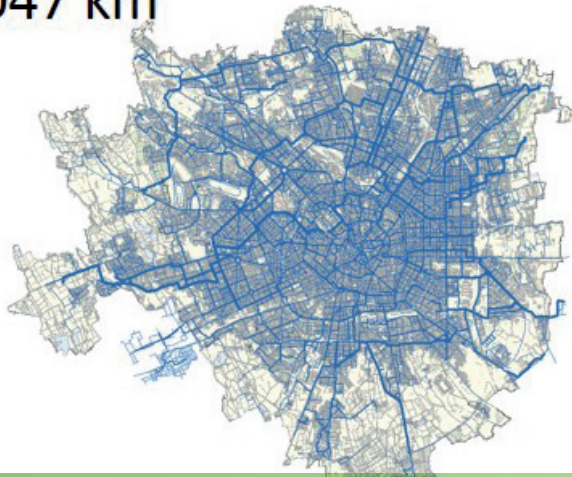


2047 km

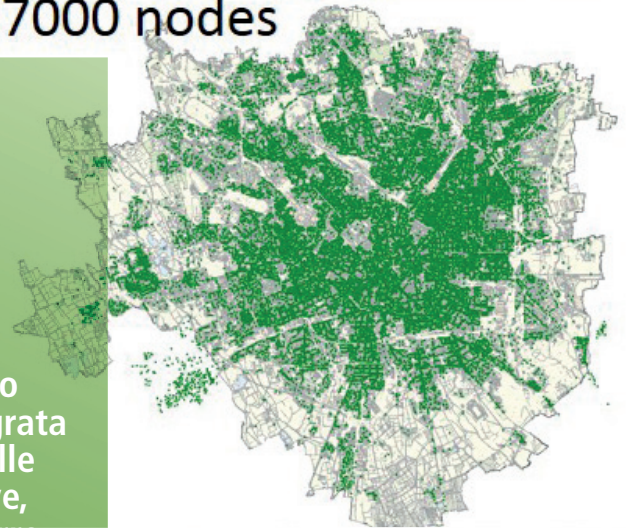


1 - Modello idraulico di Milano: tubi e nodi

Gestione integrata del sistema idrico di Milano

Strategia e iniziative di MM, gestore del servizio idrico integrato di Milano, per la gestione integrata del fabbisogno energetico, della domanda e delle perdite del sistema idrico di Milano. Le iniziative, implementate da MM, hanno l'obiettivo di ridurre gli sprechi, migliorare l'efficienza energetica e l'economicità della gestione del servizio, preservando il livello ottimale di qualità del servizio reso ai clienti/cittadini.

27000 nodes



di M. Fantozzi - Studio Marco Fantozzi
C. A. Carrettini, N. Rivezzi, S. Zanini,
E. A. Lanfranchi, T. Mazzini, C. Chiesa,
D. Segalini - MM Spa

Sin dal 2003 MM Spa gestisce il sistema idrico integrato (SII) della città di Milano, con oltre 50.000 punti di erogazione, servendo circa 2 milioni di cittadini. Il fabbisogno idrico è garantito da 450 pozzi che pompano l'acqua dal sottosuolo in serbatoi e successivamente 29 stazioni di pompaggio immettono in rete circa 230 milioni di metri cubi all'anno. La lunghezza della rete di distribuzione è di circa 2.400 km, le tubazioni principali sono in acciaio, ghisa grigia e ghisa sferoidale, con diametri tra DN 50 e DN 1200 mm. La pressione di erogazione media varia tra 2,5 bar nell'area nord del sistema idrico e 6 bar in quella a sud, in funzione delle differenze di quota tra le parti della città.

La strategia, gli indicatori di perdita e i metodi di monitoraggio

Già dal 2010 MM ha cominciato a programmare e implementare, in collaborazione con lo Studio Fantozzi, una strategia basata su una visione olistica e sistemica, per migliorare l'efficienza operativa, ridurre le perdite; ottimizzare i consumi energetici ed aumentare i ricavi. Questa si è articolata in una serie di attività e progetti di innovazione che formano un quadro organico di trasformazione dei processi e dei sistemi e che comprendono:

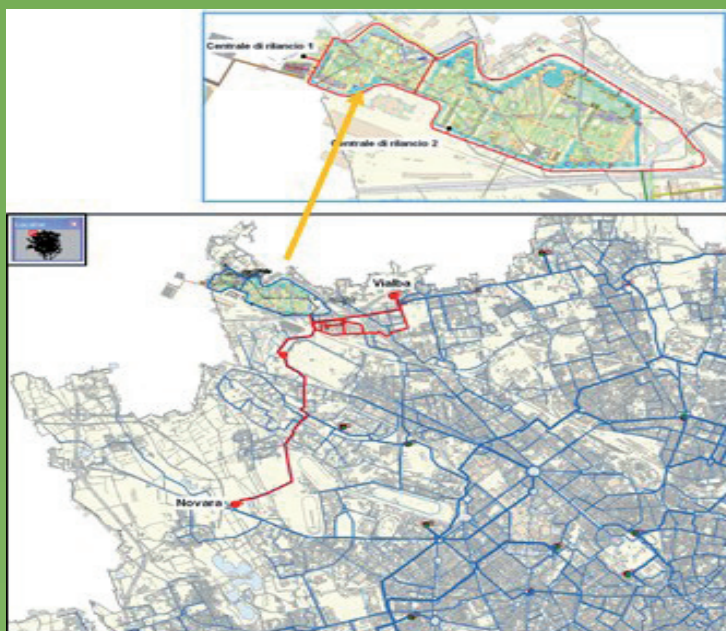
- L'applicazione della metodologia IWA (International Water

Association) - per calcolare il bilancio idrico e gli indicatori (KPI) dello stato della rete e definire le strategie di gestione delle perdite.

- La costruzione e validazione del modello matematico del sistema idrico.
- L'integrazione del modello matematico con altri software specializzati, per progettare la suddivisione della rete in zone di pressione (PMZ) e migliorare il controllo delle perdite.
- L'implementazione di un avanzato sistema di controllo della pressione, che opera in tempo reale sia le pompe che le valvole di riduzione della pressione (PRV), per ridurre i consumi energetici e le perdite, monitorare il livello delle perdite ed il verificarsi dei transitori di pressione.
- L'effettuazione di audit energetici per determinare il consumo energetico e l'efficienza di ciascun componente del sistema.
- La progettazione e sviluppo di un Sistema di Supporto Decisionale (DSS) nel contesto del progetto ICeWater finanziato nell'ambito del programma FP7 della commissione europea.
- La sperimentazione in una zona pilota di tecnologie AMR e di rilevatori del rumore di perdita (noise logger) per l'analisi



2 a



2 b



2 c

2 - a, b, c) Simulazioni di pressione con nuove tubazioni e nuovi insediamenti (area EXPO 2015)

della domanda idrica e la localizzazione delle perdite (progetto ICeWater e progetto PROACTIVE, finanziato dalla Regione Lombardia).

- L'analisi del livello di prestazione del parco contatori dell'acqua per definire un piano di sostituzione che consenta di addebitare equamente i consumi effettivi, ridurre la sotto-registrazione dei contatori e incrementare i ricavi della società.

Applicazione della metodologia dell'IWA

La metodologia IWA è stata applicata da MM dal 2010 per calcolare il bilancio idrico e i principali indicatori di performance (KPI) utilizzando i software specialistici LEAKS. Ciò ha consentito di ottenere lo stato reale della rete e di definire il mix più appropriato di attività per la gestione delle perdite reali (velocità e qualità delle riparazioni, gestione della pressione, controllo attivo delle perdite, riabilitazione della rete). L'applicazione dei concetti e dell'approccio olistico dell'IWA ha consentito ad MM di avere più chiarezza su come misurare le performance, valutare l'influenza dei tempi di riparazione delle perdite sul volume delle perdite reali, pianificare gli interventi di ricerca perdite in modo economico, valutare le opportunità per l'adozione della gestione della pressione per ridurre le portate di perdita ed il consumo di energia. Il controllo attivo delle perdite è diventato parte integrante dell'approccio alla gestione delle perdite idriche di MM. È stato sviluppato un procedimento informatico, utilizzando Maximo, per migliorare il flusso di lavoro tra i team di controllo delle perdite e le squadre di riparazione.

Implementazione e validazione del modello matematico dell'acquedotto

Per ottenere una buona conoscenza del funzionamento dell'acquedotto è stato sviluppato il modello matematico dell'intera rete acquedottistica di Milano. Il modello, implementato in ambiente Infoworks WS, comprende 27.000 nodi e 32.000 tubi (fig.1), 50.000 utenze, 450 pozzi e 29 stazioni di pompaggio con 1 serbatoio e almeno 3 gruppi di pompaggio ciascuna. Partendo dai dati GIS, un complesso processo di esportazione e importazione di tutti gli elementi è stato sviluppato in collaborazione con UNESCO-IHE (Dipartimento Hydroinformatics), partner del progetto ICeWater. Il modello viene utilizzato per diversi scopi che includono il dimensionamento di nuovi insediamenti, come EXPO2015, o nuove tubazioni (fig. 2a e 2b) e l'ottimizzazione nella pianificazione dei pompaggi (fig.2c). Questo approccio permette un dimensionamento più corretto in quanto le analisi idrauliche vengono affrontate con una visione globale e considerando diversi possibili scenari di funzionamento. Inoltre l'elevato numero di centrali di pompaggio e le influenze sul funzionamento reciproco presuppongono l'utilizzo di uno strumento di analisi in grado di gestire molte variabili. Pertanto le conseguenze di un fermo centrale, il dimensionamento o il funzionamento di un gruppo di pompaggio vengono valutati con analisi idrauliche impostate sul modello.

Integrazione del modello matematico con software specialistici

MM ha deciso di suddividere il sistema idrico in zone di pressione e di ridurre la pressione in eccesso, come suggerito

dalle "best practice" sviluppate dal Water Loss Specialist Group (WLSG) dell'IWA. Il modello matematico e i software specialistici LEAKS sono stati utilizzati (in collaborazione con lo Studio Marco Fantozzi e l'università di Ferrara) per progettare le zone di pressione e per stimare il risparmio relativo alla riduzione delle perdite e della frequenza delle rotture (e quindi dei costi di riparazione) connesso alla gestione della pressione ed il relativo ritorno degli investimenti, tenendo conto anche della riduzione dei consumi. I software LEAKS sono stati utilizzati anche per selezionare il tipo di gestione della pressione più appropriato per il sistema in oggetto.

Implementazione di un sistema di controllo avanzato della pressione e sviluppo del DSS

L'uso integrato del modello matematico, degli audit energetici e dei software per la gestione delle perdite ha permesso ad MM di progettare e implementare la zona di pressione pilota di Abbiategrasso a Milano (in rosso nella figura 3a), con l'obiettivo di ridurre il consumo energetico e le perdite idriche e di migliorare la gestione degli asset. La PMZ di Abbiategrasso ha una lunghezza totale di 116,27 km, comprende 1.628 clienti (nella maggior parte condomini) e serve circa 90.000 abitanti. La PMZ è alimentata da 4 pompe situate alla centrale di pompaggio di Abbiategrasso e da 2 punti di alimentazione sul lato nord della PMZ in cui riduttori di pressione (PRV a fuso C-valve) sono stati installati per garantire la fornitura di acqua anche in caso di blackout della stazione di pompaggio.

Il sistema di gestione avanzata della pressione installato

(sviluppato in collaborazione con Fast Automation) e descritto nella figura 3b ha l'obiettivo di mantenere un valore fisso della pressione (anche programmabile in modo distinto per il giorno e per la notte) nel punto critico della PMZ. Il sistema opera in tempo reale mediante Variable Frequency Drive (VFD) installati alle pompe e utilizzando le PRV durante le ore notturne quando il rendimento delle pompe è inferiore e in caso di emergenza (black out alla centrale di pompaggio, malfunzionamento delle pompe, ecc.). Inoltre, a protezione dalle sovra-pressioni, alcuni sensori di pressione installati in rete e collegati in tempo reale al sistema di controllo (programmati con frequenza di campionamento inferiore a 1/10 sec quando la pressione supera un predefinito valore massimo) sono anche in grado di catturare la presenza di eventuali colpi d'ariete.

Esecuzione di audit energetici

Il sistema di distribuzione dell'acqua di Milano utilizza esclusivamente dei pompaggi e quindi l'energia rappresenta il costo operativo maggiore. Risulta importante la valutazione dell'efficienza energetica attraverso l'esecuzione di audit energetici da un punto di vista di sistema, prendendo in considerazione il dimensionamento delle macchine e le operazioni sulle valvole, e non solo focalizzandosi sull'ottimizzazione della pianificazione oraria dei pompaggi o migliorando l'efficienza dei singoli asset (pompe o valvole). Quindi, per definire le azioni correttive più opportune, come suggerito dalla National Water Loss Initiative (Mamadé A., 2014), sono stati calcolati diversi indici di performance

WWW.SOCAPSRL.COM

TAPPI PNEUMATICI PER CONDOTTE IDRICHE E FOGNARIE

I nostri Tappi pneumatici sono adatti all'otturazione temporanea di condotte a sezione circolare e ovoidale come reti fognarie, drenaggi ecc. al fine di separare totalmente il tratto della tubazione contenente il liquido del tratto dove deve aver luogo l'intervento di riparazione o manutenzione

Questi tappi possono essere anche impiegati per l'esecuzione di prove di tenuta a pressione delle tubazioni

SO.CA.P.



**Via Damiano Chiesa, 52
20851, Lissone (MB) Tel: 039 480.238
Email: info@socapsrl.com**



energetica ed i livelli di servizio limite in termini di $\text{KWh}/\text{m}^3 \cdot 100\text{m}$ (insoddisfacente, accettabile, buono) evidenziando così dove è possibile ottenere miglioramenti (fig.4).

Inoltre sono state ricostruite le curve caratteristiche reali di ciascuna pompa e le rispettive curve di efficienza (fig.5a) verificando se la pompa ha subito un degrado rispetto ai valori nominali. Analizzando l'efficienza istantanea e la frequenza della stessa durante le 24 ore (fig.5b), è anche possibile valutare se la pompa è stata dimensionata in modo corretto per il funzionamento richiesto.

Sono stati identificati quali elementi presentano efficienze minori e quali azioni correttive sono prioritarie. All'interno della strategia di miglioramento, tali analisi vengono incrociate con altre azioni, come la modifica nella pianificazione dei pompaggi in funzione dei profili di domanda o l'installazione di valvole riduttrici di pressione sempre in un'ottica di ottimizzazione integrata.

Sviluppo di un DSS

La strategia e le azioni finalizzate a sviluppare un approccio integrato nella gestione dell'energia, della domanda e delle perdite idriche nell'acquedotto della città di Milano, prevedono un Sistema di Supporto alle Decisioni (DSS) che è in fase di sviluppo nell'ambito del progetto ICeWater (ICT solutions for efficient water resources management) finanziato dalla commissione europea.

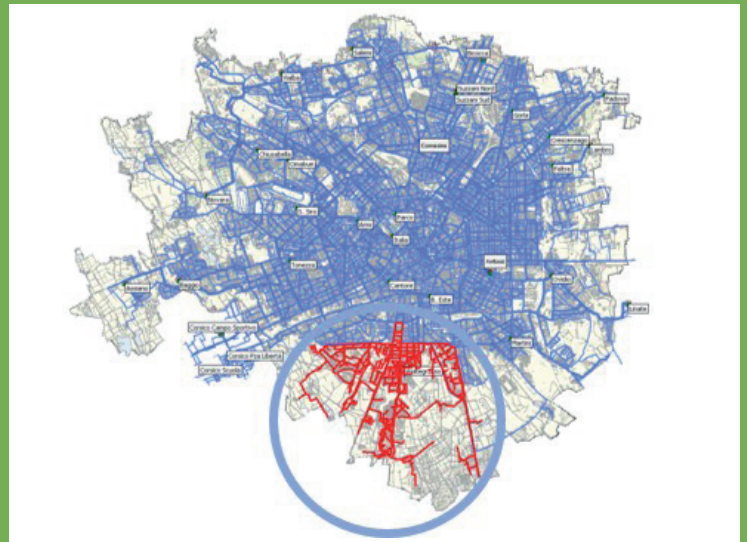
La soluzione DSS, basata su un insieme di sofisticate soluzioni IT, utilizza dati provenienti dal sistema SCADA e da una nuova rete di sensori installati in campo (sensori di pressione, misuratori di portata e di energia, sensori di rumore, AMR - lettura automatica dei consumi idrici) per l'identificazione e la localizzazione delle perdite, la gestione dell'energia, della domanda e delle infrastrutture tecnologiche. Il DSS prevede cinque moduli funzionali, come mostrato in figura 6:

- Water Loss Management (WLM)
- Water Operation Support (WOS)
- Water Supply System Planning (WSSP)
- Water Demand Management (WDM)
- Water Asset Management (WAM).

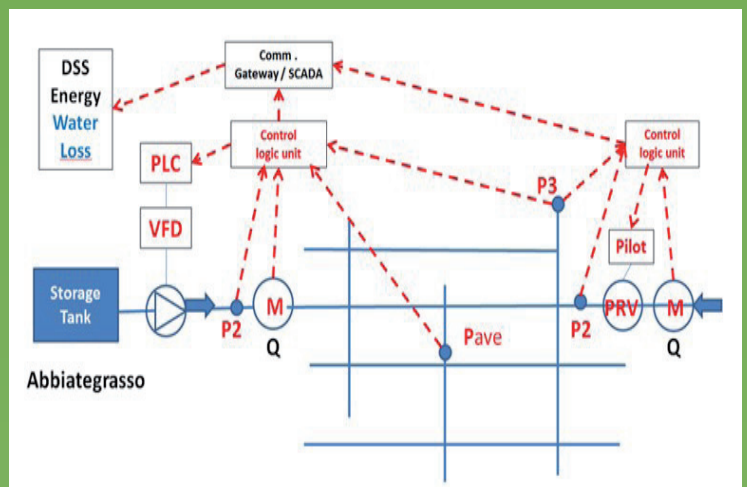
I moduli si sviluppano su una infrastruttura di comunicazione (WI2M), che raccoglie e conserva i dati e le misure di campo e le informazioni funzionali e degli asset, utili alla gestione dell'acquedotto e allo sviluppo dei DSS. WLM e WOS sono moduli online utili per la gestione delle operazioni in tempo reale mentre WSSP, WDM e WAM sono moduli offline per le fasi di programmazione. L'utilizzatore ha la possibilità di richiamare le funzionalità e visualizzare le risposte del DSS mediante interfaccia grafica personalizzabile.

Test di sistemi AMR per l'analisi della domanda e di Noise Logger per localizzare le perdite

Nell'ambito del progetto ICeWater, tutti i 69 contatori d'utenza del distretto nominato MICE, interno alla PMZ Abbiategrasso, sono stati dotati di AMR combinato ad un sistema di comunicazione GPRS. Le utenze in questione sono principalmente condomini per un totale di 2530 residenti serviti. L'obiettivo è quello di acquisire dei dati in tempo reale della domanda per poter garantire un migliore servizio alle utenze, sviluppare calcoli di bilancio idrico, analisi dei minimi

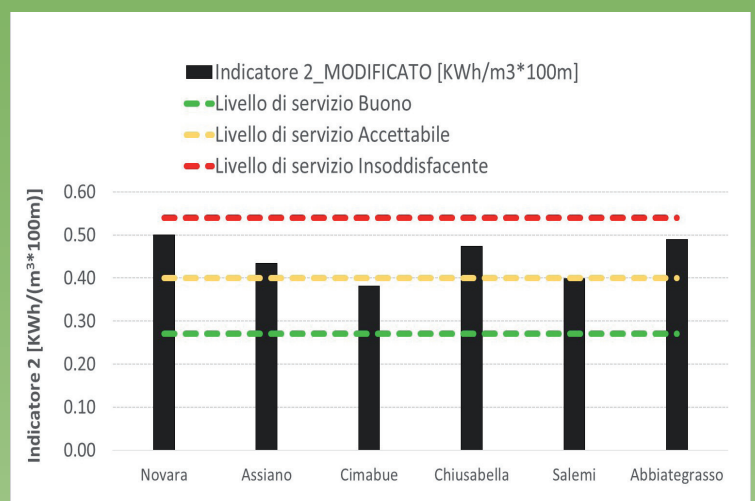


3 a

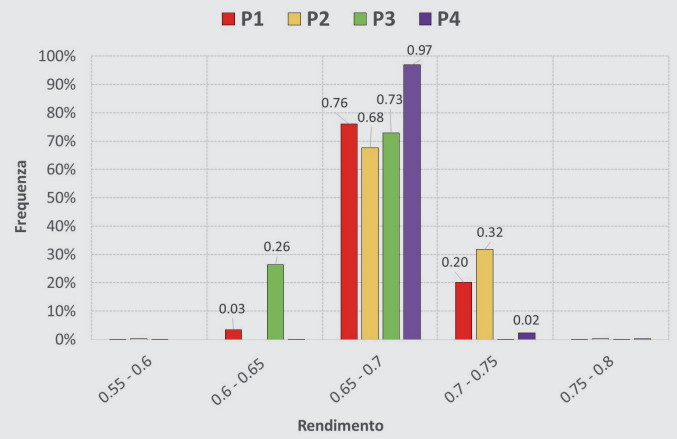
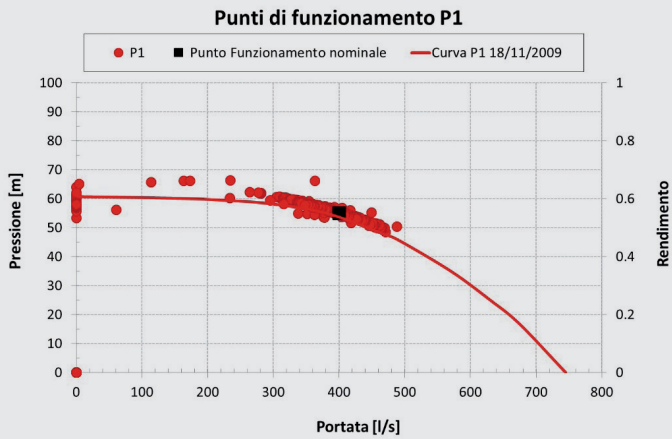


3 b

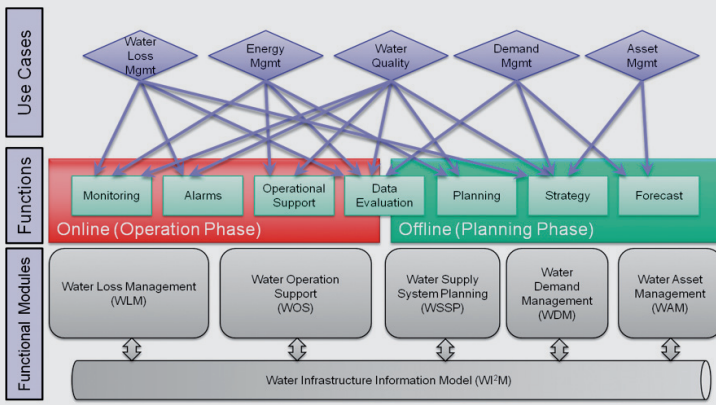
3 - a) La rete idrica di Milano con la PMZ di Abbiategrasso evidenziata in rosso e b) Schema di funzionamento della PMZ di Abbiategrasso



4 - Consumo energetico di alcuni impianti di MM confrontati con i livelli limite di servizio internazionali $[\text{KWh}/\text{m}^3 \cdot 100\text{m}]$



5 - a) Curva della pompa 1 di Abbiategrasso, b) Efficienza delle pompe di Abbiategrasso



6 - Use Case, Funzionalità e Moduli del DSS



7 - Laboratorio di test dei contatori di MM

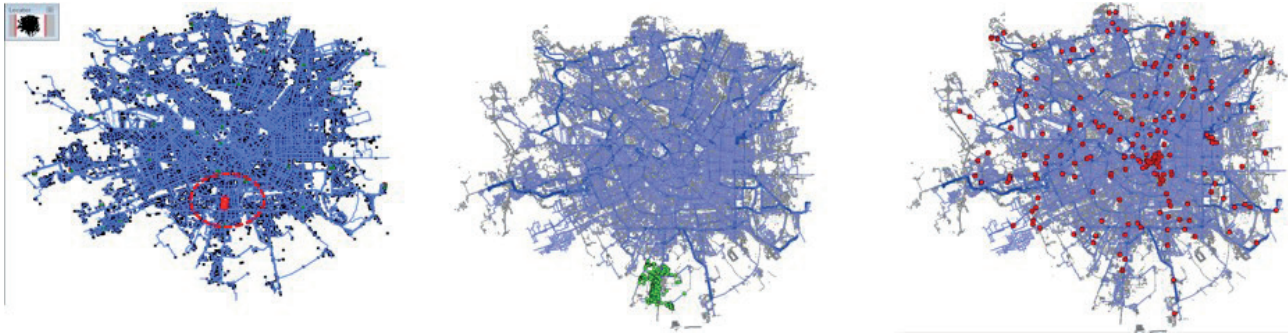
notturni e testare i potenziali benefici di una tariffa dinamica. All'interno dello stesso distretto MICE sono stati installati 20 noise logger che permettono di analizzare il rumore causato dalle perdite, di identificare le tubazioni con un alto livello di rumore e aiutare la localizzazione puntuale della perdita (fig.8a). Inoltre, nell'ambito del progetto PROACTIVE, finanziato dalla Regione Lombardia, un altro distretto sta per essere strumentato con noise logger e AMR con comunicazione via radio e sistema di recupero dei dati walk-by (fig.8b). Infine 200 contatori dei grandi clienti di Milano verranno sostituiti con misuratori più accurati e provvisti di AMR con comunicazione GPRS (fig.8c).

Analisi delle performance dei contatori dei clienti

Dopo la pubblicazione dei risultati dei test eseguiti sui contatori presso diversi gestori idrici (Fantozzi, 2009), MM ha iniziato ad analizzare le prestazioni dei contatori dei clienti mediante prove in loco per definire il profilo di utilizzo di acqua domestica e in laboratorio per misurare gli errori dei contatori a quattro diverse portate per calcolare poi l'errore medio ponderato (Average Weighted Error o AWE) di ciascun contatore testato (fig.7). I test sono stati condotti, come stabilito dalle norme di riferimento per i contatori secondo la ISO4064/3, dal laboratorio interno contatori di MM accreditato con certificazione del banco di prova contatori (CEE 75/33).

Queste analisi hanno permesso di stimare la sotto-registrazione dei contatori e di sviluppare un piano di sostituzione degli stessi mediante calcolo del costo/beneficio

sulla base del deterioramento della precisione dei contatori, del costo di sostituzione e di dati economici (prezzo di vendita dell'acqua, ecc.), ridimensionando, se necessario, il calibro dei contatori in funzione delle portate effettivamente erogate. Le attività di sostituzione, avviate nel 2014, sono attualmente in corso. L'attuazione del suddetto piano di sostituzione sarà di beneficio non solo per MM, ma anche per i clienti, in quanto garantisce equità di servizio ai cittadini.



8 a) DMA 'MICE' del progetto ICeWater,
b) DMA del progetto ProActive, c) AMR ai grandi clienti

Conclusioni

Le analisi effettuate secondo la strategia descritta hanno permesso a MM di individuare le aree prioritarie di intervento nonché di definire ed avviare l'attuazione di un mix di attività complementari finalizzate a ridurre le perdite, aumentare l'efficienza energetica ed il fatturato, garantendo un'elevata qualità del servizio fornito ai clienti. Le attività messe in atto da MM per la gestione della pressione e per l'efficientamento energetico sono caratterizzate da un tempo di rientro degli investimenti di circa due anni come dimostrato dal confronto dei dati relativi alla situazione prima e dopo l'implementazione delle soluzioni adottate. Per quanto riguarda la sostituzione dei contatori (in corso di implementazione), la verifica dell'effettivo tempo di rientro sarà possibile appena disponibili i dati delle prime letture post sostituzione.

L'utilizzo degli strumenti di supporto finanziario disponibili (fondi regionali ed europei) a sostegno della ricerca e dell'innovazione è stato molto utile per facilitare l'attuazione pratica di tecnologie innovative e di metodologie di "best practice" nonché per lo sviluppo di sistemi di supporto decisionale specifici a supporto della gestione efficiente della distribuzione idrica.

Bibliografia

E. A. Lanfranchi, M. Fantozzi, C.A. Carrettini, D. Segalini, C. Chiesa (2014) Integrated management of energy, demand and water losses in the water system of the city of Milan by means of mathematical models, leakage specialist software, decision support systems, AMR and real time pressure control system. IWA WaterIdeas Conference, Bologna, Italy (2014)

Creaco, E. Lanfranchi, E. Chiesa, C. Fantozzi, M., Carrettini, C., Franchini, M. (2014) Leakage and energy optimization in the Abbiategrosso district. IWA WaterIdeas Conference, Bologna, Italy (2014)

Mamade, A. (2014) Energy auditing as a tool for improving service efficiency of water supply systems, 216th Conference on Water Distribution System Analysis, WDSA 2014

Farnham. T., Fantozzi M., et al. (2013) ICT for efficient water resources management: the ICeWater energy management and control approach. CCWI 12th International Conference 'Computing and Control in the Water Industry. Perugia, Italy, 2-4 Sep 2013. www.icewater-project.eu

Lambert A.O., Fantozzi M, Thornton J. Practical approaches to modelling leakage and pressure management in distribution systems – progress since 2005. CCWI 12th International

Conference 'Computing and Control in the Water Industry. Perugia, Italy, 2-4 Sep 2013

Fantozzi M, Reduction of customer meters under-registration by optimal economic replacement based on meter accuracy testing programme and Unmeasured Flow Reducers, IWA Water Loss Conference, CapeTown, S. Africa (2009)

Merks C, Lambert A.O., Fantozzi M, et al. (2015) EU Reference document: Good Practices on Leakage Reduction" della Commissione Europea www.leakssuite.com/eu-good-practice-on-leakage-management

Per informazioni sui Software LEAKS: www.studiomarcofantozzi.it www.leakssuite.com

Gli autori

Marco Fantozzi

marco.fantozzi@email.it

Responsabile dello Studio Marco Fantozzi e membro del Water Loss Specialist Group dell'IWA "International Water Association". Ha 27 anni di esperienza a livello internazionale nella gestione delle perdite ed ha aiutato molti gestori a migliorare la gestione della rete idrica. Consulente della Commissione Europea e Referente dell'IWA per la gestione delle perdite per l'Europa Sud Orientale.

Carlo Carrettini

dacq@metropolitanamilanese.it

Direttore dell'acquedotto di Milano dal 2008. Ha oltre trent'anni di esperienza nel settore delle infrastrutture idrauliche e ambientali sul territorio lombardo, soprattutto per enti e aziende pubbliche. È stato Direttore Generale del Consorzio Intercomunale Acquedotto Brianteo e Vice Direttore Tecnico del Consorzio di Bonifica dell'Alto Lambro.

Nicola Rivezzi

n.rivezzi@metropolitanamilanese.it

CIO di MM spa. E' stato assistente e ricercatore di Fisica dello Stato Solido presso l'École Centrale di Parigi, Quality Assurance Engineer in Foster Wheeler, consulente informatico SAP in una società di IBM, ICT manager in Siirtec Nigi (settore Oil & Gas) e in Firema.

Stefano Zanini

s.zanini@metropolitanamilanese.it

Consulente di MM nell'area dell'innovazione tecnologica e di processo.

Emilio Attilio Lanfranchi

e.lanfranchi@metropolitanamilanese.it

Ingegnere Idraulico presso la Direzione Acquedotto del Servizio Idrico Integrato della città di Milano (MM spa). Ha implementato il modello matematico dell'acquedotto, si occupa di progettazione ed ottimizzazione e dal 2013 partecipa ai progetti europei "ICeWater", "Proactive" e "Upsidedown Protect".