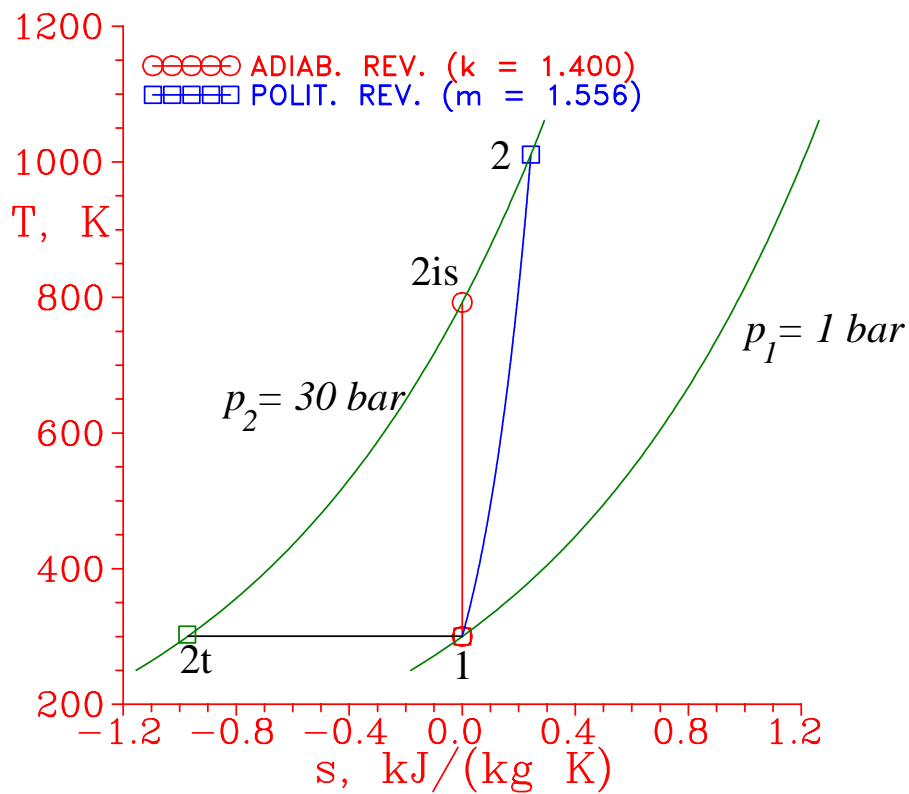


DATI COMPRESSIONE		
$(\beta_c = 30)$		
p_1	1	bar
p_2	30	bar
η_{pc}	0.8	
η_{ac}	0.693	
T_1	300	K
T_{2is}	792.8	K
T_2	1010.8	K
k	1.400	
m	1.556	



Compressione Reale

$$\frac{T_{2is}}{T_1} = \beta_c^{\frac{k-1}{k}} \quad ; \quad \frac{T_{2is}}{T_1} = \beta_c^{\frac{m-1}{m}}$$

$$|L_{is}| = c_p (T_{2is} - T_1) = \frac{k}{k-1} RT_1 \left(\beta_c^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right) = \int_1^{2is} v dp \quad \text{Lavoro Isentropico}$$

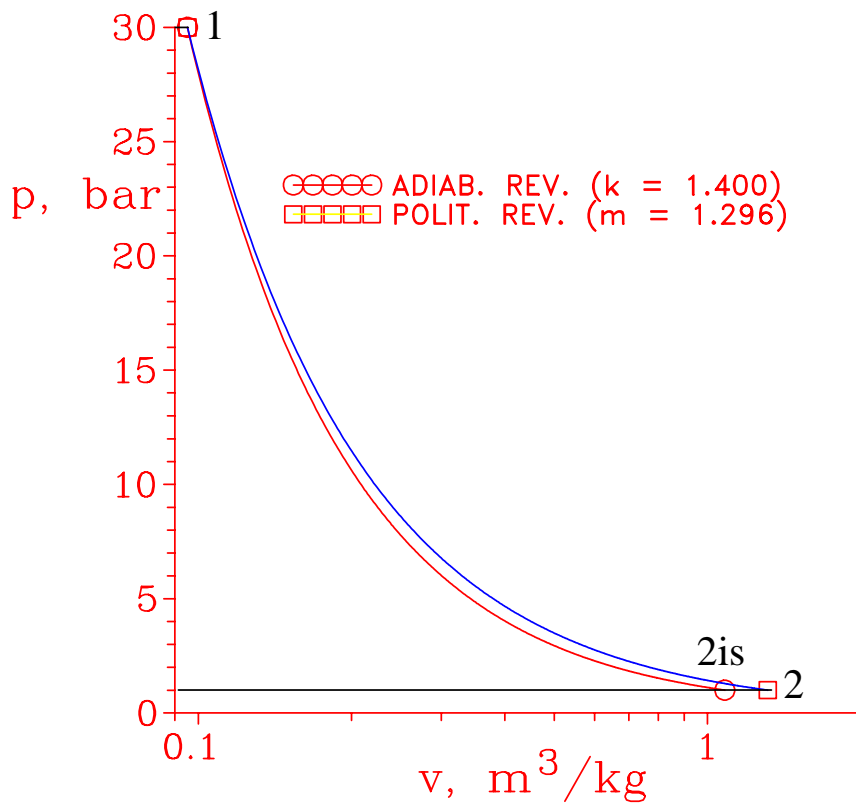
$$|L_{pol}| = c_p (T_2 - T_1) - \int_1^2 T ds = \frac{m}{m-1} RT_1 \left(\beta_c^{\frac{m-1}{m}} - 1 \right) = \int_1^2 v dp \quad \text{Lavoro Politropico}$$

$$|L_r| = c_p (T_2 - T_1) = \frac{k}{k-1} RT_1 \left(\beta_c^{\frac{m-1}{m}} - 1 \right) \quad \text{Lavoro Adiabatico Reale}$$

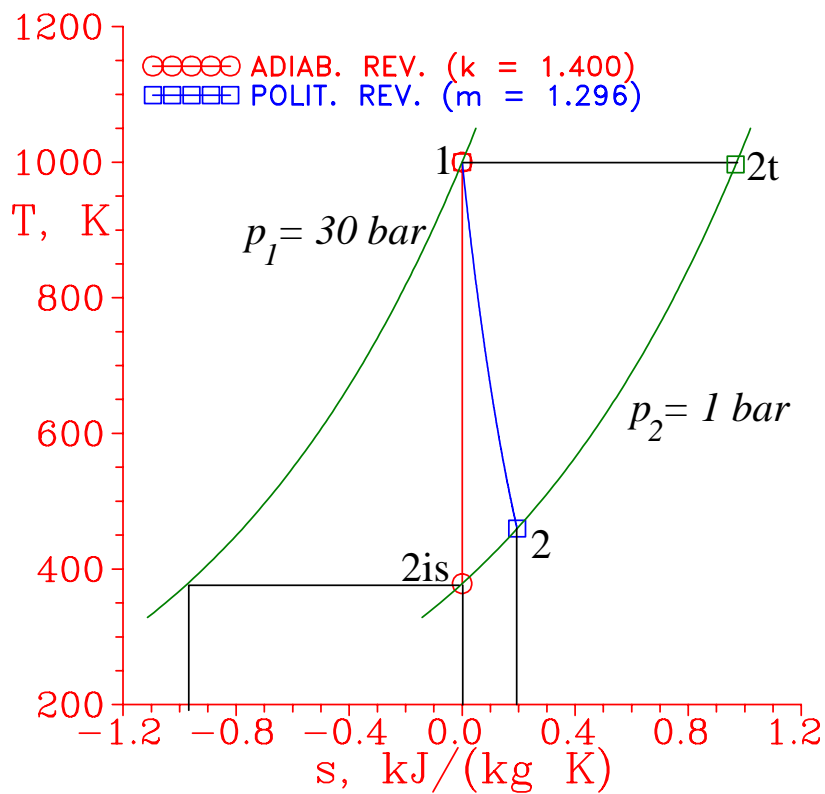
$$|L_a| = |L_r| - |L_{pol}| = \int_1^2 T ds \quad \text{Lavoro "di attrito"}$$

$$\eta_{pc} = \frac{|L_{pol}|}{|L_r|} = 1 - \frac{|L_a|}{|L_r|} = \frac{\frac{k-1}{k}}{\frac{m-1}{m}} = \lim_{\beta_c \rightarrow 1} \eta_{ac} \quad \text{Rendimento Politropico di Compressione}$$

$$\eta_{ac} = \frac{|L_{is}|}{|L_r|} = \frac{\left(\beta_c^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right)}{\left(\beta_c^{\frac{m-1}{m}} - 1 \right)} \quad \text{Rendimento Adiabatico di Compressione}$$



DATI ESPANSIONE ($\beta_t = 30$)		
p_1	30	bar
p_2	1	bar
η_{pc}	0.8	
η_{at}	0.869	
T_1	1000	K
T_{2is}	378.4	K
T_2	479.6	K
k	1.400	
m	1.296	



Espansione Reale

$$\frac{T_{2is}}{T_1} = \frac{1}{\beta_t^k} \quad ; \quad \frac{T_2}{T_1} = \frac{1}{\beta_t^m}$$

$$L_{is} = c_p(T_1 - T_{2is}) = \frac{k}{k-1} RT_1 \left(\frac{1}{\beta_t^k} - 1 \right) = - \int_1^{2is} v dp \quad \text{Lavoro Isentropico}$$

$$L_{pol} = c_p(T_1 - T_2) + \int_1^2 T ds = \frac{m}{m-1} RT_1 \left(\frac{1}{\beta_t^m} - 1 \right) = - \int_1^2 v dp \quad \text{Lavoro Politropico}$$

$$L_r = c_p(T_1 - T_2) = \frac{k}{k-1} RT_1 \left(\frac{1}{\beta_t^m} - 1 \right) \quad \text{Lavoro Adiabatico Reale}$$

$$|L_a| = L_{pol} - L_r = \int_1^2 T ds \quad \text{Lavoro "di attrito"}$$

$$\eta_{pt} = \frac{L_r}{L_{pol}} = 1 - \frac{|L_a|}{L_r} = \frac{m-1}{k-1} = \lim_{\beta_t \rightarrow 1} \eta_{at} \quad \text{Rendimento Politropico di Espansione}$$

$$\eta_{at} = \frac{L_r}{L_{is}} = \frac{\frac{1}{\beta_t^m} - 1}{\frac{1}{\beta_t^k} - 1} \quad \text{Rendimento Adiabatico di Espansione}$$

Equazione dell'Energia

$$h_2 - h_1 = Q - L \qquad Q^+ \Rightarrow | \Rightarrow L^+$$

$$\int_1^2 v dp = -L - |L_a|$$

Per Macchine Motrici :

$$L = (h_1 - h_2) + Q$$

$$L = -\int_1^2 v dp - |L_a|$$

Per Macchine Operatrici :

$$|L| = (h_2 - h_1) - Q$$

$$|L| = \int_1^2 v dp + |L_a|$$

Interpretazione Fisica del Rendimento Politropico

$$dh = Tds + vdp = c_p dT$$

$$k = \frac{c_p}{c_v}$$

$$du = Tds - pdv = c_v dT$$

$$pv^m = \text{cost} \quad \Rightarrow \quad \frac{dp}{dv} = -m \frac{p}{v}$$

$$Tds = \begin{cases} \delta Q & \text{Trasformazione Reversibile} \\ 0 & \text{Trasformazione Adiabatica Reversibile} \\ \delta Q + |\delta L_a| & \text{Trasformazione Reale} \\ |\delta L_a| & \text{Trasformazione Adiabatica Reale} \end{cases}$$

$$\frac{Tds}{dh} = \frac{1}{k} \frac{m-k}{m-1}$$

Per Trasformazioni Adiabatiche Reali :

$$\eta_{pc} = \frac{vdp}{dh} = 1 - \frac{Tds}{dh} = \frac{k-1}{m} \quad \text{Rendimento Politropico di Compressione}$$

$$\eta_{pt} = \frac{dh}{vdp} = \frac{1}{1 - \frac{Tds}{dh}} = \frac{m-1}{k} \quad \text{Rendimento Politropico di Espansione}$$

Esercizietti sui rendimenti adiabatici e politropici

1) In un compressore di aria le condizioni di ingresso e di uscita sono:

$$\begin{aligned}p_1 &= 1.013 \text{ bar} \\T_1 &= 300 \text{ K} \\p_2 &= 18 \\T_2 &= 765 \text{ K}\end{aligned}$$

Calcolare :

I rendimenti adiabatici e politropici della compressione
Il "lavoro di attrito" e il lavoro di "controcupero"

* * * * *

2) Due compressori, disposti in serie, presentano i seguenti dati operativi:

Fluido :	Gas Naturale [(m) = 18.7 kg/kmole, k = 1.15]
Pressione in ingresso al 1 [^] compressore :	1.5 bar
Temperatura in ingresso al 1 [^] compressore :	340 K
Rapporto di compressione del 1 [^] compressore:	8
Rendimento adiabatico del 1 [^] compressore :	0.82
Rapporto di compressione del 2 [^] compressore:	4
Rendimento adiabatico del 2 [^] compressore :	0.82

Calcolare:

- Le condizioni finali dell'intera compressione
- Le potenze assorbite dal 1[^] e a dal 2[^] compressore, per una portata di gas naturale di 135 kg/s
- Il rendimento adiabatico dell'intera compressione

* * * * *

3) Una turbina realizza, in tre stadi consecutivi, l'espansione di un gas [(m) = 28 kg/kmole, k=1.3], a partire dalle condizioni:

$$\begin{aligned}T_1 &= 1200 \text{ K} \\p_1 &= 15 \text{ bar}\end{aligned}$$

fino alla pressione di 1.2 bar.

I tre stadi realizzano rapporti di espansione parziali uguali tra loro.

Calcolare lavoro reale e rendimento dell'intera espansione con le due differenti ipotesi:

- Il primo stadio ha rendimento adiabatico pari a 0.8, gli altri due pari a 0.9.
- I primi due stadi hanno rendimento adiabatico pari a 0.9, l'ultimo pari a 0.8.

