

EMISSIONI IN ATMOSFERA

**Corso base per l'esecuzione delle
misurazioni periodiche
Rassegna dei metodi di riferimento**

Relatore: Fulvio Borrino

I METODI DI RIFERIMENTO



Vapor acqueo

RM = UNI EN 14790:2017

Principio

Campionamento e filtrazione a $t_{\text{rugiada}} + 20 \text{ }^\circ\text{C}$ e deumidificazione del flusso mediante adsorbimento, con stadio preliminare di condensazione facoltativo; doppia pesata della trappola

*Se i dati disponibili indicano che il flusso di gas è saturo... il metodo è ridotto alla determinazione della **temperatura** del gas*

I METODI DI RIFERIMENTO



Calcoli

Se V_m è il volume secco di campionamento misurato in Nm^3 e W sono i grammi di acqua pesati, il risultato in % v/v sul gas umido sarà dato da

$$100 \cdot V_w / (V_w + V_m)$$

$$\text{con } V_w = 0,0224 \cdot W/18$$



da www.thomasci.com

I METODI DI RIFERIMENTO



Requisiti metrologici

- U_{rel} del volume $\leq 5\%$
- U_{rel} della temperatura $\leq 2\%$
- U_{rel} della pressione $\leq 2\%$
- risoluzione minima della bilancia 0,1 g o 2% del peso misurato

Il metodo non prescrive un flusso di campionamento preciso e descrive un esempio con 4 l/min

I METODI DI RIFERIMENTO



Prestazioni

Campo di applicazione: da 4 a 40 % v/v *
in termini di concentrazione, da 29 a 250 mg/m³ (gas umido)

Campo di validazione: da 7 a 26 % v/v, con tempo di campionamento 30'

* In alcuni metodi, la correzione per l'umidità è dichiarata superflua per valori < 2 % v/v

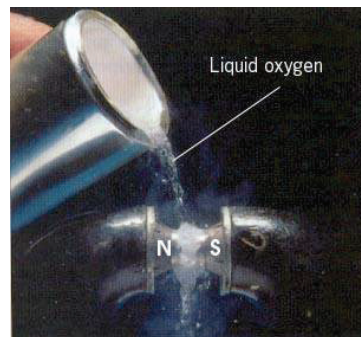
I METODI DI RIFERIMENTO

Ossigeno RM = UNI EN 14789:2017



Principio

Analisi strumentale con analizzatori che sfruttano le proprietà paramagnetiche dell'ossigeno, dopo filtrazione e deumidificazione del flusso di campionamento

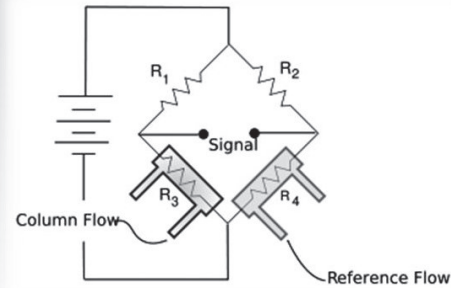


www.physics.stackexchange.com

I METODI DI RIFERIMENTO

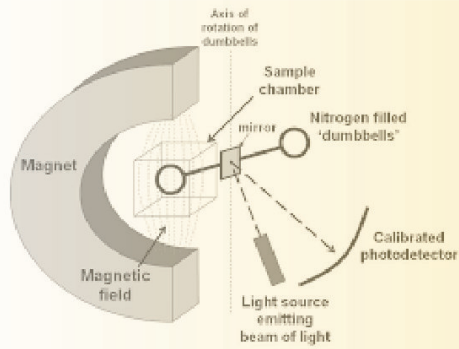


Trasduttore
termomagnetico



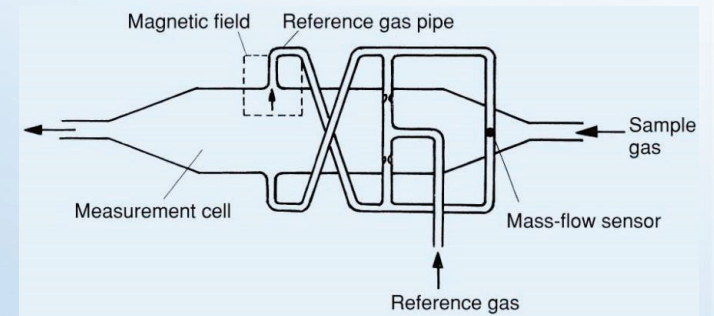
www.chromedia.org

Trasduttore
magnetomeccanico



www.e-safe-anaesthesia.org

Trasduttore
magneto-
pneumatico



www.fujielectric.com

I METODI DI RIFERIMENTO



Requisiti metrologici

- regolazione di azzeramento e verifica di taratura a ogni campagna
- gas di azzeramento = miscela certificata $< 0,05 \% v/v$
- gas di taratura = miscela certificata ($U_{rel} \leq 2\%$) o aria pulita ed essiccata ($20,9 \pm 0,1 \% v/v$)

I METODI DI RIFERIMENTO



Prestazioni

Campo di validazione: 3-21 % v/v (con tempo di misurazione 30')

Incertezza permessa: la maggiore tra $U_{rel} \leq 6\%$ su base secca e $U \leq 0,3\%$ v/v

I METODI DI RIFERIMENTO

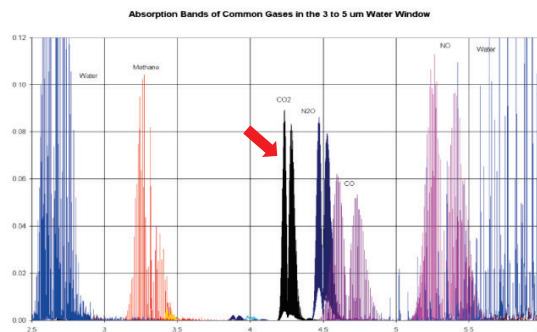


Biossido di carbonio

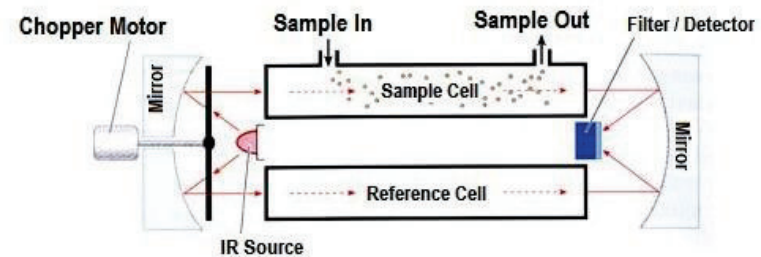
RM = UNI CEN/TS 17405:2020

Principio

Analisi strumentale con analizzatori NDIR, dopo filtrazione e deumidificazione del flusso di campionamento



www.edinburghsensors.com



www.instrumentationtools.com

I METODI DI RIFERIMENTO



Requisiti metrologici

- regolazione di azzeramento e verifica di taratura prima e dopo ogni campagna
- gas di azzeramento = azoto o aria purificati ($\text{CO}_2 < 10^{-4}$)
- gas di taratura = miscela certificata ($U_{\text{rel}} \leq 2\%$) con concentrazione tra 50 e 90% f.s. per scopi regolamentari

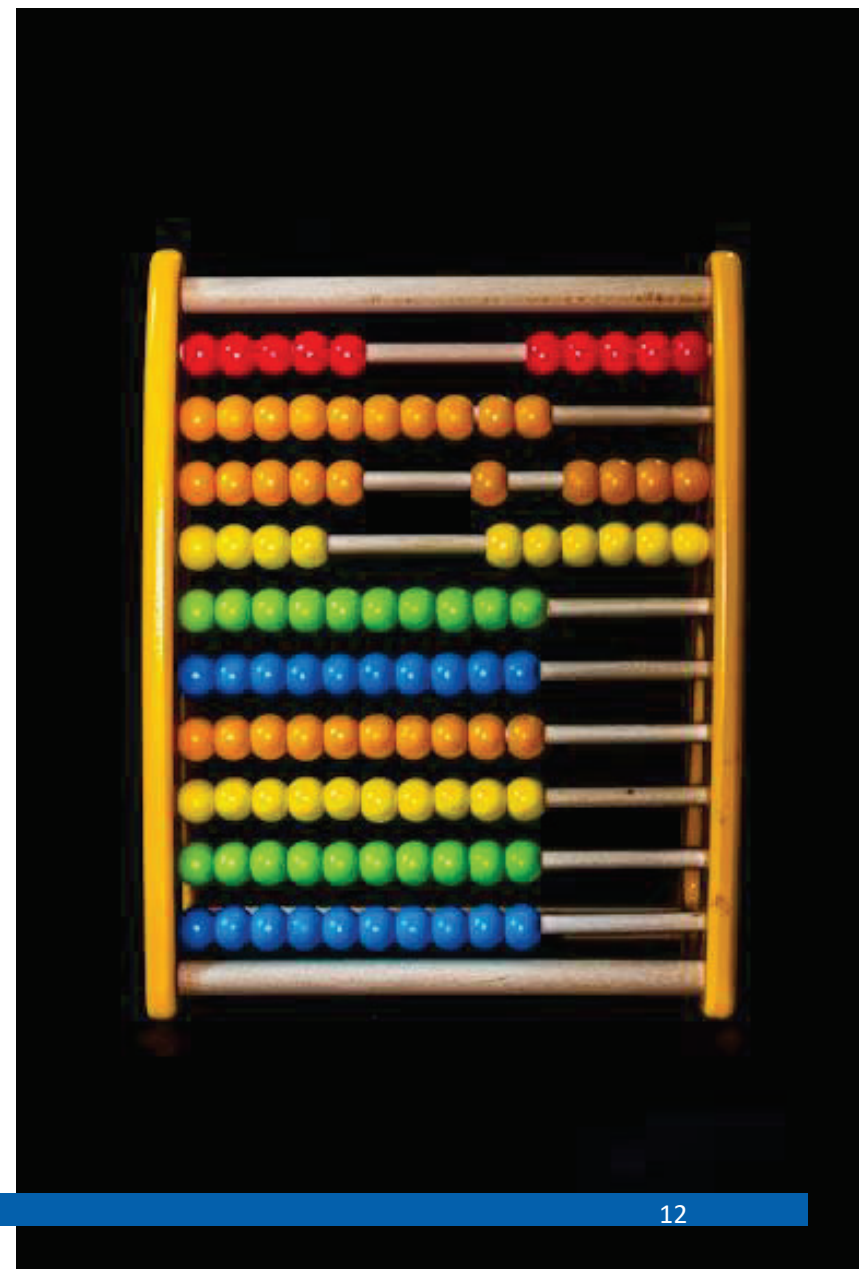
Prestazioni

incertezza permessa: la maggiore tra $U_{\text{rel}} \leq 6\%$ e $U \leq 0,3 \% \text{ v/v}$

Dai valori dell'incertezza permessa, si deduce che...

... il metodo di riferimento è stato validato per determinare il contenuto di CO₂ nei fumi di combustione

... non in effluenti costituiti da aria (0,05% di CO₂)



I METODI DI RIFERIMENTO



Portata **RM = UNI EN ISO 16911-1:2013**

Principio

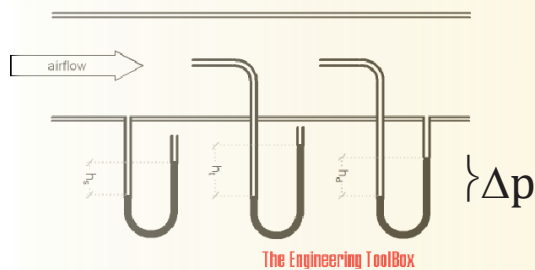
Misura della velocità di flusso assiale con anemometri portatili 1) a pressione differenziale o 2) ad alette; misurazione a reticolo; nei condotti circolari, misurazione con schema tangenziale

Sono inoltre descritti tre metodi indiretti: diluizione di un tracciante; tempo di transito di un tracciante; calcolo dal consumo di combustibile

I METODI DI RIFERIMENTO



Anemometro a pressione differenziale



www.engineeringtoolbox.com



www.mrclab.com

$$\text{velocità (m/s)} = k \cdot \sqrt{2 \cdot \Delta p / \rho}$$

Δp = pressione differenziale (Pa)

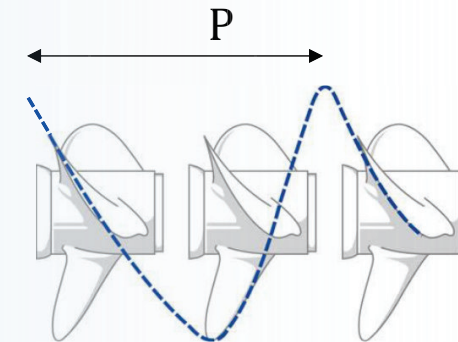
ρ = densità del gas (kg/m^3)

$k \approx 1$ (Pitot L); 0,8 (Pitot S)

Anemometro ad alette



www.testo-direct.ca



www.bblades.com

$$\text{velocità (m/s)} = P \cdot \omega$$

ω = velocità angolare (s^{-1})

P = passo dell'elica (m)

I METODI DI RIFERIMENTO



Anemometro a pressione differenziale

Applicabile con $\Delta p \geq 5 \text{ Pa}$

(considerando la densità dell'aria a 20 °C, corrispondono a circa 3 m/s)

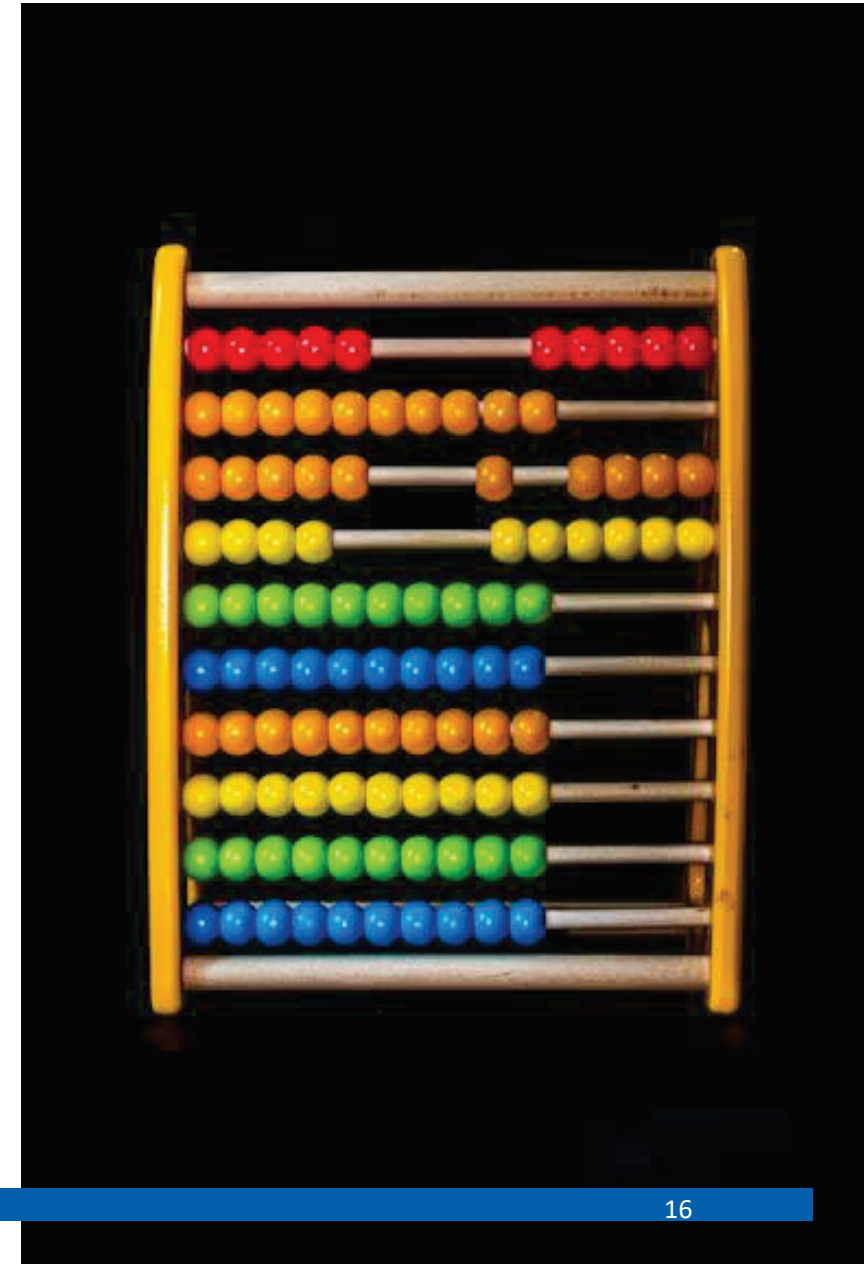
Anemometro ad alette

Applicabile con $\Delta p < 5 \text{ Pa}$

Sotto 5 m/s garantisce misure più accurate dei Pitot
Non impiegabile con flussi polverosi (max 50 mg/m³; usura delle eliche)

Se ne deduce che...

... misurando valori di pressione differenziale inferiori a 5 Pa con anemometri a tubo di Pitot, sul rapporto di prova dovrebbe essere riportato un risultato < alla portata calcolata con $\Delta p = 5 \text{ Pa}$



I METODI DI RIFERIMENTO



Anemometri a pressione differenziale

Prestazioni strumentali:

- ripetibilità_{in galleria del vento} < 1%
- linearità_{in galleria del vento} < 2%
(almeno 5 punti di prova)
- $U_{taratura}$ < 2% f.s.
- effetto dell'angolo < 3% per inclinazione di 15°

Anemometro ad alette

Prestazioni strumentali:

- velocità minima 0,2-0,5 m/s
- U_{misura} da 0,02 a 0,08 m/s

I METODI DI RIFERIMENTO



Il metodo consiglia l'uso del Pitot di tipo S per 1) piccole porte di accesso, 2) flussi con abbondante fase condensata, 3) sonde integrate (es. con filtro per campionamento di polveri)



www.paulgothe.com

Per flussi ciclonici, è invece raccomandato l'impiego di Pitot 3D o 2D (ma anche di tipo S)



www.environsupply.com

I METODI DI RIFERIMENTO



Requisiti metrologici in campo per anemometri a pressione differenziale

- ripetibilità $\leq 5\%$
- angolo della sonda rispetto al piano $\leq 10^\circ$
- angolo della sonda rispetto al flusso $< 15^\circ$ (oltre, bisogna calcolare il modulo della componente assiale)
- accuratezza di posizionamento $\leq 10\%$ distanza tra punti adiacenti
- ingombro della sonda $\leq 5\%$ del piano di misurazione

I METODI DI RIFERIMENTO



Altri **requisiti metrologici** per anemometri a pressione differenziale

- U_{taratura} del sensore di temperatura $\leq 1\%$
- U_{taratura} del sensore di pressione \leq il più alto tra 20 Pa e 1%
- U della densità del gas $\leq 50 \text{ g/m}^3$

Requisiti metrologici per la misurazione del diametro

- misurato su ogni linea di campionamento con strumento laser o barra di misurazione rigida (nel secondo caso, occorre considerare l'effetto della dilatazione termica)
- $U_{\text{area sezione di misura}} \leq 2\%$

I METODI DI RIFERIMENTO



Calcolo della densità del gas

$$\rho \text{ (g/m}^3\text{)} = M_{\text{medio}} \cdot p_{\text{condotto}} / R \cdot T_{\text{condotto}}$$

$$(R = 8,3 \text{ m}^3 \text{ Pa K}^{-1} \text{ mol}^{-1})$$

$$M_{\text{medio}} \text{ in g/mole} = (18 \cdot c_{\text{H}_2\text{O}} + 32 \cdot c_{\text{O}_2} + 44 \cdot c_{\text{CO}_2} + 28 \cdot c_{\text{N}_2}) / 100$$

c = % v/v della sostanza

c_{N_2} ottenuta come complemento a 100

I METODI DI RIFERIMENTO



Esempio: combustione di metano con 5% di eccesso d'aria
Composizione dei fumi = 18,2% di H₂O / 0,9% di O₂ / 9,1% di CO₂ /
71,8% di N₂

M_{gas} calcolato = 27,7 g/mole

Poiché M_{aria} = 28,9 g/mole $\rho_{\text{aria}} / \rho_{\text{gas}} = 1,043$

e quindi $\text{velocità}_{\text{gas}} / \text{velocità}_{\text{aria}} = \sqrt{1,043} = 1,021$

usando M_{aria} si otterrebbe quindi una sottostima del 2,1%

I METODI DI RIFERIMENTO



Prestazioni

In studi di validazione per velocità dell'ordine di 20 m/s, sono state ottenute stime dell'incertezza estesa di 1 m/s (5-6%)

Le prestazioni migliori sono risultate quelle degli anemometri ad alette e dei Pitot tipo L

Le prestazioni peggiori sono risultate quelle dei Pitot 2D

I METODI DI RIFERIMENTO



Polveri **RM = UNI EN 13284-1:2017**

Principio

Campionamento isocinetico con reticolo di misurazione; pesata del particolato trattenuto dal filtro e di quello recuperato mediante lavaggio degli elementi a monte del filtro (per valori di 5 mg/m^3 , il lavaggio contribuisce per il 10-30%)

Sono previsti due schemi: filtro nel condotto e filtro esterno

I METODI DI RIFERIMENTO



- filtro nel condotto, applicabile a flussi non saturi e da 1 a 3 m³/h
- filtro esterno, con sonda e filtro riscaldati alla temperatura del condotto, applicabile per flussi fino a 10 m³/h (con filtri di grande diametro)



www.paulgothe.com

I METODI DI RIFERIMENTO



Se non si dispone di sonda isocinetica automatica, bisogna regolare la pompa fino a misurare un flusso Q derivato da quello isocinetico calcolato (Q_{is}) nel modo seguente:

$$Q = Q_{is} (100 - w) T_{contatore} P_{condotto} / (100 - w') T_{condotto} P_{contatore}$$

w = % v/v di acqua nell'effluente

w' = % v/v di acqua nel flusso misurato

I METODI DI RIFERIMENTO



Filtri ammessi

- nitrocellulosa fino a 125 °C (bassa capacità filtrante)
- PTFE fino a 230 °C (non rilascia fibre, ma si deforma in forno ed è soggetto a cariche elettrostatiche)
- quarzo fino a 700 °C (elevata resistenza chimica ma scarsa resistenza meccanica)
- fibra di vetro, fino alla temperatura indicata dal fornitore (dipende dai leganti organici); reagisce con composti acidi

I METODI DI RIFERIMENTO



Requisiti metrologici

- durata di campionamento $\geq 30'$
- angolo dell'ugello rispetto al flusso $\leq 10^\circ$
- grado di isocinetismo tra 95 e 115%
- U_{rel} della temperatura $\leq 2\%$
- U_{rel} della pressione $\leq 2\%$
- U_{rel} del volume del gas $\leq 5\%$
- valore del bianco di campo inferiore al maggiore tra il 10% del limite e $0,5 \text{ mg/m}^3$ (usando V_{medio} di campionamento)

I METODI DI RIFERIMENTO



- volume minimo campionato = $10 \cdot U_{\text{pesata}} / \text{valore limite}$
- bilancia con risoluzione da 0,01 mg a 0,1 mg

Prestazioni

Campo di applicazione: $< 50 \text{ mg/Nm}^3$

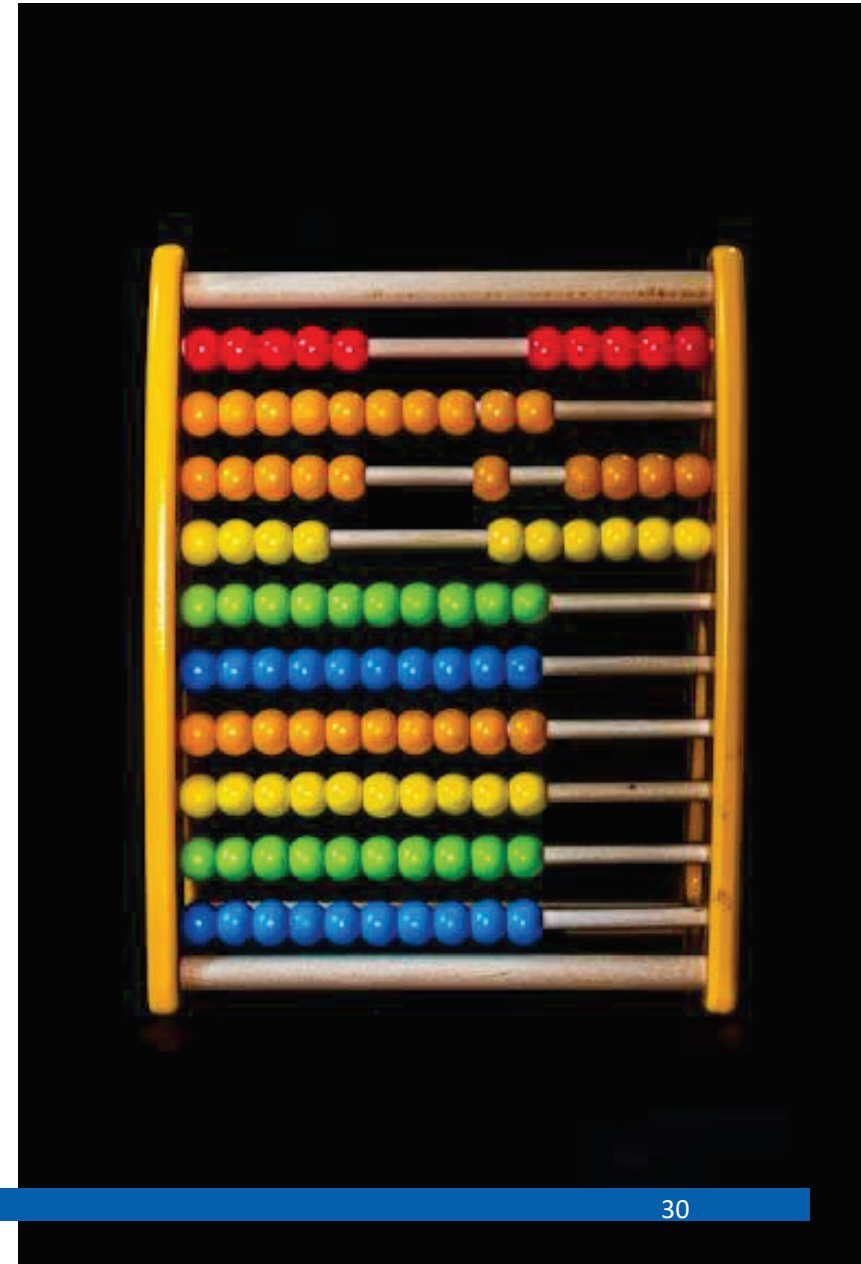
Incertezza permessa: $\leq 20\%$ del valore limite

$U_{\text{rel}} = 63\%$ a 6 mg/m^3 e $140 \text{ }^\circ\text{C}$

$U_{\text{rel}} = 43\%$ a $2,5 \text{ mg/m}^3$ e $60 \text{ }^\circ\text{C}$

Se ne deduce che...

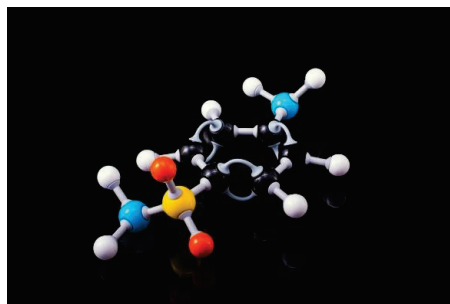
... nella misurazione delle polveri,
l'incertezza dipende molto dalle
caratteristiche del flusso ed è
realisticamente sempre superiore al
30% del risultato



I METODI DI RIFERIMENTO

Art. 268

Composto organico: *qualsiasi composto contenente almeno l'elemento carbonio e uno o più degli elementi idrogeno, alogeni, ossigeno, zolfo, fosforo, silicio o azoto, ad eccezione degli ossidi di carbonio e dei carbonati e bicarbonati inorganici*



I METODI DI RIFERIMENTO

Art. 268

Composto organico volatile (COV): *qualsiasi composto organico che abbia a 293,15 K una pressione di vapore di 0,01 kPa o superiore, oppure che abbia una volatilità corrispondente in condizioni particolari di uso*



... è considerata come COV la frazione di creosoto che alla temperatura di 293,15 K ha una pressione di vapore superiore a 0,01 kPa

I METODI DI RIFERIMENTO

UNI CEN/TS 13649:2015

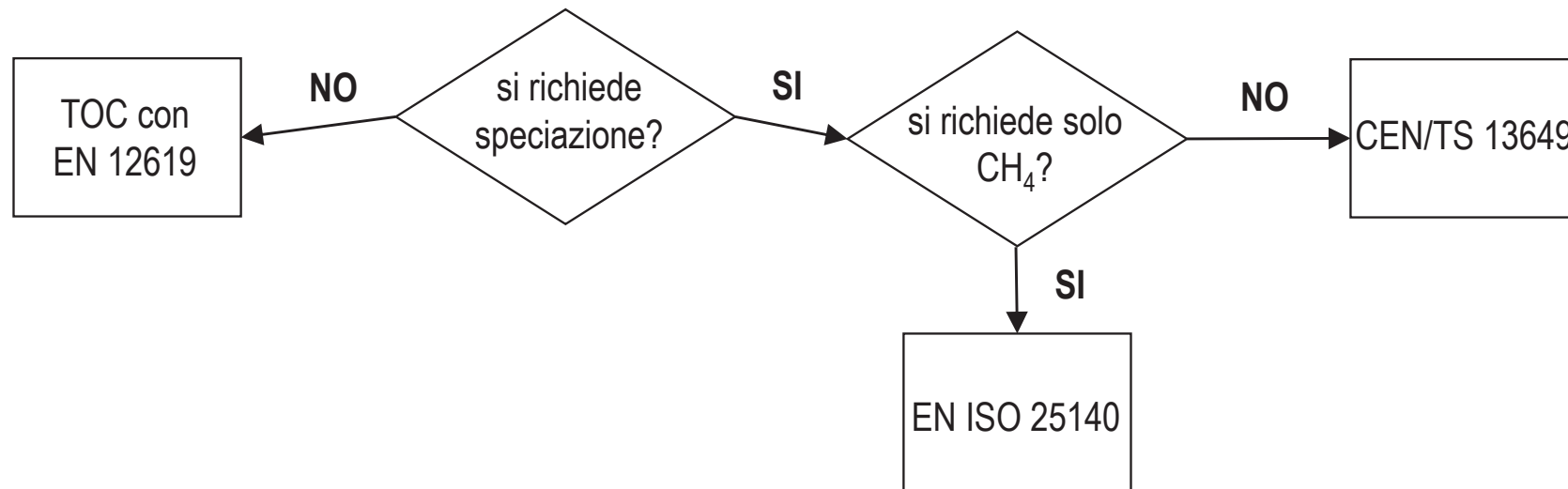
Determinazione della concentrazione in massa di **singoli composti** organici in forma gassosa

UNI EN 12619:2013

Determinazione della concentrazione di massa del **carbonio** organico **totale** in forma gassosa

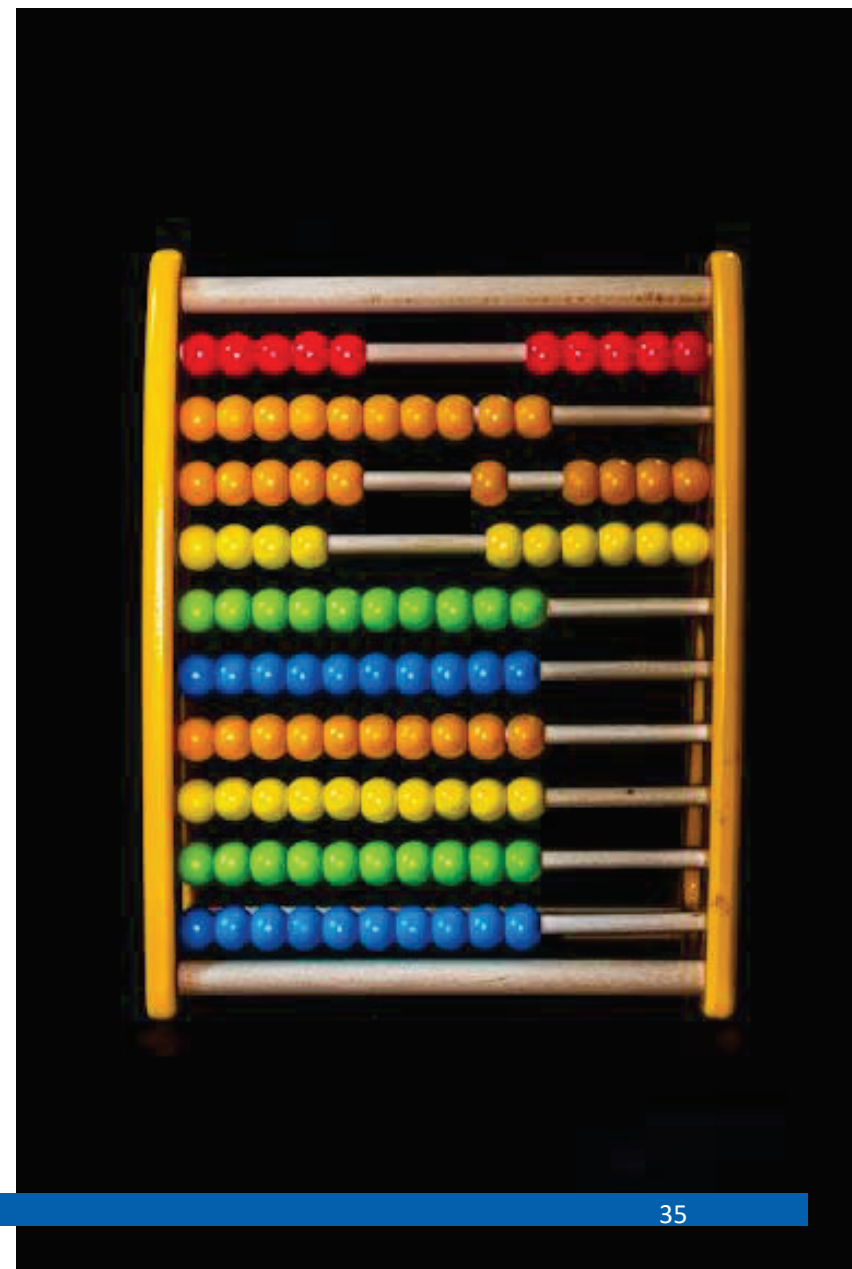
I METODI DI RIFERIMENTO

CEN/TS 13649: *Questa specifica tecnica non è idonea alla misura del carbonio organico totale (TOC). Per la determinazione in massa del carbonio organico totale è applicabile la EN 12619*



Se ne deduce che...

... la concentrazione di cloroformio, ad esempio, può essere misurata solo con CEN/TS 13649 e deve essere espressa come mg/Nm^3 di CHCl_3 , non come mg/Nm^3 di carbonio (nel secondo caso sarebbe 10 volte inferiore)



I METODI DI RIFERIMENTO



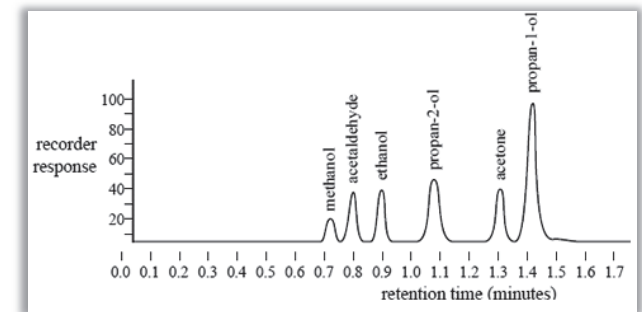
COV

UNI CEN/TS 13649:2015

(non dichiarato RM; manca validazione in campo)

Principio

Captazione su adsorbente solido, previa filtrazione e raffreddamento del flusso di campionamento se $> 40\text{ }^{\circ}\text{C}$; estrazione con solvente o desorbimento termico; analisi GC-FID o GC-MS (taratura esterna su 5 punti)



dynamicscience.com.au

I METODI DI RIFERIMENTO

Effluenti umidi richiedono diluizione del flusso di campionamento con aria secca o azoto



Diluitore dinamico



www.gastec.co.jp

Sistema per diluizione statica



www.skcltd.com

I METODI DI RIFERIMENTO

Desorbimento chimico: 100 mg di carboni attivi e altri 50 mg come strato di guardia; per l'estrazione è indicato CS₂ o altro solvente che garantisca un'efficienza di estrazione > 80%



Termodesorbimento: polimeri porosi (es. Tenax); doppio tubo in serie (manca lo strato di guardia)

I METODI DI RIFERIMENTO



Requisiti metrologici

- flusso di campionamento: 0,1-0,5 l/min per fiale di tipo A e 0,01-0,1 l/min per fiale di tipo B
- volumi tipici di campionamento: 10-50 l per fiale di tipo A e 1-5 l per fiale di tipo B
- U_{rel} della temperatura $< 2,5$ °C
- U_{rel} della pressione $< 1\%$
- U_{rel} del volume del gas $< 5\%$
- U_{rel} flusso di campionamento $< 5\%$

I METODI DI RIFERIMENTO



- 1 bianco di campo giornaliero fino a 6 campioni
- 2 bianchi di campo giornalieri fino a 10 campioni
- 3 bianchi di campo giornalieri per più di 10 campioni
- valore del bianco < 10% del valore limite
- inquinante nella guardia o nella seconda fiala < 5%
- fiale trasportate all'ombra e a < 25 °C

Prestazioni

Campo di applicazione: estrazione con solvente > 0,5 mg/m³;
termodesorbimento > 0,005 mg/m³

I METODI DI RIFERIMENTO

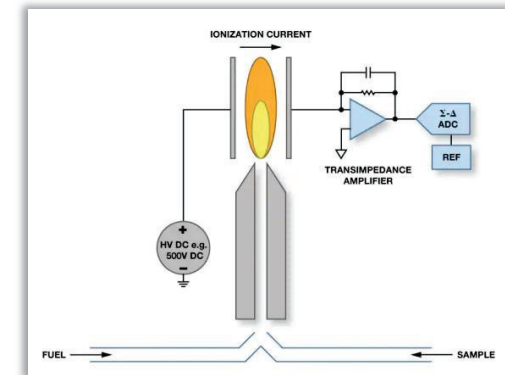


TOC

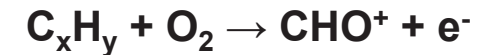
RM = UNI EN 12619:2013

Principio

Misura strumentale con analizzatori a rivelatore FID (rivelatore a ionizzazione di fiamma), con flusso di campionamento filtrato e riscaldato ad almeno 180 °C



www.digikey.com



I METODI DI RIFERIMENTO



Calcoli

I valori di concentrazione vanno corretti per il contenuto di vapor d'acqua (gas secco) solo se tale contenuto è $\geq 2\%$ v/v

I METODI DI RIFERIMENTO



Requisiti metrologici

- verifica di zero e di span prima di ogni giornata di lavoro ($\Delta < 2\%$ dello span)
- verifica di zero e di span dopo ogni giornata di lavoro ($\Delta < 5\%$ tuttavia, se $\Delta > 2\%$ bisogna correggere le misure)
- gas di zero = aria sintetica o aria purificata ($C < 0,2 \text{ mg/m}^3$ o purezza $> 99,998\%$)
- gas di span = miscela certificata di propano in aria sintetica ($U_{\text{rel}} \leq 2\%$) con concentrazione pari al valore limite o 50-90% del f.s. e stesso contenuto di O_2 del gas di zero

I METODI DI RIFERIMENTO



- ripetibilità con miscela di zero $\leq 2\%$ (annuale)
- ripetibilità con miscela di taratura $\leq 2\%$ (annuale)
- linearità $\leq 2\%$ (almeno 5 punti; annuale)
- influenza dell'ossigeno $\leq 2\%$ (confronto tra miscele a 10 e a 20% di O_2 sia a 0, sia alla concentrazione di span; annuale)

La massima sottostima si ha per $O_2 \sim 10\%$ v/v

Per effluenti con tali valori di ossigeno, il metodo raccomanda l'impiego di miscele di riferimento con il 10% di O_2

I METODI DI RIFERIMENTO



Prestazioni

Campo di applicazione: $\leq 1000 \text{ mg C/m}^3$

Incertezza estesa relativa:

superiore al 100% per valori $< 1 \text{ mg/m}^3$

50% tra 1 e 5 mg/m^3

30% tra 5 e 10 mg/m^3

20% tra 10 e 20 mg/m^3

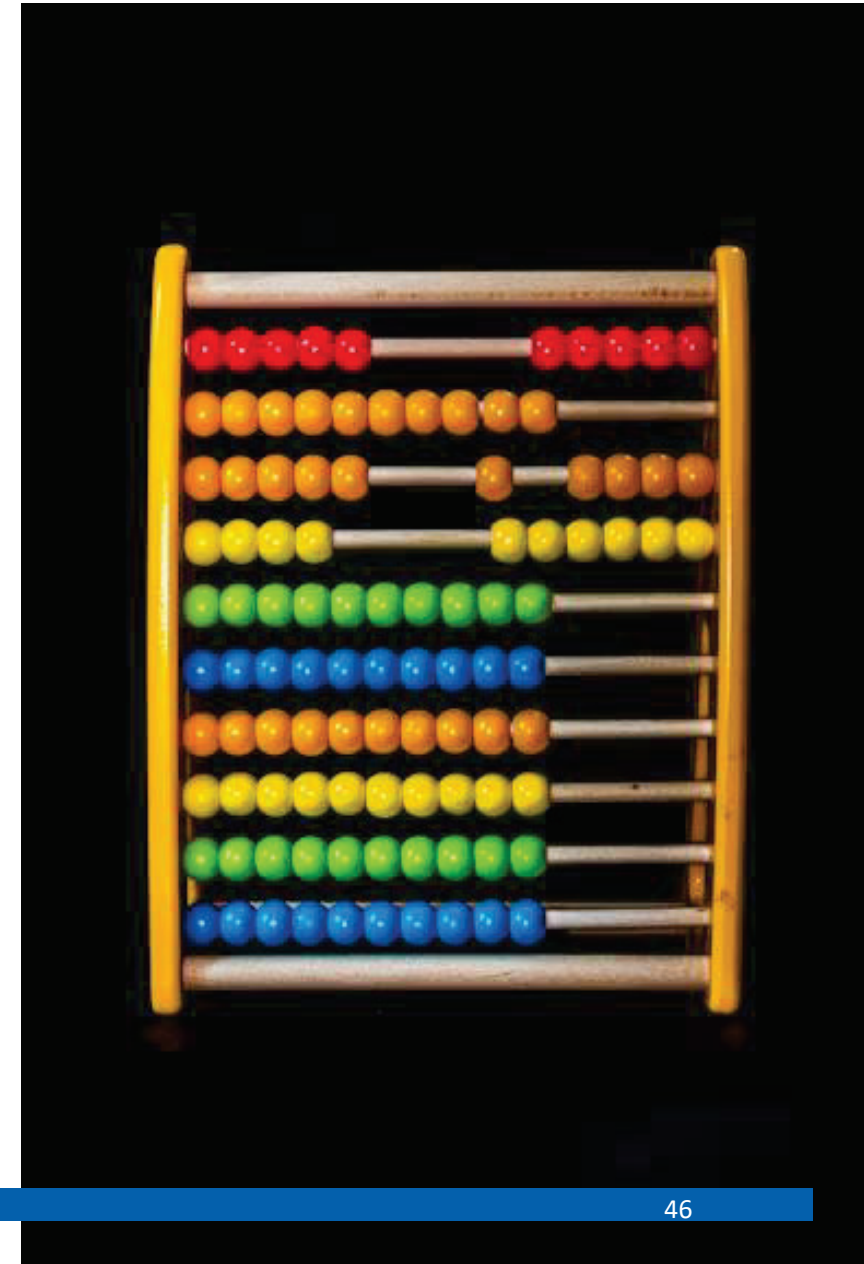


www.signalinstruments.com

Se ne deduce che...

... il metodo di riferimento è stato
validato per la verifica di limiti
superiori a 5 mg/Nm³ di carbonio

... e infatti nessun valore limite della
normativa di settore è inferiore a 10
mg/Nm³ di carbonio



I METODI DI RIFERIMENTO



Odore

UNI EN 13725:2022

(non dichiarato RM; si applica sia a sorgenti puntuali, sia a sorgenti areali)

Principio

Campionamento con pre-diluizione in gas neutro (N_2 o aria purificata) mediante raccolta in sacca; analisi sensoriale in laboratorio con olfattometro dinamico (è un diluitore dinamico del gas odorigeno con aria purificata)

I METODI DI RIFERIMENTO



Per l'art. 272-bis, l'autorizzazione può stabilire *concentrazioni massime di emissione odorigena espresse in unità odorimetriche (ou_E/m^3 o ou_E/s) per le fonti di emissioni odorigene dello stabilimento*

$1 ou_E/m^3$ = quantità di odorante in $1 m^3$ di gas neutro che è percepibile da metà degli esaminatori qualificati (per il n-butanolo equivale alla concentrazione $123 \mu g/m^3$); il risultato è il fattore di diluizione necessario a raggiungere $1 ou_E/m^3$

I METODI DI RIFERIMENTO



Calcoli

Le misure di odore in ou_E sono sempre riferite a 293 ± 2 K e 101,3 kPa su base umida (le *condizioni sono state scelte... per riflettere condizioni tipiche per la percezione degli odori. Ciò implica che i valori di concentrazione dell'odore misurati mediante olfattometria non sono di fatto corretti alle condizioni standard*)

La portata di odore in ou_E/s va invece calcolata impiegando la portata umida normalizzata a 293 K e 101,3 kPa

I METODI DI RIFERIMENTO

La sonda impiegata per la pre-diluizione in campo al fine di raffreddare il gas e di evitare la formazione di condensa deve rispondere ai requisiti di accuratezza e stabilità definiti mediante due parametri specifici:

- accuratezza della diluizione (A_d) $\leq 0,20$
- instabilità della diluizione (I_d) $\leq 5\%$



<https://scentroid.com>

I METODI DI RIFERIMENTO



Requisiti metrologici

- temperatura dell'effluente ≤ 200 °C
- attrezzatura riutilizzata solo dopo lavaggio con detergente alcalino, risciacquo con acqua e asciugatura con gas inerte
- materiali consentiti: PTFE, FEP, PET, PVF, PVDF, Ti, Al, acciaio inox passivato
- sacca avvinata almeno una volta con il 10-20% del volume
- tempo tra campionamento e analisi non più di 30 ore

Prestazioni: intervallo di misura tipico da 10 a 10^7 ou_E/m³

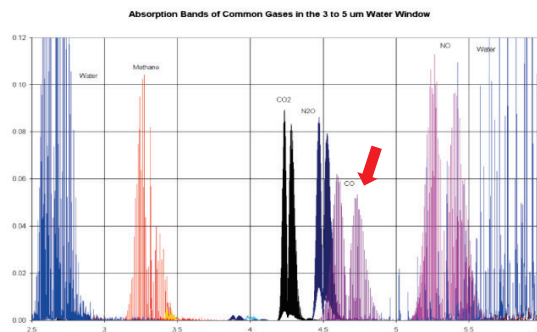
I METODI DI RIFERIMENTO



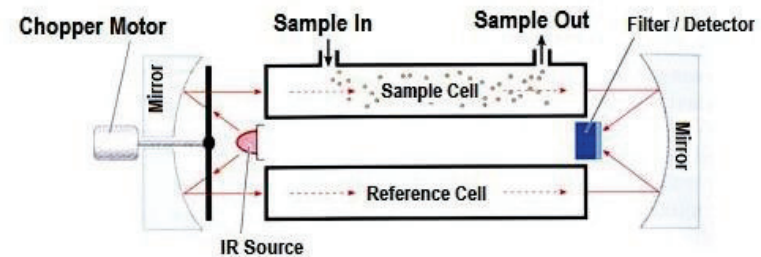
Monossido di carbonio RM = UNI EN 15058:2017

Principio

Analisi strumentale con analizzatori NDIR, previa filtrazione e deumidificazione del flusso di campionamento



www.edinburghsensors.com



www.instrumentationtools.com

I METODI DI RIFERIMENTO



Requisiti metrologici

- regolazione di azzeramento e verifica di taratura prima e dopo ogni campagna
- gas di azzeramento = azoto o aria depurata
- gas di taratura = miscela certificata ($U_{rel} \leq 2\%$) con concentrazione tra 50 e 90% f.s.

Prestazioni

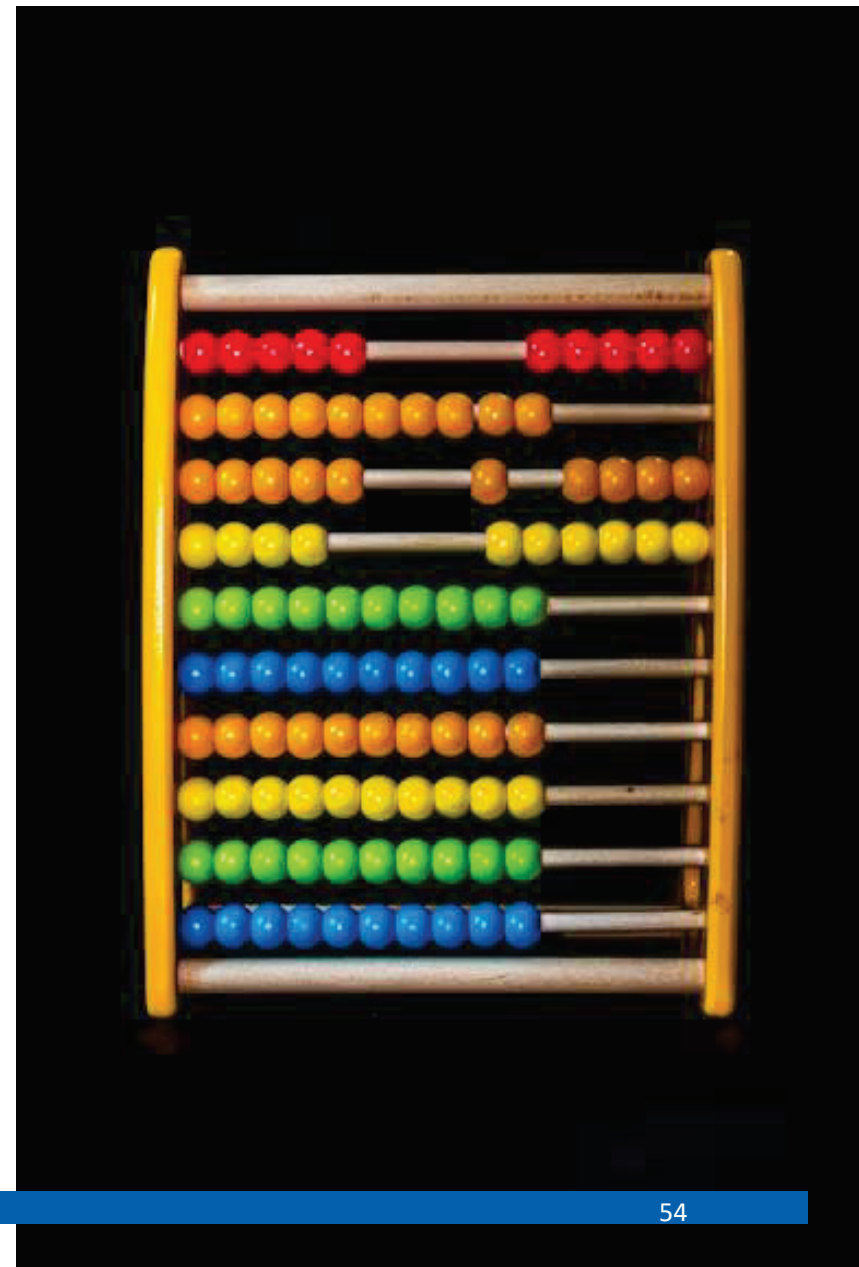
Metodo validato tra 0 e 740 mg/m³ con campionamenti di 30'

$U = 7 \text{ mg/m}^3 + 3\%$ della concentrazione

Se ne deduce che...

... il metodo di riferimento è stato
validato per la verifica di limiti
superiori a 25 mg/Nm^3 di CO

... e infatti i limiti della normativa di
settore sono tutti $\geq 50 \text{ mg/Nm}^3$ tranne
quello per piccoli impianti di
rigenerazione termica di glicoli etilenici



I METODI DI RIFERIMENTO

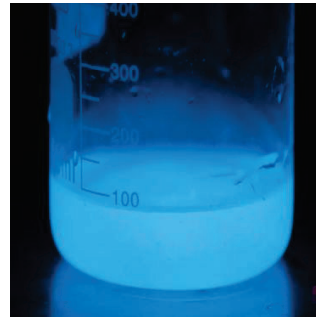
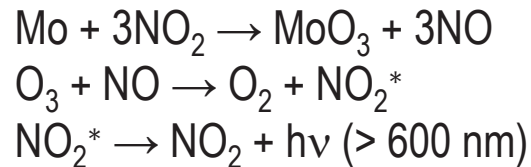


Ossidi di azoto

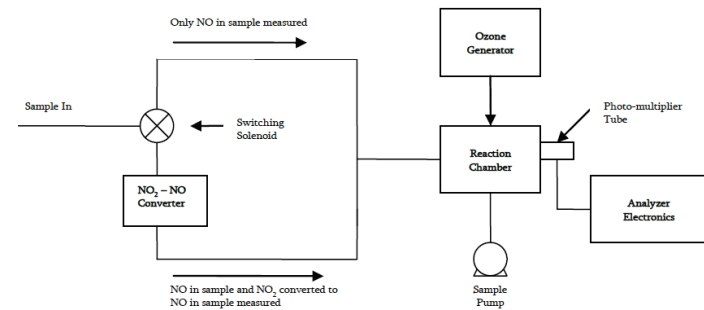
RM = UNI EN 14792:2017

Principio

Analisi strumentale con analizzatori a chemiluminescenza, previa filtrazione e deumidificazione del flusso di campionamento



www.echemi.com



da www.monsol.com

I METODI DI RIFERIMENTO



Convertitore: Mo (300-400 °C), acciaio A 316 L (650 °C) o quarzo (850 °C); sono impiegati anche C spettroscopicamente puro e tungsteno

NH₃ può interferire se > 20 mg/m³

Per ridurre l'influenza della CO₂, che tende a estinguere la chemiluminescenza, la camera di reazione è mantenuta a pressione ridotta

I METODI DI RIFERIMENTO



Requisiti metrologici

- efficienza del convertitore $\geq 95\%$
- regolazione di azzeramento e verifica di taratura prima e dopo ogni campagna
- gas di azzeramento = azoto o aria purificati
- gas di taratura = miscela certificata di NO oppure di NO/NO₂ ($U_{rel} \leq 2\%$) con concentrazione tra 50 e 90% f.s.

I METODI DI RIFERIMENTO



Prestazioni

Metodo validato tra 0 e 1300 mg/m³ come NO₂, con campionamenti di 30'

$U = 4,5 \text{ mg/m}^3 + 4\%$ della concentrazione

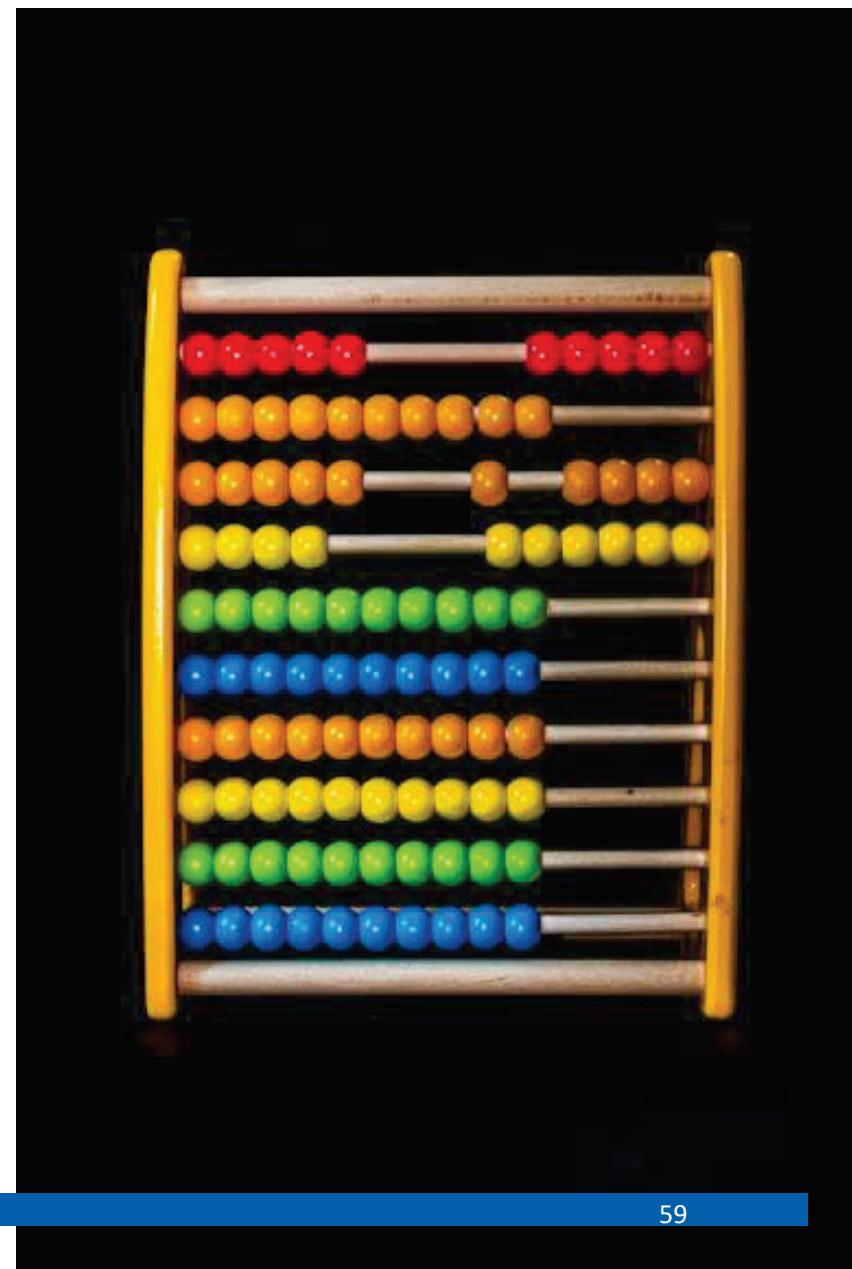


www.seitron.com

Se ne deduce che...

... il metodo di riferimento è stato
validato per la verifica di limiti
superiori a 15 mg/Nm^3 di NO_2

... e infatti nessun valore limite della
normativa di settore è inferiore a 50
 mg/Nm^3 di NO_2



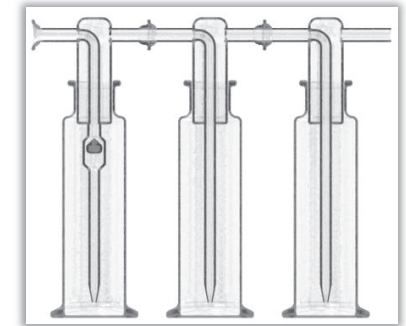
I METODI DI RIFERIMENTO



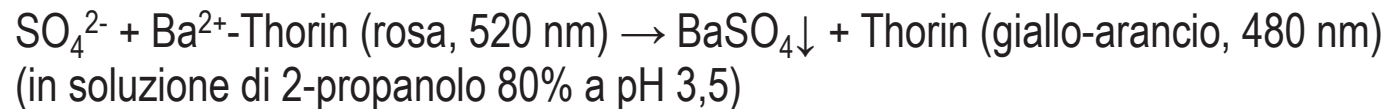
Biossido di zolfo RM = UNI EN 14791:2017

Principio

Campionamento e filtrazione a temperatura controllata (min 120 °C), con gorgogliamento in due stadi in H₂O₂ al 3% (ossidazione a SO₄²⁻); analisi della soluzione mediante 1) cromatografia ionica o 2) metodo Thorin (titolazione o fotometria)



www.paulgothe.com



I METODI DI RIFERIMENTO



Requisiti metrologici

- se l'effluente non è secco, il campionamento deve essere isocinetico
- flusso di campionamento da 0,06 a 0,2 m³/h
- U_{rel} del volume della soluzione assorbente $\leq 1\%$
- U_{rel} del contatore gas $\leq 5\%$
- U_{rel} della temperatura $\leq 2\%$
- U_{rel} della pressione $\leq 2\%$
- valore del bianco di campo $\leq 10\%$ del limite

I METODI DI RIFERIMENTO



Prestazioni

Metodo validato tra 0,5 e 2000 mg/m³ con campionamenti di 30'

L'analisi volumetrica è applicabile solo per concentrazioni di SO₄²⁻ > 1 mg/l, tuttavia $U = 2 \text{ mg/m}^3 + 17\%$ della concentrazione

Con analisi cromatografica, $U_{CI} = 7 \text{ mg/m}^3 + 14\%$ della concentrazione

Se ne deduce che...

... il metodo di riferimento è stato
validato per la verifica di limiti
superiori a 25 mg/Nm^3 di SO_2

... e infatti nessun valore limite della
normativa di settore è inferiore a 30 mg/Nm^3 di SO_2

