

EMISSIONI IN ATMOSFERA

**Corso base per l'esecuzione delle
misurazioni periodiche - seconda parte**

Relatore: Fulvio Borrino

IL CONTESTO NORMATIVO

Direttiva 2010/75/UE



**relativa alle emissioni industriali
(prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento)**

IL CONTESTO NORMATIVO

Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152



Parte Quinta - Norme in materia di tutela dell'aria e di riduzione delle emissioni in atmosfera

IL CONTESTO NORMATIVO

Art. 268

Emissione: *qualsiasi sostanza solida, liquida o gassosa introdotta nell'atmosfera che possa causare inquinamento atmosferico*

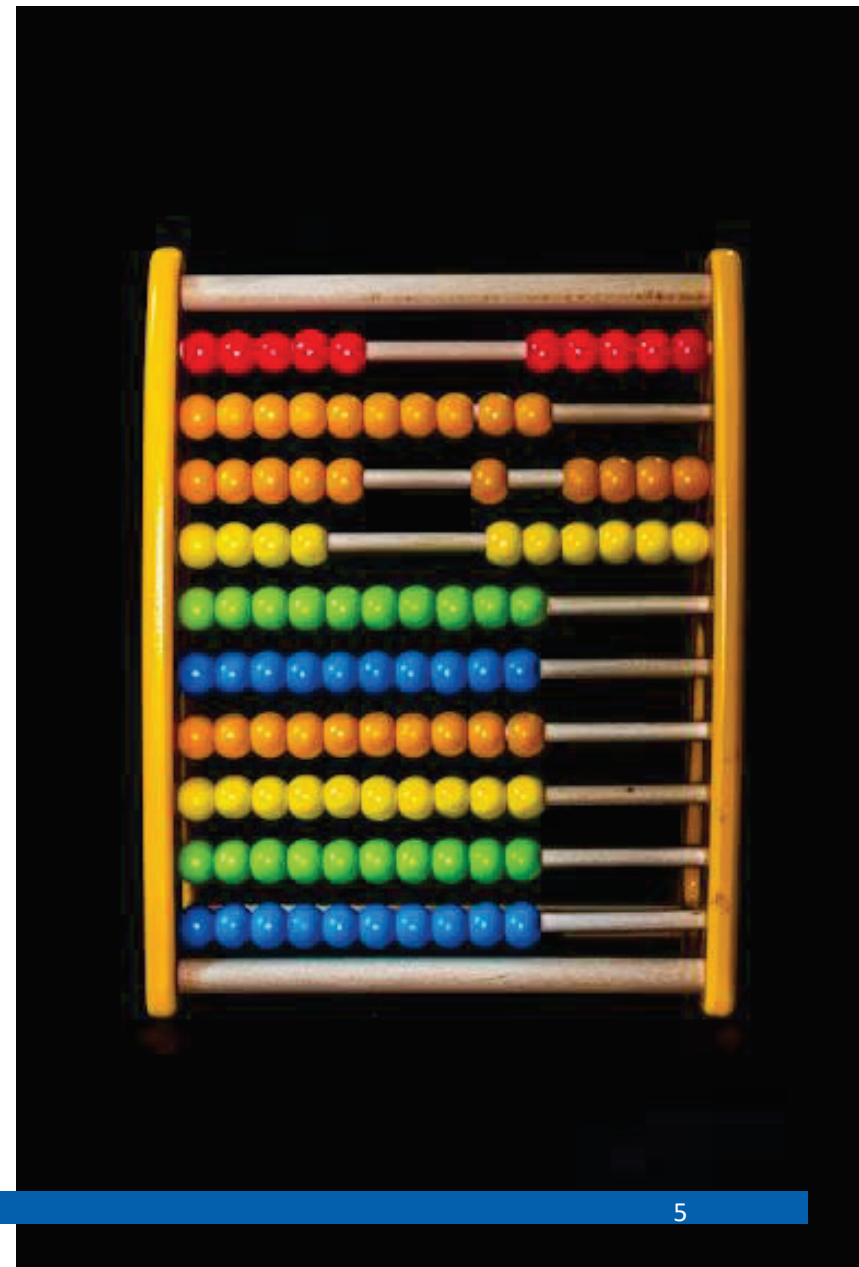
Effluente gassoso: *lo scarico gassoso, contenente emissioni solide, liquide o gassose*

Emissione convogliata: *emissione di un effluente gassoso effettuata attraverso uno o più appositi punti*

Se ne deduce che...
non essendo la portata una sostanza,
essa

non è un'emissione

non può avere limiti di emissione



IL CONTESTO NORMATIVO

Art. 268

Fattore di emissione: *rapporto tra massa di sostanza inquinante emessa e unità di misura specifica di prodotto o di servizio* (esempio: per una centrale elettrica, mg/kWh)

Carico di processo: *il livello percentuale di produzione rispetto alla potenzialità nominale dell'impianto*

IL CONTESTO NORMATIVO

Art. 268

Concentrazione: *rapporto tra massa di sostanza inquinante emessa e volume dell'effluente gassoso*

(a termine di legge, i valori espressi come mg/Nm³ sono concentrazioni, quelli espressi in ppm non lo sono)

Percentuale: *rapporto tra massa di sostanza inquinante emessa e massa della stessa sostanza utilizzata nel processo produttivo, moltiplicato per cento*

IL CONTESTO NORMATIVO

Art. 268

Flusso di massa: *massa di sostanza inquinante emessa per unità di tempo*

(esempio: kg/anno di diossine emesse da un inceneritore)

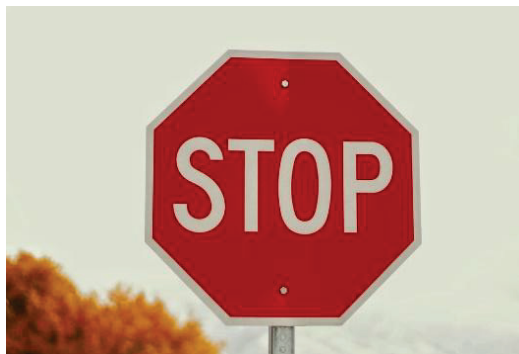
Allegato VI

Periodo di osservazione: *intervallo temporale a cui si riferisce il limite di emissione da rispettare*

IL CONTESTO NORMATIVO

Art. 268

Valore limite di emissione: *il fattore di emissione, la concentrazione, la percentuale o il flusso di massa di sostanze inquinanti nelle emissioni che non devono essere superati*



IL CONTESTO NORMATIVO

La concentrazione è l'unico parametro di emissione misurabile sperimentalmente e da esso è possibile calcolare gli altri

Perché allora definire valori limite mediante parametri derivati dalla concentrazione o stimabili da bilanci di massa

?

IL CONTESTO NORMATIVO

Art. 269

*... l'autorizzazione può stabilire, per ciascun inquinante, valori limite di emissione espressi come **flussi di massa** annuali riferiti al complesso delle emissioni, eventualmente incluse quelle diffuse, degli impianti e delle attività di uno stabilimento*



IL CONTESTO NORMATIVO

Art. 270

*... l'autorità competente può consentire un impianto avente più punti di emissione. In tal caso, i valori limite di emissione espressi come **flusso di massa, fattore di emissione e percentuale** sono riferiti al complesso delle emissioni dell'impianto e quelli espressi come concentrazione sono riferiti alle emissioni dei singoli punti*

IL CONTESTO NORMATIVO

Art. 269

Fatto salvo quanto stabilito dall'articolo 267, dal comma 10 e dall'articolo 272 [] per tutti gli stabilimenti che producono emissioni deve essere richiesta una **autorizzazione** ai sensi della parte quinta del presente decreto*

*

l'art. 267 regola il trattamento termico di rifiuti e le installazioni soggette a **AIA**

l'art. 269, comma 10 regola i depositi di combustibili liquidi

l'art. 272 regola le emissioni scarsamente rilevanti, gli stabilimenti destinati alla difesa nazionale e i semplici ricambi d'aria degli ambienti di lavoro

FINALITÀ DELLE MISURE PERIODICHE

Art. 269

*L'autorizzazione stabilisce... i **valori limite** di emissione, le prescrizioni, i **metodi** di campionamento e di analisi, i **criteri** per la valutazione della conformità dei valori misurati ai valori limite e la **periodicità** del monitoraggio di competenza del gestore*



FINALITÀ DELLE MISURE PERIODICHE

Art. 269

L'autorizzazione stabilisce... le portate di progetto tali da consentire che le emissioni siano diluite solo nella misura inevitabile dal punto di vista tecnologico e dell'esercizio

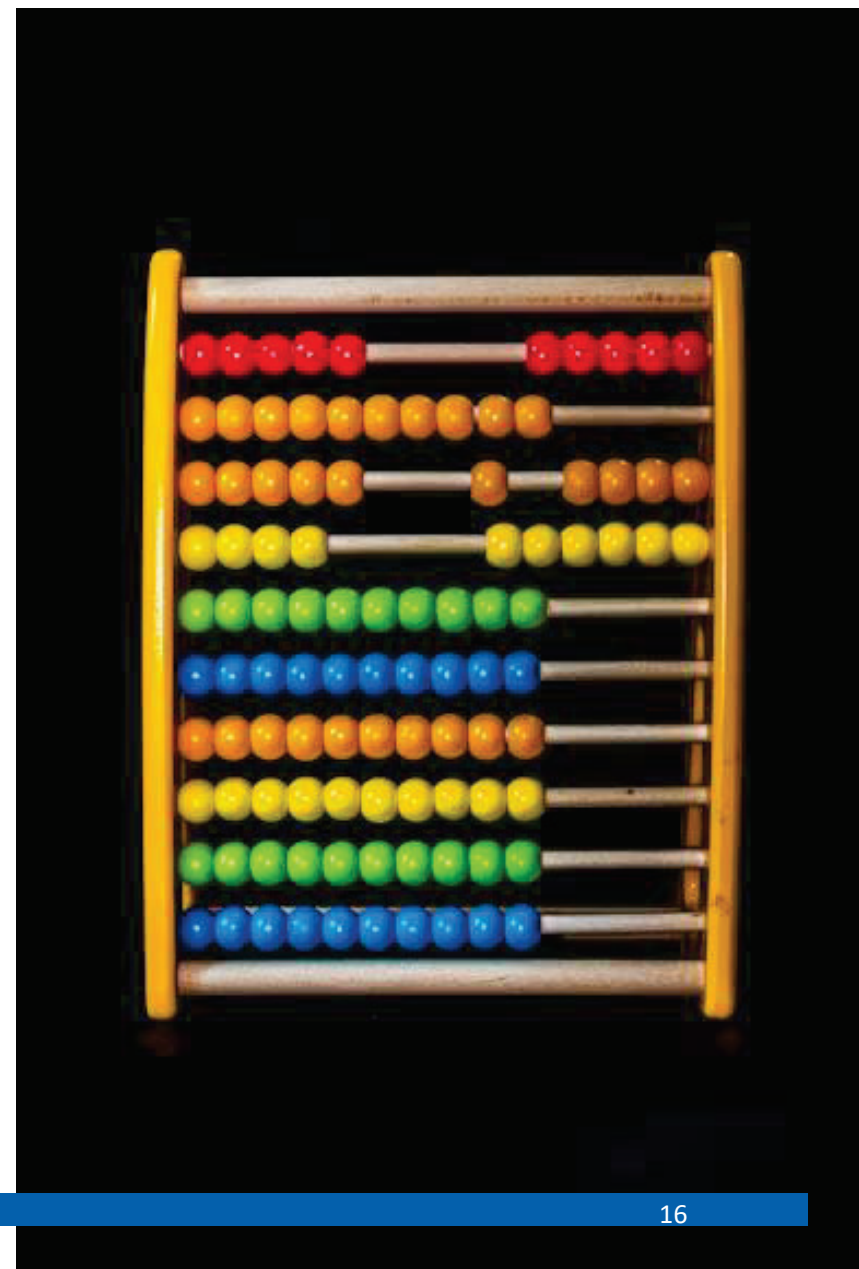
Art. 268

... portata volumetrica espressa in metri cubi all'ora e riportata in condizioni normali (Nm^3/ora), previa detrazione del tenore di vapore acqueo, se non diversamente stabilito dalla parte quinta del presente decreto

Se ne deduce che...

i valori di portata **massima** di molte autorizzazioni non derivano dall'applicazione della normativa di settore

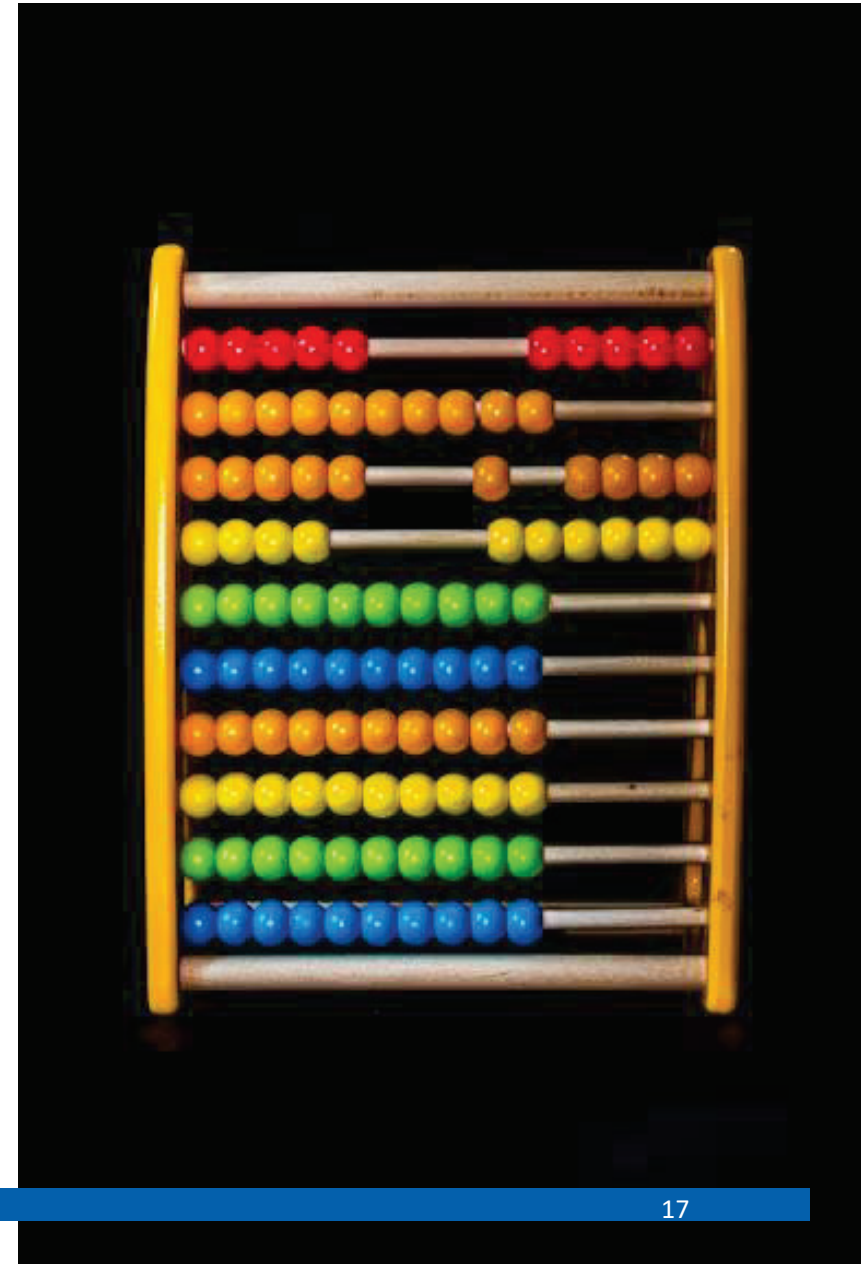
valori inferiori a quello di progetto non sono più legittimi di quelli superiori



Se la portata non è quella di progetto, se ne deduce che...

l'impianto di convogliamento ha un problema

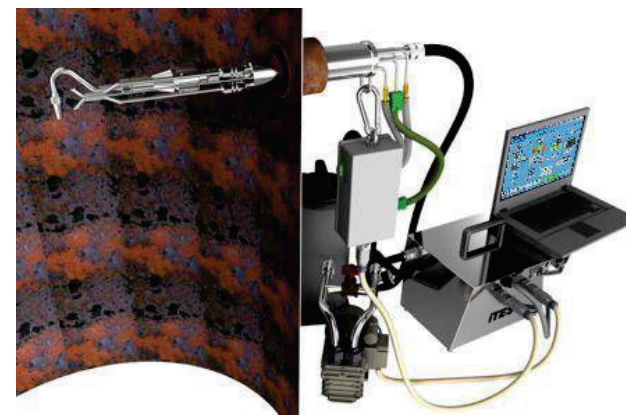
oppure la domanda di autorizzazione è sbagliata



FINALITÀ DELLE MISURE PERIODICHE

Art. 271

*L'autorizzazione stabilisce, per il monitoraggio delle emissioni di competenza del gestore, l'esecuzione di **misure periodiche** basate su metodi **discontinui** o l'utilizzo di sistemi di monitoraggio basati su metodi in continuo*



da www.paulgothe.com

FINALITÀ DELLE MISURE PERIODICHE

I metodi discontinui si applicano per:

- eseguire bilanci di massa
(piani gestione solventi, bilancio di CO₂ ...)
- controllare i sistemi continui di monitoraggio
(metodi riferimento per EN 14181)
- stimare le prestazioni dei sistemi di abbattimento
(con misure a monte e a valle)
- verificare la conformità rispetto ai valori limite autorizzati
(autocontrolli del gestore per concentrazioni e portate)

CARATTERIZZAZIONE DELLE EMISSIONI

Manuale Unichim 158 *Misure alle emissioni – Strategie di campionamento e criteri di valutazione*

La caratterizzazione di un'emissione è un processo costituito da tre fasi:

- misura dei livelli di emissione (**concentrazioni**);
- misura della **portata** di emissione;
- verifica del **carico di processo** in corrispondenza del quale la caratterizzazione viene eseguita

CARATTERIZZAZIONE DELLE EMISSIONI

Manuale Unichim 158

Classi di emissione

classe:	I	II	III	IV
concentrazione	costante	costante	variabile	variabile
carico di processo	continua	discontinua	continua	discontinua

CARATTERIZZAZIONE DELLE EMISSIONI

EN 15259

Momento e durata del campionamento saranno appropriati al comportamento dell'emissione dell'impianto considerato. Si dovrebbe distinguere tra i seguenti casi:

- processi continui e costanti nel tempo
- processi continui con influenze variabili nel tempo
- processi discontinui

CARATTERIZZAZIONE DELLE EMISSIONI

EN 15259, esempi

Processi continui: impianti di combustione, essiccamento, verniciatura, frantumazione e classificazione, forni rotativi

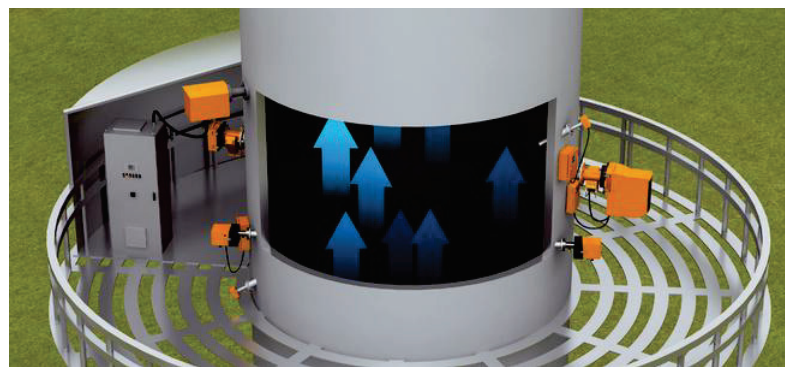
Processi continui con influenze variabili nel tempo: fornaci di mattoni, forni a bacino delle vetrerie

Processi discontinui: reattori chimici, impianti di fusione di metalli non ferrosi, produzione dell'acciaio, forni a crogiuolo delle vetrerie

CARATTERIZZAZIONE DELLE EMISSIONI

Il monitoraggio mediante metodi in continuo si applica a tutte le classi di emissione, ma gli elevati investimenti richiesti ne limitano l'applicazione ai grandi impianti

I metodi in continuo presentano non solo limiti economici ma anche tecnici: possono essere applicati solo principi fisici e i sistemi estrattivi campionano in punto fisso



da www.sick.com

CARATTERIZZAZIONE DELLE EMISSIONI

La rappresentatività dei risultati ottenuti mediante **misure periodiche** è invece fortemente influenzata dalla classe di emissione:

processi variabili (III e IV classe) → maggiore **frequenza** di monitoraggio

processi discontinui (II e IV classe) → verifica di conformità in corrispondenza dei carichi di processo più elevati

CARATTERIZZAZIONE DELLE EMISSIONI

Maggiore variabilità → maggiore **periodo** di osservazione

... ma attenzione ! La durata del periodo di osservazione non è una variabile indipendente e deve rispettare:

- i requisiti di campionamento e di analisi (es. la massima quantità di particolato captabile su filtro)
- il periodo di osservazione ai fini della verifica di conformità definito dall'autorizzazione

CARATTERIZZAZIONE DELLE EMISSIONI

EN 15259

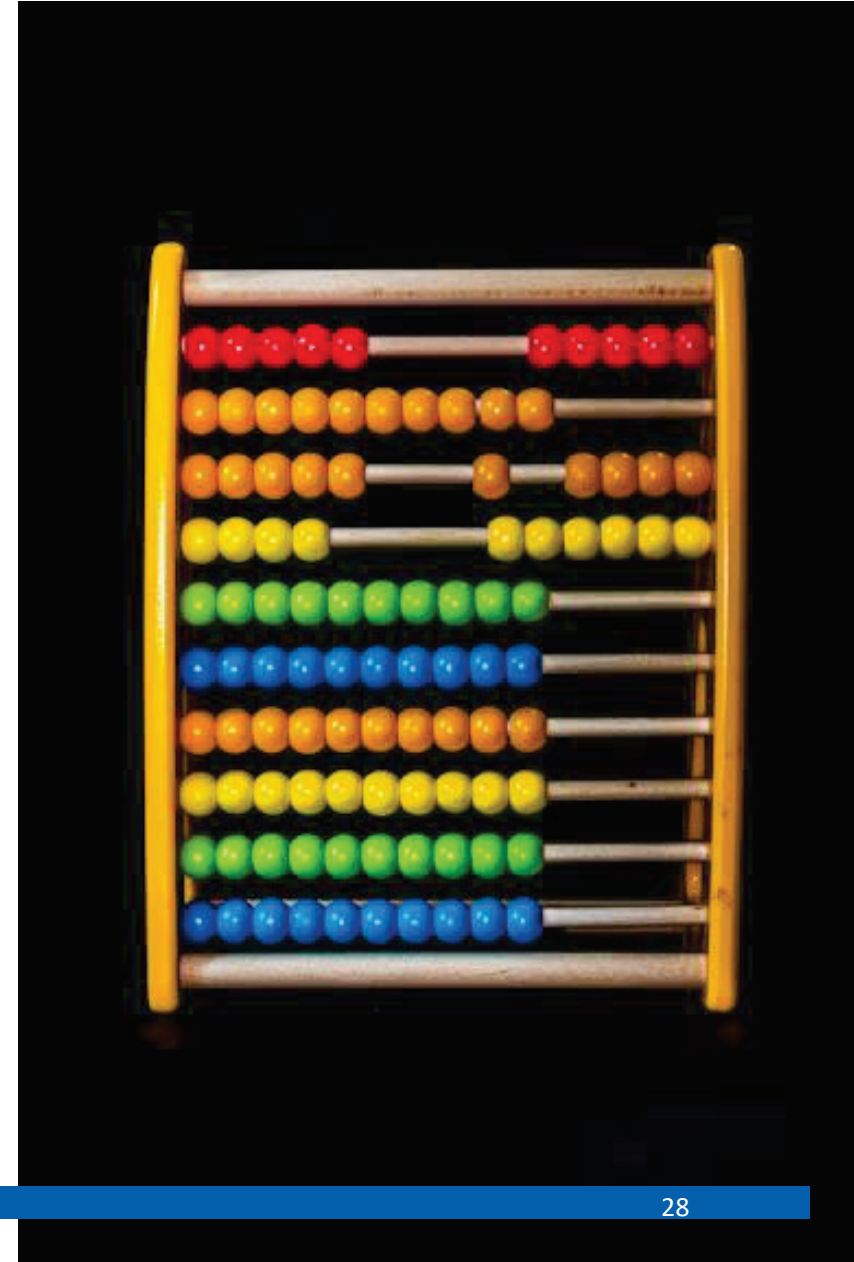
*Quando la misura riguarda una emissione stabile, la buona pratica è di eseguire almeno **tre** misurazioni*

Nel caso di metodi manuali, quando si sospettino basse concentrazioni del componente misurato, in prima istanza si dovrebbe impiegare la massima durata di campionamento permessa dal metodo di misurazione

se ne deduce che...

dividere una misurazione di un'ora
in tre misurazioni di 20 minuti non
migliora la caratterizzazione di una
emissione

la norma richiederebbe in realtà di
prevedere almeno tre autocontrolli
eseguiti in date differenti



VALUTAZIONE DELLA SEZIONE DI CAMPIONAMENTO

Allegato VI

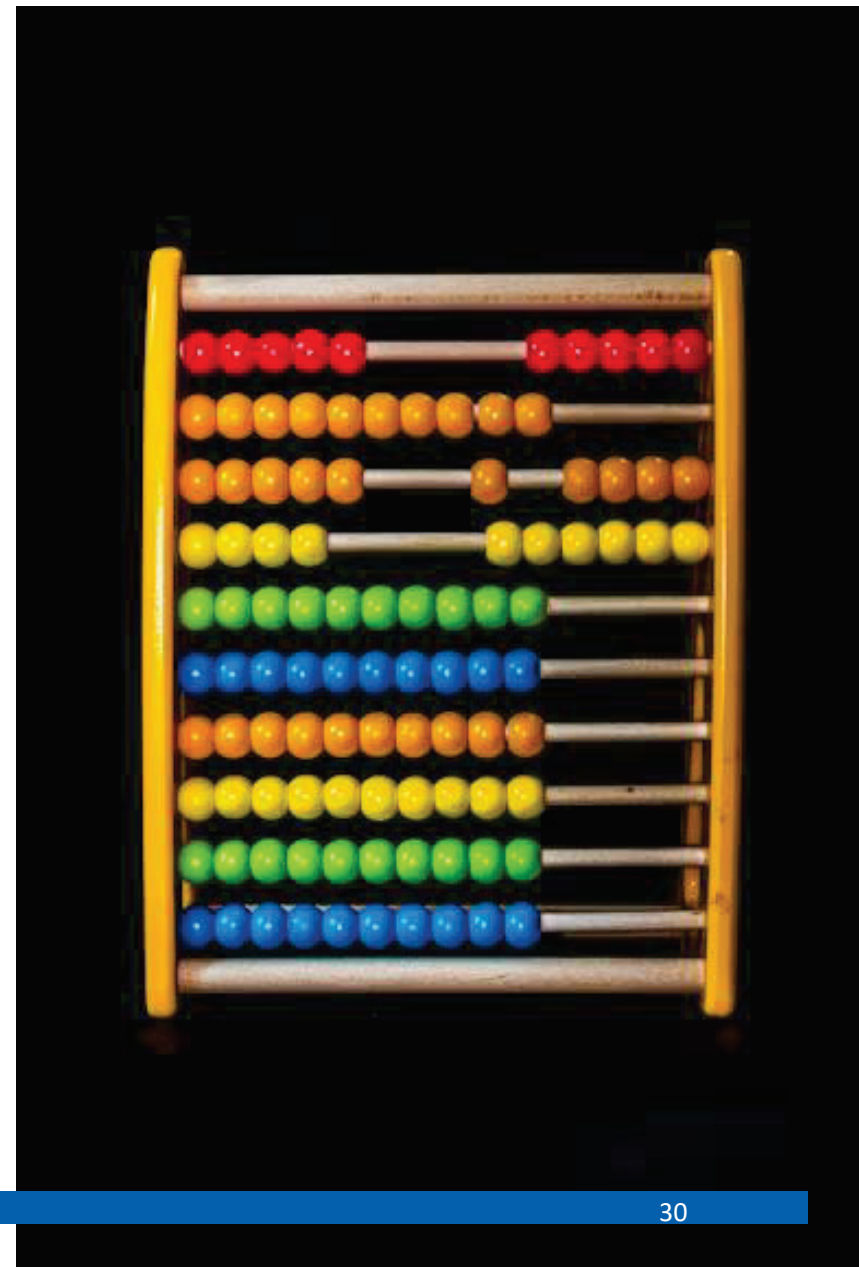
*La sezione di campionamento **deve** essere
posizionata secondo la norma UNI EN
15259...*

*o, ove ciò non sia tecnicamente possibile,
secondo le disposizioni date dalle autorità
competenti per il controllo, sentito il gestore*



Un laboratorio chiamato a effettuare gli autocontrolli opera su punti di misurazione autorizzati: se ne deduce che...

... può solo verificare il rispetto dei requisiti di EN 15259, documentare l'esito di tale verifica e fornire informazioni circa l'influenza di eventuali non conformità sui risultati



VALUTAZIONE DELLA SEZIONE DI CAMPIONAMENTO

UNI EN 15259:2008

Qualità dell'aria - Misurazione di emissioni da sorgente fissa -
Requisiti delle sezioni e dei siti di misurazione e dell'obiettivo, del
piano e del rapporto di misurazione

Data disponibilità: 17 aprile 2008



VALUTAZIONE DELLA SEZIONE DI CAMPIONAMENTO

Obiettivo: è sempre stabilito dal committente, quando non derivi dalle prescrizioni

Piano: è sempre compito del laboratorio, tuttavia nel caso degli autocontrolli, **misurandi, metodi e condizioni di riferimento** sono definiti dall'autorizzazione e i **punti di misurazione** sono quelli autorizzati

Rapporto di misurazione: è il servizio venduto dal laboratorio

VALUTAZIONE DELLA SEZIONE DI CAMPIONAMENTO



sezione di misurazione

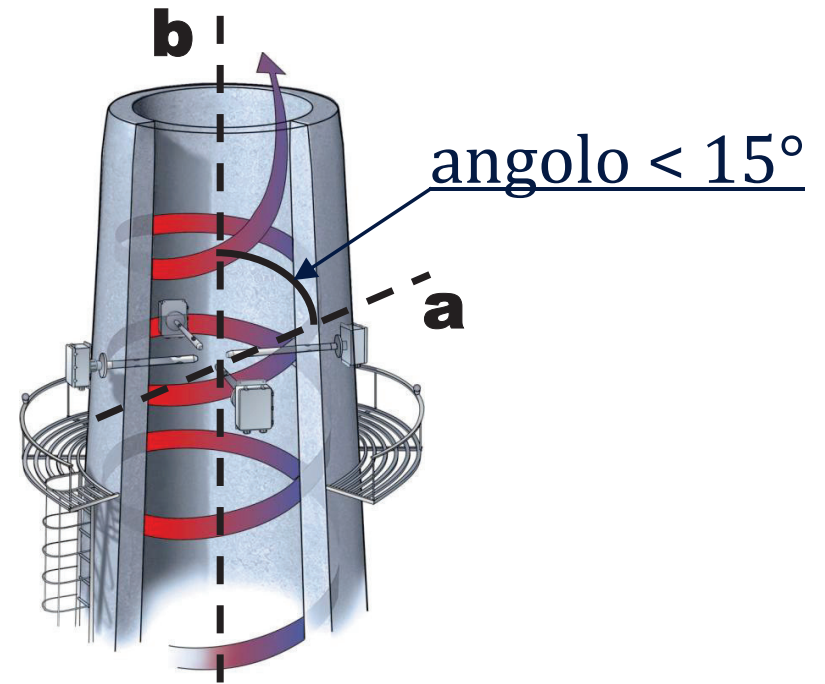
piano di misurazione

sito di misurazione

VALUTAZIONE DELLA SEZIONE DI CAMPIONAMENTO

La sezione di misurazione deve garantire un **flusso omogeneo**: allineato con l'asse del condotto e privo di flussi locali negativi

la direzione **a** è quella in cui si misura la massima pressione differenziale con un tubo di Pitot



da www.chemengonline.com

VALUTAZIONE DELLA SEZIONE DI CAMPIONAMENTO

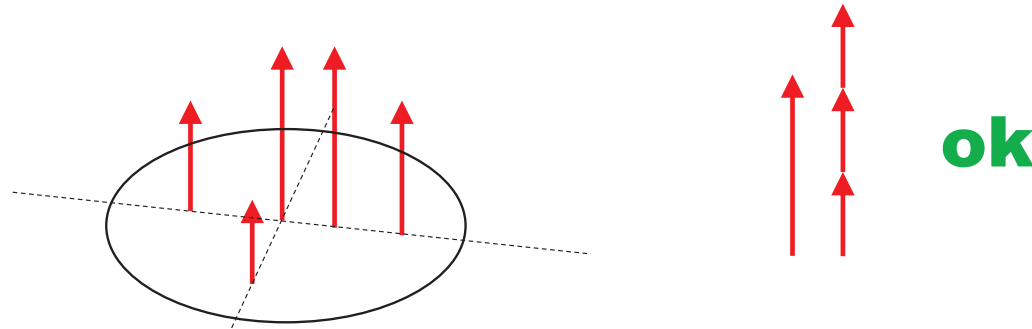
ISO 16911-1

Vortice; flusso ciclonico: *componente tangenziale del vettore di flusso che fornisce una misura del flusso non assiale nel piano di misurazione*



VALUTAZIONE DELLA SEZIONE DI CAMPIONAMENTO

Il **rapporto** tra **velocità massima e minima** tra quelle rilevate in diversi punti del piano di misurazione deve risultare **< 3**

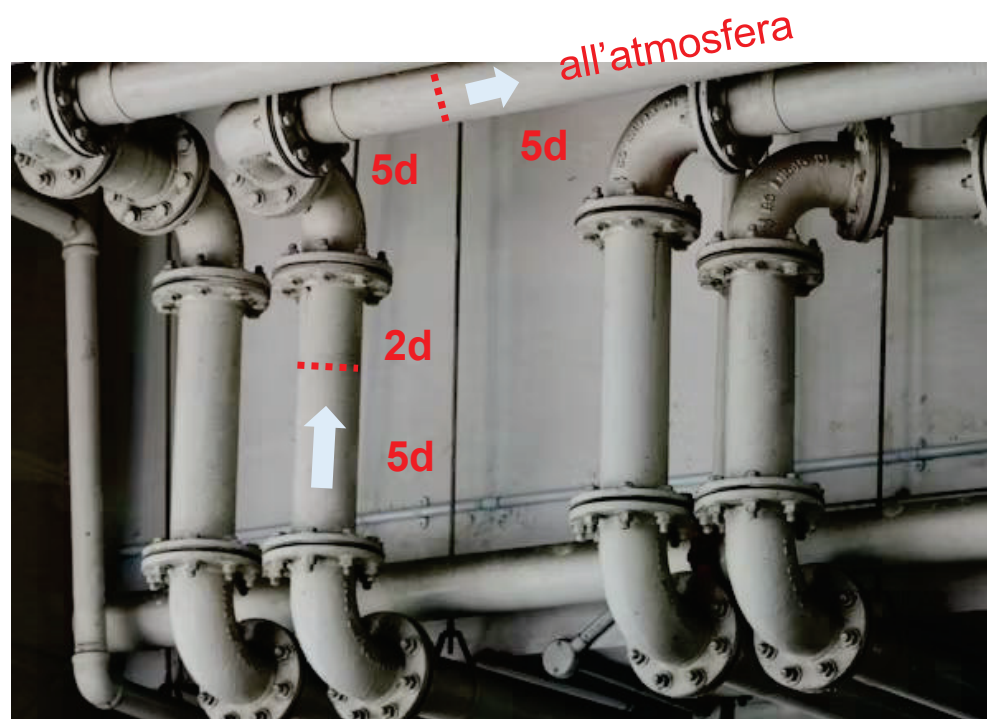


VALUTAZIONE DELLA SEZIONE DI CAMPIONAMENTO

Un flusso conforme dovrebbe essere garantito in un tratto rettilineo, libero e a sezione costante tra **5** diametri idraulici a monte e **2** diametri idraulici a valle del piano di misurazione (ma se lo scarico è in atmosfera, **5** diametri anche a valle)

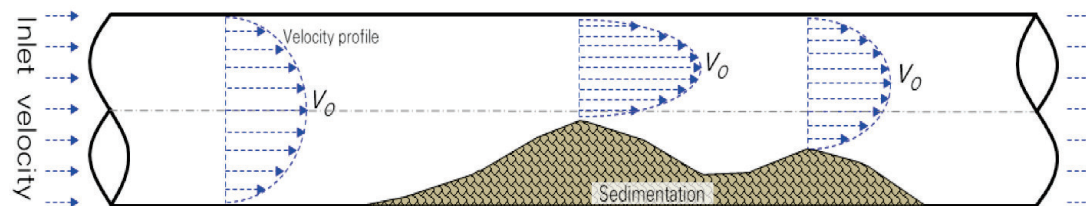
Diametro idraulico: *rapporto tra l'area della sezione di un condotto e la quarta parte del suo perimetro*

VALUTAZIONE DELLA SEZIONE DI CAMPIONAMENTO



VALUTAZIONE DELLA SEZIONE DI CAMPIONAMENTO

Quando possibile, sono da preferire tratti **verticali**, poiché nei tratti orizzontali può verificarsi una stratificazione delle particelle sospese

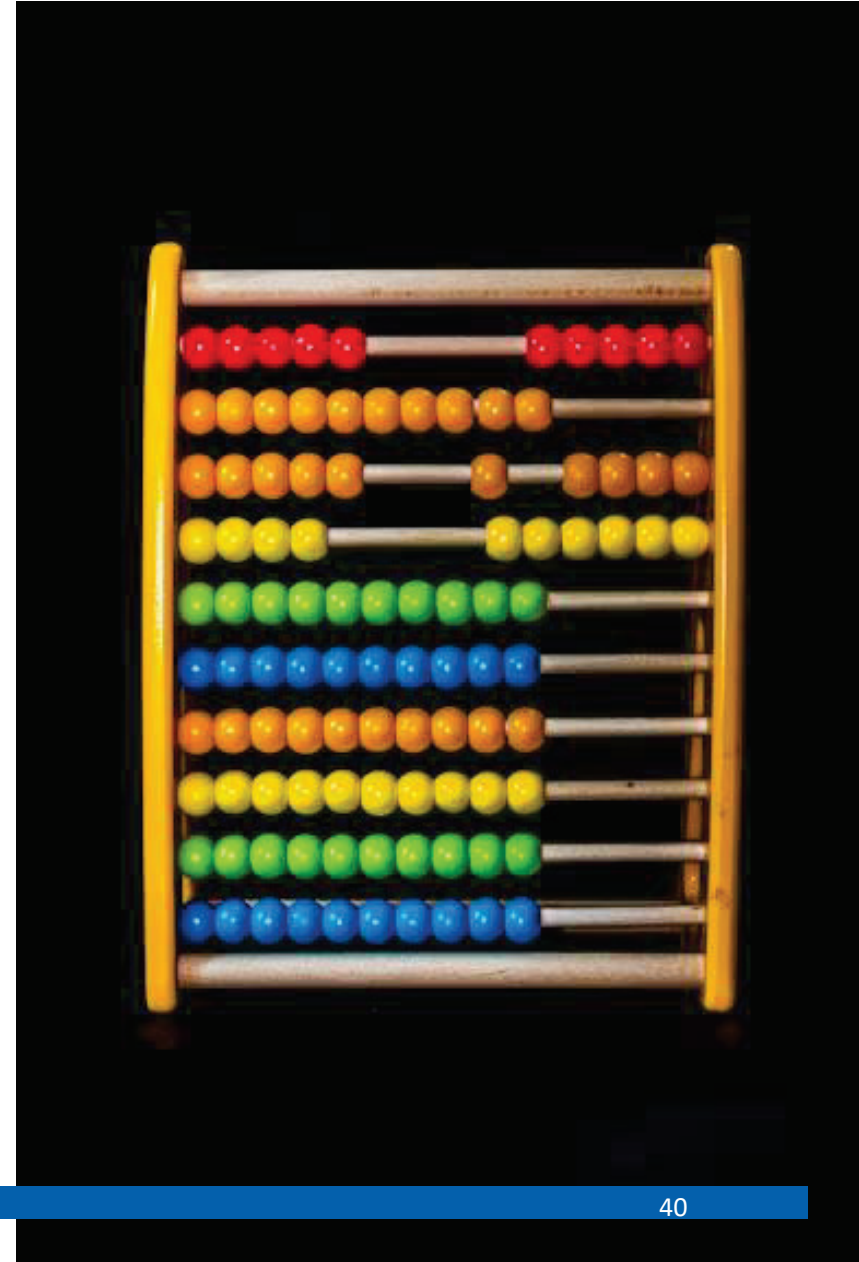


da www.mdpi.com

Un flusso conforme *dovrebbe* essere garantito... e i tratti verticali sono *preferibili*: se ne deduce che...

i requisiti geometrici non sono obbligatori e non garantiscono comunque l'adeguatezza del flusso

i requisiti obbligatori sono quelli fluidodinamici e quelli metrologici



VALUTAZIONE DELLA SEZIONE DI CAMPIONAMENTO

La **velocità minima** del flusso di effluente deve essere compatibile con la tecnica prevista per la misurazione della portata

Per misure con tubo di Pitot, la pressione differenziale minima non deve essere inferiore a **5 Pa**, corrispondenti a circa 3 m/s per un flusso di aria in condizioni normali

VALUTAZIONE DELLA SEZIONE DI CAMPIONAMENTO

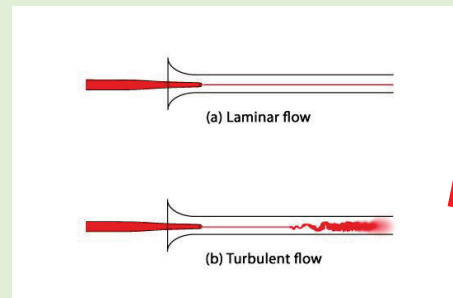
La velocità critica di un fluido (v_c) è quella al di sopra della quale non può sussistere un flusso laminare (a $2v_c$ il flusso diviene completamente turbolento)

v_c è inversamente proporzionale al diametro idraulico e nel caso di aria in un condotto di diametro 0,1 m si può calcolare $v_c = 0,3$ m/s a 20 °C e 0,7 m/s a 200 °C: le misurazioni con tubo di Pitot riguardano quindi flussi in regime **turbolento**

VALUTAZIONE DELLA SEZIONE DI CAMPIONAMENTO

Un flusso in regime turbolento:

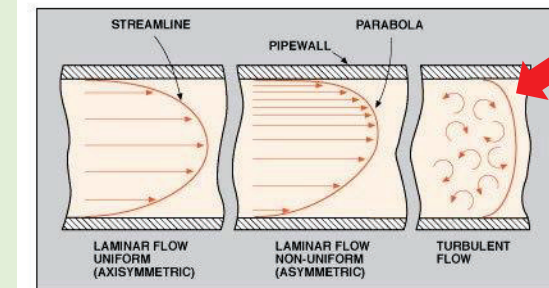
- è ben miscelato



da www.cradle-cfd.com

- ha un profilo di velocità non parabolico

da www.omega.com



VALUTAZIONE DELLA SEZIONE DI CAMPIONAMENTO

Per quanto riguarda i **bocchelli**:

- nei condotti rettangolari devono essere installati sul lato **lungo**
- le dimensioni minime raccomandate per bocchelli rettangolari sono 100x250 mm
- il diametro minimo raccomandato per bocchelli circolari con diametro di almeno 0,7 m è 125 mm

VALUTAZIONE DELLA SEZIONE DI CAMPIONAMENTO

La **piattaforma** deve essere:

- sicura e accessibile in sicurezza
- adeguatamente portante
- di dimensioni compatibili con la manipolazione dell'attrezzatura (è consigliata una larghezza pari al diametro esterno del condotto + 1,5 m, con piano di misurazione a 1,2-1,5 m dal piano di calpestio)

STRATEGIA DI CAMPIONAMENTO

Se nel flusso gassoso sono sospesi inquinanti liquidi o solidi, la conformità della sezione di misurazione non è sufficiente a garantire la distribuzione omogenea dei componenti non gassosi

In tal caso, è sempre necessario un campionamento

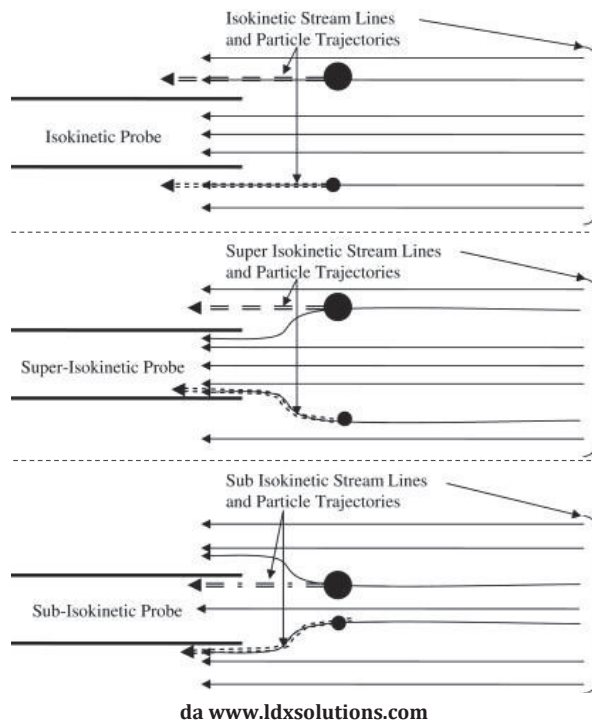
- 1) a griglia (con reticolo di misurazione) e
- 2) isocinetico

CAMPIONAMENTO ISOCINETICO

Campionamento isocinetico (EN 13284-1): *campionamento eseguito a una portata tale che la velocità v_n e la direzione del gas in ingresso all'ugello di campionamento siano le stesse della velocità v_d e della direzione del gas nel condotto presso il punto di misurazione*

Grado di isocinetismo (EN 13284-1): *rapporto delle velocità v_n/v_d espresso in percentuale come caratteristica dello scostamento dal campionamento isocinetico*

CAMPIONAMENTO ISOCINETICO



Flusso dei gas e traiettorie delle particelle indisturbati =
concentrazione corretta

Gas e particelle fini sovracampionati rispetto alle particelle pesanti =
concentrazione sottostimata

Gas e particelle fini sottocampionati rispetto alle particelle pesanti =
concentrazione sovrastimata

STRATEGIA DI CAMPIONAMENTO

Strategia di campionamento:

- inquinante gassoso omogeneo → campionamento in punto singolo
- inquinante gassoso poco omogeneo → campionamento in punto singolo rappresentativo
- inquinante gassoso disomogeneo → campionamento a griglia non isocinetico
- altri casi → campionamento a griglia isocinetico

STRATEGIA DI CAMPIONAMENTO

Come fare a stabilire se un inquinante gassoso è distribuito in modo omogeneo, poco omogeneo o del tutto disomogeneo ?

Effettuando la **prova di omogeneità** descritta dal paragrafo 8.3 di EN 15259

PROVA DI OMOGENEITÀ

Occorrono due analizzatori a misura diretta (es. analizzatori di CO₂):

- uno viene usato in punto fisso per misurare le variazioni temporali del flusso
- il secondo viene usato per il campionamento a griglia

Le misurazioni con i due strumenti devono essere simultanee e durare non meno di 3 minuti in ogni punto

Dagli N valori di ciascun analizzatore si calcola lo scarto tipo e i due valori di scarto tipo vengono confrontati con un test $F_{N-1;N-1;0,95}$

STRATEGIA DI CAMPIONAMENTO

Se la differenza tra i due valori non risulta statisticamente significativa, la distribuzione dell'inquinante è considerata **omogenea**

Se invece il test F ha esito negativo e

$$t_{N-1;0,95} \cdot \sqrt{s_2^2 - s_1^2} < \frac{1}{2} U_{\text{permessa}}$$

la distribuzione dell'inquinante è considerata **poco omogenea**

Se invece $t_{N-1;0,95} \cdot \sqrt{s_2^2 - s_1^2} > \frac{1}{2} U_{\text{permessa}}$ la distribuzione dell'inquinante è considerata del tutto **disomogenea**

STRATEGIA DI CAMPIONAMENTO

L'esito della prova di omogeneità definisce la strategia di campionamento applicabile:

omogeneità → campionamento in punto singolo casuale

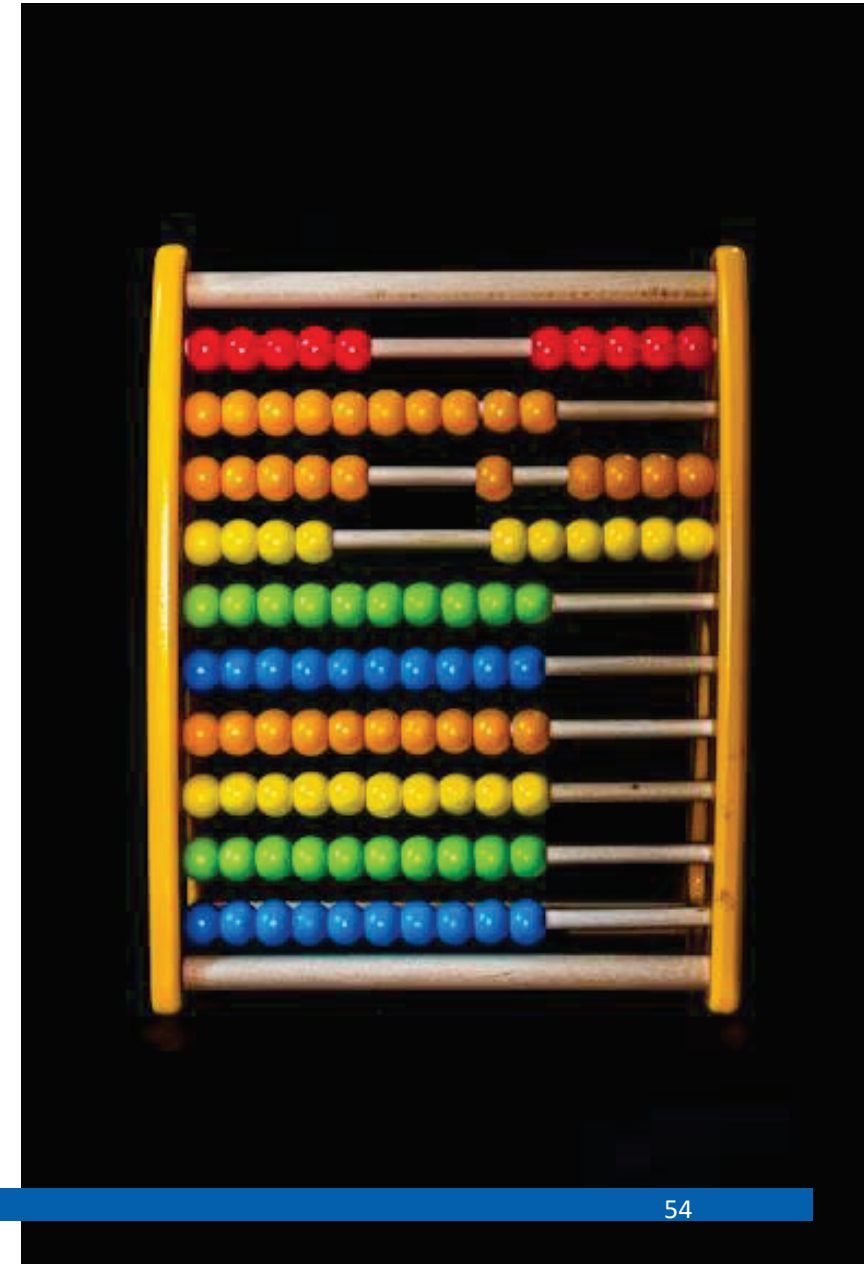
scarsa omogeneità → campionamento nel punto rappresentativo*

disomogeneità → campionamento a griglia

* il punto rappresentativo è quello che corrisponde al valore di $r = \text{misura}_{i2} / \text{misura}_{i1}$ più vicino a r_{medio}

L'omogeneità del flusso dipende dalla posizione della sezione di misurazione: se ne deduce che...

la prova di omogeneità andrebbe eseguita prima di individuare la posizione dei bocchelli di campionamento



STRATEGIA DI CAMPIONAMENTO

Principi del campionamento a griglia non isocinetico:

- misure dirette → si calcola la concentrazione media pesata per la velocità locale = $\Sigma \mathbf{c}_i \mathbf{v}_i / \Sigma \mathbf{v}_i$
- misure indirette → si campiona con un flusso proporzionale al flusso di massa locale = $\mathbf{c}_i \mathbf{v}_i$
- misure indirette con flusso di campionamento vincolato → si campiona per un **tempo** proporzionale alla velocità locale \mathbf{v}_i

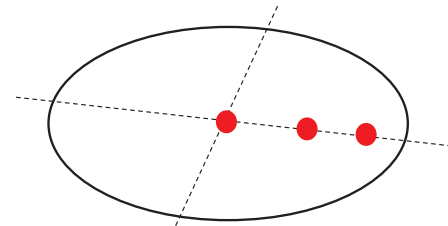
STRATEGIA DI CAMPIONAMENTO

Per la cronaca, il principio del campionamento isocinetico è invece

- misure indirette → si campiona un **volume** proporzionale alla velocità locale v_i con lo stesso tempo di campionamento in tutti i punti di prelievo (minimo 3')

STRATEGIA DI CAMPIONAMENTO

EN 15259 definisce il numero minimo delle linee e dei punti di misurazione in funzione delle dimensioni del condotto, nonché la posizione dei punti su ciascuna linea (affondamenti)



UNI EN 13284-1 (campionamento isocinetico) del 2017
rimanda a EN 15259

STRATEGIA DI CAMPIONAMENTO

Numero minimo di linee di campionamento

Condotti circolari: 1 linea per diametri $< 0,35$ m; 2 linee per diametri superiori

Condotti rettangolari: 1 linea per aree $< 0,1$ m²; 2 linee per aree 0,1-1 m²; 3 linee per aree maggiori

In assenza di un numero adeguato di linee, bisognerebbe aumentare il numero di punti

STRATEGIA DI CAMPIONAMENTO

Numero minimo di punti

Condotti circolari: 1 per diametri $< 0,35$ m; 4 per diametri $0,35-1,1$ m; 8 per diametri $1,1-1,6$ m; 12 o $4/m^2$ per diametri maggiori

Condotti rettangolari: 1 per aree $< 0,1$ m²; 4 per aree $0,1-1$ m²; 9 per aree $1-2$ m²; 12 o $4/m^2$ per aree maggiori

In ogni caso, non sono necessari più di 20 punti

STRATEGIA DI CAMPIONAMENTO

Affondamenti

Le posizioni dei punti di misurazione rispetto alla parete del condotto devono essere tali da garantire che i punti di misurazione ricadano in porzioni equivalenti (di uguale area) del piano di misurazione

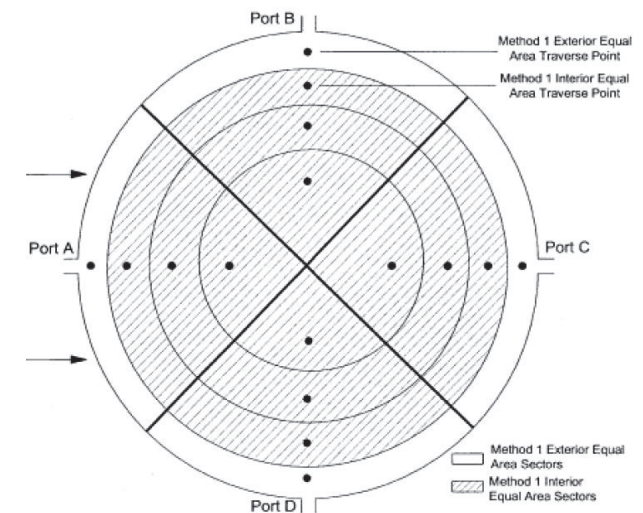
La distanza dei punti più esterni dalla parete deve essere $> 3\%$ della lunghezza della linea di misurazione e sempre **$> 5 \text{ cm}$**

STRATEGIA DI CAMPIONAMENTO

Nel caso dei condotti circolari, il piano di misurazione può essere suddiviso in porzioni equivalenti secondo due criteri, definiti **metodo tangenziale** e **metodo generale**

Immagine tratta dal metodo EPA 2H: 16 punti allineati su due linee di misurazione secondo il metodo **tangenziale**.

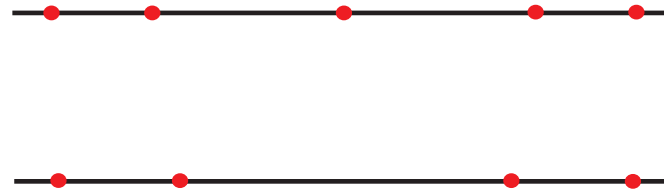
Nel metodo generale (che ISO 16911-1 non ritiene corretto per la determinazione della portata) uno dei punti di misurazione è invece il centro del condotto



STRATEGIA DI CAMPIONAMENTO

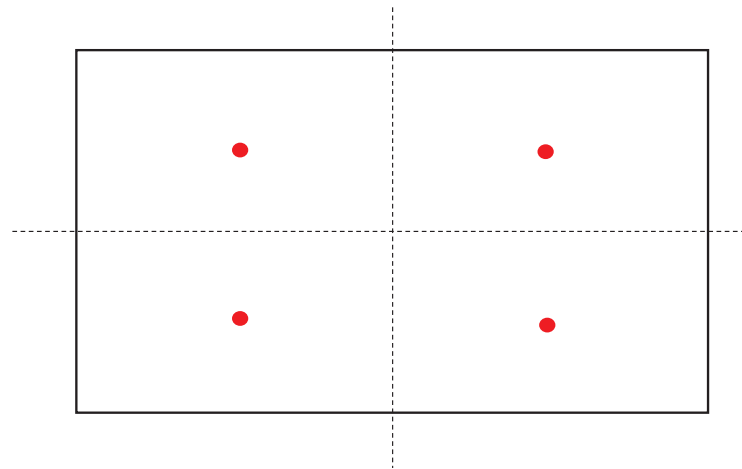
Le equazioni per il calcolo degli affondamenti per condotti circolari sono riportate nell'allegato D di EN 15259

Confronto tra metodo generale e tangenziale per 5 e 4 punti di misurazione rispettivamente disposti su 1 linea di misurazione.



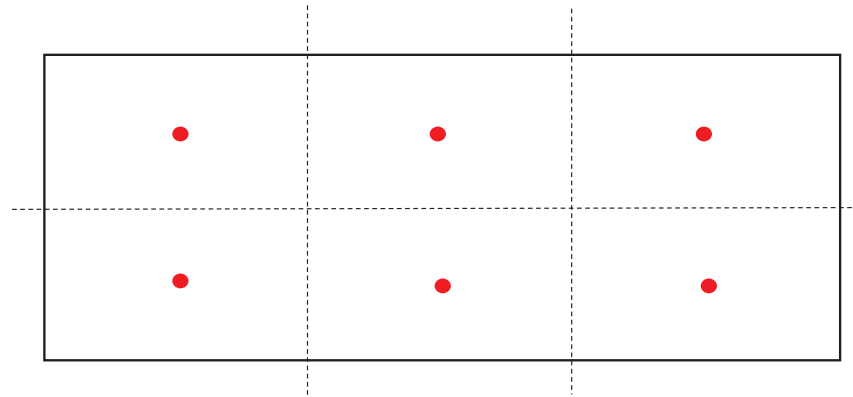
STRATEGIA DI CAMPIONAMENTO

Nel caso dei condotti rettangolari, le porzioni sono ricavate suddividendo entrambi i lati per il numero di linee di misurazione (2 nel caso rappresentato) e i punti di misurazione sono posizionati al centro delle porzioni



STRATEGIA DI CAMPIONAMENTO

Se il rapporto tra lato maggiore e lato minore è > 2 , il lato maggiore deve essere suddiviso ulteriormente in modo da ottenere porzioni rettangolari con rapporto tra i lati < 2 , aumentando così il numero di linee di misurazione



CRITERI PER LA VERIFICA DI CONFORMITÀ

Art. 271

L'allegato VI alla Parte Quinta stabilisce i criteri per i controlli da parte dell'autorità e per il monitoraggio delle emissioni da parte del gestore*

** Criteri per la valutazione della conformità dei valori misurati ai valori limite di emissione*

CRITERI PER LA VERIFICA DI CONFORMITÀ

ALLEGATO VI

*Salvo quanto diversamente previsto dal presente decreto, in caso di misure **discontinue**, le emissioni convogliate si considerano conformi ai valori limite se, nel corso di una misurazione, la concentrazione, calcolata come **media** dei valori analitici di **almeno tre campioni** consecutivi [...] che siano rappresentativi di **almeno un'ora** di funzionamento dell'impianto, non supera il valore limite di emissione*

CRITERI PER LA VERIFICA DI CONFORMITÀ

Dopo le parole *almeno un'ora di funzionamento dell'impianto*, il decreto legislativo 102 del 2020, ha soppresso ~~nelle condizioni di esercizio più gravose~~

Art. 271

*Salvo quanto diversamente stabilito dalla parte quinta del presente decreto, i valori limite di emissione si applicano ai periodi di **normale funzionamento** dell'impianto*

CRITERI PER LA VERIFICA DI CONFORMITÀ

Art. 271

*Nel caso in cui i metodi di campionamento individuati nell'autorizzazione prevedano, per specifiche sostanze, un periodo minimo di campionamento superiore alle **tre ore**, è possibile utilizzare **un unico campione** ai fini della valutazione della conformità delle emissioni ai valori limite*

CRITERI PER LA VERIFICA DI CONFORMITÀ

Art. 271

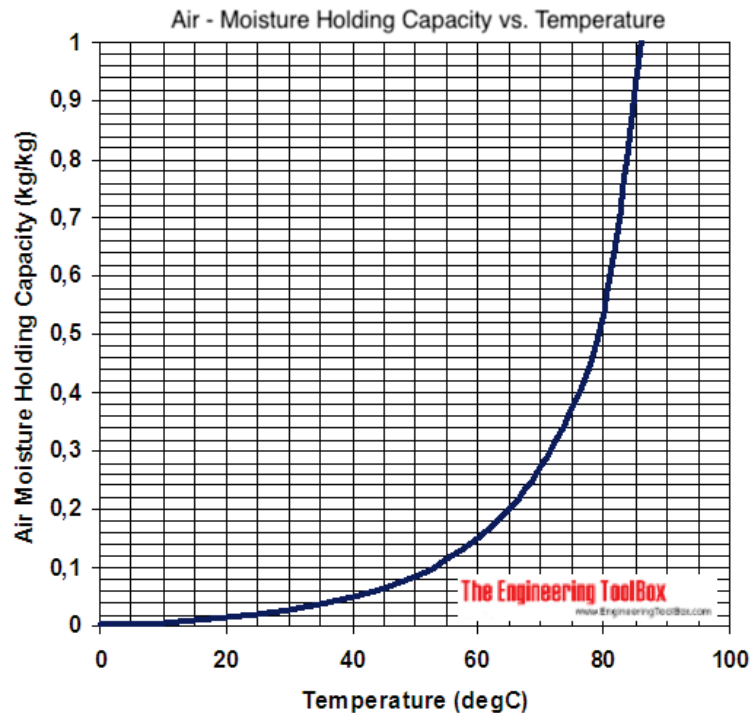
L'autorizzazione può stabilire che, per ciascun prelievo, sia effettuato un numero di campioni o sia individuata una sequenza temporale differente... nei casi in cui, per necessità di natura analitica e per la durata e le caratteristiche del ciclo da cui deriva l'emissione, non sia possibile garantirne l'applicazione

NORMALIZZAZIONE DEI RISULTATI

Art. 271

I valori limite di emissione e il tenore volumetrico dell'ossigeno di riferimento si riferiscono al volume di effluente gassoso rapportato alle condizioni normali, previa detrazione, salvo quanto diversamente indicato... del tenore volumetrico di vapore acqueo

IL VAPOR ACQUEO NON È ACQUA



da www.engineeringtoolbox.com

Se il contenuto d'acqua misurato è superiore a quello di saturazione, ciò significa che la parte di acqua in eccesso è trascinata come gocce di **liquido**: solo la frazione gassosa va convertita in volume per la stima della portata secca

NORMALIZZAZIONE DEI RISULTATI

$$\text{mg/Nm}^3_{\text{gas secco}} = \text{mg/Nm}^3_{\text{gas umido}} \cdot 100 / (100 - \text{H}_2\text{O \% v/v})$$

dove $\text{H}_2\text{O \% v/v} = 0,124 \cdot c_{\text{acqua}}$

con c_{acqua} espressa in g/Nm^3

NORMALIZZAZIONE DEI RISULTATI

Art. 268

Condizioni normali: *una temperatura di 273,15 K ed una pressione di 101,3 kPa*

$$V_{\text{nor}} = V_{T,p} \times \frac{T_{\text{rif}}}{T} \times \frac{p}{p_{\text{rif}}}$$

NORMALIZZAZIONE DEI RISULTATI

Art. 271

Salvo quanto diversamente indicato nell'Allegato I... il tenore volumetrico dell'ossigeno di riferimento è quello derivante dal processo

Perciò, se l'autorizzazione non indica valori di riferimento per l'ossigeno, non è richiesta alcuna correzione

NORMALIZZAZIONE DEI RISULTATI

Art. 268

*... per gli impianti di **combustione** i valori di emissione... sono calcolati considerando, se non diversamente stabilito... un tenore volumetrico di ossigeno di riferimento*

*del **3** per cento in volume dell'effluente gassoso per i combustibili liquidi e gassosi,*

*del **6** per cento in volume per i combustibili solidi e del **15** per cento in volume per le turbine a gas*

NORMALIZZAZIONE DEI RISULTATI

Art. 271

Se nell'emissione il tenore volumetrico di ossigeno è diverso da quello di riferimento, le concentrazioni misurate devono essere corrette mediante la seguente formula

$$E = \frac{21 - O_2}{21 - O_{2M}} * E_M$$

dove:

E_M = concentrazione misurata

E = concentrazione

O_{2M} = tenore di ossigeno misurato

O_2 = tenore di ossigeno di riferimento

NORMALIZZAZIONE DEI RISULTATI

Art. 271

I valori limite di emissione si riferiscono alla quantità di emissione diluita nella misura che risulta inevitabile dal punto di vista tecnologico e dell'esercizio. In caso di ulteriore diluizione... le concentrazioni misurate devono essere corrette mediante la seguente formula

$$E = \frac{E_M * P_M}{P}$$

dove:

P_M = portata misurata

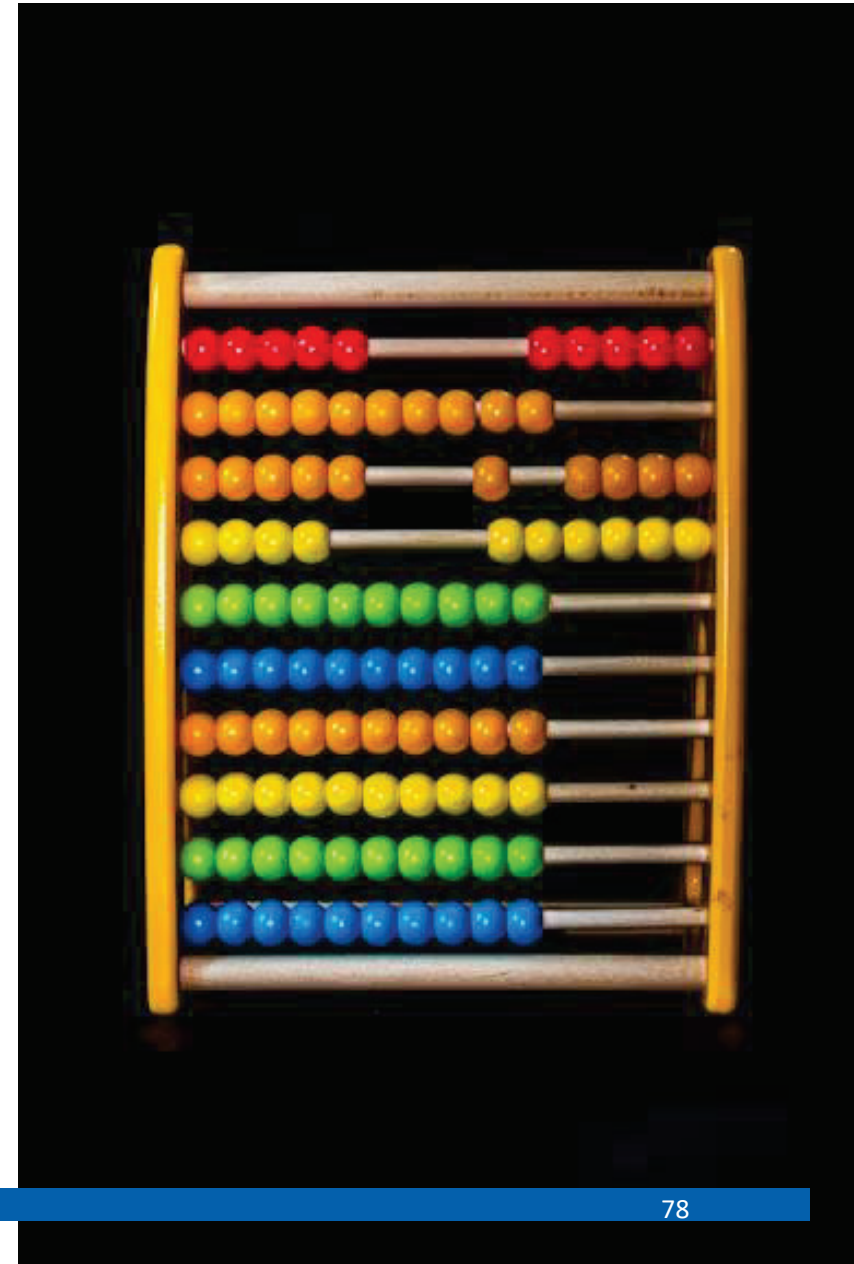
E_M = concentrazione misurata

P = portata di effluente gassoso diluita nella misura che risulta inevitabile dal punto di vista tecnologico e dell'esercizio

E = concentrazione riferita alla P

Nei processi di combustione, il tenore di ossigeno dei fumi è una funzione dell'eccesso d'aria ed è quindi un indice di diluizione delle emissioni: se ne deduce che...

o si applica la correzione per il tenore di ossigeno o si applica la correzione per la portata



**GRAZIE
PER
L'ATTENZIONE**