"HyNet ® un sistema informativo e di calcolo per la archiviazione, verifica, progettazione e gestione di reti idrauliche

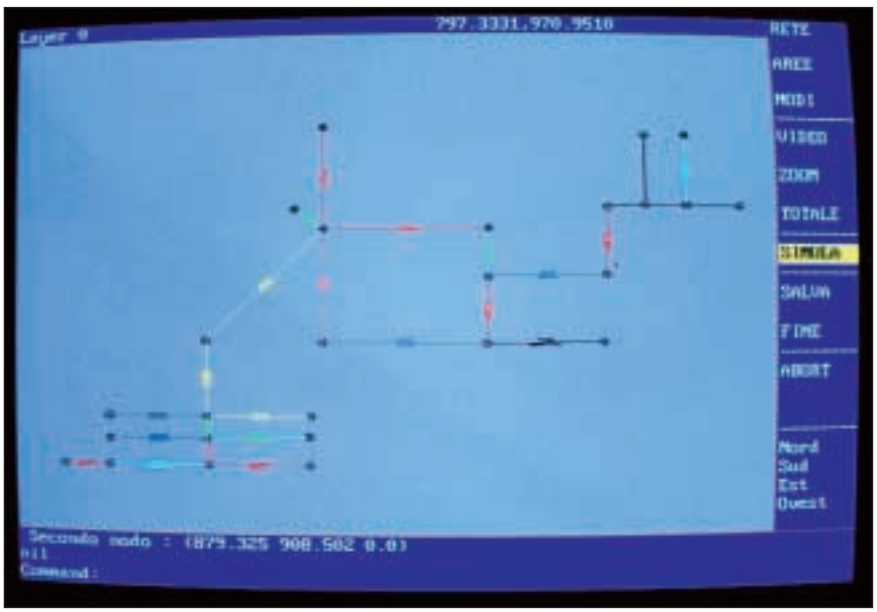
1. Descrizione generale del sistema

La disponibilità di strumenti informatici ha profondamente modificato ed agevolato attività tipicamente connesse alla progettazione e gestione delle reti idrauliche. Ciò è dovuto sia ai progressi ed alla maggior diffusione delle procedure del calcolo numerico, sia al perfezionamento di strumenti di rappresentazione grafica interattiva (Computer Aided Design) e di archiviazione dell'informazione (Data Base), che facilitano grandemente le modalità con cui possono essere descritte le reti, eseguiti i calcoli ed esaminati i risultati.

Nel seguito viene descritto HyNet, un sistema informativo e di calcolo modulare che rende disponibili ai progettisti ed alle aziende che gestiscono reti idrauliche strumenti per la loro ARCHIVIAZIONE, VERIFICA, PROGETTAZIONE e GESTIONE. Esso è disponibile sia per reti in pressione (acquedotti, impianti irrigui, reti di teleriscaldamento, gasdotti, oleodotti) sia per reti a pelo libero (bonifiche, fognature unitarie e separate, reti di canali).

HyNet è composto da diversi moduli, tra loro completamente interfacciati seppur indipendenti, che consentono di compiere in maniera automatica analisi tecniche di dettaglio sul comportamento delle reti idrauliche. Tali moduli vengono attivati all'interno di un SISTEMA DI GESTIONE DELLE INFORMAZIONI (Fig. 1), che opera in ambiente AutoCad e DBIV, (compatibili con lo standard ArcInfo), che è di impiego estremamente intuitivo e che consente di costituire un archivio delle caratteristiche planoaltimetriche, geometriche, idrauliche e funzionali delle reti. L'utente viene completamente guidato nella scelta della sequenza di operazioni da compiere per descrivere graficamente le reti e per individuare i dati numerici da fornire al data base per le successive verifiche idrauliche.

La capacità della procedura in termini di dimensioni della massima rete rappresentabile è limitata unicamente dallo spazio disponibile su hard disk.



• ***Figura 1** - I menù del sistema gestionale guidano l'utente durante le fasi di introduzione dei dati e di utilizzo del sistema informativo.*

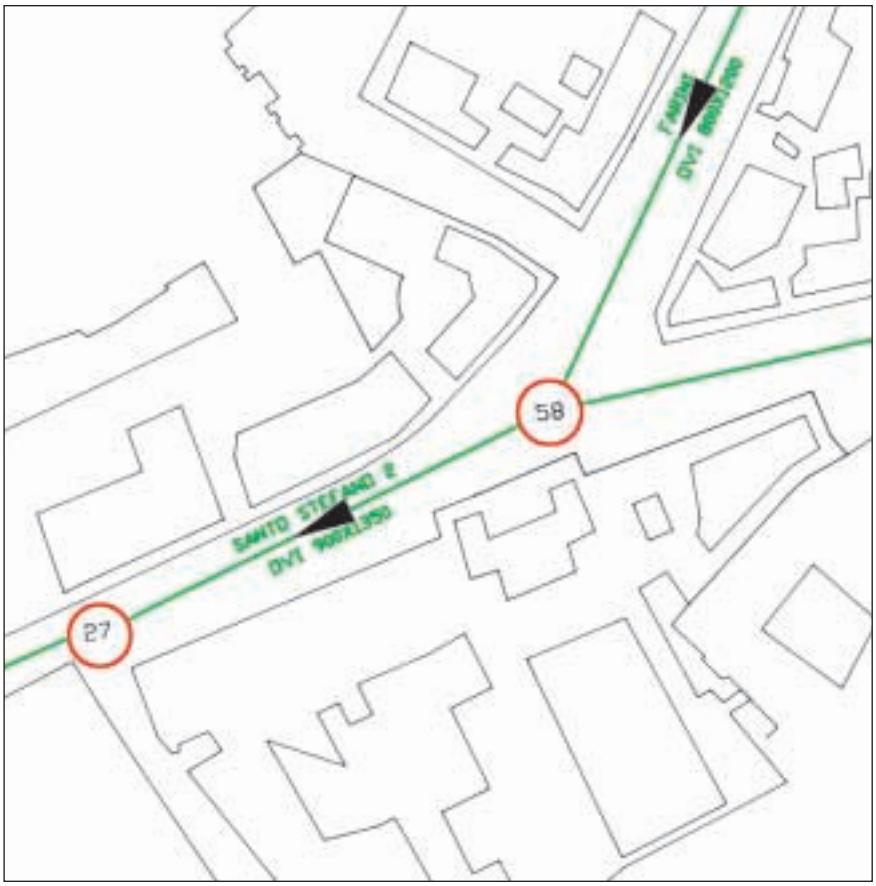
Prof. Ing. Sandro Artina

La rete idraulica viene schematizzata attraverso un grafo di archi e nodi: gli archi rappresentano i rami (tubazioni o canali), i nodi le intersezioni dei rami (Fig. 2). Sono poi predisposti simboli grafici standard per rappresentare gli organi speciali che si incontrano nelle reti in pressione (serbatoi, torri piezometriche, valvole di regolazione, di non ritorno, limitatrici di pressione e di portata, di sicurezza, impianti di sollevamento, casse d'aria, casse d'acqua, idranti) ed in quelle a pelo libero (scaricatori, vasche di laminazione e ritenzione temporanea per il controllo qualitativo dei deflussi, impianti di sollevamento). Tali simboli vengono inseriti, laddove richiesto, su archi o nodi della rete (Fig. 3), e possono essere fra loro combinati per rappresentare in via schematica la reale sequenza degli organi.

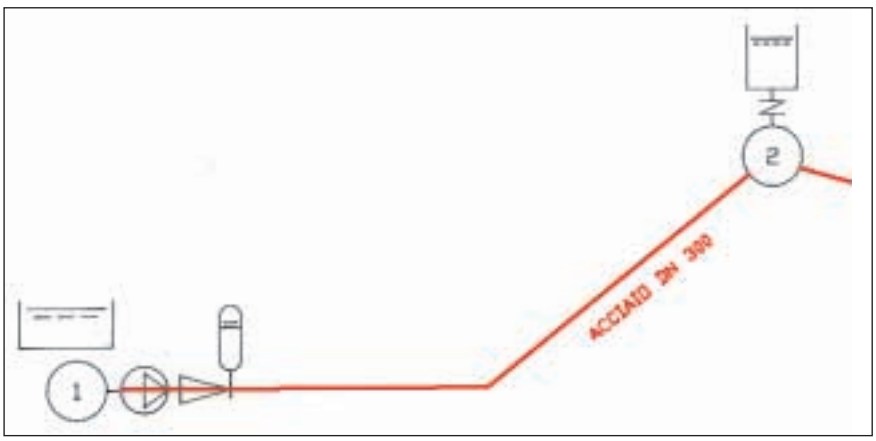
Utilizzando uno dei sistemi di puntamento di cui è provvisto l'hardware disponibile (digitalizzatore, mouse o tastiera), è possibile introdurre con facilità la base topografica (qualora non ne sia già disponibile una sotto forma digitale da recepirsi direttamente) e la planimetria della rete. Posizionando quindi il puntatore ai nodi posti alle estremità dei rami, possono assegnarsi le quote del terreno e di scorrimento dei condotti e, nel caso delle reti in pressione, le portate scambiate dalla rete con l'esterno.

Dopo aver definito planimetricamente ed altimetricamente il ramo, ovvero aver posizionato l'organo speciale, appare sul video una maschera predisposta per guidare l'utente nella introduzione dei dati tecnici. Essi riguardano sia i parametri strettamente idraulici, sia informazioni accessorie sui materiali, sulle modalità di posa, sulla storia pregressa dell'elemento (anno di costruzione, numero e modalità degli interventi di manutenzione, etc.), ovvero quant'altro ritenuto di interesse dall'utente.

Nell'introdurre i dati di ramo si può recepire, con un considerevole risparmio di tempo, il contenuto di un archivio residente ed aggiornabile che con-



• ***Figura 2 -*** *Schematizzazione della rete idraulica come grafo di archi e nodi.*



• ***Figura 3 -*** *Esempio di organi speciali associati ad archi e nodi della rete.*

tiene tutte le informazioni descrittive dei condotti di interesse.
Qualora necessario, è possibile identificare aree afferenti ai rami od ai nodi, allo scopo di differenziare le caratteristiche della zona servita. L'informazione grafica viene archiviata su layers specifici, e può quindi essere facilmente associata ad altre informazioni, residenti su altri layers, che descrivono il territorio, quali planimetrie di dettaglio, carte catastali, etc.
Il sistema consente, operando nel modo descritto, di archiviare sulla medesima base planimetrica diverse reti tecnologiche, e di ottenere così un quadro completo delle reti sotterranee e delle loro interferenze, indispensabile per una efficiente pianificazione delle operazioni di progettazione e manutenzione.
Una volta completata la descrizione della rete, il sistema che gestisce i moduli genera automaticamente i file necessari per l'interfaccia con i PROGRAMMI DI CALCOLO descritti nel seguito: la simulazione del comportamento di reti in pressione ed a pelo libero avviene quindi attivando comandi opportunamente predisposti a video.

2. Le reti in pressione

Per le reti in pressione sono disponibili diversi moduli, che consentono di esaminarne in dettaglio il comportamento nelle più frequenti condizioni di funzionamento idraulico.
In particolare sono disponibili i simulatori di MOTO PERMANENTE, di MOTO GRADUALMENTE VARIATO, per l'analisi dei TEMPI DI PERMANENZA e di aspetti di QUALITÀ DELL'ACQUA e di MOTO VARIO ELASTICO, i cui modelli matematici vengono nel seguito sommariamente descritti .

2.1. Il simulatore di moto permanente

Il simulatore di moto permanente rappresenta il comportamento della rete, costituita da N nodi, T lati ed M maglie, attraverso un sistema di equazioni che impongono la continuità ai nodi e descrivono il moto nei condotti.
La continuità è imposta dalle equazioni:

$$f_j(\overline{Q}) = \sum_i Q_{ij} - q_j = 0$$

(j=1,2,....,N-1) (1)

ove Q_{ij} è la portata che fluisce nel ramo che connette il nodo i al nodo j (positiva se verso j), q_j la portata erogata al nodo j (negativa se trattasi di immissione), ed i un indice che percorre l'insieme dei nodi connessi a j.
Il moto nei condotti, assunto uniforme ed in regime turbolento, è descritto da T equazioni di espressione:

$$f_t(\overline{Q},\overline{H}) = H_i - H_j = \beta_{ij} l_{ij} \frac{Q_{ij}\left|Q_{ij}\right|}{D_{ij}^5} = 0$$

(t=1,2,....,T) (2)

ove Hi rappresenta il valore del carico piezometrico ai nodi, $ß_{ij}$ il coefficiente di resistenza dimensionale, 1_{ij} la lunghezza del ramo e D_{ij} il diametro del condotto.
Il sistema di equazioni che governa il fenomeno è quindi costituito dalle (1) e (2), in cui i vettori $\overline{Q}$ ed $\overline{H}$ sono incogniti. In particolare le (2) sono non lineari nelle portate.
La verifica della rete consiste nel risolvere tale sistema, avendo assegnato il valore delle grandezze qj, $ß_{ij}$ lij, Dij.
La soluzione del sistema composto da P = N + T - 1 equazioni (T non lineari), sinteticamente scritto come:

$$f_p(\overline{x}) = f_p(x_1, x_1, \ldots, x_1) = 0$$

(p=1,2,.....P) (3)

viene ottenuta per via iterativa, apportando ai valori x_1°, x_2°,...., x_p° di primo tentativo delle variabili, le correzioni Δx_1, Δx_2,....., Δx_p fornite dalla soluzione del sistema di equazioni:

$$f_p(\overline{\Delta x}) = f_p(\overline{x}^\circ) + \sum_{p=1}^{p} \left.\frac{\partial f_p}{\partial x_p}\right|_{x_p^\circ} \Delta x_p = 0$$

(p=1,2,....,n) (4)

che linearizzano localmente (3) in $\overline{x}^\circ$ tramite il metodo di Newton-Raphson.
Gli organi speciali prima enumerati vengono messi in conto aggiungendo al sistema ora descritto opportune equazioni che rappresentano ad esempio il legame funzionale che esiste fra la differenza di carico creata dall'organo e la portata attraverso di esso defluente.

2.2. Il simulatore di moto gradualmente variato

L'evoluzione di un sistema idraulico può essere studiata nel tempo attraverso una successione di moti permanenti che possono differire l'uno dall'altro per lo stato di funzionamento delle pompe (accese o spente), per il valore del carico piezometrico nei serbatoi e per i diversi valori della portata scambiata ai nodi con le utenze durante la giornata.
Il codice di calcolo ricalca quello utilizzato nella simulazione del moto permanente. Rispetto ai parametri necessari per la simulazione dello stato stazionario l'utente deve fornire, sempre

in maniera completamente guidata, il tempo massimo della simulazione, le leggi di variazione della portata ai nodi durante la giornata e le informazioni sulla operatività di pompe ed organi di regolazione.
Il simulatore di moto gradualmente variato è di notevole interesse specie per i gestori di reti: esso permette di studiare il funzionamento della rete nelle reali condizioni di esercizio, di evidenziare le zone dove possono essere utili interventi tesi a migliorare la circolazione del fluido nelle diverse parti della rete e soprattutto di valutare l'adeguatezza della scelta dei periodi di funzionamento degli impianti di pompaggio in rapporto alla disponibilità di capacità di accumulo nei serbatoi ed al costo dell'energia elettrica.

2.3. Simulatore per l'analisi dei tempi di permanenza e di aspetti della qualità dell'acqua

I risultati delle simulazioni effettuate in regime stazionario e gradualmente variato costituiscono i dati di base per l'analisi dei tempi di permanenza e per l'individuazione della provenienza dell'acqua prima di essere prelevata in determinati nodi della rete. Analisi di questo tipo sono indispensabili per valutare l'affidabilità dei processi di sterilizzazione comunemente adottati e per determinare la posizione di eventuali centrali di risterilizzazione.

2.4. Il simulatore del moto vario elastico

Il simulatore permette di analizzare il sistema idraulico in condizioni di moto vario elastico sotto le ipotesi usualmente fatte nei problemi tecnici (moto del fluido monodimensionale, proprietà elastiche delle pareti delle tubazioni e del fluido descritte dalla teoria classica della elasticità lineare, perdite di carico nel transitorio uguali a quelle che si verificano in moto permanente con la stessa velocità media, sistema idraulico costituito da un insieme di tubazioni di sezione costante, in cui le discontinuità e gli organi idraulici sono posizionati in corrispondenza dei nodi del sistema, accelerazione convettiva ritenuta trascurabile rispetto alla accelerazione locale); il modello matematico è costituito dalle due seguenti equazioni differenziali alle derivate parziali che vedono come variabili indipendenti spazio (x) e tempo (t), e come variabili dipendenti il carico piezometrico H e la portata Q:

$$\frac{\partial H}{\partial x} + \frac{1}{gA}\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{k}{D^{\nu}}|Q|^{\lambda}\, sgn(Q) = 0$$

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{c^2}{gA}\frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \qquad (5)$$

La prima è l'equazione del moto, che rappresenta l'equilibrio dinamico delle particelle fluide nella generica sezione trasversale di una tubazione, la seconda è l'equazione di bilancio di massa; le proprietà elastiche del fluido e della condotta sono riassunte nel parametro c, celerità delle perturbazioni elastiche, definita attraverso la formula:

$$c = \frac{\sqrt{\frac{e}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{eD}{Es}}} \qquad (6)$$

dove ρ è la densità del fluido, e il suo modulo di comprimibilità cubica, E il modulo di elasticità del materiale della condotta, D il diametro ed s lo spessore.

Il sistema delle due precedenti equazioni differenziali è quasi-lineare e di tipo iperbolico. L'iperbolicità consente di sostituire al sistema (5) delle due equazioni differenziali alle derivate parziali i due seguenti sistemi (7) e (8) delle equazioni delle linee caratteristiche (equazioni differenziali ordinarie) e delle equazioni di compatibilità (equazioni ai differenziali totali):

$$dt = \frac{1}{c}\,dx$$

equazione della linea caratteristica positiva a;

$$dt = -\frac{1}{c}\,dx \qquad (7)$$

equazione della linea caratteristica negativa β;

$$dH + \frac{c}{gA}dQ + \frac{k}{D^{\nu}}|Q|^{\lambda}\, sgn(Q)\,dx = 0$$

equazione di compatibilità relativa alla linea caratteristica a

$$dH - \frac{c}{gA}dQ + \frac{k}{D^{\nu}}|Q|^{\lambda}\, sgn(Q)\,dx = 0 \qquad (8)$$

equazione di compatibilità relativa alla linea caratteristica b

I due precedenti sistemi vengono risolti con il metodo delle differenze finite lungo le linee caratteristiche, con le condizioni iniziali ed al contorno definite dallo stato stazionario di partenza e dagli organi speciali descritti.

3. Le reti a pelo libero

Per le reti a pelo libero sono disponibili i moduli per la VERIFICA ED IL DIMENSIONAMENTO DI RETI DI FOGNATURA UNITARIE E SEPARATE in presenza delle sole acque reflue, LA VERIFICA ED IL DIMENSIONAMENTO DI RETI DI BONIFICA E DI FOGNATURA PER ACQUE DI PIOGGIA secondo il modo consueto che rappresenta le precipitazioni attraverso una curva segnalatrice di possibilità pluviometrica e la SIMULAZIONE DEL COMPORTAMENTO IDRAULICO DI RETI DI BONIFICA E DI FOGNATURA sollecitate da eventi di pioggia (osservati o teorici) descritti attraverso il loro pluviogramma. In quest'ultimo caso il risultato del calcolo consiste nella restituzione dell'idrogramma di piena in sezioni prescelte della rete. È inoltre predisposto per l'analisi dei moti a pelo libero un modulo che rappresenta il MOTO PERMANENTE IN CANALI ED IN CONDOTTI, in grado di recepire le variazioni di sezione, la presenza di manufatti, e le transizioni tra stati di correnti lente e veloci.

3.1. Il modulo per la verifica ed il dimensionamento di reti di fognatura unitarie e separate in presenza delle sole acque reflue

Le portate di progetto nelle reti di drenaggio in presenza di sole acque reflue sono calcolate secondo l'espressione:

$$Q_n = 10^{-3}\, d\, c_{\max} \frac{Dot\, Abt}{86400} \qquad (9)$$

essendo:

- Q_n : portata nera massima in metri cubi al secondo
- d : coefficiente di dispersione
- c_{max} : coefficiente di punta
- Dot : dotazione idrica giornaliera in litri al giorno per abitante
- Abt : abitanti residenti

ll coefficiente di punta può essere imposto a priori, oppure calcolato con la espressione:

$$c_{\max} = 15.85\, Abt^{-0.167} \qquad (10)$$

Vengono eseguite le verifiche idrauliche sulle velocità considerando anche le portate medie e minime adottando un coefficiente di punta minima pari a:

$$c_{\min} = \frac{1}{c_{\max}} \qquad (11)$$

Vengono considerate anche le perdite di rete e le portate parassite che possono infiltrarsi dall'esterno. La portata di progetto pertanto diviene la seguente:

$$Q_n = 10^{-3}\left(1 - \frac{P_r}{100}\right)\frac{Dot\, Abt}{86400} + q_f l \qquad (12)$$

essendo:

- Pr : percentuale perdite di rete
- q_f : portata parassita d'infiltrazione per il ramo i-esimo
- l_j : lunghezza del ramo i-esimo

La verifica idraulica viene eseguita controllando che la portata defluente in condizioni di moto uniforme in corrispondenza di un determinato grado di riempimento sia maggiore di quella di progetto e controllando che le velocità del fluido siano maggiori di quelle minime richieste.

3.2. Il modulo per la verifica ed il dimensionamento di reti di bonifica e di fognatura per acque di pioggia

Il modulo per la verifica idraulica di condotti esistenti e per il dimensionamento di quelli da realizzarsi stima anzitutto la portata di progetto, quindi calcola il grado di riempimento del condotto e lo confronta con quello richiesto. Se il condotto risulta insufficiente, il programma procede a scegliere automaticamente quello idoneo. Le portate udometriche possono essere valutate sia in condizioni di riempimento SINCRONO (ipotizzando cioè che tutti i condotti raggiungano contemporaneamente il massimo grado di riempimento consentito) sia ASINCRONO. L'espressione utilizzata per il coefficiente udometrico deriva dal metodo del volume d'invaso:

$$u = 2168\, n \frac{(\varphi a)^{\frac{1}{n}}}{v^{\frac{1}{n}-1}} \qquad (13)$$

essendo:

- u : coefficiente udometrico per il generico ramo in litri al secondo per ettaro
- a, n : coefficienti della linea segnalatrice di progetto $h=a\, t^n$, a in metri ore^{-n} , t in ore
- φ : coefficiente di afflusso medio
- v : volume specifico di invaso totale in metri.

È inoltre possibile utilizzare leggi di correzione per i coefficienti *a, n* della linea segnalatrice. I nuovi valori *a'* ed *n'* ragguagliati all'area da inserire nella (13) sono dati da espressioni del tipo:

$$a' = k_a a \qquad n' = k_n + n \qquad (14)$$

essendo k_a e k_n dei coefficienti calcolati secondo leggi di riduzione dell'intensità di pioggia (ad esempio quelle elaborate da Puppini-Supino, Columbo, Maione-Colombo e Moisello-Papiri).
Come noto l'ipotesi di sincronia del riempimento è tanto meno verificata quanto più la rete di drenaggio è grande e complessa. Pertanto il programma permette di stimare le portate in condizioni di asincronia, mettendo in conto solo il volume effettivamente invasato nella rete a monte della sua sezione terminale.
Bisogna conoscere, in questo caso, le portate presenti nella rete quando il ramo considerato raggiunge le condizioni di progetto, il che comporta, nella logica del metodo del volume d'invaso, un calcolo iterativo esteso a tutti i rami a monte e la conoscenza del tempo di riempimento del generico ramo, stimato utilizzando l'espressione:

$$T_r = (9360 + 3600n)\left(\frac{v}{\varphi a'}\right)^{\frac{1}{n}} \qquad (15)$$

essendo:
- T_r : tempo di riempimento in secondi
- n : esponente della linea segnalatrice
- φ : coefficiente di afflusso
- a' : valore del coefficiente della linea segnalatrice a ragguagliato all'area
- v : volume specifico invasato nella parte di rete a monte in millimetri.

Nella (15) il parametro v viene determinato operando iterativamente su tutti i rami a monte di quello in verifica.
Per ogni condotto la portata a bocca piena Q viene calcolata in condizioni di moto uniforme:

$$Q = C\Omega\sqrt{gRi_f} \qquad (16)$$

essendo:
- g : l'accelerazione di gravità
- Ω : sezione a bocca piena del condotto
- R : raggio idraulico a bocca piena
- i_f : pendenza del condotto
- C : coefficiente di resistenza adimensionale dato dall'espressione:

$$C = 5.75\log\left(\frac{13.3\phi R}{\varepsilon}\right) \qquad (17)$$

essendo:
- ϕ : coefficiente di forma
- ϵ : scabrezza omogenea equivalente

La verifica idraulica per ogni condotto viene eseguita controllando che la portata di moto uniforme defluente nel condotto in corrispondenza di un determinato grado di riempimento sia maggiore della portata udometrica.
É poi possibile disporre della rappresentazione grafica dell'altimetria della rete, tramite una procedura che, partendo dalla quota imposta alla generatrice superiore della sezione di sbocco del condotto più a valle calcoli i profili longitudinali della rete e, note le quote del terreno, i ricoprimenti nella sezione di valle e di monte di tutti i condotti.
Infine la procedura permette di stimare sommariamente il costo totale di realizzazione della rete di drenaggio, per quanto attiene i costi dei condotti, dei pozzetti e degli scavi.

3.3. Il modulo per la simulazione del comportamento idraulico di reti di bonifica e di fognatura sollecitate da eventi di pioggia

Il modulo di calcolo consente di simulare le portate transitanti nei canali e nei condotti della rete di drenaggio artificiale a servizio di un generico comprensorio urbano o di bonifica sollecitato da una pioggia reale o teorica.
La simulazione del generico evento di pioggia viene effettuata ramo per ramo da monte verso valle, e per ogni ramo viene utilizzato un modello afflussi-deflussi costituito da due serbatoi lineari in serie, il primo dei quali rappresenta i fenomeni idrologici ed idraulici che hanno luogo sulle superfici del bacino e negli spechi secondari, il secondo la propagazione della portata negli spechi principali.
Le equazioni utilizzate sono due: la prima è l'equazione di continuità che esprime il bilancio di massa tra la portata in ingresso, quella in uscita e quella accumulata nel serbatoio.
Detta $p(t)$ la pioggia netta, $q_s(t)$ la portata generata V il volume accumulato, l'equazione di continuità assume l'espressione:

$$\left[p(t) - q_s(t)\right] = \frac{d}{dt}V(t) \qquad (18)$$

La seconda equazione esprime la relazione lineare che lega il volume $V(t)$ alla portata in uscita dal serbatoio:

$$V(t) = k\,q_s(t) \qquad (19)$$

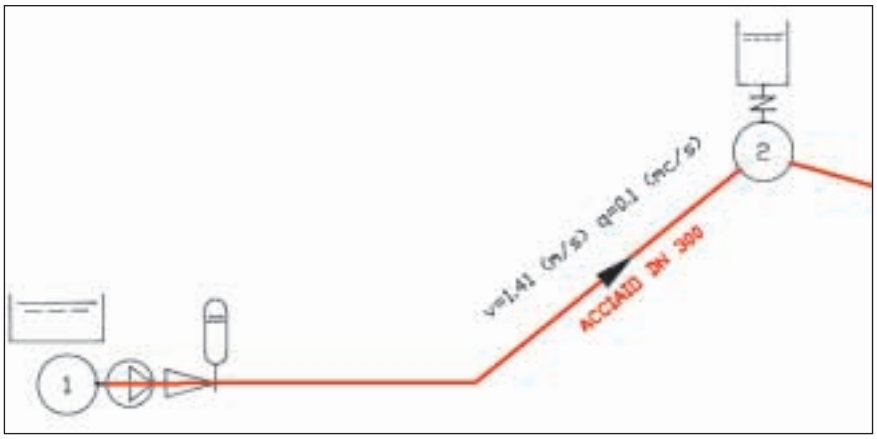
dove k è la costante del serbatoio.

Dalla (18) e dalla (19) si ottiene:

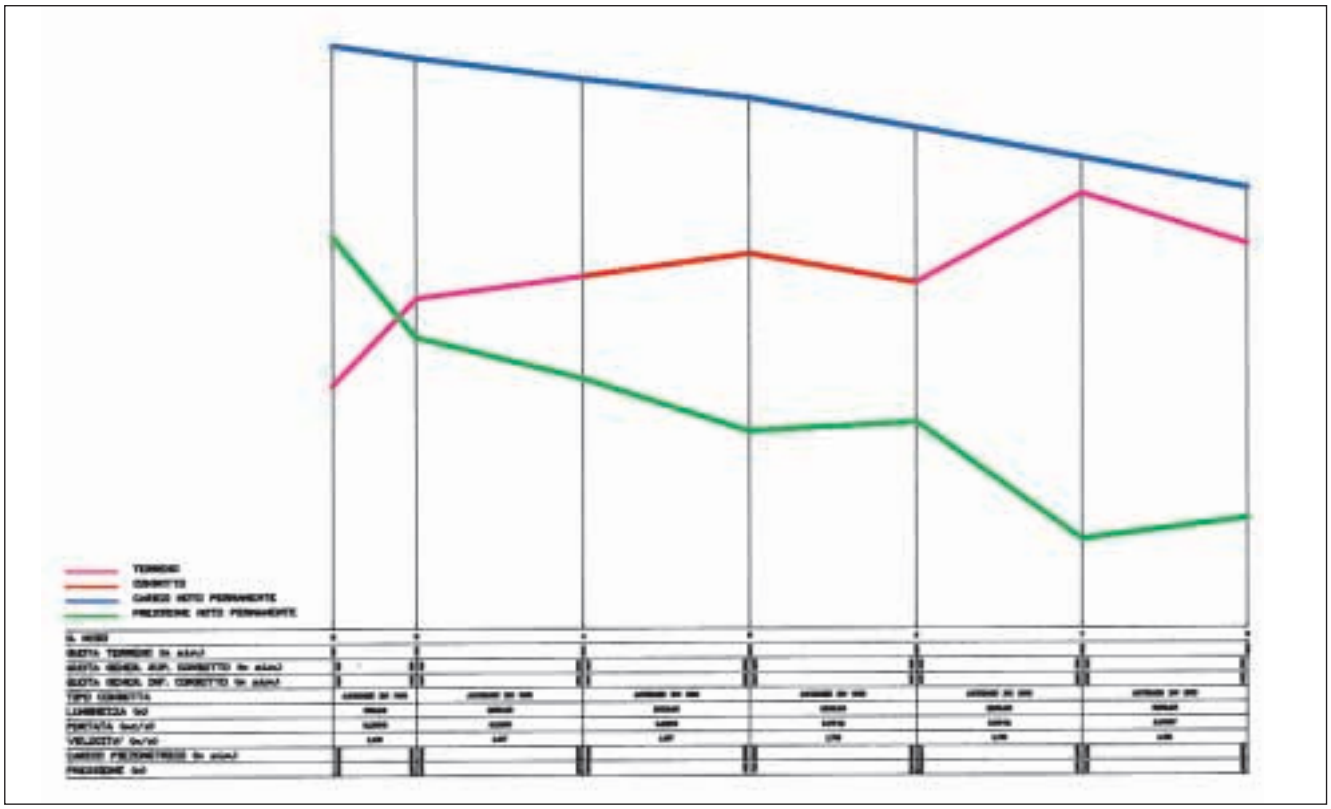
$$k\frac{d}{dt}q_s(t) + q_s(t) = p(t) \qquad (20)$$

cioè un'equazione differenziale lineare non omogenea a coefficienti costanti nota con il nome di "equazione dell'invaso lineare".
Dopo aver calcolato l'idrogramma di scorrimento superficiale si esamina la propagazione della piena nei condotti che ovviamente tiene conto anche degli apporti dovuti ai rami connessi a monte ed ad eventuali scaricatori e vasche di pioggia.

Il calcolo dell'intensità di pioggia netta viene eseguito sottraendo alla pioggia registrata le perdite dovute all'infiltrazione (secondo la legge di Horton) e all'accumulo sugli avvallamenti della superficie (secondo la legge di Linsley-Kholer).
Nota la portata defluente nel condotto viene calcolato il livello idrico secondo la scala di deflusso appropriata.
I risultati della procedura sono restituiti su file numerico in cui vengono visualizzate delle tabelle riassuntive dei dati in ingresso, dei valori delle costanti temporali di serbatoio, dei nodi selezionati e infine dei rami connessi a tali nodi.
Per ognuno dei rami si riportano le tabelle relative allo ietogramma di pioggia netta, all'idrogramma simulato insieme ai livelli idrici a monte e a valle di eventuali scaricatori e una tabella riassuntiva per le vasche di pioggia della portata di afflusso, di deflusso, di sfioro e del livello idrico nella vasca e nel condotto a valle di essa.
La restituzione dei risultati dei simulatori sia delle reti in pressione che a pelo libero è resa disponibile all'utente in modi diversi. Oltre alle uscite su file formato ASCII (che forniscono un esauriente riassunto dei dati di ingresso e dei risultati), viene riportata una sintesi dei risultati sulla planimetria (Fig. 4), in un layer evidenziabile a richiesta. È possibile inoltre produrre i profili altimetrici delle reti con i risultati idraulici (Fig. 5), nonchè grafici che mostrano la variazione nel tempo delle grandezze idrauliche di maggior



• ***Figura 4 -*** *Esempio di restituzione grafica dei risultati di ramo.*



• ***Figura 5 -*** *Esempio di restituzione del profilo altimetrico del condotto (rosso), del terreno (fuxia), del carico piezometrico (blu) e della pressione (verde).*

interesse nel corso dei transitori (Fig. 6 e Fig. 7).
HyNet funziona su computer MS-DOS con processore 80486, e richiede una configurazione con almeno 8 MB di RAM, su cui sia installata una versione di AutoCad posteriore alla 11.

Sandro Artina

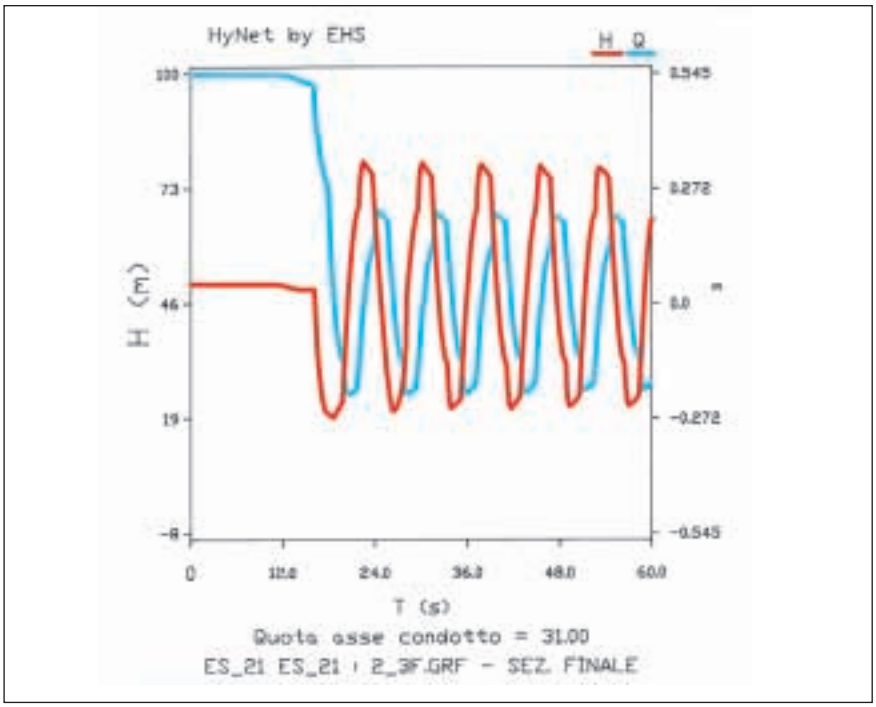
Prof. Ing. Sandro Artina

Ulteriori informazioni possono essere ottenute direttamente da:

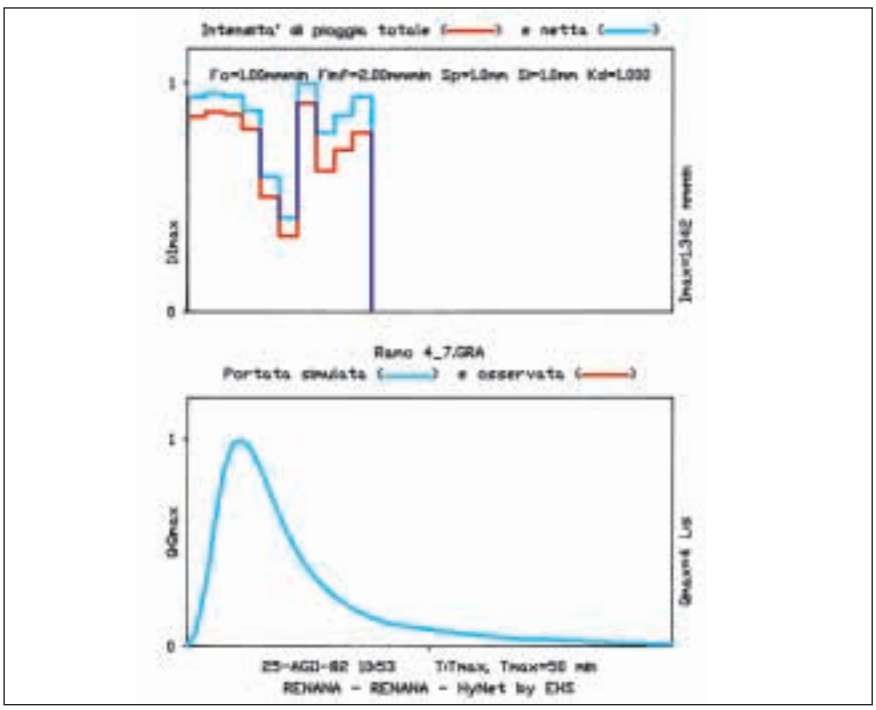
EHS

40137 BOLOGNA - P.zza di Porta Maggiore, 5 - Telefono 051/397928 - Telefax 051/398032, che produce e commercializza il software descritto.

AutoCad è un marchio registrato della Autodesk Inc., DBIV è un marchio registrato della Borland, HyNet è un marchio registrato della EHS s.r.l.



• ***Figura 6 -*** *Grafico dell'andamento temporale del carico piezometrico (rosso) e della portata (blu) nell'analisi di moto vario indotto dalla chiusura di una saracinesca nella sezione immediatamente a valle della sezione stessa.*



• ***Figura 7 -*** *Grafico delle precipitazioni nette e del conseguente idrogramma di piena in un condotto di fognatura.*