

III ESONERO DI IDRAULICA

Politecnico di Bari, II Facoltà di Ingegneria - Taranto, Corso di Idraulica, A.A. 2010-2011

Ingegneria Civile e per l'Ambiente e il Territorio

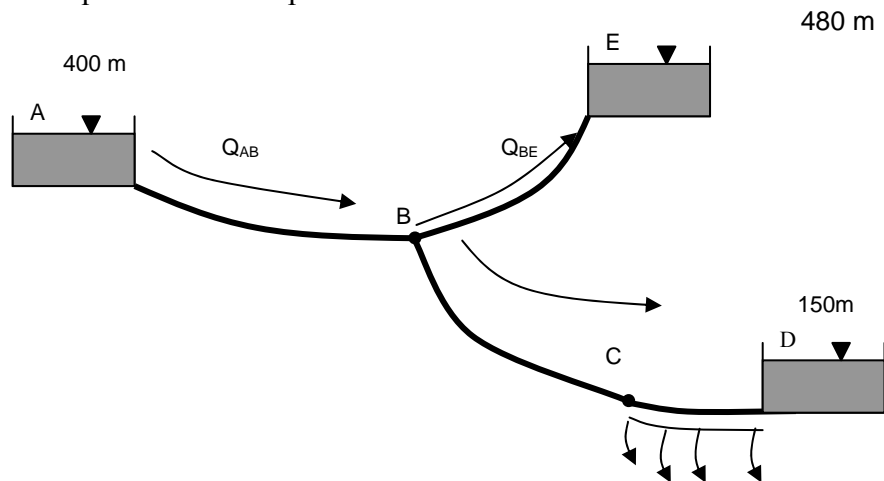
ESERCIZIO 1

Data la rete aperta riportata in figura (rappresentazione non in scala) costituita dai tre serbatoi **A**, **E**, **D** e in cui la portata deve fluire secondo i versi riportati (si tenga conto che nel tratto **CD** viene uniformemente distribuita la portata q), si chiede di:

- 1) progettare i diametri commerciali del tronco **AB**, le relative lunghezze e disegnare le relative linee piezometriche;
- 2) progettare il tronco **BE** e valutare la potenza della pompa (di rendimento $\eta=0.65$) necessaria per addurre la portata richiesta in E, indicando la distanza massima da B in cui è possibile installarla;
- 3) tracciare l'andamento qualitativo delle piezometriche dell'intera rete.

Dati:

$Q_{AB}=300$ l/s
 $Q_{BE}=25$ l/s
 $q_u=0.02$ l/sm
 $H_A=400$ m
 $H_E=480$ m
 $H_D=150$ m
 $L_{AB}=6$ Km
 $L_{BC}=3$ Km
 $L_{CD}=4$ Km
 $L_{BE}=2$ Km
 $\gamma_{Bazin}=0.23$ m^{0.5}



ESERCIZIO 2

Una condotta lunga $L=3$ Km collega un serbatoio A col serbatoio B, con peli liberi rispettivamente a quote $H_a=550$ m e $H_b=350$ m. Facendo riferimento ad una $Q=550$ l/s si richiede di:

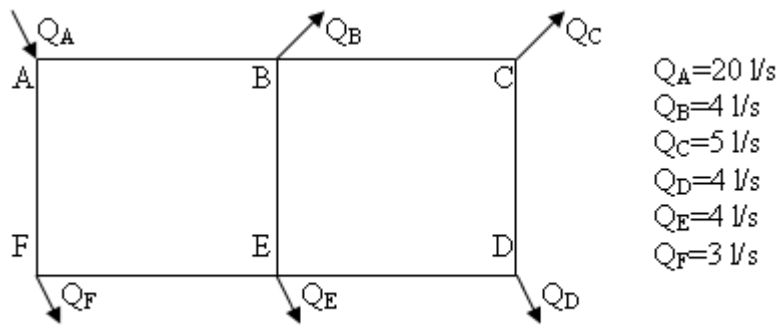
- 1) progettare i diametri commerciali della condotta, ipotizzando un coefficiente di scabrezza secondo Bazin $\gamma=0.23$ m^{0.5};
- 2) la potenza di una pompa posizionata a 1500 m di distanza dal serbatoio A per avere un aumento di portata rispetto a Q del 60 % (rendimento $\eta=0.70$);
- 3) facendo riferimento alle condizioni di portata del punto 1), calcolare il numero indice di Reynolds di attrito e stabilire se il moto è assolutamente turbolento (si assuma la viscosità cinematica dell'acqua $\nu=10^{-6}$ m²/s, la densità $\rho=1000$ Kg/m³ e la scabrezza equivalente $\varepsilon=0.8$ mm).

ESERCIZIO 3

Si progetti un canale di sezione rettangolare che deve addurre una portata $Q=200$ l/s, utilizzando la formula di Gauckler-Strickler $\chi=cR^{1/6}$ con $c=100$ m^{1/3}/s. Si assuma che la pendenza del canale sia $i=0.002$.

ESERCIZIO 4

La rete idrica riportata in figura è costituita da due maglie. Sono note le portate Q affluenti e defluenti nei nodi, mentre le lunghezze, i diametri e le scabrezze delle condotte sono uguali per ogni tratto. Utilizzando il metodo di bilanciamento dei carichi (metodo di Cross) calcolare le portate di ogni tronco.



ESERCIZIO 1

$$Q_{BC} = Q_{AB} - Q_{BE} = 275 \text{ l/s}$$

$$P = Q_{BC} - q_u L_{CD} = 195 \text{ l/s}$$

mentre la portata equivalente nel tratto **CD** è:

$$Q_{CD} = P + 0.55 q_u L_{CD} = 239 \text{ l/s}$$

L'equazione di tronco della rete riferita al tratto **AB** è:

$$Y_{AB} = H_A - H_B = u_{AB} Q_{AB}^2 L_{AB}$$

da cui:

$$u_{AB} = \frac{(H_A - H_B)}{Q_{AB}^2 L_{AB}}$$

Quest'ultima può essere risolta se sono note tutte le grandezze al secondo membro, per cui vi è la necessità di conoscere il valore di H_B .

L'applicazione del metodo del Marzolo (tronco principale **ABC**) fornisce il carico incognito:

NODI TRONCHI e	Lunghezza L [m]	Portata Q [m ³ /s]	$L^3 \sqrt{Q}$	$\frac{L^3 \sqrt{Q}}{\sum_i L_i^3 \sqrt{Q_i}} Y_{AC}$	Carico H [m]
A	-	-	-	-	400
AB	6000	0.300	4016.6	118.8	-
B	-	-	-	-	281.16
BC	3000	0.275	1950.8	57.72	-
C	-	-	-	-	223.44
CD	4000	0.239	2482.3	73.44	-
D	-	-	-	-	150

in cui $Y_{AD} = H_A - H_D = 250 \text{ m}$.

Ricavato il carico $H_B = 281.16 \text{ m}$ si ottiene:

$$u_{AB} = \frac{(H_A - H_B)}{Q_{AB}^2 L_{AB}} = 0.2201$$

per cui i diametri commerciali da utilizzare sono:

$$u_{AB1} = 0.13193 < u_{AB} = 0.2201 < u_{AB2} = 0.2496 \Rightarrow \begin{cases} D_{AB1} = 0.450 \text{ m} \\ D_{AB2} = 0.400 \text{ m} \end{cases}$$

Per valutare la lunghezza dei tratti aventi tali diametri si risolve il seguente sistema:

$$\begin{cases} Y_{AB} = u_{AB1} Q_{AB}^2 L_{AB1} + u_{AB2} Q_{AB}^2 L_{AB2} \\ L_{AB} = L_{AB1} + L_{AB2} \end{cases}$$

da cui

$$\begin{cases} L_{AB1} = 1509.44 \text{ m} \\ L_{BC2} = 4490.56 \text{ m} \end{cases}$$

Per quanto riguarda il tratto **BE**, la prevalenza geodetica che deve fornire la pompa è pari a:

$$H_g = H_E - H_B$$

mentre il diametro ottimale è fornito dalla *formula di Bresse*:

$$D_{BDottimale} = 1.5 \sqrt{Q_{BD}} = 1.5 \sqrt{0.025} = 0.2371 \text{ m}$$

ed il diametro commerciale disponibile più grande è:

$$D_{BD} = 0.250 \text{ m}$$

corrispondente a:

$$u_{BD} = 3.240$$

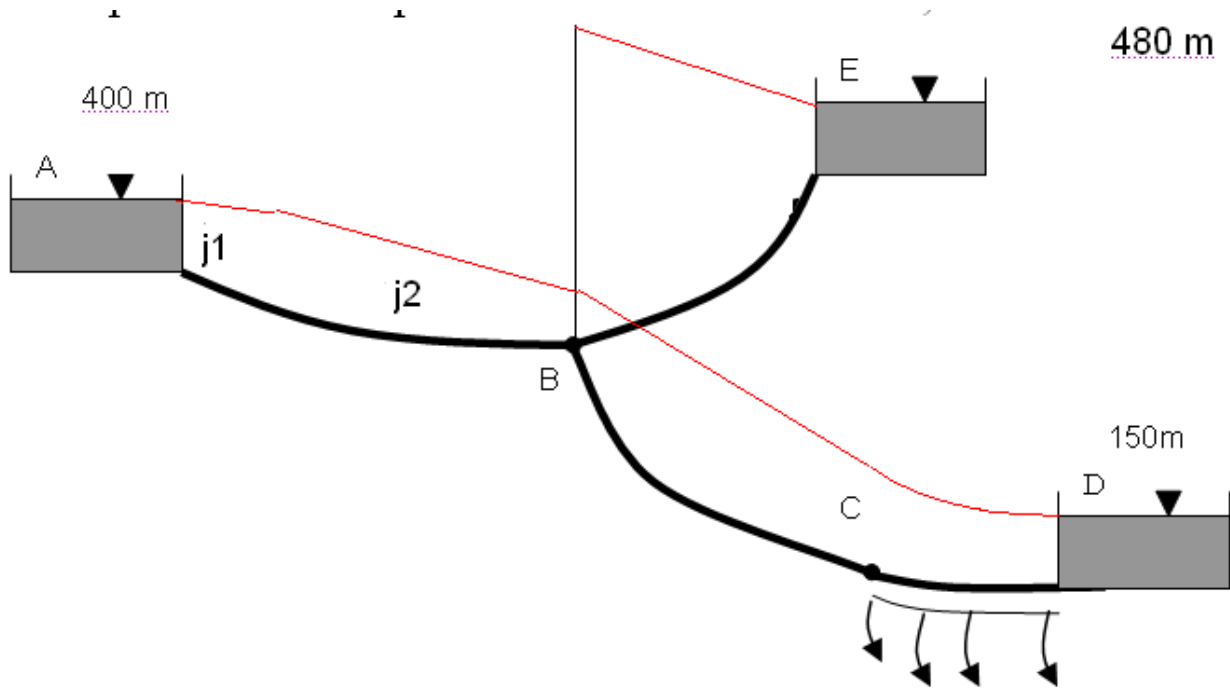
La potenza che deve fornire la pompa è data da:

$$P = \frac{\gamma_{acqua} H Q_{BE}}{\eta} = \frac{9810 \cdot 202.89 \cdot 0.025}{0.65} \approx 76 \text{ kW}$$

dove

$$H = H_g + u_{BE} Q_{BE}^2 L_{BE} = 202.89 \text{ m}$$

$$x_{\max} \leq \frac{10.33 + H_B}{J_{BF}} = 146 \text{ km}$$



ESERCIZIO 2

Dall'equazione di tratto :

$$H_A - H_B = uQ^2L$$

si ricava il coefficiente u :

$$u = \frac{H_A - H_B}{L \cdot Q^2} = \frac{550 - 350}{(3 \cdot 10^3) \cdot (550 \cdot 10^{-3})^2} = 0.22038$$

Dalla tabella si ottengono i valori di u_1 u_2 immediatamente più grande e più piccolo di u

$$u_1 < u < u_2 \rightarrow 0.13193 < u < 0.24963$$

da cui ricaviamo rispettivamente i diametri

$$D_1 = 450\text{mm}$$

$$D_2 = 400\text{mm}$$

Quindi la condotta verrà realizzare per un tratto L_1 con diametro D_1 e per un tratto L_2 con diametro D_2 ;

Imponendo a sistema le seguenti equazioni:

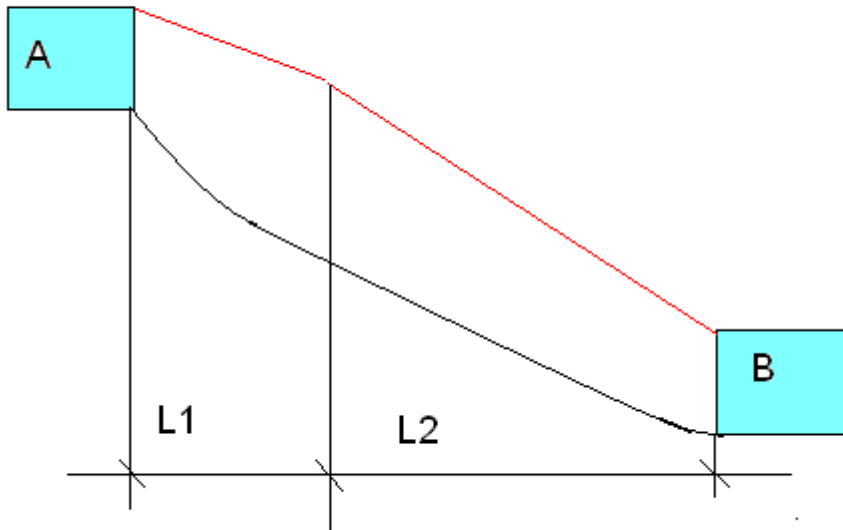
$$L = L_1 + L_2$$

$$Y = u_1Q^2L_1 + u_2Q^2L_2$$

si ricavano i valori di L_1 e L_2 :

$$L_1 = 753.6 \text{ m}$$

$$L_2 = 2246 \text{ m}$$



$$Q^* = 1.6 \cdot Q = 0.88 \text{ m}^3 / \text{s}$$

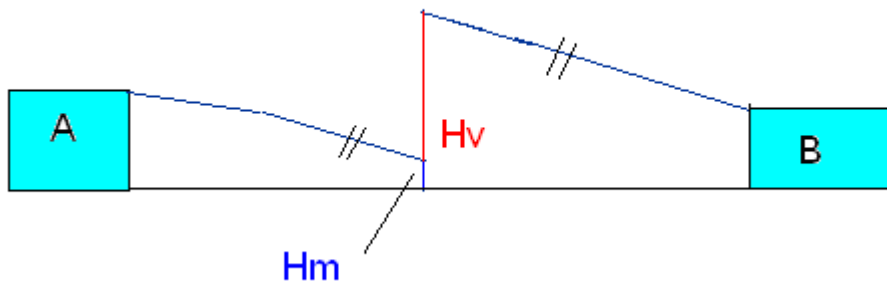
$$H = H_{p\text{destra}} - H_{p\text{sinistra}}$$

$$H_{p\text{sinistra}} = H_A - (u_1 Q^{*2} \cdot L_1 + u_2 Q^{*2} \cdot (1500 - L_1)) = 328.71 \text{ m}$$

$$H_{p\text{destra}} = 350 + u_2 Q^{*2} (3000 - 1500) = 639 \text{ m}$$

$$H = 311.26 \text{ m}$$

$$P = \frac{\gamma \cdot H \cdot Q^*}{\eta} = 3834725 \text{ W}$$



3)

$$\nu = 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}; \rho = 1000 \text{ Kg} / \text{m}^3; \varepsilon = 0.8 \text{ mm}$$

Nel primo tratto di condotta di diametro D_1 risulta:

$$J_1 = u_1 Q^2 = 0.04$$

$$\tau_0 = \gamma R J_1 = 9800 \cdot \frac{0.450}{4} \cdot 0.04 = 44.1 \text{ N/m}^2$$

$$\mu_* = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}} = \sqrt{\frac{44.1}{1000}} = 0.21 \text{ m/s}$$

$$\text{Re}_* = \frac{\varepsilon \mu_*}{\nu} = \frac{0.8 \cdot 10^{-3} \cdot 0.21}{10^{-6}} = 168 > 70 \Rightarrow \text{moto assolutamente turbolento}$$

Nel secondo tratto di condotta di diametro D_1 risulta:

$$J_2 = u_2 Q^2 = 0.0755$$

$$\tau_0 = \gamma R J_2 = 9800 \cdot \frac{0.400}{4} \cdot 0.0755 = 73.99 \text{ N/m}^2$$

$$\mu_* = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}} = \sqrt{\frac{73.99}{1000}} = 0.27 \text{ m/s}$$

$$\text{Re}_* = \frac{\varepsilon \mu_*}{\nu} = \frac{0.8 \cdot 10^{-3} \cdot 0.27}{10^{-6}} = 217.6 > 70 \Rightarrow \text{moto assolutamente turbolento}$$

ESERCIZIO 3

Si utilizzi la formula di Chezy, tenendo conto che, nelle condizioni di moto uniforme, con cui si effettuano i progetti, a J (pendenza della linea dell'energia) può sostituirsi i (pendenza del fondo del canale):

$$U = \chi \sqrt{R i}$$

Utilizzando il criterio di economia indicato dalla traccia $B=2h$ e, tenuto conto che:

$$\begin{cases} U = \frac{Q}{B h} = \frac{Q}{2 h^2} \\ R = \frac{B h}{B + 2 h} = \frac{2 h^2}{4 h} = \frac{h}{2} \\ \chi = c R^{1/6} = c \left(\frac{h}{2} \right)^{1/6} = c \frac{1}{2^{1/6}} h^{1/6} \end{cases}$$

si ha:

$$Q = 2 h^2 c \frac{1}{2^{1/6}} h^{1/6} \sqrt{\frac{h}{2} i}$$

Elevando al quadrato ambo i membri:

$$Q^2 = 4h^4 c^2 2^{-1/3} h^{1/3} 2^{-1} i h$$

$$Q^2 = 2^{2/3} \cdot c^2 \cdot i \cdot h^{16/3}$$

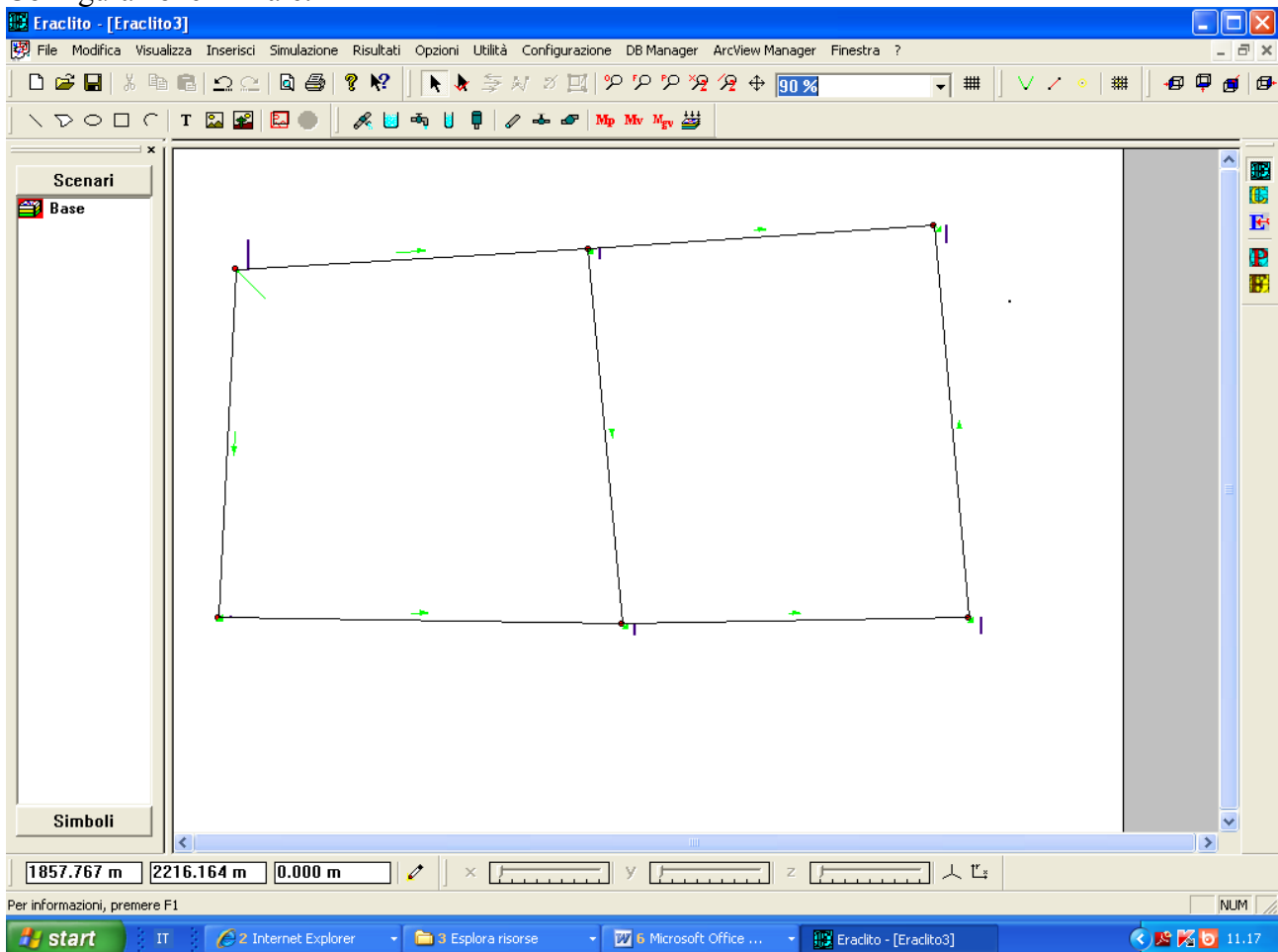
da cui:

$$h = \left(\frac{Q^2}{2^{2/3} c^2 i} \right)^{3/16} = 0.285 \text{ m}$$

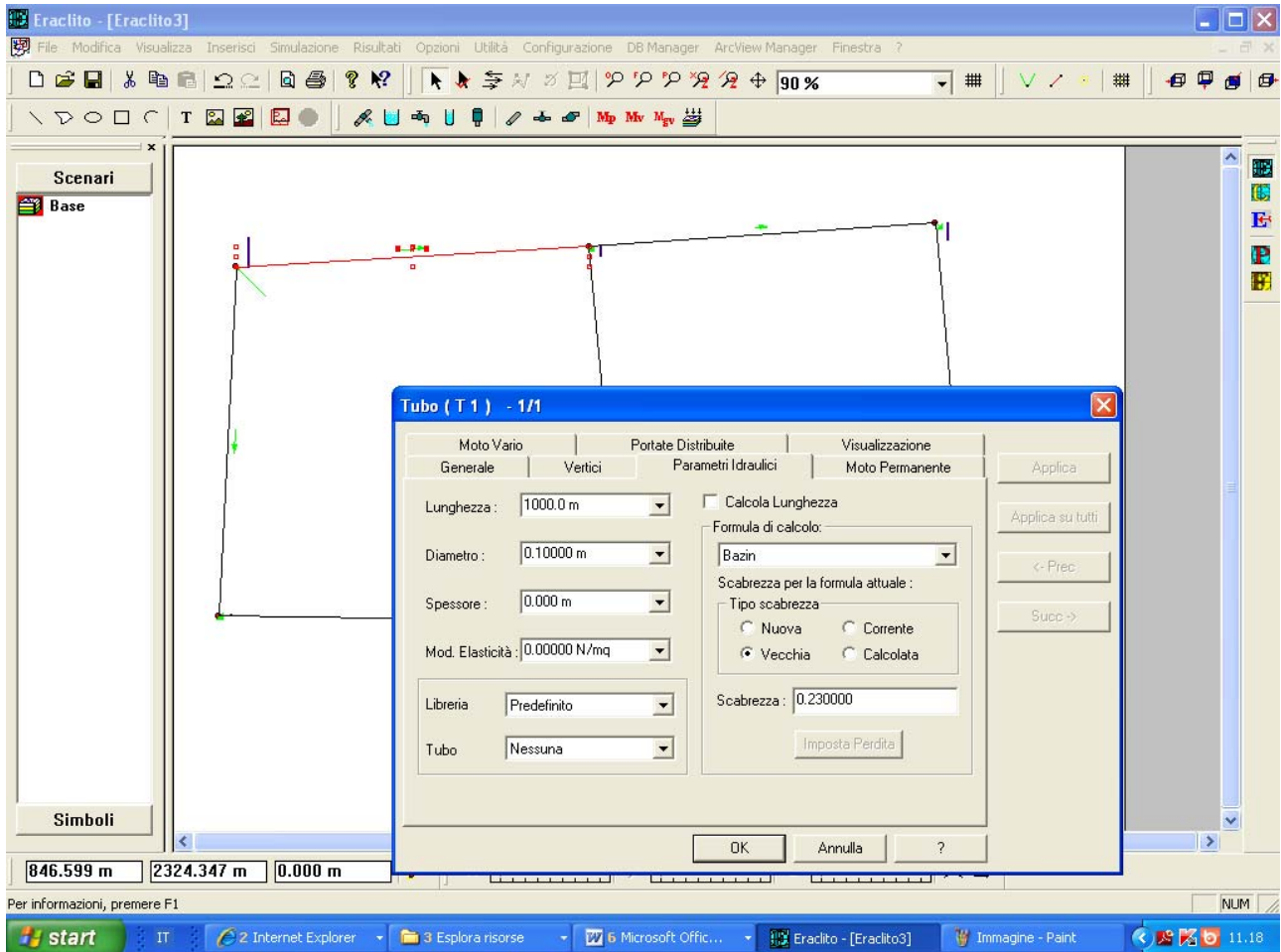
ESERCIZIO 4

La rete di Cross è stata risolta con il programma Eraclito.

Configurazione iniziale:



Caratteristiche tubazioni:



Caratteristiche nodi:

Eraclito - [Eraclito3]

File Modifica Visualizza Inserisci Simulazione Risultati Opzioni Utilità Configurazione DB Manager ArcView Manager Finestra ?

90 %

Scenari

Base

Simboli

216.887 m 2292.455 m 0.000 m

Per informazioni, premere F1

NUM

start IT 2 Internet Explorer 3 Esplora risorse 6 Microsoft Office... Eraclito - [Eraclito3] Immagine - Paint 11.23

Nodo Erogante (NE 1) - 1/1

Generale Moto Permanente Moto Vario Visualizzazione Qualità

Portata Erogata = $Q_0 + \alpha \cdot (H-z)^n$

Dati di input

Q₀: 20.0 l/s %: 0

Q₀ modificato: -0.02000 mc/s

Alfa: 0.000000 mc/[s*m^n]

n: 0.000000

Risultati del calcolo

Portata: -0.02000 mc/s

Carico: 46.034 m

Alt. piezometrica: 46.034 m

Applica

Applica su tutti

<- Prec

Succ ->

OK Annulla ?

Eraclito - [Eraclito3]

File Modifica Visualizza Inserisci Simulazione Risultati Opzioni Utilità Configurazione DB Manager ArcView Manager Finestra ?

90 %

Scenari

Base

Simboli

Nodo Erogante (NE 2) - 1/1

Generale Moto Permanente Moto Vario Visualizzazione Qualità

Portata Erogata = $Q_0 + \text{alfa} * (H-z)^n$

Dati di input

Qo: 4.0 l/s %: 0

Qo modificato: 0.00400 mc/s

Alfa: 0.000000 mc/[s*m^n]

n: 0.000000

Risultati del calcolo

Portata: 0.00400 mc/s

Carico: -14.204 m

Alt. piezometrica: -14.204 m

Applica

Applica su tutti

<-Prec

Succ->

OK Annulla ?

964.788 m 2337.479 m 0.000 m

Per informazioni, premere F1 NUM

start IT 2 Internet Explorer 3 Esplora risorse 6 Microsoft Office Eraclito - [Eraclito3] Immagine - Paint 11.24

Eraclito - [Eraclito3]

File Modifica Visualizza Inserisci Simulazione Risultati Opzioni Utilità Configurazione DB Manager ArcView Manager Finestra ?

1695.179 m 2381.878 m 0.000 m

Per informazioni, premere F1

start IT 2 Internet Explorer 3 Esplora risorse 6 Microsoft Office Eraclito - [Eraclito3] Immagine - Paint 11.24

Scenari
Base

Simboli

Nodo Erogante (NE 3) - 1/1

Generale Moto Permanente Moto Vario Visualizzazione Qualità

Portata Erogata = $Q_0 + \alpha \cdot (H-z)^n$

Dati di input

Q₀: 5.0 l/s %: 0

Q₀ modificato: 0.00500 mc/s

Alfa: 0.000000 mc/(s²mⁿ)

n: 0.000000

Risultati del calcolo

Portata: 0.00500 mc/s

Carico: -25.674 m

Alt. piezometrica: -25.674 m

OK Annulla ?

Eraclito - [Eraclito3]

File Modifica Visualizza Inserisci Simulazione Risultati Opzioni Utilità Configurazione DB Manager ArcView Manager Finestra ?

177.491 m 1548.931 m 0.000 m

Per informazioni, premere F1

start IT 2 Internet Explorer 3 Esplora risorse 6 Microsoft Offic... Eraclito - [Eraclito3] Immagine - Paint 11.25

The screenshot displays the Eraclito software interface. The main window shows a hydraulic network diagram with a red square node at the bottom left. A dialog box titled "Nodo Erogante (NE 6) - 1/1" is open, showing input and calculation parameters. The input section includes a discharge rate Q_0 of 3.0 l/s, a percentage of 0, a modified discharge rate of 0.00300 mc/s, an alpha coefficient of 0.000000 mc/(s²mⁿ), and an n coefficient of 0.000000. The calculation results section shows a discharge rate of 0.00300 mc/s, a load of 2.933 m, and a piezometric head of 2.933 m. The software interface includes a menu bar, a toolbar, a left sidebar with "Scenari" and "Simboli" panels, and a bottom status bar with coordinates and a scale.

Scenari
Base

Simboli

Nodo Erogante (NE 6) - 1/1

Generale Moto Permanente Moto Variabile Visualizzazione Qualità

Portata Erogata = $Q_0 + \alpha \cdot (H-z)^n$

Dati di input

Q_0 : 3.0 l/s %: 0

Q_0 modificato: 0.00300 mc/s

Alfa: 0.000000 mc/(s²mⁿ)

n: 0.000000

Risultati del calcolo

Portata: 0.00300 mc/s

Carico: 2.933 m

Alt. piezometrica: 2.933 m

OK Annulla ?

177.491 m 1548.931 m 0.000 m

Per informazioni, premere F1

start IT 2 Internet Explorer 3 Esplora risorse 6 Microsoft Offic... Eraclito - [Eraclito3] Immagine - Paint 11.25

Eraclito - [Eraclito3]

File Modifica Visualizza Inserisci Simulazione Risultati Opzioni Utilità Configurazione DB Manager ArcView Manager Finestra ?

1046.707 m 1528.295 m 0.000 m

Per informazioni, premere F1

start IT 2 Internet Explorer 3 Esplora risorse 6 Microsoft Office Eraclito - [Eraclito3] Immagine - Paint 11.25

Scenari Base

Simboli

Nodo Erogante (NE 5) - 1/1

Generale Moto Permanente Moto Vario Visualizzazione Qualità

Portata Erogata = $Q_0 + \alpha \cdot (H-z)^n$

Dati di input

Q₀: 4.0 l/s %: 0

Q₀ modificato: 0.00400 mc/s

Alfa: 0.000000 mc/[s*mⁿ]

n: 0.000000

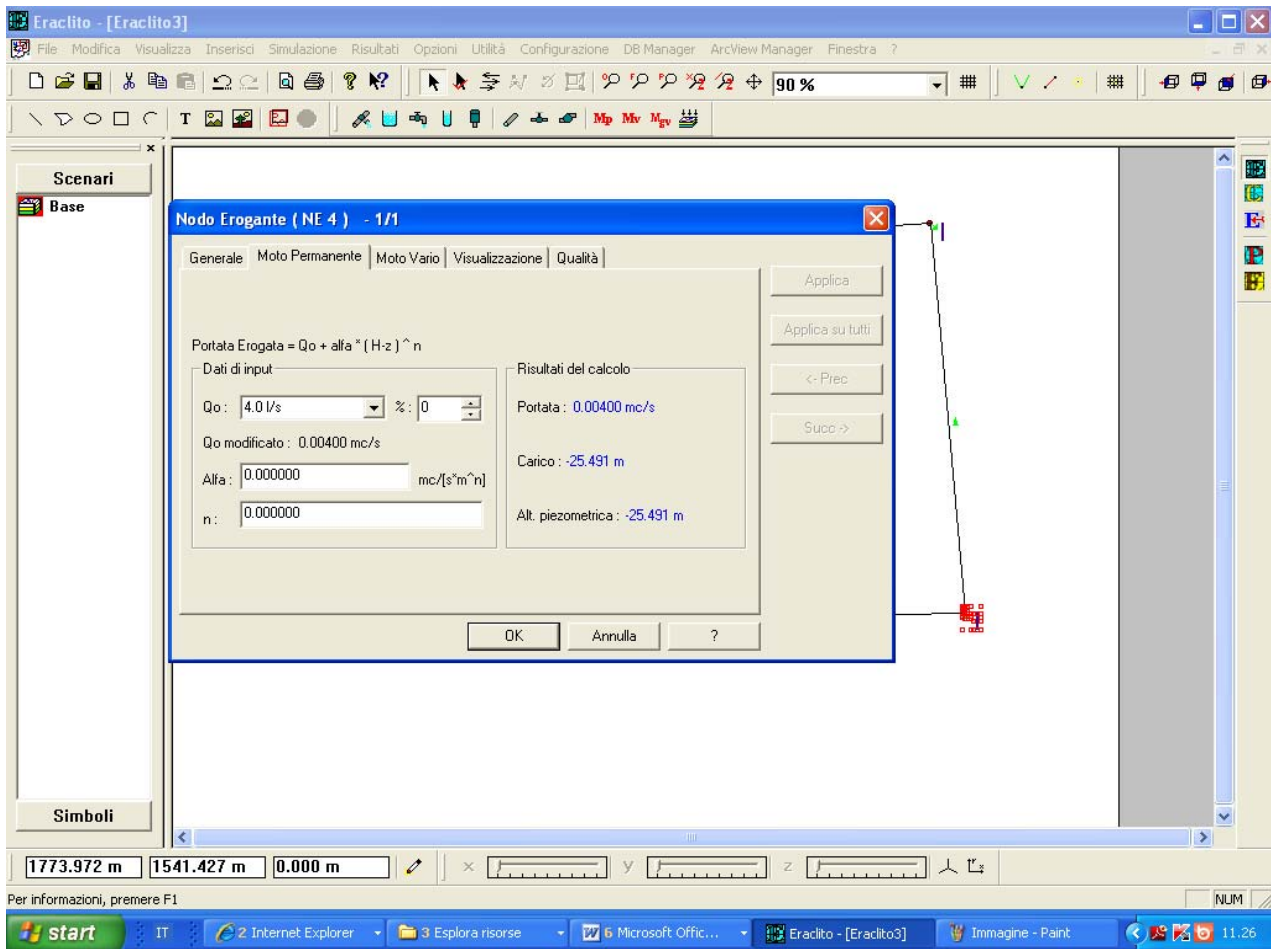
Risultati del calcolo

Portata: 0.00400 mc/s

Carico: -16.413 m

Alt. piezometrica: -16.413 m

OK Annulla ?



RISULTATI:

Eracito - [Eracito3]

File Modifica Visualizza Inserisci Simulazione Risultati Opzioni Utilità Configurazione DB Manager ArcView Manager Finestra ?

90 %

Scenari

Base

Simboli

Tubo (T 1) - 1/1

Moto Vario	Portate Distribuite	Visualizzazione
Generale	Vertici	Moto Permanente

Applica

Applica su tutti

<- Prec

Succo ->

Risultati del calcolo

Portata : 0.01083 mc/s

Velocità : 0.000000 m/s

Perdita di Carico : 60.238 m

Perdita di pressione : 60.238 m

Numero di Reynolds : 0.000000

OK Annulla ?

628.983 m 2308.089 m 0.000 m

Per informazioni, premere F1

start IT 2 Internet Explorer 3 Esplora risorse 6 Microsoft Office Eracito - [Eracito3] Immagine - Paint 11.18

Eracito - [Eracito3]

File Modifica Visualizza Inserisci Simulazione Risultati Opzioni Utilità Configurazione DB Manager ArcView Manager Finestra ?

90 %

Scenari

Base

Simboli

206.256 m 2024.812 m 0.000 m

NUM

Per informazioni, premere F1

start IT 2 Internet Explorer 3 Esplora risorse 6 Microsoft Office Eracito - [Eracito3] Immagine - Paint 11.19

Tubo (T 3) - 1/1

Moto Vario	Portate Distribuite	Visualizzazione
Generale	Vertici	Moto Permanente

Applica

Applica su tutti

<- Prec

Succ ->

Risultati del calcolo

Portata : 0.00917 mc/s

Velocità : 0.000000 m/s

Perdita di Carico : 43.101 m

Perdita di pressione : 43.101 m

Numero di Reynolds : 0.000000

OK Annulla ?

Eracito - [Eracito3]

File Modifica Visualizza Inserisci Simulazione Risultati

Tubo (T 4) - 1/1

Moto Variabile Portate Distribuite Visualizzazione
Generale Vertici Parametri Idraulici Moto Permanente

Applica
Applica su tutti
<- Prec
Succ ->

Risultati del calcolo

Portata : 0.00617 mc/s
Velocità : 0.000000 m/s
Perdita di Carico : 19.346 m
Perdita di pressione : 19.346 m
Numero di Reynolds : 0.000000

OK Annulla ?

Scenari
Base

Simboli

587.085 m 1538.926 m 0.000 m

Per informazioni, premere F1

start IT 2 Internet Explorer 3 Esplora risorse 6 Microsoft Office Eracito - [Eracito3] Immagine - Paint 11.19

Eraclito - [Eraclito3]

File Modifica Visualizza Inserisci Simulazione Risultati Opzioni Utilità Configurazione DB Manager ArcView Manager Finestra ?

1012.313 m 1814.699 m 0.000 m

Per informazioni, premere F1

start IT 2 Internet Explorer 3 Esplora risorse 6 Microsoft Office... Eraclito - [Eraclito3] Immagine - Paint 11.20

The screenshot displays the Eraclito software interface. The main window shows a hydraulic network diagram with a rectangular loop. A vertical pipe segment is highlighted in red. A calculation window titled "Tubo (T 2) - 1/1" is open, showing the following results:

Moto Vario	Portate Distribuite	Visualizzazione	
Generale	Vertici	Parametri Idraulici	Moto Permanente
Risultati del calcolo			
Portata : 0.00207 mc/s			
Velocità : 0.000000 m/s			
Perdita di Carico : 2.209 m			
Perdita di pressione : 2.209 m			
Numero di Reynolds : 0.000000			

OK Annulla ?

Eraclito - [Eraclito3]

File Modifica Visualizza Inserisci Simulazione Risultati Opzioni Utilità Configurazione DB Manager ArcView Manager Finestra ?

90 %

Scenari

Base

Simboli

1403.773 m 2355.614 m 0.000 m

Per informazioni, premere F1

Tubo (T 5) - 1/1

Moto Vario	Portate Distribuite	Visualizzazione
Generale	Vertici	Parametri Idraulici
		Moto Permanente

Risultati del calcolo

Portata : 0.00476 mc/s

Velocità : 0.000000 m/s

Perdita di Carico : 11.470 m

Perdita di pressione : 11.470 m

Numero di Reynolds : 0.000000

OK Annulla ?

start IT 2 Internet Explorer 3 Esplora risorse 6 Microsoft Office Eraclito - [Eraclito3] Immagine - Paint 11.20

The image shows a screenshot of the Eraclito software interface. The main window displays a hydraulic network diagram with a rectangular loop. Green arrows indicate the flow direction: clockwise around the loop. A red line segment is visible at the top right of the loop. A dialog box titled "Tubo (T 5) - 1/1" is open, showing calculation results for a pipe section. The results include flow rate (0.00476 mc/s), velocity (0.000000 m/s), head loss (11.470 m), and Reynolds number (0.000000). The software interface includes a menu bar, a toolbar, and a status bar at the bottom. The Windows taskbar is visible at the very bottom, showing the Start button and several open applications.

Eracito - [Eracito3]

File Modifica Visualizza Inserisci Simulazione Risultati Opzioni Utilità Configurazione DB Manager ArcView Manager Finestra ?

1739.578 m 1917.254 m 0.000 m

Per informazioni, premere F1

start IT 2 Internet Explorer 3 Esplora risorse 6 Microsoft Office Eracito - [Eracito3] Immagine - Paint 11.20

The screenshot displays the Eracito software interface. The main window shows a network diagram with several pipes and nodes. A dialog box titled "Tubo (T 6) - 1/1" is open, displaying calculation results. The dialog box has tabs for "Moto Vario", "Portate Distribuite", and "Visualizzazione". The "Moto Vario" tab is selected, and the "Parametri Idraulici" sub-tab is active. The results are as follows:

Risultati del calcolo	
Portata:	-0.00024 mc/s
Velocità:	0.000000 m/s
Perdita di Carico:	-0.183 m
Perdita di pressione:	-0.183 m
Numero di Reynolds:	0.000000

The dialog box also includes buttons for "Applica", "Applica su tutti", "<- Prec", "Succ ->", "OK", "Annulla", and "?". The status bar at the bottom shows the current zoom level as 90% and the coordinate values 1739.578 m, 1917.254 m, and 0.000 m.

