

EMISSIONI IN ATMOSFERA

**Corso base per l'esecuzione delle
misurazioni periodiche – terza parte**

Relatore: Fulvio Borrino

I METODI DI RIFERIMENTO

Art. 271, comma 17

In sede di rilascio... delle autorizzazioni ... l'autorità competente individua i metodi di campionamento e di analisi delle emissioni da utilizzare nel monitoraggio di competenza del gestore sulla base delle pertinenti

*norme tecniche **CEN** o, ove queste non siano disponibili...*

*norme tecniche **nazionali** [UNI], oppure, ove anche queste ultime non siano disponibili...*

*norme tecniche **ISO** o di altre norme internazionali o...*

*norme nazionali **previgenti***

I METODI DI RIFERIMENTO

Esempio di norma nazionale previgente

23-9-2000

Supplemento ordinario alla GAZZETTA UFFICIALE

Serie generale - n. 223

DECRETO 25 agosto 2000.

Aggiornamento dei metodi di campionamento, analisi e valutazione degli inquinamenti, ai sensi del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203.

IL MINISTRO DELL'AMBIENTE

DI CONCERTO CON

IL MINISTRO DELLA SANITÀ

E

IL MINISTRO DELL'INDUSTRIA, DEL COMMERCIO
E DELL'ARTIGIANATO

I METODI DI RIFERIMENTO

EN 15259

Metodo di riferimento (RM): *metodo di misurazione preso come riferimento per convenzione, che indica il valore di riferimento accettato del misurando*

Metodo di riferimento normalizzato (SRM): *metodo di riferimento prescritto dalla legislazione europea o nazionale*

I METODI DI RIFERIMENTO

Art. 271, comma 17

I controlli da parte dell'autorità... e l'accertamento del superamento dei valori limite di emissione sono effettuati sulla base dei metodi specificamente indicati nell'autorizzazione per il monitoraggio di competenza del gestore o, se l'autorizzazione non indica specificamente i metodi, sulla base di uno tra i metodi sopra elencati [EN, UNI, ISO], oppure attraverso un sistema di monitoraggio in continuo

I METODI DI RIFERIMENTO

Art. 271, comma 18

*... in caso di ricorso a metodi o a sistemi di monitoraggio diversi o non conformi alle **prescrizioni** della autorizzazione, i risultati della relativa applicazione non sono validi ai sensi ed agli effetti del presente titolo e si applica la pena prevista dall'articolo 279, comma 2-bis*

(violazione delle prescrizioni, ammenda da 1000 a 10000 €)

I METODI DI RIFERIMENTO

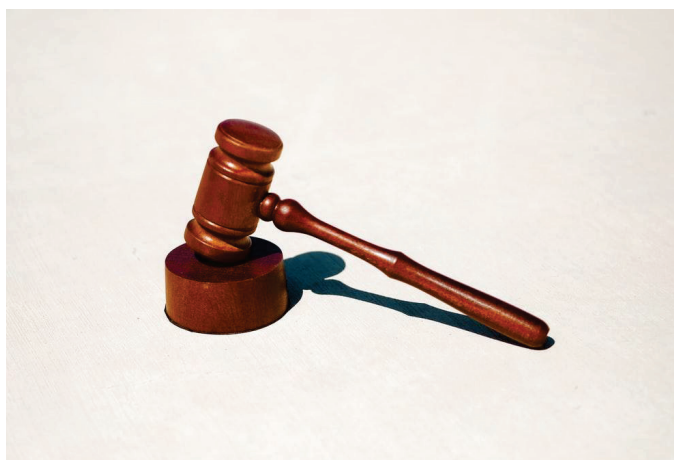
Art. 271, comma 20

*Si verifica un superamento dei valori limite di emissione, ai fini del reato di cui all'articolo 279, comma 2, **soltanto** se i controlli effettuati **dall'autorità**... accertano una difformità tra i valori misurati e i valori limite prescritti*

i tecnici di un laboratorio commerciale non sono agenti di polizia giudiziaria

I METODI DI RIFERIMENTO

Metodi prescritti per le misurazioni periodiche dagli allegati del Dlgs 152/06



I METODI DI RIFERIMENTO

Allegati 1 e 2 al Titolo III-bis alla Parte Quarta

Norme tecniche e valori limite di emissione per gli impianti di incenerimento di rifiuti e per gli impianti di coincenerimento



Temperatura, Pressione, Velocità, Portata	UNI EN ISO 16911:2013		
Umidità	UNI EN 14790:2006	Ossigeno	UNI EN 14789:2006
Acido Cloridrico	UNI EN 1911:2010	Acido Fluoridrico	ISO15713:2006
Ossidi di azoto	UNI EN 14792:2006	Ammoniaca	EPA CTM-027:1997
Biossido di zolfo	UNI EN 14791:2006	Monossido di carbonio	UNI EN 15058:2006
TOC	UNI EN 12619:2013	IPA	ISO 11338 -1 e 2:2003
Polveri	UNI EN 13284-1:2003	Mercurio	UNI EN 13211:2003
Metalli Pesanti	UNI EN 14385:2004	PCDD/PCDF	UNI EN 1948-1,2,3:2006
PCB-DI	UNI EN 1948-1,2,3,4:2010		

alcune delle norme tecniche citate sono ora in vigore in revisione successiva

I METODI DI RIFERIMENTO

Allegato III alla Parte Quinta

Emissioni di composti organici volatili

Velocità e portata	UNI 10169
COV (singoli composti)	UNI EN 13649
COV (concentrazione < 20 mg/m ³)	UNI EN 12619
COV (concentrazione ≥ 20 mg/m ³)	UNI EN 13526



UNI 10169:2001 ritirata e sostituita da UNI EN ISO 16911-1:2013

UNI EN 13526:2002 ritirata e sostituita da UNI EN 12619:2013

I METODI DI RIFERIMENTO

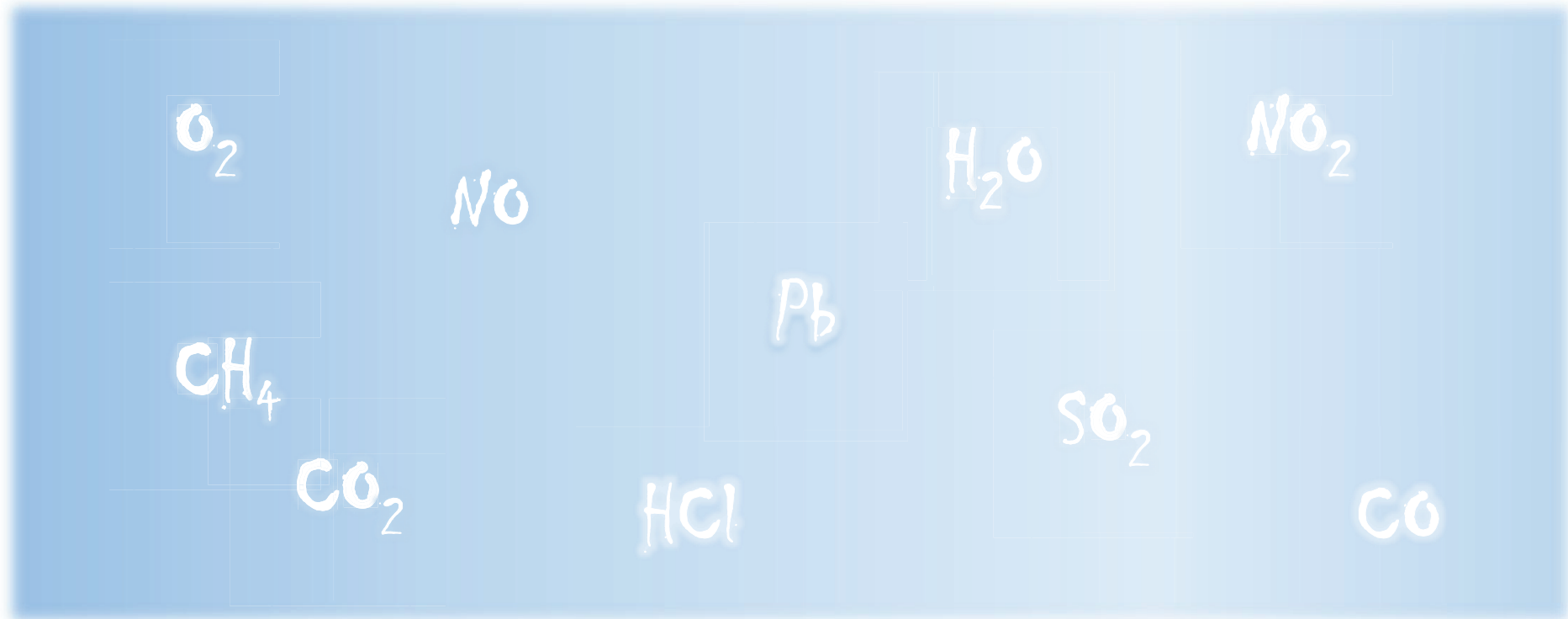
Allegato IX alla Parte Quinta

Impianti termici civili

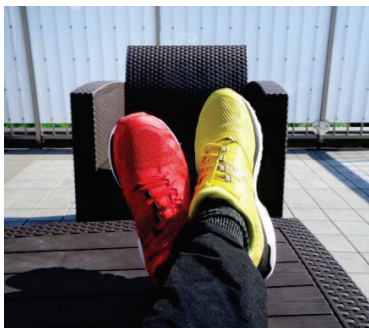
UNI EN 13284-1	(polveri)
UNI EN 14792:2017	(ossidi di azoto)
UNI EN 15058:2017	(monossido di carbonio)
UNI 10393	(ossidi di zolfo; ritirata senza sostituzione)
UNI EN 12619	(carbonio organico totale)
UNI EN 1911-1,2,3	(composti inorganici del cloro sotto forma di gas o vapori; nella revisione attuale le parti sono state riunite)



I METODI DI RIFERIMENTO



METODI ALTERNATIVI EQUIVALENTI



EN 14793:2017

*La presente norma europea specifica una procedura per dimostrare l'**equivalenza** di un metodo alternativo (AM) ad un metodo di riferimento (RM) o al metodo di riferimento normalizzato (SRM), entrambi implementati per determinare lo stesso misurando*

METODI ALTERNATIVI EQUIVALENTI

La dimostrazione di equivalenza è un processo in tre fasi:

1. descrizione del metodo alternativo e definizione del campo di applicazione (misurando, matrici gassose, campo di misura)
2. determinazione delle prestazioni, calcolo dell'incertezza estesa e confronto con la massima incertezza consentita dal RM

METODI ALTERNATIVI EQUIVALENTI

3. verifica di ripetibilità ed esattezza, in campo o presso un banco di prova riconosciuto, rispetto al RM (misurazioni parallele)

Almeno **30** misurazioni parallele, di cui almeno il 30% dall'estremo inferiore al 20% del campo di misura e almeno il 30% nel terzo più alto del campo di misura

I valori erratici devono essere individuati con il test di Grubbs

METODI ALTERNATIVI EQUIVALENTI

- La precisione è adeguata se $s_{\text{rip.}} \leq S_{\text{rip. del RM}}$

Linearità ed esattezza sono verificate ottenendo una curva x-y con x = risultati del RM e y = risultati del metodo alternativo:

- la linearità è adeguata se $r \geq 0,97$
- l'esattezza è adeguata se $\text{intercetta} \leq s_{\text{rip. del RM}}(Z)$ e
 $\text{pendenza} = 1 \pm s_{\text{rip. del RM}}(Z)/Z$

dove Z è il valore medio del campo di misura

(se il RM non indica $s_{\text{rip. del RM}}(Z)$ lo si considera = $U_{\text{permessa}}/2$)

IL RAPPORTO DI MISURAZIONE

Il **rapporto di misurazione** richiesto da UNI EN 15259:2008, oltre alle informazioni necessarie per la redazione del rapporto di prova, include:

- la definizione dell'obiettivo delle misurazioni
- la descrizione del piano di misurazione
- l'identificazione del sito e della sezione di misurazione
- le condizioni operative del processo durante le misure inclusi i sistemi di trattamento dei gas



IL RAPPORTO DI MISURAZIONE

- le informazioni su come accedere ai dati originali
- le procedure di calcolo
- la giustificazione di qualsiasi deviazione dal piano di misurazione
- la giustificazione di qualsiasi deviazione dai requisiti di EN 15259
- le ulteriori informazioni previste dai singoli metodi impiegati



L' INCERTEZZA DI MISURA

Allegati 1 e 2 al Titolo III-bis alla Parte Quarta

impianti di incenerimento di rifiuti e di coincenerimento

Definiscono i valori degli intervalli di fiducia al 95% dei risultati delle sole misurazioni **automatiche** come percentuali dei valori limite:

Polveri totali	30%	Carbonio organico totale	30%
Acido cloridrico	40%	Acido fluoridrico	40%
Biossido di zolfo	20%	Biossido di azoto	20%
Monossido di carbonio	10%	Ammoniaca	30%

L' INCERTEZZA DI MISURA

Allegato II alla Parte Quinta

Grandi impianti di combustione

Definisce i valori degli intervalli di fiducia al 95% dei risultati delle sole misurazioni **automatiche** come percentuali dei valori limite:

Polveri totali	30%
Monossido di carbonio	10%
Biossido di zolfo	20%
Ossidi di azoto	20%

L' INCERTEZZA DI MISURA

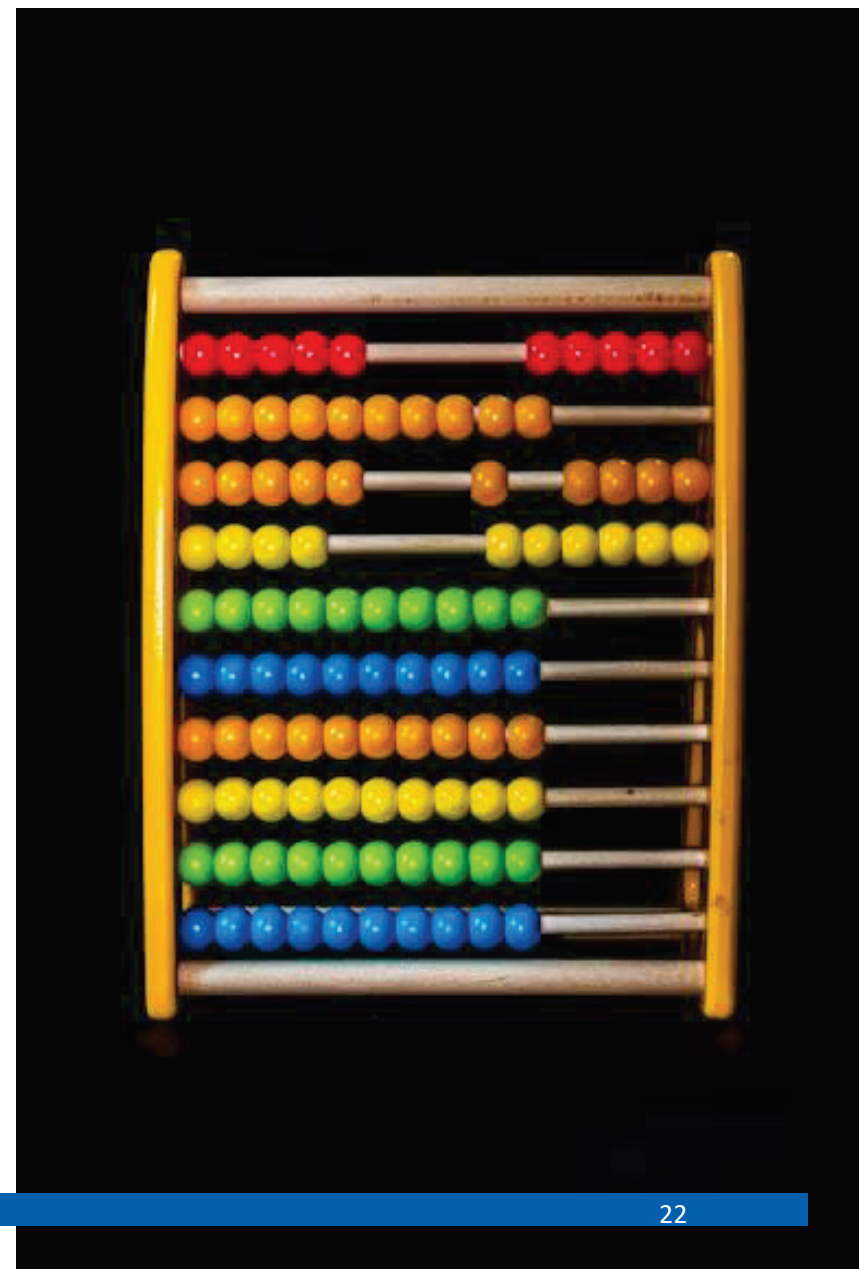
Per i metodi manuali non esistono requisiti di legge, mentre alcune norme tecniche riportano il valore massimo di incertezza permesso

Molte autorizzazioni, riferendosi al manuale Unichim 158, richiedono un'incertezza massima del 30%



L'incertezza del risultato è un elemento coinvolto nella verifica di conformità: se ne deduce che...

i valori di incertezza relativa prescritti dall'autorizzazione si riferiscono sempre solo al livello corrispondente al valore limite

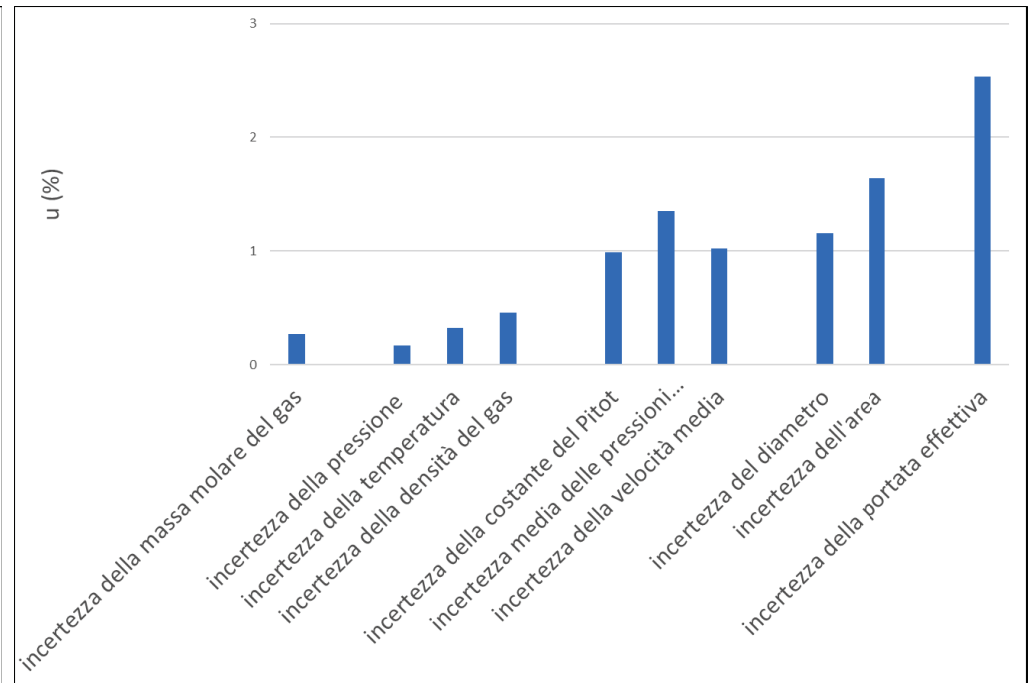
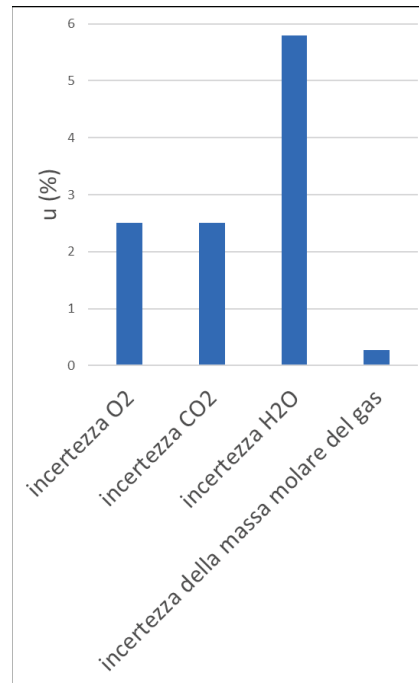


L' INCERTEZZA DI MISURA

Bilancio di incertezza tratto da UNI CEN/TR 17078:2018

Linee guida per l'applicazione della EN ISO 16911-1

Misura con Pitot L in
condotto $\phi = 4,5$ m;
20 punti su due diametri,
5 misure per punto;
 $v_{\text{media}} = 31$ m/s,
 $t = 110$ °C.



L' INCERTEZZA DI MISURA

LAT 187T

Settore / Calibration field		(SLN-15) Righe (aste graduate, stecche metriche, bindelle)					
Strumento <i>Instrument</i>	Misurando <i>Measurand</i>	Condizioni <i>Additional parameters</i>	Campo di misura <i>Measurement range</i>	Incertezza ⁽¹⁵⁾ ⁽¹⁶⁾ <i>Uncertainty</i>		Metodo/Procedura <i>Method / Procedure</i>	Sede <i>Location</i>
				U_1	U_2		
Righe rigide	Lunghezza	n.a.	da 0,1 mm a 2 m	66 μ m	$50 \cdot 10^{-6} \cdot L$	Metodo interno. Taratura tramite macchina monoassiale	A
Metri a nastro Righe semirigide Stecche e bindelle metriche Righe ed aste graduate	Lunghezza	n.a.	da 0,1 mm a 100 m	66 μ m	$50 \cdot 10^{-6} \cdot L$		

Da notare che il contributo all'incertezza associato all'unità di formato (10 mm) è 2,9 mm e indipendente dalla temperatura d'uso e che il contributo dovuto alla dilatazione termica può essere quello dominante: un'asta centimetrata di alluminio tarata a 20 °C e impiegata per misurare un diametro di 2 m in un flusso a 200 °C si allungherebbe di 8,6 mm

L' INCERTEZZA DI MISURA

I distanziometri laser

- 1) non possono essere introdotti in condotti caldi
- 2) richiedono una superficie di appoggio piana
- 3) forniscono misure molto meno precise di quanto suggeriscano le cifre del *display* (le accuratezze dichiarate variano da ± 1 mm a ± 5 mm)



da www.sola.at

L' INCERTEZZA DI MISURA

LAT 157T

Area metrologica <i>Metrological area</i>		Velocità dell'aria					
Settore / <i>Calibration field</i>		(SVA-01) Anemometri					
Strumento <i>Instrument</i>	Misurando <i>Measurand</i>	Condizioni <i>Additional parameters</i>	Campo di misura <i>Measurement range</i>	(3)	Incertezza <i>Uncertainty</i>	Metodo/Procedura <i>Method / Procedure</i>	Sede <i>Location</i>
Anemometri a filo caldo, a elica, a mulinello, ad ultrasuoni, ogni altro tipo ad indicazione diretta	Velocità dell'aria	n.a.	da 1,0 m/s a 1,2 m/s		8 %	Metodo interno. Taratura per confronto con campione di riferimento	A
			da 1,2 m/s a 1,5 m/s		6 %		
			da 1,5 m/s a 2 m/s		4 %		
			da 2 m/s a 3 m/s		3 %		
			da 3 m/s a 5 m/s		2 %		
			da 5 m/s a 40 m/s	(◇)	1,8 %		
Anemometri a tubo di Pitot, Prandtl, Göthe, Darcy	Velocità dell'aria	n.a.	da 1,0 m/s a 1,2 m/s		4,5 %	Metodo interno. Taratura per confronto con campione di riferimento	A
			da 1,2 m/s a 1,5 m/s		4,5 %		
			da 1,5 m/s a 2 m/s		4,5 %		
			da 2 m/s a 3 m/s		4,5 %		
			da 3 m/s a 5 m/s		4,5 %		
			da 5 m/s a 40 m/s	(◇)	1,0 %		

incertezza di v

incertezza di k

L' INCERTEZZA DI MISURA

LAT 262T

Settore / Calibration field (SPR-02) Trasduttori di pressione in mezzo gassoso in condizione relativa/assoluta							
Strumento <i>Instrument</i>	Misurando <i>Measurand</i>	Condizioni <i>Additional parameters</i>		Campo di misura ⁽¹⁾ <i>Measurement range</i>	Incertezza <i>Uncertainty</i>	Metodo/Procedura <i>Method / Procedure</i>	Sede <i>Location</i>
Trasduttori di pressione	Pressione	Temperatura ambiente: (23 ± 1) °C	Condizione assoluta	da 40 kPa a 60 kPa (◇)	4,1 Pa	Metodo interno. Taratura per confronto con campione di riferimento	barometri (pressione assoluta) manometri differenziali
				da 60 kPa a 80 kPa	4,7 Pa		
				da 80 kPa a 100 kPa	5,3 Pa		
				da 100 kPa a 120 kPa	5,7 Pa		
				da 120 kPa a 140 kPa	6,3 Pa		
			Condizione relativa	da p_{atm} a 2 kPa (◇)	1,1 Pa		
da 2 kPa a 6 kPa	1,2 Pa						

Settore / Calibration field (SPR-03) Trasduttori di pressione in mezzo gassoso in condizione relativa negativa							
Strumento <i>Instrument</i>	Misurando <i>Measurand</i>	Condizioni <i>Additional parameters</i>		Campo di misura ⁽²⁾ <i>Measurement range</i>	Incertezza <i>Uncertainty</i>	Metodo/Procedura <i>Method / Procedure</i>	Sede <i>Location</i>
Trasduttori di pressione	Pressione	Temperatura ambiente: (23 ± 1) °C	Condizione relativa negativa	da -6 kPa a -2 kPa	1,2 Pa	Metodo interno. Taratura per confronto con campione di riferimento	manometri differenziali
				da -2 kPa a p_{atm} (◇)	1,1 Pa		

L' INCERTEZZA DI MISURA

LAT 135T

Settore / Calibration field		(STE-04) Catene termometriche (indicatori e trasmettitori)					
Strumento <i>Instrument</i>	Misurando <i>Measurand</i>	Condizioni <i>Additional parameters</i>	Campo di misura <i>Measurement range</i>	Incertezza ⁽²⁾ <i>Uncertainty</i>		Metodo/Procedura <i>Method / Procedure</i>	Sede <i>Location</i>
				u_1	u_2		
Indicatori e trasmettitori di temperatura con termocoppie a metallo nobile	Temperatura	n.a.	da -50 °C a 0 °C	0,25 °C	u_{ris}	Metodo interno. Taratura per confronto con campione di riferimento in mezzo comparatore in liquido, a secco o al punto fisso secondario del ghiaccio fondente (0 °C).	B
			da 0 °C a 600 °C	0,15 °C	u_{ris}		
			da 600 °C a 1100 °C	0,50 °C	u_{ris}		
Indicatori e trasmettitori di temperatura con termocoppie a metallo base		n.a.	da -80 °C a 250 °C	0,20 °C	u_{ris}		
			da 250 °C a 600 °C	0,25 °C	u_{ris}		
			da 600 °C a 1100 °C	0,70 °C	u_{ris}		
Indicatori e trasmettitori di temperatura con termoresistenze al platino		n.a.	da -80 °C a 600 °C	0,05 °C	u_{ris}		
Indicatori e trasmettitori di temperatura con termistore		n.a.	da -50 °C a 200 °C	0,05 °C	u_{ris}		
			da 200 °C a 300 °C	0,25 °C	u_{ris}		

L' INCERTEZZA DI MISURA

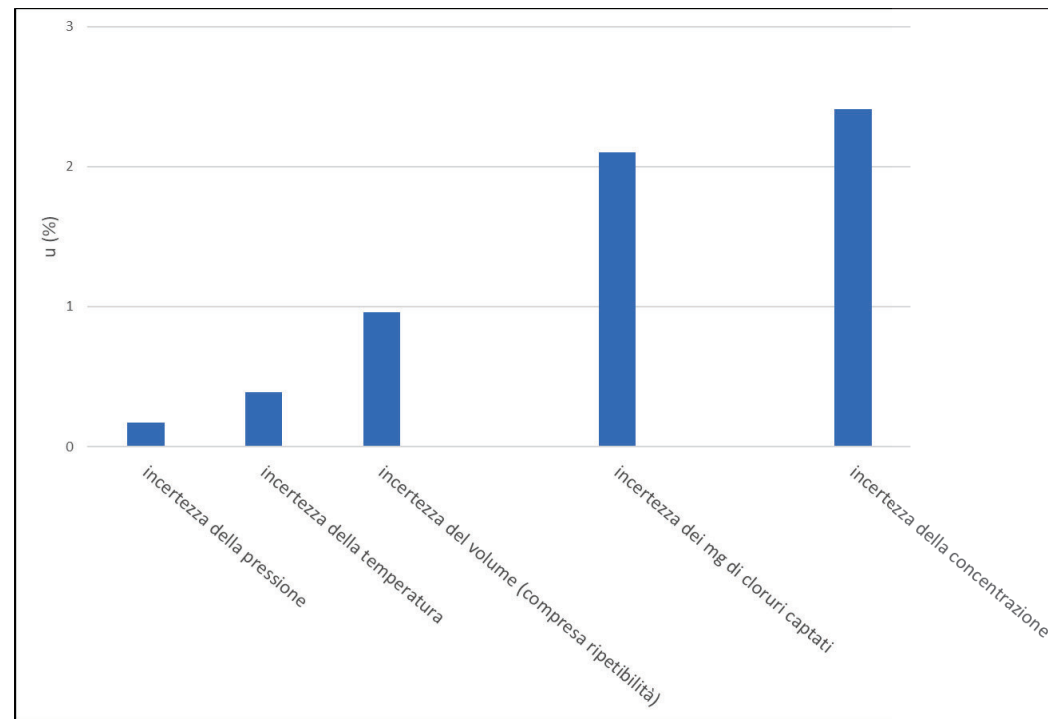
Bilancio di incertezza tratto da UNI EN 1911:2010 (metodo indiretto)

Determinazione di cloruri volatili
come HCl

Cloruri captati = 1,02 mg (da analisi)

Volume campionato = 0,132 m³

Dati effluente: 23 °C, 100300 Pa



L' INCERTEZZA DI MISURA

LAT 262T

Area metrologica <i>Metrological area</i>		Volume						
Settore / <i>Calibration field</i>		(SVO-01) Volume di gas						
Strumento <i>Instrument</i>	Misurando <i>Measurand</i>	Condizioni <i>Additional parameters</i>		Campo di misura <i>Measurement range</i>	Incertezza <i>Uncertainty</i>	Metodo/Procedura <i>Method / Procedure</i>	Sede <i>Location</i>	
Contatori di gas	Volume	Temperatura ambiente: (23 ± 1) °C	Portata	da 0,25 L/min a 1 L/min	da 19 L a 75 L	0,90 %	Metodo interno. Taratura per confronto con strumenti campione	A
				da 1,1 L/min a 50 L/min	150 L	0,60 %		
				da 50 L/min a 100 L/min	150 L	0,70 %		

I contatori gas più diffusi sono quelli a membrana

L' INCERTEZZA DI MISURA

Contatori gas a membrana: due membrane flessibili realizzano due camere di misura a volume variabile, ma di volume massimo e minimo costanti e noti con precisione; le camere si riempiono e si svuotano alternativamente sotto l'azione della differenza di pressione tra ingresso e uscita. Il movimento delle membrane è trasmesso mediante leve al totalizzatore e alle valvole di riempimento/svuotamento delle camere stesse



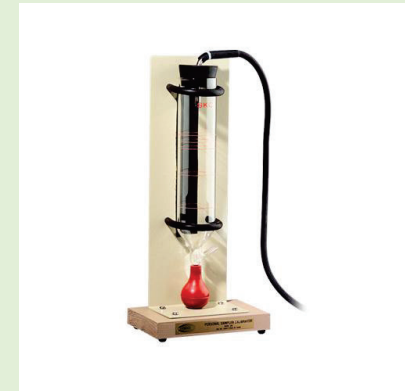
da www.intellimeter.com

L' INCERTEZZA DI MISURA

Una possibile alternativa per la misura di flussi modesti è l'uso di un flussimetro a bolla e di un cronometro

LAT 135T

Strumento <i>Instrument</i>	Misurando <i>Measurand</i>	Condizioni <i>Additional parameters</i>	Campo di misura <i>Measurement range</i>	Incertezza <i>Uncertainty</i>	Metodo/Procedura <i>Method / Procedure</i>
<i>(continua)</i>					
Microdosatori	Volume	Temperatura aria: (23 ± 1) °C Umidità relativa aria: da 45 %UR a 60 %UR	2,5 mL	0,16 %	ISO 8655-6:2002 utilizzando come liquido acqua bidistillata di grado 3
			5,0 mL	0,15 %	
			10,0 mL	0,15 %	
			100,0 mL	0,12 %	



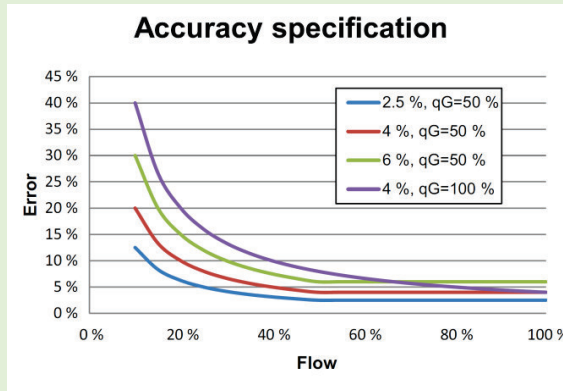
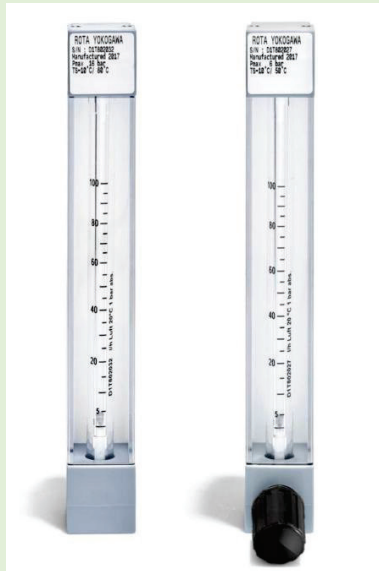
da www.skinc.com

LAT 101T

Strumento <i>Instrument</i>	Misurando <i>Measurand</i>	Condizioni <i>Additional parameters</i>	Campo di misura <i>Measurement range</i>	Incertezza <i>Uncertainty</i>	(48)	Metodo/Procedura <i>Method / Procedure</i>
Cronometri ad azionamento manuale	Intervallo di tempo	n.a.	da 1 s a 172 800 s	0,8 ms		Metodo interno. Taratura per confronto con intervallo di tempo di riferimento
Cronometri ad azionamento elettrico		n.a.	da 1 µs a 10 000 s	$1 \text{ ns} + 1,2 \cdot 10^{-11} \cdot T$		

L' INCERTEZZA DI MISURA

Flussimetro ad area variabile (rotametro)



da Rota Yokogawa - GS 01R01B07-00E-E
15th edition, April 01, 2020-00

Gli errori massimi dichiarati non comprendono gli effetti di temperatura, pressione e densità diverse da quelle in taratura:

$$Q_{\text{corretto}} = Q_{\text{indicato}} \sqrt{(pT_t \rho_t / p_t T \rho)}$$

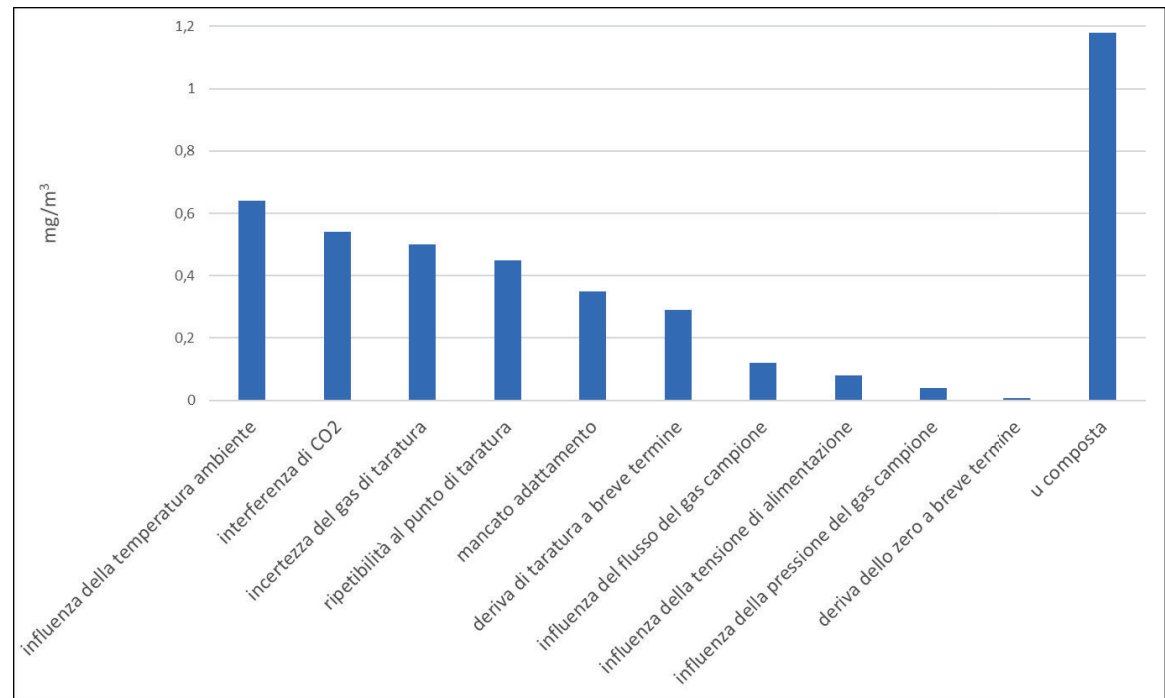
t = condizioni di taratura

L' INCERTEZZA DI MISURA

Bilancio di incertezza tratto da UNI EN 15058:2017 (metodo diretto)

Misura di CO con analizzatore NDIR
concentrazione 50 mg/m³
Contributi (incertezza tipo) stimati
dai requisiti prestazionali degli
analizzatori

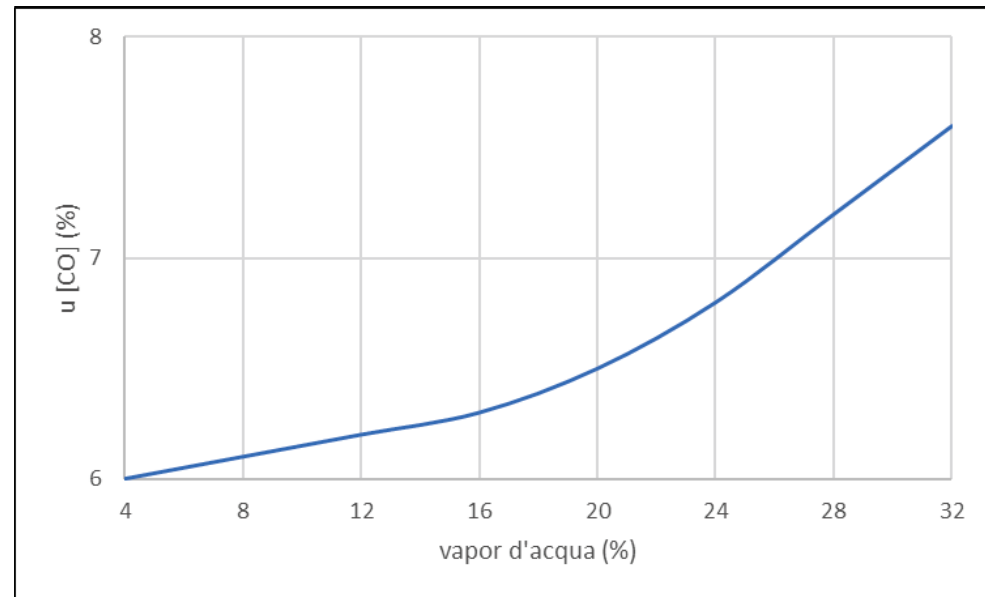
(Lo scarto tipo di riproducibilità
ottenuto dagli studi collaborativi è
risultato ovviamente superiore)



L' INCERTEZZA DI MISURA

Contributo del contenuto di vapor d'acqua sul dato espresso sulla portata secca (da UNI EN 15058:2017).

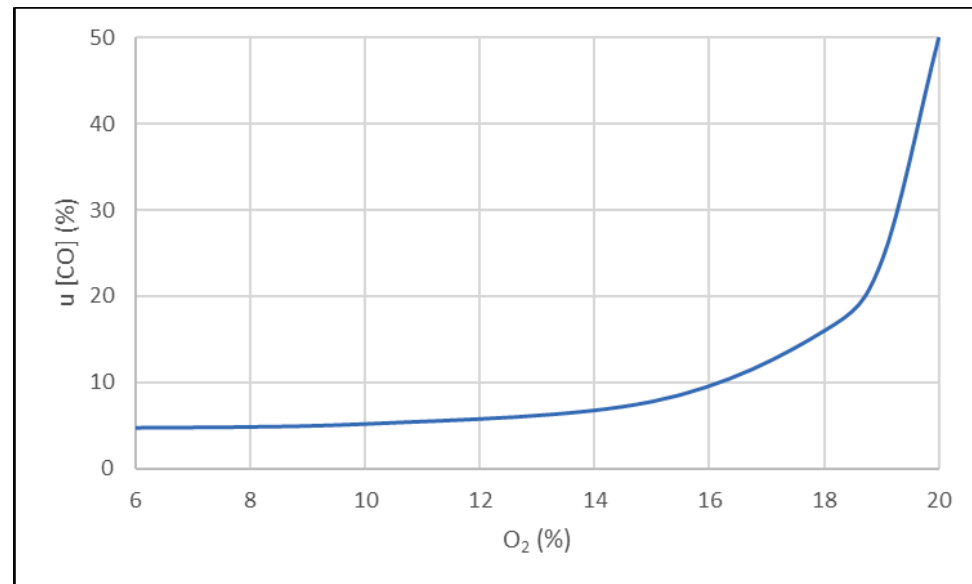
Misura di CO con analizzatore NDIR
concentrazione 100 mg/m³
u (conc. H₂O) = 10%



L' INCERTEZZA DI MISURA

Contributo del contenuto di ossigeno sul dato riferito a un tenore di riferimento (da UNI EN 15058:2017).

Misura di CO con analizzatore NDIR
concentrazione 100 mg/m^3
 $u(\text{conc. O}_2) = 2,5\%$
 O_2 di riferimento = 11%



**GRAZIE
PER
L'ATTENZIONE**