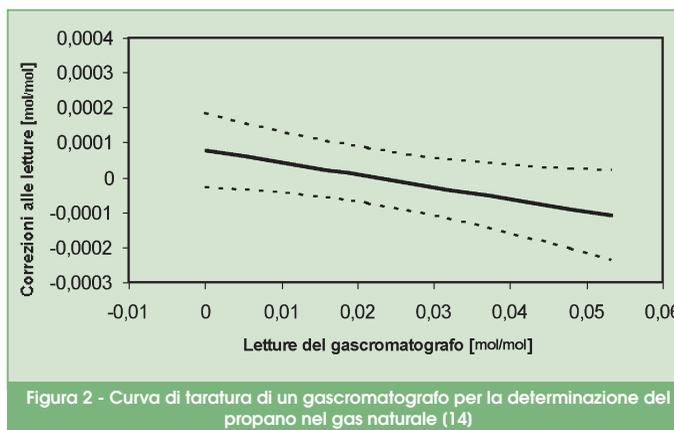


Figura 2 - Curva di taratura di un gascromatografo per la determinazione del propano nel gas naturale (14)

classici come la gravimetria e la tritrimetria richiede più che altro tarature di strumenti che misurano grandezze tipiche della fisica classica (come massa, volume, pressione). Si è accennato come vi siano delle obiezioni (15) all'uso della parola taratura nel senso qui utilizzato, soprattutto perché è ben radicato l'uso di chiamare "taratura" l'operazione di aggiustamento di uno strumento. La discussione su questi temi e soprattutto la cura di chiarire sempre ciò che si fa e di esplicitarlo il più possibile condurrà certamente a una maggiore omogeneità di espressione. Va soprattutto sottolineato lo sforzo esercitato negli ultimi anni dai rappresentanti dei vari settori scientifici per preparare norme di carattere generale valide per tutte le branche della scienza e della tecnologia, e d'altra parte lo sforzo di chi opera nei vari settori per adottare, non solo una stessa terminologia, ma uno stesso modo di affrontare i problemi della qualità delle misure, in campi che possono apparire distanti tra di loro come la fisica classica, la chimica, la chimica clinica fino ad arrivare alla medicina di laboratorio.

Calibration of Instruments and Measurement Systems in Chemical Laboratories

ABSTRACT 

The applicability of metrological concepts and procedures to chemical analyses, considered as measurement operations, is discussed. In particular the calibration of a measurement system with reference to values realized by standards is examined, and the fact that a reference material is fully included in the definition of measurement standard is underlined. The realization of calibrations for chemical instruments characterized by different levels of complexity and versatility is described with some examples.