

# Relazione sullo studio di invecchiamento dei contatori gas per uso industriale

*In questo sintetico rapporto tecnico vengono presentati i principali risultati di una approfondita analisi statistica condotta su un significativo campione di dati raccolti in occasione delle attività di verifica periodica di misuratori statici per uso industriale (tecnologia termo-massica), al fine di valutarne il comportamento prestazionale nel tempo.*

A cura di (in ordine alfabetico)

**Furio Cascetta (Università della Campania “L. Vanvitelli”)**

**Pier Giorgio Spazzini (INRIM)**

**Livio Valagussa (2i Rete Gas)**

## Introduzione

Gli Autori della presente relazione hanno un lungo trascorso di studio e di esperienza sperimentale nel campo della strumentazione di misura dei fluidi, e segnatamente per la contabilizzazione del gas naturale, in vari ambiti. Da oltre due decenni sono particolarmente attivi nel campo della metrologia scientifica e in quella legale, partecipando a vario titolo ad una moltitudine di attività tecnico-scientifiche.

**Lo scopo di questo studio metrologico è unicamente di tipo scientifico.** In considerazione del fatto che recentemente le normative relative alle verificazioni periodiche dei misuratori di gas naturale stanno andando a regime, si è ritenuto utile effettuare un’analisi del comportamento dei contatori gas per uso industriale ( $\geq G10$ ) dopo un primo periodo di utilizzo. In particolare, vista la diversa periodicità attualmente prevista per la verifica periodica dei contatori di nuova tecnologia (ossia con sensore elettronico di portata, come ad esempio quelli ultrasonici e quelli termo-massici) rispetto a quelli cosiddetti “tradizionali” (ovvero quelli meccanici, basati sul principio della misura volumetrica), introdotta prudenzialmente in sede di estensione iniziale dei Decreti attuativi di cui sopra, si è ritenuto interessante analizzare il comportamento dei nuovi contatori statici basati sulla tecnologia termo-massica (in Italia non esistono ancora significativi campioni di contatori gas industriali con tecnologia ad ultrasuoni). Tutto ciò, al fine di contribuire a **creare quel supporto culturale (sperimentale, tecnico-scientifico) di conoscenza utile alla intera Comunità degli addetti ai lavori** (Istituzioni normative e ministeriali, Istituzioni di ricerca, il Sistema Camerale e delle Imprese). In altre parole, gli Autori intendono mettere a disposizione del “Sistema Metrologico Nazionale” (in senso lato) i risultati di una robusta campagna sperimentale di verifiche periodiche e la conseguente rappresentativa analisi statistica per verificare se, dal

punto di vista tecnico, tale periodicità prudenziale (8 anni per le tecnologie innovative rispetto ai 16 anni delle tecnologie tradizionali) sia a tutt'oggi ancora giustificabile oppure se, all'evidenza delle osservazioni sperimentali, si possa considerare in maniera diversa la tecnologia innovativa introdotta alcuni anni fa.

Si ringrazia 2i Rete Gas per aver condiviso tali premesse e per aver messo a disposizione degli Autori i risultati di una diffusa campagna di verifiche periodiche effettuate su un campione di adeguata numerosità di contatori gas industriali omogenei (thermo-massici), dopo 8 anni di servizio.

## Descrizione del set di dati utilizzato

**Le analisi statistiche presentate in questo Rapporto Tecnico si riferiscono ad un set di dati raccolti in occasione delle attività di verifica periodica e di proprietà di 2i Rete Gas, messi gentilmente a disposizione degli Autori unicamente per i già dichiarati scopi scientifici e culturali.**

Il campione analizzato è fortemente significativo, in quanto rappresentato dai dati di verifiche periodiche effettuate presso un Laboratorio Accreditato (Organismo di Ispezione) relativamente a 1582 contatori gas omogenei, tutti basati sulla tecnologia termo-massica (tutti prodotti da un unico fornitore), tutti di calibro G25, tutti installati nel 2013 e tutti verificati nel 2021 (dopo 8 anni di servizio).

Dal punto di vista statistico, il campione risulta particolarmente favorevole in quanto estremamente omogeneo, permettendo quindi un'analisi non influenzata da fattori "spuri" e difficilmente valutabili/quantificabili (per quanto potenzialmente molto interessanti), quali l'effetto dei diversi calibri, dei diversi momenti di installazione (in quanto strumenti installati in diversi momenti potrebbero appartenere a versioni diverse dello stesso modello), dei diversi momenti di verifica (in quanto verifiche in momenti diversi potrebbero essere effettuate con diverse versioni di procedura) ecc.

Per quanto riguarda le prove effettuate, i contatori sono stati verificati sperimentalmente presso un Laboratorio (Organismo di Ispezione) terzo ed indipendente, accreditato UNI CEI EN ISO/IEC 17020 (utilizzando una procedura "standard" approvata dall'ente di accreditamento, conforme alle norme vigenti e al DM 93/17). Le prove di Laboratorio sono state condotte con riferimento a cinque differenti portate ( $Q_{min}$ ,  $Q_t$ ,  $0.4 Q_{max}$ ,  $0.7 Q_{max}$  e  $Q_{max}$ ), ovvero con un numero di portate maggiori di quelle minime (3) richieste dalla Normativa. Per ogni portata di prova, sono state effettuate 3 ripetizioni. Si è quindi lavorato sui valori medi degli scostamenti e degli errori.

Ciò ha permesso di ottenere un'analisi metrologica e una caratterizzazione statistica più approfondite dei risultati, disponendo di una maggiore quantità di dati.

## Analisi Generale

Una prima analisi dei dati è consistita nella semplice valutazione numerica dei contatori che hanno ottenuto tre valutazioni principali, ovvero: "Non Verificabile" (strumento spento o non

funzionante), “Verificazione Positiva” (errore contenuto all’interno della fascia “in service MPE” o “in service accuracy”:  $[\pm 6.5\% \div \pm 3.5\%]$ ), e “Verificazione Negativa” (errore esterno alla fascia  $[\pm 6.5\% \div \pm 3.5\%]$ ).

Il risultato di questa prima analisi è considerato piuttosto incoraggiante. Infatti, come si può osservare in Tabella 1, la percentuale di strumenti che hanno superato la verifica è molto elevata (circa il 97%).

	Numero assoluto	Percentuale del totale (%)
Contatori Analizzati	1582	100
Non Verificabile	41	2.59
Verificazione Positiva	1534	96.97
Verificazione Negativa	7	0.44

*Tabella 1 - Risultati complessivi*

In particolare, si osserva come la percentuale di contatori con Verificazione Negativa sia inferiore allo 0.5%; d’altra parte, la percentuale di strumenti che non hanno potuto essere verificati risulta nettamente maggiore (oltre il 2.5%), per quanto tale valore possa essere considerato fisiologico, in quanto comprende tutti i casi possibili di *failure* (guasto al display, batteria scarica, ecc.). Non è inoltre da trascurare il fatto che, come si vedrà in seguito, tutti questi casi potrebbero essere ascrivibili a problemi durante il trasporto verso il Laboratorio Metrologico.

## Risultati numerici

In seguito, si è effettuata un’analisi di maggiore dettaglio. I risultati di taratura di tutti i contatori con verificazione positiva sono stati innanzitutto diagrammati insieme alle curve limite di norma, mostrando che le curve di risposta si trovavano, nella maggior parte dei casi, ampiamente entro i limiti suddetti. Ciò ha suggerito di inserire nel grafico anche le curve limite per contatori nuovi (ovvero le curve limite di prima installazione).

Si è così ottenuto il diagramma riportato in Figura 1. In questo grafico, le linee rosse rappresentano le curve limite per la verificazione periodica  $[\pm 6.5\% \div \pm 3.5\%]$ , mentre le linee verdi rappresentano le curve limite per la verifica prima  $[\pm 3.5\% \div \pm 2.0\%]$ . Come si può osservare, una grande quantità di punti di misura ricadono entro i limiti di verifica prima. Si è quindi ritenuto interessante valutare quanti strumenti presentassero una curva di risposta interamente entro i limiti di verifica prima. Il risultato è che 1260 contatori (pari all’82.1 % dei contatori con verifica positiva ovvero al 79.6% dei contatori analizzati) ricadono in questa categoria, mostrando quindi un’eccellente resistenza all’invecchiamento degli strumenti.

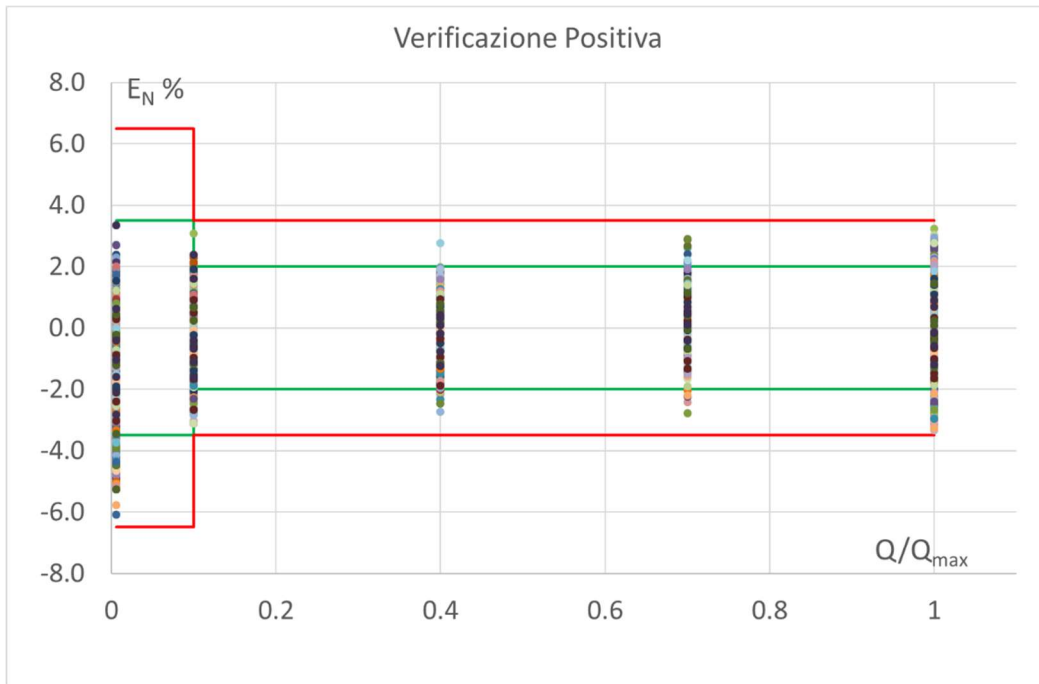


Fig. 1 - Curve di risposta dei contatori con verifica positiva

Si è quindi passati ad un'analisi di maggiore dettaglio sui risultati sperimentali. In particolare, per ciascuna portata di prova si sono analizzate le distribuzioni statistiche degli  $E_N \%$  relativamente ai soli strumenti che hanno superato la verifica; questa analisi ha portato ai grafici riportati nelle Figure da 2 a 6.

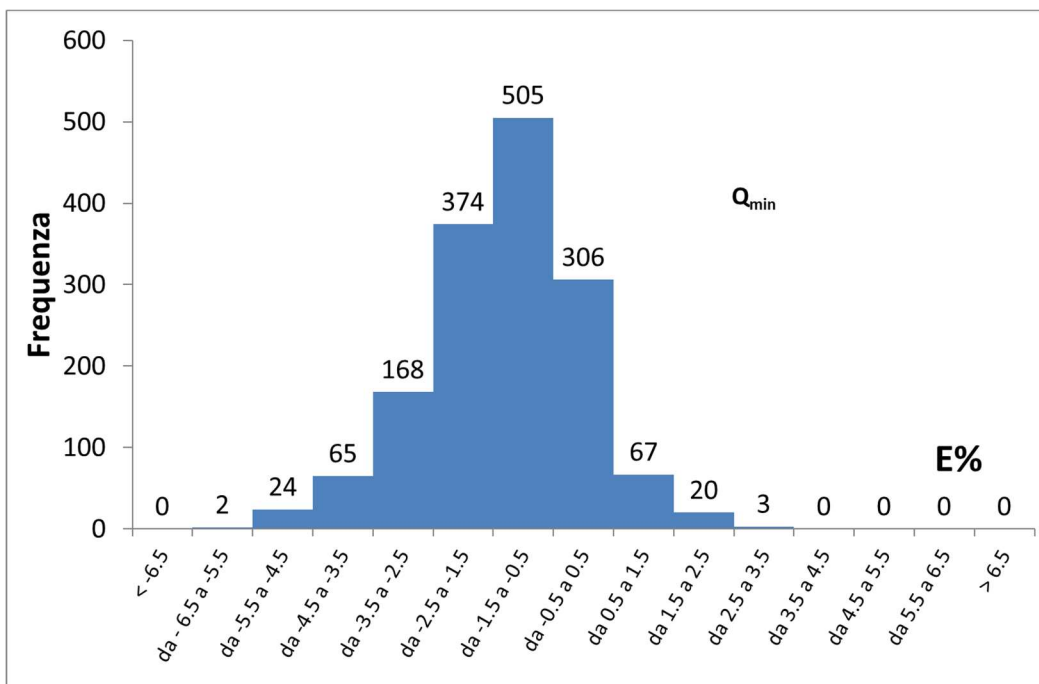


Fig. 2 - Frequenza degli scarti percentuali  $E_N \%$  alla portata  $Q_{min}$

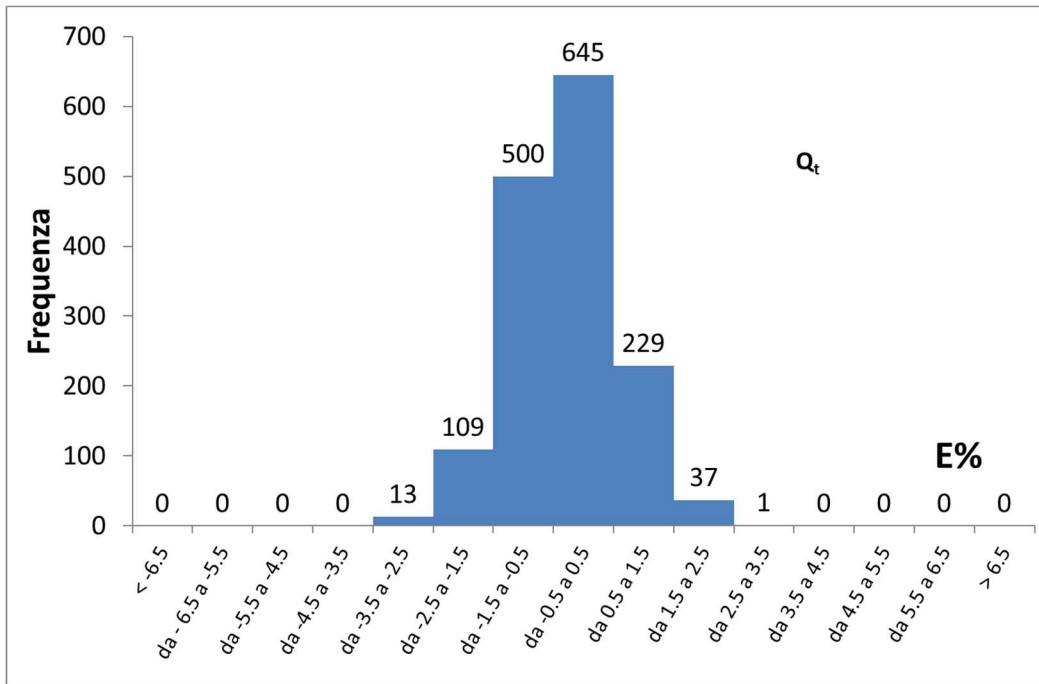


Fig. 3 - Frequenza degli scarti percentuali  $E_N$  % alla portata  $Q_t$

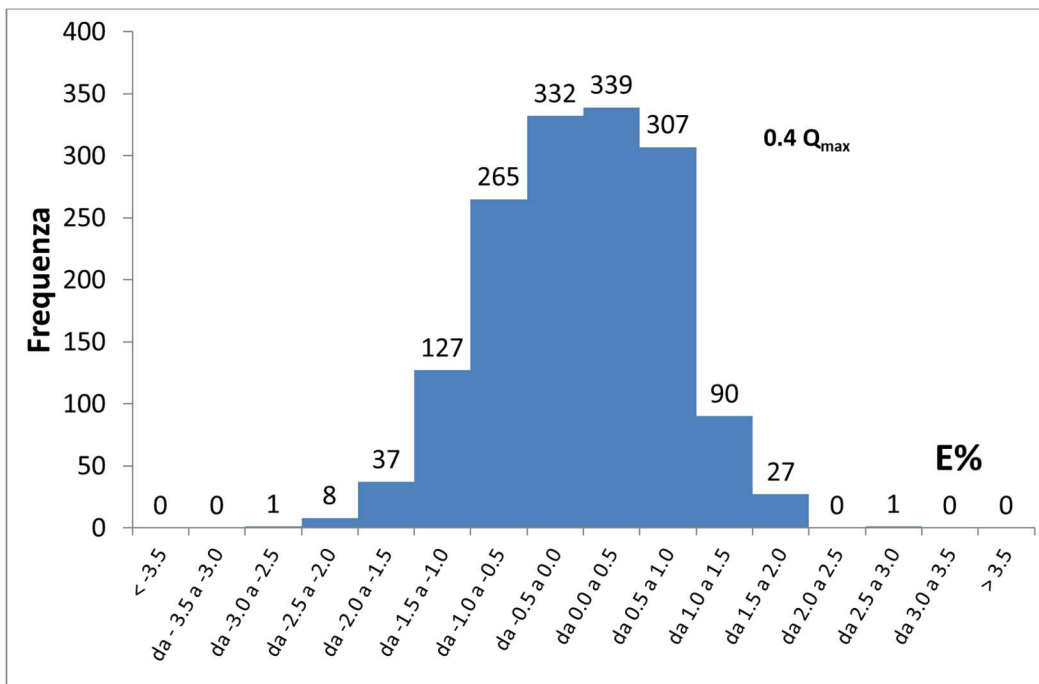


Fig. 4 - Frequenza degli scarti percentuali  $E_N$  % alla portata  $0.4 Q_{max}$

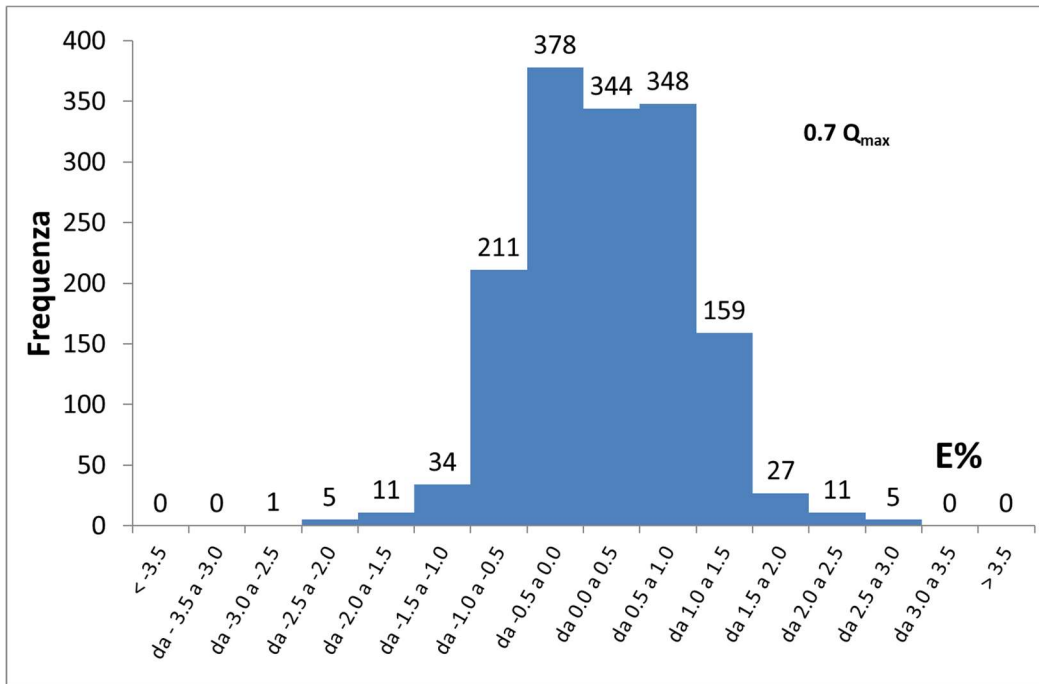


Fig. 5 - Frequenza degli scarti percentuali  $E_N$  % alla portata  $0.7 Q_{max}$

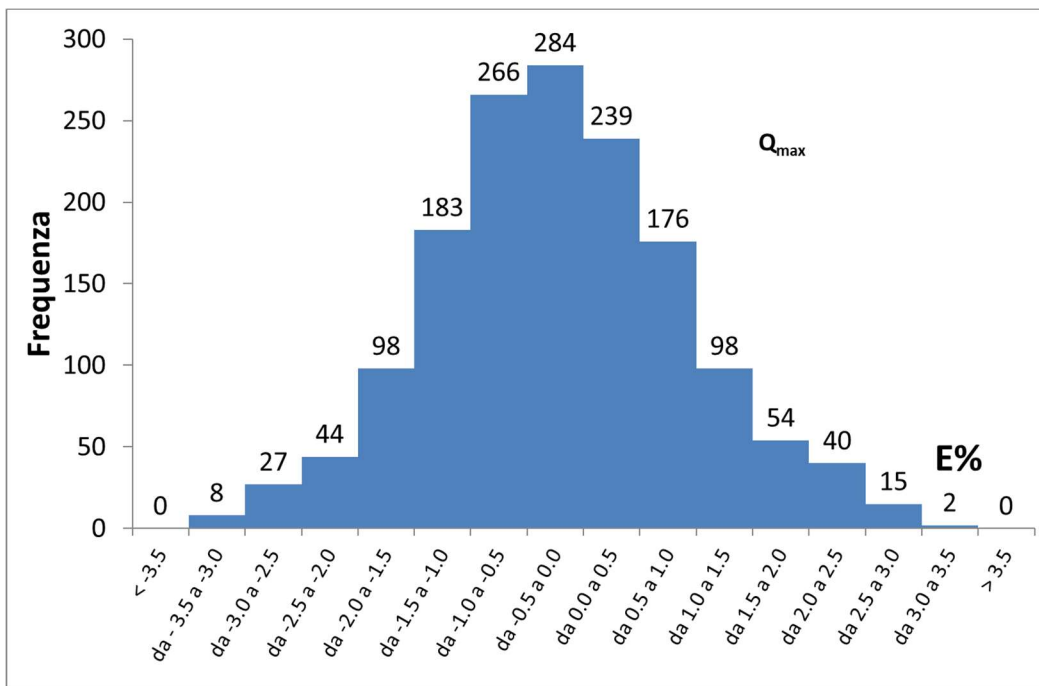


Fig. 6 - Frequenza degli scarti percentuali  $E_N$  % alla portata  $Q_{max}$

Come si può osservare, in quasi tutti i casi si ottiene una distribuzione simmetrica, che ben approssima una curva Gaussiana (tranne nei casi delle portate  $0.4 Q_{max}$  e  $0.7 Q_{max}$  dove la distribuzione appare asimmetrica). Anche da questi grafici, inoltre, si può osservare la predominanza di indicazioni in verifica periodica che rispettano i valori di verifica prima.

Successivamente è stata effettuata un'analisi del comportamento degli strumenti in funzione dello "stato di utilizzo", ovvero in funzione del valore registrato sul totalizzatore (*segnante* o lettura del display), rilevato all'atto dello smontaggio. Innanzitutto, occorre rilevare che tale dato ha potuto essere rilevato per tutti i 1582 strumenti del campione originario; questo fatto indica che, all'atto

dello smontaggio, ogni singolo contatore era in grado di fornire un'indicazione, dal che si deduce che gli strumenti per i quali la verifica non ha potuto essere effettuata hanno subito un qualche tipo di malfunzionamento a valle dello smontaggio, il che a sua volta implica che, fintanto che sono rimasti in sede, essi erano correttamente in funzionamento.

I contatori sono poi stati divisi in sei gruppi, all'incirca della stessa consistenza, a seconda del valore di totalizzatore letto. I dati generali per i sei gruppi sono riportati in Tabella2.

Totalizzatore (m <sup>3</sup> )	Numerosità del gruppo	Risultati Verificazione (% del gruppo)		
		Non effettuabile	Negativa	Positiva
Fino a 38000	261	0.00	0.38	99.62
Da 38000 a 70000	290	3.79	0.34	95.86
Da 70000 a 100000	291	2.41	0.69	96.91
Da 100000 a 130000	277	1.81	0.00	98.19
Da 130000 a 180000	264	3.79	0.76	95.45
Oltre 180000	199	4.02	0.50	95.48

Tabella 2 - Risultati della verifica divisi per valori totalizzati

Come si può osservare, non è rilevabile un chiaro effetto del valore di totalizzatore sulla distribuzione generale dei risultati, o in altre parole non è rilevabile, almeno da questi dati, un "effetto di invecchiamento" conseguente al maggiore o minore utilizzo degli strumenti. D'altra parte, questo risultato non è particolarmente sorprendente, dato che la tecnologia di misura in esame (statica) non comporta la presenza di parti mobili o comunque soggette ad usura associabile al tempo di utilizzo<sup>1</sup>.

## Conclusioni

Grazie ad uno specifico database messo a disposizione degli Autori da 2i Rete Gas, è stato possibile effettuare uno studio statistico sui risultati di verifica dopo 8 anni di esercizio, con riferimento ad un campione estremamente omogeneo di contatori di gas industriali (G25), con tecnologia di misura termo-massica.

Tutte le analisi statistiche condotte hanno mostrato una risposta molto convincente di questi strumenti ad una distanza di 8 anni dalla prima installazione. La stragrande maggioranza (circa il 97%) è conforme ai limiti della cosiddetta *in service accuracy* ( $\pm 6.5\% \div \pm 3.5\%$ ); una ragguardevole percentuale (oltre l'80%) è addirittura conforme ai limiti della verifica prima ( $\pm 3.5\% \div \pm 2.0\%$ ).

Sulla base di quanto sopra riportato, si può affermare che, con buona evidenza, la tecnologia termo-massica testata è praticamente insensibile agli effetti del tempo di esercizio, confermando il comportamento tipico delle tecnologie di misura statiche, ampiamente documentato in letteratura tecnica.

<sup>1</sup> Ovviamente le componenti degli strumenti in questione non sono immuni da usura associabile, ad esempio, a presenza di sostanze abrasive o corrosive nel fluido misurato, tuttavia questo effetto non è evidenziabile tramite questa analisi, che al più può permettere di rilevare usura associata al solo utilizzo.