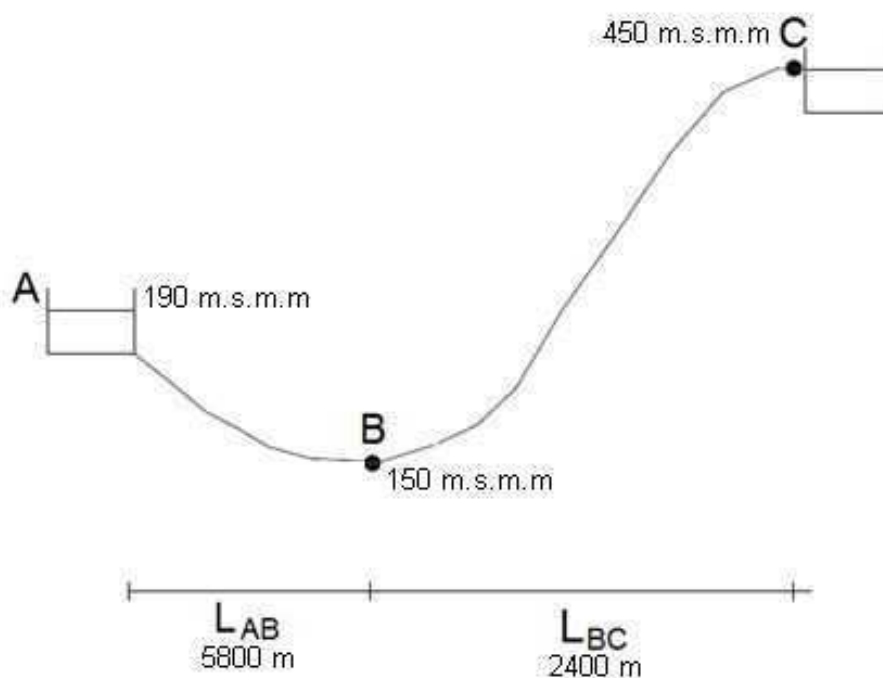


*Esame di Stato per l'abilitazione alla professione di Ingegnere - Settore civile e ambientale*  
**Prova pratica (IV PROVA) - SVOLGIMENTO ESERCIZIO TIPO**  
*(di Marina Roma)*

**Progetto acquedotto esterno - Dimensionamento condotta tubi nuovi - Verifica tubi usati - Dimensionamento impianto sollevamento - Determinazione diametro di massimo tornaconto - Scelta pompe - Adeguamenti per il futuro - Raddoppio condotta - Pompa di rilancio**

Il candidato imposti il progetto preliminare di un acquedotto a servizio di un centro abitato di 39.000 abitanti con una dotazione idrica di 240 l/ab\*d. La condotta di adduzione collegherà un serbatoio A - nel quale si raccoglie l'acqua proveniente dalla fonte d'approvvigionamento ed avente quota del pelo libero a 190 m.s.m.m - ad un serbatoio B, posto in prossimità del centro urbano da servire ed avente quota del pelo libero 450 m s.l.m. Si consideri, inoltre, che il punto più depresso interessato dal tracciato dell'acquedotto è posto nel punto B a quota 150 m.s.m.m. Le distanze tra gli elementi fin qui detti sono:  $L_{AB} = 5800$  m e  $L_{BC} = 2400$  m.



Al candidato si chiede:

- 1) il dimensionamento della condotta di adduzione (per la valutazione delle resistenze al moto, supponendola in acciaio, si utilizzi la formula di Scimemi-Veronesi:  $J = 0.00145 * Q^{1,82}/D^{4,71}$  con coefficiente di invecchiamento  $\alpha=1,4$ );
- 2) il dimensionamento dell'impianto di sollevamento secondo il criterio di massima economia, valutando il funzionamento della stazione di pompaggio per 8, 16 e 24 ore al giorno; per il costo della condotta, si faccia riferimento alla tabella che segue:

Diametro [mm]	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
Costo [€/m]	114.30	168.30	219.10	273.00	323.90	355.60	406.40	457.20	508.00	555.53	603.85	652.16	700.47

3) la verifica a tubi nuovi ed il tracciamento delle piezometriche, a tubi nuovi ed usati, in opportuna scala grafica;

4) l'adattamento dell'opera per il futuro ipotizzando una popolazione di 45.000 abitanti e dotazione idrica 260 l/ab\*d.

Per i dati non forniti esplicitamente, infine, si assumano i valori che si ritiene opportuni in relazione al problema in esame.

## PREMESSA

Il documento riporta lo svolgimento passo-passo di un esercizio di progettazione di un acquedotto esterno. Nello specifico l'esercizio comprende: la valutazione della richiesta idrica a partire dai dati del centro da servire (numero di abitanti e dotazione idrica), la scelta dei parametri progettuali per il dimensionamento della condotta (velocità minima e massima nei tratti a gravità e in sollevamento meccanico), il dimensionamento della condotta nel tratto a gravità (definizione diametro teorico e scelta dei diametri commerciali) ed in sollevamento (diametro della premente, scelta delle pompe, tipologia, numero, potenza, portata e prevalenza) secondo il criterio della massima economia (confronto diverse opzioni progettuali: funzionamento a 24, 16 ed 8h, con/senza serbatoio di compenso, con un diametro maggiore o minore e per ciascuna di esse valutazione dei costi di costruzione ed esercizio), la verifica idraulica in condizione di tubi usati, il tracciamento delle relative piezometriche e l'adeguamento dell'opera per il futuro (incremento numero abitanti e dotazione idrica) con l'analisi di due possibili scenari di intervento: raddoppio di condotta e potenziamento dell'impianto di sollevamento esistente (pompa di rilancio).

Per una miglior comprensione dell'esercizio sono stati evidenziati **in giallo** i dati di input del problema (quota serbatoio, lunghezza tratte del tracciato, numero di abitanti e dotazione idrica presenti e futuri, esponenti della formula di resistenza, etc.) ed i valori che sta al progettista definire o stimare in base alle sue conoscenze (es. velocità minime e massime in condotta come criterio per il dimensionamento della condotta, rendimento dell'impianto di sollevamento, costo del kWh per valutazioni economiche dell'impianto di sollevamento, etc.) ed **in verde** i risultati più importanti (es. diametri ottenuti in fase di dimensionamento, velocità reali che si realizzano in condotta, portata defluente a tubi nuovi, carico da dissipare con valvola dissipatrice, diametro minimo del raddoppio, etc.).

Tutte le formule utilizzate per lo svolgimento numerico di questo esercizio sono esplicitamente fornite, così come sono fornite brevi annotazioni accanto alle scelte fatte che ne esplicano brevemente la motivazione.

Perdite di carico che si avrebbero, a tubi nuovi, con la portata di progetto

$\Delta H_{N1}$	13.28	m
$\Delta H_{N2}$	15.29	m

$$\Delta H_{N1} = J_{N1} \cdot L_1 = \frac{\alpha \cdot 0,00145 \cdot Q^{1,82}}{D_1^{4,71}} \cdot L_1$$

$\Delta H_N$	28.57	m
--------------	-------	---

$$\Delta H_{N2} = J_{N2} \cdot L_2 = \frac{\alpha \cdot 0,00145 \cdot Q^{1,82}}{D_2^{4,71}} \cdot L_2$$

$$\Delta H_N = \Delta H_{N1} + \Delta H_{N2}$$

Carico da dissipare con valvola di regolazione

$\Delta H_S$	11.43	m
--------------	-------	---

$$\Delta H_S = \Delta H_{AB} - \Delta H_N$$

Se è inferiore ai 20m ---> unica valvola dissipatrice

Se è maggiore ---> più valvole

**Unica valvola**

OSS. A tubi nuovi, senza valvola di regolazione, la piezometrica sarebbe la stessa ma, in virtù delle minori perdite di carico, si avrebbe il convogliamento di una portata  $Q_N$  maggiore.

>> **Verifica pressioni d'esercizio tubi usati (ovunque deve essere > 5m per garanzia igienica)**

Se mettendo prima il diametro minore, la piezometrica si avvicina troppo alla condotta (distanza minore di 5m) adatterò la soluzione che prevede prima il diametro maggiore.

### Dimensionamento tratto con sollevamento ( $L_{BC}$ )

Input

$H_B$	150	m s.m
$H_C$	450	m s.m
$L_{BC}$	2400.0	m
$V_{min}$	0.60	m/s
$V_{max}$	2.00	m/s

Quota punto più basso

Quota punto più alto

Lunghezza tratto con sollevamento

Velocità minima ammessa

Velocità massima ammessa

La portata è funzione delle ore di funzionamento ( $\Delta T$ ) dell'impianto di sollevamento.

Ipotizziamo 3 casi:

$\Delta T$	Q	$D_{min}$	$D_{max}$
[h]	[m <sup>3</sup> /s]	[m]	[m]
24	0.108	0.263	0.480
16	0.163	0.322	0.587
8	0.325	0.455	0.831

Q

$Q_{16} = 1,5 Q$

$Q_{24} = 3 Q$

$$Q = V \cdot A = V \cdot \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V_{max}}}$$

$$D_{max} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V_{min}}}$$

TRATTO 2

D <sub>2</sub>	0.300	m
Q <sub>v</sub>	0.135	m <sup>3</sup> /s

V <sub>1</sub>	1.92	m/s
Verifica non soddisfatta..		

Se la velocità è troppo elevata (per quel diametro con la Q maggiorata), ipotizzo raddoppio di condotta.

Adattamento primo tratto a gravità (L<sub>AB</sub>) - Ipotizzo raddoppio di condotta

Input

H <sub>A</sub>	190	m s.m
H <sub>B</sub>	150	m s.m
L <sub>AB</sub>	5800.0	m
V <sub>min</sub>	0.6	m/s
V <sub>max</sub>	1.6	m/s
Q <sub>F</sub>	0.135	m <sup>3</sup> /s

D <sub>1</sub>	0.350	m
D <sub>2</sub>	0.300	m
L <sub>1</sub>	3724.7	m
L <sub>2</sub>	2075.3	m

Quota opera captazione

Quota punto più depresso

Lunghezza primo tratto a gravità

Velocità minima ammessa

Velocità massima ammessa

Portata futura

Diametri del 1° e 2° tronco di condotta

Lunghezze dei due tronchi

Ipotizzo di raddoppiare il secondo tratto.

Ricavo il diametro minimo del raddoppio (D\*)  
risolvendo il sistema:

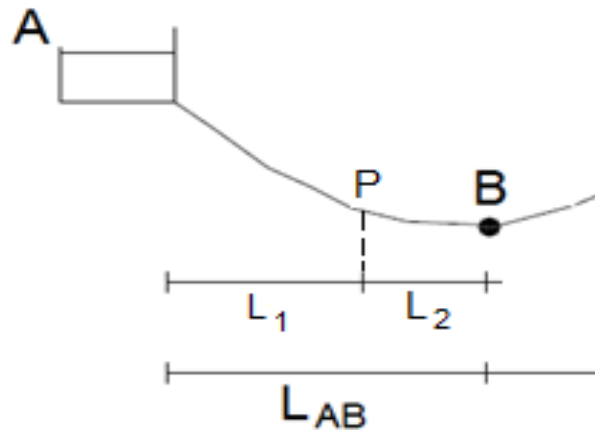
L <sub>R</sub>	2075.3	m
----------------	--------	---

$$H_A - H_P = \frac{\alpha \cdot 0,00145 \cdot Q_F^{1,82}}{D_1^{4,71}} \cdot L_1$$

$$H_P - H_B = \frac{\alpha \cdot 0,00145 \cdot Q_V^{1,82}}{D_2^{4,71}} \cdot L_2$$

$$Q_F = Q_V + Q_R$$

$$H_P - H_B = \frac{\alpha \cdot 0,00145 \cdot Q_R^{1,82}}{D_R^{4,71}} \cdot L_R$$



Parametri formula di resistenza

esp. Q	1.82
esp. D	4.71
coeff.	0.00145
α	1.4

Le incognite, facilmente esplicitabili, sono:

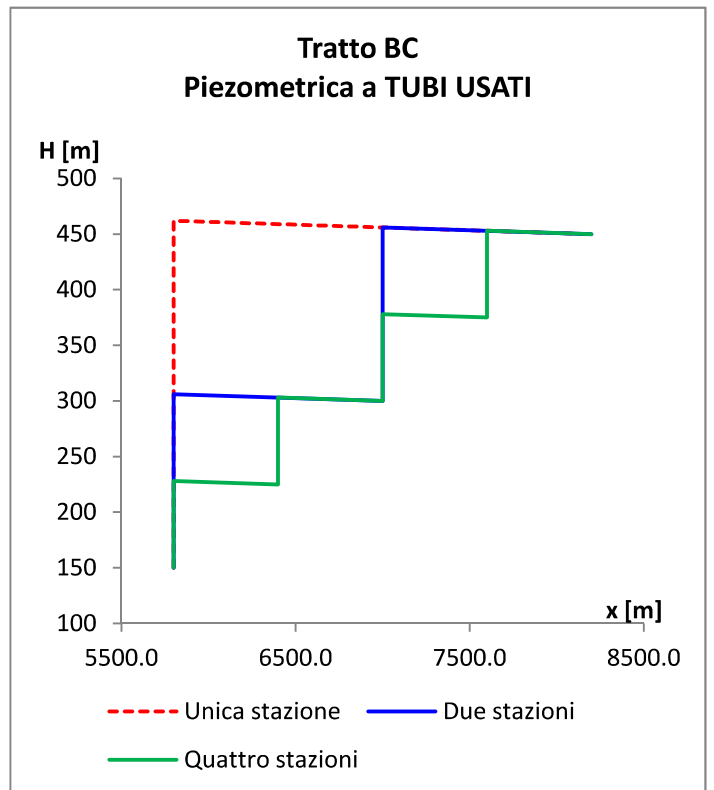
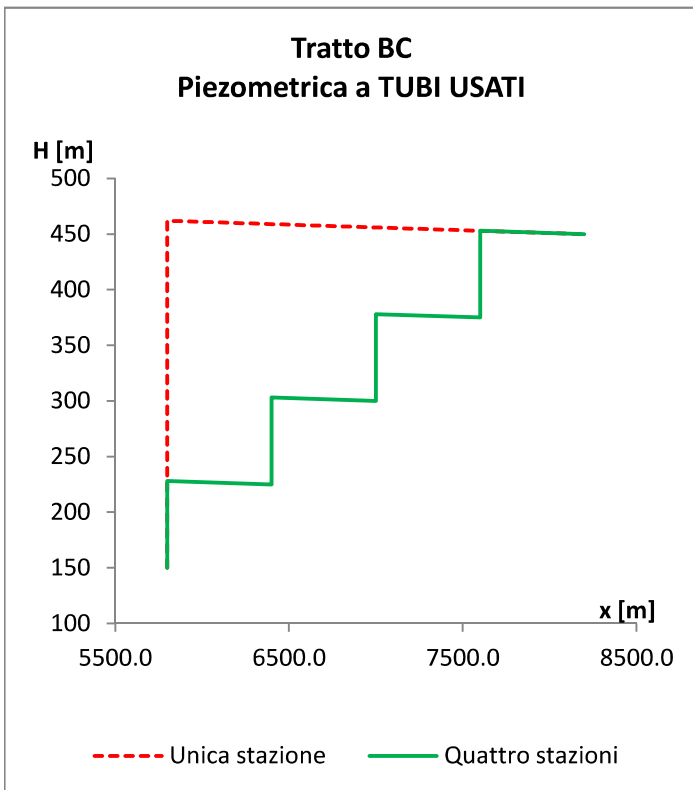
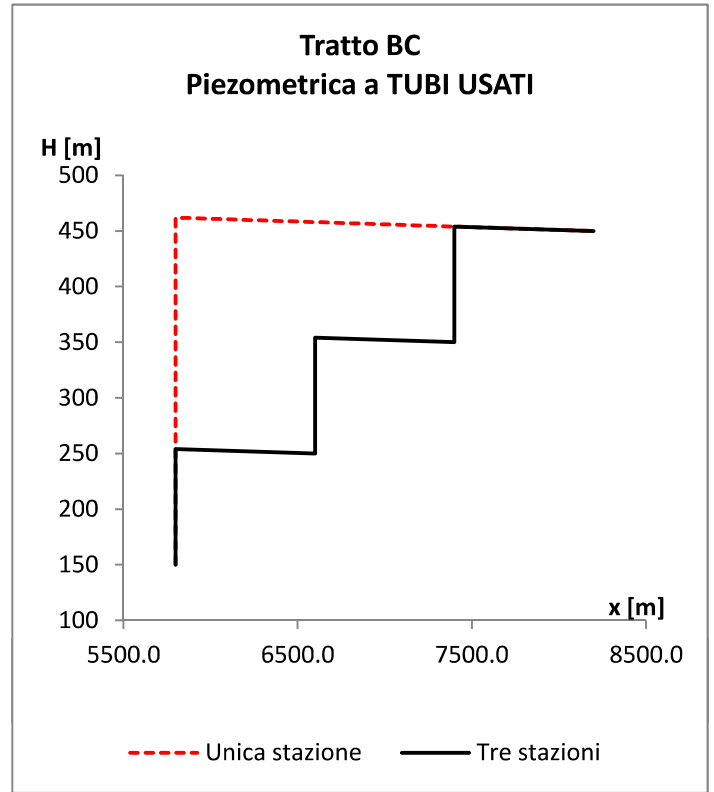
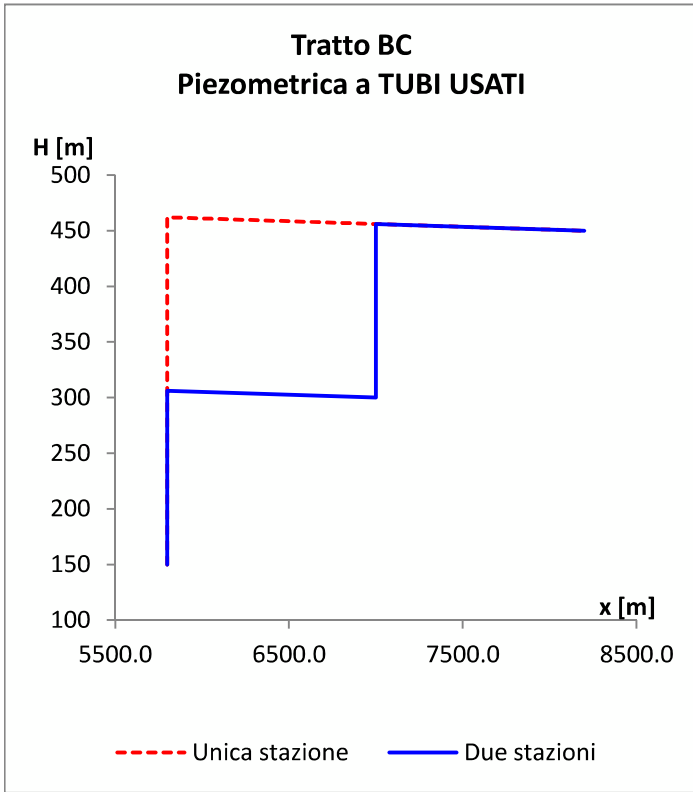
Quota piezometrica in P

H <sub>p</sub>	162.10	m
----------------	--------	---

$$H_P = H_A - \frac{\alpha \cdot 0,00145 \cdot Q_F^{1,82}}{D_1^{4,71}} \cdot L_1$$

**TRATTO BC con SOLLEVAMENTO - Piezometrica a tubi usati**

	$\Delta H_{GEO}$	
Unica stazione di sollevamento	300	m
Due stazioni	150	m
Tre stazioni	100	m
Quattro stazioni	75	m



Riepilogo dati - TUBI USATI