



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



Dipartimento
di Ingegneria Industriale

I compressori volumetrici

Corso di Macchine 1

Agenda

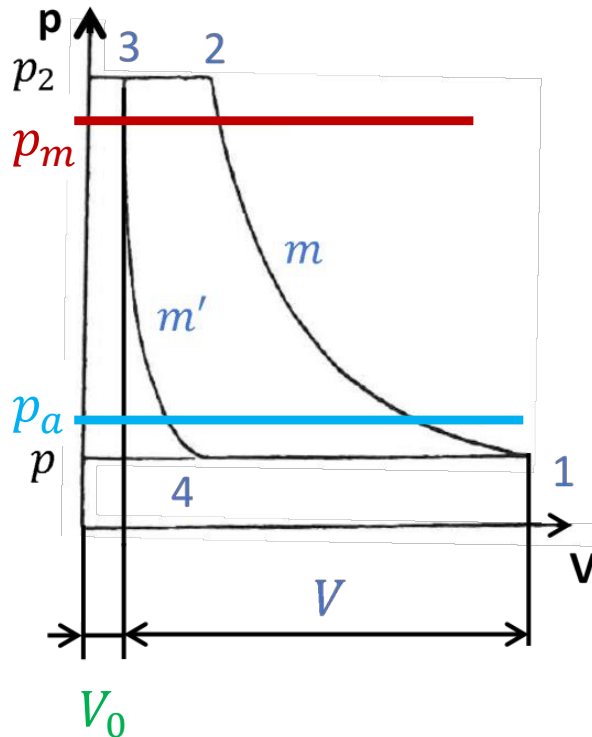
- ▶ Compressori volumetrici rotativi
- ▶ Compressori volumetrici alternativi
 - ▶ Caratteristiche
 - ▶ Il ciclo limite
 - ▶ La capacità di aspirazione
 - ▶ Lo scambio energetico
 - ▶ Il ciclo reale
 - ▶ Le perdite di carico
 - ▶ Scambi termici
 - ▶ Il lavoro reale
 - ▶ Potenza e perdite di trafilamento
- ▶ Esercizio





Esercizio

Esercizio: Richieste del Problema



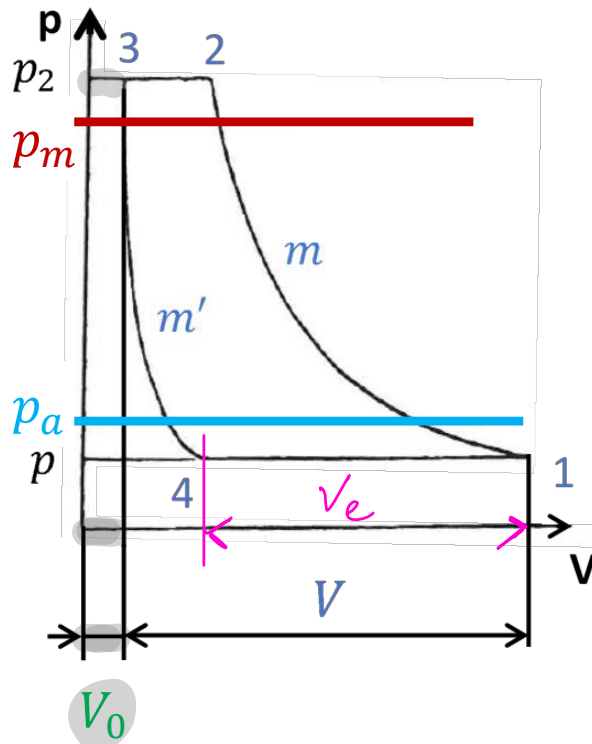
Un compressore volumetrico alternativo aspira aria ($k = 1.4$, $R = 287 \text{ J}/(\text{kg K})$) dall'ambiente alla temperatura $T_a = 15^\circ\text{C}$ e alla pressione $p_a = 100 \text{ kPa}$ e la manda in un ambiente a pressione $p_m = 500 \text{ kPa}$.

Siano noti la cilindrata $V = 1500 \text{ cm}^3$, il suo volume nocivo $V_0 = 90 \text{ cm}^3$ e la velocità di rotazione $n = 1000 \text{ giri/min}$.

Nel ciclo reale semplificato gli esponenti delle fasi di compressione ed espansione sono rispettivamente pari a $m = 1,35$ ed $m' = 1,38$ ed i coefficienti di perdita per laminazione attraverso le valvole sono pari a $\delta p_a = \delta p_m = 0,05$.

Nota la temperatura di fine aspirazione $T_1 = 25^\circ\text{C}$ ($T_1 > T_a$ per tener conto del miscelamento con la massa M_0 di ricircolo e degli scambi termici con le pareti calde del compressore), si determini:

Esercizio: Richieste del Problema



- Il coefficiente di riempimento del cilindro λ_v
- La portata di massa aspirata Q_{m_a}
- La potenza assorbita P_{alb}
- La portata di massa inviata alla mandata Q_m
- La portata di massa di ricircolo Q_{m_0}
- ~~▪ La potenza assorbita dalla portata Q_{m_0} di ricircolo~~

Si assuma:

- rendimento meccanico: $\eta_m = 0.90$
- rendimento volumetrico: $\eta_v = 0.94$

QUESITO 1: coeff di riempimento λ_v

$$\lambda_v = \frac{M_a}{\rho_a V} = \frac{\rho_1 \cdot V_e}{\rho_a \cdot V} \rightarrow \text{A NOI È NOTO SOLO } V$$

QUINDI DOBBIA CALCOLARE ρ_1, ρ_a e V_e

$$\rho_a = \frac{p_a}{R T_a} = \frac{100000}{287(273,15 + 15)} = 1,209 \text{ kg/m}^3$$

$$V_e = V_1 - V_4 = (V + V_0) - V_4 = (1500 + 90) \cdot 10^{-6} - V_4$$

COME TROVO V_4 ?

$$p_3 V_3^{m'} = p_4 V_4^{m'} \quad \text{dove } V_4 = V_3 \cdot \left(\frac{p_3}{p_4} \right)^{\frac{1}{m'}}$$

perché V_3 non è nota! NON SONO NOTE NEANCHE p_3 e p_4 !

$V_3 = V_0$ e $p_3 = p_2$ e $p_4 = p_1$ quindi

$$V_4 = V_0 \cdot \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{1}{m'}} \quad \text{ma } p_2 \text{ e } p_1 \text{ sono note?}$$

MA $p_2 \neq p_m$ e $p_1 \neq p_a$!

CONSIDERO LE PERDITE NOTE CIOÈ QUELLE SULLE VALVOLE

$$p_2 = p_m (1 + \delta_{p_m}) = 500'000 (1 + 0,05) = 525'000 \text{ Pa}$$

$$p_1 = p_a (1 - \delta_{p_a}) = 100'000 (1 - 0,05) = 95'000 \text{ Pa}$$

ORA È TUTTO NOTO

$$V_h = 90 \cdot 10^{-6} \left(\frac{525000}{95000} \right)^{1/1,38} \Rightarrow 310,6 \text{ cm}^3$$

101 VOLUME V_e

$$V_e = (V + v_0) - V_h = (1500 + 90 - 310,6) \cdot 10^{-6} = 1279,4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$= 1279,4 \cdot \text{cm}^3$$

CALCOLO $\rho_1 = \frac{P_1}{RT_1} = \frac{95000}{287 \cdot (25 + 273,15)}$

$$= 1,11 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_e = 1,209 \text{ kg/m}^3 \quad \rho_1 = 1,11 \text{ kg/m}^3$$

PER CU

$$\lambda_v = \frac{\rho_1 V_e}{\rho_a \cdot V} = \frac{1,11 \cdot 1279,4 \cdot 10^{-6}}{1,209 \cdot 1500 \cdot 10^{-6}} = 0,78$$

QUESITO 2: PORTATA ASPIRATA Q_{me}

$$Q_{me} = M_a \cdot \frac{n}{60} \quad n \text{ è note } 1000 \text{ giri/min}$$

mentre M_a la devo calcolare

$$M_a = \text{massa aspirata per ciclo} = \rho_1 V_e = 1,11 \cdot 1279,4 \cdot 10^{-6}$$

$$= 0,00142 \text{ kg/ciclo}$$

$$Q_{me} = 0,00142 \cdot \frac{1000}{60} = 0,0237 \text{ kg/s}$$

QUESITO 3 = POTENZA ALL'ALBERO

$$P_{alb} = \frac{L_{ciclo} \cdot n / 60}{\eta_m} \quad \text{dove } L_{ciclo} = L_{comp} - L_{esp}$$

$$\begin{aligned}
 L_{\text{comp}} &= \cancel{M_1} \cdot \frac{m}{m-1} R T_1 \cdot \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{m-1}{m}} - 1 \right] \\
 &= \cancel{P_1 V_1} \cdot \frac{m}{m-1} \cdot \cancel{R T_1} \cdot \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{m-1}{m}} - 1 \right] \\
 &= P_1 V_1 \cdot \frac{m}{m-1} \cdot \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{m-1}{m}} - 1 \right] \\
 &= 95000 \cdot 1590 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1,35}{1,35-1} \cdot \left[\left(\frac{525000}{95000} \right)^{\frac{1,35-1}{1,35}} - 1 \right] \\
 &= 324,93 \text{ J/gro}
 \end{aligned}$$

$$L_{\text{esp}} = P_1 V_1 \cdot \frac{m'}{m'-1} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{m'-1}{m'}} - 1 \right] = 64,43 \text{ J/gro}$$

$$L_{\text{ciclo}} = L_{\text{comp}} - L_{\text{esp}} = 260,50 \text{ J/gro}$$

da cui

$$P_{\text{elb}} = \frac{260,50 \cdot \frac{1000}{60}}{0,90} = 4824 \text{ W} = 4,824 \text{ kW}$$

QUESITO 4: PORTATA DI MASSA IMVIATA ALLA
MANDATA Q_m

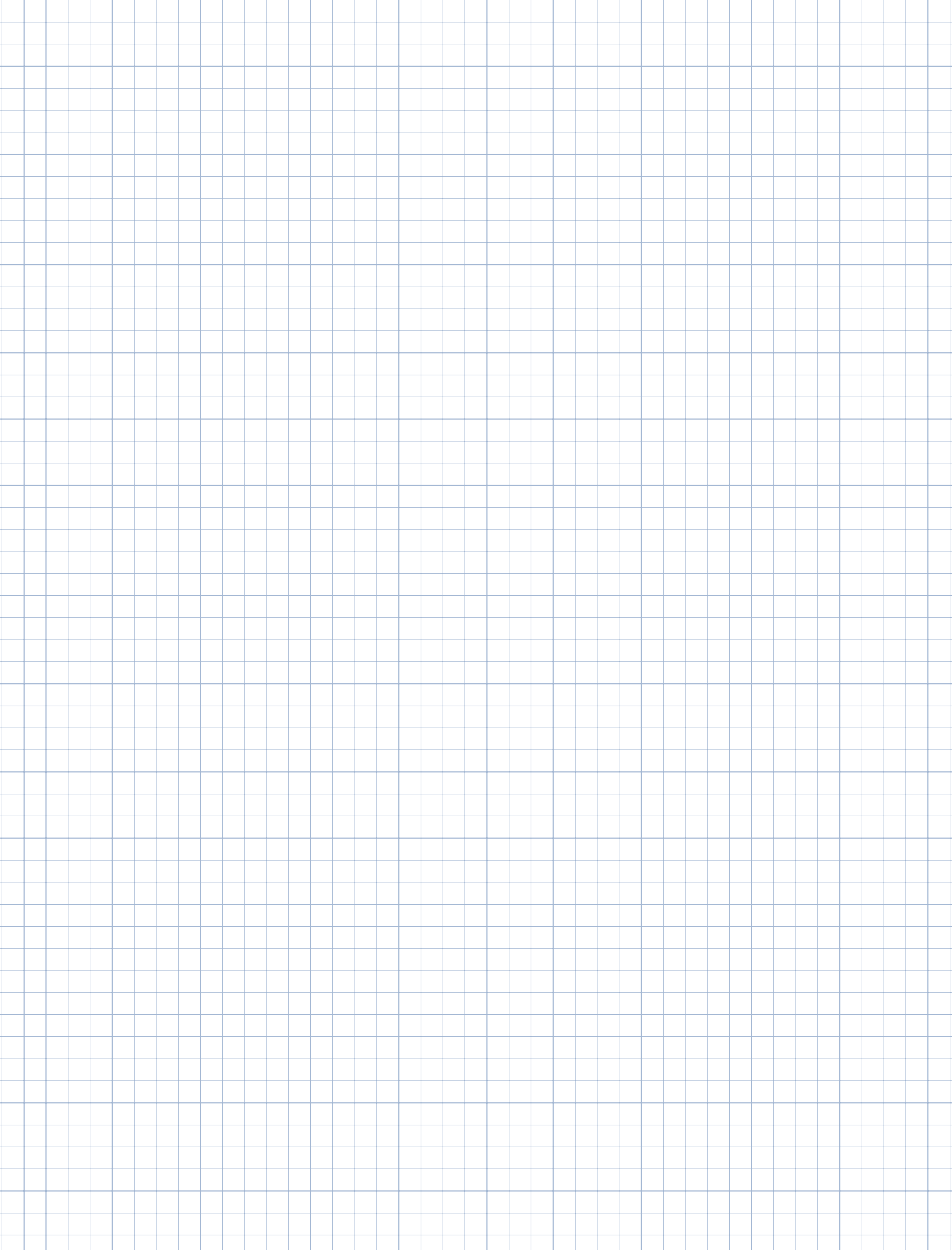
$$Q_m = Q_{m0} \cdot \eta_v = 0,0237 \cdot 0,94 = 0,0223 \text{ kg/s}$$

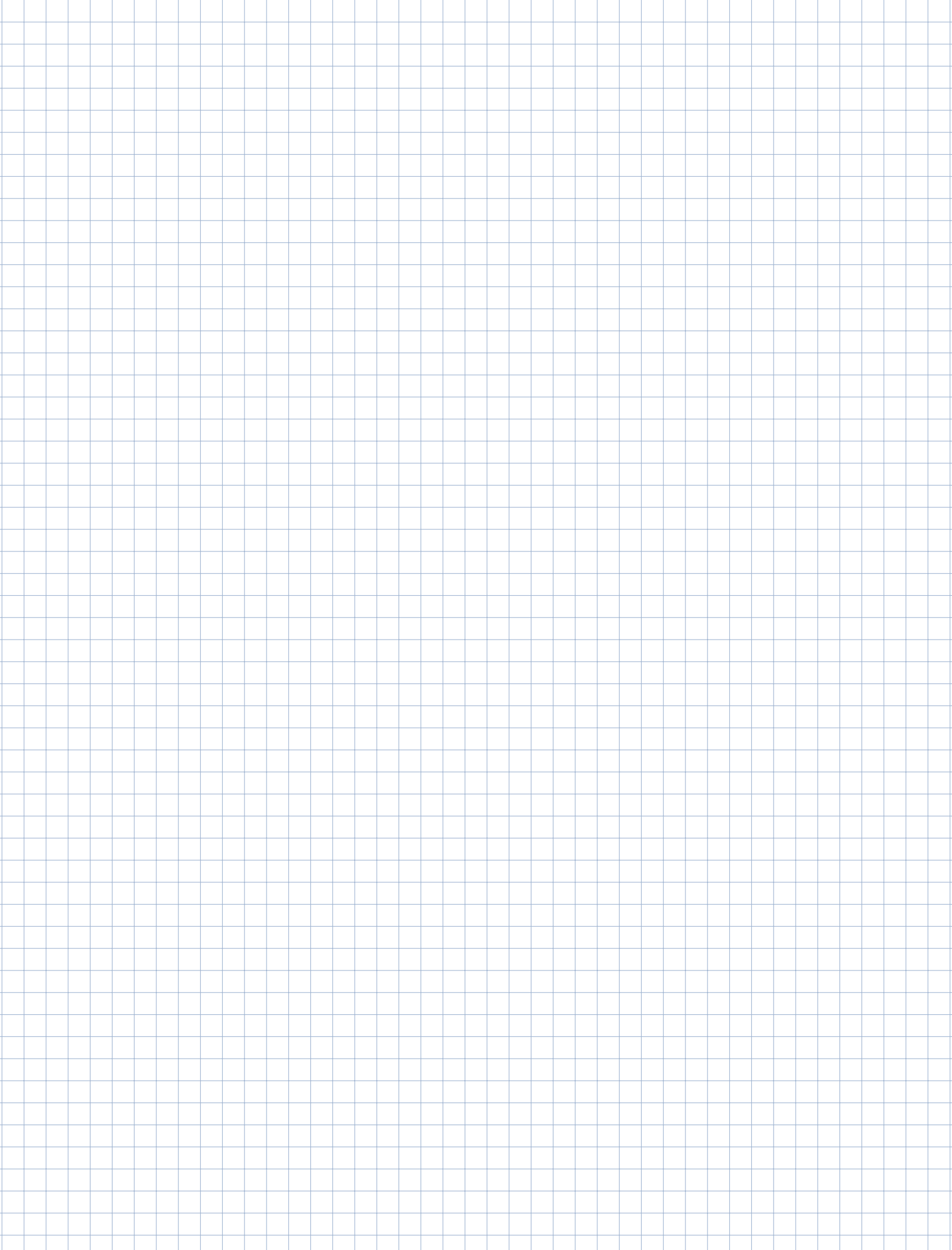
QUESITO 5: PORTATA DI MASSA DI RICIRCOLO
 Q_{m0}

$$Q_{m0} = \dot{M}_0 \cdot \frac{m}{60} = \left(P_1 V_1 - \dot{M}_e \right) \frac{m}{60}$$

$$Q_{mo} = \left(1,11 \cdot 1590 \cdot 10^{-6} - 0,00142 \right) \frac{1000}{60}$$

$$= 0,005748 \text{ kg/s}$$





Domande, Curiosità, Dubbi, Perplessità?

PROF. ING. ALBERTO BENATO, PH.D.

ASSOCIATE PROFESSOR

TURBOMACHINERY & ENERGY SYSTEMS GROUP

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING - UNIVERSITY OF PADOVA
VIA VENEZIA 1 - 35131 - PADOVA
BLDG. EX DIM - 5TH FLOOR - ROOM 19

TEL. 049 827 6752

MAIL: ALBERTO.BENATO@UNIPD.IT

WEBSITE: RESEARCH.DII.UNIPD.IT/TES/

