

# Aspetti economici nelle strategie di gestione delle perdite idriche

N. Bazzurro\* e M.R. Mazzola\*\*

## 1.1 Introduzione e cenni storici

L'obiettivo logico di ogni gestore efficiente è quello di eliminare completamente le perdite della rete di distribuzione, in quanto queste si associano ad incrementi di costi per la produzione e la distribuzione delle risorse, in termini di sovradimensionamento dei serbatoi, degli impianti di trattamento e delle tubazioni della rete. Tuttavia la completa eliminazione è impossibile, e in realtà va individuato il livello di perdite che si può tollerare e controllare.

La definizione teorica dei livelli economici delle perdite idriche non è nuova. Già Parry nel 1881 discusse i costi e i benefici di una strategia di riduzione degli sprechi con ispezioni, uso di materiali e infrastrutture di buona qualità evidenziando i primi risultati della misurazione delle perdite ottenuti nella città di Liverpool. In quel tempo in vaste zone di Londra l'approvvigionamento idrico era «imperfetto e intermittente» e la priorità del gestore era garantire la continuità del servizio. Anni dopo, nel 1957, Gledhill studiò gli aspetti economici legati alla ricerca perdite ed elaborò alcune delle teorie ancora oggi in uso.

Nel 1980 il Report 26 (Technical Group on Waste of Water) metteva a confronto il rapporto costi/benefici delle diverse forme di controllo delle perdite: il controllo passivo, le ispezioni regolari, la misurazione degli sprechi. Il Report 26 recitava: «È chiaramente antieconomico fare in modo che non vi siano perdite lungo le reti e presso i serbatoi. È altresì chiaro che esiste un limite economico di perdite idriche che dovrebbe essere tollerato».

---

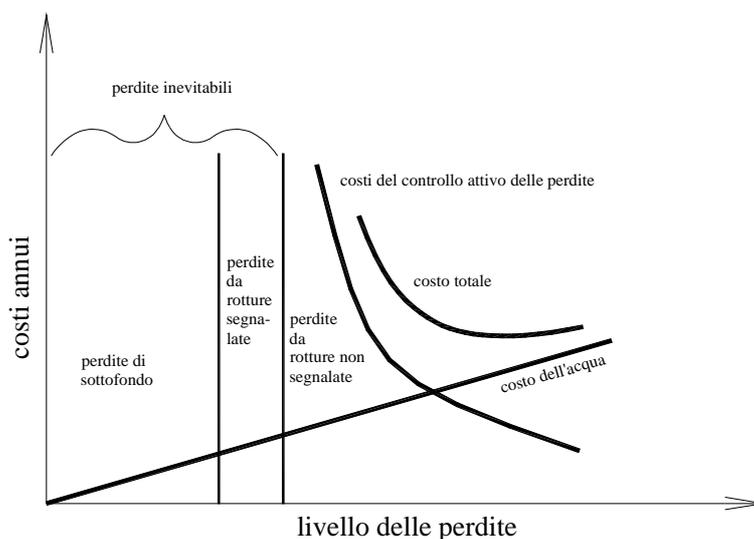
\* Iride Acqua Gas SpA, Genova.

\*\* Dipartimento di Ingegneria Idraulica ed Applicazioni Ambientali, Università di Palermo.

Nel 1988 Shore propose un metodo di definizione degli obiettivi basato sul calcolo dei costi ottimali.

Nel 1994, a cura del WSA/WCA Engineering and Operation Committee, fu pubblicato il *Managing Leakage – Report C* che definiva il livello economico di perdite, come verrà chiarito nel paragrafo 1.3, come «quel livello di perdite per il quale il costo marginale per il controllo attivo delle perdite è pari al costo marginale dell'acqua persa».

È importante evidenziare come tutti gli approcci seguiti siano simili. In Fig. 1.1 è rappresentata la relazione generale esistente tra la spesa per interventi finalizzati alla gestione delle perdite e i costi di produzione unitari dell'acqua in funzione del livello delle perdite. In ogni caso i diversi autori sono concordi nel ritenere che una efficiente strategia di gestione delle perdite idriche si debba basare sulla raccolta di un numero di dati sufficienti a definire questa relazione per ogni zona di approvvigionamento o distretto del sistema di distribuzione.



**Fig. 1.1** Costi totali connessi ai livelli di perdita idrica (Farley e Trow, 2003)

In questo contesto gestire praticamente la problematica delle perdite si riconduce allo sviluppo di strategie e pratiche di gestione appropriate, definendo target economicamente sostenibili in termini di livello di perdite di riferimento fissato dal gestore che deve essere nel tempo monitorato e mantenuto.

L'attività di controllo delle perdite interagisce in maniera articolata con le diverse strutture operative di un'azienda idrica: gli addetti specializzati nel settore sono interessati all'ottimizzazione della metodologia, i gestori della rete ai benefici indotti dalla gestione della pressione, dalla distrettualizzazio-

ne e dalle misure che si rendono disponibili, mentre gli addetti alla gestione delle fonti di approvvigionamento sono interessati alle implicazioni sul bilancio idrico per pianificare le azioni finalizzate a soddisfare la domanda idrica.

## **1.2 Interventi di gestione delle perdite idriche**

In alternativa ad importanti e costosi adeguamenti delle infrastrutture acquedottistiche, la gestione delle perdite idriche rappresenta una metodologia per ridurre il divario potenziale tra i futuri fabbisogni idrici in un'area e la disponibilità di risorsa idrica al fine di diminuire il rischio di disservizi e periodi di carenza idrica.

L'elemento più importante nella strategia di controllo delle perdite è l'identificazione del livello di perdite che il gestore si pone come obiettivo da raggiungere, unitamente all'individuazione delle metodologie per mantenere questo valore nel medio-lungo termine.

Il confronto degli aspetti economici connessi alle due modalità di intervento evidenzia differenze relative alla possibilità di fruire di importanti economie di scala. Ad esempio, nella costruzione di un nuovo impianto di trattamento si possano cogliere economie di scala associate al dimensionamento dell'impianto in quanto all'aumentare della taglia dell'impianto il costo unitario tende a ridursi. Ciò perché esistono alcuni oneri (ad esempio la progettazione, l'acquisto del terreno ecc.) che dipendono molto meno rispetto ad altri dalla capacità dell'impianto.

Viceversa, la gestione delle perdite idriche volta alla riduzione delle stesse ha importanti implicazioni economiche per le quali ci sono meno possibilità di ottenere economie di scala: in particolare si è visto come ogni azione finalizzata alla riduzione delle perdite sia governata dalla legge dei rendimenti decrescenti sulla base dei quali più azioni si perseguono, minore è l'impatto in termini di risparmio idrico.

Il controllo delle perdite idriche può essere perseguito programmando e attuando molteplici interventi (Fig. 1.2), quali:

- il controllo attivo delle perdite;
- la gestione delle pressioni di esercizio;
- la velocità e qualità delle riparazioni delle perdite;
- la gestione delle infrastrutture, cioè la distrettualizzazione e il rinnovo delle reti.

Tali interventi, descritti sinteticamente in questo paragrafo, hanno costi ed efficacia diversi che occorre valutare attentamente al fine di poter effettuare scelte operative economicamente convenienti.

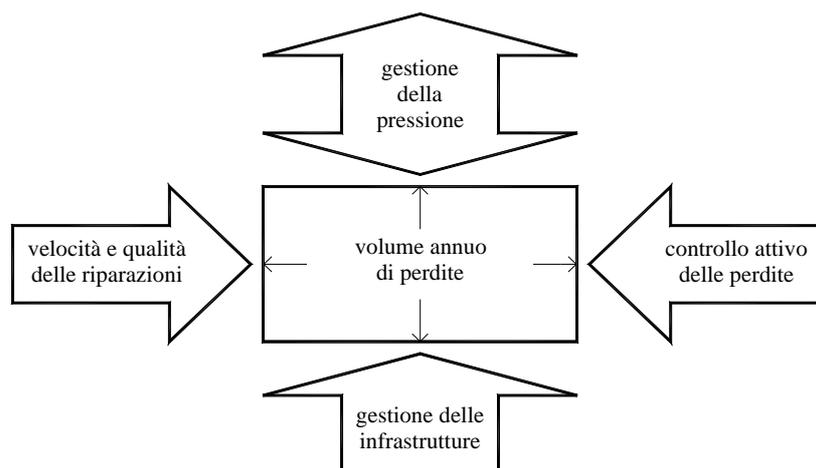


Fig. 1.2 Modalità di gestione delle perdite idriche (Farley e Trow, 2003)

### 1.2.1 Controllo attivo delle perdite

Quando si intraprendono attività di ricerca perdite e riparazioni delle reti è di solito relativamente facile all'inizio individuare le perdite, anche perché in alcune circostanze può essere presente un "arretrato" da smaltire dovuto a investimenti modesti negli anni pregressi. Tuttavia è importante evidenziare che, dopo aver individuato e riparato queste perdite più evidenti, per individuare le perdite residue, occorre un impegno sempre maggiore, a parità di riduzione percentuale delle perdite (Fig. 1.1).

### 1.2.2 Gestione della pressione

Si tratta di interventi – come ad esempio l'installazione di una valvola per ridurre la pressione su un ramo della condotta di adduzione che serve tutta la città – che hanno un impatto significativo sulle pressioni medie di esercizio, sui volumi di acqua persa e sul numero delle perdite localizzabili. Dopo aver completato questo intervento, il passo successivo in generale è quello di installare valvole di riduzione della pressione in aree distrettualizzate, che controllano la pressione di esercizio al variare dell'ora nella giornata o in funzione della portata richiesta dall'utenza servita. In alcuni casi sono state installate valvole di riduzione della pressione anche per distretti con un numero di utenze minori di 200, ma con ridotta efficacia del provvedimento.

### 1.2.3 Distrettualizzazione delle reti

In una prima fase, la distrettualizzazione è normalmente attuata nelle aree che possono essere monitorate senza prevedere l'installazione di nuova strumen-

tazione. Le aree possono essere definite usando interruzioni naturali della rete, prendendo come limite di area gli assi delle strade principali, fiumi o canali. L'obiettivo è quello di alimentare i distretti da un ingresso dotato di un solo misuratore per il monitoraggio del deflusso minimo notturno. Tale configurazione permette di ridurre il numero delle valvole che devono essere chiuse per discretizzare e isolare l'area oggetto di studio.

Aumentando il numero totale delle utenze contenuto nei distretti, si giunge a un punto in cui un incremento ulteriore delle utenze comporterebbe un costo unitario per utente servito economicamente non giustificabile. Tali maggiori oneri possono essere dovuti a necessità di installare un numero maggiore di valvole di sezionamento, di prevedere due o più misuratori nell'area, di mettere in opera nuovi tratti di collegamento alla condotta di adduzione.

L'esperienza gestionale evidenzia come, basandosi esclusivamente sulle infrastrutture esistenti, sia possibile creare distretti di misura comprendenti un numero di utenze totali comprese tra il 50% e il 70% delle utenze totali servite dalla rete di approvvigionamento, mentre un ulteriore 10÷30% delle utenze può essere distrettualizzato con pochi interventi infrastrutturali. Non risulta conveniente comprendere nei distretti di misura la quota residua del 5÷15% delle utenze, con percentuali dipendenti dalla densità di allacci.

#### **1.2.4 Rinnovo della rete**

La sostituzione delle condotte vecchie dovrebbe avere l'effetto di ridurre le perdite. Tuttavia, come sarà meglio precisato in seguito, il regime di maggiori pressioni che si viene ad instaurare nelle rete in genere induce un effetto contrario sul livello di perdite che tende a bilanciare o ad annullare gli effetti positivi della sostituzione. Inoltre la maggior parte delle perdite si verifica sulle prese di utenza e, a meno che il rinnovo comporti anche una sostituzione degli allacci, i benefici connessi all'intervento di sostituzione possono essere meno importanti rispetto a quelli stimati. In alcuni casi, considerate le difficoltà nel trasferire tutte le prese d'utenza dalla vecchia condotta alla nuova, può accadere che la vecchia condotta non venga rimossa. Tale aspetto può aggravare la problematica e, ancor peggio, la condotta vecchia può essere cancellata dalle mappe della rete e può essere omessa da una futura campagna di ricerca perdite. Se le priorità di intervento sono decise in modo razionale, è ipotizzabile che gli interventi iniziali siano più efficaci dei successivi. Di conseguenza, anche gli interventi di rinnovo sono soggetti al principio dei rendimenti decrescenti.

#### **1.2.5 Velocità e qualità delle riparazioni**

La velocità nella riparazione consente di contenere il volume complessivo perso in quanto riduce la durata delle perdite. È importante evidenziare come, al di sotto di una certa soglia, il costo unitario di riparazione tenderà a salire

(costi di straordinario, chiamate o pagamenti non previsti ad imprese in appalto per i lavori di riparazione ecc.).

La Fig. 1.3 mostra come ogni opzione di gestione delle perdite possa essere realizzata a un costo unitario per volume perso/giorno relativamente basso. Ma è importante rilevare come il costo unitario aumenti qualora si perseveri nell'uso di ogni misura (principio dei rendimenti decrescenti).

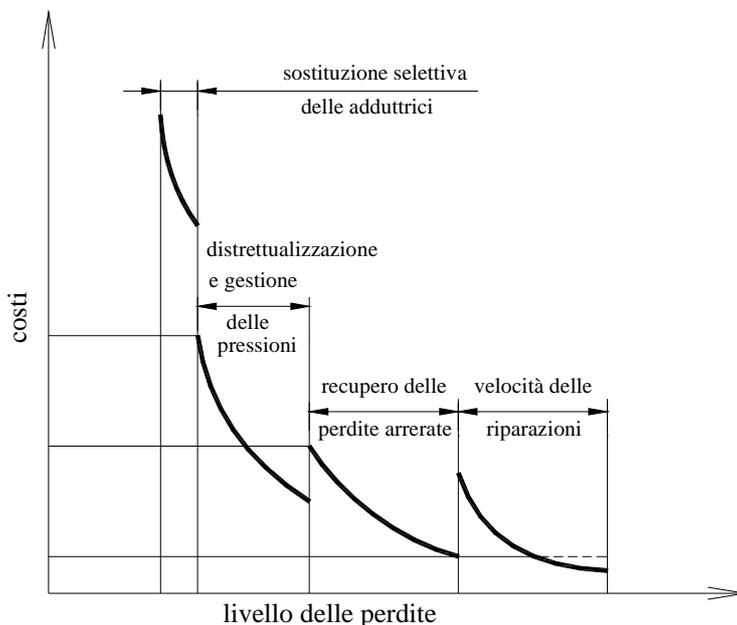


Fig. 1.3 Costi del controllo attivo delle perdite (Farley e Trow, 2003)

Il grafico illustra l'ordine relativo tipico dell'uso di ogni misura; tale ordine può senz'altro variare in funzione di particolari condizioni locali. Anche se per ogni opzione è illustrato un dato livello di perdite iniziale e finale, in pratica ci sarà un certo grado di sovrapposizione, per il quale per ogni livello di perdite, al fine di ottenere riduzioni ulteriori, si può utilizzare una combinazione delle diverse misure.

I costi della maggior parte delle opzioni di controllo delle perdite non sono generalizzabili in quanto dipendono da condizioni specifiche. Qualche indicazione più precisa può essere data sui costi della ricerca perdite, che qualora venga realizzata con l'ausilio di tecniche acustiche, può essere stimata pari a 220÷260 €/km con una resa giornaliera di 2,5÷3,0 km/d per squadra; il costo rimane costante nelle campagne successive. Qualora oltre alla localizzazione delle perdite si volesse effettuare anche l'analisi del consumo idrico notturno, il costo diventa 450÷500 €/km, e quello delle campagne successive si riduce a 150÷230 €/km.

### 1.3 Il livello economico ottimale di perdite

Come già detto, il *livello economico ottimale di perdite (ELL)* può essere definito come il livello in cui il costo marginale degli interventi per il loro contenimento è pari al costo marginale dell'acqua persa. In altre parole il livello ottimale delle perdite idriche si ottiene quando i costi dovuti alla riduzione delle perdite per metro cubo sono pari al costo del metro cubo d'acqua prodotto dalla filiera di trattamento ed immesso in rete.

Non esiste comunque un valore unico del livello ottimale di perdite, in quanto, in teoria, ogni distretto avrà il proprio, dipendente dal costo dell'acqua, dal costo della manodopera, dalla pressione di esercizio, dall'anno di costruzione, dalle condizioni delle condotte e dalla posizione delle perdite (condotta di adduzione, di distribuzione ecc.).

Logicamente in ogni singolo distretto il livello ottimale dipende dalla metodologia di controllo delle perdite adottata; a metodologie con i costi più bassi corrisponde un livello ottimale di perdite più basso.

Il concetto di livello ottimale di perdite può essere presentato graficamente in termini di costi contrapposti al livello di perdita. Le curve (Fig. 1.1) indicano che a fronte di un aumento delle perdite si registra un aumento del valore dell'acqua persa e un minore impegno nel controllo delle perdite. La sommatoria di queste due curve consente di identificare il *livello ottimale di perdita* come minimo della curva dei costi totali.

La letteratura sui metodi di valutazione del valore del livello economico delle perdite sono numerosi e nei paragrafi successivi ne sono descritti alcuni. Le seguenti considerazioni hanno comunque una valenza generale:

- il valore di *ELL* può variare nel tempo in funzione di diversi fattori quali cambiamenti stagionali nella frequenza delle rotture, spesso dovute alla variabilità delle condizioni atmosferiche, o a miglioramenti nella condizione delle condotte;
- il valore dell'acqua cambia nel tempo in funzione di molteplici fattori: in particolare avrà un valore più elevato in periodi di carenza idrica e un livello più basso in periodi di abbondanza della stessa. Il valore aumenterà con la diminuzione della differenza fra offerta e domanda attese e diminuirà con l'utilizzo di nuove fonti e impianti di trattamento. I costi operativi possono inoltre cambiare con l'introduzione di nuovi standard di qualità o nuove normative;
- interventi per il controllo della pressione, la distrettualizzazione e l'introduzione della telemetria modificano il livello economico e le relative frequenze ottimali di intervento con il *controllo attivo delle perdite (ALC)*;
- nuove tecniche per la ricerca perdite modificano l'efficacia degli interventi di localizzazione influenzando sulla definizione di *ELL*; ad esempio questo valore è differente se si adotta una politica di ispezioni regolari o

alternativamente il controllo della portata minima notturna;

- l'*ELL* non può essere calcolato in modo soddisfacente sin dalle prime elaborazioni, in quanto la valutazione si deve basare su dati, informazioni e regole gestionali propri della specifica area e azienda di gestione. Una valutazione accurata di *ELL* può essere fatta solo in seguito a interventi significativi per la riduzione delle perdite che consentono anche la raccolta dei dati necessari sui costi ed effetti attesi delle metodologie. Il calcolo del livello economico viene quindi effettuato per fasi successive e possono essere necessari diversi anni per arrivare ad una valutazione sufficientemente precisa.

I fattori influenzanti la valutazione del valore della risorsa idrica variano da una regione all'altra, anche all'interno di aree di una stessa regione, a seconda che si proceda con valutazioni a breve o lungo termine.

Nel *livello economico di perdite a breve termine (SRELL)* i parametri che vengono considerati invarianti sono la pressione media in rete, le condizioni delle condotte di adduzione e della rete di distribuzione, le metodologie in uso per la raccolta dati. In queste ipotesi in ogni condizione operativa il solo parametro che può essere cambiato, al fine di ottenere un impatto sul livello delle perdite, è il numero delle persone impiegato per la ricerca e la riparazione delle stesse, localizzandole e riparandole velocemente. Il livello economico ottimale a breve termine è definito, quindi, da una condizione di stabilità in cui il costo marginale del controllo attivo delle perdite è pari al costo marginale dell'acqua risparmiata adottando strategie di controllo attivo.

Nel *livello economico di perdite a lungo termine (LRELL)* vengono considerati gli effetti di investimenti in interventi quali distrettualizzazione, telemetria, gestione delle pressioni e rinnovo delle condotte che dovrebbero ridurre il livello economico calcolato nel breve termine. In queste ipotesi, i risparmi e i costi associati con il cambiamento possono essere confrontati con i costi relativi agli interventi per ottenere questo risultato. I costi degli investimenti sono anche detti *costi di transizione*, poiché permettono di effettuare il passaggio da uno stato di valutazione a breve termine ad uno a lungo termine.

Nel calcolo di *ELL* occorre identificare i costi marginali dell'acqua prodotta valutando, in conformità ai principi della Direttiva Quadro sulle Acque (European Commission, 2000), i diversi addendi dei costi totali, cioè quelli finanziari (operativi, manutenzione, rinnovo e sviluppo infrastrutture), ambientali e sociali.

In particolare nel breve termine il controllo perdite consente il contenimento dei costi energetici per i pompaggi, la riduzione delle rotture nelle condotte principali e negli allacci, un più basso livello di reclami degli utenti e un minore costo di manutenzione della rete, il miglioramento della qualità dell'acqua distribuita, un coordinamento più efficiente fra le attività di controllo delle perdite e quelle di rifacimento delle condotte, la riduzione dei costi operativi degli impianti di trattamento (energia, prodotti chimici, smalti-

mento fanghi) ed infine l'abbandono o l'uso solamente stagionale delle fonti di alimentazione più costose.

Nel lungo termine la diminuzione della portata da immettere nella rete di distribuzione rende possibile ridurre i costi di rifacimento delle condotte tramite l'utilizzazione delle tecniche *no-dig* o l'abbandono di tratti della rete non più essenziali, il sottodimensionamento dei serbatoi cittadini, degli impianti di sollevamento e di trattamento, il rinvio o l'abbandono di nuovi progetti di approvvigionamento.

Nel breve termine i costi per la riduzione delle perdite si limitano a quelli attribuibili al controllo attivo e includono i costi per la localizzazione delle perdite, relativi a personale, veicoli utilizzati e carburante. Nel lungo termine ulteriori costi, valutabili su un orizzonte più ampio (20 o 30 anni), comprendono il *valore attuale netto* (VAN) degli oneri connessi agli investimenti programmati per interventi di riduzione delle perdite, quali la distrettualizzazione, la gestione delle pressioni e il rinnovo delle reti.

In teoria i costi di riparazione non dovrebbero essere tenuti in considerazione nella valutazione di *ELL* in quanto si ritiene che, in una situazione a regime, il numero di rotture che avvengono ogni anno è generalmente stabile. Tuttavia, quando si vuole ridurre significativamente il livello di perdite, si tenderà a localizzare perdite che non sarebbero state identificate in mancanza degli interventi straordinari di controllo attivo in atto e quindi il numero di riparazioni, rispetto ad una situazione stabile, aumenterà. Oltre a ciò, alcune perdite di fondo potrebbero essere identificate mediante l'applicazione di una strategia di controllo attivo basata su tecnologie innovative. In tali circostanze occorre valutare caso per caso se considerare i costi di riparazione.

D'altra parte, i *costi totali* dell'acqua differiscono da quelli di produzione e distribuzione non solamente perché possono essere presenti costi di acquisto all'ingrosso e canoni di concessione, ma anche perché vanno considerati i costi ambientali e sociali connessi agli usi alternativi. Fra gli effetti *ambientali* vanno valutati i costi connessi alla riduzione del deflusso nei corpi idrici, del livello di qualità per motivi sanitari, della possibilità degli usi ricreativi e al rischio di sovrasfruttamento ed inquinamento delle risorse sotterranee. Inoltre vanno considerati i costi indotti dalla necessità di incrementare le riserve per i periodi siccitosi, in relazione anche al fenomeno del cambiamento climatico che, in molte aree, induce a prevedere un incremento della durata e intensità di questi periodi. Sulle metodologie di stima dei costi ambientali esiste una vastissima letteratura, per la quale si rimanda ai testi di Ortolano (1996), Pearce et al. (2006), Turner et al. (2004) e Young (1996).

I *costi sociali* vanno presi in considerazione quando si riscontra una pressione dell'opinione pubblica per ridurre le perdite idriche, anche oltre il valore del *ELL*. Tale pressione induce talvolta azioni premature ed eccessive, non supportate da una analisi costi/benefici, e soggette a influenze politiche.

Il costo dell'acqua persa è rappresentato in Fig. 1.4 dalla retta passante per l'origine degli assi, come sommatoria dei costi operativi e gestionali, dei costi

connessi ai finanziamenti da perseguire, e dei costi sociali ed ambientali. La pendenza o coefficiente angolare di tale retta sarà tanto maggiore quanto maggiori saranno i diversi tipi di costi connessi all'acqua persa. L'introduzione dei costi ambientali e sociali, incrementando i costi dell'acqua persa, a parità dei costi da affrontare per il recupero delle perdite, provoca uno spostamento verso l'asse delle ordinate del punto di minimo della curva dei costi combinati (Fig. 1.1), e quindi abbassa il valore del *ELL*.

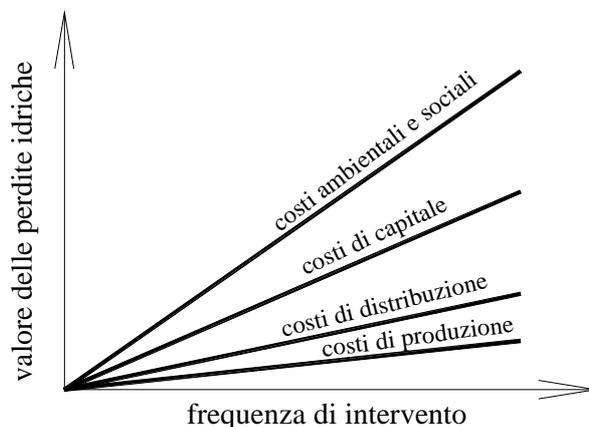


Fig. 1.4 Componenti di costo connessi alle perdite idriche (Waldron e Wiskar, 2004)

### 1.3.1 Il metodo del National Leakage Initiative

Questa metodologia, descritta nel Report C (WSA/WCA, 1994), sta alla base del primo approccio organico su larga scala per la riduzione delle perdite nelle reti di distribuzione. Le motivazioni di questa iniziativa sono la necessità di fare fronte alla siccità dei primi anni Novanta e la pressione dell'opinione pubblica generata dalla constatazione dell'alto livello di perdite che si riscontrava nelle reti di distribuzione dell'Inghilterra e del Galles. Il contesto organizzativo in cui si inserisce questa metodologia è quello del sistema inglese post-privatizzazione, con la presenza di 10 grandi aziende privatizzate che gestiscono l'intero ciclo dell'acqua e di circa altre 20 più piccole, sempre private, che gestiscono solo il segmento della distribuzione idrica. Si tratta quindi di aziende industriali, con grande capacità tecnica e che dispongono di notevoli informazioni. Va comunque considerato che il sistema inglese non prevede l'uso generalizzato dei contatori individuali. Anche il sistema di regolazione è particolarmente evoluto, in quanto esiste un regolatore pubblico quale l'OFWAT (Office of Water Services) fortemente specializzato e con struttura tecnica adeguata in termini qualitativi e quantitativi.

Partendo dalla già descritta considerazione che il valore di *ELL* è quello per il quale il costo marginale dell'acqua risparmiata con la riduzione delle

perdite è uguale a quello degli investimenti necessari per il raggiungimento di questo risultato, lo studio definisce il *costo marginale dell'acqua risparmiata* come «la differenza fra il valore attuale netto (VAN) di tutti i costi connessi all'attuale livello di perdite e il VAN di quelli connessi ad un livello di perdite leggermente più ridotto, diviso per il valore attualizzato della differenza fra le previsioni di domanda nei due scenari». Rimandando alla bibliografia per la definizione del VAN (Cassimatis, 1988; Thuesen e Fabrycky, 1994), va evidenziato che la sua introduzione significa dare un maggiore peso alle previsioni dei primi anni degli scenari piuttosto che a quelle lontane nel tempo. In linea di principio i costi marginali andrebbero calcolati anno per anno, anche se in pratica si adottano costi marginali medi. I costi marginali, che si riferiscono al futuro, differiscono concettualmente dai costi storici, che rispecchiano le situazioni pregresse, anche se questi ultimi sono utili per le previsioni se non sono il risultato di inefficienze eliminabili.

A causa delle difficoltà di stima, in questo metodo non sono stati esplicitamente considerati i costi ambientali e sociali, pur riconoscendone la loro esistenza e l'effetto incrementale rispetto al costo totale dell'acqua. La metodologia di determinazione del livello di perdita ottimale sociale non differisce comunque da quella relativa al livello ottimale dal punto di vista del gestore. Una via indiretta ipotizzata per prendere in considerazione questi costi è quella di valutare gli extracosti connessi ad un livello di perdite minore di quello ottimale per il gestore che rappresentano un livello inferiore implicito dei costi ambientali e sociali.

I costi marginali possono essere stimati come sommatoria dei costi marginali operativi e di quelli del capitale. I *costi marginali operativi* dovrebbero in teoria essere stimati, per ogni anno dell'orizzonte di interesse, sulla base delle previsioni future di spesa, e successivamente attualizzati. Se non è prevedibile un cambiamento nella struttura operativa nel futuro (ad esempio nuovi standard qualitativi o la sostituzione di molti impianti piccoli con uno più grande), è sufficiente ipotizzare che i costi marginali sono uguali agli attuali costi variabili, calcolati dividendo i costi dipendenti dalla domanda per la quantità di acqua prodotta.

Come già detto la riduzione del livello di perdite può influire sui *costi marginali del capitale* rimandando, ridimensionando o eliminando la necessità di nuovi investimenti.

Nel processo di stima occorre comunque prevedere la domanda futura e come questa viene influenzata dal livello di perdite. Per l'incertezza insita nel processo previsionale, è necessario sviluppare un'analisi di sensitività, che va estesa a tutti i parametri soggetti a stime nello scenario temporale di interesse.

Un altro aspetto importante nell'analisi è la definizione dell'area alla quale applicare la metodologia, in quanto i costi marginali possono essere diversi anche all'interno di una rete sufficientemente estesa, per cui vanno in questo caso identificate sub-aree omogenee. Di contro, scelte fatte in un'area possono avere influenze importanti sui costi marginali di aree limitrofe o comun-

que alimentate da fonti di approvvigionamento comuni.

Il tasso di sconto adottato nello studio è quello dell'azienda specifica, che è differente da quello sociale che va usato quando si vuole determinare l'*ELL* che tiene conto dei costi ambientali e sociali dell'acqua.

Per quanto riguarda l'inflazione, la difficoltà della sua previsione consiglia di ipotizzare che non sia differenziata fra i diversi fattori di costo per cui la valutazione può essere sviluppata a prezzi costanti.

Lo studio evidenzia che i costi marginali delle perdite non sono costanti e variano con il livello di perdite e possono cambiare significativamente da un anno all'altro quando si modifica la differenza fra domanda attesa e disponibilità di risorsa, con l'introduzione di una nuova fonte di approvvigionamento che ne riduce il valore. Va sottolineato che effetto contrario si ha invece durante le siccità, per cui è ragionevole che si adottino valori differenti di *ELL* in questi periodi, la cui ricorrenza ed intensità è esaltata dai fenomeni di cambiamento climatico.

La stima dei costi marginali dell'acqua è sviluppata secondo due possibili livelli di dettaglio. È possibile applicare il livello semplificato (*Livello 1*) per la determinazione dei costi marginali quando:

- gli standard qualitativi sono presumibilmente costanti nel tempo;
- i costi unitari variabili attuali sono una buona approssimazione anche per i costi unitari futuri;
- la relazione fra costi operativi e prodotto è sostanzialmente lineare;
- la relazione fra domanda futura e investimenti per l'incremento della disponibilità è difficile da stabilire.

Le prime tre condizioni si riferiscono alla stima dei costi marginali operativi, mentre l'ultima ai costi marginali del capitale. Qualora queste condizioni non vengano rispettate, occorre sviluppare un'analisi più completa (*Livello 2*). Possono presentarsi situazioni miste fra i due livelli, dove è necessario sviluppare un'analisi più completa solamente per i costi marginali operativi o del capitale.

Nel *Livello 1* risulta che:

- i *costi marginali operativi* sono calcolati come la somma dei costi unitari operativi variabili delle categorie interessate (pompaggi, impianti di trattamento, acquisto acqua ingrosso, canoni);
- i *costi marginali del capitale* sono calcolati come il rapporto fra il valore attualizzato dei costi degli investimenti necessari per il soddisfacimento della domanda prevista nel futuro e il valore attualizzato delle previsioni di incremento di domanda nell'orizzonte temporale fissato. Fra i costi di investimento non vanno considerati quelli ascrivibili solamente ai miglioramenti qualitativi della risorsa.

Nel *Livello 2* si può osservare quanto segue:

- i *costi operativi* variano con il tempo e le quantità prodotte. Possono infatti variare nel tempo per modifiche negli standard qualitativi anche considerando la messa in funzione di nuove opere o interventi nella tecnologia adottata. Quando la serie dei costi marginali non è costante nel tempo il costo marginale va calcolato come il valore equivalente annuo del valore attualizzato della serie dei costi unitari operativi variabili. Il costo marginale operativo può variare anche con la quantità prodotta, e questa variazione può non essere lineare, come ad esempio quando è possibile abbandonare un impianto più costoso in favore di un altro più economico;
- i *costi del capitale* sono invece calcolati sulla base della differenza fra il valore attualizzato netto dei costi degli investimenti programmati per la copertura della domanda attesa e quelli connessi ad una riduzione della domanda conseguente agli interventi di controllo delle perdite, i cui effetti possono, come già ricordato, essere un ridimensionamento dei nuovi impianti od una loro posticipazione. Lo studio consiglia un'analisi di sensitività sulle previsioni di domanda e sulle riduzioni attese.

Nel rapporto originale (WSA/WCA, 1994) sono riportati esempi applicativi dei metodi qui brevemente descritti.

Entrambi i livelli assumono implicitamente che i programmi di installazione contatori e di controllo della domanda netta degli utenti finali siano una costante del processo, mentre in realtà vanno considerate alternative gestionali da ottimizzare congiuntamente con i programmi di controllo delle perdite e di nuovi investimenti per incrementare le risorse disponibili. Questo approccio, che è identificato come *Livello 3*, si basa sul calcolo, possibilmente con l'aiuto di un modello di ottimizzazione, del valore attualizzato degli investimenti in tutte le possibili alternative, e di quello attualizzato conseguente ad un livello di domanda netta inferiore. La differenza di questi due valori, divisa per il valore attualizzato della riduzione di domanda netta, può essere assunta come stima del costo marginale dell'acqua.

Nello studio del 1994 è stato inoltre analizzato anche il costo marginale del *controllo attivo delle perdite (ALC)* sulla base dei dati raccolti in dieci aree campione di cinque gestori. Questi dati comprendono il costo del personale dedicato, le informazioni sulla popolazione e proprietà nelle aree, la lunghezza delle reti, il numero di rotture nelle condotte principali, le perdite negli allacciamenti, il costo del controllo della *portata minima notturna (NFN)*. Non è stata effettuata una misurazione omogenea della pressione, viste anche le difficoltà di analisi delle fluttuazioni all'interno di ciascuna area, pur riconoscendo l'influenza di questo fattore sul livello delle perdite. Per il calcolo di *NFN* è stato assunto un valore di riferimento per la pressione di 50 m, e il valore delle *perdite notturne nelle reti (NFLT)* è stato calcolato sottraendo a *NFN* un uso medio notturno per proprietà di 1,7 l/prop/h.

Il costo totale  $C$  ed il costo marginale  $dC/dL$  di  $ALC$  possono essere stimati in prima approssimazione attraverso la relazione di forma logaritmica

$$C = -1/k \ln \left[ (L - L_b) / (L_p - L_b) \right] \quad (1.1)$$

con la costante

$$k = -1/C_a \ln \left[ (L_a - L_b) / (L_p - L_b) \right] \quad (1.2)$$

e

$$dC/dL = -1 / \left[ k (L_a - L_b) \right] \quad (1.3)$$

dove  $L$  (in  $m^3$ /proprietà/y) è il livello di perdite conseguente al costo  $C$  del controllo (il pedice  $a$  indica il valore attuale, quelli  $b$  e  $p$ , rispettivamente, il valore base e quello passivo).

Il livello base,  $L_b$ , è in pratica il minimo livello che è possibile raggiungere con un programma intenso di controllo perdite e riparazione immediata delle rotture nell'area (nell'esempio del rapporto è stimato pari  $29,2 m^3$ /y/proprietà), mentre all'opposto il livello passivo  $L_p$  è quello corrispondente a nessuna attività di controllo (nell'esempio è stimato pari a  $124,8 m^3$ /y/proprietà). La stima delle condizioni attuali  $L_a$  e  $C_a$  consente di determinare facilmente le curve dei costi totali e marginali per ogni livello  $L$ .

Un approccio più completo alla stima del costo del controllo perdite e della curva dei costi totali è rappresentato dall'applicazione dei modelli tipo *BABE* (Burst and Background Estimates). In sostanza questi modelli cercano di descrivere le complesse interrelazioni fra politiche di controllo delle perdite, risorse umane impegnate, descrizione fisica dei fenomeni delle perdite, gestione delle pressioni e costi del controllo. Si tratta sostanzialmente di modelli di simulazione che si basano su stime dei fenomeni delle perdite o su assunzioni che derivano dalla conoscenza specifica del gestore o da valori standard disponibili. Questi modelli sono concettualmente simili a quelli che descrivono il comportamento idraulico della rete e possono essere usati in combinazione con questi per la ricerca delle perdite. Infatti una più precisa localizzazione e modellazione delle perdite migliora i risultati ottenibili dai modelli di simulazione idraulica, e, di contro, questi ultimi modelli consentono di identificare più facilmente le perdite. Nel modello di tipo *BABE* (cfr: § 2) sono considerate separatamente le perdite di sottofondo ("background leakage"), quelle conseguenti a rotture identificate ("reported bursts") e quelle non identificate ("unreported bursts") che possono essere ridotte solamente con una campagna attiva di controllo perdite. L'obiettivo di questi modelli è la stima delle singole componenti delle perdite nella zona, confrontata con la

stima che deriva dal bilancio idrico e dalla misura del deflusso minimo notturno. Per contenere i volumi persi è opportuno che vengano contratti i tempi di riconoscimento, localizzazione e riparazione delle perdite, oltre a ridurre gli intervalli di tempo fra le campagne di ricerca perdite. Il modello consente la determinazione di *ELL* variando la pressione, il costo marginale dell'acqua e la frequenza delle campagne di ricerca perdite.

In linea teorica questi tipi di modello possono essere applicati ad aree molto piccole, ma in pratica i modelli *BABE* sono particolarmente adatti quando la zona comprende fra 10000 e 50000 proprietà. Logicamente una buona qualità dei dati del gestore migliora i risultati del modello, ma poiché non sempre si dispone di queste informazioni è opportuno adottare una strategia iterativa, nella quale l'uso del modello utilizza standard da letteratura o da altre situazioni similari nella prima fase, per poi successivamente sostituirle con stime più precise.

### 1.3.2 Il metodo semplificato per la definizione di *ELL*

L'organizzazione del servizio idrico in Inghilterra e Galles non trova riscontro analogo in molte altre aree, in termini di capacità tecnica delle aziende e del regolatore e della disponibilità di dati. Infatti il metodo descritto nel paragrafo precedente si basa sulla misurazione continuativa della portata minima notturna effettuata in reti che sono per oltre il 90% distrettualizzate, con densità di allacciamenti per km di rete fra 45 e 100 e sottoposte in continuo ad una politica di controllo attivo delle perdite. Di contro la gestione della pressione gioca un ruolo ridotto perché si è già provveduto alla loro ottimizzazione, diversamente da quanto riscontrabile in molte altre situazioni, dove anche la densità di allacci può essere molto diversa.

Un metodo applicabile anche in situazioni con informazioni ridotte, e che utilizza l'impostazione della Task Force dell'IWA (International Water Association), è quello sviluppato in Australia e descritto in Waldron e Wiskar (2004). In questo metodo si tiene conto che il livello passivo delle perdite non è costante ma si incrementa con il tempo, e che il livello minimo delle perdite dipende dalla pressione. Inoltre la relazione fra costi del controllo perdite e livello delle perdite è di tipo iperbolico e non logaritmico, il quale ultimo tende a predire valori più bassi di *ELL*.

Le definizioni fondamentali utilizzate nel metodo sono:

- il *volume annuale di perdite effettive inevitabili (UARL)* in l/d definito come:

$$UARL = (18l_{pl} + 0.8N_c + 25l_{pr})p \quad (1.4)$$

con  $l_{pl}$  lunghezza delle condotte principali pubbliche in km,  $N_c$  numero di

allacci,  $l_{pr}$  lunghezza delle tubazioni private in km e  $p$  pressione media in m. In accordo con gli studi più recenti (Thornton e Lambert, 2005), la formula vale per sistemi con più di 3000 allacci, pressione media maggiore di 25 m e senza limiti inferiori di 20 allacci per km di rete e ipotizza una frequenza di rotture nella rete principale di 13/100 km/y (95% rilevate immediatamente) e negli allacci di 3/1000 allacci/y (75 % rilevate immediatamente) e perdite di fondo pari al valore  $UBL$  sotto descritto; le infrastrutture sono considerate in buone condizioni e le perdite non rilevate vengono identificate con apposite campagne di ricerca perdite e riparate.

- volume attuale di perdite effettive ( $CARL$ ) in l/d;
- indice di perdite della infrastruttura ( $ILI$ ), definito come:

$$ILI = CARL/UARL \quad (1.5)$$

- perdita di base inevitabile ( $UBL$ )

$$UBL = 20l_{pt} + 1,25 N_c \cdot (p/50)^{1,5} \quad (1.6)$$

con  $l_{pt}$ ,  $N_c$  e  $p$  nelle stesse unità di misura della formula (1.4).

Gli studi più recenti (Thornton e Lambert, 2005) hanno inoltre evidenziato che il valore di  $UARL$  in realtà non dipende linearmente dalla pressione e che è influenzato dalla percentuale di tubazioni rigide nella rete,  $pt$ . Di conseguenza è opportuno introdurre un coefficiente correttivo  $C_p$  nella formula (1.4) che diventa così:

$$UARL = (18l_{pt} + 0.8N_c + 25l_{pr}) pC_p \quad (1.4a)$$

Il valore di  $C_p$  in funzione della pressione nell'intervallo 10÷100 m e per diverse percentuali  $pt$  è riportato in Fig. 1.5.

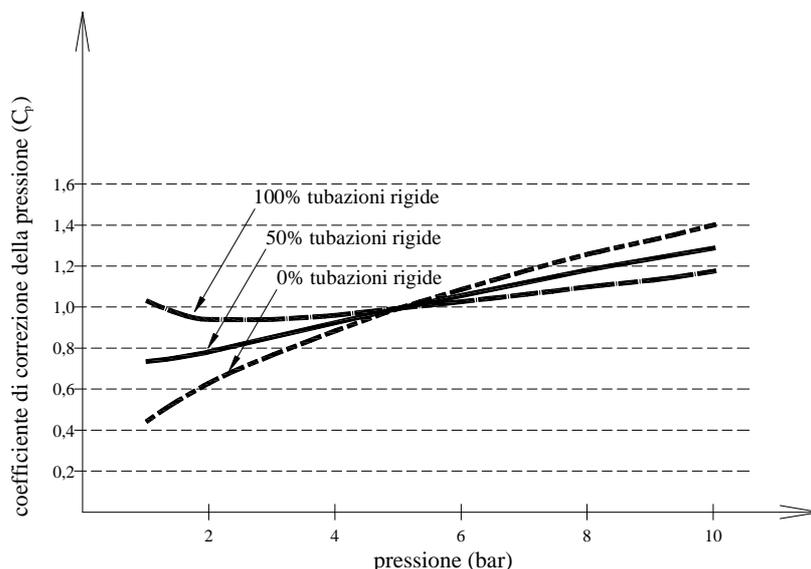
Il valore di  $UARL$ , calcolato dalla formula (1.4), può essere ridotto solamente agendo sulla pressione, e, senza un suo contemporaneo contenimento, le altre attività di Fig. 1.2 possono ridurre le perdite ma tendono ad incrementare il valore di  $UARL$ .

La gestione della pressione rappresenta un fattore cruciale, in quanto riduce tutti i tipi di perdite (perdite diffuse di base, rotture segnalate e non segnalate) spostando la curva dei costi del controllo perdite verso l'asse delle ordinate e abbassando il valore di  $ELL$ . Va quindi previsto l'effetto di una riduzione della pressione media sulla portate che fuoriescono dalle rotture attuali, sui consumi finali degli utenti, sulla frequenza delle rotture e sulla vita utile delle infrastrutture.

La relazione fra pressione e rotture può essere espressa in prima approssimazione dalla equazione  $FAVAD N_I$  (Fixed and Variable Area Discharges),

che, nel caso di una variazione della pressione media dal valore  $p_0$  a  $p_1$ , determina il rapporto fra i livelli di perdite  $L_1$  e  $L_0$ :

$$L_1 / L_0 = (p_1 / p_0)^{N_1} \quad (1.7)$$



**Fig. 1.5** Relazione Pressione-Cp per sistemi con diverse percentuali di tubazioni rigide (Thornton e Lambert, 2005)

Ad una riduzione della pressione media ( $p_1 < p_0$ ) corrisponde quindi una diminuzione della portata dalle perdite e rotture attuali pari a

$$L_0 - L_1 = L_0 \left[ 1 - (p_1 / p_0)^{N_1} \right] \quad (1.7a)$$

L'esponente  $N_1$  è compreso fra i valori 0,5 e 2,5 in funzione del tipo di rotture e del materiale, e quando non vi è una specifica conoscenza di questi elementi è opportuno ipotizzare nel caso di grandi sistemi con materiale delle tubazioni misto una relazione lineare con  $N_1 = 1$ . Qualora sia noto il valore *ILI* e si possa stabilire con sufficiente certezza la percentuale *pt* delle tubazioni rigide, nello studio viene proposta la seguente espressione per  $N_1$

$$N_1 = 1,5 - (1,0 - 0,65 / ILI)(pt / 100) \quad (1.8)$$

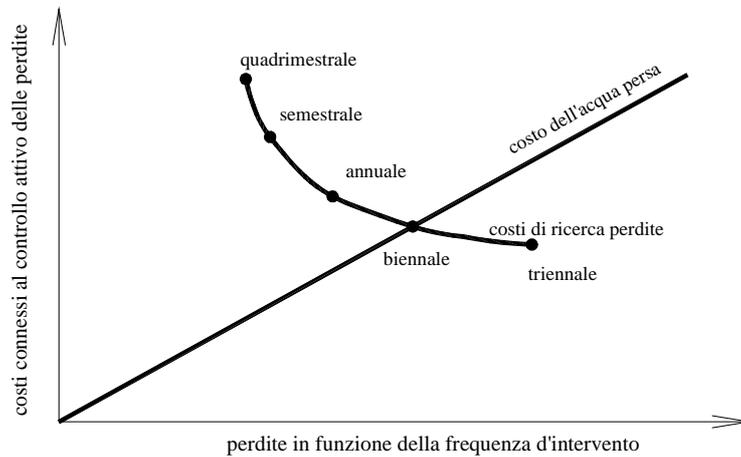
Anche la variazione dei consumi degli utenti finali può essere prevista con relazioni simili alle (1.7) e (1.7a); ad esempio, in mancanza di determinazioni

più precise, per i consumi civili interni all'abitazione l'esponente  $N_I$  può essere posto pari a 0, cioè sono indipendenti dalla pressione, mentre per i consumi esterni  $N_I$  si può ammettere pari a 0,5.

Nello studio è inoltre ipotizzata la possibilità di prevedere il numero di nuove rotture indotte da variazioni di pressione, specialmente se la pressione è superiore a 40 m. Se si conosce il numero annuale di rotture prima della modifica del regime di pressioni, e quelle causate da elementi accidentali (quali lavori nel sottosuolo ecc.), il nuovo numero di rotture conseguenti alla riduzione di pressione da  $p_0$  a  $p_1$  è ipotizzabile proporzionale a:

- $(p_1/p_0)^3$ : ipotesi possibile ma ottimistica
- $(p_1/p_0)^1$ : ipotesi lineare e realistica;
- $(p_1/p_0)^0$ : ipotesi conservativa, in quanto non si prevede riduzione del numero di rotture.

Nella stima dei benefici indotti dalla variazione di pressione contestualmente ad una campagna di ricerca perdite va evitato il doppio conteggio, valutando prima quelli indotti da una attività e successivamente quelli dell'altra.



**Fig. 1.6** Costi del controllo delle perdite al variare della frequenza di intervento (Waldron e Wiskar, 2004)

L'approccio descritto in Waldron e Wiskar (2004) ipotizza un sistema in condizioni di regime stazionarie nell'ambito delle quali tutte le nuove perdite idriche vengono individuate e riparate. Come detto, in tale situazione "di regime" i costi di riparazione delle perdite occulte non segnalate vengono escluse dall'analisi dei costi ed è implicito assumere che le riparazioni e gli interventi non generano perdite occulte aggiuntive.

La Fig. 1.6 evidenzia come i costi derivanti dal controllo attivo delle per-

dite crescano inversamente ai volumi di acqua persa. Infatti la frequenza di intervento impatta sulla durata media delle perdite occulte e quindi sui volumi annui di acqua persa.

Con particolare riferimento alla Fig. 1.7 si può notare come l'iperbole, che passa attraverso punti che rappresentano costi con frequenze crescenti degli interventi finalizzati a ricercare le perdite idriche, presenti un asintoto verticale rappresentato dalle perdite fisiologiche inevitabili (*UARL*).

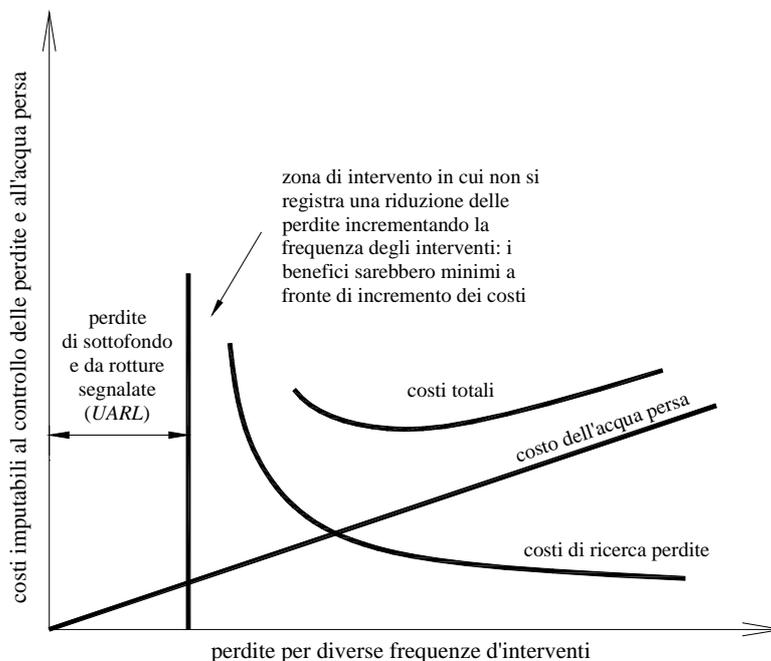


Fig. 1.7 Rappresentazione grafica dei costi da analizzare (Waldron e Wiskar, 2004)

Sommando i valori dei due costi (rappresentati dalla retta, relativa ai costi dell'acqua persa e dall'iperbole, relativamente ai costi di ricerca perdite) si ottiene la curva dei costi totali (Fig. 1.8) il cui minimo rappresenta i costi associati alla frequenza minima di intervento. Tale minimo si individua anche dall'intersezione dei due coefficienti angolari della retta e dell'iperbole, eguali, a parte il segno, nel punto di intersezione delle pendenze delle due rappresentazioni (retta e iperbole).

Nella Fig. 1.9 si può notare come la frequenza di intervento B sia quella che corrisponde ad un minimo nella curva dei costi totali, determinando il livello economico di perdita (*ELL*). L'analisi dei costi indicata e la definizione del minimo della curva non sono sempre di difficile deduzione; allo scopo può essere preferibile creare il grafico dei costi marginali dell'acqua persa in relazione al livello economico di perdita (Fig. 1.10).

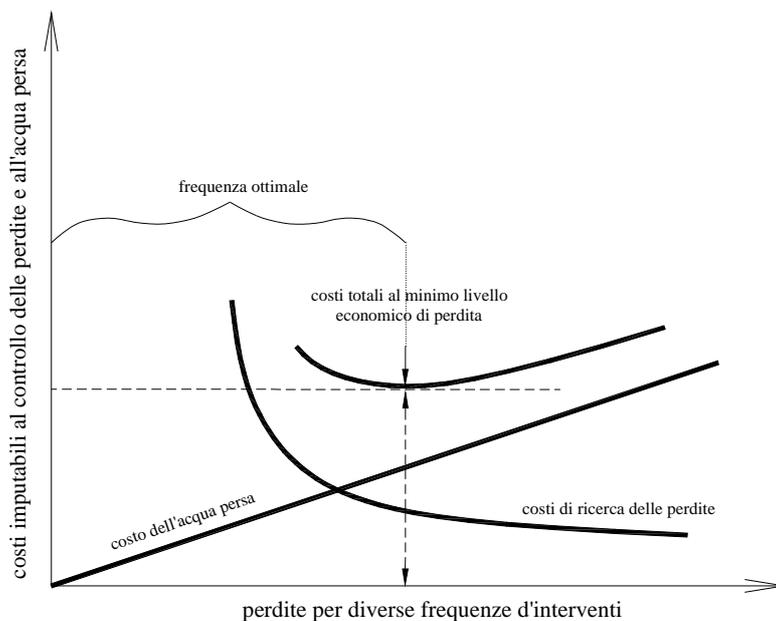


Fig. 1.8 Definizione delle frequenza ottimale di intervento (Waldron e Wiskar, 2004)

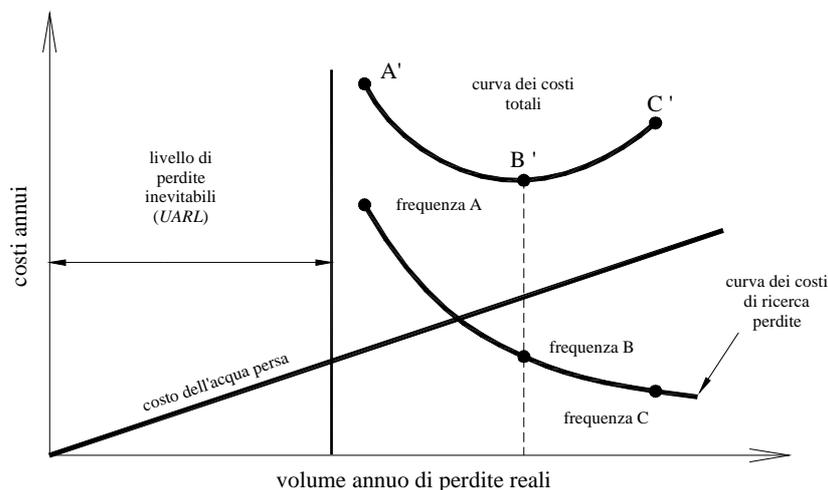


Fig. 1.9 Livello economico di perdita e frequenza ottimale di intervento (Waldron e Wiskar, 2004)

I costi marginali dell'acqua persa di cui alla Fig. 1.10 possono essere ricavati con seguenti passaggi, partendo dalla relazione empirica introdotta dalla metodologia IWA, che definisce i costi della ricerca attiva delle perdite in relazione alle perdite reali:

$$C_{at} = C_0 + A_1(L - UARL) + A_2/(L - UARL) \quad (1.9)$$

dove  $C_{at}$  = costi annuali totali della ricerca attiva delle perdite,  $C_0$  = costi fissi annuali,  $A_1, A_2$  = coefficienti da tarare nel caso specifico,  $UARL$  = perdita fisiologica inevitabile come da relazione (1.4) e (1.4a),  $L$  = perdita a regime associata al costo attuale per la ricerca perdite.

Differenziando ambo i membri dell'equazione rispetto ai volumi persi nello stato stazionario si ottiene:

$$dC_{at}/dL = A_1 - A_2/(L - UARL)^2 \quad (1.10)$$

Come già detto, il costo marginale dell'acqua è quello dell'ultimo metro cubo di acqua distribuita proveniente dalla fonte idrica più costosa. Il costo marginale del controllo attivo delle perdite è il costo, ad un determinato livello di perdite, relativo alla riduzione delle perdite di un metro cubo. Si ottiene correttamente il livello ottimale delle perdite quando il costo marginale dell'acqua è pari al costo marginale della ricerca attiva delle perdite.

Per quanto detto, il livello ottimale economico di perdita ( $ELL$ ) si ottiene quando è zero la somma dei *costi marginali dell'acqua*,  $Mc$ , e del differenziale  $dC_{at}/dL$ , cioè:

$$Mc + dC_{at}/dL = 0 \quad (1.11)$$

$$Mc + A_1 - A_2/(L - UARL)^2 = 0 \quad (1.12)$$

ossia

$$Mc + A_1 = A_2(ELL - UARL)^2 \quad (1.13)$$

da cui:

$$ELL = UARL + (A_2/Mc + A_1)^{0.5} \quad (1.14)$$

Il livello economico di perdita può essere descritto in funzione dei costi marginali dell'acqua persa, ottenendo la parabola di cui alla Fig. 1.10.

Il livello economico di perdita è rappresentato dall'intersezione di una retta orizzontale (costo marginale costante dell'acqua immessa in rete) con la curva che esplicita i costi marginali dell'acqua persa in relazione al livello economico di perdita.

Se i costi marginali operativi sono bassi e il valore di  $ELL$  è molto più alto di  $UARL$ , aggiungere i costi marginali ambientali e sociali può comportare

una sensibile riduzione del livello economico di perdita per effetto del controllo attivo delle perdite. Se invece  $ELL$  è molto vicino ad  $UARL$ , l'incremento dei costi marginali per effetto dell'introduzione dei costi ambientali ha un effetto modesto sul valore di  $ELL$ .

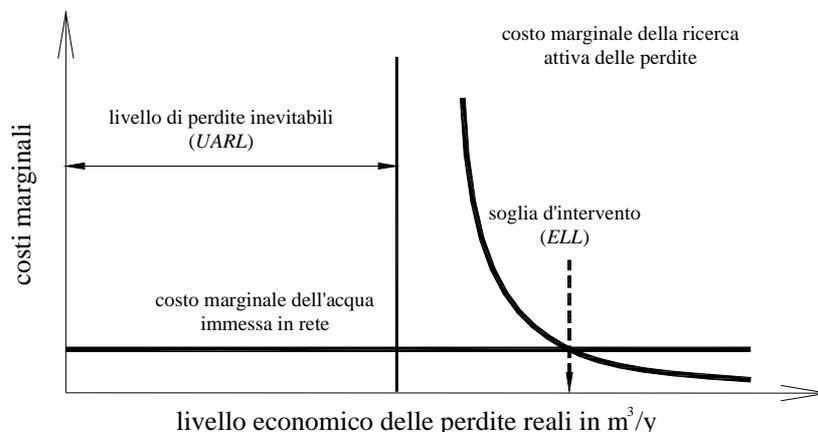


Fig. 1.10 Definizione della soglia di intervento (Waldron e Wiskar, 2004)

Un altro metodo molto semplice per definire quando intervenire con una nuova campagna di ricerca perdite è quello che deriva dall'analisi continuativa della *portata minima notturna* in un distretto. Infatti dopo il completamento di una campagna specifica a tale fine si raggiunge il più basso livello di perdite, che tende successivamente ad aumentare nel tempo (Fig. 1.11). Per stabilire quando intervenire di nuovo si possono utilizzare tre metodi:

- *frequenza di intervento*, stabilendo un intervallo fisso in mesi fra ogni campagna; questo metodo è adatto per sistemi senza distretti o misure della portata notturna;
- *livello di intervento*, che consiste nello specificare un livello della portata minima notturna oltre la quale attivare una nuova campagna di ricerca delle perdite; questo metodo, molto usato in Inghilterra durante gli anni Novanta, è normalmente tarato su aree molto vaste (50000÷100000 allacci) e i risultati vengono adottati a livello di singolo distretto; i limiti del metodo sono legati alla necessità di usare valori medi annuali e costanti su aree vaste per il tasso di incremento delle perdite, il valore dell'acqua persa indipendentemente da stagionalità o siccità, il costo degli interventi di recupero perdite;
- *intervento di equilibrio economico*, che si basa sulla determinazione del punto di equilibrio fra il valore economico dell'acqua persa e il costo degli interventi di recupero; si tratta di calcolare, a partire dalla situazione di partenza nella quale si è raggiunto il livello minimo di perdite, il volu-

me di perdite in eccesso rispetto al livello iniziale e di determinare il valore utilizzando un costo unitario per metro cubo valido per l'area in studio. Quando questo valore cumulato eguaglia il costo dell'intervento di localizzazione delle perdite (escludendo i costi di riparazione), è economico procedere all'intervento. Questo metodo è adatto anche a distretti molto piccoli (500÷2500 allacci) perché consente di utilizzare tasso di incremento delle perdite, valore dell'acqua persa e costi di intervento specifici del distretto e mutevoli nel tempo, anche in relazioni alle condizioni climatiche; inoltre consente di prevedere con sufficiente anticipo il momento opportuno per l'avvio di una nuova campagna di ricerca perdite.

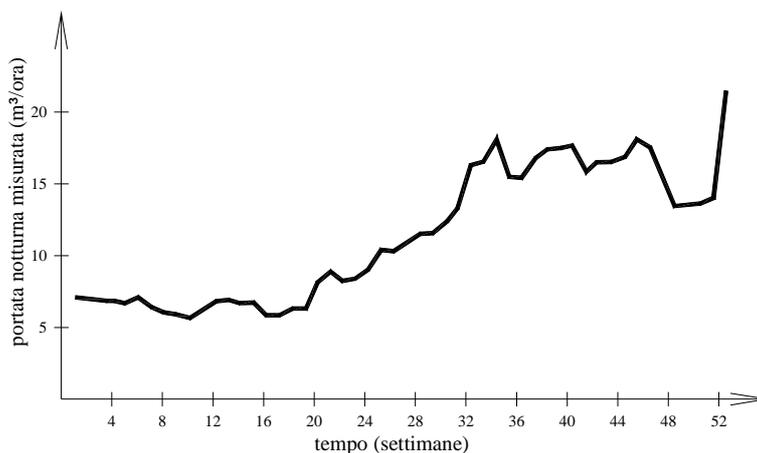
### 1.3.3 La stima del SRELL e la relazione con la pressione

Nel metodo semplificato recentemente proposto da Lambert e Fantozzi (2005) e Lambert e Lalonde (2005), il valore del *livello economico delle perdite nel breve termine (SRELL)* va calcolato come somma delle tre menzionate componenti semplificate del metodo *BABE*:

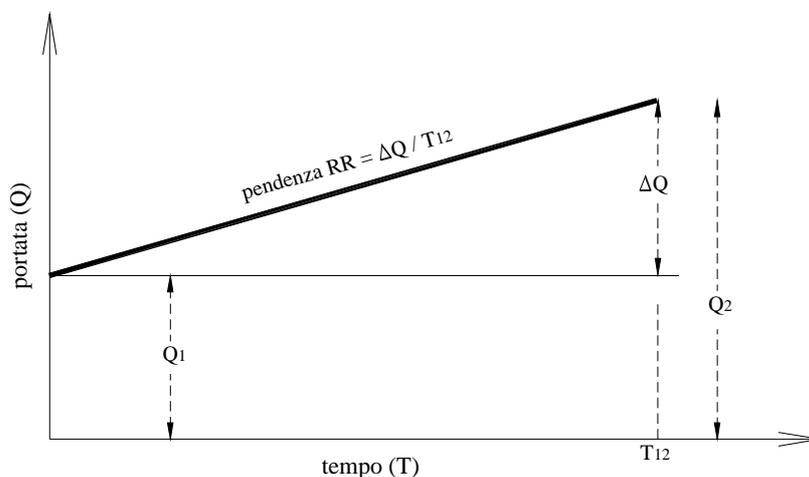
- il volume di perdite non rilevate direttamente bensì tramite campagna di ricerca perdite programmate secondo il metodo dell'intervento di equilibrio economico (“unreported leakage”);
- il volume perso da rotture rilevate immediatamente nelle condotte principali e negli allacci (“reported leaks and bursts”);
- il volume inevitabile di base (“background leakage”).

Per quanto riguarda la *prima componente*, partendo dall'andamento nel tempo della portata minima notturna (Fig. 1.11), cioè quando gli usi industriali o di altra natura sono minimi, e ipotizzando che il tasso di crescita delle perdite non rilevate e il costo marginale dell'acqua persa siano costanti in ogni distretto, si può ricavare una schematizzazione lineare (Fig. 1.12) che evidenzia come nel tempo  $T_{12}$  (in giorni) la portata minima notturna passi dal valore  $Q_1$  raggiunto quando le perdite sono state minimizzate al valore  $Q_2$ , con un incremento di  $\Delta Q$ . Se la pressione media è  $p_1$  quando è stato misurato  $Q_1$  e  $p_2$  quando è stato misurato  $Q_2$ , e  $p_1$  e  $p_2$  sono significativamente differenti, occorre correggere il valore di  $Q_1$  moltiplicandolo per  $p_2/p_1$ . Inoltre per tenere conto delle variazioni di pressioni nell'arco della giornata, i valori delle portate vanno moltiplicati per il fattore *NDF* che trasforma la perdita notturna in perdita media giornaliera; in mancanza di rilevazioni specifiche *NDF* può essere assunto in prima approssimazione pari a 24. Con questi accorgimenti il *tasso medio di incremento delle perdite*, *RR* (in  $\text{m}^3/\text{d}\cdot\text{d}$ ), non rilevate risulta:

$$RR = \Delta Q \cdot NDF / T_{12} \quad (1.15)$$



**Fig. 1.11** Tasso naturale di crescita delle perdite non segnalate (Lambert e Fantozzi, 2005)



**Fig. 1.12** Schema semplificato del tasso di crescita delle perdite non segnalate in rapporto al tempo (Lambert e Fantozzi, 2005)

Il volume perso,  $V$ , dopo il tempo  $T_{12}$  è rappresentato dall'area del triangolo, che in  $m^3$ , può essere espressa come:

$$V = 0,5 \cdot T_{12} \cdot RR \cdot T_{12} = 0,5 \cdot RR \cdot T_{12}^2 \quad (1.16)$$

Noto il costo variabile dell'acqua persa,  $CV$  (in  $€/m^3$ ), il valore della risorsa persa al tempo  $T_{12}$  è:

$$CV \cdot V = CV \cdot 0,5 \cdot RR \cdot T_{12} \quad (1.17)$$

La *frequenza economica ottimale di intervento*, *EIF*, si ottiene quando il *costo dell'intervento di ricerca perdite* *CI* (sempre escludendo i costi delle riparazioni) è pari al costo dell'acqua persa. L'*intervallo fra gli interventi*, *Te* (in giorni) si ottiene dalla relazione:

$$CI = CV \cdot V = CV \cdot 0,5 \cdot RR \cdot Te^2 \Rightarrow Te = [CI / (CV \cdot 0,5 \cdot RR)]^{0,5} \quad (1.18)$$

*Te*, espresso in mesi, è pari a:

$$Te = [0,789 \cdot CI / (RR \cdot CV)]^{0,5} \quad (1.19)$$

In sistemi estesi, se *Te* è maggiore di 1 anno, è più logico intervenire su una parte del sistema ogni anno; la *Percentuale Economica di sistema*, *EP*, con *Te* espresso in mesi, è pari a:

$$EP = 100 \cdot (12/Te) \quad (1.20)$$

Il *Budget Annuale per gli Interventi di ricerca perdite* (*ABI*), calcolato in €, è conseguentemente pari a:

$$ABI = EP \cdot CI \quad (1.21)$$

e il *volume annuale delle perdite effettive non rilevate* (*EURL*), cioè la prima delle componenti dello *SRELL*, è:

$$EURL = ABI / CV = EP \cdot CI / CV \quad (1.22)$$

In sostanza i parametri da stimare sono *RR*, *CV* e *CI*, e i valori di *Te*, *EP* e *EURL* sono poco sensibili a non eccessivi errori nella valutazione di questi parametri perché l'esponente delle formule è 0,5.

Nelle aziende grandi dove non esiste la pratica regolare del controllo delle perdite e della misura della portata minima notturna, in prima approssimazione il valore di *RR* può essere posto pari al tasso di crescita del *CARL* dedotto dai *Bilanci Idrici Annuali* disponibili per una serie annuale di lunghezza significativa. Prendendo come valori quello delle perdite effettive all'anno 1 (*RL<sub>1</sub>*) e all'anno finale *N* (*RL<sub>N</sub>*), modificato per tenere conto delle eventuali variazioni di pressioni medie e di numero di allacci (*RL'<sub>N</sub>*), il tasso di crescita delle perdite non riportate è pari a:

$$RR = (RL_1 - RL'_N) / N \quad (1.23)$$

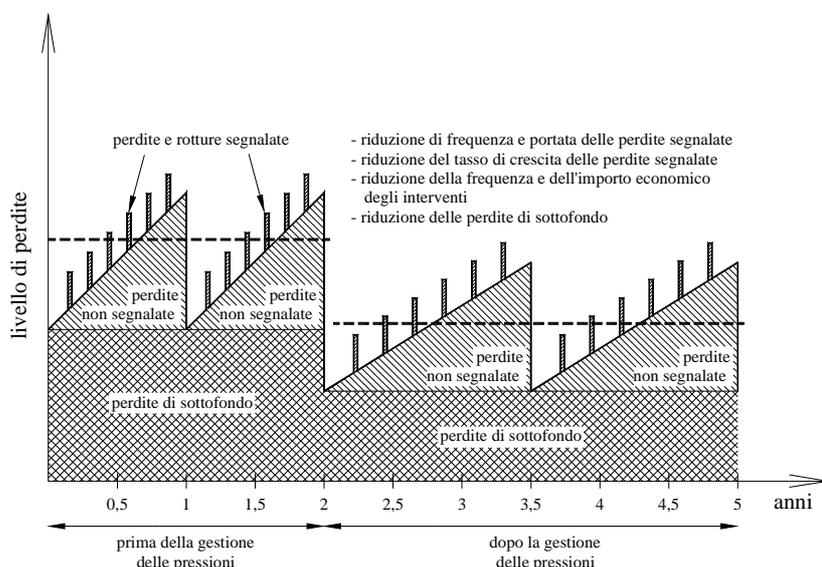
Sempre nel caso che non siano state effettuate le misure della portata minima notturna, ma si disponga dei risultati di una sola campagna di ricerca perdite su tutta o parte della rete, è possibile classificare le perdite, stimarne la portata complessiva ed il tempo in anni nel quale si sono accumulate, e conseguentemente calcolare il valore di  $RR$  per km di rete, applicando, in prima approssimazione, questo valore all'intero sistema. Se si dispone di due o più campagne di ricerca perdite è possibile anche in questo caso classificare le perdite trovate in questo intervallo, stimarne la portata aggregata e dividere per la lunghezza dell'intervallo fra le due campagne per determinare  $RR$ .

La *seconda componente* del  $SRELL$ , cioè il volume perso nelle rotture immediatamente rilevate nelle condotte principali, è stimabile, con una pressione di 50 m, in  $864 \text{ m}^3$  per evento ( $36 \text{ m}^3/\text{h}$  per 1 giorno, o  $12 \text{ m}^3/\text{h}$  per 3 giorni ecc.), mentre quello perso nelle rotture degli allacci è di  $307 \text{ m}^3$  per evento ( $1,6 \text{ m}^3/\text{h}$  per 8 giorni,  $0,8 \text{ m}^3/\text{h}$  per 16 giorni ecc.). I volumi così calcolati possono essere aggiustati per tenere conto delle pressioni reali assumendo una relazione lineare fra perdite e pressioni.

La *terza componente*, ossia il volume perso per le inevitabili perdite di base è calcolabile con la relazione (1.6), modificata per tenere conto delle pressione reale utilizzando un esponente  $FAVAD N_I$  pari a 1,5. Inoltre, poiché le infrastrutture possono essere in condizioni peggiori di quelle ipotizzate nella formula sopra citata e i metodi di controllo attivo delle perdite possono non identificare tutte le perdite potenzialmente rilevabili, è usato un fattore moltiplicativo  $UBLM$  maggiore di 1 (ad esempio in una rete distrettualizzata con continue misure di portata notturna e con campagne di ricerca perdite che usano i correlatori risulta  $UBLM = 1,1$ ). In generale all'aumentare del costo  $CI$  e del rapporto  $CI/CV$  diminuisce la frequenza di intervento ed aumenta il valore dell'  $EURL$ , mentre si riduce il valore dell'  $UBLM$ . Esempi applicativi del calcolo dello  $SRELL$  sono riportati in Lambert e Lalonde (2005).

Come già precedentemente evidenziato, dove esiste una efficiente organizzazione e la gestione della pressione è pratica comune (come in Inghilterra e Galles), il valore dello  $SRELL$  dipende solamente dalla politica di controllo attivo delle perdite  $ALC$ , mentre in molte altre situazioni il ruolo giocato dalla gestione della pressione sul valore dello  $SRELL$  è ancora rilevante. A tal proposito Thornton e Lambert (2005), nel quadro concettuale del  $FAVAD$ , analizzano le basi teoriche e le esperienze di laboratorio e di pieno campo che giustificano la scelta dell'intervallo dei valori dell'esponente  $N_I$  nelle relazioni (1.7) e (1.7a) fra pressione e perdite, e anche di quelli utilizzati per le relazioni fra pressione e consumi civili interni ( $N_I = 0,0$ ) ed esterni ( $N_I = 0,5$ ) alle abitazioni. Lo studio riporta anche alcuni dati rilevati da esperienze di campo dell'esponente della relazione fra pressione e nuove rotture, ma l'intervallo indicato è troppo grande (0,5÷6,5) per consentire conclusioni attendibili. Questa problematica è stata recentemente ripresa da Fantozzi e Lambert (2007), che hanno introdotto nel metodo di calcolo semplificato dello  $SRELL$  una stima degli effetti della pressione sulla frequenza delle rotture differen-

ziata fra condotte principali ed allacci. La Fig. 1.13, dove è rappresentata l'influenza della pressione sulla *SRELL*, evidenzia come la riduzione delle pressioni ha effetti positivi su tutte le componenti del livello economico delle perdite a breve termine.



**Fig. 1.13** Influenza della gestione della pressione sui componenti del livello economico di perdita a breve termine (Fantozzi e Lambert, 2007)

Il risparmio complessivo attribuibile alla pressione è dato dalla somma di tre fattori:

- riduzione del volume perso indotto dal più basso valore dello *SRELL* moltiplicato per il costo dell'acqua persa;
- riduzione dei costi annuali di interventi di ricerca perdite;
- riduzione dei costi annuali di riparazione indotto dalla diminuzione delle rotture e scoppi.

I costi da affrontare per ottenere questi benefici sono quelli indotti dai differenti metodi di controllo delle pressioni, e con questi elementi può quindi essere determinata l'opzione migliore.

Gli effetti della pressione sulle portate delle diverse tipologie di perdite possono essere calcolate con la formula (1.7) utilizzando i seguenti esponenti:

- per le perdite di fondo  $N_f = 1,5$ ;
- per le perdite conseguenti a perdite e scoppi (immediatamente identificati

e non) si può assumere  $N_I = 1$  se non è conosciuta la composizione del materiale e il tipo di perdite;  $1,0 < N_I < 1,5$  se sono predominanti le fessurazioni in materiale plastico;  $0,5 < N_I < 1,0$  se sono predominanti buchi in materiale rigido o in quello plastico in corrispondenza delle giunzioni con le condotte principali.

Da analisi recenti dei dati rilevati in pieno campo (Thornton e Lambert, 2007) si può desumere inoltre che la riduzione del numero di rotture in funzione del decremento permanente  $X$  (%) del valore della pressione massima nel punto mediamente rappresentativo della zona, può in media essere stimata in  $1,4 \cdot X$  (%) come valore medio, con valori compresi fra un massimo  $2,8 \cdot X$  (%), con un limite massimo del 90 %, ed il minimo  $0,7 \cdot X$  (%); viene comunque confermata la mancanza di una significativa correlazione fra la riduzione delle rotture nelle tubazioni principali e quella negli allacci.

Un parametro che può spiegare le differenze di comportamento è la *frequenza di rotture*,  $F_{bo}$ , che si registra nella rete prima della modifica del regime di pressioni.

Il valore di  $F_{bo}$  può essere espresso come multiplo del valore di  $F_{bu}$  della frequenza di rottura relativo al parametro  $U_{ARL}$  per reti in buone condizioni (13 riparazioni/y nelle condotte principali e 3 riparazioni per 1000 allacci/y). Se il rapporto  $F_{bo}/F_{bu}$  è elevato, la riduzione delle rotture indotte dalla pressione si dovrebbe avvicinare ai valori massimi, mentre se è vicino ad 1 la riduzione percentuale tende ad avvicinarsi ai valori minimi o ad essere nulla. In sostanza la riduzione è significativa nelle reti dove la frequenza di rotture è alta, mentre logicamente è molto limitata in quelle già in buone condizioni.

Le variazioni del volume delle perdite rilevate tramite le campagne di ricerca e gli altri parametri utili per l'identificazione di queste politiche di controllo possono essere determinate con le formule (1.18)÷(1.22) in funzione dei costi degli interventi,  $CI$ , del costo variabile dell'acqua,  $CV$ , e del tasso di incremento delle perdite,  $RR$ . Infine le variazioni dei consumi degli utenti possono calcolarsi come già detto con le formule (1.7) con l'esponente  $N_I$  pari a 0,5 per i consumi esterni e 0,1÷0,0 per quelli interni.

Nell'articolo di Fantozzi e Lambert (2007) viene sviluppata una applicazione numerica del metodo proposto, che evidenzia la significativa influenza che può avere il controllo della pressione sul valore di  $SRELL$ . Tuttavia questo metodo semplificato si basa su molte assunzioni che devono essere verificate nelle situazioni specifiche.

La sua utilità è comunque indubbia per l'identificazione di una strategia iniziale nelle situazioni ove la mancanza di informazioni rende impossibile l'applicazione di metodologie più complesse; queste necessitano infatti di molte informazioni e di una contabilità industriale del gestore, la cui riorganizzazione funzionale rappresenta comunque uno degli obiettivi di una strategia di contenimento e controllo delle perdite.

#### 1.4 Condizioni delle infrastrutture e strategia di rinnovo delle condotte

Il fattore primario che influenza il livello economico delle perdite è la condizione generale delle infrastrutture, che dipende sostanzialmente dalla loro storia pregressa e che è difficile modificare senza significativi interventi di rinnovo o riabilitazione delle condotte. Al di là della necessità di procedere ad investimenti concentrati nelle situazioni particolarmente disastrose o a causa di nuovi standard qualitativi connessi a considerazioni di carattere sanitario, anche a regime, assegnando una vita utile media delle tubazioni di 50 anni e quindi un tasso di rinnovo pari al 2% annuo, occorre identificare una efficace strategia nella scelta delle sostituzioni. Un parametro usato per l'identificazione delle condizioni generali delle infrastrutture (Farley e Trow, 2003) è il *Fattore delle Condizioni Infrastrutturali (ICF)*, che è pari al rapporto fra il più basso livello di perdite ottenibili nell'area o distretto e quello indicato in letteratura come valore corrispondente ad una rete in ottime condizioni infrastrutturali. Il fattore *ICF* è sostanzialmente coincidente con l'indice *ILI* precedentemente descritto.

Difficilmente una campagna di rinnovo è giustificabile solamente in base alla necessità di riduzione delle perdite, ma piuttosto per motivi inerenti le condizioni interne che non consentono di assicurare gli standard del servizio in termini di qualità, quantità, pressione e continuità del servizio, o per motivi strutturali che provocano continue rotture per la pressione interna o per carichi esterni. In generale la sostituzione delle condotte se non specificatamente mirata non ha effetto sul livello delle perdite, anzi come già precedentemente evidenziato, l'incremento della pressione indotto dalla sostituzione di quelle principali provoca spesso un incremento delle perdite se non si sostituiscono contemporaneamente gli allacci. In ogni caso qualora le sostituzioni delle condotte siano giustificate da altre considerazioni, la valutazione del livello delle perdite deve essere fatta a valle di questi lavori.

L'analisi delle rotture dimostra che il criterio dell'età delle condotte non è spesso giustificato, e non vi è inoltre evidenza di una significativa correlazione fra la frequenza delle rotture e il livello di perdite di fondo, in quanto le prime tendono a manifestarsi nelle condotte stradali di diametro più piccolo, mentre le seconde nelle grandi condotte e negli allacci.

La strategia di rinnovo delle reti può così essere sintetizzata:

- identificazione delle condotte dove è prioritario il rinnovo, sulla base della storia pregressa espressa come rotture/km/y; per queste condotte va valutata l'opportunità di sostituzione confrontando il suo costo con quello delle continue riparazioni come da teoria dei rinnovi (Cassimatis, 1988);
- classificazione dei distretti sulla base del loro *ICF* (o *ILI*), calcolato dopo che i lavori di controllo delle perdite e riparazione sono stati effettuati;

questa operazione andrebbe fatta con distretti con dimensioni quanto più ridotte possibili;

- applicazione dell'analisi costi-benefici (European Commission, 2002) ad ogni distretto per confrontare la scelta di sostituzione delle condotte con quella di riduzione delle perdite di fondo; in questa analisi vanno prese in considerazione anche gli altri benefici indotti dalla sostituzione come quelli indiretti in termini di miglioramento del servizio per gli utenti e valore del capitale impegnato, per evitare di sopravvalutare i costi attribuibili all'impatto sul livello di perdite.

Non è superfluo ricordare che, per ottenere benefici significativi, oltre alla necessità di sostituire le condotte della rete è opportuno sostituire anche gli allacci; in tale contesto, per evitare che le perdite continuino a verificarsi, le vecchie condotte dovranno essere completamente rimosse e tutti gli allacci staccati e sostituiti utilizzando materiali di elevata qualità.

### **1.5 Il livello economico di perdite nelle analisi a lungo termine e il bilancio offerta-domanda**

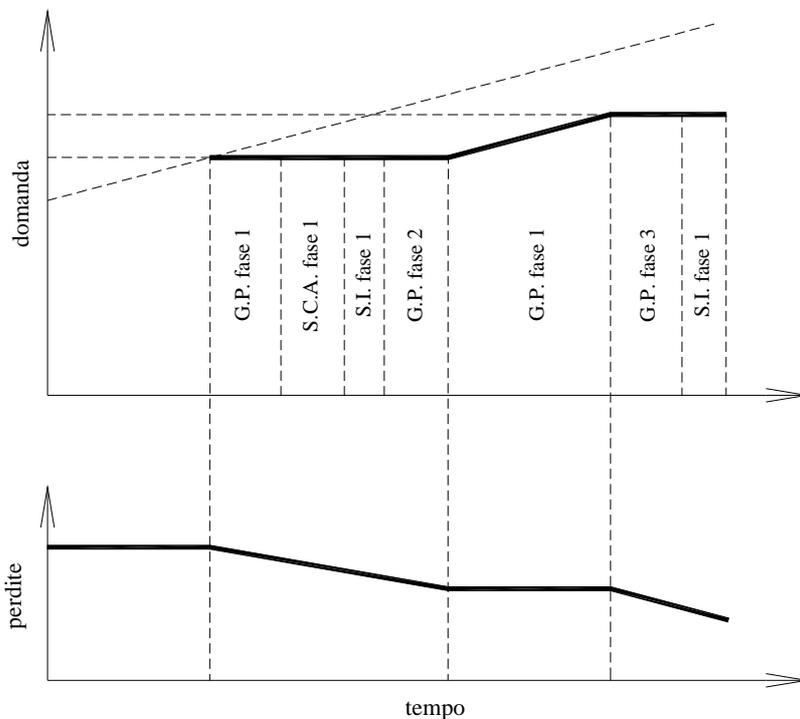
Come già accennato, nelle valutazioni costi-benefici delle alternative perseguibili, gli effetti della riduzione delle perdite nelle reti dovrebbero essere confrontati con gli altri interventi che è possibile perseguire per garantire la domanda complessiva nell'area di riferimento. In questo contesto occorre utilizzare un modello previsionale di domanda a lungo termine attendibile, e in ogni caso questa pianificazione va riverificata ad intervalli regolari (5 anni).

Il calcolo del *livello economico delle perdite nel lungo termine, LRELL*, deve quindi derivare da un modello di ottimizzazione che comprende le misure *supply-side* e *demand-side*. Le opzioni *supply-side* comprendono gli investimenti per lo sfruttamento di nuove fonti o la costruzione di nuovi impianti di trattamento o il potenziamento di impianti esistenti, per la posa di nuove condotte di trasferimento di risorse fra aree limitrofe, o per l'acquisto di risorsa idrica da altri enti di gestione. Le opzioni *demand-side* comprendono nuove strutture tariffarie, l'introduzione generalizzata dei contatori, l'uso di dispositivi per il risparmio idrico, campagne di pubblicità e controllo dedicate alla riduzione degli sprechi.

Le opzioni dovrebbero essere confrontate nei termini del loro costo marginale a lungo termine su un orizzonte temporale di 20÷30 anni. Il rapporto tra il valore attuale netto, VAN, dei costi e quello dei benefici espressi in unità di costo/m<sup>3</sup>, può essere usato per comparare i programmi e le diverse opzioni disponibili.

L'analisi consente di identificare anche la più efficiente progressione delle diverse opzioni ("scheduling"), logicamente con effetti di ogni misura calco-

lati come incrementali rispetto alla situazione conseguente alla messa in pratica delle misure già attivate. Questo tipo di analisi a lungo termine individua il livello economico di perdite e il livello di controllo attivo delle perdite richiesto per ogni fase, rendendo possibile un piano a lungo termine per la gestione delle perdite nell'area che evidenzia come si modifica di conseguenza l'andamento della domanda lorda (Fig. 1.14).



**Fig. 1.14** Modalità di riduzione delle perdite idriche. Nella figura G.P = gestione della pressione; S.C.A. = strumentazioni e controllo automazione; S.I. = sostituzione delle infrastrutture (Farley e Trow, 2003)

## 1.6 Gli obiettivi della ricerca perdite

La definizione degli obiettivi del controllo delle perdite è una decisione complessa che si basa ma non si esaurisce nel calcolo del livello economico di perdita. L'obiettivo complessivo che si prefigge il gestore è dato dall'aggregazione di target specifici stabiliti per ogni area servita, anche se la necessità di perseguire lavorazioni standardizzate in tutta l'azienda può imporre un obiettivo diverso da quello ottimale.

Esistono come già detto fattori esterni che possono modificare l'obiettivo del gestore rispetto all'*ELL*, quali il confronto con i risultati raggiunti da altri gestori e con le statistiche internazionali, le influenze politiche, l'esistenza di normativa cogente o altri fattori determinati l'applicazione di politiche di riduzione delle perdite al di là del livello economico ottimale, in quanto percepite come troppo elevate dai diversi portatori di interessi (governo, clienti, associazioni di categoria ecc.).

Il clima è un altro fattore che può incidere temporaneamente sul livello di perdite; infatti un anno siccitoso può ridurre la disponibilità idrica, incrementando il costo dell'acqua persa e abbassando il valore di *SRELL*, o condizioni climatiche estreme, quali le gelate, possono incrementare il numero di rotture e di conseguenza anche il valore di *SRELL*.

Anche i costi degli interventi di ricerca perdite influenzano il livello di *ELL*. Ad esempio in alcuni paesi ove esiste carenza di personale specializzato, i costi iniziali possono risultare elevati e comportare margini di profitto più alti per le imprese non locali operanti in appalto. Quando il personale locale acquista l'esperienza necessaria, la concorrenza abbassa i costi e anche il livello economico di perdite si riduce. Analogamente, l'utilizzo di nuove tecnologie tenderà a rendere gli interventi di gestione delle perdite più efficaci, riducendo il livello economico di perdite.

Il livello teorico varierà da una regione all'altra e nel tempo, in funzione dei fattori citati. Gli obiettivi di perdite idriche del gestore saranno comunque meno soggetti a tali cambiamenti a breve termine, in quanto è probabile che l'attività di gestione sarà comunque mirata alla riduzione delle perdite a un livello ottimale e sostenibile nel lungo termine.

Comunque va ulteriormente sottolineato che il fattore esterno più significativo che influisce sugli obiettivi di perdita idrica è l'esistenza di un sistema di regolazione efficiente. In Inghilterra e Galles, ad esempio, tutte le società di gestione, di diritto privato, devono presentare un rendiconto annuale all'OFWAT. In Scozia, dove la gestione è pubblica, il Water Industry Commissioner richiede ugualmente rendiconti annuali, e in Irlanda del Nord (dove i servizi idrici sono pubblici) i piani di gestione delle perdite sono soggetti all'approvazione dell'Audit Office governativo. Un altro esempio è il sistema volontaristico che è in vigore negli Stati Uniti per il quale alcune utilities inviano le informazioni sui volumi di consumo e altri dati su base volontaria e non verificata alla American Water Works Association (AWWA).

## **1.7 Un approccio pratico per la definizione della strategia**

Le considerazioni sviluppate nei paragrafi precedenti evidenziano le difficoltà di definire una strategia generale appropriata per la gestione delle perdite idriche nei sistemi di distribuzione idrica. In alcuni paesi, inoltre, i gestori non

ricevono indicazioni precise sulla metodologia da seguire e spesso la struttura organizzativa del settore, quale la frammentazione delle competenze e l'esistenza di molti gestori di piccole dimensioni, non favoriscono investimenti significativi per la gestione delle perdite.

Con riferimento al diagramma di Fig. 1.15, nei sottoparagrafi seguenti sono evidenziate alcune azioni da intraprendere, indipendentemente dalla natura e dalla dimensione del gestore. In aziende idriche di piccole dimensioni queste possono contribuire a definire un programma operativo di gestione delle perdite, mentre in aziende più grandi possono essere utili al management per fissare obiettivi realistici nelle aree gestite.



Fig. 1.15 Strategia generale di gestione delle perdite (Farley e Trow, 2003)

### **1.7.1 Identificazione dei fattori chiave**

Fra i fattori che influenzano l'applicazione di strategie gestionali finalizzate a diminuire le perdite idriche, la normativa cogente o la presenza di regolatori o controllori esterni ed indipendenti sono indubbiamente determinanti. I regolatori usualmente fissano gli obiettivi di miglioramento, lasciando al gestore la scelta dei mezzi per raggiungerli. I dati e le informazioni richieste dall'autorità terza potrebbero riguardare non solamente le perdite, ma anche le modalità di gestione della pressione. Il regolatore potrebbe anche istituire un meccanismo premiante per il raggiungimento degli obiettivi o viceversa una penalizzazione in caso di prestazioni negative.

Una campagna di ricerca perdite può essere attivata o come iniziativa autonoma del gestore in alternativa ad altri interventi per fare fronte a carenze temporanee e/o mantenere nel tempo l'equilibrio domanda-offerta o come iniziativa indotta da considerazioni di efficienza esterne al gestore. In quest'ultimo caso, devono essere fissati contestualmente gli obiettivi e i tempi per il loro raggiungimento. A titolo di esempio, un possibile obiettivo può essere la riduzione delle perdite del 20% in 5 anni o il raggiungimento di un valore di perdite in litri per utenza per giorno entro una data stabilita. La scala temporale deve essere comunque realistica e verosimile.

La gestione delle perdite è comunque un processo faticoso e i progetti finalizzati ad ottenere una sensibile riduzione in breve tempo hanno poche probabilità di successo nel lungo termine. Infatti spesso gli interventi si basano su dati e risultati ottenuti da esperienze realizzate in altre regioni e non sono contestualizzati sul territorio, senza considerare con la dovuta attenzione le esigenze di trasferimento della tecnologia e know-how necessari per il mantenimento nel tempo delle perdite al livello desiderato.

### **1.7.2 Il target temporaneo a medio-lungo termine**

Quando non esistono particolari pressioni interne o esterne ed è presente comunque in un gestore l'intenzione di ridurre le perdite a un livello economico, devono essere fissati obiettivi provvisori a lungo termine, ambiziosi, ma non impossibili da raggiungere. Tali obiettivi possono essere successivamente modificati dal gestore in base alla disponibilità di nuove informazioni. Qualora il target iniziale fosse raggiunto più facilmente del previsto, è opportuno stabilire un livello più basso, compatibilmente con gli ulteriori costi necessari per raggiungerlo.

### **1.7.3 Il target a breve termine**

Il target a breve termine deve essere fissato con riferimento a quello a lungo termine. Un approccio ragionevole deve essere finalizzato a raggiungere tra il 50 e l'80% della riduzione prevista a lungo termine entro 5 anni. Sulla base di

tale scala temporale possono essere decise le strumentazioni necessarie, gli appalti e realizzati gli interventi iniziali.

In quest'ambito, una scala temporale compresa tra i 4 e i 7 anni è da ritenersi ragionevole, una inferiore è un obiettivo troppo ambizioso e una maggiore non risulterebbe economica: i costi relativi alla riduzione delle perdite saranno gli stessi, ma gravati dei costi relativi all'acqua persa dopo il settimo anno oltre il livello minimo fissato. Le perdite tenderanno a ridursi nel tempo seguendo la curva illustrata nella Fig. 1.16.

Una spesa eccessiva nelle fasi iniziali può portare a risultati modesti rischiando la perdita di fiducia dei portatori di interesse. Comunque gli interventi successivi eseguiti dopo il primo biennio provocheranno una riduzione delle perdite che sarà significativa ed apprezzabile nel biennio successivo. Nel periodo finale il tasso di riduzione diminuirà lentamente in conformità con la legge dei rendimenti decrescenti illustrata in precedenza.

In ogni caso le esperienze sviluppate nel Regno Unito dimostrano che è difficile un miglioramento annuo del livello di perdite maggiore del 15%.

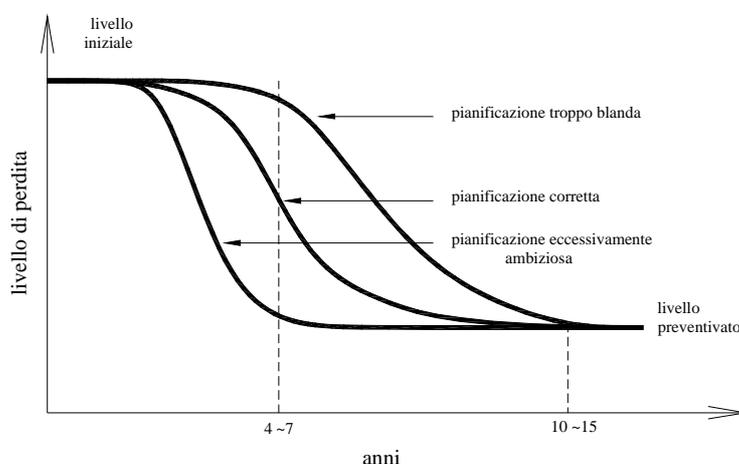


Fig. 1.16 Scale temporali per la riduzione delle perdite (Farley e Trow, 2003)

#### 1.7.4 Le procedure per la raccolta dati

Prima di effettuare investimenti ingenti mirati alla riduzione delle perdite è molto importante definire delle procedure per la raccolta dei dati.

Questi dati appartengono a tre categorie principali:

- *operativi*: livelli di perdita idrica e di pressione di esercizio, informazioni sul funzionamento delle valvole di regolazione della pressione, numero e tipologie di perdite individuate e riparate, ore di personale dedicato alla ricerca perdite, usi industriali dell'acqua;

- *tattici*: limiti fisici delle zone di distribuzione, tipologie delle valvole di regolazione e registrazione delle loro prestazioni, serie storica delle operazioni di manutenzione, informazioni sugli asset acquedottistici;
- *strategici*: volumi immessi in rete, bilanci idrici, risultati di studi e interventi pilota, analisi delle esperienze pregresse, numero delle persone dedicate alla ricerca perdite.

I dati sono normalmente raccolti a livello micro nei distretti di misura, e a livello macro sulla base del bilancio idrico generale. I dati raccolti a livello micro saranno soggetti a una revisione sulla base dei dati raccolti durante l'attività di ricerca perdite o nell'ambito degli studi sulla gestione della pressione e sulla distrettualizzazione. I dati raccolti a livello macro sono in generale aggiornati annualmente utilizzando anche ulteriori fonti di dati quali le statistiche sulla popolazione predisposte a livello nazionale.

La raccolta dati è normalmente organizzata in modo gerarchico, in modo che aggregando i dati relativi ai distretti in una determinata zona sia possibile ottenere una media per quella zona. In modo analogo i dati relativi alla zona possono essere aggregati per ottenere una media per l'acquedotto.

Un'efficiente politica di gestione delle perdite idriche si fonda sull'esistenza di una banca dati che ne consente un'agevole analisi; gli investimenti per software e personale addetto alla gestione delle informazioni possono conseguentemente essere rilevanti. Però in mancanza di idonei sistemi informativi si può correre il rischio che gli investimenti risultino inefficaci e che gli interventi per la ricerca e riparazione delle perdite non siano attuati in modo efficiente. Anche se il costo per la realizzazione di sistemi di gestione dei dati comporta un esborso iniziale notevole, è prevedibile nel lungo termine un ritorno positivo su tale investimento.

### 1.7.5 Valutazioni di efficacia della strategia

La strategia di gestione delle perdite applicata dal gestore deve essere tenuta costantemente sotto controllo e deve essere sottoposta ad una verifica almeno annuale. Tale verifica, affidata al management interno spesso affiancato da consulenti esterni, riguarda lo stato di avanzamento in relazione al target, i cambiamenti nel target in corso d'opera dovuti alle conoscenze acquisite, le modifiche delle ipotesi di base iniziali, gli investimenti realizzati.

Al fine di garantire efficacia ed efficienza, l'adozione di un programma di riduzione delle perdite idriche deve comprendere anche un *riesame della struttura organizzativa* ed eventuali cambiamenti della stessa in funzione delle nuove esigenze del programma di gestione delle perdite. Tale struttura prevede di solito la nomina da parte della direzione aziendale di un *responsabile della gestione delle perdite idriche*, nominato per tutta la durata delle attività con il compito di definire il programma di riduzione compatibilmente con le strategie della direzione stessa. Il responsabile ha funzioni di punto di riferi-

mento per le attività di ricerca perdite e deve essere in grado di coordinare i diversi aspetti del programma.

La gestione delle perdite si articola comunque in due fasi, che è bene tenere distinte, anche se le due fasi possono coesistere ed operare sinergicamente nella stessa organizzazione.

La *fase di riduzione delle perdite* fino a un target stabilito deve essere considerata come un progetto che richiede investimenti da gestire in modo simile alla costruzione di nuovi impianti. La gestione del progetto richiede capacità di project management e il responsabile non deve essere necessariamente un esperto in perdite idriche. Il gruppo di lavoro può comprendere esperti o consulenti esterni, nonché lo staff operativo responsabile del mantenimento del livello di perdite raggiunto.

Viceversa, la *fase di mantenimento delle perdite* al livello raggiunto dovrebbe essere gestita dal personale addetto alla gestione del servizio. In questa fase c'è meno necessità di un responsabile che si occupi unicamente della gestione delle perdite ed è opportuno che, se la società è di idonee dimensioni, sia presente un coordinatore che garantisca l'applicazione di strategie coerenti nell'area oggetto di intervento.

### **1.7.6 Analisi della situazione iniziale ed interventi pilota**

Un elemento essenziale della strategia di gestione delle perdite è la comprensione da parte del gestore del proprio punto di partenza.

Le metodologie per una valutazione migliore delle perdite effettive comprendono la verifica dell'acqua distribuita immessa in rete con il confronto dei dati sulle perdite nei distretti di misura con i volumi immessi nella rete, lo studio dei consumi pro-capite, il censimento delle utenze, la valutazione dei consumi idrici non domestici e dei volumi persi per esigenze operative. Dopo tali valutazioni preliminari è possibile procedere alla realizzazione di interventi pilota allo scopo di dimostrare i benefici derivanti dall'applicazione della metodologia in una piccola zona, prima di estendere gli stessi su tutta la rete. In una fase iniziale, quando è possibile, è opportuno realizzare degli interventi di prova per illustrare le tecniche e indurre alcuni benefici derivanti dalla riduzione delle perdite. Gli interventi non devono essere considerati in modo avulso rispetto al programma generale di riduzione delle perdite, ma pianificati come parte integrante del programma e realizzati dallo stesso gruppo di lavoro preposto. Gli interventi pilota possono riguardare un aspetto particolare del programma di gestione delle perdite, come il controllo della pressione o testare la strategia globale di gestione in una zona limitata.

### **1.7.7 Le modalità di finanziamento**

Un programma di riduzione delle perdite deve comprendere una valutazione accurata dei fondi connessi necessari. Anche se l'obiettivo di riduzione delle

perdite comporta dei risparmi, occorre spesso prevedere finanziamenti iniziali finalizzati ad ottenere delle economie a lungo termine, talvolta su un orizzonte temporale di un ventennio.

I fondi necessari possono provenire da finanziamenti pubblici a fondo perduto cioè a valere sulla fiscalità generale o alternativamente a valere sulla leva tariffaria, cioè derivare da prestiti dal sistema bancario o in autofinanziamento, rinunciando a parte del profitto, durante il periodo di attuazione del programma di riduzione delle perdite. Un ulteriore aspetto da considerare riguarda l'impatto della riduzione delle perdite sulle entrate tariffarie del gestore: se tutte le utenze sono misurate ed il contenimento delle perdite comporta anche una riduzione dell'acqua persa negli allacci privati, potrebbero essere riviste le tariffe applicate. In particolare questo elemento di valutazione è molto importante quando il servizio idrico è affidato in concessione di gestione e viene remunerato con le entrate tariffarie generate dalla domanda degli utenti. In questi casi l'impatto sulle entrate deve essere valutato prima dell'adozione del programma di riduzione delle perdite.

Per queste ragioni è importante che i finanziatori del programma di gestione delle perdite coinvolgano fin dalle fasi iniziali i responsabili finanziari del gestore, in quanto la soluzione degli aspetti legati al finanziamento del programma può richiedere altrettanto tempo e impegno degli aspetti tecnici.

## **1.8 Attuazione della strategia**

Una strategia di gestione delle perdite idriche si compone delle fasi di comprensione, quantificazione, definizione dei target, attuazione, monitoraggio e mantenimento. Non esiste comunque un approccio standard o una strategia tipo, ma dovrà essere adattata al contesto specifico di ogni zona della rete acquedottistica ed integrata con gli altri interventi per tenere sotto controllo le diverse perdite, quali quelle nelle condotte di adduzione e nei serbatoi. La strategia deve tener conto anche della formazione del personale e dell'attrezzatura da utilizzare, ed essere accompagnata da una efficace comunicazione interna ed esterna

Infatti l'aspetto più importante relativo ad una strategia di gestione delle perdite è il fatto che sia compresa e condivisa da tutte le parti interessate, ed è indispensabile ottenere l'impegno e la cooperazione del personale di diversi servizi e nelle diverse sedi. A tal fine è opportuno organizzare seminari, corsi esterni o interni, e articoli su riviste aziendali per promuovere la strategia.

È altresì importante prevedere idonee iniziative di pubbliche relazioni per promuovere l'immagine del gestore sulle testate locali, articoli tecnici su pubblicazioni commerciali, pubblicità e predisposizione di brochure informative destinate ai clienti. In questo contesto potrà essere utile creare una linea telefonica dedicata alla segnalazione delle perdite evidenti pubblicizzandone

il numero telefonico sui veicoli aziendali e sui quotidiani.

È improbabile che all'inizio di un programma di riduzione delle perdite il gestore disponga di un numero di persone adeguato con le necessarie competenze ed esperienza. La strategia da adottarsi dovrebbe quindi valutare quali fasi del lavoro richiedono supporto esterno nonché idonee procedure da adottare per il loro svolgimento. Considerato che un rinnovo annuale del contratto di appalto porta generalmente a inefficienze dovute alle fasi di start up e chiusura dei lavori, un obiettivo a lungo termine dovrebbe essere gestito con procedure di affidamenti caratteristici di attività di durata superiore a due anni. In quest'ambito è importante verificare l'esperienza di consulenti e delle imprese nonché la loro disponibilità di risorse finanziarie ed umane.

## 1.9 Lista dei simboli e degli acronimi

*In questo capitolo sono stati impiegati i seguenti simboli e acronimi:*

<i>A1, A2</i>	=	coefficienti dell'equazione (1.9);
<i>ABI</i>	=	budget annuale per gli interventi di ricerca perdite;
<i>ALC</i>	=	controllo attivo delle perdite;
<i>BABE</i>	=	burst and background estimates;
<i>C</i>	=	costo;
<i>CARL</i>	=	volume attuale di perdite effettive;
<i>CI</i>	=	costo dell'intervento di ricerca perdite;
<i>CV</i>	=	costo variabile dell'acqua persa;
<i>EIF</i>	=	frequenza economica ottimale di intervento;
<i>ELL</i>	=	livello economico ottimale di perdite;
<i>EP</i>	=	percentuale economica di sistema;
<i>EURL</i>	=	volume annuale delle perdite effettive non rilevate;
<i>Fbo</i>	=	frequenza di rotture prima della modifica del regime di pressioni;
<i>Fbu</i>	=	frequenza di rotture per reti in buone condizioni;
<i>ICF</i>	=	fattore delle condizioni infrastrutturali;
<i>ILI</i>	=	indice di perdite della infrastruttura;
<i>k</i>	=	coefficiente dell'equazione;
<i>L</i>	=	livello di perdite;
<i>l</i>	=	lunghezza;
<i>LRELL</i>	=	livello economico delle perdite nel lungo termine;
<i>Mc</i>	=	costo marginale dell'acqua;
<i>NI</i>	=	coefficiente dell'equazione (1.7);
<i>Nc</i>	=	numero di allacci;
<i>NDF</i>	=	fattore che trasforma la perdita notturna in perdita media
<i>NFLT</i>	=	perdite notturne nelle reti;

<i>NFN</i>	=	portata minima notturna;
<i>p</i>	=	pressione media;
<i>pt</i>	=	percentuale delle tubazioni rigide;
<i>Q</i>	=	portata;
<i>RL</i>	=	valore delle perdite effettive;
<i>RL'</i>	=	valore delle perdite effettive, modificato per tenere conto delle variazioni di pressioni medie e di numero di allacci;
<i>RR</i>	=	tasso medio di incremento delle perdite;
<i>SRELL</i>	=	livello economico di perdite a breve termine;
<i>T</i>	=	tempo;
<i>Te</i>	=	intervallo fra gli interventi;
<i>UARL</i>	=	volume annuale di perdite effettive inevitabili;
<i>UBL</i>	=	perdita di base inevitabile;
<i>UBLM</i>	=	fattore moltiplicativo delle perdite inevitabili;
<i>V</i>	=	volume perso;
<i>VAN</i>	=	valore attuale netto;
<i>X</i>	=	decremento permanente percentuale del valore della pressione massima nel punto mediamente rappresentativo della zona;

#### ***Pedici***

<i>0</i>	=	fisso;
<i>a</i>	=	attuale;
<i>at</i>	=	controllo attivo delle perdite;
<i>b</i>	=	livello base;
<i>p</i>	=	livello passivo;
<i>pl</i>	=	pubblico;
<i>pr</i>	=	privato.

#### **Bibliografia**

- Cassimatis P., 1988, *A concise introduction to engineering economics*, E & FN Spon, Londra.
- European Commission, 2000, *Water framework directive 2000/60/CE*, Brussels.
- European Commission, 2002, *Guide to cost-benefit analysis of investment projects*, Evaluation Unit, DG Regional Policy, Brussels.
- Fantozzi M. e Lambert A.O., 2007, *Including the effects of pressure management in calculations of short-run economic leakage levels*, Proc. of IWA Special Conference 'Water Loss 2007', Bucarest.

- Farley M. e Trow S., 2003, *Losses in water distribution networks. A practitioner's guide to assessment, monitoring and control*, IWA Publishing, Londra.
- Gledhill, E.G.B., 1957, *An investigation of the incidence of underground leakage and an improved method of waste control*, «Journal of the Institution of Water Engineers», Londra, 11, 117.
- Lambert A.O. e Fantozzi M., 2005, *Recent advances in calculating economic intervention frequency for active leakage control, and implications for calculation of economic leakage levels*, «Wat. Sci. Tech. Water Supply Journal», 5(6), pp. 263-271.
- Lambert A.O. e Lalonde A., 2005, *Using practical predictions of economic intervention frequency to calculate short-run economic leakage level, with or without pressure management*, Proc. of IWA Specialised Conference 'Leakage 2005', Halifax.
- Ortolano L., 1996, *Environmental regulation and impact assessment*, John Wiley & Sons, New York.
- Parry J., 1881, *Water – its competition, collection and distribution*, Frederick Warne, Londra.
- Pearce D.W., Mourato S. e Atkinson G., 2006, *Recent development in environmental cost-benefit analysis*, OECD Publishing, Parigi.
- Shore D.G., 1988, *Economic optimisation of distribution leakage control*, «Journal of the Institution of Water and Environmental Management», Londra, 2(5), pp. 545-551.
- Technical Group on Waste of Water, 1985, *Leakage control policy and practice*, Standing technical committee report no.26, Londra, WAA/WRC.
- Thornton J. e Lambert A., 2005, *Progress in practical prediction of pressure: leakage, pressure: burst frequency and pressure: consumption relationships*, Proc. of IWA Special Conference 'Leakage 2005', Halifax.
- Thornton J. e Lambert A., 2006, *Managing pressures to reduce new break frequencies, and improve infrastructure management*, «Water 21», IWA Publishing.
- Thornton J. e Lambert A., 2007, *Pressure management extends infrastructure life and reduces unnecessary energy costs*, Proc. of IWA Special Conference 'Water Loss 2007', Bucarest.
- Thuesen G. J. e Fabrycky W.J., 1994, *Economia per Ingegneri*, Il Mulino, Bologna.
- Turner R.K., Pearce D.W. e Bateman I., 2003, *Economia ambientale*, Il Mulino, Bologna.

Waldron T. e Wiskar D., 2004, *Managing and reducing losses from water distribution systems: manual 3 – The economics of water loss management*, Queensland Environmental Protection Agency and Wide Bay Water, Queensland, Australia.

WSA/WCA Engineering and Operation Committee, 1994, *Managing leakage: full set of reports; Report C: Setting economic leakage targets*, WRc/WSA/WCA Publications, Londra.

Young R. A., 1996, *Measuring economic benefits for water investments and policies*, World Bank, technical paper n.338, Washington D.C.