

# NUOVI STRUMENTI PER LA GESTIONE E MANUTENZIONE INTEGRATA DELLE RETI IDRICHE E FOGNARIE: CARE-W E CARE-S

Vittorio Di Federico\*

\*Dipartimento di Ingegneria delle Strutture, dei Trasporti, delle Acque, del Rilevamento, del Territorio (D.I.S.T.A.R.T.), Università di Bologna, Viale Risorgimento 2, 40126 Bologna

## SOMMARIO

I progetti di ricerca CARE-W e CARE-S, finanziati dal V Programma Quadro U.E., affrontano su scala europea il tema della gestione e manutenzione delle reti idriche urbane (acquedotti e fognature). I criteri usualmente adottati per la loro riabilitazione si ispirano ad un approccio "reattivo", in luogo del più razionale e vantaggioso approccio "proattivo". Scopo dei progetti è la messa a punto di un sistema di supporto decisionale (DSS) per la gestione e manutenzione delle reti di tipo preventivo, tale da riabilitare la condotta (o collettore) giusta, al momento giusto ed utilizzando la tecnica più efficace, prima che si verifichi un disservizio. I sistemi includono una serie di strumenti tecnici atti alla valutazione di indicatori di "performance", alla modellazione idraulica e strutturale, alla previsione della affidabilità e delle fallanze; un database centrale garantisce lo scambio di dati tra gli strumenti e la visualizzazione dei risultati delle analisi. I sistemi consentono l'analisi degli effetti dell'invecchiamento delle reti, dei cedimenti strutturali, delle perdite idriche, dei costi di manutenzione e degli effetti sull'ambiente; la sperimentazione effettuata su CARE-W ha evidenziato il ruolo cruciale della fase di reperimento dati. La disponibilità dei DSS potrà risultare di grande utilità ai gestori nella applicazione della legge Galli.

## 1. INTRODUZIONE

Le reti idriche e fognarie rivestono peculiare importanza tra i sistemi a rete presenti in ambito urbano, sia per la loro notevole estensione che per i molteplici problemi di compatibilità ambientale e di integrazione con la realtà urbana.

E' quindi di notevole interesse, a livello comunitario, il miglioramento delle condizioni operative e gestionali delle reti idriche e fognarie, che attualmente risultano in Europa piuttosto variegate. Per quanto riguarda le reti di distribuzione, in alcune aree geografiche sistemi ben funzionanti rappresentano ancora un obiettivo da raggiungere, mentre altrove l'attenzione è focalizzata su di una gestione efficiente delle reti. Peraltro anche nei Paesi più avanzati l'età delle condotte è piuttosto elevata; di conseguenza, si sta verificando un'accelerazione del ritmo di deterioramento delle condotte; rotture, perdite idriche e lamenti riguardo alla qualità dell'acqua ed all'affidabilità del servizio sono in aumento [1, 2]. Considerazioni simili possono essere svolte per le reti di drenaggio urbano; in molte realtà europee i sistemi di drenaggio urbano appaiono caratterizzati da insufficiente capacità di trasporto, degrado dei componenti e difetti di costruzione, tali da provocare cedimenti strutturali, allagamenti ed inquinamento dei corpi idrici ricettori.

Complessivamente i Paesi dell'Unione Europea spendono annualmente circa cinque miliardi di Euro per la riabilitazione delle reti fognarie e di distribuzione idrica, cifra che tenderà ad aumentare nei prossimi decenni a causa dell'invecchiamento delle reti stesse.

La dimensione economica del problema è aggravata dai costi sociali ed ambientali connessi al funzionamento non ottimale delle reti, nonché agli stessi interventi di riabilitazione (problemi per il traffico stradale, disagi dovuti

all'interruzione dell'erogazione, possibili conseguenze sulla regolarità di altri servizi pubblici).

In Europa, come dimostrato dal rapporto finale del progetto europeo COST C3 "Urban Water Management" [3], la politica di riabilitazione delle reti è tuttora prevalentemente basata su una azione di tipo reattivo: rari sono i piani di riabilitazione a lungo termine, comunque usualmente fondati sulla definizione di un tasso globale di intervento su tutta la rete, basato su criteri di scelta non tecnici; inoltre la scelta della rete su cui intervenire nel breve periodo è spesso dettata da criteri di opportunità o politici.

I progetti di ricerca CARE-W (Computer Aided Rehabilitation of Water Networks) e CARE-S, (Computer Aided Rehabilitation of Sewer networks) entrambi finanziati dalla U.E. nell'ambito del V Programma Quadro, hanno lo scopo di affrontare su scala europea il tema della gestione e manutenzione ottimale rispettivamente delle reti idriche e di quelle di drenaggio urbano. In entrambi i progetti vengono esaminati i problemi connessi all'invecchiamento delle reti, tra cui quelli inerenti ai cedimenti strutturali, con la codifica delle possibili cause e condizioni al contorno, alle insufficienze ed alle perdite, alla qualità dell'acqua, ai costi di manutenzione ed agli effetti sull'ambiente costruito. La filosofia di base è quella di fornire alle aziende di gestione un insieme completo di strumenti finalizzati al miglioramento della gestione delle reti, integrati in un sistema di supporto decisionale che consente di affrontare la gestione della rete con un approccio di tipo preventivo, tale da riabilitare la condotta (o collettore) giusta, al momento giusto ed utilizzando la tecnica più efficace, prima che si verifichi un disservizio, evitando disagi all'utenza e consentendo l'adozione di piani di manutenzione programmata, con le conseguenti ricadute positive di bilancio.



Figura 1. Partner del progetto CARE-S

Ai progetti sopra citati hanno partecipato numerosi partner tra cui università ed istituti di ricerca pubblici e privati, ubicati nei principali Paesi europei (Figura 1); sono state inoltre coinvolte numerose aziende di gestione e municipalizzate (“End-Users”) che, attraverso le loro esperienze applicative, hanno fornito un notevole contributo allo sviluppo del sistema, verificandone il funzionamento attraverso la predisposizione di casi di studio.

Nel seguito, vengono delineati i lineamenti essenziali dei sistemi di supporto decisionale CARE-W e CARE-S; il paragrafo 2 ne descrive la struttura logico-funzionale, i paragrafi 3 e 4 ne illustrano le caratteristiche, mentre il paragrafo 5 ne espone le prospettive di applicazione nel nostro Paese.

## 2. STRUTTURA DEI SISTEMI

Nell’ambito dei sistemi di supporto decisionale CARE-W e CARE-S sono disponibili un insieme di strumenti di analisi e di gestione delle reti idriche o fognarie, capaci di operare sia in modo autonomo, sia in modo integrato all’interno di un’unica struttura denominata Prototipo.

Il Prototipo è un software “ombrello” tramite il quale è possibile svolgere tutte quelle funzioni che garantiscono la gestione organizzativa, lo scambio di dati e la visualizzazione dei risultati delle analisi in modo semplice e facilmente accessibile, presupposti necessari per una pianificazione temporale ed economica degli interventi riabilitativi da effettuare sulla rete. Le funzioni chiave, proprie del prototipo, sono la capacità di importare informazioni riguardo la rete da varie fonti (file GIS in formato shape, file di testo, database preesistenti, ecc.), quella di creare e modificare i file di input necessari al funzionamento degli strumenti di analisi, ed infine la possibilità di visualizzare i dati di ingresso ed i risultati in uscita sia in forma tabellare sia grafica, tramite una finestra GIS. L’interfaccia GIS permette all’utente di selezionare graficamente solo porzioni di una rete, o insiemi di condotte, su cui condurre analisi dettagliate, da confrontare con i risultati ottenuti per altre zone della stessa rete o per altre realtà.

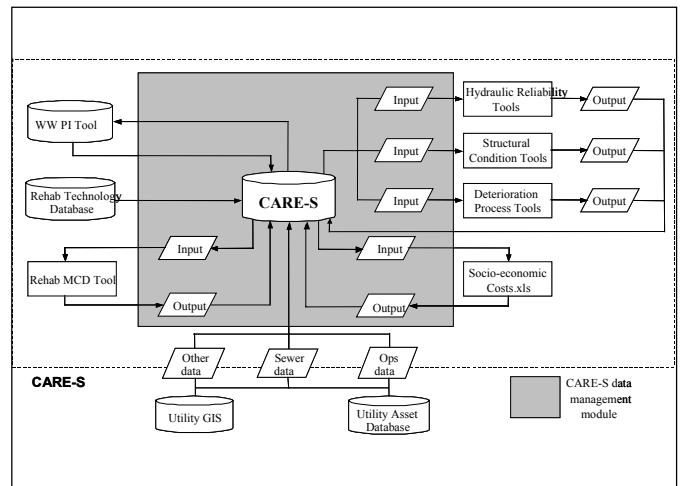


Figura 2. Schema a blocchi del prototipo CARE-S

Il software CARE-W è dotato di un Database centrale dove sono immagazzinate tutte le informazioni necessarie per il funzionamento dei vari modelli; tutti i risultati che derivano dalle elaborazioni svolte progressivamente arricchiscono il database centrale (Figura 2), all’interno del quale esse sono pertanto disponibili come ulteriori dati di input per successive fasi di applicazione degli strumenti.

## 3. IL SISTEMA CARE-W PER LE RETI IDRICHE

Il sistema CARE-W include svariati moduli di analisi e gestione delle reti idriche, tutti amministrati dal Prototipo; essi possono suddividersi nelle seguenti categorie:

- Indicatori di Performance (PI);
- Affidabilità Idraulica;
- Previsione delle fallanze;
- Piano di manutenzione a breve termine;
- Pianificazione strategica.

### 3.1 Indicatori di Performance (PI)

Il modulo fornisce una prima valutazione dello “stato di salute” dell’intera rete oppure di porzioni di essa mediante il calcolo di indicatori sintetici. Gli Indicatori di Performance della rete sono calcolati a partire dalle cosiddette Informazioni di Utilità, che consistono in informazioni di tipo gestionale, fisico, operativo, economico, di qualità del servizio, o relative al personale impiegato. A loro volta, i PI da esse derivati considerano gli aspetti fisici, operativi, economici, di servizio ed ambientali del sistema, offrendo una panoramica completa dello stato di funzionamento e di gestione della rete.

Il software incluso consente il calcolo di 53 Indicatori di Performance relativi alla rete, selezionati a partire da quelli individuati dall’ IWA [4]; il numero di PI realmente calcolati dipende evidentemente dalla quantità e qualità delle informazioni di partenza disponibili.

Le informazioni fornite da questo strumento sono di grande importanza quando si vogliono individuare le zone, appartenenti ad una rete estesa, che hanno caratteristiche di funzionamento inferiori rispetto ad altre, e che quindi necessitano di maggiori e più tempestivi interventi di manutenzione.

E’ possibile inoltre confrontare i Performance Indicator calcolati per diversi intervalli temporali al fine di valutare

l'evoluzione prestazionale del sistema nel tempo. I risultati possono essere visualizzati in forma tabellare all'interno del software specifico, o in forma grafica tramite l'interfaccia GIS del Prototipo.

### 3.2 Previsione delle Fallanze

Lo scopo di tali modelli è quello di calcolare il tasso di fallanza previsto per ogni condotta della rete in esame basandosi su un'analisi statistica delle fallanze osservate in un certo periodo di tempo. Gli strumenti di analisi che possono essere utilizzati a tal scopo sono "PHM" e "Poisson".

I due modelli hanno diversi fondamenti teorici: PHM è basato sulla "Renewal Theory" [5, 6, 7], mentre lo strumento denominato "Poisson" si fonda sul metodo della regressione di Poisson [8, 9].

Le informazioni richieste per effettuare l'analisi sono di due tipi: un elenco degli eventi di fallanza, completo di identificativo di condotta, data dell'evento e sua tipologia, e la descrizione della rete con identificativo di condotta, lunghezza, diametro, materiale, anno e profondità di posa, nonché informazioni aggiuntive, da inserire se disponibili (ad es. la natura del terreno).

I file di output dello strumento di analisi forniscono il tasso di fallanza per ogni condotta riferito all'intervallo di tempo prescelto; ad esempio, nella Tabella 1 sono riportati i tassi futuri relativi alla rete di Massafiscaglia (Ferrara), ottenuti prendendo in considerazione un arco temporale di dieci anni.

Tabella 1. Tassi di fallanza (PHM), Massafiscaglia (FE)

ID ramo	D (mm)	L (m)	Tasso (ev./anno/km)
3706	125	99,60	0,1918
3637	100	60,90	0,5911
3738	150	86,50	0,1179
3707	125	64,50	0,2124
3673	150	99,20	0,1472
3638	80	53,30	1,1445
3772	50	74,40	0,3804
3739	150	14,10	0,8298
3721	300	25,40	0,4409
3708	125	52,70	0,1499
3691	125	222,10	0,1027

Le informazioni così fornite sono utili per prevedere le condotte che presentano un rischio di rottura più elevato nell'immediato futuro; allo stesso tempo, esse possono essere riutilizzate come input nella valutazione dei Performance Indicators dell'intera rete o di porzioni di essa, nonché come uno dei criteri più significativi per la redazione del piano degli interventi a breve termine.

### 3.3 Affidabilità Idraulica

Scopo degli strumenti contenuti nel modulo è il calcolo dell'indice di criticità idraulica (HCI) per ogni ramo della rete; esso è un valore reale compreso tra 0 e 1, ed esprime la capacità di soddisfare la richiesta di portata da parte delle utenze nelle reali condizioni di pressione in rete; per ogni ramo, a valori di HCI prossimi all'unità corrisponde una maggiore criticità per il buon funzionamento della distribuzione idrica, che rientra tra i criteri esaminati nella redazione del piano degli interventi a breve termine.

Gli strumenti di analisi che possono essere utilizzati a tale scopo, e che differiscono per alcune delle ipotesi adottate, sono AQUAREL, RELNET e F-RELIAB. Le informazioni richieste per effettuare l'analisi sono la topologia della rete, la domanda ai nodi, il tempo medio di riparazione (MTTR) e, in un caso, il tasso di fallanza delle condotte.

Nella Tabella 2 è riportato un esempio dei risultati dell'analisi di affidabilità, ottenuti utilizzando AQUAREL.

Tabella 2. Indice di criticità idraulica, Mezzogoro (FE)

ID ramo	HCI
1	0,71
2	0,63
3	0,50
4	0,40
5	0,35
6	0,34

### 3.4 Piano di Manutenzione a Breve Termine

Lo strumento denominato ARP (Annual Rehabilitation Planning) costituisce il cuore del sistema di supporto decisionale, in quanto consente di redigere un piano di riabilitazione della rete a breve termine (1-3 anni). Lo strumento fornisce infatti, a partire dai risultati forniti applicando alla rete gli strumenti di analisi precedentemente descritti, l'ordine di priorità con cui è necessario pianificare gli interventi di sostituzione delle condotte. Per pervenire a tale risultato, vengono applicati metodi multicriterio che consentono l'elaborazione delle informazioni disponibili in modo flessibile (selezionando i criteri di valutazione da adottare) e con diversi livelli di dettaglio: ad esempio, in presenza di informazioni appropriate, è possibile considerare anche il coordinamento con interventi di manutenzione di altri servizi (per esempio strade, gas, ecc.) al fine di selezionare le condotte da riabilitare non solo nell'ottica del miglioramento dell'efficienza della rete, ma anche nel funzionamento dell'intera infrastruttura municipale.

La Tabella 3 riporta un esempio dell'ordine di priorità delle condotte a Copparo (FE), ottenuto utilizzando ARP [10].

Tabella 3. Priorità condotte, Copparo (FE)

Pos.	Ind. condotta	Zona	L (m)	D (mm)	Mat.	Anno posa
1	a99	Copparo Est	1.135	80	cam	1970
2	a98	Copparo Est	230	63	pe	1980
3	a83	Copparo Est	440	90	gh	1930
4	a92	Copparo Est	230	90	gh	1930
5	a91	Copparo Est	185	40	cam	1950
6	a87	Copparo Est	220	60	fe	1950
7	a82	Copparo Est	105	90	gh	1930
8	a81	Copparo Est	210	200	gh	1930
9	a80	Copparo Est	95	70	gh	1930
10	a79	Copparo Est	390	200	gh	1930
11	a7	Ambrogio Ovest	765	50	cam	1960
12	a56	Coccanile Nord	610	50	cam	1970
13	a55	Coccanile Nord	715	50	pe	1980
14	a52	Ambrogio	350	50	pe	1980
15	a34	Ambrogio	995	50	cam	1970
16	a129	Copparo Est	100	80	cam	1970

Al pacchetto ARP è associato uno strumento per l'analisi costi-benefici, con lo scopo di calcolare e di confrontare i costi di varie tecniche di riabilitazione; il risultato finale è la tecnica più conveniente per riabilitare ciascuna condotta, l'anno e il costo dell'operazione.

### 3.5 Pianificazione Strategica

Nell'ambito di tale modulo sono disponibili tre strumenti, utilizzabili in sequenza, atti a pianificare gli interventi a lungo termine tenendo conto dei costi, per poi individuare la strategia di intervento migliore sulla base di alcuni fattori e di alcuni pesi scelti dall'utente. L'orizzonte temporale è compreso tra i 5 e 50 anni, ed i dati di ingresso necessari rivestono carattere aggregato e non puntuale.

Il primo strumento ("Scenario Writer"), consente la valutazione dell'andamento temporale di alcuni fattori chiave per l'evoluzione temporale della rete, quali aumento della popolazione, consumo idrico, ed altri. Le relazioni che legano tali fattori sono contenute in adeguate matrici di interazione modificabili dall'utente.

Il secondo strumento ("Long Term Planning"), ha lo scopo di guidare l'utente verso la scelta della migliore strategia di riabilitazione nel lungo periodo. Vengono inseriti dall'utente come input i tassi di rottura per materiale e dati relativi all'anno di posa, al materiale, alla lunghezza di ciascuna condotta. Definendo poi le curve di invecchiamento caratteristiche di ogni materiale, è possibile mettere a confronto varie strategie di riabilitazione nel lungo periodo, per individuare quella più economicamente vantaggiosa.

Infine il terzo strumento ("Rehabilitation Strategy Evaluator") permette il confronto di diverse strategie di riabilitazione in base a criteri multipli.

La Figura 3 riguarda un esempio di applicazione del secondo strumento, relativo alla scelta di sostituire le condotte di cemento amianto e ghisa con condotte in PVC in quantità fissata a seconda dell'attesa di vita del materiale da sostituire; la Figura illustra l'andamento futuro delle lunghezze dei materiali costituenti la rete. La Figura 4 mostra l'andamento dei relativi costi di investimento, derivati a partire dai costi chilometrici dei materiali, dai costi delle riparazioni, e dal tasso di interesse; nella Figura compaiono tre curve, relative a diverse ipotesi sulla vita media delle condotte.

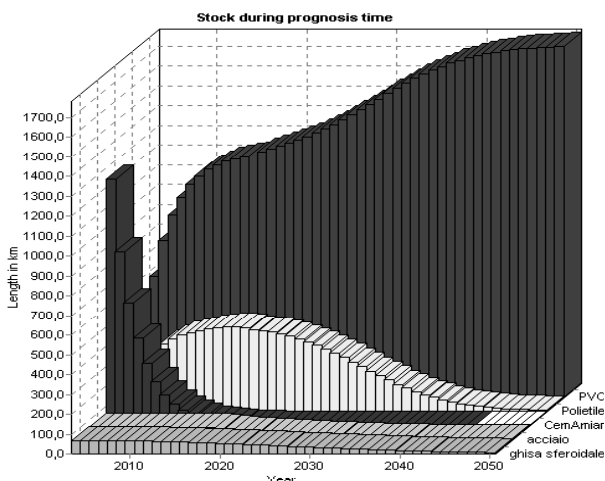


Figura 3. Lunghezza condotte per classi di materiale

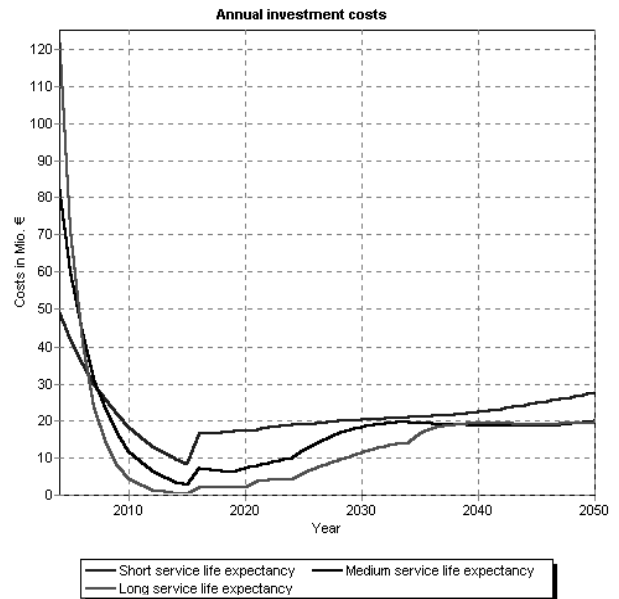


Figura 4. Costi di investimento annuali

### 3.6 Sperimentazione di CARE-W

La fase di sperimentazione del Prototipo e degli strumenti di analisi, tuttora in corso, interessa ed ha interessato reti di distribuzione idrica, o porzioni di esse, sia italiane che estere. Tra le prime vi sono quelle gestite dal C.A.D.F. (Codigoro), A.C.O.S.E.A. (Ferrara), A.G.A.C. (Reggio Emilia), Polesine Acque (Rovigo), mentre sono in programma applicazioni alla rete di Bologna gestita da HERA ed a quella di Firenze gestita da ProAcqua. Tra le reti di Paesi esteri oggetto di analisi, si segnalano quelle di Trondheim e Stavanger (Norvegia), Lione (Francia), Bristol (Regno Unito), Stoccarda (Germania), Amadora/Oeiras (Portogallo).

I risultati più significativi della sperimentazione (per ulteriori dettagli si veda [11]) possono essere riassunti come segue:

- cruciale è il problema del reperimento delle informazioni: infatti i dati necessari al funzionamento dei modelli sono molteplici e comprendono informazioni sulla topologia della rete, sulla lunghezza e il materiale delle condotte, l'anno di posa, il tasso di rottura, la richiesta di portata al nodo, non sempre disponibili in forma completa o su supporto elettronico; qualora tali informazioni debbano essere desunte da supporto cartaceo, i tempi per la preparazione dei dati di input si dilatano notevolmente;
- mediamente il reperimento e la preparazione dei dati assorbe circa il 75-80% del monte ore complessivo relativo alla applicazione integrale del sistema ad una rete di distribuzione;
- il numero di PI usualmente calcolabili oscilla tra 10 e 20 (sui 53 previsti), che includono però quelli maggiormente significativi (percentuale di riabilitazione, tassi di fallanza);
- la applicazione degli strumenti per la previsione delle fallanze è usualmente agevole, anche se i dati di partenza sono spesso disponibili solo in formato cartaceo, sotto forma di schede non facilmente consultabili e di dubbia attendibilità;

- l'analisi di affidabilità presuppone la simulazione idraulica dettagliata della rete, che può risultare ardua nel caso di reti fortemente interconnesse per indeterminatezza delle condizioni al contorno; una ulteriore difficoltà è rappresentata dalla ricostruzione della domanda ai nodi, per la quale è necessario ricorrere sia all'esame dello stradario sia ad informazioni di tipo amministrativo (elenco delle utenze e dei relativi consumi fatturati) che, anche per gestori ad elevata informatizzazione, possono risultare non integrate nel sistema informativo aziendale;
- una gestione ottimale della rete, caratterizzata da un approccio di tipo preventivo, minimizza anche il problema delle perdite idriche legato all'usura e all'invecchiamento delle condotte, effettuando e concentrando le risorse finanziarie sugli interventi prioritari necessari a garantire un buon funzionamento del servizio di distribuzione idrica.

#### 4. IL SISTEMA CARE-S PER LE RETI FOGNARIE

Il sistema CARE-S, non ancora ultimato, presenta notevoli analogie strutturali con CARE-W, da cui si differenzia per la maggiore attenzione prestata agli aspetti ambientali e sociali, in ragione delle significative interazioni dei sistemi di drenaggio urbano con l'ambiente e la società. I moduli di analisi e gestione delle reti fognarie, tutti amministrati dal Prototipo, possono suddividersi come segue:

- Indicatori di Performance (PI);
- Condizioni strutturali dei collettori;
- Funzionamento idraulico della rete fognaria;
- Sistema informativo delle tecniche di riabilitazione;
- Impatto socio-economico della riabilitazione;
- Sistema di Supporto Decisionale per la riabilitazione.

##### 4.1 Indicatori di Performance (PI)

Il software incluso consente il calcolo di 41 indicatori, suddivisi nei seguenti gruppi funzionali: caratteristiche operative, caratteristiche fisiche, caratteristiche ambientali, qualità del servizio offerto, parametri economico- finanziari; in analogia a quanto visto per CARE-W, lo studio dei PI fornisce una serie di informazioni molto utili per individuare le zone della rete che richiedono una maggiore e più tempestiva attenzione, e su cui devono essere concentrate le risorse disponibili. L'analisi dei PI costituisce quindi un mezzo di controllo della gestione del servizio, sia per l'ente gestore, sia per un eventuale organo di controllo esterno. I PI devono essere considerati anche come una fonte di informazioni sul funzionamento della rete per permettere il confronto qualitativo e quantitativo del livello del servizio, sia tra zone diverse di una stessa rete, sia per confrontare il livello dei PI per una stessa rete in anni diversi.

##### 4.2 Condizioni Strutturali dei Collettori

Gli strumenti di analisi inclusi nel modulo consentono sia la classificazione e la verifica delle condizioni strutturali della rete fognaria (il cui deterioramento è frequentemente causa dell'ostruzione o del collasso dei collettori), sia la previsione del suo tempo di vita utile. Il primo strumento consente, sulla base dei risultati raccolti tramite video ispezioni (CCTV), di inserire un collettore o una porzione di rete all'interno di una classe di deterioramento, definita alla luce delle norme tecniche comunitarie prEN13508-1-2/2001. Successivamente,

sono disponibili diversi modelli di tipo probabilistico, che valutano la probabilità nel tempo che un collettore transiti da una classe di deterioramento alla successiva, e forniscono quindi una previsione dell'anno in cui un tratto di rete entrerà nella classe di "condizione strutturale critica", per potere poi determinare la data dell'ispezione successiva o le misure di riabilitazione da adottare.

##### 4.3 Funzionamento Idraulico della Rete Fognaria

L'insieme degli strumenti inclusi nel modulo ha il ruolo di valutare come il deterioramento dei collettori fognari induca modifiche nella capacità di convogliamento degli stessi, nel funzionamento degli impianti di trattamento dei reflui e nei corpi idrici ricettori superficiali e sotterranei. Per quanto riguarda la fase di modellazione idraulica propriamente detta della rete, essa viene effettuata esternamente al Prototipo mediante uno dei principali modelli commerciali di simulazione, di cui è assicurata la compatibilità completa con il Prototipo mediante l'esecuzione di opportuni post-processori. L'effetto idrodinamico dei diversi fenomeni di deterioramento di tipo fisico (collassi strutturali, ostruzioni/ostacoli, cedimenti, sedimenti) e fisico - biologico (crescita di radici), codificati secondo la E.U. 13508, è introdotto nei modelli di simulazione mediante relazioni che legano i coefficienti idraulici di perdita ai parametri descrittivi dei singoli processi di deterioramento nella condotta. Tali relazioni sono desunte, per ogni fenomeno, dalla modellazione numerica tridimensionale della idrodinamica di una condotta fittizia; i parametri numerici di ogni equazione sono calcolati con dati di campo raccolti secondo la metodologia indicata nella E.U. 13508-2 [12].

L'interazione della rete con l'ambiente (impianti di trattamento, scaricatori, corpi idrici superficiali, falde) è modellata in modo parametrico (operazione tuttora in corso) al fine di fornire all'utilizzatore del sistema di supporto decisionale indicazioni sulla compatibilità ambientale degli interventi riabilitativi individuati.

Infine il modello di affidabilità, tuttora in fase di sviluppo, mira alla definizione di Mappe di Probabilità Idrauliche e Ambientali. La rete, utilizzando l'interfaccia grafica G.I.S., è rappresentata evidenziando, a livello di singola condotta, i componenti del sistema più critici dal punto di vista idraulico (per i frequenti fenomeni di allagamento) e ambientale (per l'entità dei volumi sversati o per la frequenza degli sversamenti stessi).

Le Mappe riassumono i risultati degli strumenti di simulazione idraulica, fornendo al modulo socio-economico ed al sistema di supporto decisionale le informazioni necessarie a delineare un possibile piano di intervento nelle aree della rete più critiche dal punto di vista idraulico e ambientale.

##### 4.4 Sistema Informativo delle Tecniche di Riabilitazione

Il sistema informativo incluso nel Prototipo è relativo alle tecniche attualmente adottate per la riparazione e di sostituzione dei collettori fognari e dei relativi allacciamenti, ed elenca, per ogni tecnologia, vantaggi, svantaggi e costi di riabilitazione. Il database interagisce con il sistema di supporto decisionale per la riabilitazione, in quanto la scelta della tecnica di riabilitazione più indicata dipende dal tipo di problema riscontrato, dalle condizioni locali, e dalle dimensioni delle condotte.

#### 4.5 Impatto Socio-Economico della Riabilitazione

La stima dei costi sociali ed economici di specifiche tecniche di riabilitazione, a seconda delle diverse realtà locali, costituisce un'informazione di grande utilità per lo strumento di supporto decisionale. Viene quindi fornita all'utente una procedura per valutare il rischio economico, sociale ed ambientale del malfunzionamento della rete drenante, che, a propria volta, interagisce con il sistema di supporto decisionale indirizzando lo stesso verso scelte riabilitative socialmente ed economicamente compatibili.

#### 4.6 Sistema di Supporto Decisionale per la Riabilitazione

Lo strumento denominato "Sewer rehabilitation manager" ha il ruolo di integrare, in termini di rapporto costi – benefici, i risultati delle analisi effettuate dai moduli precedentemente descritti, fornendo un piano di interventi da sviluppare nell'arco della vita utile della rete, piano che possa essere aggiornato nel tempo sulla base dell'evoluzione reale del sistema.

Il sistema si articola su tre livelli, con orizzonti crescenti in termini spaziali e temporali. A livello di dettaglio, gli strumenti supportano la scelta della tecnica di riabilitazione più indicata sotto particolari caratteristiche locali, la quale, evidentemente, non sempre coincide con la tecnica che comporta il costo minore. Al secondo livello, di redazione del programma di riabilitazione annuale, la selezione dei progetti (insieme di interventi) più significativi dal punto di vista dei costi viene sottoposta ad un processo di verifica della priorità. Infine, per la redazione di un programma a medio termine, viene operata una esplorazione sistematica delle diverse alternative con il supporto di uno strumento per la previsione delle conseguenze nel lungo periodo.

### 5. PROSPETTIVE DI APPLICAZIONE IN ITALIA

I risultati conseguibili, mediante l'applicazione degli strumenti descritti, in termini di miglioramento gestionale delle reti idriche e fognarie sono in linea con le indicazioni contenute nella Legge 5 Gennaio 1994 n. 36 di riorganizzazione dei servizi idrici, detta anche "Legge Galli".

Essa prevede l'organizzazione di "servizi idrici integrati", e quindi l'unificazione dei servizi di captazione, adduzione, distribuzione delle acque ad usi civili e di collettamento e depurazione delle acque reflue; la suddivisione in "ambiti territoriali ottimali" (A.T.O.), definiti sotto l'aspetto tecnico e della gestione rispettando le caratteristiche fisico-idrografiche dei bacini esistenti; l'introduzione di criteri di gestione industriali, separando, tramite affidamento in concessione, il soggetto titolare dei servizi (l'insieme dei Comuni associati all'interno dell'ambito territoriale ottimale) ed il soggetto gestore.

La Legge prescrive inoltre il raggiungimento dell'equilibrio economico e finanziario della gestione ed auspica la creazione di un sistema informativo, atto a definire i parametri tecnici, finanziari e di qualità in modo da rendere comparabili i risultati raggiunti dalle diverse aziende ed il rispetto di standard di riferimento.

E' evidente come la disponibilità del Sistema di Supporto Decisionale fornito da CARE-W e CARE-S potrà risultare di grande utilità ai gestori per una applicazione più estensiva della legge Galli a undici anni dalla sua approvazione.

Inoltre, gli strumenti forniti nel manuale per la pratica ingegneristica di entrambi i progetti costituiscono un ottimo riferimento per le attività gestionali.

### RICONOSCIMENTI

Gli strumenti CARE-W e CARE-S sono stati sviluppati all'interno degli omonimi progetti di ricerca finanziati dalla U.E. nell'ambito del V programma Quadro, rispettivamente con i contratti EVK1-CT-2000-00053 ed EVK1-CT-2001-00167; essi sono inoltre membri del CityNet Cluster. Ulteriori informazioni sono disponibili presso i siti <http://care-w.unife.it> e <http://care-s.unife.it>.

### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. A. Bizzarri, I. Di Federico, V. Di Federico, e S. Mazzacane, Affidabilità delle reti di distribuzione idrica urbana, Franco Angeli Editore, Milano, 2000.
2. V. Di Federico, C. Grelli, M. Schiatti, A. Bizzarri, I. Di Federico, S. Mazzacane, e G. Bizzarri, Pipe break data analysis in Emilia-Romagna, Italy: a first step towards effective management of water distribution networks. In RISK Analysis II, Proceedings of Second International Conference on Computer Simulation in Risk Analysis and Hazard Mitigation, WIT Press, Southampton, 2000.
3. European Commission: Directorate General for Research, Diagnosis of urban water supply and wastewater infrastructure, Proceedings from COST C3 end of action workshop, Brussels, May 2000.
4. E. Alegre, W. Hirner, J. M. Baptista, and R. Parena, Performance indicators for water supply services, Manual of Best Practice Series, IWA Publishing, London, 2000.
5. P. Eisebeis, Modelisation statistique de la prevision des defaillances sur les conduites d'eau potable, These, Spécialité Sciences de l'eau, Université Louis Pasteur, Strasbourg, France, 1994.
6. D. R. Cox and V. Isham, Point Processes, Chapman and Hall, London, 1980.
7. J. D. Kalbfleisch and R.L. Prentice, The statistical analysis of failure time data, John Wiley & Sons, London, 1980.
8. J. Malandain, Modelisation de l'etat de santé de reseaux de distribution d'eau pour l'organisation de la maintenance. Etude du patrimoine de l'agglomeration de Lyon, These de doctorat, Lyon, 1999.
9. S. Selvin, Practical Biostatistical Methods, Duxbury Press, 1995.
10. V. Di Federico, P. Vispi, S. Cintoli, e S. Mazzacane, Metodi di supporto decisionale per la gestione delle reti di distribuzione idrica, Atti del XXVIII Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Potenza, vol. I, pp. 37-44, 2002.
11. V. Di Federico, M. Pacchioli, D. Nascetti, CARE-W: sistema di supporto decisionale per la gestione e manutenzione integrata delle reti acquedottistiche, Atti del XXIX Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Trento, vol. 3, pp. 207-214, 2004.
12. Pollert, J., R. Ugarelli, S. Saegrov, W. Schilling, and V. Di Federico, The hydraulic capacity of deteriorating sewer systems, Proceedings of 4th IWA World Water Congress, Marrakesh, p. 236, 2004.