

## Le reti di distribuzione - reti aperte - determinazione delle portate

In una rete aperta si possono sempre determinare immediatamente, sia nei problemi di **progetto** che di **verifica**, le portate  $Q_i$  sulle condotte di trasporto, nonchè le portate  $Q_{1,i}$  e  $Q_{2,i}$  alle estremità delle distributrici.

Per una rete aperta vale sempre la relazione  $L = N - 1$

$L$  = numero totale di condotte (trasporto + distribuzione)

$N$  = numero totale di nodi (interni + esterni)

Equazioni di continuità

- $N - 1$  = equazioni indipendenti di continuità ai nodi
- $Ld$  = equazioni di continuità sulle condotte di distribuzione

Portate incognite

- $L$  = portate  $Q_i$  condotte trasporto o  $Q_{1,i}$  sulla prima estremità distributrice
- $Ld$  = portate  $Q_{2,i}$  sulla seconda estremità condotta distributrice

Bilancio incognite - equazioni:  $L + Ld = (N - 1) + Ld \Rightarrow$  **Sistema determinato**

## Le reti di distribuzione - reti aperte - dimensionamento

Le portate  $Q_i$  (trasporto),  $Q_{1,i}$  e  $Q_{2,i}$  (distributrici) sono determinate.  
*Il predimensionamento consiste nella determinazione di tutti i diametri*

### Equazioni

- $L$  = equazioni del moto su ogni condotta

### Incognite

- $L$  = diametri  $D_i$  da determinare
- $N - 1$  = carichi piezometrici incogniti  $h_j$  ai nodi (eccetto serbatoio)

Sugli  $N - 1$  nodi ci sono solo dei vincoli sui carichi piezometrici minimi:

$$h_j \geq h_j^{\min} = z_{\text{strada}} + H_{\text{edificio}} + \text{franco}$$

Trasformando le disequaglianze in eguaglianze potrebbe non essere garantita l'erogazione di tutte le portate (il carico deve diminuire nel verso del moto).

### Determinazione dei diametri

- Equazioni di minima passività ( $N - 1$ ), come per adduzione.
- Si stabiliscono arbitrariamente i carichi piezometrici ( $N - 1$ ).
- Metodi speditivi.

Il sistema è reso determinato diminuendo il numero di incognite, ovvero assegnando arbitrariamente i carichi piezometrici  $h_j$  su tutti i nodi:

- rispettando tutti i vincoli  $h_j \geq h_j^{\min}$
- compatibilmente ai versi delle portate in condotta (il carico deve diminuire sempre nel verso del moto)
- limitando le escursioni della piezometrica tra min e max consumo a 12÷15 metri, max 20 metri (sollecitazione di giunti e allacci utenze)
- evitando le escursioni della piezometrica tra min e max consumo troppo ridotte (sovradimensionamento)

Le  $L$  equazioni del moto forniscono i diametri teorici  $D_i$  delle  $L$  condotte:

$$D_i = \begin{cases} \left[ l_i k_i \frac{Q_i^{\alpha_i}}{\|h_{1,i} - h_{2,i}\|} \right]^{1/n_i} & \text{solo trasporto} \\ \left[ \frac{l_i k_i}{P_i(\alpha_i + 1)} \frac{(Q_{1,i}^{\alpha_i+1} - Q_{2,i}^{\alpha_i+1})}{h_{1,i} - h_{2,i}} \right]^{1/n_i} & \text{distribuzione} \end{cases} \quad i = 1, \dots, L$$

## Le reti di distribuzione - reti aperte - tecniche di predimensionamento (2)

- **Si fissano le velocità in condotta** (es.  $U = 1 \div 1.5$  m/s):  
nota la portata  $Q_i$  su ogni condotta, si ricava  $\Omega_i = Q_i/U$  e quindi  $D_i$
- **Si assegnano direttamente i diametri commerciali in ogni condotta**

*Problemi che potrebbero insorgere:*

- Potrebbero non risultare verificati i vincoli di carico ai nodi  $h_j \geq h_j^{\min}$
- Potrebbe risultare una escursione di piezometrica fra condizioni di minimo e massimo consumo troppo elevata o troppo ridotta

**Il predimensionamento si conclude con l'assegnazione dei diametri commerciali**

- Evitare di disporre condotte a monte con  $\phi$  minore delle condotte di valle.
- Procedere quindi alle verifiche in funzionamento ordinario e straordinario.
- Verificare l'escursione della piezometrica fra max e min consumo.
- Verificare le velocità in condotta (0.5÷2 m/s). Potrebbe comunque non essere possibile garantire la velocità minima in prossimità delle estremità cieche.

## Le reti di distribuzione - reti aperte - verifica

- Tutte le portate  $Q_i$  sulle condotte di trasporto, nonchè le portate  $Q_{1,i}$  e  $Q_{2,i}$  alle estremità delle distributrici sono determinate utilizzando tutte le equazioni di continuità disponibili.
- Tutti i diametri commerciali  $D_i$  sono stati assegnati
- Si assegna il carico piezometrico  $h$  al nodo serbatoio (es. quota min)
- Si determinano i carichi  $h_j$  sui restanti  $N - 1$  nodi utilizzando le  $L$  equazioni del moto, partendo dal nodo serbatoio verso i nodi di estremità:

$$h_{1,i} - h_{2,i} = \begin{cases} \delta_i l_i k_i \frac{Q_i^{\alpha_i}}{D_i^{n_i}} & \text{solo trasporto} \\ \frac{k_i l_i}{D_i^{n_i} P_i (\alpha_i + 1)} (Q_{1,i}^{\alpha_i+1} - Q_{2,i}^{\alpha_i+1}) & \text{distribuzione} \end{cases} \quad i = 1, \dots, L$$

- ▷ Le soluzioni dei carichi piezometrici  $h_j$  sui nodi vengono utilizzate per le verifiche in funzionamento ordinario e straordinario.
- ▷ In caso di verifiche negative si cambiano opportunamente i diametri e si ripetono le verifiche.

## Le reti di distribuzione - reti chiuse - determinazione delle portate

Rispetto ad una rete aperta, ogni maglia aggiunge un grado di libertà (una infinità di soluzioni) nella determinazione delle portate  $Q_i, Q_{1,i}$  e  $Q_{2,i}$  utilizzando le sole equazioni di continuità. La differenza fra numero di incognite ( $L + L_d$ ) e di equazioni ( $(N - 1) + L_d$ ) è pari al numero di maglie.

	L EQ. DEL MOTO	$M = L - (N - 1)$	N-1 EQ. CONT. NODI	L <sub>d</sub> EQ. CONT. DIST.	EQUAZIONI
N-1 CAR. h <sub>j</sub> NODI	L DIAMETRI D <sub>i</sub>		L PORTATE Q <sub>i</sub> o Q <sub>1,i</sub>	L <sub>d</sub> PORTATE Q <sub>2,i</sub>	INCOGNITE

In una rete chiusa, infatti, vale sempre la relazione:  $M = L - (N - 1)$

$M$  = numero di maglie indipendenti (es. maglie elementari)

$L$  = numero totale di condotte (trasporto + distribuzione)

$N$  = numero totale di nodi (interni + esterni)

### Metodo Conti per il predimensionamento

- Si fissano arbitrariamente  $M$  punti neutri
- Si aprono le maglie in corrispondenza di essi
- Si utilizzano i metodi di predimensionamento delle reti aperte

### Il problema di verifica

- Tutti i diametri commerciali  $D_i$  sono stati assegnati
- Si assegna il carico piezometrico  $h$  al nodo serbatoio (es. quota minima)

### Incognite

- $N - 1 =$  carichi  $h_j$  ai nodi (al serbatoio il carico è imposto)
- $L =$  portate  $Q_i$  condotte trasporto o  $Q_{1,i}$  sulla prima estremità distributrice
- $Ld =$  portate  $Q_{2,i}$  sulla seconda estremità condotta distributrice

### Equazioni

- $L =$  equazioni del moto su ogni condotta
- $N - 1 =$  equazioni indipendenti di continuità ai nodi
- $Ld =$  equazioni di continuità sulle distributrici

Numero incognite = numero equazioni  $\implies$  il sistema è determinato.  
La presenza di equazioni non lineari (eq. moto) rende difficoltosa la soluzione

## 1. Eliminazione degli $N - 1$ carichi incogniti ai nodi; sostituzione delle $L$ eq. moto con $M$ combinazioni lineari indipendenti

- Si individuano  $M$  maglie indipendenti (es. maglie elementari)
- Si sceglie arbitrariamente un verso di percorrenza di ciascuna maglia  $m$
- Un osservatore che percorre una maglia  $m$  vede la linea dei carichi piezometrici partire e arrivare alla stessa quota; sommando le variazioni di carico:

$$\sum_{i \in C_t(m)} \delta_{im} \frac{k_i l_i}{D_i^{n_i}} Q_i^{\alpha_i} + \sum_{i \in C_d(m)} \frac{k_i l_i}{D_i^{n_i} P_i(\alpha_i + 1)} (Q_{1,i}^{\alpha_i+1} - Q_{2,i}^{\alpha_i+1}) = 0 \quad m = 1, \dots, M \quad (1)$$

$C_t(m)$  = insieme di condotte con funzione di solo trasporto percorse dalla maglia  $m$

$C_d(m)$  = insieme di condotte con funzione di distribuzione uniforme percorse dalla maglia  $m$

$$\delta_{im} = \begin{cases} +1 & \text{se la portata } Q_i \text{ è } \textit{concorde} \text{ al verso di percorrenza della maglia } m \\ -1 & \text{se la portata } Q_i \text{ è } \textit{discorde} \text{ rispetto al verso di percorrenza della maglia } m \end{cases}$$

⇒ Il sistema è ancora **determinato**:

$$M + (N - 1) + L_d \text{ equazioni} = L + L_d \text{ portate incognite}$$



## 2. Introduzione di $M$ incognite "portate correttive nelle maglie"; Eliminazione delle equazioni di continuità (1)

- Si individuano  $L + L_d$  **portate di tentativo**  $Q'_i, Q'_{1,i}$  e  $Q'_{2,i}$  che soddisfino le  $(N - 1) + L_d$  eq. di continuità ai nodi e sulle condotte con distribuzione. In generale queste portate di tentativo non soddisfano il sistema (1). Questa soluzione di tentativo è una scelta arbitraria fra  $\infty^M$  possibili soluzioni:  $M$  gradi di libertà (diff. incognite - equazioni =  $L + L_d - (N - 1) - L_d = M$ ).
- Le  $\infty^M$  soluzioni del sistema di equazioni di continuità si ottengono aggiungendo  $M$  "**portate correttive nelle maglie**"  $\Delta Q_k$  (positive nel verso di percorrenza della maglia  $k$ ):

$$\begin{aligned}Q_i &= Q'_i + \sum_{k=1}^M \delta_{ik} \Delta Q_k \\Q_{1,i} &= Q'_{1,i} + \sum_{k=1}^M \epsilon_{1,ik} \Delta Q_k \\Q_{2,i} &= Q'_{2,i} + \sum_{k=1}^M \epsilon_{2,ik} \Delta Q_k\end{aligned}$$

$\Rightarrow$  Le portate  $Q_i, Q_{1,i}$  e  $Q_{2,i}$  soddisfano anch'esse tutte le equazioni di continuità che possono perciò essere **eliminate dal sistema**.

## Le reti di distribuzione - reti chiuse - verifica - Bilanciamento delle portate

- Si fissano arbitrariamente i carichi nei nodi interni alla rete
- Si calcolano le portate in ogni ramo della rete
- In ogni nodo si controlla il bilancio della equazione di continuità al nodo
- Si correggono i carichi per correggere l'errore presente nella continuità in ogni nodo

# Le reti di distribuzione - reti chiuse - verifica - software disponibili

