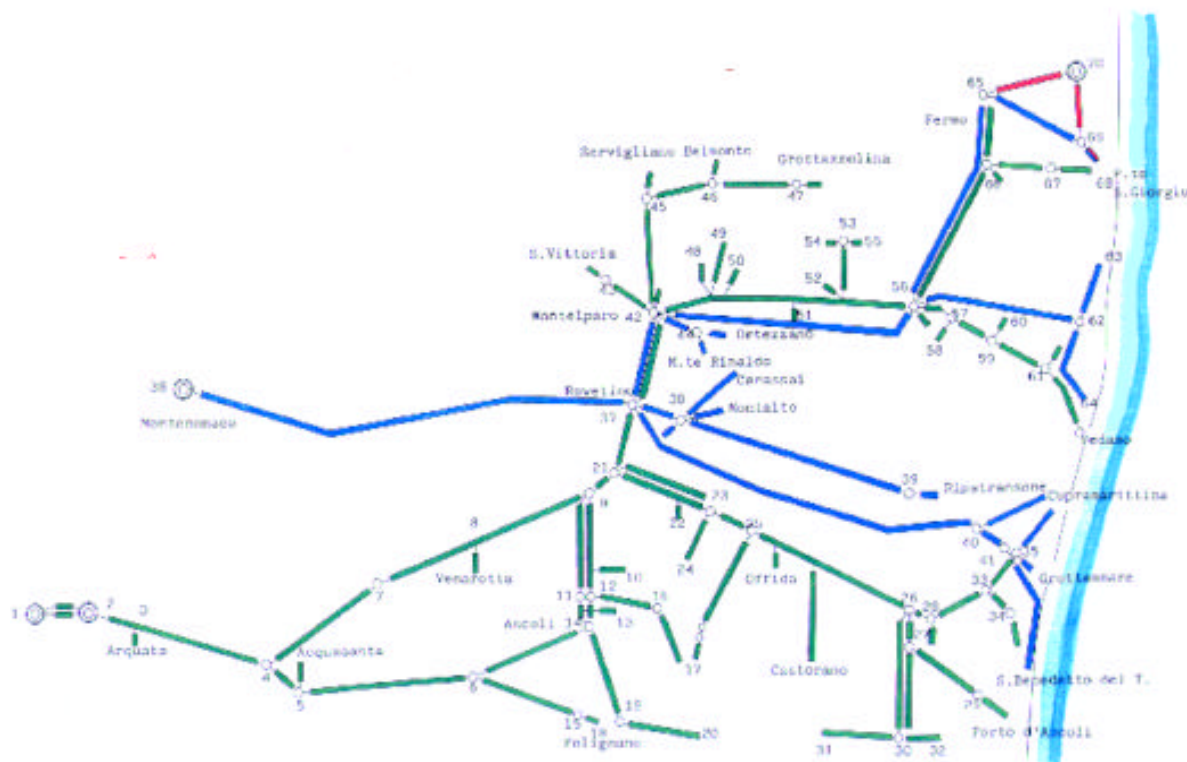


GIORNATA DI STUDIO  
LA STRUMENTAZIONE PER LA GESTIONE DEGLI ACQUEDOTTI  
Giovedì 2 marzo - Napoli - Holiday Inn - Centro Direzionale Is.E/3

# IL MONITORAGGIO "CONSAPEVOLE" NELLA GESTIONE DELLE RISORSE IDRICHE

José Maria Schoorl, Giovanni Mappa  
*ANOVA Knowledge Based Software Solutions*



# IL MONITORAGGIO "CONSAPEVOLE"

## NELLA GESTIONE DELLE RISORSE IDRICHE

### 1. LA "CONOSCENZA": PUNTO NODALE TRA TECNOLOGIA E GLOBALIZZAZIONE

*"Il futuro non è più quello che è stato finora"* (Y. Berra). Con l'avvio del terzo millennio, le organizzazioni si domandano che cosa riserbi loro il futuro: non vi è solo il cambiamento, ma anche l'accelerazione del suo manifestarsi.

Lo scenario economico contemporaneo è determinato da due forze fondamentali che stanno modificando l'intera struttura dei sistemi economici: la *tecnologia* e la *globalizzazione*.

La tecnologia costituisce l'agente di cambiamento non solo dell'infrastruttura della società, ma anche dei modelli di pensiero dell'uomo: "il mezzo è il messaggio" (M. McLuhan, 1964). Una manifestazione rivoluzionaria dell'evoluzione tecnologica è costituita proprio dalla *digitalizzazione*, che consiste nella codifica dell'informazione a mezzo di "bit", cioè di serie di 0 e di 1.

La tecnologia orienta anche la seconda forza fondamentale, la *globalizzazione*. L'idea di "villaggio globale" è oggi una realtà: l'avanzata *e-economy*, ne è solo uno degli aspetti più evidenti.

Che lo si voglia o no, sotto la spinta di settori dell'informatica e delle telecomunicazioni in "naturale" rapida evoluzione, tutte le organizzazioni vengono coinvolte e "trascinate" al cambiamento, non escluso il *settore della gestione delle risorse idriche*, che sicuramente non è in Italia il settore più dinamico e ricettivo alle lusinghe tecnologiche del momento.

Ci sta pensando il fenomeno della *deregolamentazione* e dei *processi di privatizzazione* mirati, gli uni a far convivere le aziende del settore idrico con il vivo "mercato" (a dispetto di situazioni acquisite da sempre di mercato protetto, se non situazioni di vero e proprio monopolio), gli altri mirati al miglioramento dell'*efficienza*, *efficacia* ed *economicità*, della gestione delle risorse e del servizio idrico integrato.

Mentre impazza la nuova cultura tele-informatica, della internet-mania, dell'e-commerce (e di quant'altro possa apparire di più diabolico a quanti - non nati con il computer in casa - hanno speso una vita professionale per progettare, realizzare e gestire opere di ingegneria idraulica per soddisfare i bisogni primari e primordiali dell'uomo), ecco un "messaggio di speranza": *il futuro vedrà sempre più l'uomo e la sua "conoscenza" come baricentro attorno al quale ruoteranno tutte le innovazioni tecnologiche a suo servizio*. Non ci sarà mai *Il Grande Fratello* insomma: parola di una persona che vive attivamente per intero il cambiamento ed è coinvolto in prima linea nella cultura dell'utilizzo delle tecnologie dell'*Intelligenza Artificiale* (!).

Senza l'uso della *conoscenza*, ovvero senza *contenuti*, tecnologia e globalizzazione diventerebbero semplicemente delle mode del momento. Una dimostrazione di ciò è la attuale riscoperta del valore strategico della *Knowledge* in tutte le organizzazioni innovative e competitive: *knowledge management*, *learning organization*, *intellectual capital*, *knowledge based systems*, ecc.

Lo scopo del presente documento non ci consente ulteriori approfondimenti, ma il concetto di fondo che si vuole esprimere è che *esiste una grande opportunità per l'uomo nei confronti delle tecnologie e della globalizzazione ed è quella di poter sfruttare queste ultime per valorizzare e utilizzare la propria conoscenza*, proprio per raggiungere gli obiettivi di efficienza e competitività prefissati, in antitesi con quanto si è comunemente pensato nel recente passato, cioè che le tecnologie tele-informatiche (l'*Intelligenza Artificiale* in particolare) potessero svilire, o addirittura sostituire la centralità dell'uomo.

## 2. IL MONITORAGGIO E LA GESTIONE DELLE RISORSE IDRICHE

Riprendendo il tema della gestione delle risorse idriche, come punto di partenza ci si può riferire al sempre valido luogo comune che recita *che è possibile controllare solo ciò che si conosce a fondo*.

Scopo fondamentale di una corretta gestione è infatti, quello di mantenere un sistema nel suo stato ottimale il più a lungo possibile. Si deve intervenire non appena si passa in uno stato di allarme, per ripristinare lo stato normale: se invece, il sistema va in funzionamento critico, la rimessa in servizio deve essere tempestiva. La gestione, specie in situazioni di emergenza, richiede l'uso di conoscenze gestionali e di analisi dei guasti, molto specifiche, spesso non presenti in un solo operatore.

Nel caso particolare della gestione di risorse idriche, è indispensabile disporre di un gran massa di dati per conoscere in ogni momento:

- la *consistenza*, le *caratteristiche* e lo *status* di tutti gli impianti gestiti (sorgenti, pozzi, acquedotti, centri di distribuzione, alimentatrici primarie di zona, reti di distribuzione);
- lo stato di *funzionamento* delle singole *apparecchiature* installate nel complesso degli impianti (paratoie, saracinesche, valvole di regolazione, impianti di pompaggio, valvole di non ritorno);
- l'*andamento dei flussi idrici* in ogni momento ed in ogni punto caratteristico del sistema;
- le *quantità di acqua disponibili*, sia come portate istantanee, che come volumi di compenso (livelli di acquedotto, livelli delle vasche di carico, valore delle portate in entrata ed in uscita dai centri di distribuzione, valori delle portate sollevate dagli impianti di pompaggio, livelli nelle singole vasche di accumulo);
- *piezometriche di esercizio* in ogni punto caratteristico (*nodi sensibili*) della rete di distribuzione.

Per il monitoraggio e la gestione in tempo reale di questa elevata quantità di dati, non basta l'utilizzo di tradizionali sistemi di acquisizione dati e di controllo. Occorrono infatti, strumenti in grado di fondere o integrare i dati in input e informazioni (data fusion) per ottenere:

- la conoscenza in tempo reale delle *condizioni di esercizio* dell'intero sistema in ogni singola componente;
- la possibilità di *decidere*, ove non sono preposti automatismi locali, *cambiamenti di assetto* per adeguare la quantità di acqua da convogliare in ogni zona per il soddisfacimento delle esigenze delle utenze;
- la *segnalazione tempestiva* (*early warning*) e la *registrazione di eventi perturbanti* (valori fuori limite relativi ai parametri di potabilità, di portate di livelli, di piezometriche, nonché fuori servizio, danni alle apparecchiature, ecc.)

## 3. IL MONITORAGGIO TRADIZIONALE E IL MONITORAGGIO "CONSAPEVOLE"

Il concetto di monitoraggio "consapevole" o basato sulla conoscenza (*Knowledge Based Monitoring*) esprime l'integrazione - in un dominio di riferimento - tra un monitoraggio di dati di processo e un corrispondente *Modello di Conoscenza* in grado di trasformare l'insieme di dati acquisiti ad informazioni esplicite e mirate, rispetto agli obiettivi preposti.

In genere, l'acquisizione dati di un sistema di monitoraggio di tipo tradizionale, fornisce una grande quantità di misure ed allarmi, ma non fornisce all'operatore una spiegazione sulla causa dei guasti o una analisi "consapevole" della situazione, per suggerire le manovre più opportune.

### 3.1 - Dai Modelli Matematici di Simulazione ai Modelli di Conoscenza

Spesso nei più evoluti sistemi tradizionali di monitoraggio e telecontrollo di impianti del settore idrico si sente parlare di funzionalità di simulazione o di previsione sulla base dell'adozione di modelli matematici ad hoc.

Il punti in questione sono:

- quanto un modello rigido e deterministico - che è stato realizzato su ipotesi teoriche (spesso semplificatrici) e che è in grado di funzionare solo se sono presenti tutti i dati in input che sono solo di tipo numerico - è in grado di descrivere adeguatamente la realtà del comportamento di un sistema dinamico in campo?
- Quanto "pesano" le informazioni di tipo qualitativo (ispezioni visive, nuove situazioni non codificate, condizioni al contorno imprevedibili come un guasto alla strumentazione di misura, ragioni sociali e politiche, ecc.), nella reale corretta funzionalità di un sistema di monitoraggio basato su modelli deterministici?
- Non ultimo il fattore costo/ciclo di vita dell'applicazione: un modello matematico spesso richiede un notevole investimento in termini di ricerca, sviluppo, adattamento e taratura; spesso il processo simulato subisce continui cambiamenti anche piccoli, che però rendono parzialmente o totalmente inutilizzabile il modello matematico stesso: esistono alternative più robuste ed affidabili?

La soluzione va ricercata non in una alternativa ai modelli matematici eventualmente preesistenti, ma nella loro eventuale integrazione con dati e le informazioni di tipo qualitativo, anche se queste ultime fossero non proprio complete o del tutto corrette.

In altri termini, la soluzione possibile è la realizzazione di un modello che inglobi in sé tutta la conoscenza in tutte le forme disponibili (compreso eventuali modelli matematici preesistenti), ma che possa funzionare anche con pochi dati eterogenei disponibili, così come farebbe un esperto che conosce bene il suo impianto, di fronte alla mancanza di qualche dato di riferimento.

La tecnologia dell'*Intelligenza Artificiale* (Logica Fuzzy, Reti Neurali) oggi ci aiuta a fare computazioni tra informazioni e non solo tra dati numerici (Logica Booleana) e, pertanto ci consente di sviluppare velocemente (e a più basso costo), modelli *Knowledge Based* in grado di utilizzare tutta la conoscenza disponibile per un funzionamento più robusto e completo.

Di seguito, il concetto di Modello di Conoscenza sarà chiarito da alcune esempi di monitoraggio consapevole.

### 3.2 - Sistemi "Early Warning"

Uno dei limiti tecnologici riguardanti la possibilità di *garantire con continuità la qualità del servizio acque*, dipende soprattutto dalla possibilità di rilevare in tempo reale, o meglio con anticipo, gli eventi di allarme (*early warning*), i trend di funzionamento ed i sintomi che spesso precedono il manifestarsi di eventi critici di processo (con riferimento a situazioni di inquinamento) e/o di esercizio (con riferimento alla manutenzione degli impianti e delle reti).

A tale scopo, è opportuno focalizzare le *metodologie di indagine* più appropriate, sia rispetto alla effettiva realtà impiantistica e di processo esistente, sia rispetto alla possibilità di prevenire possibili disfunzioni di processo.

Possono essere prese in considerazione metodologie di indagine *on-line* come l'applicazione di sistemi di controllo "basati sulla conoscenza", integrati alla tradizionale sensoristica di processo.

In altri termini, il *principio base* a cui si è fatto riferimento nella scelta della tecnologia di controllo di processo è quello per cui ogni singolo dato acquisito possiede un contenuto informativo esplicito (ad es.: misura del pH e quindi, "acidità" o "basicità" di una soluzione acquosa) ed uno latente implicito (ad es.: "produzione di cattivi odori", "corrosione delle strutture", "depositi", ecc.) che si manifesta soltanto se correlato, mediante "ragionamento" (regole di conoscenza/esperienza) ad altri dati che contribuiscono a costituire ed avvalorare l'informazione conclusiva.

Ciò premesso, in generale un sistema di telecontrollo davvero efficace per il controllo continuo del processo, deve sempre avere la caratteristica di sfruttare in pieno il contenuto informativo residente nei dati acquisiti dai pochi sensori on-line che oggi è possibile reperire a costi accettabili sul mercato.

La possibilità di generare in tempo reale “informazioni” (e non solo dati), costituisce un importante vantaggio soprattutto nell’ambito dell’applicazione:

- *monitoraggio del rischio e della sicurezza;*
- *risparmio energetico e dell’ottimizzazione di processo;*
- *monitoraggio della manutenzione (predittiva) secondo condizione;*
- *controllo e regolazione di sistemi complessi.*

Uno strumento innovativo - disponibile sul mercato - per questo tipo di funzionalità è il *Sistema INTESYS* (ANOVA) per il monitoraggio early warning: eventualmente integrato con sistemi più tradizionali di acquisizione e controllo preesistenti, consente di realizzare gli obiettivi preposti sul controllo delle acque, con particolare riferimento al processo, oltre che, evidentemente, alle apparecchiature impiantistiche.

Si tratta di un sistema in grado di emulare l'approccio euristico e *problem solving-oriented* di un esperto del settore, il quale utilizza normalmente dati e informazioni quali-quantitative, spesso non del tutto complete e certe, per individuare i problemi e le relative azioni correttive.

### 3.3 - CASO N.1: Monitoraggio "Consapevole" dei Pozzi di Emungimento

L'approvvigionamento idrico civile basato prevalentemente sulla risorsa idrica sotterranea può portare ad estesi fenomeni di sovrasfruttamento ed inquinamento idrico sotterraneo, con le conseguenze che è facile immaginare.

#### Controllo del Sovrasfruttamento

Il sovrasfruttamento è un processo fisico che s'instaura in un acquifero quando vi sia un eccesso di prelievo, rispetto all'alimentazione naturale. Il fenomeno viene segnalato da continui abbassamenti del livello piezometrico e non deve essere confuso con le variazioni pluriennali, né con quelle stagionali.

Per ogni pozzo esiste una portata ottimale cui corrisponde l'esercizio più economico e conveniente agli effetti della conservazione del pozzo stesso, soprattutto dal punto di vista dell'insabbiamento, tanto più facile ed accentuato quanto maggiore è l'abbassamento dinamico provocato dal prelievo di acqua.

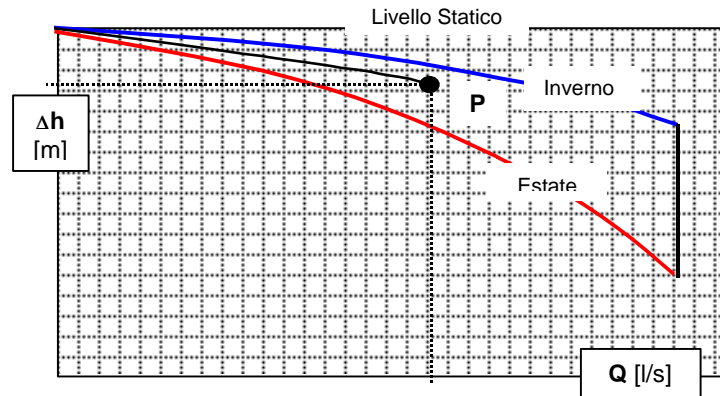
In generale, il funzionamento di un pozzo in falda freatica è definito fondamentalmente dalla caratteristica idrodinamica (diagrammi portate-abbassamenti dinamici) e da un'area di lavoro ottimale caratteristica (delimitata dalle caratteristiche idrodinamiche min-max con riferimento ad es. all'anno).

Per interrompere un processo di sovrasfruttamento occorre un intervento gestionale in grado di agire sulle voci del bilancio idrogeologico, in modo da introdurre condizioni di riequilibrio: in genere, si può intervenire nella razionalizzazione dei consumi idrici, diversificazione dei prelievi con acque superficiali, nella ricarica artificiale della falda, ecc.

La costruzione di nuovi impianti di captazione deve passare attraverso una rigorosa fase progettuale che preveda la scelta dei siti, l'utilizzo di falde naturalmente protette, l'utilizzo di misure di protezione, sia sulle aree, che sugli impianti, controlli più appropriati in fase esecutiva e di esercizio.

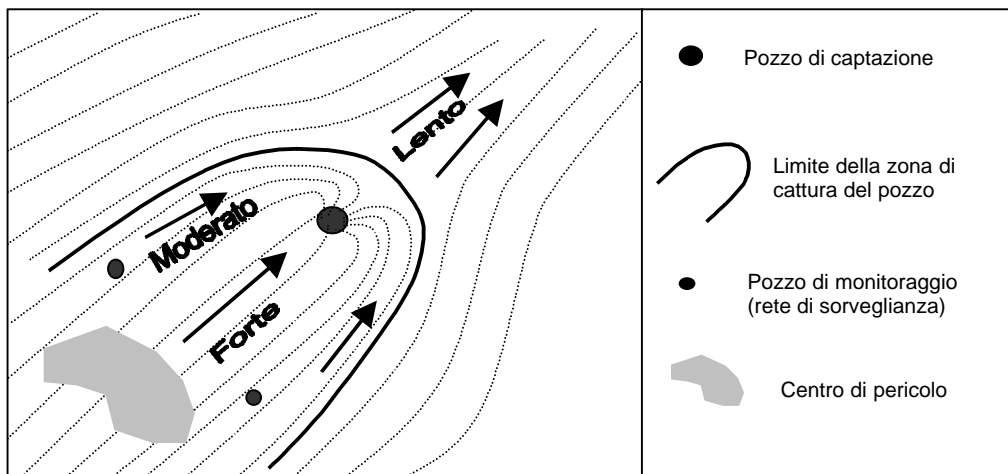
Tali impianti vanno monitorati in continuo attraverso una rete di pozzi di controllo.





Caratteristiche di funzionamento di un pozzo di emungimento (Area di Lavoro)

E' possibile monitorare in remoto via modem i livelli dei pozzi di produzione ed i piezometri su falde artesiane e freatiche. Attraverso prove di portata "a gradini" è possibile determinare la curva caratteristica del pozzo e, quindi, la portata d'acqua che può essere convenientemente emunta.



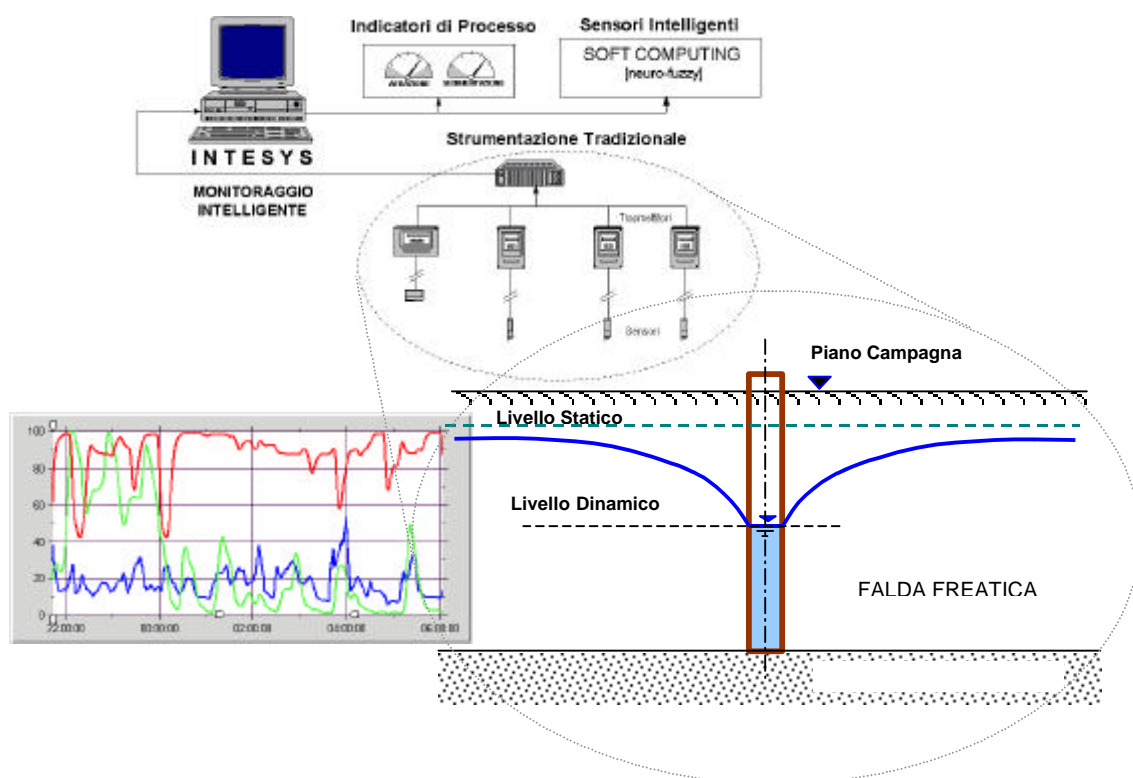
Rete di pozzi di monitoraggio (Mazzarella, 1993)

Qualsiasi tipo di monitoraggio deve però essere preceduto da una *fase conoscitiva*, ovvero dalla definizione delle seguenti caratteristiche del pozzo:

- la morfologia della superficie piezometrica;
- le escursioni piezometriche;
- l'entità dei prelievi;
- le variazioni dello stato chimico indotto dai prelievi;
- i vincoli al contorno (eventuali movimenti verticali del livello del suolo connesse all'estrazione di acqua, variazioni delle portate delle sorgenti naturali delle acque sotterranee, ecc.).

Un monitoraggio "consapevole" del sovrasfruttamento del pozzo non si limita alla rilevazione in continuo del livello piezometrico, ma tiene conto di tutti i fattori quantitativi (portata e livello) e qualitativi (stagione, vincoli, ecc.) che caratterizzano l'area di lavoro ottimale del pozzo:

$$A(P) = \varphi (Dh, Q, Temperatura, stagione, vincoli, \dots)$$



### Controllo della Qualità dell'Acqua

Dal punto di vista della qualità dell'acqua rispetto ad un utilizzo ad es. per scopi potabili, un approccio ad un monitoraggio "consapevole" ne considera innanzi tutto la provenienza delle acque e le caratteristiche intrinseche relative.

Nel caso di acque da pozzo è logico aspettarsi un certo tipo di sostanze indesiderate, come ad esempio concentrazioni elevate di Ferro e Manganese, piuttosto che elevate torbidità come è più frequente trovare nelle acque superficiali.

CARATTERISTICHE (MEDIE)	ACQUE SUPERFICIALI	ACQUE PROFONDE
Temperatura	High	Low
Torbidità	High	Low
Ossigeno Disciolto	High	Low
Ammoniaca	Low	High
Nitrati	Low	High
Ferro e Manganese biv. (disciolti)	Low	High
Idrogeno Solforato	Low	High
Gas Carbonico (aggressivo)	Low	High
Inquinanti e Microinquinanti	High	Low

Caratterizzazione delle Acque Superficiali e delle Acque Profonde

Altro fattore fondamentale è la conoscenza delle correlazioni esistenti tra i parametri (aspecifici) che è possibile misurare on-line con comuni sonde di mercato e la concentrazione delle sostanze indesiderate presenti nell'acqua.

Parametri	Significato
Temperatura	La temperatura favorisce i processi chimici, biologici e microbiologici. Nel caso di acque destinate al consumo umano, l'aumento di temperatura deve essere accompagnato da una relativa disinfezione precauzionale. All'aumentare della temperatura aumenta la conducibilità
Ossigeno Disciolto OD	Determina lo stato di ossidazione della soluzione acquosa
ORP (redox)	Insieme al pH determina lo stato di ossidazione o riduzione della soluzione acquosa
Conducibilità	Determina la concentrazione dei sali disciolti dissociati in forma ionica ad una determinata temperatura. Nel caso di sostanze inorganiche disciolte (soluzioni acquose contenenti acidi, basi o sali dissociati) quindi, vi è una diretta relazione tra conducibilità e concentrazione. Le curve esprimenti la relazione tra conducibilità [S/cm] e concentrazione di una determinata sostanza inorganica disciolta (KCl, NaOH, HCl, HNO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , ecc.), hanno un andamento ascendente-discendente relativamente alla propria concentrazione nella soluzione acquosa, per cui è possibile utilizzare una dei due andamenti per la determinazione della concentrazione, ma non il punto di flesso.
pH	Insieme alla conducibilità, determina la presenza di scarichi tossici, acidi o basici. Insieme al potenziale redox ORP determina lo stato di ossidazione o riduzione della soluzione acquosa. Parametro legato a fenomeni di corrosione.
Torbidità	Determina la concentrazione di solidi sospesi (che riducono la trasparenza) nella soluzione acquosa
Cloro residuo	--
Livello	--
Portata	--

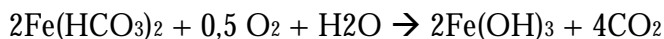
In definitiva, un monitoraggio "consapevole" della qualità (generica) di un pozzo tiene conto di tutti i fattori quantitativi (portata e livello) e qualitativi (pH, rH, conducibilità, temperatura, Ossigeno Disciolto, ecc.) che caratterizzano l'area di lavoro ottimale del pozzo:

$$Q(P) = \varphi (pH, rH, Q, Temperatura, conducibilità, \dots)$$

## Il Problema del Ferro e Manganese

I metalli pesanti ferro e manganese possono ritrovarsi nelle acque naturali. Sia profonde che superficiali. Possono essere presenti come ioni ferrosi o manganosi nelle acque contenenti lo ione bicarbonato e/o solfato, oppure come idrossidi o, infine, come combinazioni organiche (microrganismi che metabolizzano il ferro), queste ultime sempre allo stato colloidale.

Anche in concentrazioni bassissime (<1ppm) il bicarbonato ferroso è in grado di impartire all'acqua un sapore sgradevole e di provocare, per esposizione all'aria, un intorbidimento rossiccio, dovuto alla precipitazione dell'idrossido di ferro.



Il Fe si può eliminare ossidandolo per aerazione e successiva filtrazione del prodotto insolubile, per scambio con particolari tipi di zeoliti o con resine.

L'eliminazione del Mn è un'operazione più problematica e, in genere, richiede l'aumento del potenziale redox rH e del pH.

Il Mn ha comportamento analogo a quello del Fe. Nelle acque profonde è presente come bicarbonato manganoso che all'aria si decompone, si ossida e precipita sotto forma di idrato e



l'acqua da limpida diventa torbida. A differenza di quanto si ha nel caso del Fe, il Mn si ossida più lentamente ed ha pH più alti.

Gli ioni  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Mn}^{2+}$  in ambiente sotterraneo riducente (cioè carente di ossigeno) possono lasciare i loro ossidi ed entrare in soluzione.

I valori limite della presenza nell'acqua di questi due metalli pesanti non hanno un particolare significato igienico, ma evitano il verificarsi di certi disturbi all'acqua.

Il ferro che impartisce un sapore metallico, influisce sul colore dell'acqua, provoca torbidità, forma depositi e favorisce la crescita dei ferrobatteri.

Nelle acque sotterranee la presenza di Fe e Mn in soluzione può essere rilevata dalla presenza di un ambiente riducente (ad es.: acqua bicarbonatica ridotta), ovvero:

- pH: relativamente basso
- Redox (rH): valori decisamente negativi (- 100 mV)
- Conducibilità
- Portata
- (OD: assente)

Un notevole presenza di sostanze ad azione riducente impedisce una veloce evoluzione positiva del valore di redox.

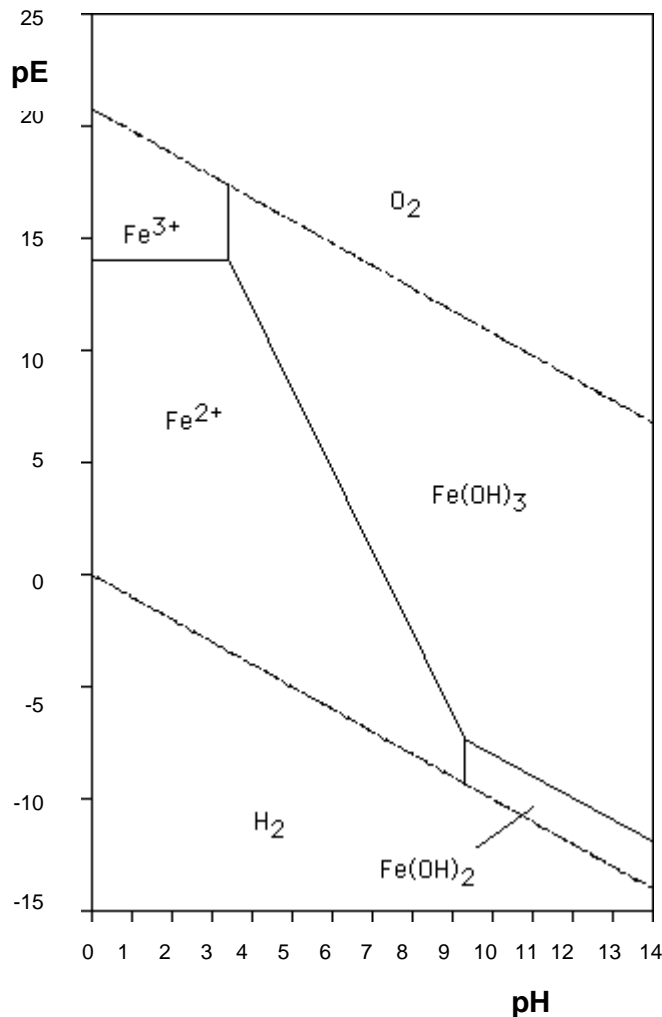


Diagramma dei campi di stabilità dei composti del ferro in soluzione acquosa

Nelle acque sotterranee la presenza di Fe e Mn in soluzione può essere rilevata dalla presenza di un ambiente riducente (ad es.: acqua bicarbonatica ridotta), ovvero:

- pH: relativamente basso
- Redox: valori decisamente negativi (- 100 mV)
- Conducibilità
- Portata
- (OD: assente)

Un notevole presenza di sostanze ad azione riducente impedisce una veloce evoluzione positiva del valore di redox.

Oltre al ferro e manganese, altre sostanze possono essere critiche per la qualità delle acque e per gli impianti stessi, come ad esempio:

- *l'ammoniaca*: la sua presenza è la concausa di proliferazione di microrganismi, di corrosione nelle tubazioni e rende problematica la disinfezione dell'acqua.
- *l'acido solfidrico*: influisce negativamente su sapore ed odore e inibisce i processi depurativi.
- *la sostanze organiche*: conferiscono colorazione all'acqua e rendono problematica la disinfezione con cloro
- *l'ossigeno*: a concentrazioni inferiori a 5 ppm si verificano corrosioni, proliferazione di microrganismi, sapore ed odore sgradevole.

### 3.4 - CASO N. 2: un Monitoraggio "Consapevole" della Rete Idrica

L'attuale non diffusa gestione imprenditoriale e industrializzata del ciclo dell'acqua in Italia, porta ad una gestione dei servizi idrici che risulta essere la più critica tra i servizi pubblici di rete. Fra le molteplici cause vi sono, come è noto: l'obsolescenza delle reti e degli impianti, le perdite idriche, l'utilizzo di fonti idriche contaminate, ecc.

L'obiettivo da raggiungere è quello di sviluppare una efficiente industria dell'acqua, basata sui principi delle tre "e" (in base al DPCM 4/3/96), ovvero dell'*efficienza*, dell'*efficacia* e della *economicità*, garantendo allo stesso tempo il controllo delle tariffe e la tutela degli utenti-clienti.

L'efficienza va intesa come la capacità di garantire la razionale utilizzazione delle risorse idriche e dei corpi idrici ricettori, nonché di ottimizzare l'impiego delle risorse interne, in termini di acqua erogata/Km di rete, acqua erogata/abitanti serviti, Km rete per abitante, % di perdite di rete, consumo energetico specifico sull'acqua addotta [kWh/mc], ecc.

L'efficacia viene definita come la capacità di garantire la qualità del servizio in accordo alla domanda delle popolazioni servite e alle esigenze della tutela ambientale, in termini di qualità dell'acqua erogata/depurata, frequenza delle interruzioni di rifornimento, pressione dell'acqua nelle condotte, disponibilità pronto intervento, stato di attuazione della "Carta dei Servizi", ecc.

L'economicità indica infine, una misura delle redditività della gestione aziendale in termini di costi di esercizio/prodotto ceduto, prezzo del servizio, costi/Km rete, spese/abitante equivalente, spese/mc, ecc.

Il monitoraggio e controllo (in senso ampio) dei servizi acquedottistici di rete non può più essere affrontato con criteri tradizionali, basati sulla conduzione "a vista" o "a sentimento" e su interventi manuali diretti, anche se va ribadita la insopprimibile importanza dell'elemento "uomo".

Una rete idrica è un sistema le cui condizioni rappresentate da parametri di processo (portata, pressione e temperatura), dalle caratteristiche qualitative (pH, redox, conducibilità, ecc.) dell'acqua trasportata, dallo stato degli organi di intercettazione e di sollevamento, sono in continua evoluzione. Le condizioni di esercizio sono pertanto caratterizzate da continue variazioni dei parametri operativi, più o meno rapide: il sistema è quasi sempre in condizioni transitorie di funzionamento.

Un sistema in grado di realizzare il monitoraggio e controllo in tempo reale di una rete idrica è in teoria, quanto mai appropriato: il problema nasce dal fatto che un controllo di questo tipo di impianti (numero elevato di nodi) tendere "naturalmente" all'aumento esponenziale dei dati da gestire.

D'altra parte, il rischio connesso ad una automazione troppo spinta è che gli operatori possano estraniarsi in modo eccessivo dal "funzionamento fisico" del sistema e perda quella sensibilità necessaria nella conduzione degli impianti.

## Il Monitoraggio della Rete Idrica

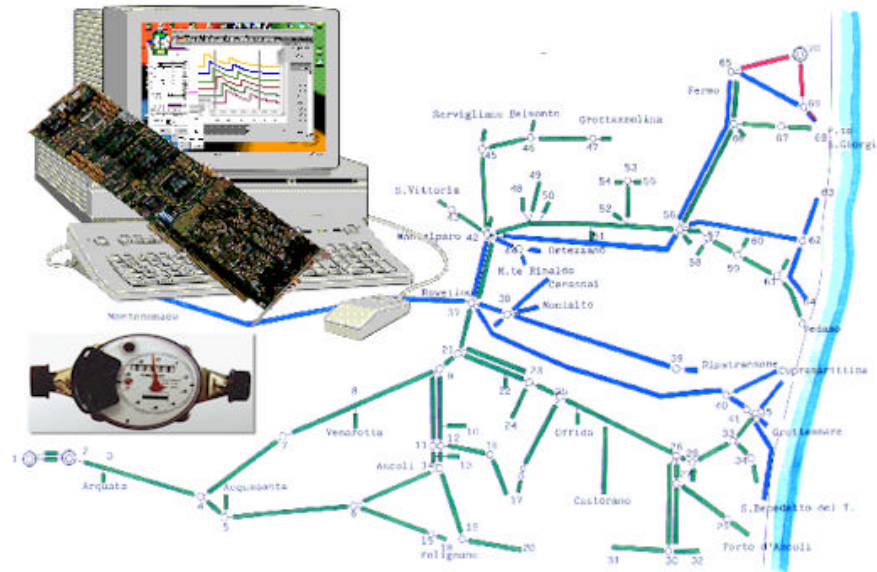
Le funzioni classiche di un sistema di acquisizione dati e di telecontrollo sono in genere le seguenti: l'acquisizione e valutazione dei dati, la presentazione dati su pagine video grafiche-alfanumeriche, tabulati e giornale stazione di controllo, archiviazione, analisi storiche-statistiche, invio comandi e regolazioni manuali.

L'obiettivo finale del monitoraggio è quello di garantire il controllo della quantità e della qualità delle acque destinate al consumo umano (secondo la recente normativa di riferimento), dalla fonte di approvvigionamento fino all'utenza.

L'approccio basato sulla conoscenza ("consapevole") prevede, nel caso di una rete idrica di distribuzione dell'acqua potabile, che si proceda preliminarmente ad una analisi di "sensibilità" della rete, sottoponendola a differenti carichi idrostatici e idrodinamici (situazioni estreme ed intermedie di funzionamento corrispondenti ai possibili casi di alimentazione, distribuzione e consumo di acqua potabile).

Dalla analisi di sensibilità è possibile individuare le zone di funzionamento critico della rete e i nodi che maggiormente hanno dimostrato sensibilità piezometrica alle variazioni di alimentazione imposte alla rete. Questi nodi, nei quali è max  $\Delta$ (idrostatica-idrodinamica), vengono chiamati *Nodi Sensibili*.

Nodi Sensibili	RETE IDRICA
Piezometrica	Min 8 m.c.a. Max 80 m.c.a. $\Delta$ (idrostatica-idrodinamica) = 20 m.c.a.
Temperatura	--
pH	--
ORP	--
Conducibilità	--
Torbidità	--
Portata	Portata minima al nodo $\geq 4$ l/s



L'importanza di questi nodi - che in genere sono una piccolissima parte del totale dei nodi di una rete idrica - risiede nel fatto che essi sono rappresentativi dello stato di funzionamento della intera rete, in quanto è possibile correlare l'escursione piezometrica caratteristica del nodo al funzionamento di una più ampia di sottorete circoscritta.

Pertanto, il monitoraggio dell'intera rete è possibile ricondurlo a poche stazioni di monitoraggio realmente indispensabili, con evidente grande beneficio rispetto al costo finale del sistema di monitoraggio e controllo.

In generale, i *Nodi Sensibili*:

- sono rappresentativi dello stato idrodinamico della intera rete secondo un modello matematico-statistico di simulazione: conseguentemente è possibile risalire indirettamente alla individuazione di eventuali anomalie di funzionamento (prelievi abusivi, o perdite);
- sono rappresentativi rispetto al rischio di inquinamento per infiltrazione nella rete, in quanto nei nodi sensibili possono verificarsi situazioni di funzionamento in depressione o, al contrario, di sovrappressione, con possibili problemi di tenuta delle condotte

In definitiva, un monitoraggio "consapevole" - rispetto sia alla quantità, che alla qualità delle acque - di una rete idrica, deve tener conto di tutti i parametri quantitativi (portata e livello) e qualitativi (pH, rH, conducibilità, temperatura, ossigeno disciolto, ecc.) in gioco:

$$Q(P)\text{nodo sensibile} = \varphi (pH, rH, Q, \text{Temperatura, conducibilità, } \dots)$$

### La Manutenzione Programmata e Predittiva della Rete Idrica

Ragioni di ordine economico e normativo rendono il contenimento delle perdite e l'analisi di affidabilità degli impianti e delle reti idriche indispensabili per migliorare la gestione delle reti di distribuzione idrica.

Le perdite lungo gli acquedotti e nelle reti interne, in condizioni di regolare esercizio dovrebbero non superare valori fisiologici intorno al 10-15%: in realtà esistono zone in Italia in cui le perdite idriche hanno già raggiunto e superato il 40-50%.

Come approccio generale, la riduzione dei costi di esercizio ed il miglioramento del servizio sembrerebbero legati all'applicazione effettiva di un buon programma di manutenzione

programmata delle condotte e delle apparecchiature i servizio, come per qualsiasi altro caso nell'impiantistica industriale.

In realtà, nel caso delle reti di acquedotto il problema non è così scontato, per tutta una serie di motivazioni, che vanno dal fatto che la rete di condutture è interrata e non visibile, al fatto che in genere nella stessa rete vengono utilizzate tubazioni di materiale differente messe in opera in epoche differenti, che non si conosce in genere sufficientemente il tracciato e stratigrafia di tutti i terreni attraversati dalle condotte, che non esiste una banca dati con la registrazione delle rotture e dei lavori di riparazione effettuati nel tempo sulla rete, ecc.

Una metodica di manutenzione proposta da alcuni autorevoli studiosi qualche anno fa, prevedeva - in un progetto sperimentale per la rete idrica di un Comune dell'Italia Centrale - la seguente lista di interventi:

- la raccolta ed elaborazione della documentazione tecnica relativa alla rete idrica;
- la costruzione di una banca dati cartografica e numerica relativa al rilievo della rete;
- la messa a punto di studi idraulici e di modelli matematici di simulazione;
- lo studio e lo sviluppo di un modello di corrosione;
- la realizzazione di un sistema informativo di gestione e pianificazione strategica;
- lo studio per la razionalizzazione della rete ed il controllo delle perdite
- la localizzazione e la mappatura delle perdite
- la realizzazione e l'implementazione di un sistema informativo territoriale (GIS).

Naturalmente, il precedente elenco si ramificava in una serie fitta di attività che qui, per semplicità non vengono riportate.

Non discutendo il rigore che traspare chiaramente dalla metodica suindicata, altrettanto chiara è la percezione dei tempi e dei relativi costi che l'intera lista di interventi richiederebbe, per ciascuna rete idrica esaminata.

E' evidente come oggi la tecnologia e la globalizzazione non lasciano più sufficientemente spazio alla "buona tecnica" da sola. Il paradosso in atto è infatti: *non basta far bene, bisogna fare prima e meglio*.

Il suggerimento proposto è sempre lo stesso: investire sulla "conoscenza" man mano che la si acquisisce in toto, ma usufruendo dei vantaggi (magari parziali) subito e nella prospettiva del "meglio".

L'applicazione di un *Modello di Conoscenza* nel caso della manutenzione di una rete idrica porterebbe alla definizione di un *Indicatore di Criticità* valido per possibile sottorete omogenea cui è possibile suddividere una rete cittadina.

$IC_i = \varphi$  (*materiale, età della condotta, stato di protezione, diametro, lunghezza, portata, traffico, livello della falda, compattezza e aggressività del terreno, andamento delle precipitazioni, ecc.*)

Pertanto, per ogni tratto della rete sarebbe possibile ricostruire (anche passo dopo passo) l'insieme degli stati di rischio di rottura potenziali, attraverso l'utilizzo di tecniche di "fusione" delle informazioni quantitative e qualitative al momento disponibili.

Legando poi il Modello di Conoscenza con la rilevazione in tempo reale dello stato di funzionamento della rete idrica attraverso il monitoraggio dei *nodi sensibili* (gradiente min/max della piezometrica, andamento delle pressioni, delle portate, della temperatura, del redox, ecc), è possibile realizzare un sistema di manutenzione attivo in grado di correlare la potenzialità intrinseca di certi tratti di rete idrica con le effettive condizioni idrostatiche e idrodinamiche di funzionamento e lanciare eventuali Early Warning per allertare e schedare le possibili priorità di intervento.



#### 4. GESTIONE GLOBALE E TRASPARENTE E LA RETE INTERNET

Operare secondo una gestione integrata delle risorse idriche significa tener conto del ciclo completo delle acque, dall'approvvigionamento all'uso, dal rilascio al riutilizzo: in questo caso l'utente si accorge di avere un interlocutore unico (sicuramente conforme alle 3e) rispetto al servizio di acquedotto e a quello di fognatura.

Operare secondo una gestione globale significa andare oltre il concetto di gestione integrata, dove l'utente (o meglio, cliente) diventa attore principale, in grado di verificare e giudicare la qualità del servizio fornitogli, di interloquire (anche telematicamente) con il centro servizi e (non nel caso delle reti idriche, per il momento!) in teoria, di scegliere un'altra Compagnia di servizi, in analogia a quanto già avviene nel settore della telefonia e delle telecomunicazioni in genere, ma non solo.

Quello che si vede oggi all'orizzonte (per esempio nell'ambito della telelettura dei contatori) è ancora troppo distante (almeno in Italia) per sentirsi sufficientemente coinvolti: ma, bisogna sempre ricordarsi che la velocità del cambiamento futuro non sarà più quella del passato, almeno in quest'epoca di transizione "a cavallo" delle tecnologie "da corsa" di Internet.

E' già possibile rilevare i dati di consumo dai contatori in modalità remota con collegamenti telefonici, radio, via linea elettrica o altro: la tecnologia viene indicata con la sigla AMR (automatic Meter Reading) ed è diffusa soprattutto all'estero.

L'evoluzione del sistema potrebbe prevedere anche la telelettura della qualità dell'acqua fornita (alla singola grossa utenza o a gruppi di utenti).

Dal punto di vista dell'utenza, l'utilizzo di strumenti di telelettura - non solo della quantità di acqua erogata, ma anche della qualità della stessa (attraverso un monitoraggio "consapevole") - nonché la diffusione dell'utilizzo di Internet come strumento di comunicazione - anche a livello dei singoli utenti - consentirebbe di sfruttare l'enorme vantaggio di una comunicazione bidirezionale (cliente - fornitore dei servizi idrici), a vantaggio degli uni e degli altri. In particolare, la Compagnia fornitrice del servizio idrico integrato avrebbe un considerevole vantaggio competitivo conseguente al miglioramento dell'immagine verso i clienti e del proprio potenziale, rispetto ad un mercato in espansione e in piena competizione.

---

Anova è una società di servizi innovativi che realizza strumenti informatici per la gestione della conoscenza (*Artificial Intelligence & Knowledge Management*), necessari per lo sviluppo di soluzioni di miglioramento e controllo di processi ambientali, industriali e decisionali, nonché per la formazione degli skill necessari alle risorse umane coinvolte.

La missione ANOVA è la creazione di nuovo valore aggiunto per il miglioramento della competitività delle imprese, attraverso azioni di valorizzazione, di utilizzo e di sviluppo della conoscenza delle risorse umane e dei sistemi informatici di supporto.

ANOVA nasce nel 1997 ed eredita l'esperienza del Consorzio di Ricerca SESPIM, con l'obiettivo di valorizzarne e di utilizzarne il know-how, nonché i risultati raggiunti.

Il Consorzio SESPIM, nato nel 1987 da un gruppo di società di impiantistica (Italimpianti) e di tecnologie informatiche innovative (Alenia - Finmeccanica, PBS/Olivetti), ha realizzato soluzioni nel campo dell'Intelligenza Artificiale, per applicazioni reali nell'ambiente e nell'industria.

Il contributo di professionalità ed esperienza fornita da ogni singola azienda, ha consentito di integrare e consolidare il know-how. Infine, l'esperienza sul campo ha portato a comprendere, interpretare e focalizzare le esigenze degli utilizzatori finali.

José Maria Schoorl: ingegnere gestionale (olandese) - 25 anni - Specializzata in logistica e organizzazione aziendale - attuale *Responsabile della Comunicazione & Organizzazione del Business*.

Giovanni Mappa: ingegnere industriale, 43 anni - Master in R&S e Innovazione - Progettista di sistemi tecnologici e ambientali - Specializzazione in sistemi diagnostici e di controllo basati sulla "Conoscenza" - Membro del Direttivo della Associazione Italiana per l'Intelligenza Artificiale AI\*IA - Membro del CdA del Consorzio ENEA-TERRI - attuale *Direttore Commerciale e Amministratore di ANOVA*.