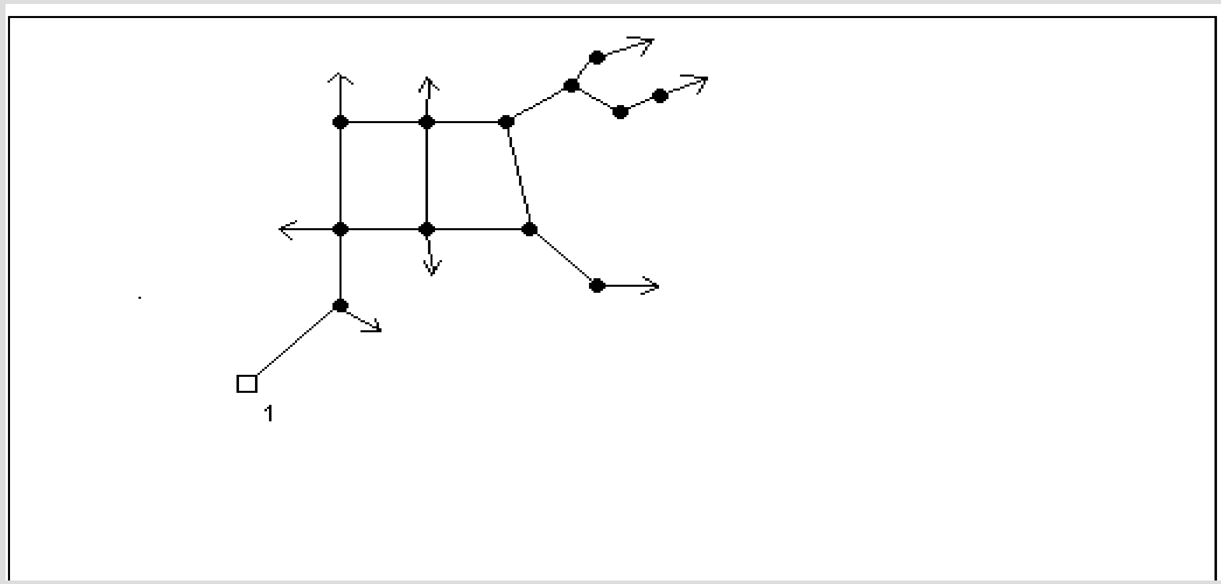
SISTEMI DI CONDOTTE:
Il dimensionamento idraulico

Carlo Ciaponi

Università degli Studi di Pavia

Dipartimento di Ingegneria Idraulica e Ambientale

Posizione del problema



Rete da progettare di cui è noto il tracciato e la struttura topologica.
E’ prefissata l’erogazione che si vuole garantire (erogazione di progetto)
SCOPO:
calcolare i diametri dei tronchi al fine di garantire che le pressioni nei nodi assumano valori conformi ai requisiti richiesti

Dati

- *dati relativi alla rete*: L, N, M
- *dati relativi ai lati*: l_i, a_i, b_i, d_i ($i = 1,L$)
- *dati relativi ai nodi*: H_1, Q_j, z_j ($j = 1,N$)

Incognite

-*incognite relative ai tronchi:* q_i ; D_i $(i = 1,L)$
il numero delle incognite è 2 L

-*incognite relative ai nodi:* H_j $(j = 2, N)$
il numero delle incognite è N-1

Equazioni

- *equazioni di continuità ai nodi*:

$$\sum q_i + Q_j = 0 \qquad (1)$$

in numero pari a N-1

- *equazioni del moto per i tronchi*:

$$\Delta H = H_{N1} - H_{N2} = s\, r\, |q|^{a} \qquad (2)$$

in numero pari a L

VINCOLI

$H_j \geq Y_j$

Bilancio fra:
n° equazioni e n° incognite

NUMERO INCOGNITE = 2 L + N -1

NUMERO EQUAZIONI = L +N-1

IL PROBLEMA

E' IDRAULICAMENTE INDETERMINATO

Grado di indeterminazione = 2L+N-1 -(L+N-1) = L

Esistono ∞^L soluzioni che soddisfano le (1) e (2)

Nuova formulazione: problema di minimo vincolato

$$Min\ F.O. = \sum_{i}^{L} c\, D_i^e\, l_i$$

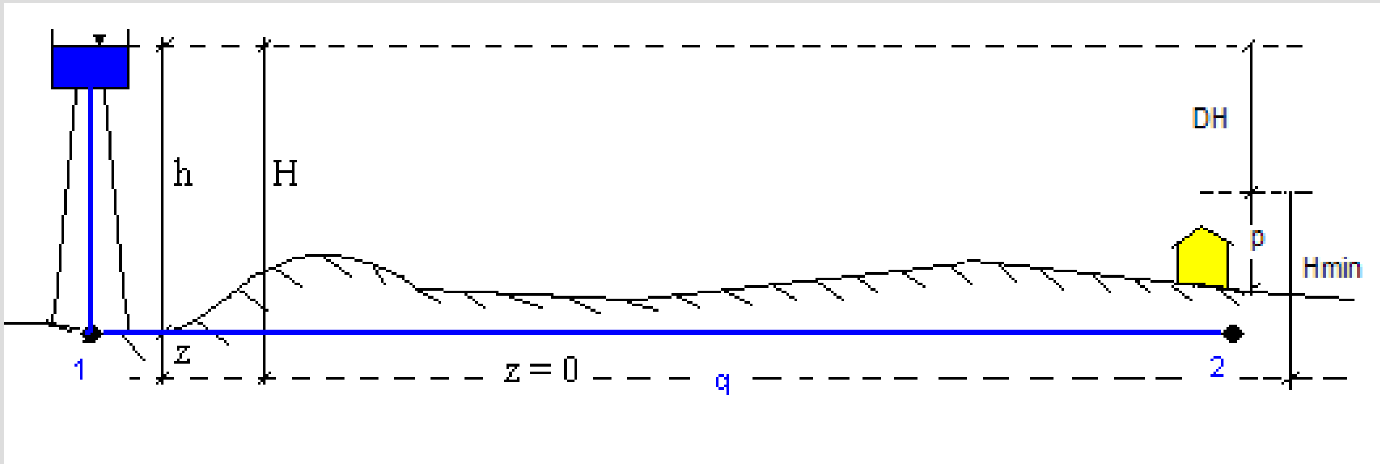
$$H_j - z_j \geq Y_j$$

$$H_{1i} - H_{2i} = s_i\, b \frac{|q_i|^a}{D_i^d} l_i$$

$$\sum q_i + Q_j = 0$$

- F.O e vincoli non lineari
- D = variabile discreta

Esempio



Dati: $L=1$ $N=2$ $M=0$

$Q_2 \rightarrow q_{1\text{-}2} \rightarrow Q_2$ (dalle 2 equazioni di continuità); H_2

$l_{1\text{-}2}$; a, b, d

Variabili decisionali: $D_{1\text{-}2}$ H_1

Equazione disponibile: $H_1 = H_2 + r|q_{1\text{-}2}|^a$

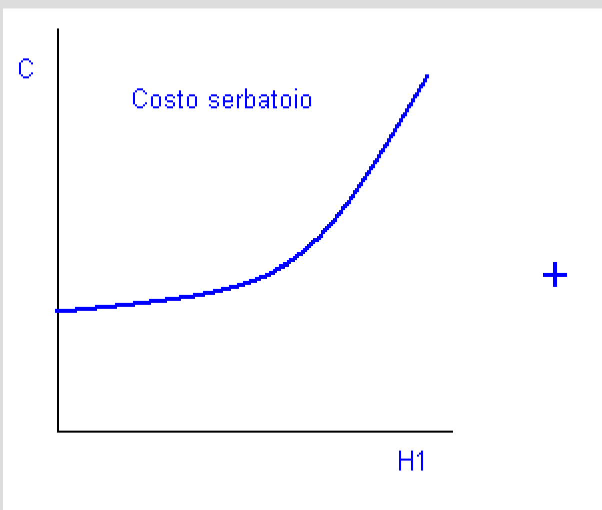
Vincoli: $H_1 \leq 50$ m ; $D_{1\text{-}2} \geq 80$ mm

Problema indeterminato: impostazione economica

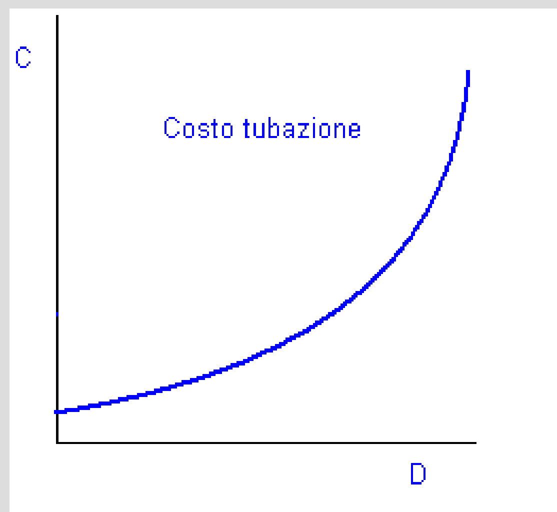
n° incognite = 2 ; n° equazioni = 1

Il problema è indeterminato

Fra le infinite soluzioni possibili e che soddisfano i vincoli va cercata quella che costa meno.

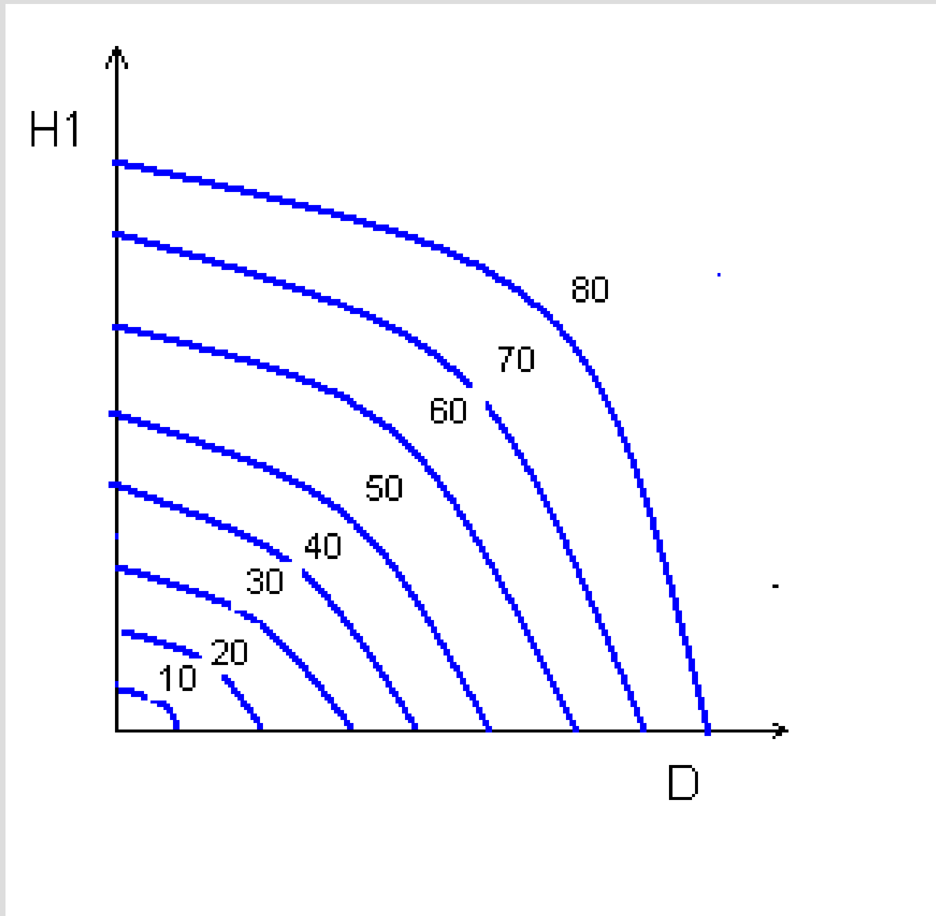


+

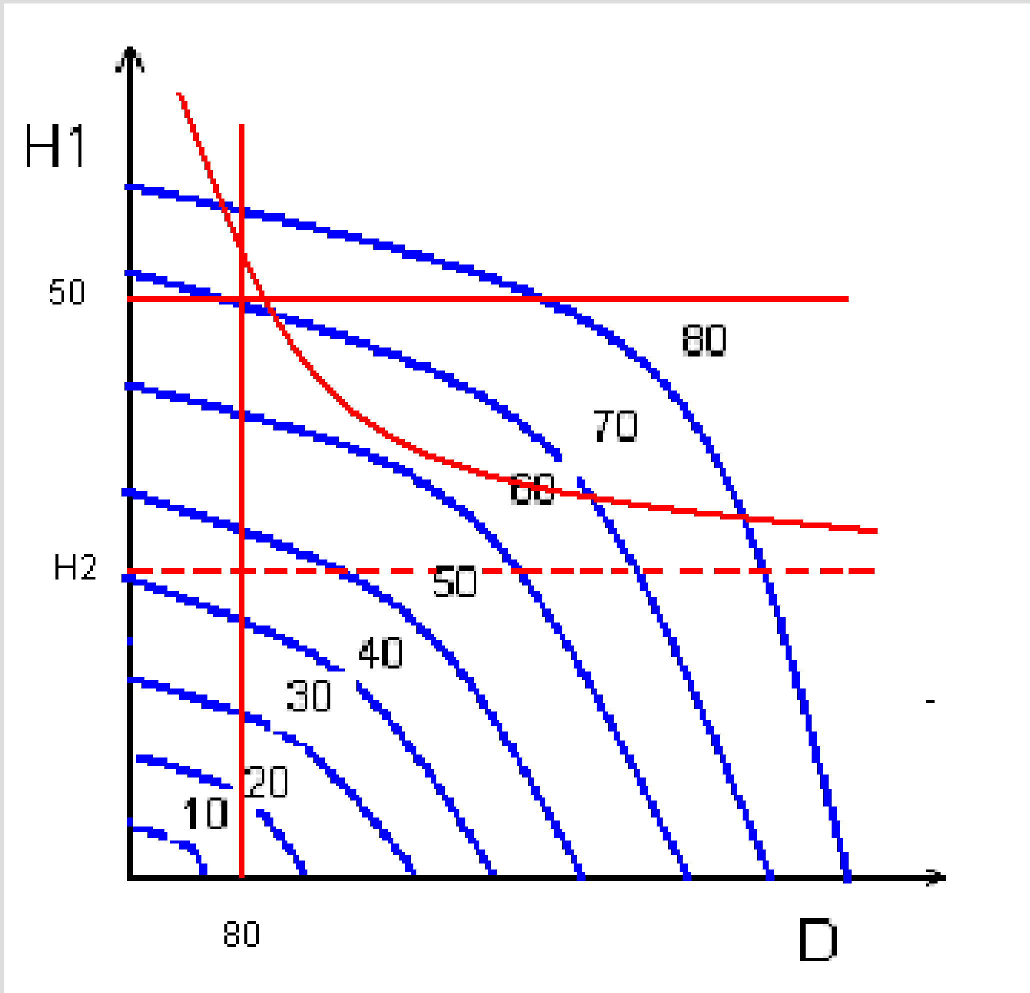


COSTO TOTALE = C_{serb} (H_1) + C_{tub} (D) = f (H_1 , D)

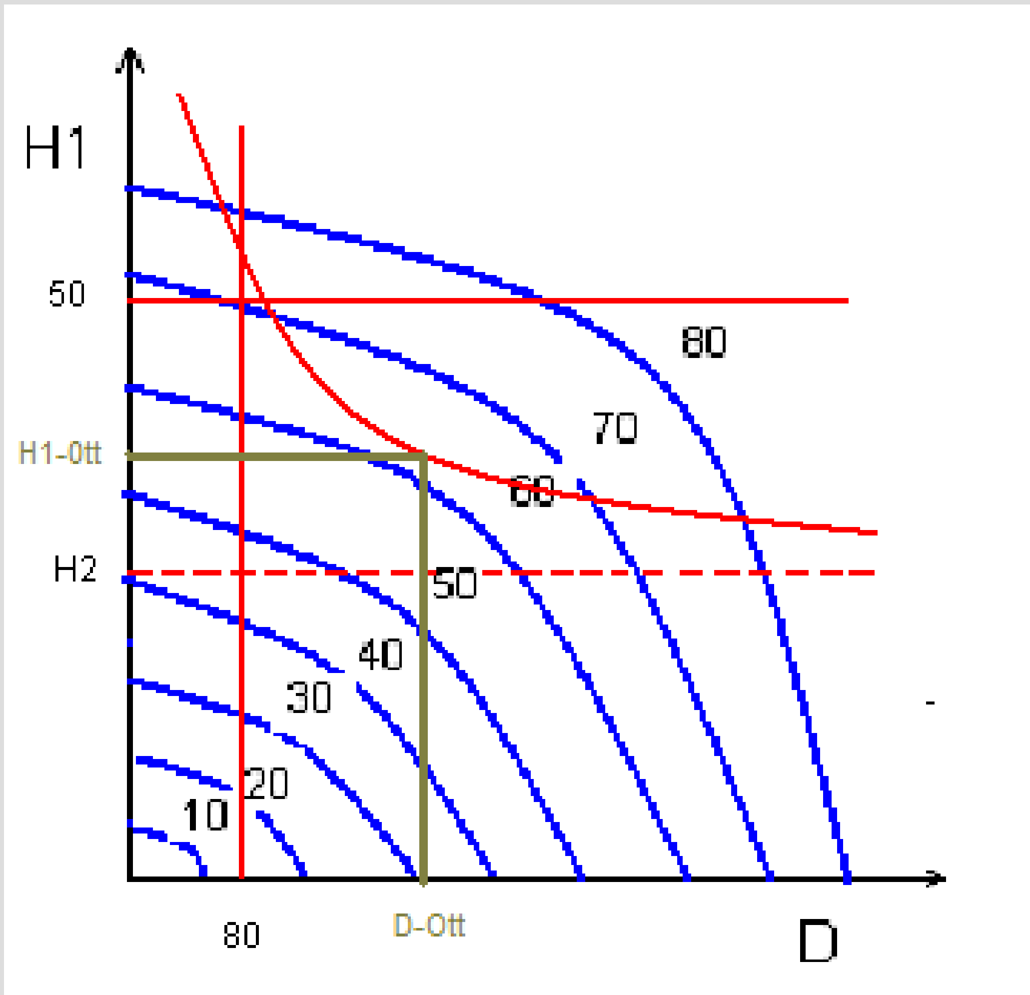
La funzione costo



I vincoli



La soluzione ottima



Procedura di Ciaponi-Papiri (1985):

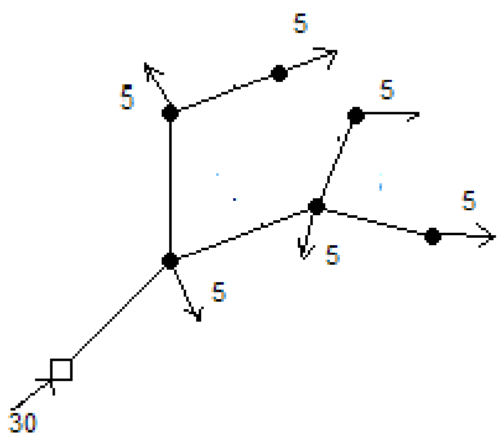
1ª FASE:
definizione delle portate di progetto q_i

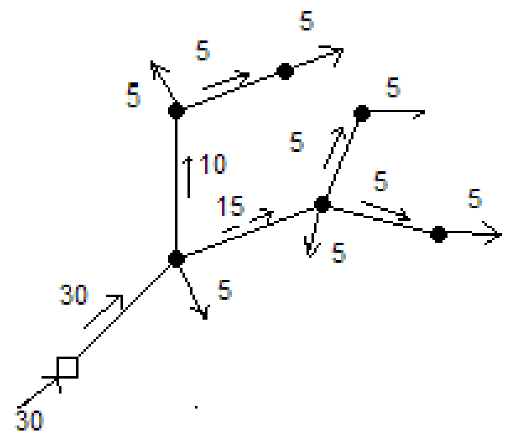
2ª FASE:
calcolo dei diametri ottimali

Entrambe le fasi sono riconducibili a un problema di “MINIMO VINCOLATO” con F.O. lineare e vincoli lineari e quindi risolvibile con algoritmi di PROGRAMMAZIONE LINEARE

Definizione delle portate di progetto: reti ramificate

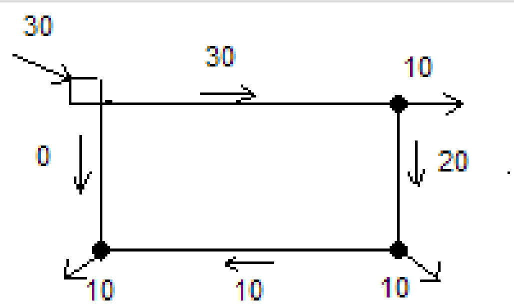
le portate di progetto q_i sono determinate univocamente dalle equazioni di continuità

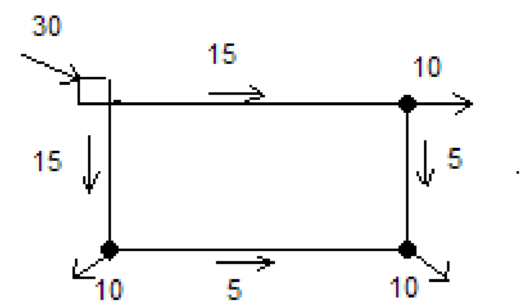




Definizione delle portate di progetto: reti a maglie

Il problema è indeterminato: esistono infinite configurazioni di portate q_i che soddisfano le equazioni di continuità





CRITERIO: si cerca la configurazione delle portate che rende minimo il percorso dalle alimentazione ai punti di erogazione

Definizione delle portate di progetto: formulazione matematica

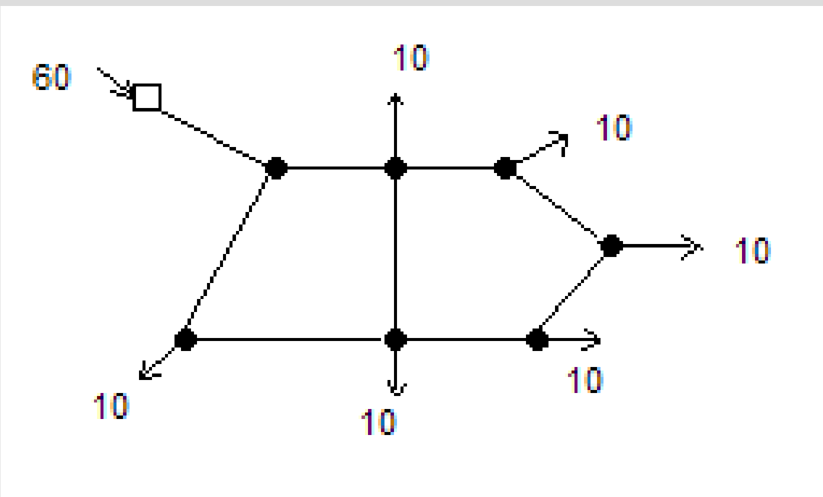
$$\text{Min}\ \ \text{F.O.} = \sum_{\text{i}}^{\text{L}} |\text{q}_\text{i}|\ \text{l}_\text{i}$$

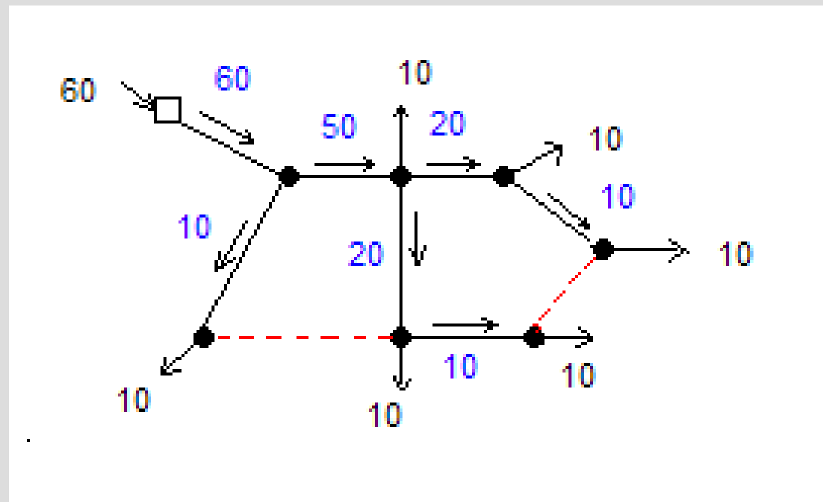
$$\sum q_i + Q_j = 0$$

Il problema è formulato in termini di PROGRAMMAZIONE LINEARE

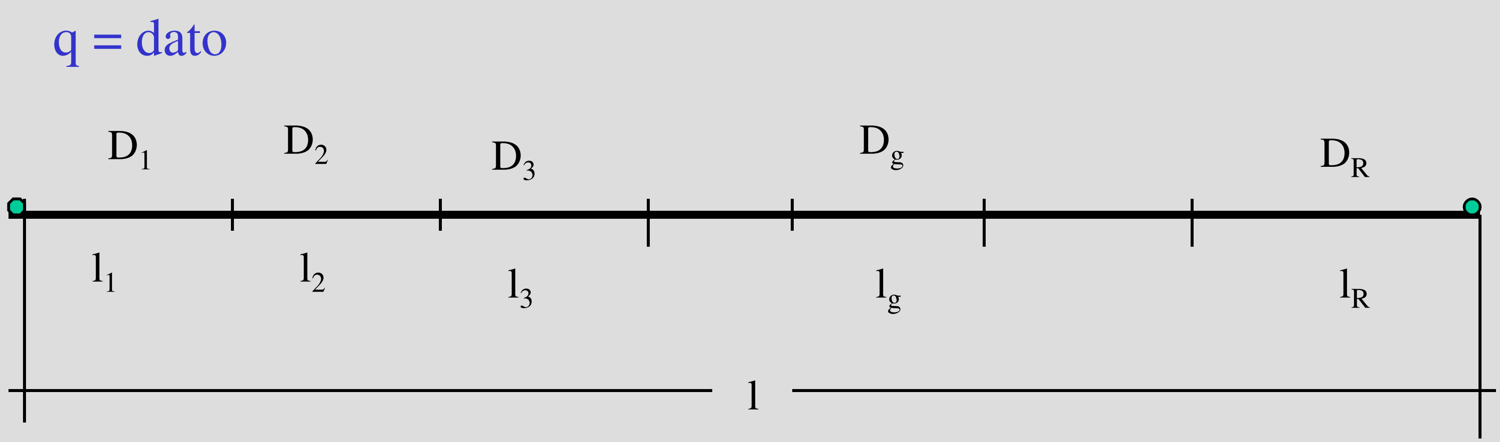
Criterio del minimo percorso: conseguenze

Il criterio del minimo percorso porta ad annullare alcune portate





2ª fase: calcolo diametri ottimali schema del tronco



Gamma diametri commerciali che soddisfano i vincoli sulle velocità:
$D_1, D_2, D_3, \dots D_g, \dots D_R$

$$l = \sum_{g=1}^{R} l_g \qquad \Delta H = \sum_{g=1}^{R} b \frac{q^a}{D_g^d} l_g \qquad Costo = \sum_{g=1}^{R} C_g \, l_g$$

Calcolo dei diametri ottimali: formulazione matematica

$$\text{Min} \;\; \text{F.O.} = \sum_{i=1}^{L} \sum_{g=1}^{R} C_{i\,g} l_{i\,g}$$

$l_{i\,g}$ = variabili decisionali

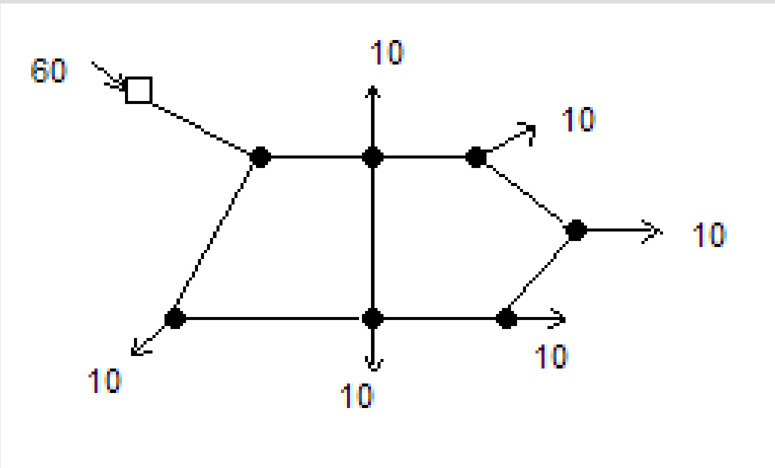
$$H_j - z_j \geq Y_j \qquad j = 1, N$$

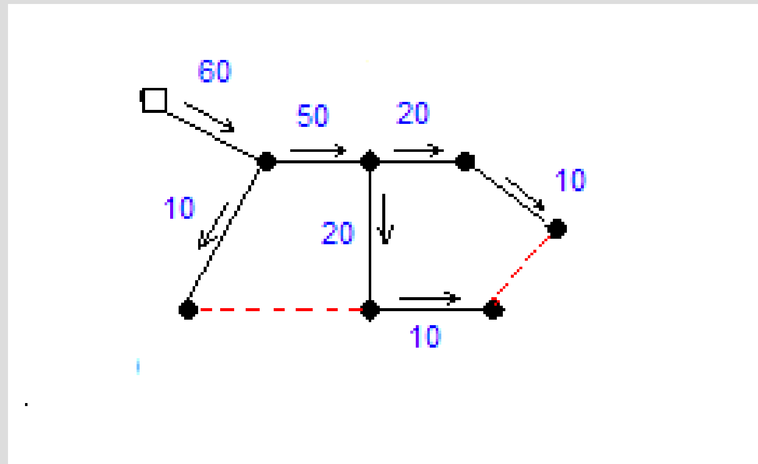
$$\Delta H_i = \sum_{g=1}^{R} b \frac{q_i^a}{D_{i\,g}^d} l_{1\,g} \qquad i = 1, L$$

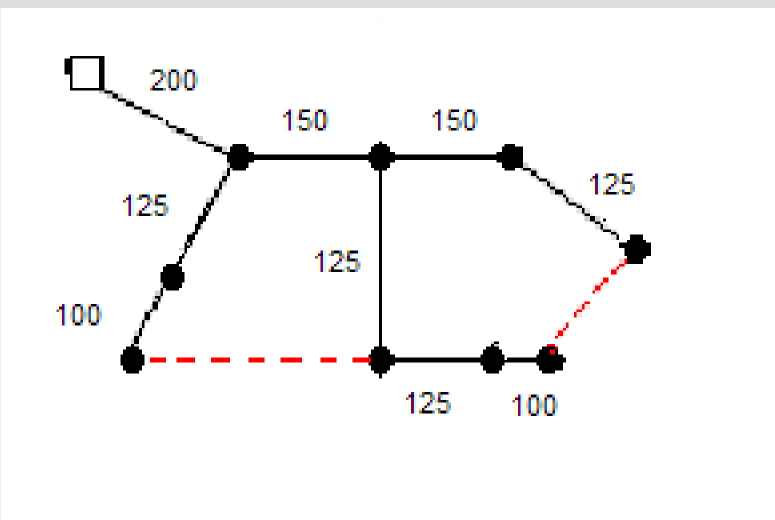
$$l_i = \sum_{g=1}^{R} l_{i\,g} \qquad i = 1, L$$

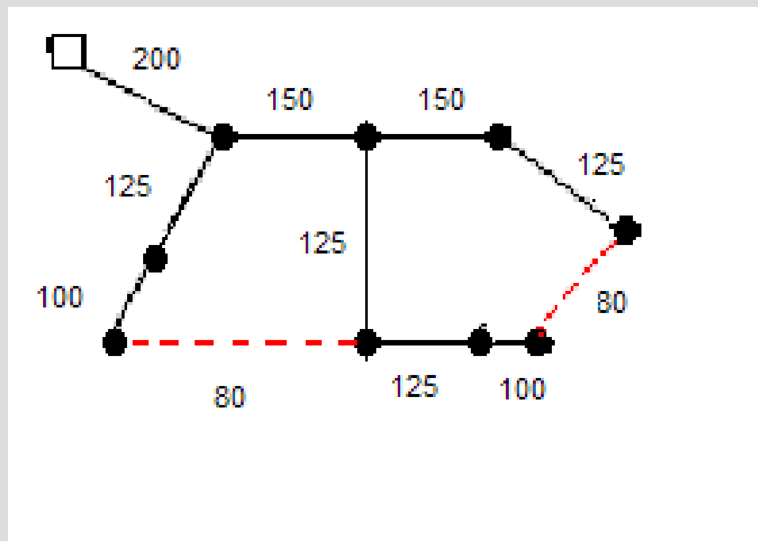
Il problema è formulato in termini di PROGRAMMAZIONE LINEARE

Calcolo dei diametri ottimali: risultati









Riepilogo sulle modalità di dimensionamento

PROCEDURA OTTIMIZZATA:

applicata ai tronchi con $q \neq 0$ $\Rightarrow D =$ da P.L

PROCEDURA SEMPLIFICATA:

applicata ai tronchi con $q = 0$ $\Rightarrow D = D_{min}$

AVVERTENZA:

L'aggiunta dei tronchi dimensionati con la procedura semplificata alla rete dimensionata con la procedura ottimizzata, pur conferendo alla rete un certo grado di ridondanza, altera la distribuzione delle portate rispetto a quelle di progetto e ciò può comportare che, localmente (in qualche nodo), le pressioni vengano abbassate (rispetto a quelle assegnate nella procedura ottimizzata) assumendo valori non conformi ai valori minimi accettabili.
DOPO IL DIMENSIONAMENTO E' QUINDI INDISPENSABILE EFFETTUARE UN CALCOLO DI VERIFICA IDRAULICA