



**UNIVERSITA'  
DEL SALENTO**

# **COSTRUZIONI IDRAULICHE**



**LEZIONE 4. Progetto condotte in pressione**

Felice D'Alessandro



## Condotte in pressione: problema di progetto (dimensionamento idraulico)

Da un punto di vista esclusivamente **idraulico** il problema di progetto di una condotta o di un sistema di condotte in pressione si può così sintetizzare:

### **ASSEGNATI:**

- le portate **Q** da convogliare
- il tracciato plano-altimetrico
- il materiale delle tubazioni

### **DETERMINARE:**

- i **DIAMETRI** delle tubazioni

Per il dimensionamento idraulico si fa riferimento generalmente a condizioni di **MOTO PERMANENTE**.

In alcuni casi è necessario considerare anche condizioni di **MOTO VARIO**, al fine di tener conto delle possibili sovrappressioni o depressioni legate al fenomeno del COLPO D'ARIETE.



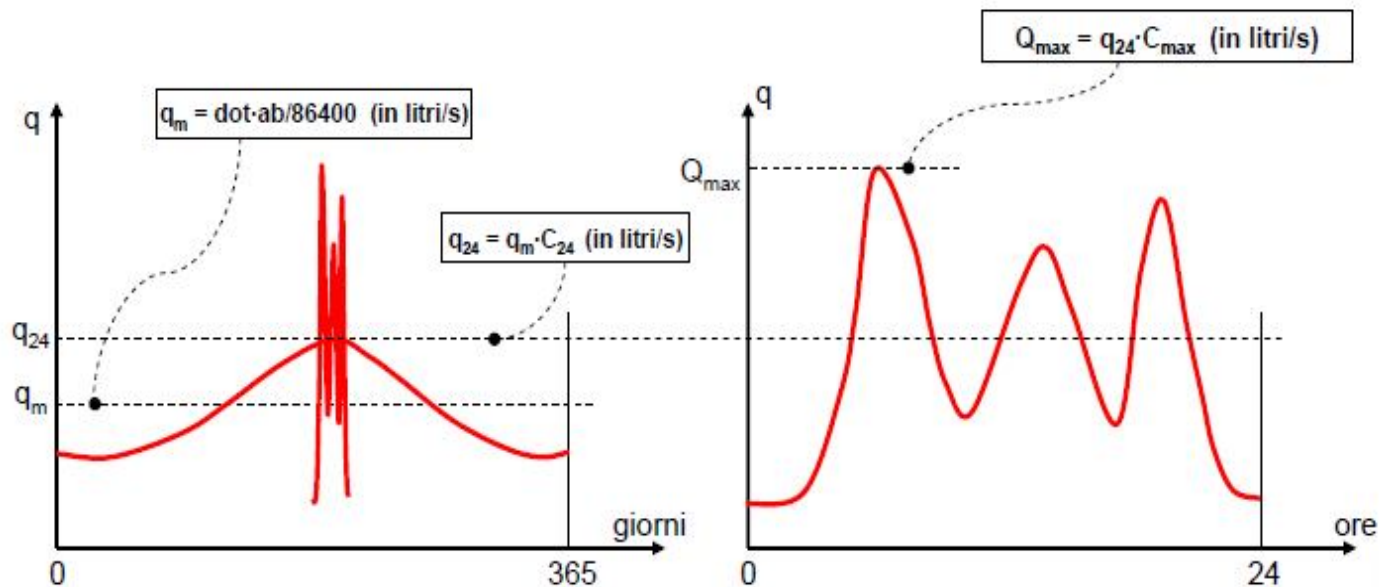


## Dotazioni e portate di approvvigionamento degli acquedotti

Dot (dotazione di approvvigionamento) =  
Volume giornaliero medio annuo/abitante (in litri/giorno/ab)

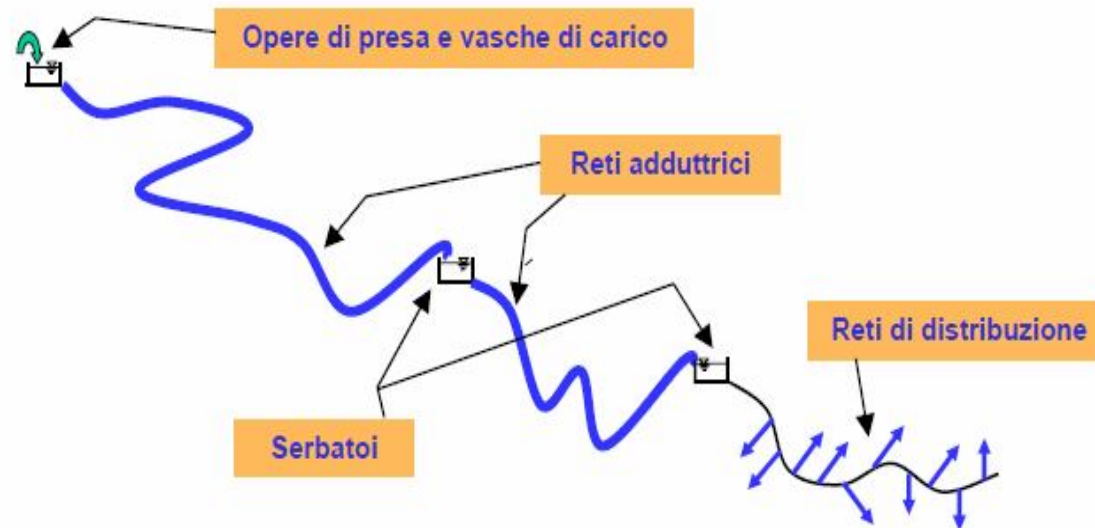
Popolazione:	Dotazione:	$C_{24}$	$C_{max}$
< 5'000 ab	→ 100 ÷ 150 litri/giorno/ab	1.5	2.5
↓	↓	↓	↓
> 100'000 ab	→ 400 ÷ 500 litri/giorno/ab	1.2	1.2

Valore standard:  
250 litri/giorno/ab





## Portate di progetto

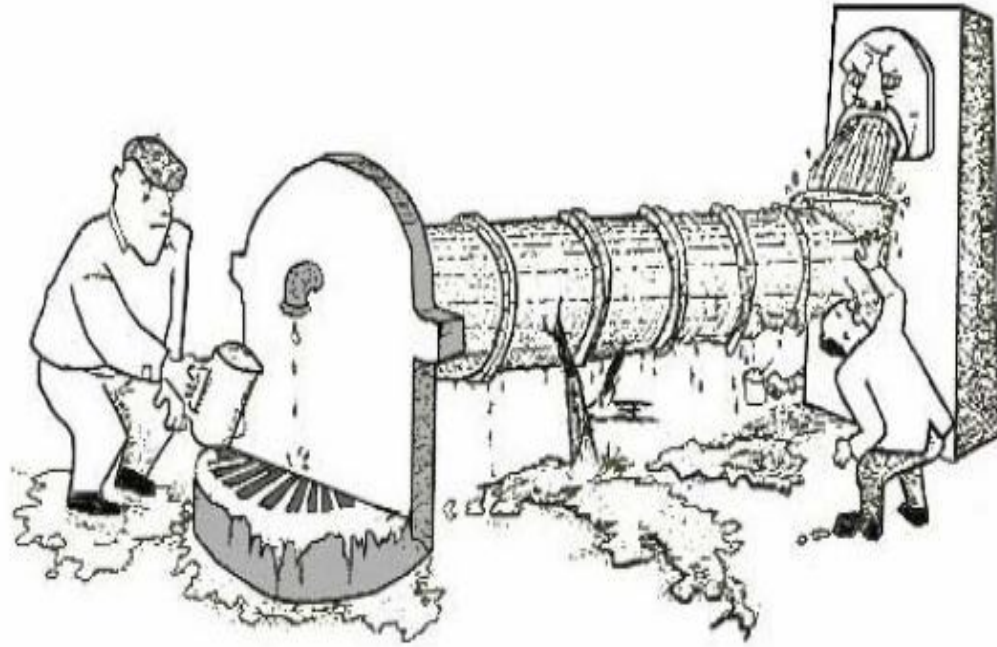


Manufatto	Portata di progetto	
Opere di presa	$Q_G$	Portata <b>media</b> del giorno di max consumo
Reti di adduzione	$Q_G$	Portata <b>media</b> del giorno di max consumo
Reti di distribuzione	$Q_{G,max}$	Portata <b>di punta</b> del giorno di max consumo





## Perdite negli acquedotti. Bilancio idrico di un sistema acquedottistico





## Perdite negli acquedotti. Bilancio idrico di un sistema acquedottistico

Volume d'acqua immesso nel sistema	Consumi autorizzati	Consumi autorizzati fatturati	Consumi misurati e fatturati (incluso acqua venduta all'esterno)	Acqua fatturata
			Consumi non misurati e fatturati	
		Consumi autorizzati non fatturati	Consumi misurati e non fatturati	Acqua non fatturata
			Consumi non misurati e non fatturati	
	Perdite d'acqua	Perdite apparenti	Consumi non autorizzati	
			Errori di misura	
		Perdite reali	Perdite nella rete di adduzione e di distribuzione	
			Perdite negli allacciamenti fino al contatore di misura	
Perdite e sfiori di troppo pieno nei serbatoi, perdite nelle operazioni di manutenzione				

- Solo i volumi idrici in azzurro sono **determinabili con misure**.
- I volumi in verde possono essere eliminati o ridotti generalizzando **l'uso di contatori**.
- La componente di **perdite reali** in giallo può essere ridotta con una gestione attenta.





## Perdite negli acquedotti. Bilancio idrico di un sistema acquedottistico

### La tabella mette in evidenza i seguenti aspetti:

- la comune definizione di “*perdita*” (differenza tra i volumi immessi in rete e i volumi misurati all’utenza, e cioè tra le sole quantità effettivamente misurabili, evidenziate in azzurro), comprende in realtà molte altre componenti che non sono affatto perdite reali;
- non si deve confondere il **volume di acqua misurata all’utenza** con il **volume di acqua fatturata**, che può comprendere in molte realtà anche volumi fatturati in via convenzionale e forfettaria e non rispondenti ad effettive misure;
- una **normativa di tutela della risorsa** deve essere molto prudente nel fissare eventuali valori limite ammissibili per le perdite, ove non vengano *esattamente* definite. Infatti:
  - se la norma intende come perdite da limitare quelle date dalla differenza, effettivamente nota e controllabile, tra i volumi misurati di approvvigionamento e quelli misurati all’utenza, esse ***non sono rappresentative delle perdite reali***, poiché contengono altri volumi che possono essere percentualmente rilevanti e possono anche essere fisiologicamente ineliminabili;
  - se invece la norma intende disciplinare le perdite reali, ciò che risponderebbe al desiderio di limitare l’entità di sprechi ingiustificati e quindi di una corretta politica di risparmio idrico, si urta contro lo scoglio rappresentato da una norma limitante una ***grandezza che di fatto non è ben misurabile***.





## Condotta semplice. Problema di progetto. (dimensionamento idraulico)

### EQUAZIONE DEL MOTO (Bernoulli):

$$Yg = z_A - z_B = L \cdot J = L \cdot \frac{10.29}{k_s^2} \cdot \frac{Q_{max}^2}{D^{5.33}}$$

- come **portata di progetto** si considera quella massima che si prevede debba essere convogliata  $Q_{max}$
- come **scabrezza di progetto** si considera quella massima prevedibile durante la vita dell'opera, ovvero quella cosiddetta "a tubi usati"  $k_{s,USATI}$



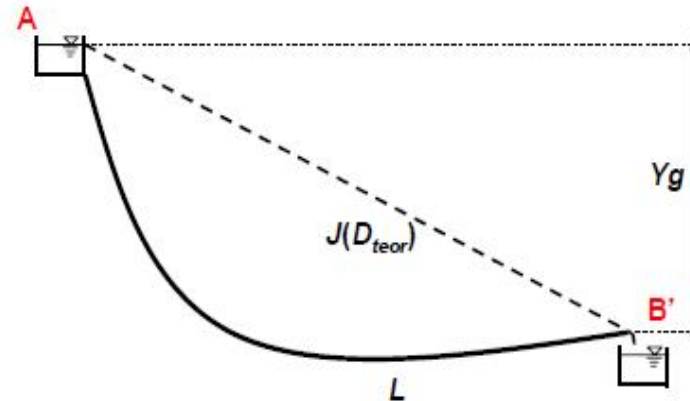
**noti**  $Yg$ ,  $Q$ ,  $L$  e  $k_s$

si ricava il **diametro teorico**  $D_{teor}$

Per il buon funzionamento da un punto di vista ingegneristico, devono essere **verificati i seguenti VINCOLI**:

$$\frac{P}{\gamma} > 5 \div 10 m$$

$$0.5 \leq V \leq 2 \text{ m/s}$$







## Condotta semplice. Passaggio a diametri commerciali

Le **tubazioni commerciali** sono prodotte con un limitato numero di diametri. Sarà quindi necessario considerare un diametro commerciale diverso da quello teorico.

A meno di altri vincoli, per esempio di velocità o di pressione, si considera il diametro commerciale **immediatamente maggiore**.

$$D_{comm} > D_{teor} \rightarrow J(D_{comm}) < J(D_{teor})$$
$$Yg = L \cdot J(D_{comm}) + Y_{conc}$$

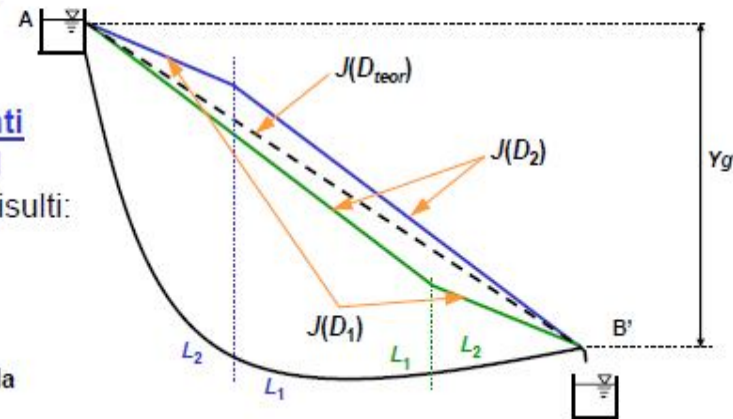
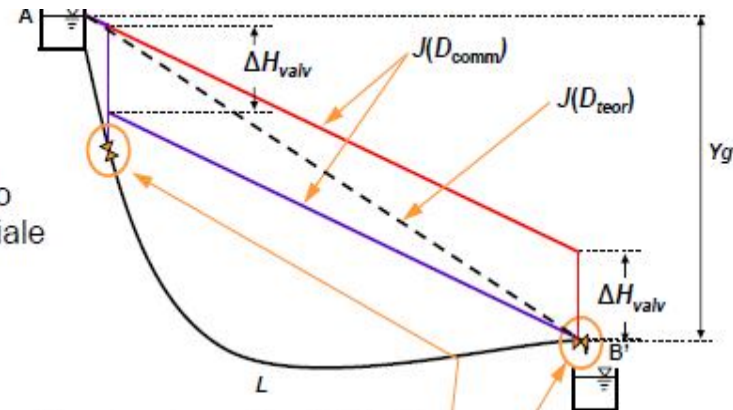
Serve una **valvola di dissipazione** che compensi le minori perdite distribuite.

NB: il *punto d'inserimento* delle valvole deve essere scelto opportunamente in funzione delle pressioni in condotta e della facilità di manutenzione e manovra: spesso per quest'ultimo motivo si preferisce la posizione terminale, all'interno della camera di manovra del serbatoio di valle).

Un'altra soluzione consiste nel realizzare la condotta in **due tronchi con diametri differenti** (immediatamente minore  $D_1$  e maggiore  $D_2$  del diametro teorico) e lunghezze  $L_1$  e  $L_2$  tali che risulti:

$$Yg = J(D_1) \cdot L_1 + J(D_2) \cdot L_2$$
$$L = L_1 + L_2$$

NB: La scelta della successione dei due tronchi dipende da eventuali vincoli altimetrici



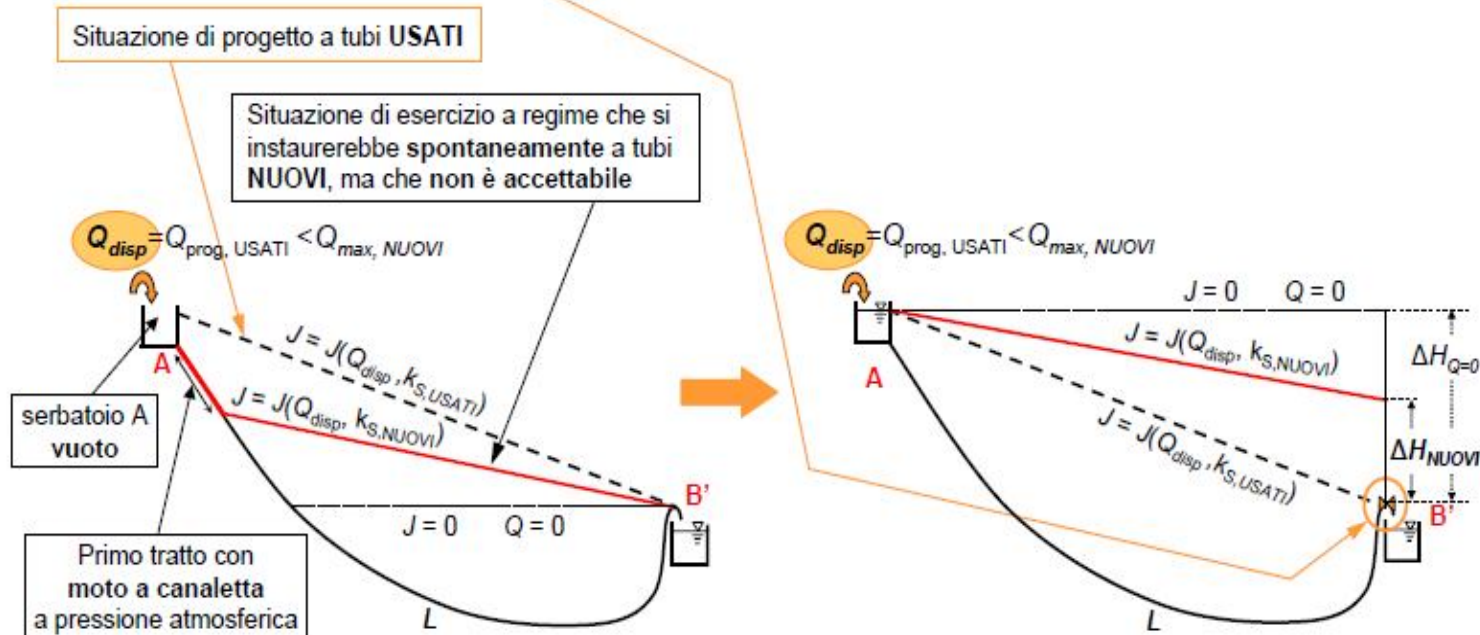


## Condotta semplice. Variabilità della scabrezza nel tempo

La **scabrezza delle tubazioni varia nel tempo** per effetto dell'interazione con il fluido trasportato (generalmente aumenta, quindi  $k_s$  diminuisce): quindi le perdite distribuite e le cadenti  $J$  variano di conseguenza.

$$J = \frac{10.29}{k_s^2} \cdot \frac{Q^2}{D^{5.33}}$$

La **valvola dissipatrice**, che normalmente è necessario introdurre per il passaggio ai  $D_{comm}$ , serve anche a **compensare le minori perdite distribuite a tubi NUOVI** ( $k_{s,NUOVI} > k_{s,USATI}$ ) e quindi va sempre prevista nel progetto (perfino se per i  $D_{comm}$  si sono scelti tronchi a  $D$  diverso)

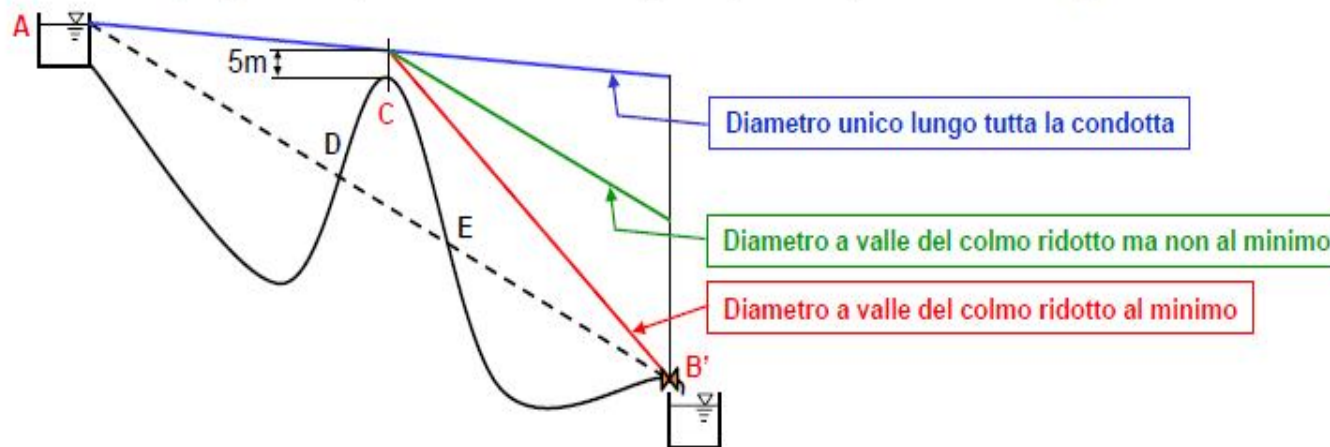




## Condotta semplice. Progetto

Poiché è necessario garantire almeno 5 m di carico su tutta la lunghezza della condotta, nel caso in cui l'asse della condotta sia **intersecato** dalla linea congiungente i due serbatoi, la piezometrica dovrà passare in tale tratto al di sopra del punto più elevato con  $P/\gamma \geq 5\text{m}$ .

Le **soluzioni progettuali possibili** sono le seguenti, dove il punto di vincolo piezometrico è C:



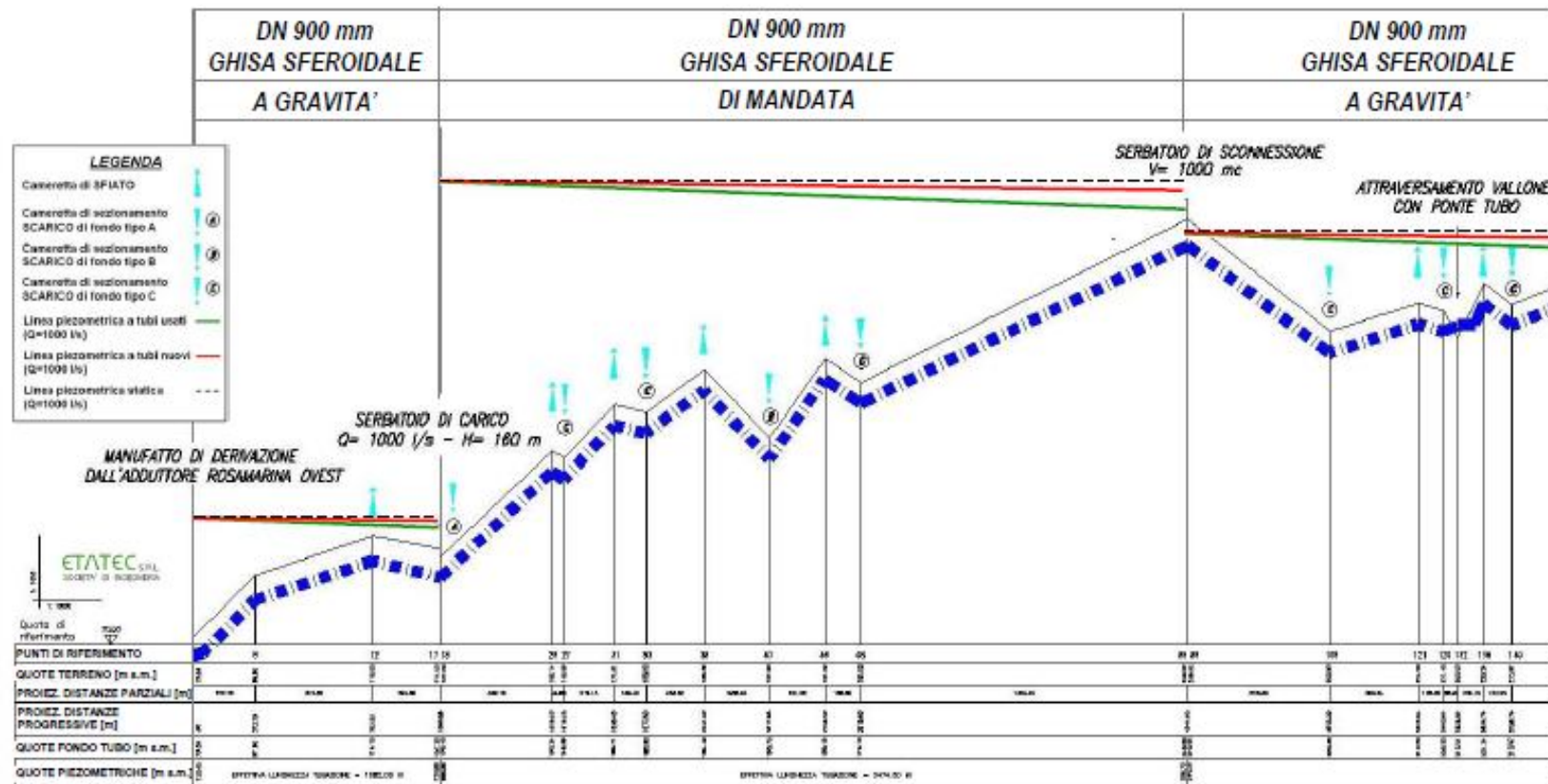
**NB:** Diametro variabile da tratto a tratto lungo la condotta:

- Vantaggi:
  - ✓ **Riduzione carichi** sulle condotte, con conseguente:
    - ~ Riduzione delle *perdite fisiche*;
    - ~ Possibile riduzione della *classe di pressione* occorrente per tubazioni e pezzi speciali.
- Svantaggi:
  - \* Richiede un **più ampio magazzino** per ricambi (tubazioni e pezzi speciali);
  - \* **Velocità variabili** da tratto a tratto lungo la condotta.





# Progetto. Esempio di profilo piezometrico longitudinale





## Progetto. Profilo longitudinale

Generalmente l'**acquedotto non segue rigidamente il profilo del terreno**, ma se ne discosta quando risulti conveniente approfondire lo scavo in modo da:

- mantenere **livellotta costante**
- ridurre al minimo punti di minimo e massimo relativi, con risparmio nel numero di **scarichi e sfiati**

Si devono indicare:

- **caratteristiche** fisiche e idrauliche delle **condotte** (D, L, Ks, Q, J, V, H, P/γ, ...)
- **vincoli piezometrici** (serbatoi, torrini piezometrici, impianti di sollevamento, ...)
- **pezzi speciali** (scarichi, sfiati, valvole di dissipazione, ...)
- **interferenze** con vincoli naturali e/o altre infrastrutture (fiumi, strade, ferrovie, ecc.)

