

Smart Utility Meters e l'evoluzione tecnologica dei contatori d'utenza

In questo articolo vengono sinteticamente ripercorsi gli sviluppi tecnologici che i misuratori di acqua (fredda/potabile e calda) e di gas (detti appunto utility meters) hanno avuto negli anni, dall'origine ai nostri giorni. Viene tracciata una breve storia dei contatori d'utenza, collegando la loro genesi a quella delle reti distributive cittadine. Nascono prima le reti gas e poi quelle idriche, per cui i primi contatori d'utenza sono quelli del gas, nella prima metà del XIX secolo, e successivamente quelli idrici, nella seconda metà del XIX secolo. Attraverso l'evoluzione tecnologica dei contatori d'utenza, si presentano le tecnologie moderne, gli smart utility meters degli attuali contatori di acqua e gas, evidenziando il passaggio dai metodi tradizionali (misura meccanica e quindi analogica) ai metodi moderni ed innovativi (misuratori elettronici e quindi digitali). Vengono infine presentati gli aspetti tecnici e metrologici degli smart meters oggi disponibili, evidenziandone anche il percorso di miglioramento e di superamento dei limiti iniziali.

Furio Cascetta
Stefano Campana

È evidente che la genesi dei contatori d'utenza di acqua e gas è indissolubilmente legata all'origine delle rispettive reti distributive cittadine. L'esigenza di misurare i consumi dei singoli utenti nasce quando la rete distributiva cittadina viene realizzata, ramificandosi all'interno del territorio urbano, collegando le fonti approvvigionamento (sorgenti/serbatoi e relativa rete di adduzione o trasporto) alle singole utenze (nasce il servizio distributivo). Il contatore d'utenza rappresenta quindi il terminale della rete distributiva, dove la risorsa (acqua e gas) viene consegnata (venduta) all'utente/consumatore.

Ovviamente la genesi delle reti gas è molto diversa da quella delle reti idriche, per cui gli argomenti vanno trattati separatamente.

Le reti idriche

Gli acquedotti, soprattutto quelli di adduzione o trasporto (ovverosia quelli costruiti per portare la risorsa idrica dalle fonti/sorgenti ai luoghi di utilizzo), sono indubbiamente un primato italiano e costituiscono un vanto dell'ingegneria idraulica a livello mondiale. I Romani, infatti, sono riconosciuti come gli artefici di tale primato, avendo costruito (e lasciato ai posteri) molti esempi di evoluti acquedotti adduttori, ancor'oggi sorprendenti per la qualità delle realizzazioni fatte in epoche di limitate conoscenze tecniche e di mezzi tecnologici. A solo titolo di esempio, nella ► **figura 1** si riporta l'immagine di uno dei tratti più famosi e meglio conservati di acquedotto romano.



Figura 1 - Pont du Gard, ponte di 49 metri di altezza e 273 di lunghezza, costruito intorno al 19 a.C. dai dominatori Romani della colonia Gallica di Nemasus (attuale Nîmes). Inserito nel tracciato di un acquedotto di 50 km che convogliava l'acqua della sorgente carsica di Uzès alla colonia di Nemasus, permetteva l'attraversamento del fiume Gardon mantenendo la pendenza graduale di 1 metro ogni 3.000 (0.3%, ovvero appena 17 metri di dislivello sull'intera estensione di 50 km).

Purtroppo gli acquedotti romani, alla caduta dell'Impero, vengono nel tempo distrutti e/o abbandonati, motivo per il quale nel medioevo il consumo d'acqua veniva effettuato localmente, realizzando le città e gli agglomerati abitativi direttamente in prossimità della risorsa idrica, oppure attraverso un rozzo sistema di trasporto dell'acqua.

Nel XVII secolo cominciano a costruirsi prototipi di acquedotti di adduzione realizzati in tubazioni di ghisa (nel 1613 viene inaugurato l'acquedotto d'Arcueil). L'esigenza comune in questi secoli,

GLI AUTORI

F. Cascetta, Dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione (D.I.I.I.), Seconda Università di Napoli, Aversa (CE).

fino all'800, è quella della qualità dell'acqua trasportata attraverso le infrastrutture. Spesso l'acqua è contaminata, favorendo epidemie di tifo e di colera. Nel XVIII secolo con l'inizio della microbiologia, la qualità delle acque migliorò grazie alle tecniche di decantazione e di filtrazione. Occorre attendere la fine del XVIII e l'inizio del XIX secolo per assistere alla realizzazione di reti idriche distributive, ramificate nelle principali città europee, che attivano un servizio di fornitura idrica fornendo direttamente agli utenti nella

reti idriche. Infatti l'acqua ha sempre avuto un carattere "sociale", per cui le forniture pubbliche spesso erano "gratuite" o forfettarie. Le forniture "a tariffa" hanno inizialmente risentito delle antiche tradizioni romane, per cui la fornitura idrica era determinata da un regolatore di flusso (cannula: tubo di rame con orifizio tarato) piuttosto che da un dispositivo di misura vero e proprio. Tale tradizione è stata ancora adottata fino ai primi del '900, tramite l'utilizzo della cosiddetta lente metrica tarata (► **figura 2**).

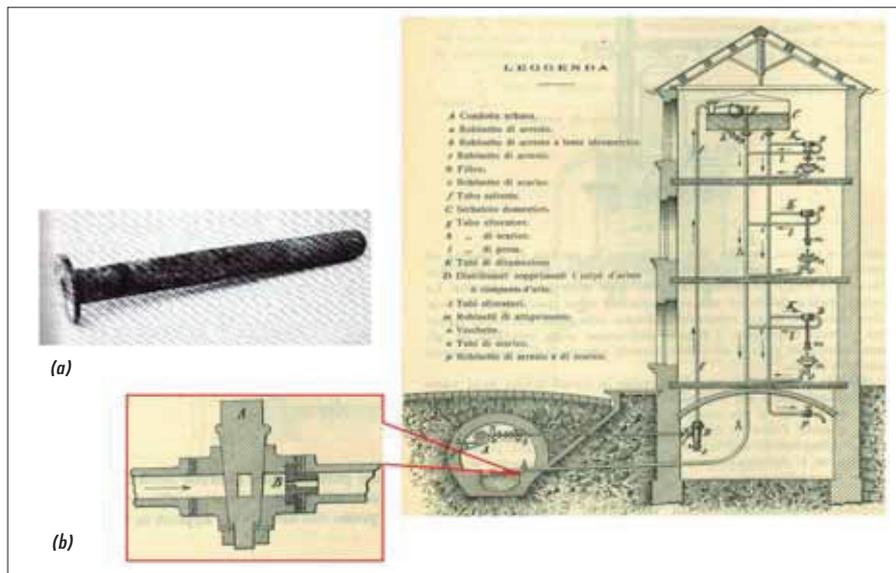


Figura 2 - (a) 'Cannula romana'. Al termine degli acquedotti si trovavano i grandi serbatoi di distribuzione o 'castella' dai quali appunto l'acqua veniva ripartita per mezzo di calices bronzei, che presso i Romani erano lunghi 12 dita ed avevano un diametro rigorosamente calibrato. Da essi l'acqua passava poi nei condotti plumbei o fittili: il calibro base era per i Romani quello della fistula quinaria che aveva un diametro di dita 1,51/224 (m. 0,022 circa), col centro posto a 12 dita sotto il livello costante dell'acqua. Il consumo dell'acqua era dunque calcolato in quinarie (0,48 litri al secondo) o nei sottomultipli di 1/12 (uncia), 1/48 (sicilico) o 1/288 (scrupolo). (b) Un allacciamento idrico tipo di inizio del secolo XX con un ingrandimento del particolare della lente idrometrica.

case (a pagamento) l'acqua.

In questi anni vengono formate le prime e più importanti società di gestione e di distribuzione della risorsa idrica, per esempio la Compagnia delle Acque di Parigi del 1778.

Si può affermare che le reti idriche si sviluppano prevalentemente nella prima metà dell'800, mentre i contatori idrici vedono la loro nascita circa nella seconda metà dell'800. Analogamente i contatori gas risalgono già al 1815 (Clegg, Londra), mentre i primi contatori idrici sono installati a Parigi nel 1880.

Non c'è da stupirsi che il contatore idrico abbia un'origine relativamente tardiva rispetto alla storia e allo sviluppo delle

Le reti gas

Durante il '700 viene dato un notevole impulso agli studi e ai progressi chimico-fisici per lo sfruttamento del gas. Viene attribuito ad Alessandro Volta, nel 1776, il grande merito di aver "scoperto" il gas naturale (miscela composta principalmente da gas metano), da lui stesso denominato come "aria infiammabile nativa delle paludi".

Un ulteriore apporto verso lo sfruttamento del gas viene fornito (verso la fine del XVIII secolo) dall'uso industriale del gas come sottoprodotto della tecnologia del carbone (cokeria), per la produzione di un combustibile solido artificiale denominato *coke* (tipicamente utilizzato in metallurgia). Si tratta della decomposizione termica del carbone per riscaldamento ad oltre 1.000 °C in assenza di aria (pirolisi o distillazione secca): in tali condizioni si forma il prodotto *coke* ed il sottoprodotto *gas coke* (entrambi combustibili). Inizialmente (e paradossalmente), il gas coke non veniva utilizzato. Solo dopo il 1784 si comincia a promuovere l'utilizzo del gas coke come combustibile: nasce quindi l'era dell'illuminazione pubblica a gas (in Inghilterra nel 1790). La prima città a dotarsi di un sistema diffuso di illuminazione pubblica con gas coke è Parigi (1801).

Le officine per la produzione di gas illuminante (nella ► **figura 3** ne vengono rappresentate alcune versioni) e la relativa rete di distribuzione rappresentano quindi l'inizio dell'era del gas e del suo sfruttamento ai fini civili e industriali.

Il ciclo produttivo del cosiddetto gas di

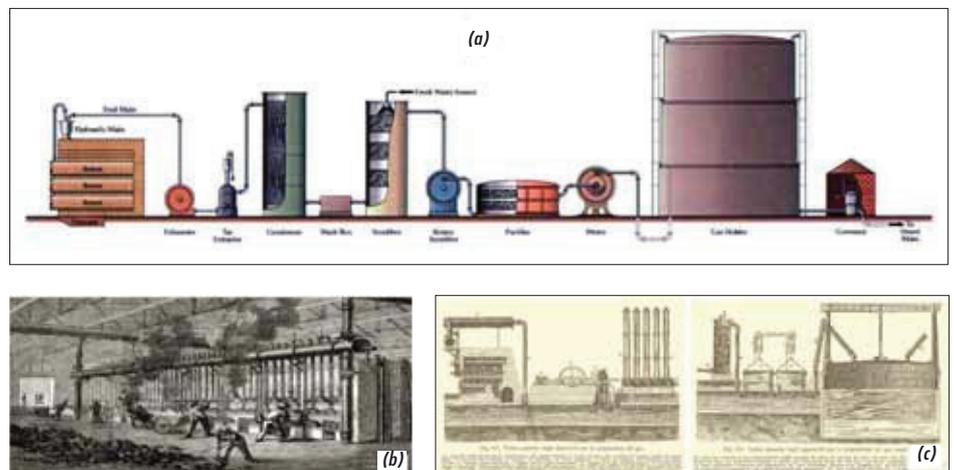


Figura 3 - (a) Processo produttivo di una cokeria per la produzione di gas combustibile (gas coke) e del combustibile solido (coke). (b) Officine del gas alla Villette, Parigi, 1820 ca. (da Figuiet L., *Il gas e le sue applicazioni*, Milano 1888). (c) Veduta generale degli apparecchi per la produzione del gas.

città (gas di cokeria) favorisce l'impiego dei contatori di gas con il doppio scopo di tenere sotto controllo il processo stesso di produzione del gas (efficientamento della cokeria) e di determinare i consumi di gas all'utenza servita.

Si può comunque affermare che lo sviluppo del contatore gas, sin dall'inizio, abbia preceduto (di svariati anni) lo sviluppo del contatore idrico. Tale *gap*, sebbene di origine ottocentesca, rimane tutt'oggi.

Il fatto che il contatore gas sia nato prima di quello dell'acqua può a prima vista apparire curioso, visto il carattere originariamente "primitivo" dell'acqua rispetto a quello del gas.

In realtà, invece, non c'è da stupirsi perché la prevalenza del gas sull'acqua trae le sue origini innanzitutto da motivi economici e di contesto sociale (sfruttamento del gas per fini commerciali, rispetto al ruolo dell'acqua nativamente "pubblico"). In particolare, il gas coke per illuminazione, essendo un prodotto industriale, ha un suo costo di produzione legato anche agli investimenti necessari per realizzare tali impianti: ne scaturisce l'esigenza di una attenta determinazione (misura) dei quantitativi di gas prodotti e venduti per l'idonea ed appropriata riscossione economica. Successivamente, lo sfruttamento dei giacimenti sotterranei di gas naturale renderanno obsolete le officine di *cokeria*, ma rimarranno centrali le esigenze di misura del gas estratto, trasportato, distribuito ed utilizzato.

Il primato temporale del contatore del gas su quello dell'acqua è anche spiegabile con le conoscenze scientifiche dell'epoca: le leggi fondamentali dei gas sono state scoperte già da Boyle-Mariotte nel 1662 (a temperatura costante, la pressione di un gas perfetto è inversamente proporzionale al suo volume), rispetto alle leggi fondamentali dell'idrodinamica, scoperte da Daniel Bernoulli nel 1738. Nel 1807, Gay Lussac completa le leggi fondamentali dei gas, correlando -a pressione costante- il volume di un gas alla sua temperatura, in maniera lineare.

I primi sviluppi dei contatori d'utenza

Si possono individuare due aspetti tecnici per un generico contatore d'utenza: il *principio fisico di misura* (sulla cui scelta si basano le caratteristiche metrologiche di

accuratezza e affidabilità nel tempo); *la tecnologia realizzativa* (soluzioni tecniche e materiali utilizzati).

Un generico contatore tradizionale è costituito da tre stadi: *la camera di misura* vera e propria (primo stadio); il *sistema di trasmissione* (secondo stadio), detto anche orologeria, che ha lo scopo di trasmettere all'unità di lettura il movimento dell'organo di misura presente nel primo stadio; il *totalizzatore* o *unità di lettura* (terzo stadio).

Il "cuore" di un contatore è dunque rappresentato dall'elemento primario o camera di misura che realizza il principio fisico di funzionamento del misuratore. Al di là del principio fisico di misura che caratterizza il primo stadio, c'è da osservare che le tecnologie e le soluzioni adottate per il secondo e per il terzo stadio sono simili e condivise tra i contatori acqua e gas. In sostanza l'orologeria è costituita da una serie di ingranaggi (rotismi, ingranaggi, leverismi) che hanno lo scopo di ridurre (rapporto di riduzione di velocità) e trasmettere a valle il movimento dell'organo principale di misura. Analogamente, il totalizzatore o visualizzatore (sia a lancette che a rulli o tamburelle) dei contatori d'utenza tende ad assumere una configurazione generale condivisa, da considerarsi praticamente uno "standard".

I *principi fisici di misura* scelti per i contatori d'utenza alla loro origine (nel XIX secolo) erano inevitabilmente legati alle limitate conoscenze tecnico-scientifiche del tempo. Questo è il motivo per cui inizialmente i contatori d'utenza (sia di gas che di acqua) sfruttano due principali tecnologie di misura, entrambe di tipo mec-

canico/dinamico:

- **A) misuratori volumetrici (positive displacement meters)**. (A1) a rotazione di pistoni (rotary piston meters), per acqua e gas; (A2) a traslazione di pistoni, solo per i vecchi contatori idrici; (A3) a parete deformabile o a diaframma (diaphragm meters), solo per gas.
- **B) misuratori di velocità (inferential meters)**. (B1) a turbina per acqua; (B2) a turbina per gas.

Quindi sia la misura primaria (primo stadio), che la trasmissione (secondo stadio) e la lettura (terzo stadio), sono affidati a componenti meccanici e dinamici, ovviamente soggetti ad usura nel tempo e conseguente a deterioramento.

Circa i *materiali* utilizzati per realizzare i contatori d'utenza (in tutte le loro parti), la tecnologia conosciuta dell'epoca era prevalentemente quella delle lavorazioni meccaniche dei metalli, in virtù della loro duttilità e quindi della relativa facilità di lavorazione (fonderia, macchine utensili quali torni, frese, trapani, ecc.).

Attraverso i decenni del XX secolo, poche sono state le migliorie e le evoluzioni tecnologiche apportate ai contatori d'utenza. Nel campo del *gas*, si è passati dal contatore volumetrico a tenuta di liquido (1815) a quello a secco (1820). Nella ► **figura 4** viene riportata una rassegna di alcuni contatori gas storici.

Altre novità hanno riguardato la tipologia delle membrane utilizzate per le camere di misura del gas, inizialmente in pelle animale (più facilmente deteriorabile per essiccamento e quindi con perdita di tenuta) e successivamente in materiale sin-

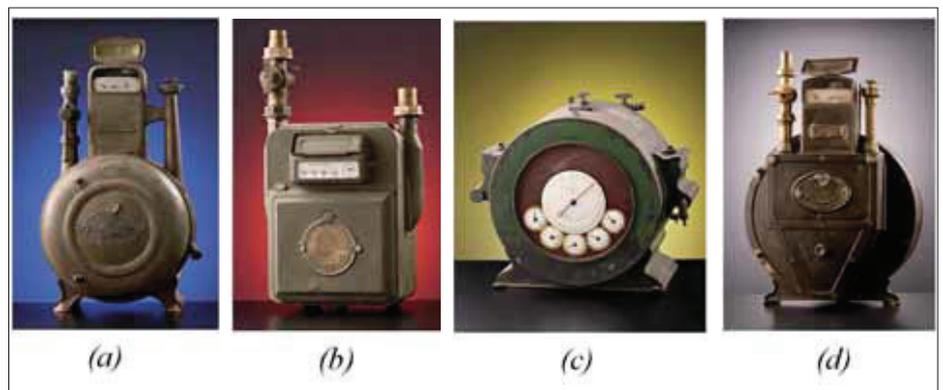


Figura 4 - (a) Contatore gas a tenuta di liquido (acqua) per la misura del gas Continent Brunt sistema duplex invariabile, 1914 (derivante dal brevetto Clegg nel 1815). (b) Contatore per la misura del gas, sistema a secco modello Vulcan con membrane in rame (brevettato da Malm nel 1820). (c) Contatore campione per la verifica dei contatori gas, 1867. (d) Contatore per la misurazione del gas con sistema a olio con cassa in ghisa, 1900.

tetico.

Ulteriori adeguamenti tecnologici, nella seconda metà del '900, hanno riguardato l'evoluzione del totalizzatore (dalla versione a lancette alla versione a rulli o tamburelle) e una crescente attenzione verso l'impiego di materiali plastici in luogo dei metalli (la plastica è più leggera, riduce gli attriti relativi e quindi l'usura), soprattutto nella parte trasmissione del segnale primario (rotismi od orologeria). Inoltre vengono inseriti accorgimenti per il blocco del flusso inverso.

Successivamente, per le taglie superiori, i misuratori gas utilizzano principi fisici di misura diversi: nascono i contatori volumetrici a pistoni rotanti e i contatori a turbina (o di velocità).

Tra le curiosità si può annoverare la nascita, agli inizi del '900, dei primi contatori prepagati (tramite inserimento di una moneta all'interno della meccanica del contatore), nonché la realizzazione di primordiali contatori meccanici a doppia tariffazione (tariffa bioraria), ► **figura 5**.

Analogamente i contatori idrici vengono concepiti, nella seconda metà del XIX secolo, in modo simile a quelli del gas, sfruttando il principio di misura volumetrico (a pistoni), ► **figura 6**.

Solo successivamente (nei primi decenni del '900) i contatori idrici vengono realizzati con un principio fisico di misura infe-

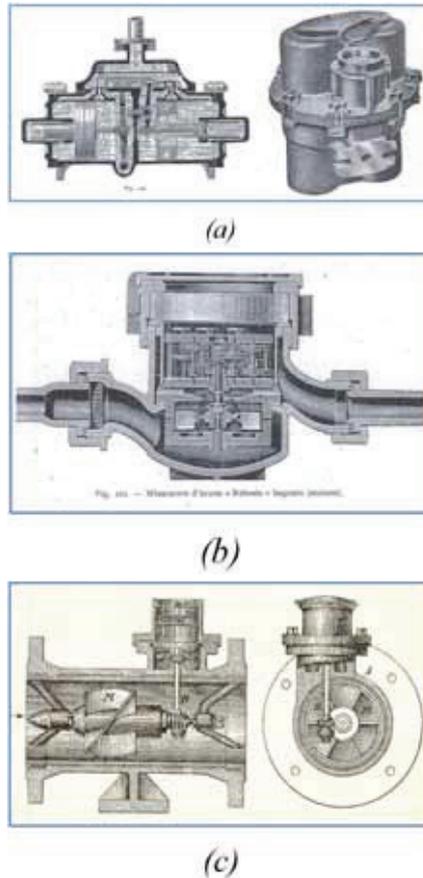


Figura 6 - (a) Contatori volumetrici: nella II metà del XIX secolo appaiono i primi contatori meccanici a settori mobili (pistoni). (b) Contatori a turbina: si andranno ad imporre nel XX secolo. (c) Contatori a mulinello: per i consumi maggiori si afferma invece il modello Woltmann (con girante a profilo elicoidale).

renziale (misuratori a turbina), ► **figura 6**.

Nel corso del XXI secolo, anche ai contatori idrici vengono apportate quelle migliorie sul quadrante di misura (totalizzatore a tamburelle, quadrante asciutto invece di quadrante bagnato), sull'impiego crescente di materiali plastici, sull'adozione del blocco del flusso inverso e sull'ottimizzazione della camera di misura (dai contatori a turbina a getto singolo, a quelli a getto multiplo).

Nel seguito si riporta una tabella nella quale vengono sintetizzati i principali limiti e le relative soluzioni migliorative proposte nel tempo delle tecnologie di misura meccanica/dinamica (contatori acqua e gas).

Nuove tecniche di misura (Utility Smart Meters): l'era della "misura digitale"

Il recente quadro normativo (direttiva MID o Direttiva 2004/22/CE) ha riportato una certa vivacità ed attenzione (sebbene con una tradizionale differenza a sfavore del settore acqua rispetto al più dinamico settore gas) nel settore del *metering*, ossia nel campo delle tecnologie di misura in uso nella filiera dell'industria dell'acqua e del gas.

I contatori d'utenza, denominati anche *utility meters*, sono stati per molti decenni classificati, omologati e prodotti sulla base



Figura 5 - (a) Contatore in grado di misurare in maniera diversificata al fine di poter applicare la tariffa bioraria. Nella sinistra era presente un orologio che veniva programmato sulle fasce previste al fine di poter suddividere nei due numeratori predisposti, numeratore bianco per il giorno e numeratore nero per la notte. Questo consentiva di incentivare i consumi nei momenti di minor consumo con tariffe agevolate. (b) In questo contatore si vede la fessura entro la quale si dovevano inserire le monete, dopo aver spinto il pistone a destra si ricaricava il sistema in maniera proporzionale all'importo inserito ed il contatore erogava quanto previsto dopodiché si bloccava. Le monete cadevano in un contenitore (mancante) chiuso che un incaricato provvedeva a ritirare periodicamente.

contatori acqua		contatori gas	
limiti	soluzioni	limiti	soluzioni
natura dinamica/meccanica del contatore: sensibilità all'inerzia, attriti ed usura, possibile blocco totale del contatore	il superamento totale di tali limiti è possibile solo con l'avvento dei misuratori elettronici statici (smart meters) - cfr. paragrafo successivo	natura dinamica/meccanica del contatore: sensibilità all'inerzia, attriti ed usura, possibile blocco totale del contatore	il superamento totale di tali limiti è possibile solo con l'avvento dei misuratori elettronici statici (smart meters) - cfr. paragrafo successivo
il totalizzatore a lancette può risultare di difficile lettura	il totalizzatore a rulli (tamburelle) riduce tale inconveniente	il totalizzatore a lancette può risultare di difficile lettura	il totalizzatore a rulli (tamburelle) riduce tale inconveniente
nei primi pionieristici contatori era possibile il flusso inverso dell'acqua (con conseguente decremento del "segnante")	nei modelli successivi viene modificato il disegno del collettore di ingresso/uscita del fluido per realizzare il blocco del flusso inverso	nei primi pionieristici contatori era possibile il flusso inverso del gas (con conseguente decremento del "segnante")	nei modelli successivi viene modificato il disegno del collettore di ingresso/uscita gas per realizzare il blocco del flusso inverso
i primi contatori idrici a turbina erano realizzati "a getto singolo": l'ingresso dell'acqua nella camera di misura sollecita in maniera asimmetrica l'albero della girante ed i relativi supporti	vengono realizzati contatori "a getto multiplo", dove l'acqua entra nella camera di misura attraverso una serie di ugelli circonfenziali, in maniera da equilibrare le sollecitazioni sulla girante	dimensioni ingombranti dei primi contatori	vengono ridotte le dimensioni del contatore (riducendo la camera di misura ed il volume ciclico)
i primi contatori idrici a turbina erano realizzati "a quadrante bagnato", con inconvenienti sulla leggibilità del totalizzatore e possibilità di gelo	vengono realizzati successivamente contatori a quadrante asciutto: in questo caso il moto di rotazione della girante viene trasmesso all'orologeria attraverso un accoppiamento magnetico	perdite di carico inizialmente non trascurabili	vengono contenute le perdite di carico, migliorando le sezioni ed il percorso fluidodinamico
la cassa dei primi contatori era in ottone (possibile rilascio di metalli pesanti quali il piombo contenuto nell'ottone)	le nuove casse sono in materiale plastico o composito (con rinforzi in fibra di vetro), che ne aumentano la resilienza, la stabilità e la durata. L'uso diffuso di materiali plastici rende più leggeri gli equipaggi mobili migliorando quindi la sensibilità di misura alle basse portate e la rendendo la trasmissione magnetica più efficace	materiali deteriorabili per attrito o per vetustà	si utilizzano in maniera crescente materiali plastici (con minor attrito relativo), membrane sintetiche, ecc.

Tabella - Analisi comparata tra i contatori idrici e i contatori gas

del principio fisico di misura e sulla loro applicabilità a determinati settori della metrologia legale.

Il recepimento in Italia (G.U. n.64 del 17/3/2007) della Direttiva sugli strumenti di misura (meglio nota come "MID: Measuring Instruments Directive", direttiva 2004/22/EC) introduce una notevole novità: il concetto che le misurazioni nel campo fiscale (metrologia legale) si basano sul principio di *indipendenza dalla tecnologia di misura*. Si tratta di un nuovo approccio denominato *metrological technology independent*: "A manufacturer may choose to use any technical solution that complies with the essential requirements referred to in Annex I and in the relevant instrument-specific Annexes MI-001 to MI-010".

La Direttiva Europea sugli strumenti di misura 2004/22/CE (comunemente indicata con l'acronimo MID) è entrata nel vivo della sua applicazione. Essa, basandosi sul principio del *nuovo approccio*, è molto diversa rispetto alle precedenti direttive "verticali", specifiche per ciascun tipo di strumento di misura. In particolare, le principali novità introdotte dalla direttiva MID

sono: (i) conferire la massima responsabilità ai Costruttori Metrici; (ii) assicurare il rispetto consapevole delle norme attraverso l'importante opera svolta dagli Organismi Notificati; (iii) garantire la trasparenza del mercato attraverso l'azione delle Autorità di sorveglianza.

Da un punto di vista tecnico-metrologico, quindi, è possibile costruire ed omologare contatori d'utenza (acqua e gas) non più basati su rigide tecniche di misura (prevalentemente di tipo meccanico, come nel passato), ma fabbricati utilizzando qualsiasi principio fisico di misura che il Costruttore abbia verificato come affidabile per la specifica applicazione, purché vengano garantite le necessarie prestazioni metrologiche, ossia il rispetto degli Errori Massimi Tollerati (MPE: Maximum Permissible Errors).

Questa "liberalizzazione" del principio fisico di misura consente pertanto di beneficiare delle nuove opportunità offerte dalle più moderne tecnologie di misura, basate anche sull'impiego dell'elettronica, ed in particolare dell'utilizzo di microprocessori (tecnologie smart o sensori digitali).

In particolare, vengono alla ribalta i misuratori elettronici basati su un principio di misura di tipo statico, con i seguenti vantaggi intrinseci:

- misuratori elettronici o digitali;
- misuratori dotati di micro-processore, con capacità di elaborazione dei segnali (diagnostica);
- misuratori muniti di un sistema di comunicazione bidirezionale (connettività), in grado di essere inseriti all'interno di un'architettura di sistema AMR (sistemi evoluti di tele lettura), ► **figura 7**;

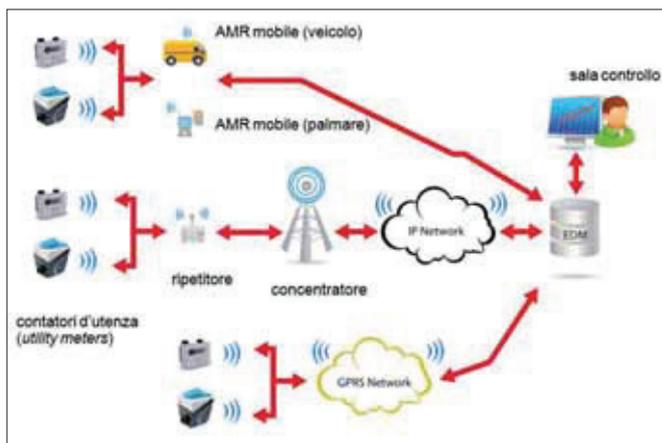


Figura 7 - Generica architettura di sistema AMR (Automatic Meter Reading) o telelettura

- il principio di misura statico implica assenza di parti in movimento (assenza di manutenzione), e quindi assenza di attrito, di invecchiamento e di scadimento delle prestazioni (la curva di errore si mantiene praticamente costante

durante l'intera vita del misuratore);

- il principio di misura statico implica migliori prestazioni metrologiche, e in particolare una certa linearità della curva di errore;
- il principio di misura statico tipicamente comporta una maggiore sensibilità in tutto il campo di portata, ed in particolare una notevole sensibilità anche ai flussi molto piccoli (e quindi una insensibilità ai fenomeni inerziali).

Un misuratore smart necessita di alimentazione elettrica (a batteria), sia per il funzionamento del modulo di misura (metrologia), sia per l'opzione telelettura (modulo radio per la trasmissione a distanza dei dati di consumo).

La batteria, anche se spesso viene garantita una vita media di 10-15 anni, tipicamente ha una durata inferiore alla vita media del contatore stesso.

Con i misuratori elettronici, statici e smart, si entra nella nuova era della misura digitale.

Smart Water Meters

Sono stati sviluppati contatori idrici (residenziali) basati su un principio fisico di misura innovativo, di tipo statico. Tra questi vanno citati: il contatore idrico ad oscillazione fluidica (► **figura 8**); il contatore idrico elettromagnetico (► **figura 9**).

In particolare, i contatori idrici a principio elettromagnetico rappresentano una tecnologia molto conosciuta ed apprezzata per le misure nelle reti idriche (adduttive e distributive). Non è stato facile realizzare dei contatori magnetici per uso domestico (residenziale), in virtù del fatto che tali contatori elettronici (smart water meters) richiedono una batteria come fonte energetica fondamentale per il loro funzionamento. Per superare tale limite, si è pensato

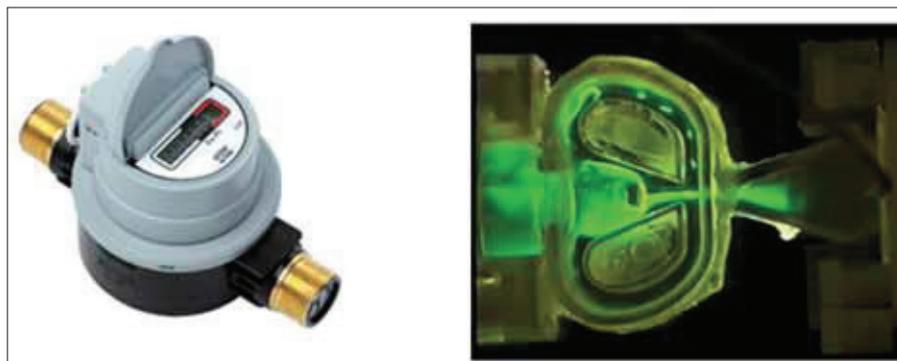
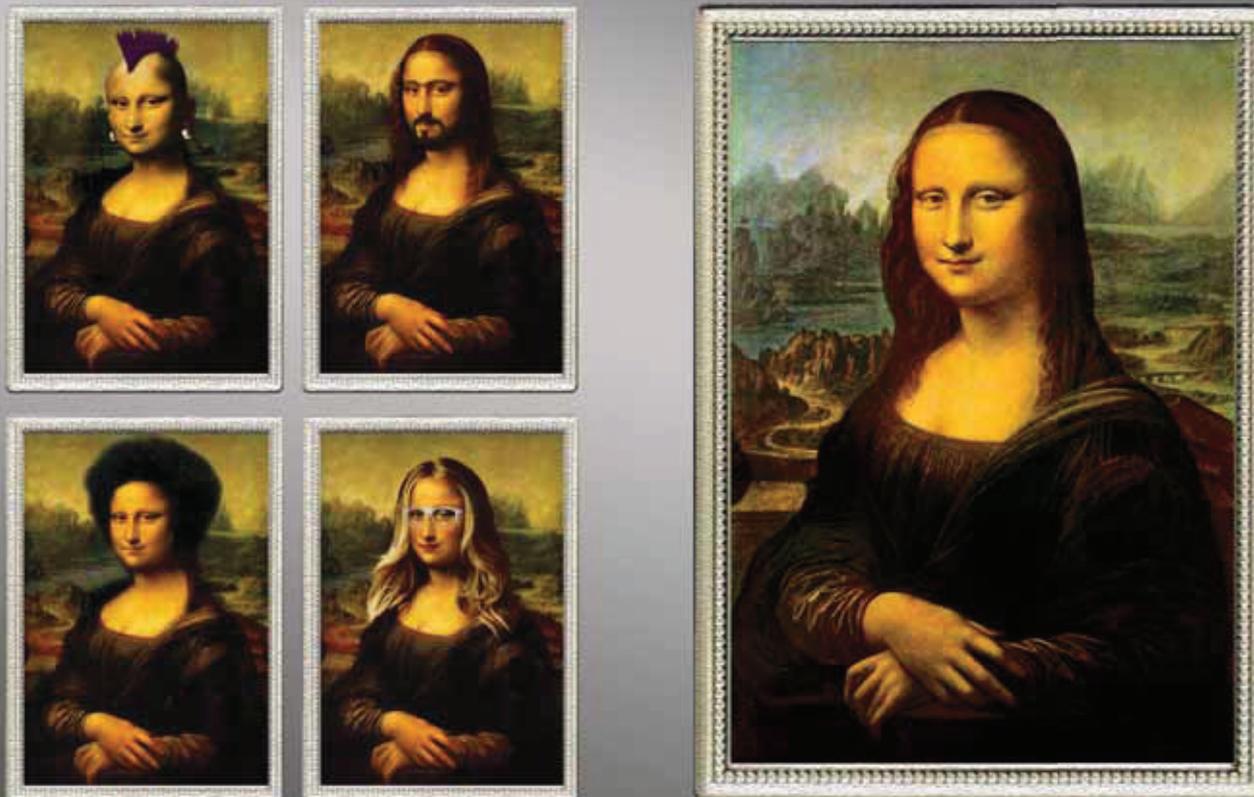


Figura 8 - Misuratore idrico ad oscillazione fluidica, di tipo residenziale (Elster mod. SM700)

The 4-fold safety
of automation

COMPONENTS
SYSTEMS
SERVICES

Technical Ecological
Personal Economical



Anche i falsi d'autore sembrano belli...

Ma la magia è solo nell'originale!

**Dieci anni di applicazioni
con un mondo di clienti soddisfatti.**

pilz
the spirit of safety

Poco più di dieci anni fa, è stato lanciato sul mercato mondiale PNOZmulti: il primo modulo di sicurezza configurabile. La forza di un'idea e la capacità tecnologica di Pilz hanno dato inizio a un successo che sta continuando.

Come per altri prodotti, Pilz ha anticipato i tempi e, bruciando le tappe, ha definito un nuovo standard de facto: il modulo configurabile di sicurezza, che oltre ad avere stimolato l'ampliarsi della domanda, ha generato nel tempo una serie di imitazioni, ma di cui PNOZmulti continua a essere il punto di riferimento.

In tutte le parti del mondo sono in funzione automazioni nelle più disparate applicazioni in cui la parte di sicurezza è affidata a PNOZmulti! Questo grazie alla sua disponibilità, semplicità d'impiego e affidabilità.

Il segreto della longevità di PNOZmulti è da ricercarsi nel know-how di Pilz, e nella capacità di interpretare i bisogni del mercato, ma soprattutto nella sua capacità di tradurle in soluzioni pratiche.

Un forte ringraziamento ai nostri clienti che hanno creduto in Pilz e nel corso degli anni hanno continuato a scegliere PNOZMulti applicandolo alle loro macchine.

Pilz Italia srl - Società con unico socio - Via Gran Sasso, 1 - 20823 Lentate sul Seveso (MB) - Italy
Tel. +39.0362.1826711 - Fax +39.0362.1826755 - info@pilz.it - www.pilz.it





Figura 9 - Misuratore idrico elettromagnetico, di tipo residenziale (Sensus mod. iPerl)

di utilizzare dei *magneti permanenti* per la creazione del campo magnetico di densità B: tale soluzione riduce drasticamente i quantitativi di energia rispetto ai modelli precedenti, con campo magnetico creato da bobine alimentate elettricamente.

Pertanto, risolto il problema energetico, i misuratori elettromagnetici di taglia residenziale/domestica presentano una elevata sensibilità ai bassi flussi, dell'ordine di 3 l/h (portata minima rilevabile dallo strumento decisamente inferiore a quella dei contatori meccanici). La curva degli errori (curva caratteristica) risulta essere molto "piatta", il che è sinonimo di accuratezza ed affidabilità di misura. Infine, la natura statica del principio di misura garantisce la insensibilità all'azione del tempo (non c'è usura).

Un contatore basato su un principio di misura statico, oltre ad essere privo di usura e di manutenzione, mostra due vantaggi di particolare rilevanza:

- possiede dei costi cumulativi (life cycle cost) decisamente inferiori ai corrispondenti costi dei contatori meccanici tradizionali (► **figura 10**): la curva dei costi di un misuratore smart è decisamente più "piatta" di un misuratore tradizionale; al maggior costo di acquisto iniziale si deve aggiungere il costo (irrelevante) della sostituzione della batteria durante l'intera vita del misuratore (15 anni); al termine della vita utile del contatore smart si ha un notevole risparmio in termini di acqua contabilizzata che invece non verrebbe registrata (a causa della spiccata tendenza a sottostimare durante l'invecchiamento) da un contatore meccanico tradizionale nel medesimo intervallo di vita;
- la curva dell'errore dei misuratori smart è decisamente "più piatta" e lineare di quella dei contatori tradizionali (► **figura**

ra 11): ciò significa che un misuratore smart conserva inalterata nel tempo la sua qualità metrologica in tutto il campo di portata (soprattutto ai bassi flussi).

Smart Gas Meters

Anche i contatori elettronici di gas possono basarsi su un principio di misura sta-

tico (senza parti in movimento).

I contatori di gas statici, oggi prodotti e commercializzati per uso residenziale, appartengono alle due seguenti categorie: i misuratori ad ultrasuoni; i misuratori massici termici.

In entrambe tali categorie di misuratori, il gas transita all'interno di opportune "sezioni" (o camere) di misura, senza che ci siano organi in movimento interposti nel flusso di gas.

Tali misuratori statici, presentano alcuni vantaggi: ridotta interferenza nella misura (misuratori non intrusivi) tra flusso di gas ed il contatore stesso; assenza di usura/fatica dei componenti; ridotte perdite di carico.

I misuratori gas ad ultrasuoni

I primi pionieristici tentativi di utilizzare gli ultrasuoni per la misura della portata di fluidi risale addirittura alla fine degli anni '20: al tedesco Rütten viene attribuito il primo brevetto (1928-1931).

Già nei primi anni '60 vengono studiati e prodotti i primi esemplari di misuratori ad ultrasuoni per uso industriale. Delle due categorie di misuratori ad ultrasuoni ("transit-time" e "doppler-effect"), quelli che prevalgono nello sviluppo tecnologico per la migliore qualità della misura sono i cosiddetti misuratori "a tempo di transito" (transit-time, time-of-flight flowmeters).

In letteratura tecnica, già alla fine degli anni '70, sono presenti numerosi libri e pubblicazioni sui misuratori di portata ad ultrasuoni, con ampia rassegna delle caratteristiche tecniche e metrologiche di questa famiglia di misuratori.

Largamente utilizzati, a partire dagli anni '70, per il controllo di numerosi processi industriali, i misuratori ultrasuoni godono di un immediato successo grazie alle loro principali qualità: *principio di misura sta-*

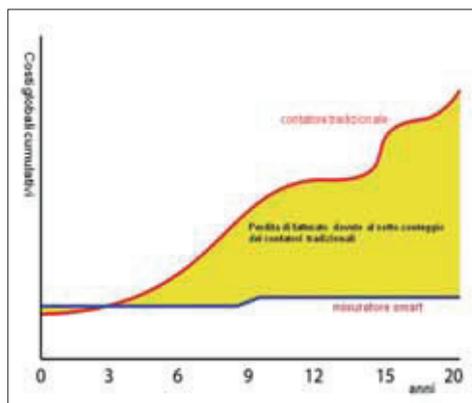


Figura 10 - Curva dei costi cumulativi: confronto tra un misuratore smart e un misuratore tradizionale

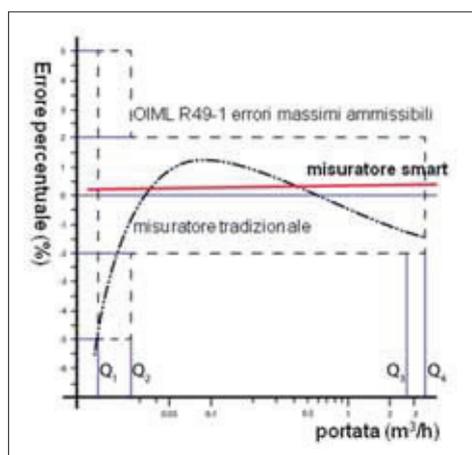


Figura 11 - Confronto tra la tipica curva di errore di un misuratore smart (statico) e quella di un misuratore tradizionale (dinamico). Si noti la linearità della curva caratteristica di un misuratore smart al variare della portata



**Consumare meno energia?
Sì può.**

**Come?
Monitorando
i consumi.**



Real-Time Insight
for Reducing
Consumption

MEPIS

PRODUCTION
INFORMATION
SYSTEM

Energy efficiency
and environmental
management

Soluzioni semplici ed efficaci
per Energy Management

Servitecno

Via Raffaello Sanzio 5
20090 - Cesano Boscone (MI)
Tel. +39 02 486141
info@servitecno.it
www.servitecno.it
www.st4energy.it



novità

È attivo il nostro nuovo Servitecno Web Store
www.servitecnowebstore.it

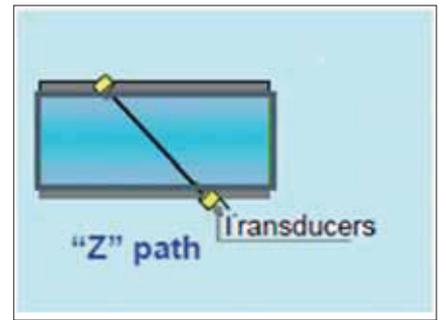
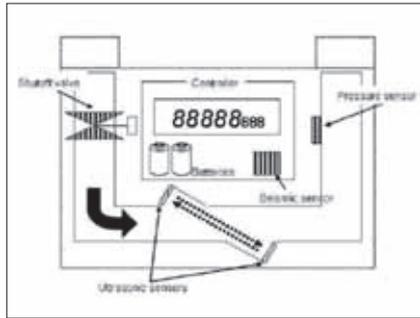


Figura 12 - Schema di misura di un misuratore gas ad ultrasuoni, con propagazione diretta dell'onda ultrasonora (Yazaki Corp.-Matsushita Co. Ltd.)

tico (assenza di usura e di perdite di carico); elevata versatilità (consentono la misura bi-direzionale di flusso, in una gamma molto estesa di tubazioni e di portate); buone funzioni di diagnostica e possibilità di montaggio dei trasduttori all'esterno dei tubi (i primi prototipi di trasduttori "clamp-on" risalgono al 1954).

Inizialmente (negli anni '70 e i primi anni '80) i misuratori ad ultrasuoni del tipo *transit-time* trovano impiego principalmente nei liquidi e meno nei gas: ciò è dovuto alla

differente densità tra i due fluidi e alla conseguente diversa velocità di propagazione del suono nel mezzo (fluido di misura).

Successivamente (fine anni '80/inizio anni '90) gli sviluppi tecnologici, dell'elettronica asservita alla misura ed al controllo, consentono di produrre misuratori ad ultrasuoni specificatamente dedicati alla misura di flussi gassosi. Le prime applicazioni al gas naturale risalgono al 1987 (Scelzo e Munk).

Ancorché impiegati con successo nelle misure di gas in campo industriale, i misuratori ad ultrasuoni in applicazioni fiscali (custody transfer) si affermano con un leggero ritardo.

I continui miglioramenti apportati, grazie alla spinta della ricerca e dello sviluppo, consentono ai misuratori ad ultrasuoni di implementare numerose generazioni di sensori, arrivando (verso la fine degli anni '90) ad una evoluta generazione di sensori per la misura di flussi gassosi, affidabile e ad alte prestazioni.

I successi conseguiti dalle recenti generazioni di misuratori ad ultrasuoni, hanno

spinto i Costruttori Metrici a sviluppare ed implementare (già nei primi anni del 2000) contatori gas per misure fiscali anche nel campo delle piccole taglie (residenziali/domestici) (► figura 12 e ► figura 13).



Figura 13 - Schema di misura di un misuratore gas ad ultrasuoni, con propagazione indiretta dell'onda ultrasonora (Landis+Gyr, serie Libra)

I misuratori massici termici

I primi prototipi di misuratori massici termici (thermal mass flowmeters) risalgono ai primi anni '80. In realtà alcuni ricercatori, già negli anni '70, avevano avuto l'intuizione di estendere le conoscenze raggiunte nel campo dell'anemometria a filo caldo (thermo-anemometers) per la realizzazione di un misuratore massico per gas, basato sullo scambio termico (convettivo, forzato) tra un riscaldatore ed un flusso di gas.

Lo schema di base di tali misuratori è costituito da tre elementi: un riscaldatore elettrico, che dissipa una potenza termica nel flusso di gas con cui è a contatto, e due termosonde (a monte e a valle del riscaldatore stesso).

I primi misuratori massici termici (ini-

zialmente detti anche calorimetric o heated grid flowmeters) vengono prodotti in svariate configurazioni di misura (metà degli anni '80): con gli elementi interni alla tubazione; con gli elementi esterni alla tubazione; ad inserzione; a by-pass capillare (per piccole portate).

Le loro iniziali applicazioni riguardavano il comparto industriale, specificatamente per medio-piccole portate di aeriformi.

Successivamente, sono state sviluppate ed implementate numerose versioni di misuratori massici termici, non tutte con il medesimo livello di successo e di penetrazione sul mercato.

Con riferimento alle portate medio-piccole per applicazioni residenziali sono stati sviluppati ed implementati i misuratori termo-massici a by-pass capillare (capillary thermal mass flowmeters).

Il loro principio fisico di funzionamento è schematicamente riportato di seguito (► figura 14):

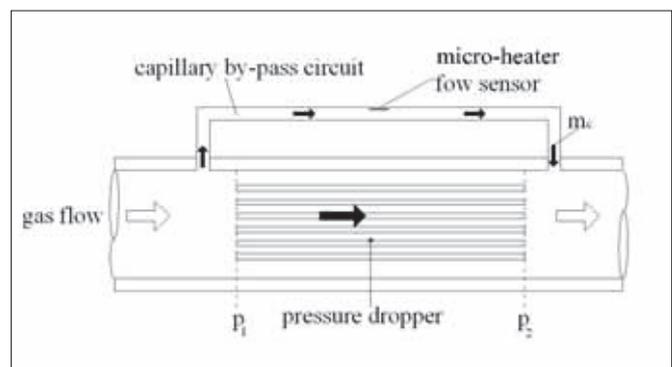


Figura 14 - Schema di misura di un misuratore statico termo-massico con circuito di by-pass capillare



Figura 15 - Alcuni esempi di misuratore termo-massici commerciali: a sinistra mod. Metersit, a destra mod. Diehl

$$Q_{el} = R^2 = Q_{th} = m_c c_p \Delta T$$

avendo indicato con:

m_c portata massica nel circuito di by-pass capillare [kg/s],

c_p calore specifico a pressione costante del gas [J/(kg K)],

$\Delta T = T_2 - T_1$ è la differenza di temperatura, tra monte e valle dell'elemento riscaldatore [K],

T_1 è la temperatura misurata a monte del riscaldatore [K],

T_2 è la temperatura misurata a valle dell'elemento riscaldatore [K].

Uno dei punti di criticità di questa categoria di misuratori di gas consiste nel problema della conoscenza e della costanza delle proprietà termofisiche del gas. Infatti, il calore specifico a pressione costante del gas di misura (c_p) dipende dalla composizione del gas stesso e dalla sua temperatura. Variazioni significative di c_p implicano conseguenti variazioni della conduttività termica (λ) del gas e, conseguentemente, della diffusività termica del gas [$\alpha = \lambda / (c_p \cdot \rho)$].

Pertanto, l'aspetto fisico più delicato di questa categoria di misuratori è rappresentato proprio dal potenziale problema del "riconoscimento del gas di misura" (gas sensitivity or gas identification).

Per questi motivi, inizialmente, a questa categoria di misuratori in letteratura tecnica veniva attribuita la denominazione "not-true-mass-flowmeters".

Successivamente, sono stati messi a punto sofisticati ed efficaci sistemi HW/SW per il riconoscimento del gas (tecniche di "auto-apprendimento") e per relativa compensazione della misura.

Nella ► **figura 15** sono riportati alcuni esempi commerciali di misuratori termo-massici a by-pass capillare.

Conclusioni

Negli ultimi anni, si registra una grande attenzione ed un gran fermento intorno ai concetti di *smart grid* e di *smart metering*. Questi concetti trovano una concreta corrispondenza con le apparecchiature digitali prodotte e già disponibili per il mercato elettrico. Non altrettanto può dirsi nelle reti gas e nelle rete idriche, dove ancora non è avvenuta una completa migrazione su apparati basati su tecnologie e piattaforme digitali.

Occorre quindi promuovere la diffusione delle tecnologie smart nell'industria del gas e dell'acqua a tutti i livelli, soprattutto nei confronti della misura e dei requisiti di interoperabilità.

È auspicabile che, in un futuro prossimo, il mercato degli utility meters si orienti verso l'uso delle tecnologie di misura innovative.

Occorre ribadire che l'impiego degli smart meters consente di migliorare complessivamente la qualità delle prestazioni di misura nelle reti di pubblica utilità (migliorando l'attendibilità dei bilanci fisici e quella della determinazione delle perdite).

A fronte di investimenti (costi di acquisto) che inizialmente possono apparire una barriera alla loro diffusione, ad una più attenta analisi economica gli smart meters risultano senz'altro competitivi, grazie: alla migliore determinazione dei consumi (a garanzia delle Utility e degli utenti/consumatori); all'assenza di manutenzione; alla intrinseca (nativa)

capacità di *comunicazione a distanza* ed integrazione in sistemi avanzati di telelettura o AMR (fornitura di servizi post-contatore all'utenza, tariffazione bioraria ecc.).

È convinzione ormai diffusa che la disponibilità commerciale di smart meters possa accrescersi nel breve-medio periodo, migliorando la competizione tra i players (costruttori metrici), favorendo una riduzione dei costi di acquisto, e garantendo efficienza e qualità dei servizi a tutti i clienti e agli operatori del comparto.

Bibliografia

[1] F. Cascetta, L. Zotti, "La misura dell'acqua per uso potabile: situazione attuale, quadro normativo e prospettive future", *Eidos-La rivista del metering* (ISSN 1972-6988), n.4, pp. 42-50, Anno 2004.

[2] F. Cascetta, "Strumenti per la misura di grandezze idrauliche", capitolo 4 in *Ricerca e controllo delle perdite nelle reti di condotte*, ISBN 978-88-251-7332-1, Città Studi Edizioni (UTET Università), 1a edizione, novembre 2008, pp.120-160, 2008.

[3] F. Cascetta, "Automatic Meter Reading For Residential Natural Gas", *Pipeline & Gas Journal*, pp. 37-40, July 2009.

[4] F. Cascetta, M. Di Natale, A. Di Nardo, "La telelettura e la telegestione dei contatori d'utenza: una tecnologia matura a supporto della compilazione dei bilanci fisici di una rete di distribuzione idrica", Atti IV Seminario *La ricerca delle perdite e la gestione delle reti di acquedotto*, Aversa 17-18 settembre 2009, Facoltà di Ingegneria della Seconda Università di Napoli, pubblicata nel Supplemento della rivista *L'Acqua*, ISSN 1125-1255, marzo/aprile 2010, n.2, pp. 69-72, 2010.

[5] F. Cascetta, "Una panoramica sullo stato dell'arte delle tecnologie di Smart Meter Gas", *CH₄ Energia Gas*, ISSN 1972-6376, n. 3, pp. 52-54, 2011.

[6] F. Cascetta, L. Zotti, "Riflessioni sui contatori d'acqua nel regime della direttiva europea 2004/22/CE (MID)", *Unificazione e Certificazione*, ISSN 0394-9605, n. 10, pp. 28-30, 2011.

[7] F. Cascetta, "Futuro e prospettive nel settore degli utility meters", *CH₄*, ISSN 1972-6376, n.4, pp. 46-57. 2012. ■