

# **EVOLUZIONE DI UN SISTEMA DI TELECONTROLLO A SERVIZIO DELLA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE: IL SISTEMA DI GESTIONE INTEGRATA DELL'ACQUEDOTTO CAMPANO**

## **1 PREMESSA**

La memoria si inserisce nell'ambito della gestione ottimizzata delle risorse idriche attraverso un utilizzo "intelligente" del telecontrollo. Nell'esperienza proposta il sistema di telecontrollo è inquadrato in un contesto olistico costituito da: strumentazione, attuatori di campo, sistemi di supervisione e controllo e strumenti software evoluti di analisi di flussi informativi.

Tale approccio è finalizzato al conseguimento di uno dei principali obiettivi del gestore del Servizio Idrico consistente nel controllo delle perdite idriche al fine di limitare, da una parte, l'utilizzo di risorsa pregiata, dall'altra, le perdite economiche legate ai costi di prelievo, trattamento e trasporto, per finire con il miglioramento del livello di servizio offerto all'utenza e con la necessità in molti casi di integrare diversi sistemi acquedottistici al fine di un uso armonico della risorsa.

A tal proposito negli ultimi anni la lunga fase di start-up degli Ambiti Territoriali Ottimali ed il conseguente notevole aumento in termini di complessità e dimensioni della gestione, hanno portato i soggetti gestori ad investire gran parte delle proprie risorse nell'accrescimento del livello di conoscenza dei sistemi idrici di propria competenza. Tale fase è stata altresì accompagnata dallo sviluppo e/o dal potenziamento di sistemi software (Sistemi Informativi Territoriali SIT/GIS, Supervisory Control And Data Acquisition System SCADA, Sistemi di Supporto alle Decisioni DSS) in grado di gestire tutte le informazioni raccolte durante le fasi di miglioramento della conoscenza degli impianti e delle reti, consentendo di rendere fruibili tali informazioni alle diverse strutture operative distribuite sul territorio. Questi singoli sistemi, essendo progettati e strutturati per la gestione di determinate informazioni, risultano indispensabili per la gestione operativa ma insufficienti ai fini del controllo strategico.

Si pone quindi la necessità di una integrazione tra gli strumenti di supervisione e controllo usuali e le basi di conoscenza che consentano di superare i limiti di ciascuno strumento software di base ed utilizzino le informazioni disponibili per la valutazione in tempo reale dei parametri gestionali e dei rapporti di sintesi sull'andamento della gestione come il bilancio idrico (condotto secondo il D.M. 99/97 e/o il metodo IWA International Water Association) e la valutazione degli indicatori di performance.

In quest'ottica è stato realizzato il progetto del "Sistema di telecontrollo dell'Acquedotto Campano" per conto della Regione Campania.

## **2 DAL DATO ALLA CONOSCENZA: L'EVOLUZIONE DEI SISTEMI DI TELECONTROLLO**

Un sistema di supervisione e controllo consente tipicamente di acquisire una serie di grandezze caratteristiche del funzionamento del sistema e di impartire comandi. In particolare i moderni impianti di telecontrollo non possono prescindere dal contributo che può fornire la tecnologia d'automazione per assicurare gli standard richiesti di efficienza e di affidabilità, nel rispetto dei vincoli normativi e di servizio.

Nel presente progetto si è andati oltre tali requisiti di base, in ogni caso implementati allo stato dell'arte ed attivi in misura massiva nel sistema dell'Acquedotto Campano, ma è stata realizzata una infrastruttura tecnologica in grado di utilizzare tali informazioni, unitamente ad altri domini di dati, per generare una base di conoscenza in grado di tradurre tali input in corrispondenti azioni finalizzate all'ottimizzazione della gestione e dei processi produttivi, obiettivo finale della presente applicazione.

In questo progetto è stata utilizzata una piattaforma di applicazioni commerciali software, tipicamente utilizzate per la gestione del servizio di distribuzione idropotabile (SCADA in primo luogo ma anche, GIS, DSS, ...), componenti specificamente progettati per rappresentare il processo di distribuzione idropotabile e un sistema esperto basato su regole in grado di effettuare operazioni di ragionamento automatico operando su questi dati.

Con un tale approccio tutti i componenti e gli applicativi del sistema sono cooperanti e utilizzano banche dati centralizzate, a cui tutti gli utenti possono avere accesso, per l'elaborazione dei dati e delle informazioni di interesse. Alla piattaforma informativa e operativa SCADA si integrano i flussi informativi provenienti dal GIS, dal sistema DSS per la valutazione automatica del bilancio idrico secondo le disposizioni dettate dal DM 99/97 e da metodologie IWA.

L'integrazione delle basi di conoscenza del sistema in oggetto è di seguito rappresentata:

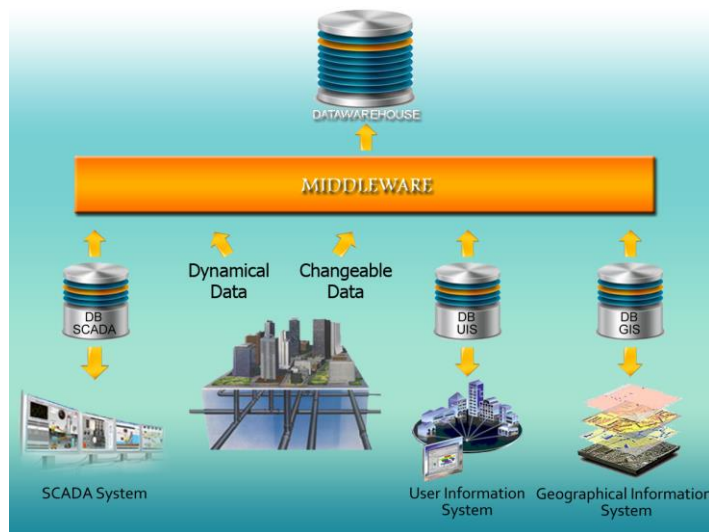


Figura 1: Integrazione basi di conoscenza

### 3 L'APPROCCIO ONTOLOGICO

Le problematiche che si sono dovute affrontare per l'integrazione dei vari sistemi sono state molteplici. Ogni applicazione della piattaforma tecnologica può essere vista come un modello, ed ogni modello possiede un dominio di conoscenza, nel quale sono contenuti tutti gli elementi del modello stesso. Esiste una gerarchia in cui sono strutturati gli elementi appartenenti al modello e ciascun elemento ha un suo significato, una descrizione semantica di ciò che esso rappresenta. Uno stesso elemento può allora essere rappresentato da modelli differenti. Per tali motivi l'ostacolo maggiore per la creazione di una piattaforma tecnologica integrata è la creazione della corrispondenza tra queste rappresentazioni.

Nella presente applicazione è stato utilizzato un approccio ontologico per la definizione dei criteri di rappresentazione e schematizzazione della pluralità dei flussi di dati necessari; secondo condivise definizioni, l'ontologia è definita come un artefatto finalizzato alla rappresentazione di un dominio del discorso, individuando i concetti che lo costituiscono e le relazioni tra di essi, secondo una semantica ben definita e per mezzo degli strumenti della logica formale.

È stato definito il significato dei concetti che fanno parte dei vari domini da integrare (utenze, portate richieste e circolanti, dislocazione topologica e temporale, consumi, vincoli sui livelli di servizio etc.) e sono state stabilite le relazioni intercorrenti tra i termini stessi; è stata definita quindi la semantica che costituisce l'"humus" del sistema e la garanzia della persistenza delle informazioni trattate al variare delle condizioni nel tempo. Nel caso in

questione la formalizzazione delle basi dati è stata ottenuta partendo dalla descrizione del problema in forma letterale; in linguaggio naturale, si è proceduto, scegliendo l'approccio migliore alla modellazione del sistema, e ci si è focalizzati sul problema della definizione di entità e relazioni tra di esse.

Queste entità sono diventate tabelle del sistema con propri attributi e quindi tipi di dato, indici, vincoli etc... Con questo approccio è stato possibile formalizzare un modello specifico di sistema idropotabile che include concetti e relazioni aggregate in gruppi di attori semplici (che subiscono il sistema) e attori esperti (che gestiscono il sistema).

## **4 II SISTEMA DI TELECONTROLLO DELL'ACQUEDOTTO CAMPANO**

Il progetto, realizzato nel 2012, ha previsto l'implementazione di un sistema di supervisione e controllo di significative dimensioni, distribuiti su un territorio esteso e variegato, caratterizzato dall'utilizzo di molteplici supporti trasmissivi (linea ISDN, linea GSM, rete GPRS/UMTS, sistemi WiFi) e dalla presenza di un'architettura strutturata con centralizzazione dei dati .

Il progetto è stato realizzato secondo criteri di flessibilità e modularità così da consentire di adattare e modificare il sistema, secondo l'evoluzione delle esigenze del gestore, salvaguardando le apparecchiature esistenti e permettendo di inserire in rete nuove unità di controllo, nuovi segnali relativi a nuove strumentazioni e/o nuove apparecchiature o inserire il sistema in una rete di supervisione ancora più complessa.

L'architettura adottata consente di impiegare al meglio ogni unità del sistema, in particolare scaricando l'elaboratore centrale dai compiti di automazione locale per dedicarlo esclusivamente alla supervisione dell'impianto ed all'elaborazione e gestione delle informazioni.

Il sistema di telecontrollo è articolato in più livelli, in ognuno dei quali sono presenti un certo numero di unità. Ciascuna unità, inoltre, è connessa a quella gerarchicamente superiore, con la quale scambia informazioni. Si veda lo schema della Figura 2.

La struttura è gerarchica con un unico centro strategico direzionale per l'intero ambito e tre centri operativi, ciascuno responsabile della gestione in una area territoriale e strutturata come di seguito indicato:

Livello 3 Centro di Supervisione Direzionale (Sede di San Prisco)

Livello 2 Centri Operativi Distrettuali (Sedi di Cancellò, Melito ed Ischia)

Livello 1 Unità periferiche in campo (PLC/RTU/PC)

Livello 0 Strumentazione elettronica di misura e apparecchiature elettromeccaniche esistenti in campo

La struttura gerarchica per livelli del sistema di controllo è intrinsecamente fault-tolerant perché le logiche relative al corretto funzionamento degli impianti sono codificate nei livelli più bassi della gerarchia degli elementi di supervisione. E' responsabilità dei livelli più alti di supervisione il coordinamento dei sottosistemi idrici affinché la gestione complessiva risulti ottimale.

Nel caso in cui un evento accidentale renda impossibile la comunicazione tra il centro di controllo e la periferia e quindi non sia possibile coordinare le attività dei sottosistemi idrici e dei singoli impianti, comunque i livelli inferiori del sistema di controllo ne assicureranno il corretto funzionamento e la messa in sicurezza a scapito esclusivamente del rendimento complessivo.

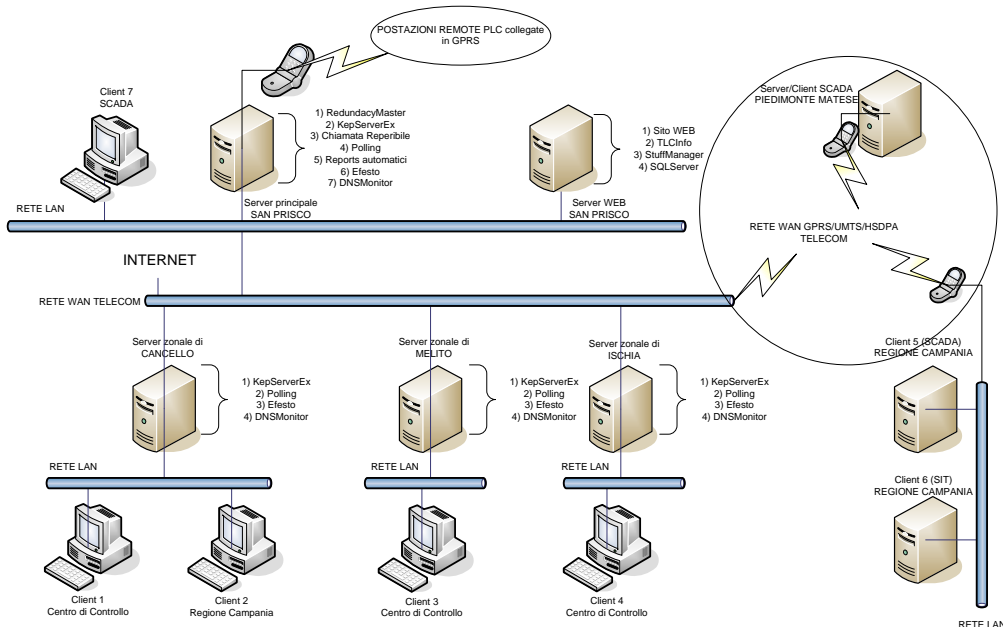


Figura 2: Architettura Sistema di Telecontrollo

## 5 TRASMISSIONE DATI

La scelta del supporto di trasmissione da utilizzare ha tenuto conto di vincoli tecnici, geografici ed economici. In particolare partendo dal presupposto di garantire la sicurezza di trasmissione dei dati, sono state considerate le distanze reciproche tra gli impianti, la presenza di stazioni isolate o di difficile accesso, la possibilità di installazione delle linee telefoniche, i costi dei dispositivi di trasmissione (modem, etc...), i costi di installazione dei collegamenti, i costi di esercizio e l'utilizzo di mezzi trasmissivi già esistenti.

Il Centro Direzionale è collegato ai centri di controllo operativi (subcentri) con linee di comunicazione tipo HDSL e collegato a tutte le stazioni di controllo da linee GPRS.

I tre subcentri sono collegati al Centro di Controllo strategico mediante linee di comunicazione di tipo HDSL. In tal modo il sistema di telecontrollo, di concezione più moderna, consente maggiore velocità di trasmissione delle informazioni, maggiore sicurezza e minori costi di gestione.

Nelle Figure che seguono sono visualizzate alcune pagine video relative al sistema di supervisione e controllo: più precisamente l'ortofoto dell'isola di Ischia, Figura 3, e due pagine 3D relative al rilancio Maretto, Figura 4, e alla stazione sorgente Maretto, Figura 5.

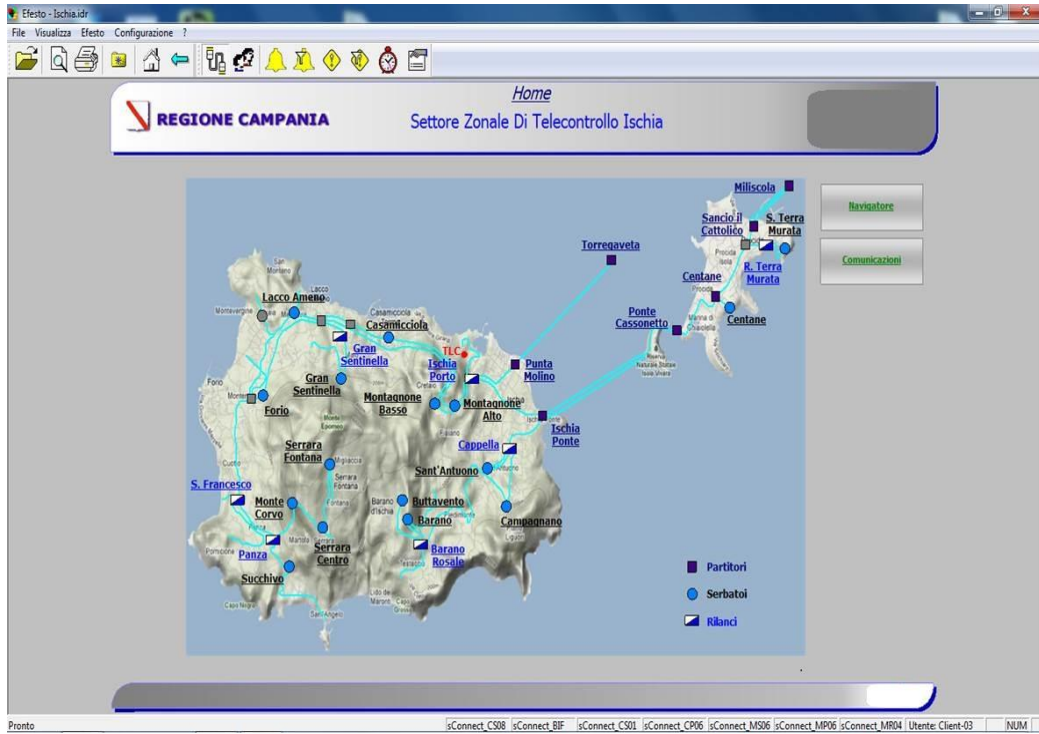


Figura 3: Ortofoto Ischia

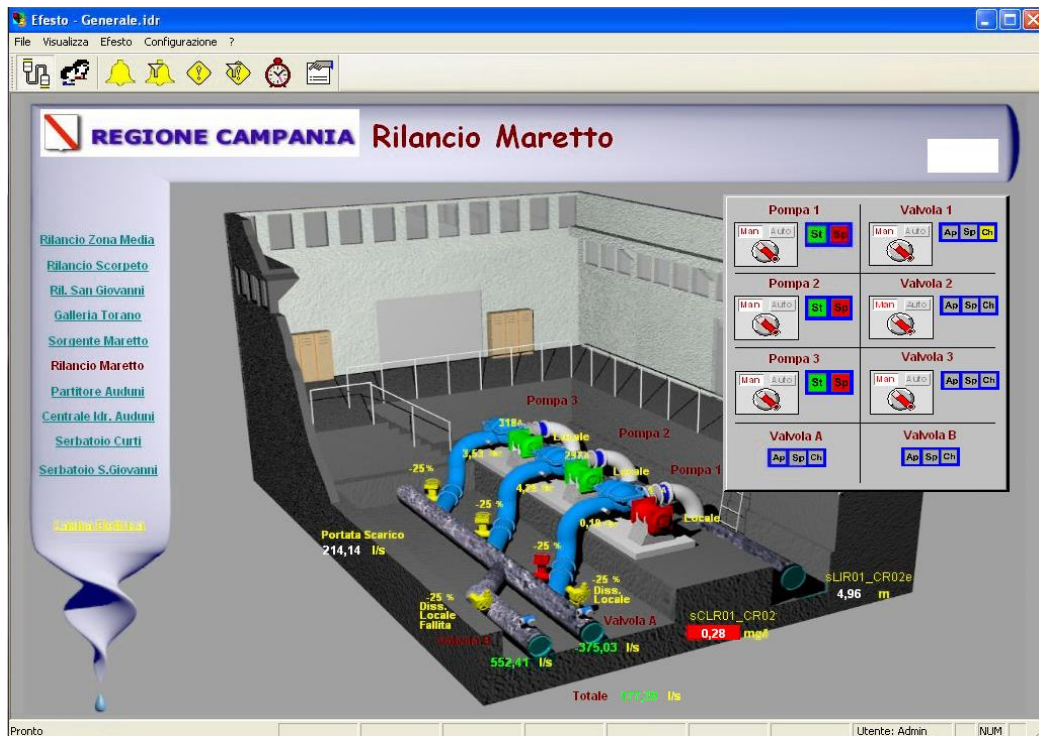


Figura 4: Rilancio Stazione Maretto



Figura 5: Sorgente Maretto

## 6 RISULTATI OTTENUTI

Nel presente progetto l'utilizzo di strumenti e tecnologie per la supervisione e controllo integrati da Sistemi di Supporto alle Decisioni DSS e dall'analisi dei dati storici, secondo quanto precedentemente riportato, ha reso possibile conseguire i seguenti risultati:

- Effettuare il bilancio idrico in linea facendo uso dei dati provenienti dal sistema di supervisione e controllo
- Determinare gli indicatori di performance
- Gestire gli scenari per la determinazione dell'assetto ottimo della rete
- Ottimizzare le strategie di utilizzazione degli impianti di sollevamento
- Acquisire conoscenza sul sistema fisico trovando la relazione funzionale tra le grandezze fisiche monitorate
- Comprendere i motivi che portano alla generazione di allarmi o situazioni critiche
- Rilevare eventuali comportamenti anomali del sistema, sintomi di possibili guasti e disfunzioni
- Effettuare previsioni sull'andamento di alcune grandezze fisiche in maniera da prevedere anticipatamente eventuali anomalie o allarmi o fare analisi preventive sui costi di gestione dell'impianto
- Rilevare il grado di affidabilità di un allarme
- Riconoscere eventuali stati di allarme che non sono stati rilevati dal sistema di telecontrollo

Segue una descrizione di alcuni componenti funzionali realizzati e alcuni risultati ottenuti dall'applicazione dell'approccio prima descritto.

### **Datawarehouse**

Il sistema di supervisione "evoluto" utilizza il patrimonio in suo possesso (dati storici) per l'analisi dei dati e per la ricerca delle relazioni che legano tra loro le grandezze fisiche, eventi e tempo. Il problema caratteristico è che spesso le informazioni utili si trovano nascoste in mezzo a tutta la mole di dati raccolti e reperirle è un

procedimento molto dispendioso. Inoltre, al crescere della quantità di dati, cresce anche la difficoltà di analizzarli per estrarre informazioni utili.

In conseguenza di ciò, spesso accade che alcune aziende dispongono di enormi quantità di dati che, sebbene possano essere utili per meglio comprendere i fenomeni che regolano il funzionamento dell'acquedotto, non vengono utilizzate, non riuscendo a trarne un concreto beneficio. Per il sistema dell'Acquedotto Campano, stante la grande quantità di dati da trattare, sono state utilizzate le infrastrutture di banche dati di tipo DataWarehouse, ideologicamente rappresentabili come un grande magazzino di dati, contenente dati provenienti da diversi archivi e preorganizzati in maniera da poter rispondere velocemente alle interrogazioni effettuate attraverso una infrastruttura denominata cubo OLAP (On-Line Analytical Processing).

Questa è una struttura per la memorizzazione di dati che permette di eseguire analisi in tempi rapidi, superando un limite dei database relazionali che non sono adatti ad elaborazioni istantanee e alla visualizzazione di una grande mole di dati. Il Cubo OLAP può essere immaginato come un foglio di lavoro a due dimensioni. Il cubo OLAP ha da 3 a un arbitrario numero di caratteristiche o dimensioni di analisi.

Occorre naturalmente considerare che l'efficacia di un sistema di distribuzione dipende da vari fattori fra i quali le variazioni spaziali e temporali della domanda idrica. Poiché la domanda varia sia da luogo a luogo sia nel tempo, è fondamentale la valutazione dei periodi di tempo e le aree geografiche oggetto delle misurazioni; per tali ragioni nel sistema realizzato la definizione delle interrogazioni e della cadenza temporale con cui devono essere presentati i dati è stato oggetto di accurate analisi.

Le interrogazioni possono essere di vario genere e desunte in modo automatico dall'archivio storico dello SCADA. I dati analizzati possono, a loro volta, essere riportati come semplici report con la cadenza temporale definita (mensile, bimestrale, semestrale, annuale).

### **Bilancio Idrico**

L'applicazione "Bilancio Idrico" mette a disposizione lo strumento in grado di rispondere alle prescrizioni ministeriali (D.M. 99/97) in maniera il più possibile automatizzata. In particolare, l'artefatto consiste in un sistema automatico per il miglioramento e la razionalizzazione della risorsa idrica, che consente di calcolare le componenti del bilancio idrico e gli indicatori di performance secondo l'approccio definito dalla legge.

Il calcolo automatizzato del bilancio idrico è effettuato raccogliendo ed elaborando i dati presenti nel sistema informativo aziendale costituito da tutti i dati prodotti dalle differenti applicazioni (SCADA, GIS, SIU, ERP, ecc...) e dando all'utente la possibilità di differenziare fra impianti primari e secondari e di scegliere l'intervallo di tempo rispetto al quale valutare il bilancio idrico. Si veda lo schema riportato in Figura 6.

A causa dell'esigenza di utilizzare e/o definire una serie di equazioni necessarie per il calcolo delle componenti e degli indicatori, il sistema consente l'inserimento e la personalizzazione di tutte le equazioni in gioco, sia per il sistema di adduzione e distribuzione, sia per le diverse componenti territoriali. Il software consente anche l'esportazione di tutte le elaborazioni in un format predefinito e idoneo alla stesura automatizzata dei rapporti sintetici che annualmente devono essere trasmessi all'Autorità.

Il calcolo del bilancio è automatizzato su diversi livelli. A tal fine la realizzazione del Datawarehouse in grado di estrarre e raccogliere tutti i dati significativi dal sistema informativo aziendale e dagli altri applicativi esistenti (SCADA, GIS) assume un ruolo rilevante nel funzionamento dell'applicativo. La ricerca può essere effettuata in vari modi e l'applicativo software utilizzerà differenti equazioni per effettuare il bilancio idrico dando quindi la possibilità all'utente di calcolare i volumi per così così come definito dal D.M. 99/97.

È possibile differenziare tra bilancio economico e bilanci in termini di volumi d'acqua. Qualora non sia possibile avere il dato attuale dal sistema di telecontrollo, il sistema permette di inserire tale dato in base ai valori storici assunti e memorizzati nella banca dati.

I risultati sono resi disponibili sia in forma tabellare sia attraverso la visualizzazione della mappa dell'area interessata dal bilancio idrico.

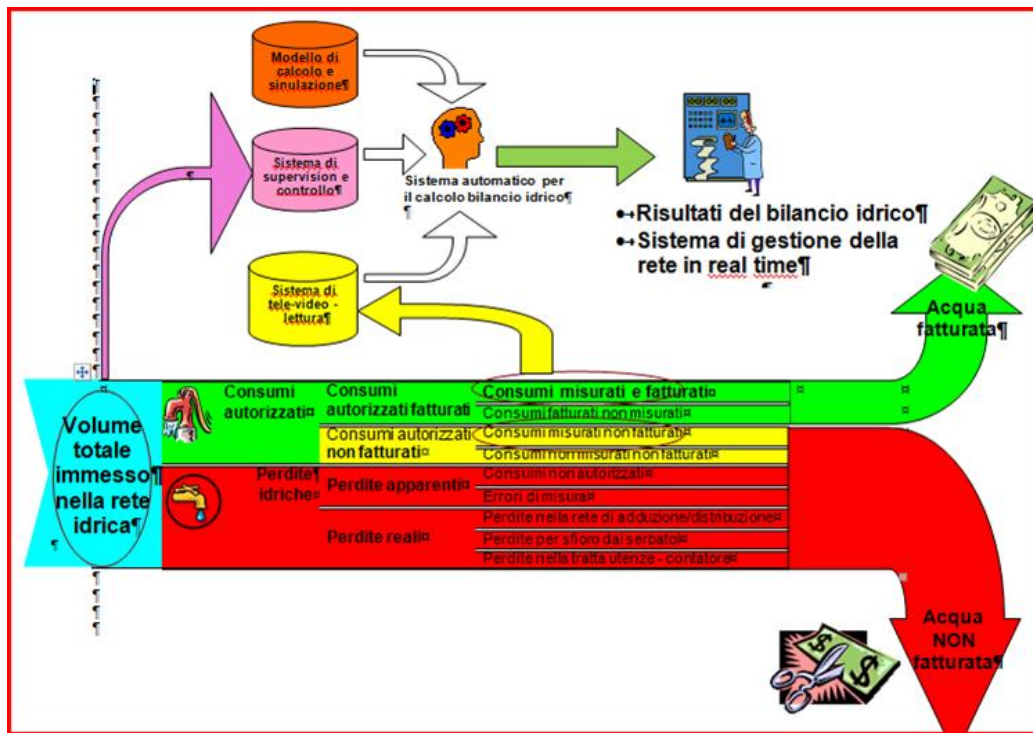


Figura 6: Bilancio Idrico

### Indicatori di performance

In molti settori industriali l'evoluzione delle tecniche manageriali ha portato già da tempo all'uso di indicatori, strumenti indispensabili ad una gestione "per obiettivi". Questa tecnica consiste nella definizione di obiettivi chiari e misurabili da raggiungere in tempi stabiliti, nel successivo confronto fra obiettivi e risultati e, infine, nella correzione delle cause degli eventuali scostamenti.

La ricerca e la definizione degli indicatori, con le conseguenti elaborazioni, permette di impostare nuove prospettive di gestione e di aumentare la prontezza nei processi decisionali in quanto migliora la qualità delle informazioni disponibili, con un conseguente monitoraggio più trasparente e facile degli effetti delle decisioni prese. Nel presente progetto, tenendo conto che il telecontrollo, analizza molteplici aspetti quali:

- la qualità delle acque trattate
- il livello di servizio all'utenza
- le problematiche di gestione e manutenzione legate ai singoli impianti
- il risparmio energetico

che collaborano al miglioramento dell'efficienza, dell'efficacia, della produttività e della qualità del servizio, è stato possibile analizzare in maniera automatica una serie di informazioni relative alla definizione di indicatori caratteristici della gestione, di cui nel seguito si riporta qualche esempio.

Per i serbatoi un'analisi del livello può costituire una base per comprendere il comportamento del serbatoio ed un confronto con i dati statistici del periodo dell'anno precedente può indicare se si rientra nel normale funzionamento di esercizio o meno. Valutando il livello si può anche vedere il numero di volte in cui il serbatoio è andato a sfioro ed ottimizzare la risorsa idrica.

Nella gestione della rete di distribuzione idrica un altro parametro importante da tenere il più possibile sotto controllo è costituito dalla pressione in rete. Una pressione troppo bassa potrebbe causare una non corretta



erogazione del servizio, mentre una pressione troppo alta potrebbe causare su tubazioni già in uso da molto tempo perdite dai giunti o addirittura rotture.

Per il controllo della dotazione idrica di un campo pozzi può essere utile tenere sotto controllo il livello della falda al fine di verificare l'eventualità di un sovra-sfruttamento delle fonti che porterebbe al depauperamento delle fonti stesse (quali abbassamento della falda con la conseguente necessità di spingere più in profondità le pompe con aumenti dei costi di pompaggio, degrado del pozzo, ...).

É importante analizzare le registrazioni mensili dell'energia spesa per il pompaggio; tendenze non motivate del consumo di energia elettrica possono indicare l'insorgenza di qualche problema (rotture, incrostazioni, problemi meccanici delle pompe, variazioni fisiche avvenute nella rete,...).

Per quanto riguarda, invece, gli allarmi, il sistema di telecontrollo dispone di una serie di allarmi, atti a segnalare particolari condizioni dovute a circostanze eccezionali o a guasti, e che hanno bisogno di un intervento umano. Gli allarmi dispongono anch'essi di un certo grado di incertezza, nei sistemi è infatti frequente la generazione di falsi allarmi a causa, ad esempio, del malfunzionamento di un sensore, oppure, cosa più grave, a volte una circostanza sfavorevole potrebbe non essere rilevata e di conseguenza la situazione potrebbe non essere gestita. Il sistema di analisi intelligente consente di filtrare gli allarmi apparenti e, cosa rilevante, validare (entro certi limiti) il funzionamento degli strumenti.

Un'altra analisi da effettuare è il controllo della periodicità degli eventi anomali, estrapolare il numero di allarmi che si sono verificati nella cadenza temporale prestabilita, permette di evidenziare un problema ricorrente.

#### ***Individuazione perdite***

Il sistema di telecontrollo costituisce inoltre lo strumento di base per la ricerca delle perdite idriche in tempo reale, in quanto utilizza software di ottimizzazione basati sulle più moderne tecnologie (algoritmi genetici) e consente altresì, unitamente ad altri strumenti, di individuare con buona approssimazione, una porzione ristretta di rete sulla quale effettuare la ricerca puntuale delle perdite.

## **7 CONCLUSIONI**

Il sistema di telecontrollo presentato dimostra come sia possibile integrare con successo molteplici tecnologie convergenti in un unico sistema integrato di telegestione applicato ad un sistema acquedottistico di grandi dimensioni e costituisce uno dei primi esempi in Italia di sistema di telegestione in tempo reale di controllo della qualità e della distribuzione idrica di un sistema regionale, coadiuvato da sistemi di supporto alle decisioni e programmi di bilancio in linea che permettono di rilevare in real-time le capacità di risposta del sistema idrico alle richieste, di variare la configurazione dello stesso perché il suo rendimento sia sempre allineato con i target gestionali della Regione.