

**CHI L'HA DETTO CHE I DILUITORI A CAPILLARI SONO "DISCRETI" ?  
ECCO COME OTTENERE LA COPERTURA TOTALE NEL CAMPO 99,5..0,02%.**

**PREMESSA :**

Necessariamente in un diluitore a capillari, viene installato un numero finito di capillari e la diluizione è ottenuta indirizzando il gas diluendo ad una parte di essi, mentre il gas diluente è indirizzato alla parte rimanente : il numero delle possibili diluizioni ottenibili è quindi limitato dal numero di capillari.

L'opportunità che vogliamo presentare è resa possibile per la presenza nei nostri diluitori della funzione di regolazione elettronica delle pressioni applicate ai capillari : la regolazione di base sulla misura delle pressioni all'imbocco ed allo scarico dei capillari ed è gestita da due regolatori PID.

Da tempo utilizzavamo questi controlli per compensare eventuali differenze di viscosità tra la miscela da diluire ed il gas diluente : in condizioni di flusso laminare, le pressioni hanno effetto lineare diretto mentre le viscosità hanno effetto lineare inverso sul flusso gassoso (il flusso cresce linearmente al crescere della pressione ed al calare della viscosità).

Come dicevamo, la fisica dei flussi laminari è estremamente semplice (è quasi la trasposizione in pneumatica della legge di Ohm, dove il flusso di gas corrisponde alla corrente elettrica, la pressione applicata ai capillari alla tensione elettrica applicata alla resistenza e la combinazione Lunghezza-Diametro del foro-Viscosità del gas corrisponde alla combinazione Lunghezza-Sezione-Resistività dell'elemento che costituisce la resistenza.

L'unica differenza degna di nota è l'elevazione alla quarta potenza del diametro nel caso dei capillari. Nella fattispecie dei capillari infatti,

$$1) \quad Q = \pi D^4 \Delta P / 8 L \eta$$

In un diluitore a capillari uguali, applicando la stessa pressione all'imbocco degli N capillari interessati dal gas da diluire ed ai rimanenti (TOT-N) interessati dal gas diluente e a condizione che le viscosità dei due gas siano uguali, si realizza la miscelazione dei due gas in una proporzione ben definita secondo la relazione :

$$2) \quad Q(N) / Q(TOT) = N / TOT = Kdil. \text{ (rapporto di diluizione)}$$

Se "i" è uno dei componenti presenti nella miscela da diluire con concentrazione C(i) ed è assente nel gas diluente, la concentrazione del componente i nel gas diluito (all'uscita dal diluitore) è pari a C(i) x Kdil.

Se invece lo stesso componente "i" è presente anche nel gas diluente in concentrazione D(i), la concentrazione di questo componente all'uscita del diluitore sarà C(i) x Kdil + D(i) x (1- Kdil.).

**REALIZZAZIONE**

La teoria dei diluitori a capillari uguali diventa ancora più semplice quando nella formula che definisce il rapporto di diluizione 2) si vanno a sostituire i valori di portata utilizzando la formula 1).

Essendo un rapporto di portate con capillari uguali, si semplificano i parametri dimensionali ed i coefficienti (uguali) e resta quindi il fattore di diluizione espresso in funzione del numero di capillari assegnati ai due gas in entrata, delle pressioni applicate e delle viscosità dei gas :

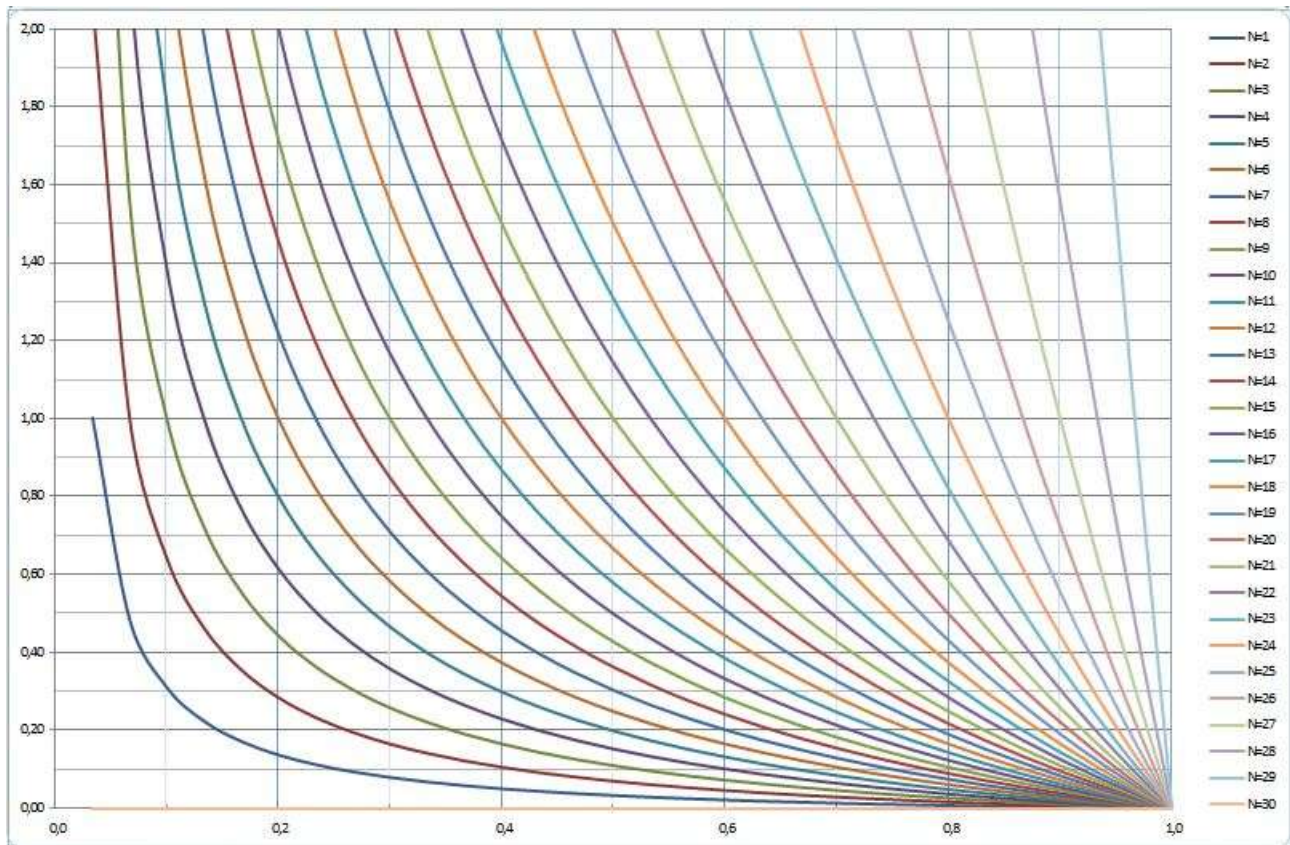
$$3) \quad Kdil. = \frac{N}{N + (TOT - N) \times P_0/P_1 \times \eta_1/\eta_0}$$

nella quale : N è il numero di capillari interessati dal gas da diluire  
TOT è il numero totale di capillari  
P<sub>0</sub>/P<sub>1</sub> il rapporto tra le pressioni applicate ai due gruppi di capillari  
η<sub>1</sub>/η<sub>0</sub> il rapporto inverso tra le viscosità dei due gas

Nota : si conviene l'indice 0 per il gas diluente e l'indice 1 per il gas da diluire

L'utilizzo del prodotto  $P_0/P_1 \times \eta_1/\eta_0$  è evidente quando si tratta di compensare differenze di viscosità : è sufficiente applicare ai due ingressi (gas da diluire e gas diluente) pressioni in proporzione inversa rispetto alle viscosità.

Agendo sul rapporto tra le pressioni applicate (a parità di viscosità) si osserva anche analiticamente la possibilità di correggere in modo continuo ed in entrambi i sensi il rapporto di diluizione "discreto". I grafici seguenti rappresentano in ordinata il valore di  $P_0/P_1$  ed in ascissa il valore effettivo del rapporto di diluizione corrispondente. Le diverse curve corrispondono a diversi valori di N (numero di capillari interessati dal gas diluendo) mentre 30 è il numero totale di capillari.

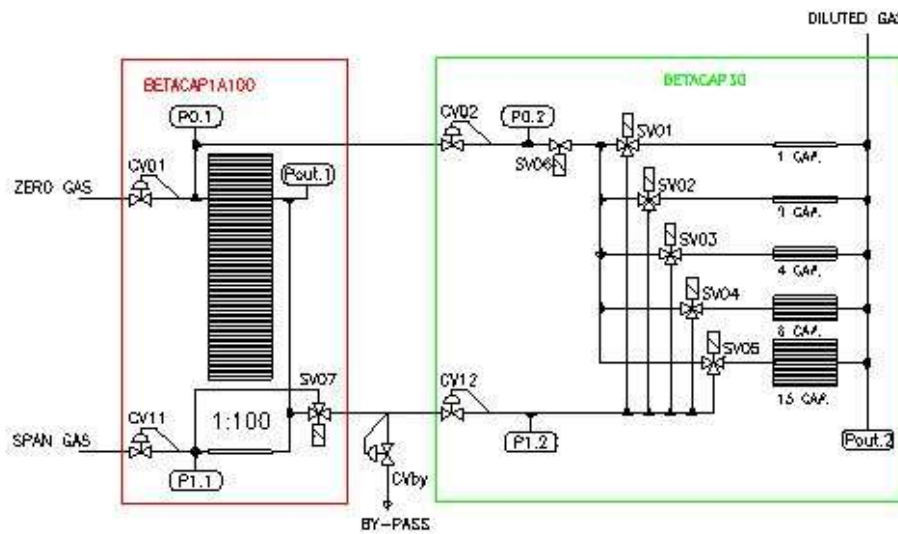


Si osserva che, mentre per  $P_0/P_1 = 1,00$  il rapporto di diluizione corrisponde esattamente al valore  $N:30$  per ciascuna delle curve  $N=n$ . intero, all'aumentare o ridursi del rapporto  $P_0/P_1$ , il rapporto di diluizione cresce (viceversa cala).

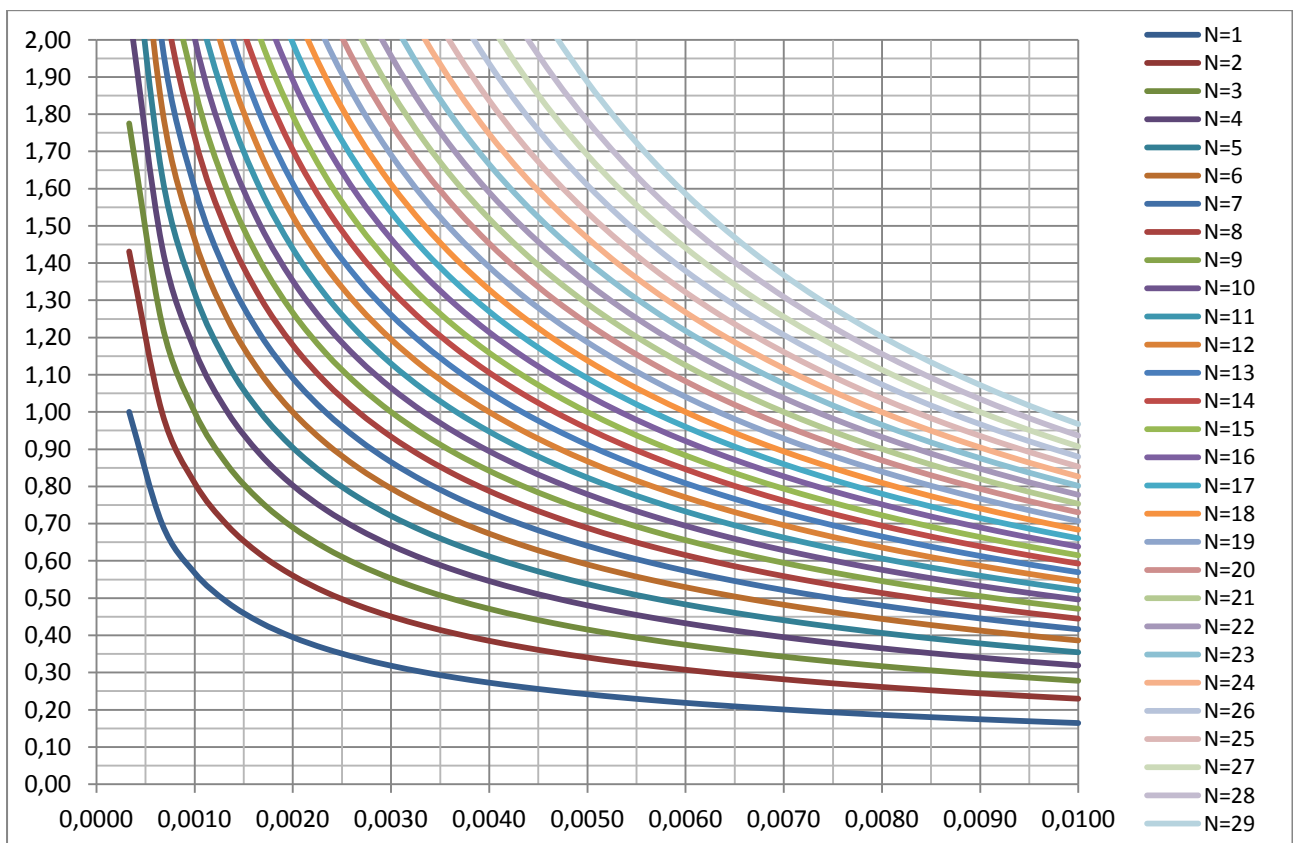
Al tendere di  $P_0/P_1$  a zero, il rapporto di diluizione tende a 1 (100% gas diluendo)

In realtà, per lo scopo che ci siamo prefissi (la copertura totale del campo di possibili diluizioni), è sufficiente potersi spostare da  $N/30$  a  $(N-0,5)/30$  o a  $(N+0,5)/30$ , lasciando alla ripartizione successiva o precedente di capillari  $(N-1)$  o  $N+1$  il compito di coprire l'altra metà del campo intermedio.

Analogamente si può verificare che, utilizzando il pre-diluitore BetaCAP1A100 in serie a BetaCAP30, (la diluizione totale in 30 passi discreti va da 1:100 a 1:3000) è possibile ottenere simili risultati applicando lo stesso rapporto variabile  $P_1/P_0$  sia ai capillari del prediluitore fisso che ai capillari del diluitore a 30 rapporti (ovviamente i valori assoluti delle pressioni saranno diversi nei due casi).



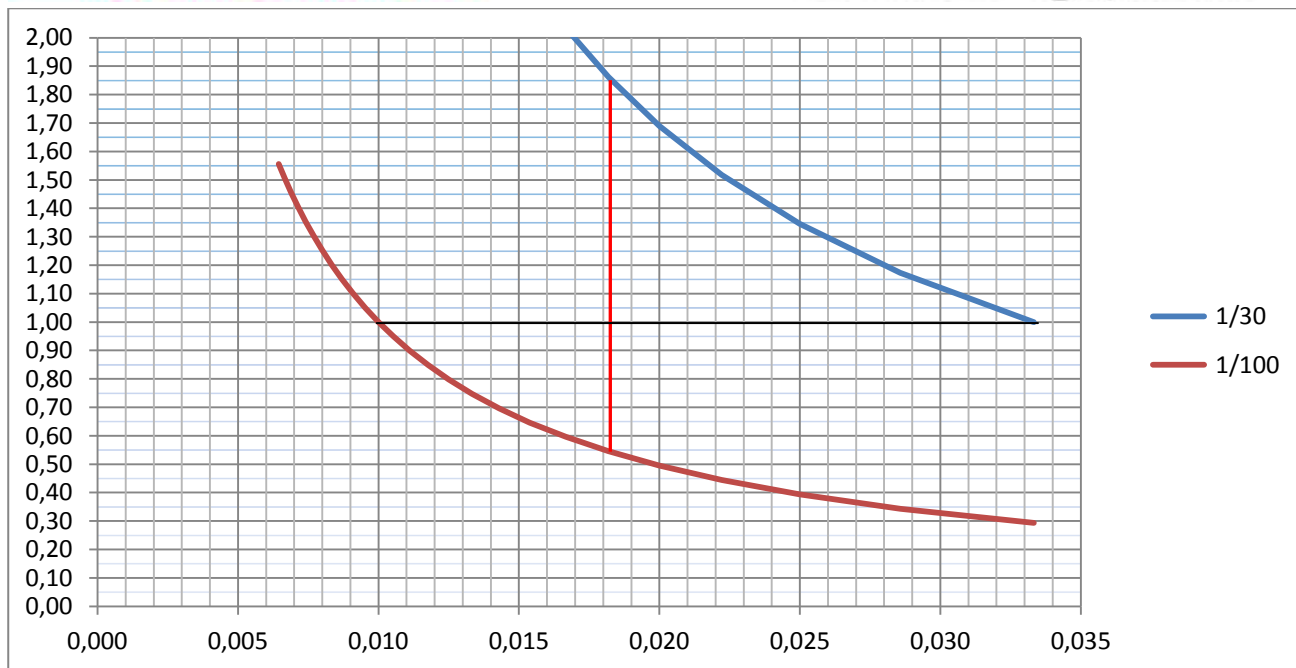
Per completezza si riportano i grafici corrispondenti a questa seconda situazione : dai grafici si può osservare che, agendo contemporaneamente sui rapporti tra le pressioni applicate in entrambi i componenti (pre-dilutore e dilutore), con minori differenze si ottengono maggiori deviazioni.



Si è quindi verificata la possibilità di copertura totale delle bande di possibili diluizioni sia tra 29:30 e 1:30 che tra 1:100 e 1:3.000 : resta da verificare la banda di possibili diluizioni tra 1:100 e 1:30.

Il seguente grafico, relativo sempre ai rapporti P0/P1 e conseguenti rapporti di diluizione in due casi :

- a) con pre-dilutore bypassato e dilutore impostato (come ripartizione dei capillari) su 1:30
- b) con pre-dilutore inserito in serie e dilutore non influente (rapporto capillari = 30:30)



Si può verificare anche graficamente che applicando correzioni di P0/P1 nell'intervallo 1,85...0,55 si ha la copertura completa anche dell'intervallo di diluizioni tra 1:30 e 1:100.

Il diluatore BetaCAP30 a 30 capillari applica automaticamente i calcoli che sottostanno ai grafici qui indicati per fornire effettivamente la copertura completa delle diluizioni tra 0,5:30 e 29,5:30, oltre agli estremi 0:30 (solo gas diluente) e 30:30 (solo gas diluendo). Quando equipaggiato con il pre-diluatore BetaCAP1A100, la banda delle diluizioni coperte con continuità si estende da 1:4500 fino a 29,5:30 (incluso lo zero).

E' anche previsto il caso di due gas (diluendo e diluente) con viscosità diverse : in tal caso, sia il rapporto tra i capillari applicati ai due gas in entrata, sia il rapporto tra le pressioni applicate viene automaticamente calcolato per compensare gli effetti delle viscosità. Infatti le curve sopra indicate sono calcolate per rapporto unitario delle viscosità e si modificano quando  $\eta_1/\eta_0 \neq 1$ .

Si noti che solo il rapporto tra le pressioni applicate ai capillari influisce sul rapporto di diluizione, non i loro valori assoluti : per questo è previsto per le pressioni un ciclo di calibrazione (zero e span) che non utilizza necessariamente riferimenti tracciabili. Per ciascuna sezione (pre-diluatore e diluatore) lo zero è tarato applicando contemporaneamente ai rispettivi tre sensori (2 ingressi e una uscita) la pressione atmosferica e lo span è tarato pressurizzando in modo statico tutto il volume interno (e quindi i tre sensori) con una pressione nota ma non riferibile.

Il rapporto P0/P1 viene gestito modificando il set-point dei regolatori di pressione relativa in accordo al calcolo :

$$P_0 = \text{Prel.}_0 - \text{Prel.}_{OUT} = P_0/P_1 \times (\text{Prel.}_1 - \text{Prel.}_{OUT})$$

P0 e P1 sono in effetti le pressioni differenziali tra l'ingresso corrispondente e l'uscita (le pressioni effettivamente applicate ai capillari). La linearità e la ripetibilità sulle pressioni regolate sono migliori di  $\pm 1$  mBar su 2 Bar

Alla intrinseca stabilità dei capillari si è quindi sottratto il limite delle diluizioni "discrete". Il vantaggio è che in tal modo si possono scegliere i valori di concentrazione da applicare allo strumento in prova senza altro condizionamento che la disponibilità del gas da diluire.