Patologie delle reti fognarie italiane[1]

1. Introduzione

In Italia stiamo attraversando una fase di revisione della politica del disinquinamento. Si può infatti considerare esaurita la funzione della legge Merli del 1976, che ha avuto il pregio di avviare la realizzazione su grande scala di sistemi di depurazione, ma che ha mostrato i suoi limiti in termini di efficacia nella protezione delle risorse idriche e in termini di efficienza economica nei rapporti fra costi sostenuti e benefici effettivi.

I Piani di risanamento regionali, approvati con leggi regionali, non sono mai stati recepiti in un Piano di risanamento nazionale; questo, fra le altre cose, ha generato un conflitto, di non secondaria rilevanza, fra Magistratura e Amministrazioni locali, nell'interpretazione delle leggi nazionali e regionali in materia di inquinamento; questo conflitto di fatto non permette di affrontare i problemi veri con la necessaria serenità.

Vi è peraltro un fervore di iniziative per una nuova politica ambientale che, come in tutti i momenti di transizione, prendono a volte direzioni estremistiche.

Fra l'altro è in vigore la direttiva comunitaria 91/271/CEE sui limiti di accettabilità degli scarichi liquidi che prevede la definizione da parte degli stati membri di "aree sensibili" cui applicare limiti differenziati. In Italia questa direttiva non è ancora applicata (la data limite era fissata al 30 giugno 1993); ma la L. 36/94 (art. 7) ne prevedeva l'attuazione entro gennaio 1995.

Il recente decreto legge n. 629 del 16/11/94 assegna ai Piani di risanamento regionali il compito di attuare la direttiva e permette agli Enti gestori di elevare la tariffa per far fronte agli investimenti.

Nel campo delle fognature (intendendo con questo il complesso di reti di raccolta e impianti di depurazione delle acque usate) vi è dunque un generale ripensamento sia sulla identificazione della reale incidenza delle varie origini dell'inquinamento, sia sull'efficacia dei sistemi di trattamento convenzionali.

Si è constatato infatti che l'entrata in funzione degli impianti di depurazione non ha generalmente migliorato di molto la qualità delle acque superficiali; in proposito si possono fare le seguenti considerazioni:

- la costruzione di fognature e impianti centralizzati convenzionali ha prodotto la concentrazione di scarichi residui ad alta richiesta di ossigeno in pochi punti ricettori;
- è stata rilevata l'incidenza pesante degli sfiori di fognature miste, degli scarichi delle fognature bianche, del cosiddetto inquinamento diffuso urbano, ovvero del dilavamento delle superfici pavimentate (1/4 del carico urbano complessivo);
- si sono evidenziati gli effetti dell'inquinamento agricolo e zootecnico;
- sono stati rilevati i limiti tecnologici ed economici degli impianti di depurazione convenzionali, i problemi legati alle diseconomie di scala e alla scarsa affidabilità delle reti complesse di trasporto dei liquami verso la depurazione;
- si è constatata la modesta capacità di autodepurazione (o rigenerazione) nei corsi d'acqua rivestiti in pietrame o calcestruzzo per scopi di difesa idraulica, e quindi privati della loro vegetazione ripariale;
- rimane sostanzialmente non risolto anche il problema dello smaltimento dei fanghi residui.

In questa relazione ci si limita a svolgere un esame delle patologie tipiche delle reti fognarie italiane, con lo scopo di facilitarne una corretta diagnosi e quindi una conseguente adeguata terapia. O meglio ancora per stimolare l'attuazione della migliore terapia, che è la prevenzione.

Guido Zanovello (Studio Altieri)

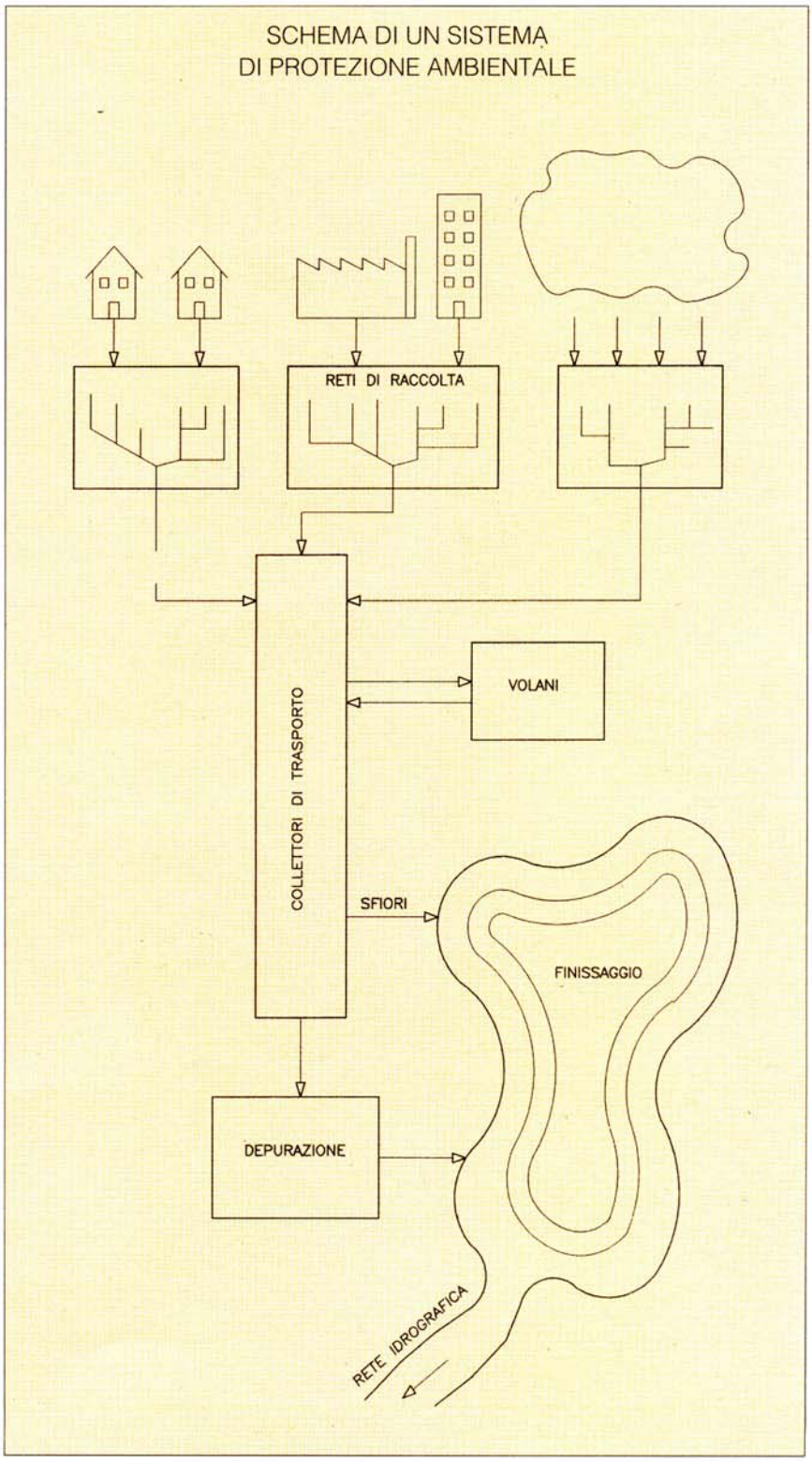
(1) (Estratto dalla relazione per il corso di istruzione organizzato da TECHWARE Italia a Genova il 5-6 dicembre 1994: "Infrastrutture delle reti fognarie nell'Europa meridionale - colmare il divario"

2. Definizione di fognatura

Prima di affrontare l'argomento è bene porsi la domanda: cos'è veramente una rete di fognatura.
È un tassello di un sistema complesso di disinquinamento o protezione ambientale per aree che scaricano acque usate, e che comprende:

- opere di allacciamento, collegamenti con i produttori di scarichi liquidi (acque usate o pluviali)
- condotte di trasporto di vario ordine e modo di funzionamento
- sistemi capacitivi (volani)
- sfiori dei superi (valvole di sicurezza della rete)
- impianti di trattamento o riduzione delle concentrazioni di inquinanti
- sistemi più o meno naturali di finissaggio dei carichi residui

Il sistema non finisce con lo scarico del depuratore in un corso d'acqua.
Nel corpo idrico naturale avvengono infatti complessi fenomeni chimico fisico biologici che possono avere evoluzioni positive, ma anche negative, sulla qualità ambientale (anossia, eutrofizzazione).
Del resto anche la fognatura non è solo un sistema di trasporto inserito in un sistema di disinquinamento, ma è anche essa stessa un reattore chimico fisico biologico.
Tipico esempio sono le fognature di Venezia centro storico costituite da "gattoli" a fondo piatto, dove i liquami sedimentano e i fanghi fermentano, mentre i periodici flussi di marea provvedono agli espurghi.
La fognatura non è pesantemente soggetta alle leggi dell'economia di scala come gli impianti.
È però estremamente costosa e quindi richiede accurate analisi economiche prima, e attenta manutenzione poi.
È un'opera a bassa tecnologia, che però richiede elevate conoscenze tecnologiche.



• *Figura 1*

3. Patologie delle reti fognarie italiane

Distinguiamo tre tipologie fognarie:

a) fognature prevalentemente unitarie delle grandi città, come Milano, costruite in modo sistematico nel secolo scorso e agli inizi del '900 con criteri "europei";
b) fognature costituite da "tombinamenti", ovvero copertura di fossati già recapito di scarichi di acque usate, costruiti in modo non sistematico per tamponare problemi locali, e collegati poi fra loro o intercettati senza verifica per il trasporto a depurazione;
c) fognature recenti costruite in base a progetti generali in aree prima prive di sistemi di allontanamento delle acque usate.

Ci occuperemo in particolare delle patologie della seconda e della terza tipologia, osservando che la prima causa di inefficienza per entrambe sta negli allacciamenti.
Nel caso dei vecchi tombinamenti manca totalmente il controllo delle immissioni in fognatura, per cui si riscontrano spesso immissioni di acque esterne (fossi o rii di versante con il loro trasporto solido), o quanto meno non si conoscono i dispositivi di scarico delle utenze (presenza o meno di fosse biologiche, condensagrassi, acque pluviali o di falda).
Nel caso delle fognature recenti mancano in buona misura gli allacciamenti stessi (vi sono casi che arrivano al 90%), non essendoci per lo più incentivo o motivazione per il privato a spendere cifre ragguardevoli per l'allacciamento (mediamente 6-7 milioni per utenza).
(del resto non sono molti anni che per le nuove urbanizzazioni vengono rese obbligatorie le reti fognarie).
Non si fa distinzione nel seguito fra fognature separate e unitarie, le cui patologie sono simili, né si danno indicazioni a favore dell'uno o dell'altro sistema, essendo la scelta determinata prevalentemente da fattori locali.

3.1. I difetti evidenti

Sono quelli a effetto immediato che si manifestano con conseguenze ben visibili lungo le reti fognarie e già poco dopo la costruzione.
Vengono messi in evidenza per lo più già in fase di collaudo, ma non vengono generalmente corretti e si traducono semplicemente in detrazioni sul compenso alle imprese costruttrici.
Si possono dividere tipicamente in:

a) caratteristiche insufficienti dei materiali utilizzati:

Si riscontrano spesso materiali inadatti alle sollecitazioni meccaniche e all'aggressione chimica, con conseguenti collassi statici; a volte anche un solo componente è inadeguato (ad esempio la guarnizione di un tubo) e il difetto di questo rende difettoso tutto il sistema, con la conseguenza più frequente di infiltrazioni dalla falda.
Trattandosi di opere soggette a forti e a volte imprevedibili sollecitazioni (ad esempio un nuovo scavo a fianco) deve essere applicato un congruo coefficiente di sicurezza, e non si deve lesinare sulla qualità di tutti i componenti (guarnizioni, pozzetti, rivestimenti), che oltretutto hanno una scarsa incidenza sul costo complessivo.

b) difetti di costruzione

Le fognature sono opere ad esecuzione effimera, con cantieri mobili, non più accessibili dopo la costruzione. L'ambiente di lavoro disagevole costringe a operazioni rapide e con scarsa possibilità di controllo. Si riscontrano quindi generali difficoltà a mantenere la pendenza di progetto; inoltre si manifestano cedimenti differenziali, in particolare in corrispondenza dei pozzetti, che generano crepe, con conseguenti perdite o infiltrazioni, e alterazioni delle pendenze. E così in buona parte delle fognature delle città di pianura ci si ritrova con portate di infiltrazione di falda mediamente pari alle portate nere, con punte fino a 10 volte la portata nera. Il che può essere anche un vantaggio ai fini della pulizia delle condotte, ma determina notevoli problemi alla depurazione (soprattutto di denitrificazione). Si è constatato, anche per le fognature recenti, che solo 1/10 delle prove di collaudo "serie" hanno dimostrato la tenuta idraulica delle tubazioni.

c) deficienze di manutenzione

Le condotte fognarie richiedono frequenti pulizie se non sono progettate ed eseguite rispettando le regole dell'idrodinamica. Tali operazioni peraltro non vengono eseguite in modo sistematico, ma quasi sempre su segnalazione di gravi inefficienze. La mancata pulizia determina dunque depositi di sedimenti, spesso cementati, che arrivano a riempire fino a 3/4 della sezione prima che venga programmato l'intervento.
Altro punto debole della manutenzione sono le caditoie stradali al cui intasamento sono da attribuire molti allagamenti di aree limitate. Un grave problema è la manutenzione dei calcestruzzi e delle carpenterie metalliche dei manufatti collegati alla rete fognaria.

3.2. I difetti traslati

Hanno conseguenze non immediate ovvero traslate nello spazio a monte o a valle o in altri settori dell'ambiente, o si traducono in oneri di gestione. Si possono classificare tipicamente in:

a) difetti di pianificazione

Derivano in primo luogo da una insufficiente analisi delle alternative e degli effetti indotti, non solo per quanto riguarda i sistemi fognari propriamente detti, ma soprattutto per quanto riguarda le diverse possibili opzioni per il controllo della qualità ambientale.
Ci si trova così a volte con opere inutili (reti estese in aree a bassa concentrazione) o, al contrario, di efficacia eccessiva in rapporto alle necessità, a causa della indefinitezza degli obiettivi (trattamenti spinti in aree non sensibili). L'attuale legislazione del resto non aiuta nella scelta di soluzioni equilibrate. Conseguenze tipiche di questo sono, da una parte l'aggravamento degli effetti dell'inquinamento a valle dello

scarico finale dei sistemi di disinquinamento di vaste aree, dall'altra i costi di gestione unitari eccessivi nelle aree fognate aventi un basso numero di utenti.

b) difetti di progettazione

Ci si riferisce in particolare alle fognature recenti, costruite nel secondo dopoguerra. Quelle più vecchie sono nate in effetti come fognature bianche, per le quali la pendenza di fondo aveva rilevanza solo come pendenza motrice.

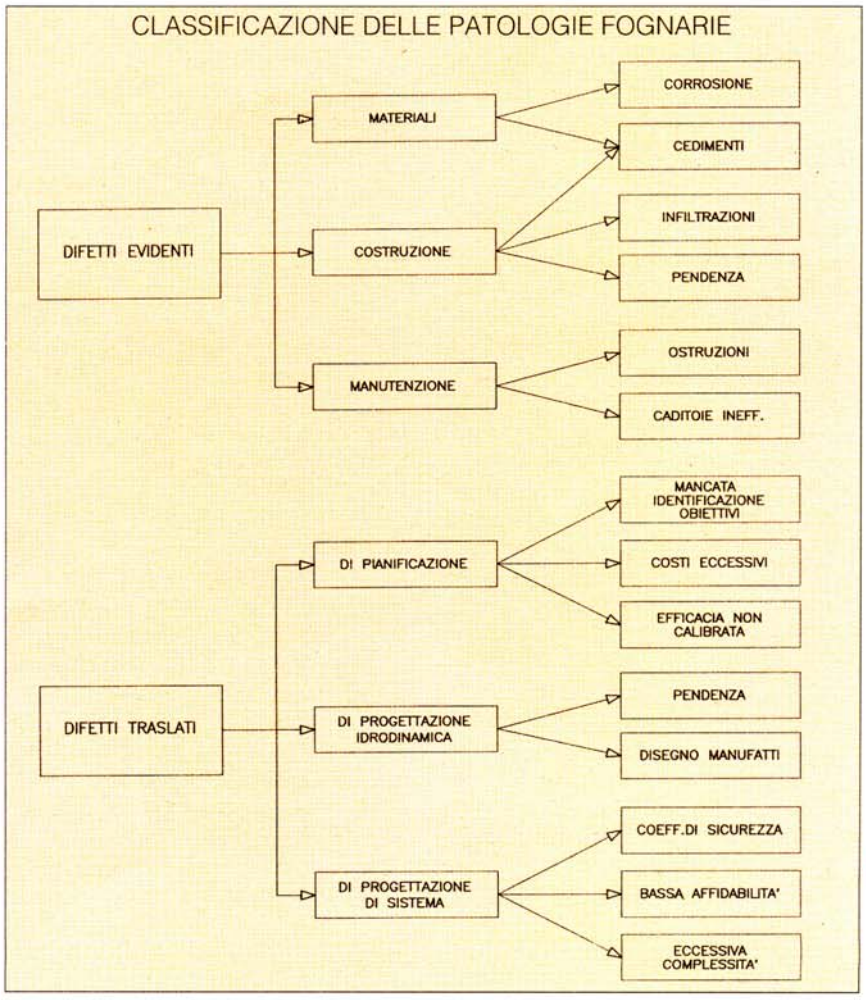
Le fognature recenti si chiamano "dinamiche", ma spesso trascurano proprio la proprietà che permette loro di trasportare la miscela liquido-solidi, ovvero la forza di trascinamento al fondo ($t = g * Rh * i$), che non dipende solo dalla pendenza (e non è legata a una velocità fissa, come riportano molti manuali). Non si tiene conto dell'intermittenza delle portate (la punta diurna arriva a 2,5 volte la media, mentre il minimo notturno scende a meno di 0,4 volte la media) e si tende ad adottare pendenze univoche. Per le fognature unitarie questo significa violente pulizie nelle fasi iniziali delle piene, con sovraccarico di sedimenti allo sfioro.

Altri tipici errori "idraulici" sono:

- le discontinuità di sezione nei pozzetti di linea, che provocano rotture del flusso di magra e quindi depositi (che vengono poi mobilizzati in piena), e perdite di carico in piena con riduzione della pendenza motrice effettiva (in presenza di sbocchi e imbocchi bruschi in pozzetti di lato pari 1,5 volte il diametro le perdite concentrate sono circa $(0,30+0,15) * v2/2g$ ogni circa 50 m, il che determina una pendenza efficace minore di quella di fondo ($Ieff = 0,7 * If$) e una portata effettiva minore di quella di dimensionamento ($Qeff = 0,8 * Qd$);
- il mancato disegno idrodinamico dei pozzetti di confluenza, che provoca rigurgiti ed effetti tappo, con riduzioni della pendenza utile dovuti alla dissipazione del termine cinetico dell'energia;
- il modesto margine di sicurezza ammesso per evitare il funzionamento a sezione piena (o a pressione) di fognature dimensionate per funzionare a pelo libero; l'inconveniente più grave è che quando la condotta passa da moto a pelo libero a moto a sezione piena la portata diminuisce bruscamente (del 7%) e si genera un'onda di risalita verso monte e un rigurgito che riduce la pendenza motrice, ovvero la incrementa per moto a pressione del 15% (in questi punti si verificano gli allagamenti), mentre a valle la portata si riduce e il livello scende (molti fenomeni di allagamento di zone circoscritte in aree fognate con tubi di elevata pendenza sono attribuibili a questa causa).

Errori di sistema sono:

- la bassa affidabilità: le fognature hanno un tipico schema ad albero con componenti non interconnesse e non dotate di ridondanza propria (anche se possono essere intrinsecamente sicure quando sono di grosso diametro in rapporto alle necessità);
- l'eccessiva complessità: si osservano spesso complessi intrecci di tubazioni e nodi idraulici con entrate e uscite multiple, che non facilitano la gestione; si tende inoltre ad abbondare di impianti di sollevamento in serie ubicati secondo il criterio della limitazione della profondità di scavo, senza studiare possibili alternative (peraltro gli impianti di sollevamento opportunamente ubicati possono diventare anche utili strumenti per il lavaggio delle condotte a valle).



• *Figura 2*

3.3. Le cause

Le cause si possono ascrivere in buona misura a carenze di ordine culturale che si manifestano, da una parte in una scarsa sensibilità dell'opinione pubblica nei confronti dell'opera di fognatura in sè e della prevenzione dell'inquinamento (la fognatura è vista come un modo di "seppellire" il problema, senza particolare interesse per quanto accade sottoterra e l'attenzione si limita agli effetti macroscopici a valle), dall'altra nella eccessiva settorializzazione degli addetti ai lavori (idraulici, impiantisti, biologi, urbanisti), non abituati al lavoro interdisciplinare.
Una conseguenza sono anche le scarse risorse dedicate in fase di progettazione alla conoscenza preliminare del sottosuolo (geotecnica, altri sottoservizi), nonché la scarsa attenzione ai problemi della successiva gestione (abuso di tecnologie complesse).
Si tende inoltre a risparmiare sui materiali per tubazioni, non considerando che il costo del materiale è quasi sempre la parte più modesta del costo complessivo di una fognatura.
Si constata poi frequentemente una rapida perdita delle conoscenze sulla geometria delle reti dopo la loro costruzione; la cartografia non viene archiviata in modo sistematico, le ispezioni non vengono proseguite dopo il collaudo, i chiusini dei pozzetti vengono conglobati nel manto stradale alla prima asfaltatura.

4. Metodi di diagnosi delle patologie fognarie

Il difetto di conoscenza della geometria, dello stato e della fisiologia delle reti è la principale patologia delle fognature.
La conoscenza va quindi ricercata con priorità e con l'uso di strumenti e metodi adeguati.

4.1. Strumenti

Può essere utile procedere in modo graduale e per approfondimenti successivi, dato il costo e la difficoltà dei rilievi di opere sotterranee. Si può procedere secondo la seguente sequenza:
- ricostruzione sommaria su cartografia (possibilmente in scala 1:500) della geometria della rete sulla base di informazioni di varia provenienza;
- controllo sul campo dell'esistenza di manufatti singolari (impianti di sollevamento, sfiori, vasche);
- apertura e rilievo di pozzetti di nodo o di linea significativi (controllo per campioni);
- ripristino dei chiusini di ispezione;
- verifica per campioni dei materiali e dello stato di conservazione;
- uso delle nuove tecniche geofisiche (georadar) per l'individuazione di tubazioni come discontinuità di massa sotterranee;
- ispezioni televisive (previa eventuale pulizia delle condotte) con georeferenziazione dei tracciati;
- identificazione degli allacciamenti e delle caditoie;
- campagne di misura e analisi di qualità dei flussi in condotta.

Già con queste operazioni si ottengono dei risultati importanti: la pulizia delle condotte, l'ispezionabilità, la strumentazione di monitoraggio.

4.2. Modelli

L'analisi delle possibili terapie passa attraverso la modellizzazione.
Il primo modello è costituito dal data base georeferenziato (GIS) frutto della ricostruzione cartografica, delle indagini e dei rilievi di campagna.
Per le simulazioni sono di uso normale i modelli di propagazione di piena in moto vario per la verifica delle condizioni idrauliche critiche.
Interessa però anche la verifica idrodinamica in condizioni di flusso minimo e la verifica dell'evoluzione dei parametri qualitativi che possono compromettere la conservazione dei manufatti (H_2SO_4) o lo stato aerobico dei liquami (ossigeno disciolto).
Servono quindi modelli articolati.

4.3. Valutazione della criticità

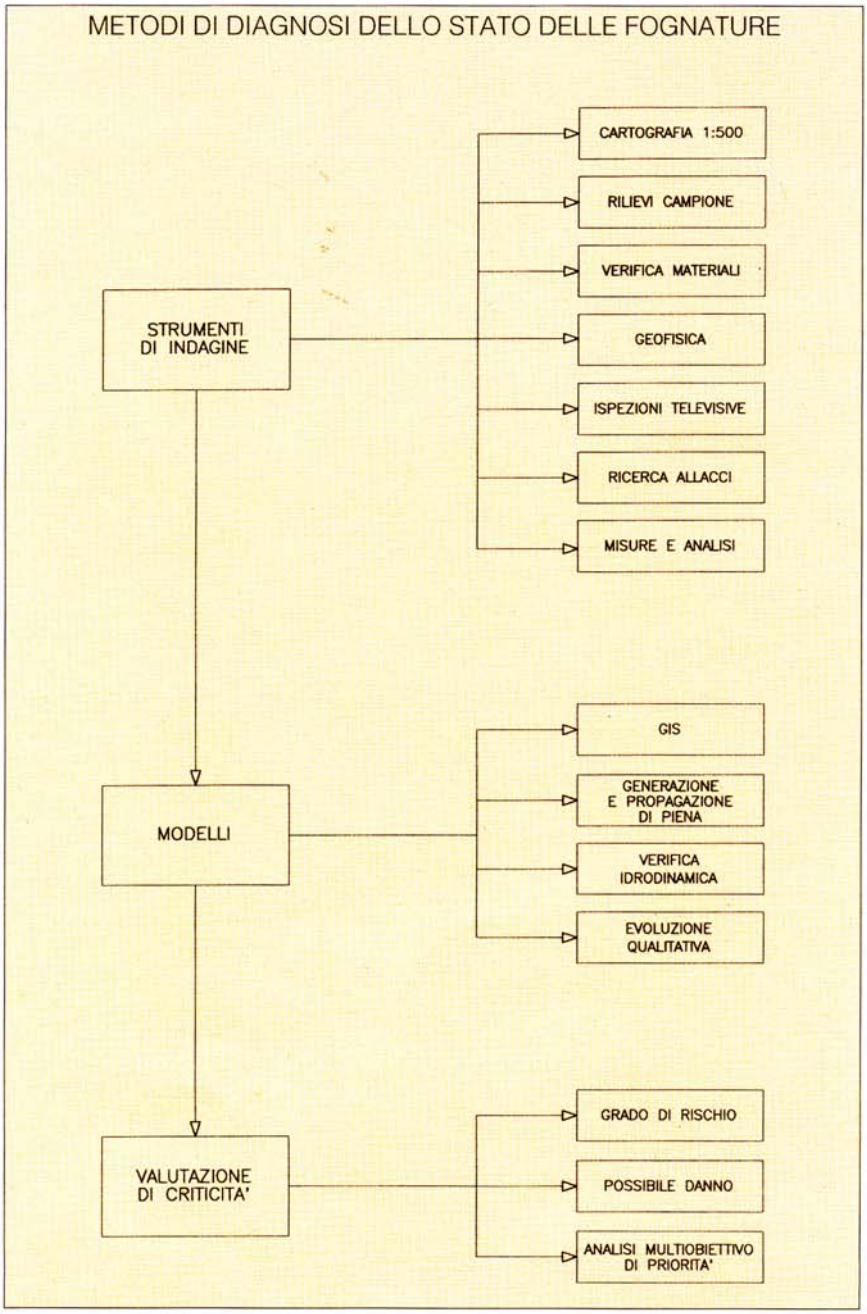
Scopo principale dei modelli è la classificazione delle deficienze secondo il grado di criticità e l'importanza del possibile danno, in modo da poter definire gli interventi di terapia secondo una scala di priorità.
Si possono mutuare le procedure già utilizzate per la valutazione di rischio nelle reti idrografiche. Il grado di criticità può essere stimato come coefficiente di sicurezza rispetto allo standard desiderato area per area.
Per la ricerca delle priorità si possono usare tecniche multiobiettivo.

5. Nuovi orientamenti della politica del disinquinamento

La nuova politica ambientale deve dunque rovesciare il concetto di disinquinamento, e passare dalla depurazione spinta e indiscriminata al governo della qualità dei singoli corpi idrici.
Questo significa:
- valutare anzitutto area per area l'opportunità di realizzare sistemi di fognatura e, se necessari, studiare con attenzione la tipologia fognaria da adottare (si tende comunque a limitare la costruzione di sistemi complessi e costosi di fognatura e depurazione nelle aree a bassa densità abitativa);
- valutare le capacità naturali di autodepurazione dei corpi idrici ricettori e cercare di migliorarle (esse sono correlate alla velocità, alla profondità dell'acqua, alla natura delle sponde e del fondo);
- attuare metodologie di sistemazione idraulica che favoriscano il mantenimento dello scambio biologico sponde-fondo alveo-acqua;

- regolamentare le derivazioni di acqua dal fiume (in particolare quelle idroelettriche e irrigue);
- definire i limiti di accettabilità allo scarico in relazione al punto e alla modalità di scarico, e quindi adottare tecnologie di depurazione diversificate e commisurate alle effettive necessità;
- valutare l'impatto dello scarico degli sfiori di pioggia e prevedere di conseguenza dispositivi di accumulo e trattamento almeno delle acque di prima pioggia.

Tutto ciò significa anche ripensare i modi e l'ampiezza della progettazione, che deve essere preceduta da un esame interdisciplinare dei problemi e delle possibili soluzioni. Ogni progetto di risanamento deve dunque fare riferimento a piani di bacino o di sottobacino (o di ambito ottimale) redatti secondo lo spirito della L. 183/89 (difesa del suolo) e della L. 36/94 (disposizioni in materia di risorse idriche), che tengano conto cioè di tutti gli aspetti della difesa idraulica e degli usi delle risorse idriche. Significa anche mettere in pratica, ove conveniente, il vero ciclo integrale delle acque, cioè il recupero e riciclo delle acque usate per usi non potabili, attraverso l'adozione delle nuove tecnologie di depurazione ad alta efficienza, come la filtrazione biologica e la denitrificazione biologica, o a basso consumo di energia, come la fitodepurazione di finissaggio in bacini acquei o subsuperficiali.



• *Figura 3*

6. La fognatura ottimale

6.1. Pianificazione

La pianificazione di un sistema di disinquinamento o protezione ambientale è un tipico caso in cui occorre un approccio sistemico integrato.
Il miglior modo di fare una fognatura è farla dove serve davvero. Occorre sempre ricordare che ogni fognatura equivale a un trasferimento del problema verso valle. È necessaria quindi una grande chiarezza di obiettivi.
Argomenti della pianificazione di una fognatura ottimale sono dunque:

a) la prevenzione
Va valutata anzitutto la convenienza di prevenire la formazione dei flussi di acque inquinate, con "trappole" in cascata.
Per le acque nere si può pensare a:
- ricicli interni di acque usate pretrattate (per WC),
- separazioni degli scarichi diversamente contaminati (cucina, lavaggio, WC),

- subirrigazione nei giardini (appare assurdo usare acqua potabile per innaffiare i prati)

Per le acque bianche si stanno diffondendo, anche per ricuperare in parte la ricarica degli acquiferi:

- tecniche di infiltrazione in falda delle acque dei tetti,
- microinvasi locali per le acque piovane dei piazzali,
- pavimentazioni permeabili dei parcheggi,
- allagamento controllato di aree verdi (anche sistemate a parco) adiacenti alle aree urbane.

b) l'estensione e la tipologia delle reti fognarie

Una volta verificata la necessità di opere fognarie vanno definite le tipologie e l'estensione (o grado di copertura) da dare alla rete.

Si realizzeranno dunque sistemi organici di fognature nere solo dove la densità di scarichi supera la soglia (in ab/km2) valutata non compatibile con la qualità ambientale; altrimenti ci si limiterà alla costruzione di piccoli impianti semicollettivi o vassoi di fitodepurazione.

Le fognature bianche saranno realizzate solo dove non risulti possibile la dispersione locale o vi siano pericoli di contaminazione di corpi idrici sensibili. L'opportunità di realizzare o mantenere fognature miste è da valutare caso per caso.

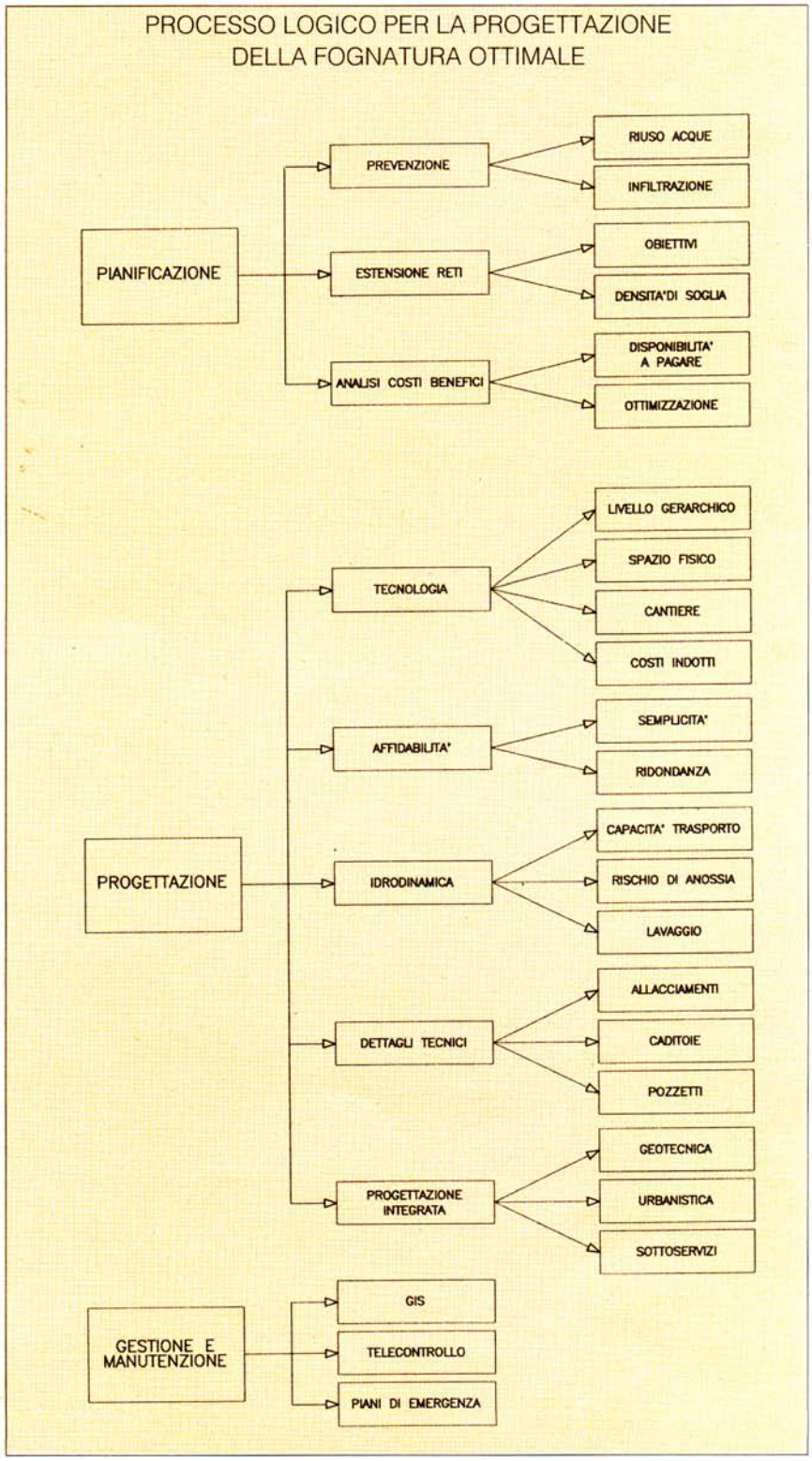
c) l'analisi costi benefici

Le fognature sono opere molto costose i cui oneri vengono caricati generalmente su tutta la collettività al momento della costruzione (fondi statali), e sugli utenti specifici per la successiva gestione.

In prospettiva peraltro è prevedibile che l'intero onere sarà a carico degli utenti.

Non è di secondaria rilevanza dunque l'analisi economica delle opere di fognatura, e soprattutto l'analisi dell'efficacia o dei benefici (in buona parte traducibili in disponibilità a pagare il servizio).

Sono essenziali anche tutte le procedure volte alla ottimizzazione dei sistemi



• *Figura 4*

e delle loro componenti, anche se si deve ammettere la difficoltà di perseguire l'ottimalità economica a causa del grande numero di vincoli e di varietà di condizioni che caratterizzano l'opera fognaria.

6.2. Progettazione

Una volta definiti gli obiettivi, l'estensione e la tipologia della fognatura, la successiva progettazione deve approfondire molti argomenti avendo come riferimento costante non solo la buona tecnica ingegneristica, ma anche il punto di vista del gestore, che poi dovrà mantenerla e farla funzionare.

6.2.a. La tecnologia

Vanno valutate le diverse possibili tecnologie costruttive in relazione soprattutto a:
- costi di investimento e difficoltà operative sul campo
- costi di esercizio e semplicità di gestione (non bisogna dimenticare che la fognatura è una operazione povera, che costa e non ha rendimenti economici indotti)
- pendenze possibili e profondità di posa raggiungibili

Le possibili tecnologie sono:
- condotte a pelo libero (possibilmente circolari) in scavo aperto
- condotte a pressione
- condotte a depressione
- microtunnelling

Quasi sempre risulta conveniente la composizione di più tecnologie e la suddivisione delle reti in sistemi gerarchicamente sovrapposti.
Lo spazio fisico disponibile per le condotte e la profondità della falda sono determinanti per la scelta.
Il cantiere di lavoro in effetti va progettato con la stessa cura dello schema tecnico dell'opera, perché da esso dipende la qualità complessiva della fognatura, ma anche l'entità dei costi indotti per il disturbo al traffico e alle attività commerciali dell'area.

6.2.b. L'affidabilità di sistema

L'affidabilità in fognatura si accompagna con la semplicità e con la ridondanza. La semplicità va ricercata nelle soluzioni tecniche, ma anche nella pianificazione del cantiere di costruzione (ordine e standardizzazione).
La ridondanza va soddisfatta con dimensionamenti che tengano conto di adeguati coefficienti di sicurezza (almeno k=2), come si addice a opere che hanno vita tecnica molto lunga (50 anni) e soffrono dell'incertezza di determinazione dei parametri di dimensionamento.
Per ottenere affidabilità si deve inoltre agire in due direzioni:
- attraverso l'uso di componenti aventi affidabilità intrinseca;
- attraverso la moltiplicazione di componenti omologhi in parallelo;
- progettando schemi caratterizzati da affidabilità di sistema e quindi con:
  - reti a configurazione magliata,
  - riduzione al minimo degli impianti di sollevamento in serie,
  - vasche volano,
  - sistemi di efflusso di sicurezza differenziati per eventi ordinari ovvero straordinari.

6.2.c. L'idrodinamica

La funzionalità delle condotte di fognatura è legata alla loro capacità di trasportare in ogni condizione di deflusso, oltre ai volumi liquidi raccolti, anche il loro contenuto solido.
Inoltre devono assicurare condizioni di buona ossigenazione del corpo liquido onde evitare fenomeni biochimici anaerobici che potrebbero produrre gas molesti e corrosivi.
Queste caratteristiche sono tipicamente legate alla pendenza delle condotte.

** capacità di trasporto*
Dipende dalla tensione tangenziale al contorno:

$t = g * Rh * i$ (kg/m2)

L'esperienza e ricerche specifiche sulle modalità di deposito delle particelle solide presenti nei normali liquami urbani hanno dimostrato che per assicurare condizioni di autopulizia t non deve essere inferiore a 0,10 kg/m2 (si assume pari a 0,20 kg/m2 in progetto).
Tale verifica viene fatta in genere per sezione piena, ma tau, dipendendo da Rh, diminuisce notevolmente quando il grado di riempimento scende sotto il mezzo diametro (vedi figura 5).
Ad esempio se si dimensiona una fognatura nera con coefficiente di sicurezza k=2, e quindi per portata massima Qmax/2 pari a 2,5 Qn convogliata a mezza sezione, il grado di riempimento per la portata notturna Qmin = 0,08 Qmax scende a 0,15 D e il raggio idraulico a 0,4 Rh, per cui occorre aumentare la pendenza di 2,5 volte per avere la stessa capacità di trasporto solido.

** rischio di anossia*
Il secondo, ma non meno importante, requisito per la corretta funzionalità delle condotte di fognatura è quello che si riferisce al rischio di anossia del liquame defluente.
L'anossia provoca la trasformazione dell'attività biologica nel liquame da aerobica ad anaerobica, e quest'ultima produce composti gassosi idrogenati maleodoranti e corrosivi (H2S, CH4, NH3, mercaptani).
Il liquame anossico non solo provoca problemi di odori e corrosione in rete, ma è fortemente indesiderabile anche all'impianto di depurazione.
Il consumo di ossigeno in un liquame è bilanciato in parte da un fenomeno di recupero spontaneo attraverso l'interfaccia aria-liquame richiamato dallo stato di deficit in seno al liquame; la superficie di contatto deve quindi essere la più ampia possibile.
Il fenomeno dipende anch'esso dalle caratteristiche idrodinamiche del moto; K.M.Yao ha determinato la pendenza della condotta che preserva dal rischio di anossia:

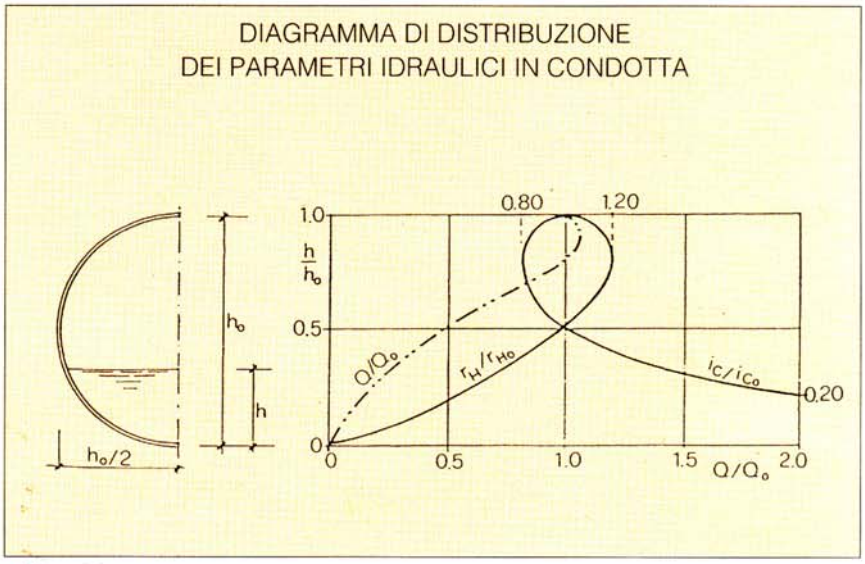
$i = 0.82/1000 * D (-16/21)$

rappresentata in figura 6 insieme alla pendenza di autopulizia a mezza sezione:

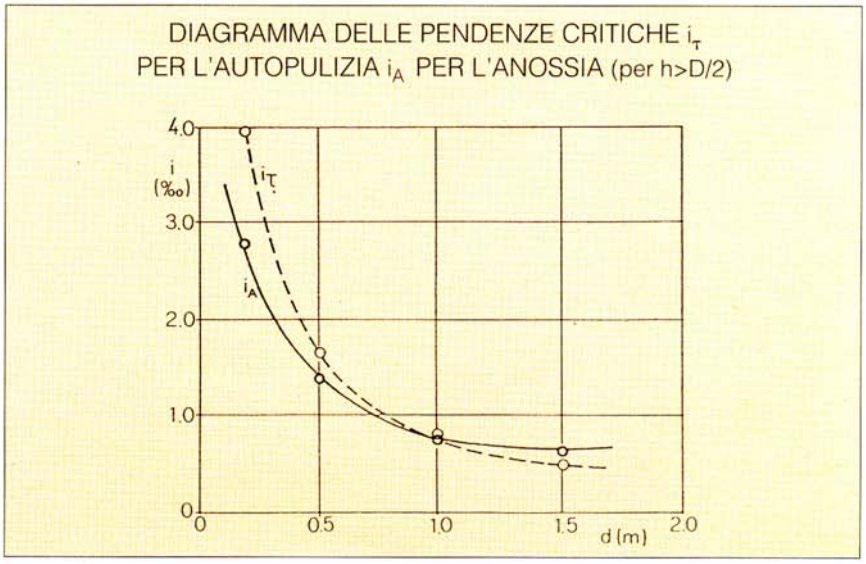
i = 0,80/1000 * D (-1)

Si osserva che fino al diametro di 1 metro la condizione di autopulizia garantisce anche nei confronti del rischio di anossia. Calcoli ulteriori dimostrano che le pendenze così valutate corrispondono con buona approssimazione al dimensionamento di massima economia.
Si nota in effetti come la curva delle pendenze di autopulizia di una fognatura al crescere del diametro assomigli alla curva delle pendenze di equilibrio del fondo mobile di un corso d'acqua.

** dispositivi di lavaggio*
Si inserisce in questo capitolo un cenno ai dispositivi che suppliscono alle deficienze di flusso nei rami iniziali delle fognature di primo ordine, ovvero nelle fognature unitarie in cui il rapporto fra portata minima e portata di piena è maggiore (di norma 1/100).
Si usano generalmente in questi casi le vasche di cacciata alimentate con l'acquedotto. Tali dispositivi, oltre a consumare acqua pregiata, hanno spesso una modesta efficacia, che si esaurisce in pochi metri.
È meglio ripensare questo problema congiuntamente al disegno della rete minore, che potrebbe essere configurata come nello schema di fig. 7, e cioè con impianti di sollevamento e ricircolo delle stesse acque di fognatura in testa ai rami secondari.



• *Figura 5*



• *Figura 6*

6.2.d. I dettagli tecnici

La correttezza degli schemi progettuali va accompagnata con pari cura per i dettagli costruttivi determinanti, a partire dai punti di immissione in rete, e cioè dagli allacciamenti domestici e dalle caditoie pluviali.
Gli allacciamenti devono essere realizzati in modo da consentire l'aerazione della fognatura per collegamento con le canne di ventilazione degli scarichi degli edifici, e quindi con attenzione nell'uso dei sifoni. Le caditoie devono essere dimensionate in misura sufficiente in relazione all'intensità di pioggia locale e alla capacità di ostruzione da parte di foglie o altri corpi solidi.
Circa la cura da riservare ai pozzetti di linea e di confluenza è già stato detto. Si ricorda, per i casi in cui la pendenza è elevata a causa della giacitura dei terreni, la necessità di ridurre le velocità e massimizzare la capacità di invaso nelle reti bianche (soprattutto quelle minori); ciò si ottiene disegnando le livellette di posa con pendenze calibrate, con salti di fondo o dispositivi per provocare perdite concentrate nei pozzetti.

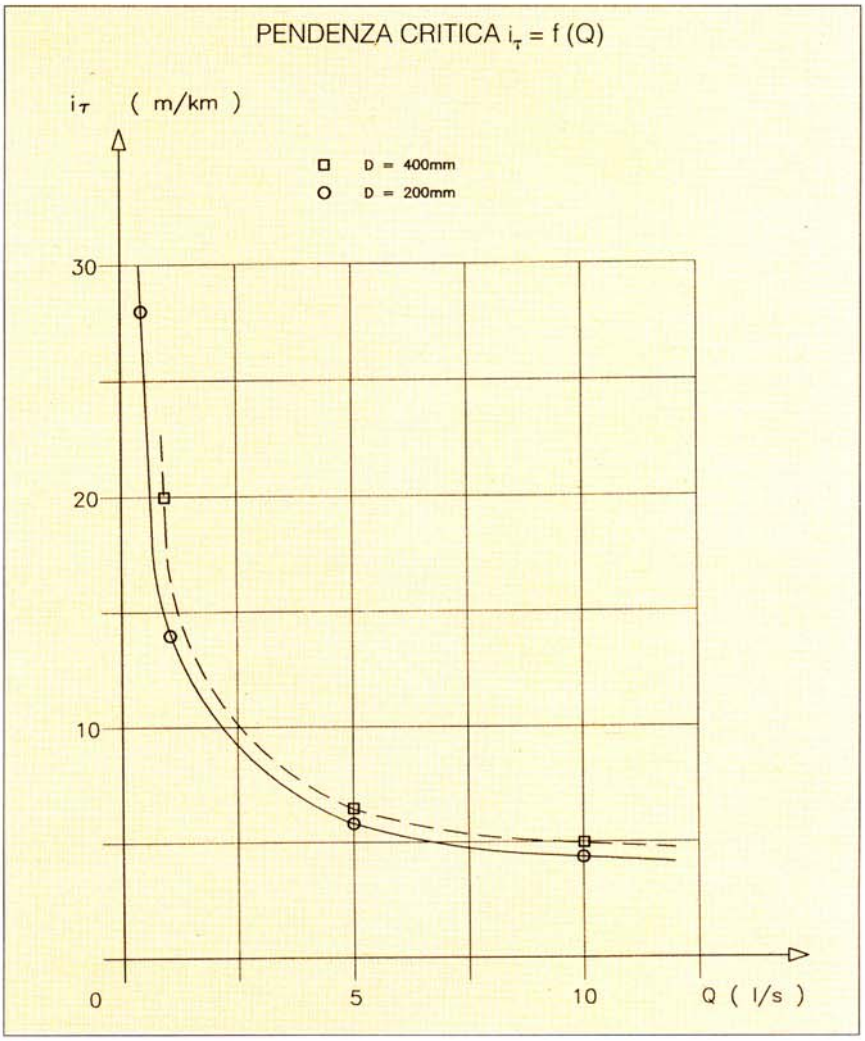
6.2.e. La progettazione integrata

Infine va ricordata l'opportunità di progettare la fognatura in modo integrato con le altre discipline, e con gli altri sottoservizi. La progettazione geotecni-

ca dei collettori e dei manufatti è comunque necessaria per prevenire i fenomeni di cedimento o assestamento, ma di grande convenienza è anche l'integrazione con la progettazione urbanistica, soprattutto in relazione alla possibilità di utilizzare le aree verdi per la laminazione (o l'infiltrazione) delle portate di pioggia. La progettazione integrata con quella degli altri sottoservizi (progetto sottosuolo) è di grande utilità ai fini soprattutto della manutenzione.
Non occorre necessariamente pensare a grandi cunicoli per sottoservizi, di costo elevato, ma a sistemi di razionalizzazione anche solo delle reti minori di distribuzione e allaccio all'utenza. Un esempio interessante è quello di Pellestrina dove nelle vie più strette tutti i servizi vengono riuniti entro un manufatto in calcestruzzo a U, riempito di sabbia, che fa da fondazione per le condotte e insieme da sottomurazione degli edifici.

6.3. Gestione e manutenzione

Infine non va dimenticata la necessità di prevedere fin dalla progettazione l'attivazione di quei dispositivi che agevolano la successiva gestione e manutenzione. Lo strumento principale è il data base georeferenziato, su GIS possibilmente tridimensionale, della rete così come effettivamente costruita.
Il secondo strumento è il telecontrollo dei nodi principali del sistema (in alcuni sistemi avanzati si arriva ad usare le telecamere fisse per la verifica da monitor dell'effettiva attuazione delle manovre). Il terzo è la predisposizione di piani di emergenza per far poter far fronte secondo procedure meditate ai possibili eventi eccezionali.



• *Figura 7*

7. Appunti sulla riorganizzazione dei servizi di fognatura e depurazione

La L. 36/94 prevede che i servizi idrici siano riorganizzati per ambiti ottimali di opportune dimensioni, e che siano gestiti da soggetti pubblici o privati; prevede anche che i rapporti fra enti locali e soggetti gestori siano regolati da "convenzioni tipo" che contengano non solo norme di comportamento, ma anche precisi programmi di intervento miranti ad assicurare livelli di efficienza e affidabilità omogenei.
La ricognizione dello stato esistente e la definizione dei programmi è abbastanza agevole per i servizi di acquedotto o gas, se non altro perché sono ben identificabili le risorse utilizzabili, quantità e qualità dei fabbisogni e la loro localizzazione.
Non altrettanto agevole è la ricognizione dello stato di fatto e dell'efficienza delle opere di fognatura. Ancora più complessa è la valutazione di ragionevoli fabbisogni di disinquinamento e delle "tecniche migliori che non comportino costi eccessivi" (all. 1 della direttiva CEE).
Si pone dunque il problema di come affrontare, nei rapporti con un nuovo "soggetto gestore", l'acquisizione o la cessione del servizio di fognatura, correttamente inteso come sistema di controllo dell'inquinamento provocato dalle acque usate e dal dilavamento del suolo.
È essenziale poter disporre di una serie di conoscenze e valutazioni preliminari

per l'esame delle possibili alternative e per definire i parametri di giudizio nei disciplinari tipo per le convenzioni fra enti locali e gestori (art. 11 L. 36/94). Fra queste:

- il grado ottimale di estensione della fognatura
- la tipologia di fognatura più opportuna per ogni area
- il livello di rischio idraulico accettabile
- i livelli ottimali di trattamento delle acque nere
- la necessità eventuale di stoccaggio e trattamento delle acque di pioggia
- i livelli di affidabilità minima richiesti per ogni opera e, in particolare, i criteri per la sicurezza di funzionamento degli impianti
- lo schema di attribuzione dei costi e della struttura tariffaria
- le azioni complementari da attuare nei corpi idrici ricettori per minimizzare gli effetti degli scarichi, ovvero massimizzare le capacità di autodepurazione
- la previsione di possibili variazioni nel tempo degli obiettivi di qualità dei corpi idrici, o di diverse esigenze di protezione ambientale, e dei conseguenti effetti sui livelli di trattamento e sulla struttura tariffaria.

Queste attività sono prettamente multidisciplinari, e richiedono scambi allargati di informazioni il più possibile aggiornate.

7.1. Riflessioni per un metodo di analisi e revisione delle fognature esistenti

Nel dare avvio a una rinnovata e più efficace gestione delle fognature esistenti è inevitabile dover scendere a compromessi fra la soluzione ideale che si vorrebbe applicare e la necessità di mantenere entro limiti ragionevoli i costi, e quindi le tariffe.

** la base di conoscenza*

Preliminare a qualsiasi operazione è quindi una diagnosi corretta dello stato patrimoniale e delle deficienze delle reti fognarie.

Vale la pena di utilizzare a questo proposito l'esperienza sulla valutazione dell'efficienza delle difese, dei danni potenziali e della pericolosità (in uno del rischio idraulico) che si sta facendo per le reti idrografiche nell'ambito dei piani di bacino.

Ogni asta (o collettore) viene classificato in varie categorie di rischio in relazione alle indicazioni delle indagini conoscitive e delle simulazioni su modello.

Vengono indicate le aree potenzialmente allagabili per diversi livelli di rischio e l'entità dei danni corrispondenti.

Tutto ciò è uno strumento indispensabile per poter classificare gli interventi proponibili secondo scale di priorità e con ragionevole cognizione del beneficio atteso.

** la problematica della riabilitazione*

Si stanno diffondendo varie tecniche di restauro o riabilitazione delle condotte esistenti (con infilaggio di tubi in polietilene di minor diametro, con l'uso di "calze" (in situ form) o di intonaci da far aderire alle pareti, con l'infissione coassiale di nuove tubazioni previa distruzione dell'esistente). Tali tecniche sono discretamente costose.

Si osserva quindi che, per decidere sull'opportunità di riabilitazione di una condotta, non basta conoscere il suo stato di conservazione o la sufficienza della sua dimensione, ma anche la sua adeguatezza dal punto di vista idrodinamico. Occorre cioè preliminarmente una classificazione di carattere generale.

Non va trascurato poi il restauro dei dettagli tecnici, quali le sagomature dei pozzetti di linea e di confluenza e l'ispezionabilità.

** la ristrutturazione delle reti su diversi livelli*

La revisione di una rete fognaria necessita in genere di aumenti delle dimensioni dei collettori, e questo si scontra quasi sempre con le difficoltà di posizionamento dei cantieri (disturbi al traffico con conseguenti costi indotti), e con la scarsità di spazio fisico nel primo sottosuolo per le condotte.

È da prendere perciò in considerazione l'opportunità di realizzare le nuove reti fognarie su più livelli in senso funzionale, ma anche altimetrico, collegati mediante nodi di interfaccia:

- reti di raccolta per aree circoscritte, di piccolo diametro, predisposte all'autopulizia, con recapito a un punto di consegna al sistema dei collettori principali, posizionate nel primo sottosuolo e facilmente raggiungibili per la manutenzione;
- collettori di trasporto urbani, ovvero reti principali senza allacciamenti, dotate di elevata affidabilità e quindi composte da elementi interconnessi e da opportuni volani, tutti di adeguata ridondanza;
- collettori di trasferimento alla depurazione o ai collettori comprensoriali, interfacciati in più punti con i collettori di trasporto urbani.

Alle reti di raccolta ben si adattano le operazioni di restauro dell'esistente, previa attenta verifica della funzionalità idrodinamica.

Per i collettori di trasporto urbani può convenire l'esecuzione mediante tecniche senza scavo a profondità tale da non interessare altri sottoservizi e limitare gli impianti di sollevamento (come avviene in molte città del nord Europa, come Berlino).