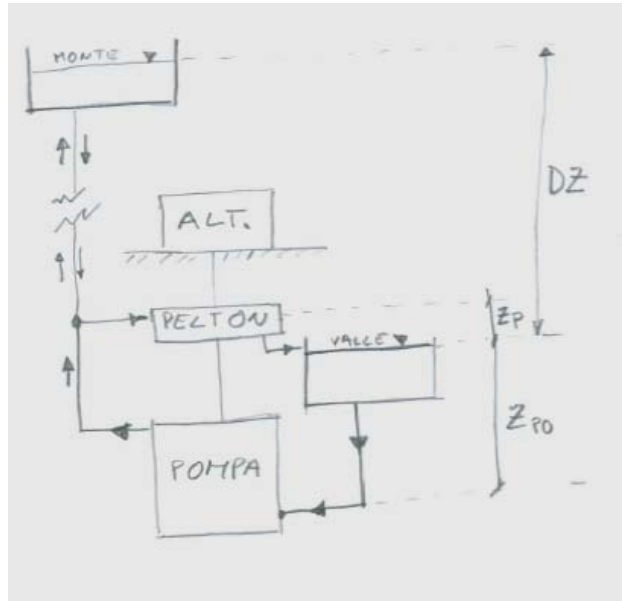


**TEMI D'ESAME – “MACCHINE” PROF. PERSICO**  
**I parte (Bilanci, Idraulica)**

**ESERCIZIO 1 - PARTE 1 (8 punti)**

Un impianto di pompaggio è costituito da un gruppo ternario (turbina Pelton, pompa centrifuga multistadio e alternatore calettati sullo stesso albero) ad asse verticale con velocità nominale di rotazione pari a **500 rpm**. Il dislivello geodetico tra i due bacini è pari a **DZ = 550m**. La condotta forzata che alimenta entrambe le macchine è costituita da una tubatura del diametro interno di **Dc=1.8 m** avente uno sviluppo complessivo pari **Lc=1200 m**, coefficiente di attrito **f=0.03**. Gli ugelli sono posti 5 m al di sopra del pelo libero del bacino a valle.

La ruota Pelton, ipotizzata come ideale, è caratterizzata da diametro medio **Dm= 1.9 m**, è alimentata da **4 ugelli** introduttori, ciascuno di diametro **dg= 0.2m** e da angolo di scarico del cucchiaino  $\beta_2 = -70 \text{ deg}$ .



1. Si disegnano i triangoli di velocità sul cucchiaino della ruota Pelton
2. Si calcoli lavoro, potenza e rendimento della ruota Pelton

**ESERCIZIO 1 - PARTE 2 (12 punti)**

Il funzionamento della pompa centrifuga dello stesso gruppo ternario alla velocità di rotazione nominale di 500 rpm è descritto dalla relazione :

$$H = 625 - 0.5 \cdot Q^2$$

(H0 riportato nei dati)

Un rilievo sperimentale evidenzia che l'acqua nell'attraversamento della pompa si riscalda di **DT=0.25 C**

1. Si calcoli la portata erogata dalla pompa che utilizza come condotto di mandata la condotta forzata descritta nella parte 1 e come condotto di aspirazione una tubazione di pari diametro che origina una perdita di carico complessiva pari a **12** quote cinetiche.
2. Si calcoli la potenza assorbita all'asse e il rendimento idraulico della pompa.
3. Si valuti la massima quota di installazione della pompa rispetto al pelo libero del bacino di aspirazione assumendo un **NPSH richiesto= 15m** ed una tensione di vapore **Pv= 0.05 bar**.
4. Si calcoli la velocità di rotazione necessaria per erogare nello stesso impianto la portata calcolata per la ruota Pelton nella parte 1 (In assenza di risultati dalla parte 1 si assuma  $Q=13 \text{ m}^3/\text{s}$ )

**ESERCIZIO 2 (8 punti)** Una turbina Kaplan assiale ideale elabora una portata di **Q = 140 m<sup>3</sup>/s** con un angolo del flusso all'ingresso pari ad **alfa1=55 gradi**. La macchina è caratterizzata da un diametro medio **Dm = 4.48** ed altezza di pala **h=1.2 m**, ruotando alla velocità di **89.3 rpm**.

Imponendo velocità assiale costante e velocità puramente assiale allo scarico ( macchina ottimizzata) :

1. si disegnano i triangoli di velocità sul raggio medio a cavallo del rotore e se ne disegni uno schizzo rappresentativo.
2. Si calcoli lavoro e potenza prodotta dalla macchina
3. Ipotizzando la presenza di un diffusore conico ideale con diametro della sezione di sbocco pari a 6 m, si imponga che la pressione sulla flangia di scarico non scenda sotto **P2min = 0.5 bar** e in tali condizioni si calcolino la quota massima di installazione della macchina rispetto al pelo libero del bacino di scarico e la pressione all'ingresso del rotore.

**ESERCIZIO 4 (5 punti)**

Un sistema termodinamico riceve dall'esterno una potenza meccanica **W** e cede all'esterno una potenza termica  $|Q| = 0.5 \cdot |W|$ . Il sistema è alimentato da aria in condizioni standard (**15°C, P=1bar**) attraverso un condotto di **0.1 m** di diametro, in cui si rileva una velocità di **350 m/s**. Il condotto di mandata, di diametro **0.15 m**, è posto **20 metri** sopra quello di aspirazione e in esso scorre aria alla pressione **P2= 2bar** e alla temperatura **T2 = 300 K**.

Si valuti la potenza meccanica scambiata con l'esterno.

(Aria:  $R = 287 \text{ J/kgK}$  ;  $C_p=1004 \text{ J/kgK}$  )

Risultati

ESERCIZIO 1, parte 1 e 2

RISULTATI

aa =  $q^2/(DZ-Y)$  = 3.385037  
q(m3/s)= 12.688680 Hm(m)= 519.654800 v1= 100.973400  
l= 4943.019000 eta= 9.696349E-01 pw= 62720.390000  
  
apertura impianto= 2.518732E-01  
qf= 9.987535 hf= 575.124600 zmax= -14.737720  
etap= 8.435368E-01 pwp= 66801.350000  
hnew= 590.552200 rpmnew= 518.094100  
hnew(13)= 592.566600 rpmnew(13)= 518.871000

\*\*\*\*\*

ESERCIZIO 2

RISULTATI

v1= 14.452010 u= 20.943950 w1= 12.313570 w2= 22.524700  
l= 247.942800 pw= 34712.000000  
vout= 4.951491 zmax= 2.844257 p1= 2.278690

\*\*\*\*\*

ESERCIZIO 3

RISULTATI

g= 3.334551 rho2= 1.215849 v2= 155.197800  
pw (positivo entrante)= 474258.800000 l= 142225.700000

\*\*\*\*\*

**TEMI D'ESAME – “MACCHINE” PROF. PERSICO**  
**II parte (Bilanci, Idraulica)**

**ESERCIZIO 1 (punti 6).** Alla flangia di ingresso (sezione  $S_1=1.5 \text{ m}^2$ ) di una turbina idraulica vengono misurati i seguenti valori : temperatura  $T_1=10 \text{ C}$ , pressione  $P_1$  bar, velocità  $V_1= 1.5 \text{ m/s}$ . Alla flangia di uscita, posizionata 10 m sotto quella di ingresso, si rileva:  $P_2=1\text{bar}$ ,  $V_2= 10 \text{ m/s}$ ,  $T_2=T_1+DT$ . Da una analisi di scambio termico attraverso le pareti della macchina si valuta che durante l'attraversamento della macchina l'acqua assorba una potenza termica pari a **PTH**. Sulla base di quanto sopra si calcoli la potenza disponibile all'asse della macchina . Data una opportuna definizione di salto motore, si calcoli il lavoro dissipato dalla macchina e il suo rendimento idraulico.

**ESERCIZIO 2 (punti 10).** La pompa di sollevamento acqua le cui caratteristiche di funzionamento a **3000 rpm** sono rappresentate dalle tre relazioni:

a)  $H = -AQ^2 + AQ + A$  ; b)  $NPSH_r = 3.5 + 0.1*Q$  c)  $\eta = -0.7*Q^2 + 1.4*Q + 0.2$   
( $H [m]$ ,  $Q[m^3/s]$ )

opera tra due bacini le cui superfici libere sono caratterizzate da un dislivello di **DZ** a pressione atmosferica pari a 1 bar. I due serbatoi sono collegati da una condotta di aspirazione lunga 500 m e da una di mandata lunga 3 Km, entrambe di diametro pari a 0.7 m e coefficiente di attrito  $f=0.02$ .

- 1) Si valuti la portata erogata nel circuito e la potenza assorbita.
- 2) Si valuti la massima quota di installazione della pompa rispetto al bacino di aspirazione, considerando per l'acqua una tensione di vapore pari a 0.05 bar.
- 3) Si valuti la portata erogata e la potenza assorbita nell'ipotesi che la pompa venga operata a 2500 rpm
- 4) Si discuta la convenienza energetica (minor consumo energetico) di questa ultima soluzione rispetto alla precedente considerando che l'impianto è destinato a riempire un volume di capacità nota senza alcun vincolo circa il tempo impiegato per farlo.

**ESERCIZIO 3 (punti 11).** Un ventilatore assiale aspira  $G$  kg/s di aria ( $R=287 \text{ J/kgK}$ ) da un ambiente a  $P_0=1 \text{ bar}$ ,  $T_0=300\text{K}$ . La macchina è composta da due giranti controrotanti, entrambe aventi diametro medio  $D_m$ , altezza di pala  $h=0.3\text{m}$  e velocità di rotazione  $n$ .

Il primo rotore impone al flusso una deflessione (nel moto relativo) pari a 20 gradi.

Assumendo costante la densità dell'aria e la macchina come ideale:

- 1) Si calcoli la deflessione richiesta al secondo rotore per ottenere velocità puramente assiale allo scarico della macchina e si traccino i corrispondenti triangoli di velocità. Si dia inoltre una rappresentazione qualitativa dei profili delle due palettature.
- 2) Nella condizione sopra determinata si calcoli il lavoro scambiato da entrambe le macchine e la potenza totale assorbita.
- 3) Si calcoli la pressione statica e la pressione totale a valle di ciascuno dei due rotori.

**ESERCIZIO 4 (punti 6).**

Un impianto idroelettrico opera tra due bacini posti ad un dislivello di **DZ**. La condotta forzata (diametro  $D_c= 1 \text{ m}$ ) è lunga  $L_c$  ed è caratterizzata da un coefficiente di attrito  $f=0.03$ . Le caratteristiche dell'impianto richiedono l'applicazione di una turbina Pelton a 6 getti con diametro  $d=150\text{mm}$ , operante a 750 rpm, con diametro medio  $D_m$  ed angolo di scarico del cucchiaio  $\beta_2=165 \text{ deg}$ .

In ipotesi di macchina ideale, si disegnino i triangoli di velocità a cavallo della girante, si calcoli la potenza disponibile all'asse della macchina ed il rendimento idraulico.

ESERCIZIO 1, : DATI

P1 = 46.0000 bar  
DT = .5624 K  
Pth= 690.9136 kW

RISULTATI

dp/rho= 4500.000000 cldt= 2354.224000 DH= 2145.776000  
gH= 4549.225000 (j/kg) dtth= 7.335707E-02K  
lw= 2047.151000 (j/kg) dtlw= 4.890471E-01K  
q= 307.072700 J/kg  
l= 2502.074000 J/kg pw= 5629.666000 kW eta= 5.500000E-01

ESERCIZIO 2 : DATI

A = 35.0000  
DZ = 19.3056 (m)

RISULTATI

a\_imp= 34.413570 dis= 2238.966000  
qf1 = 7.903137E-01 Hf1= 40.800130 eta1= 8.692222E-01  
pw1 = 363.914400(KW); H/eta= 46.938670

2500 GIRI

a2 = -35.000000bp2= 29.166670 cp2= 24.305560 dis=  
2238.966000  
qf2 = 5.509324E-01Hf2= 29.750990eta2= 8.196117E-01  
pw2 = 196.182600(KW) H2/eta2= 36.298880

\*\*\*\*\*

ESERCIZIO 3 : DATI

G = 80.000000 (Kg/s)  
Dm = 1.920000 (m)  
n = 468.750400(rpm)

RISULTATI

beta1 141.070400 w1= 60.576990 v1= 38.064550rho= 1.161440  
beta2 121.070400 w2= 44.440180 v2= 45.099970  
beta4 141.070400 w4= 60.576990 dbeta= -10.837770  
leu= 1139.870000 pw= 182379.200000

\*\*\*\*\*

ESERCIZIO 4 : DATI

DZ = 1200.0000 (m)  
Lc = 1680.0000 (m)  
Dm = 1.9537 (m)

RISULTATI

v1= 110.778300v2t= 43.822770 u= 76.720280  
leu= 5136.846000 pw= 60335.730000 eta= 8.371768E-01 ghm=  
110.778300

\*\*\*\*\*