

ESERCIZI DI POMPE CENTRIFUGHE –

vers.#B1 Prof.A.Tonini – www.andytonini.com - (programma su disco 3CHIM- f154CHIM.xls)

INDICE: [POMPE](#) – [PUNTO DI LAVORO](#) – [P.SOPRA BATTENTE](#) – [SOMMERSE](#) – [SCELTA DI POMPA](#) -

Premessa - GRANDEZZE BASE E UNITA' DI MISURA:

acqua densità $\rho = 1000 \text{ Kg/m}^3$; peso specif. $\gamma = 9,81 \text{ kN/m}^3$; energia $J = \text{N} \times \text{m}$; potenza $W = J/s$; $\text{kW} = \text{kN} \times \text{m/s} = \text{Kg} \text{ m}/(102 \text{ s})$; pressione $\text{Pa} = \text{N/m}^2$; $1 \text{ atm} = 101,325 \text{ kPa} = 1,01325 \text{ bar} = 10,33 \text{ m H}_2\text{O}$; $1 \text{ bar} \cong 100 \text{ kPa}$.

N.B.: sigla portata: F ovvero Q – **N.B.:** coeff.attrito $f = 0,316/\text{Re}^{0,25}$; [oppure $f = 0,014 + 1,056/\text{Re}^{0,42}$]

1 – ESERCIZI BASE SU POMPE

ES.1*-

Una **POMPA** fornisce una portata $F = 8 \text{ dm}^3/\text{s}$ di **acqua** con prevalenza $H = 80 \text{ m}$ e rendimento complessivo η del 70%.

Determinare la potenza assorbita.

Soluzione: (acqua $\rho = 1000 \text{ Kg/m}^3$; $\gamma = 9,81 \text{ kN/m}^3$)

$$N_a = \gamma F H / \eta = 8,97 \text{ kW}$$



ES.2*-

Calcolare la portata d'acqua di una **POMPA** che assorbe 6 kW di potenza con rendimento η dell'80% fornendo una prevalenza H di 38 m.

Soluzione: (acqua $\rho = 1000 \text{ Kg/m}^3$; $\gamma = 9,81 \text{ kN/m}^3$)

$$N_a = \gamma F H / \eta = 6 \text{ kW}; \rightarrow F = (N_a \eta) / (\gamma H) = (6 \times 0,8) / (9,81 \times 38) = 0,0129 \text{ m}^3/\text{s}$$

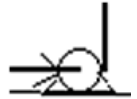


ES.3*-

Calcolare la prevalenza di una **POMPA** che assorbe 4,5 kW di potenza con rendimento del 70% fornendo una portata d'acqua di 350 dm³/min.

Soluzione: acqua $\rho = 1000 \text{ Kg/m}^3$; $\gamma = 9,81 \text{ kN/m}^3$; $F = 0,0058 \text{ m}^3/\text{s}$;

$$N_a = \gamma F H / \eta = 4,5 \text{ kW}; \rightarrow H = (N_a \eta) / (\gamma F) = (4,5 \times 0,7) / (9,81 \times 0,0058) = 55,4 \text{ m}$$



ES.4*-

Una **POMPA** eroga una potenza $N = 6 \text{ kW}$ inviando olio ($\rho = 820 \text{ kg/m}^3$) all'altezza $\Delta z = 10 \text{ m}$ tra due serbatoi a p atmosferica, con perdite di carico nelle tubazioni di 4 m c.l. Determinare il peso di olio travasato in 2 ore.

Soluzione: olio $\rho = 820 \text{ kg/m}^3$; $\gamma = 8,04 \text{ kN/m}^3$;

$$H = (z_2 - z_1) + (p_2/\gamma - p_1/\gamma) + \Sigma \gamma = 10 + 4 = 14 \text{ m}; N_a = \gamma F H / \eta = 6 \text{ kW}; \rightarrow F = N_a / (\gamma H) = 6 / (8,04 \times 14) = 0,0533 \text{ m}^3/\text{s};$$

$$t = 2 \text{ h} = 7200 \text{ sec.}; \text{portata in peso} = \text{tempo} \times (F \gamma) = 7200 \times 0,0533 \times 820 = 314680 \text{ Kg}$$

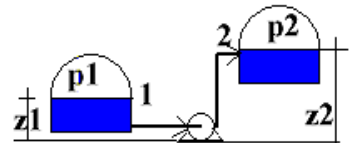
ES.5*-

Calcolare la prevalenza di una **POMPA** funzionante in un impianto con le seguenti caratteristiche:

$\rho = 1200 \text{ kg/m}^3$; dislivello = 20m; $p_1 = 2,4 \text{ atm} (= 243,18 \text{ kPa})$; $p_2 = 6 \text{ atm} (= 607,95 \text{ kPa})$; perdite di carico totali = 2m c.l..

Soluzione: (liquido $\rho = 1200 \text{ Kg/m}^3$; $\gamma = 11,77 \text{ kN/m}^3$)

$$H = (z_2 - z_1) + (p_2/\gamma - p_1/\gamma) + \Sigma \gamma = 20 + (607,95 - 243,18) / 11,77 + 2 = 53 \text{ m}$$



ES.6*- POMPA CENTRIFUGA - (programma disco 3CHIM- f154CHIM.xls vers#2)

Calcolare la prevalenza di una pompa funzionante in un impianto con le seguenti caratteristiche:

$F = 300 \text{ dm}^3/\text{min}$; $D = 81,7 \text{ mm}$; $\rho = 880 \text{ kg/m}^3$; $\gamma = 8,624 \text{ kN/m}^3$; $\mu = 0,0009 \text{ Pa}\cdot\text{s}$;

dislivello $(z_2 - z_1) = 50 \text{ m}$; $p_1 = 110 \text{ kPa}$; $p_2 = 610 \text{ kPa}$; $L = 100 \text{ m}$;

accessori: 2 valv. saracinesca, 1 valv. ritegno sfera, 3 curve 90° med. raggio,

ingresso tubazione = $0,5 v^2/2g$, ingresso serbatoio = $1, v^2/2g$.

Soluzione:

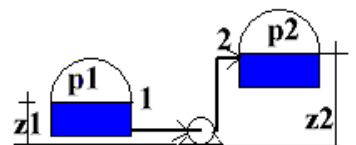
$$F = 0,005 \text{ m}^3/\text{s}; v = 4F / (3,14 D^2) = 0,954 \text{ m/s}; \text{Re} = 76229; f = 0,316/\text{Re}^{0,25} = 0,019; (f = 0,014 + 1,056/\text{Re}^{0,42} = 0,023)$$

accessori: $l_{\text{eq.}}/D = 2 \times 13 + 1 \times 150 + 3 \times 30$; lungh. equivalente totale = 21,73m (da tab.)

$$\rightarrow \Sigma \gamma = f v^2/2g [(L + l_{\text{eq.}})/D] + (1 + 0,5) v^2/2g = 1,32 + 0,07 = 1,39 \text{ m}$$

$$\rightarrow H = (z_2 - z_1) + (p_2/\gamma - p_1/\gamma) + \Sigma \gamma = 50 + (610 - 110) / 8,624 + 1,39 = 109,4 \text{ m}$$

$$\rightarrow N_u = \gamma F H = 8,624 \times 0,005 \times 109,4 = 4,72 \text{ kW}$$



[[INDICE](#)]

2 - DETERMINAZIONE PUNTO DI LAVORO POMPA CENTRIFUGA-

ES.7*- pompa tipo E- (programma disco 3CHIM- f154CHIM.xls vers#2) -

Noti i seguenti dati determinare: prevalenza statica, portata prevalenza potenza assorbita al punto di funzionamento della pompa.(N.B.: Hs=prevalenza statica)

Hs	z1	z2	p1	p2	D	ρ	γ	μ	L	Accessori di linea:
m	m	m	kPa	kPa	mm	Kg/m3	kN/m3	Pa.s	m	4 valv.saracin; 5 curve 90°med.rag.
	1	30	200	300	100	1000	9,81	0,001	150	lung. equival =20,2m

Caratteristica della pompa:

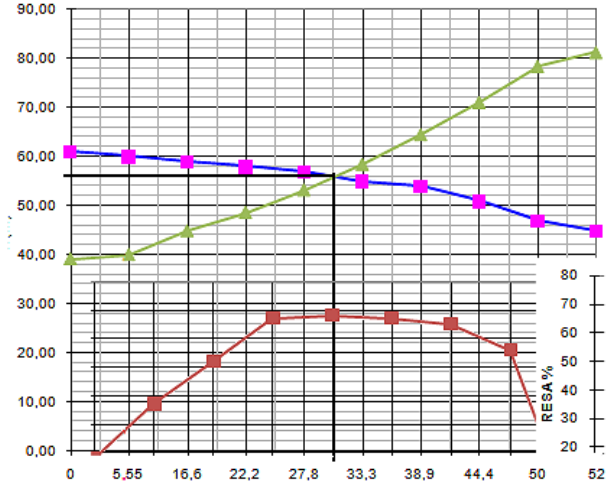
H m	61	60	59	58	57	55	54	51	47	45
F dm3/sec.	0	5,55	16,6	22,2	27,8	33,3	38,9	44,4	50	52

Soluzione::tracciare sul diagramma la curva H/F della pompa,

→ $H_s=(z_2 - z_1)+(p_2/\gamma - p_1/\gamma) = 29 +(300-200)/9,81 = 39,19m;$

tracciare sul diagramma la curva H/F della pompa, e riportare il punto Hs;
calcolare le prevalenze dell'impianto H1/H2/H3/ alle portate 1/2/3:

F dm3/s	v m/s	Re =ρvD/μ	f=0,316/Re ^{0,25}	ΣY m =fv ² (ΣL/D)/2g	H=H _s + ΣY impianto(m)	
22,2	2,83	282803	0,014	9,51	48,7	1
27,8	3,54	354140	0,013	14,1	53,29	2
33,3	4,24	424204	0,012	19,33	58,52	3

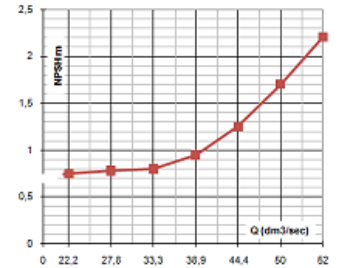


Dal diagramma: dall'incrocio delle curve si ha il punto di funzionamento:

→ $H_f=56m; F_{funz}=30,55 dm^3/s=0,0306m^3/s;\eta=67,5\%;NPSH_p=0,79m$

→ $(N_a)_{funz} = \gamma FH/\eta = 9,81 \times 0,0306 \times 56 / 0,675 = 24,9kW$

DIAGR. NPSH_p→



ES.8-* POMPA CENTRIFUGA - (programma disco 3CHIM- f154CHIM.xls vers#2)

Calcolare la prevalenza, e la pressione di mandata, di una pompa funzionante in un impianto con le seguenti caratteristiche:

F=0,01m3/s; D=80mm;ρ=900 kg/m3; γ = 8,82 kN/m3; z1=10m;z2=30m; p1=150 kPa; p2=300 kPa; viscosità μ= 0,0012Pa.s; L_{aspiraz.}=10m;L_{mand.}=40m; 2 valv.saracinesca;1 valv.ritegno;10 curve 90°med.raggio;PERDITE in uscita/entrata serbatoi=(0,5 + 1)v²/2g m.

Soluzione::

Perdite concentrate totali: →l.equival.=34,08m; perdite concentrate in aspirazione (1 saracin +1 curv): l.equival=3,44m

$v = 4F/(3,14 D^2) = 1,99m/s; Re = \rho v D / \mu = 119427; f = 0,316 / Re^{0,25} = 0,017. (altrimenti: f = 0,014 + 1,056 / Re^{0,42} = 0,022)$

$\Sigma y_{tot} = f v^2 (L/D + l.eq/D) / (2g) + 1,5v^2 / 2g = 3,61 + 0,3 = 3,91m (altrim=5m)$

PREVALENZA H = (z₂ - z₁) + (p₂/γ - p₁/γ) + Σy = 20 + (300-150)/8,82 + 3,91 = 40,9m (altrim=41,4m)

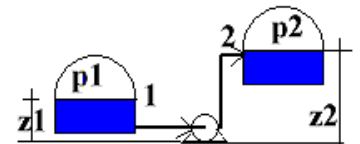
CALCOLO PRESSIONE DI MANDATA:

$\Sigma y_{aspiraz} = f v^2 (10/D + 3,44/D) / (2g) + 0,5v^2 / 2g = 0,7m (altrim=0,87m)$

Eq.bernoulli sez1//uscita pompa: $z_1 + p_1/\gamma + H = p_m/\gamma + v_2^2/2g + \Sigma y; (v_1=0; z_2=0)$

→ $p_{MAND} = (\gamma (z_1 + p_1/\gamma + H - v_2^2/2g - \Sigma y)) = 59760kg/m^2 = 586kPa$

$N_u = \gamma F H = 8820 \times 0,01 \times 40,9 = 3607 W = 3,6kW.$



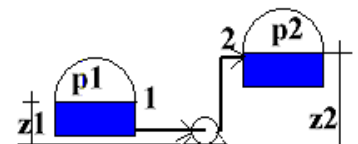
ES.9 -* (pompa tipo C - programma disco 3CHIM- f154CHIM.xls vers#2)

Noti i seguenti dati determinare: pressione nel serbatoio 1, portata , prevalenza , perdite di carico, potenza assorbita al punto di funzionamento della pompa.(N.B.: Hs=prevalenza statica)

Hs m	z1 m	z2 m	p1 kPa	p2 kPa	D mm	ρ Kg/m3	γ kN/m3	μ Pa.s	L Km	Resa %	Accessori di linea
20,65	3	6		350	100	850	8,339	1,1E-3	2	72	lung. equival =45,7m

Caratteristica della pompa tipo C (diagramma):

H m	35	34,2	33,2	29,8	27	22,6	16	7,7
F dm3/sec.	0	1	1,5	2,5	3	3,5	4	4,5



Soluzione:

$$H_s = (z_2 - z_1) + (p_2/\gamma - p_1/\gamma) = 20,65\text{m};$$

$$\rightarrow p_1 = 8,339(3 + 350/8,339 - 20,65) = 202,82 \text{ kPa};$$

tracciare sul diagramma la curva H/F della pompa, e riportare il punto H_s;

calcolare le prevalenze dell'impianto H₁/H₂/H₃

Dal diagramma:

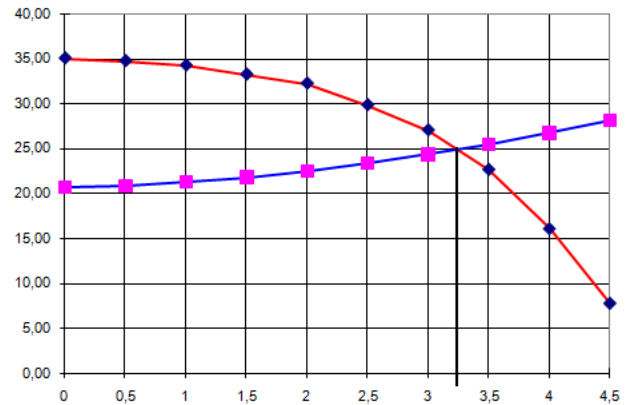
dall'incrocio delle curve si ha il punto di funzionamento:

$$\rightarrow H_f = 26\text{m}; F_{\text{funz}} = 3,25 \text{ dm}^3/\text{s} = 0,00325\text{m}^3/\text{s};$$

$$(N_a)_{\text{funz}} = \gamma F H / \eta = 8,339 \times 0,00325 \times 26 / 0,72 = 0,98\text{kW}$$

$$H = H_s + \Sigma y; \rightarrow (\Sigma y)_{\text{funz}} = 26 - 20,65 = 5,35 \text{ m}.$$

F (dm ³ /s)	v (m/s)	Re ρvD/μ	f 0,316/Re ^{0,25}	ΣY m =fv ² (ΣL/D)/2g	H=H _s + ΣY impianto(m)	
1,5	0,19	14765	0,029	1,091	21,74	1
2,5	0,32	24609	0,025	2,67	23,3	2
3,5	0,45	34453	0,023	4,81	25,45	3

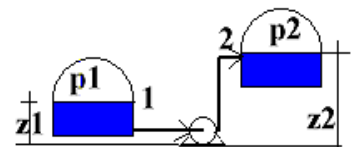


ES.10*- (pompa tipo D – programma disco 3CHIM- f154CHIM.xls vers#2)

Noti i seguenti dati determinare: livello nel serbatoio 2, portata prevalenza perdite di carico potenza assorbita al punto di funzionamento della pompa. (N.B.: H_s=prevalenza statica).

Caratteristica della pompa tipo D:

H m	70	67,3	65,3	62	58,2	39,2	26,9	7,7
F dm ³ /s	0	1	1,5	2	2,5	3,5	4	4,5



CARATTERISTICHE IMPIANTO:

H _s m	z1 m	z2 m	p1 kPa	p2 kPa	D mm	ρ Kg/m ³	γ kN/m ³	μ Pa.s	L Km	Resa %	Accessori di linea
13	15		200	350	80	1250	12,26	0,00095	4,6	72	lung. equival =41,6 m

Soluzione::

$$H_s = (z_2 - z_1) + (p_2/\gamma - p_1/\gamma) = 13\text{m}; \rightarrow z_2 = 13 - (150/12,26) + 15 = 15,8\text{m};$$

tracciare sul diagramma la curva H/F della pompa, e riportare il punto H_s;

calcolare le prevalenze dell'impianto H₁/H₂/H₃ alle portate 1/2/3:

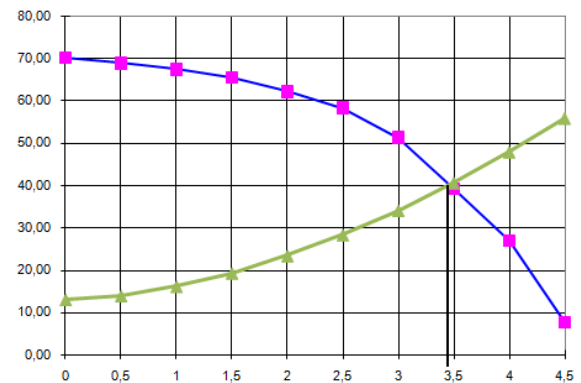
F(dm ³ /s)	v (m/s)	Re ρvD/μ	f=0,316/Re ^{0,25}	ΣY m =fv ² (ΣL/D)/2g	H=H _s + ΣY impianto(m)	
1,5	0,30	31428	0,024	6,26	19,3	1
2,5	0,50	52380	0,021	15,3	28,3	2
3,5	0,70	73332	0,019	27,6	40,6	3

Dal diagramma: dall'incrocio delle curve si ha il punto di funzionamento:

$$\rightarrow H_f = 40\text{m}; F_{\text{funz}} = 3,4 \text{ dm}^3/\text{s} = 0,0034\text{m}^3/\text{s};$$

$$(N_a)_{\text{funz}} = \gamma F H / \eta = 12,26 \times 0,0034 \times 40 / 0,72 = 2,3\text{kW}$$

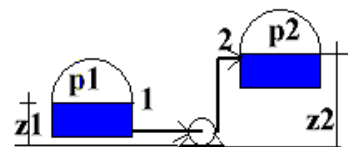
$$H = H_s + \Sigma y; \rightarrow (\Sigma y)_{\text{funz}} = 40 - 13 = 27\text{m}$$



ES.11*- (pompa tipo B – programma disco 3CHIM-f154CHIM.xls vers#2)

Noti i seguenti dati determinare: quota iniziale serbatoio 1, portata , prevalenza , perdite di carico, potenza assorbita al punto di funzionamento della pompa. (N.B.: H_s=prevalenza statica).

H _s m	z1 m	z2 m	p1 kPa	p2 kPa	D mm	ρ Kg/m ³	γ kN/m ³	μ Pa.s	L Km	Resa %	Accessori di linea
20	17	110	160	160	140	1000	9,81	0,001	2,2	64	lung. equivalente=63m



Caratteristica della pompa tipo B:

H m	45	44	42	40	37	33	28	22,1	15
F dm ³ /min	0	150	300	450	600	750	900	1150	1300

Soluzione::

$H_s=(z_2 - z_1)+(p_2/\gamma - p_1/\gamma)=20m$; $\rightarrow z_1=17-20+(50/9,81)=2,1m$;
 tracciare sul diagramma la curva H/F della pompa, e riportare il punto H_s ;
 calcolare le prevalenze dell'impianto $H_1/H_2/H_3$ alle portate 1/2/3:

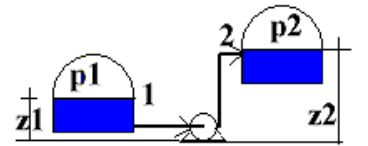
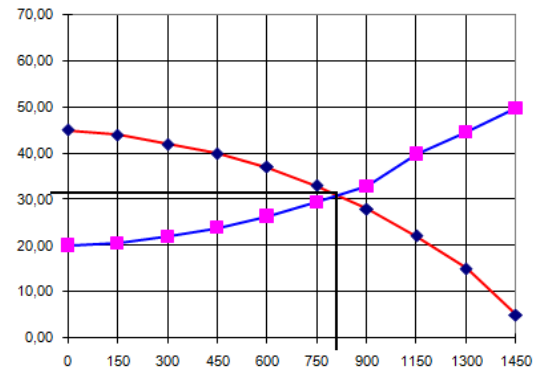
F(dm ³ /min)	v m/s	Re $\rho vD/\mu$	$f=0,316/Re^{0,25}$	ΣY m $=fv^2(\Sigma L/D)/2g$	H= $H_s + \Sigma Y$ impianto(m)	
300	0,32	45496	0,022	1,88	21,88	1
600	0,65	90992	0,018	6,33	26,3	2
900	0,97	136488	0,016	12,87	32,87	3

Dal diagramma: dall'incrocio delle curve si ha il punto di funzionamento:

$\rightarrow H_f=31m$; $F_{funz}=820$ dm³/min=0,0137m³/s;

(Na)funz = $\gamma FH/\eta = 9,81 \times 0,0137 \times 31 / 0,64 = 6,51$ Kw;

$H = H_s + \Sigma y$; $\rightarrow (\Sigma y)_{funz} = 31 - 20 = 11m$



ES.12 *- (pompa tipo A – programma disco 3CHIM- f154CHIM.xls vers#2)

Noti i seguenti dati determinare: pressione nel serbatoio 1, portata, prevalenza, perdite di carico, potenza assorbita al punto di funzionamento della pompa.(N.B.: H_s =prevalenza statica)

H_s m	z_1 m	z_2 m	p_1 kPa	p_2 kPa	D mm	ρ Kg/m ³	γ kN/m ³	μ Pa.s	L m	Resa %	Accessori di linea lungh. equival =21,5m
17	1	13	180		50	1200	11,77	0,0015	200	52	

Caratteristica della pompa tipoA (diagramma):

H m	51,8	50,4	47,6	43,9	38,6	33	26,2	18,9	11,8	4,5
F dm ³ /min.	0	10	50	100	150	200	250	300	350	400

Soluzione: tracciare sul diagramma la curva H/Q della pompa,

$H_s=(z_2 - z_1)+(p_2/\gamma - p_1/\gamma) = 17m$; $\rightarrow p_2=11,77(17+180/11,77-12)=238,9kPa$
 tracciare sul diagramma la curva H/F della pompa, e riportare il punto H_s ;
 calcolare le prevalenze dell'impianto $H_1/H_2/H_3$ alle portate 1/2/3:

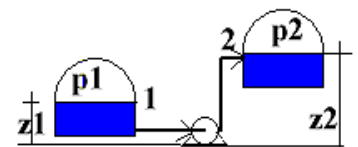
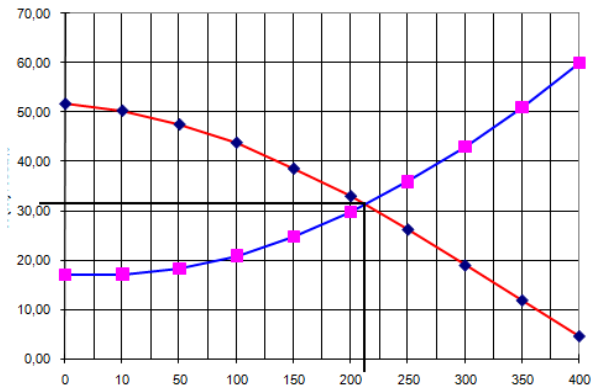
F dm ³ /min	v m/s	Re $\rho vD/\mu$	$f=0,316/Re^{0,25}$	ΣY m $=fv^2(\Sigma L/D)/2g$	H= $H_s + \Sigma Y$ impianto(m)	
100	0,85	33970	0,023	3,8	20,8	1
200	1,7	67941	0,020	12,7	29,7	2
300	2,55	101911	0,018	25,9	42,9	3

Dal diagramma: dall'incrocio delle curve si ha il punto di funzionamento:

$\rightarrow H_f=32m$; $F_{funz}=215$ dm³/min=0,0036m³/s;

(Na)funz = $\gamma FH/\eta = 11,77 \times 0,0036 \times 32 / 0,52 = 2,61$ kW

$H = H_s + \Sigma y$; $\rightarrow (\Sigma y)_{funz} = 32 - 17 = 15m$



ES.13* - (pompa tipo C – programma disco 3CHIM- f154CHIM.xls vers#2)

Noti i seguenti dati determinare: prevalenza statica, portata, prevalenza, perdite di carico, potenza assorbita al punto di funzionamento della pompa.(N.B.: H_s =prevalenza statica)

z_1 m	z_2 m	p_1 kPa	p_2 kPa	D mm	ρ Kg/m ³	γ kN/m ³	μ Pa.s	L m	Resa %	Accessori di linea lungh. equival =27,37 m 1ValvRitSfer/5CurvMedRag/7SaracAp
1	15,1	310	210	70	1100	10,79	0,0011	1100	66	

Caratteristica della pompa:

H m	35	34,2	33,2	32,2	29,8	27	22,6	16	7,7
F dm ³ /sec.	0	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5

Soluzione: tracciare sul diagramma la curva H/F della pompa,

$\rightarrow H_s=(z_2 - z_1)+(p_2/\gamma - p_1/\gamma) = 15,1-1 + (210-310)/10,79 = 4,83m$;

tracciare sul diagramma la curva H/F della pompa, e riportare il punto H_s ;

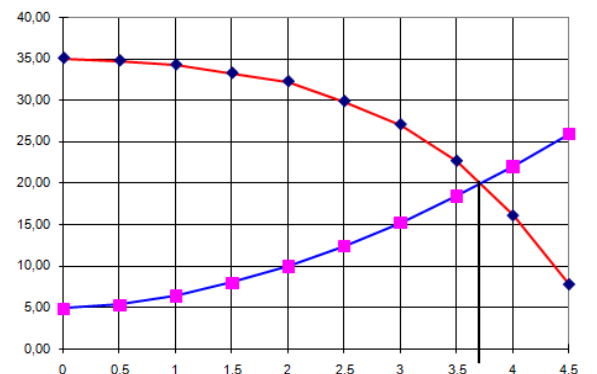
calcolare le prevalenze dell'impianto $H_1/H_2/H_3$ alle portate 1/2/3:

F dm ³ /s	v m/s	Re $=\rho vD/\mu$	$f=0,316/Re^{0,25}$	ΣY m $=fv^2(\Sigma L/D)/2g$	H= $H_s + \Sigma Y$ impianto(m)	
2	0,52	36397	0,023	5,08	9,9	1
3	0,78	54595	0,021	10,32	15,16	2
4	1,04	72793	0,019	17,1	21,9	3

Dal diagramma: dall'incrocio delle curve si ha il punto di funzionamento: $\rightarrow H_f=20m$; $F_{funz}=3,7$ dm³/s=0,0037m³/s;

(Na)funz = $\gamma FH/\eta = 10,79 \times 0,0037 \times 20 / 0,66 = 1,21$ kW; $H = H_s + \Sigma y$; $\rightarrow (\Sigma y)_{funz} = 20 - 4,83 = 15,17m$

[INDICE]



3 - POMPE SOPRA BATTENTE -**ES.14* - APPLICAZIONE DELL'NPSH – pompa sopra battente -**

Impianto funzionante con le seguenti caratteristiche (liq.acqua); determinare se funziona la pompa data.
 DATI: $D=40\text{mm}$; $F=0,002\text{m}^3/\text{s}$; $L=6\text{m}$; $z_1=0$; $z_2=4\text{m}$; $p_1=100\text{ kPa}$; $p_{\text{Vap}}(\text{liq})=2340\text{Pa}$ (tens.vap.acqua);
 $\rho=1000\text{kg}/\text{m}^3$; $\gamma=9,81\text{kN}/\text{m}^3$; $\mu=0,001\text{Pa}\cdot\text{s}$; perdite concentrate: $\Sigma l_{\text{eq}}/D=179$ ($l_{\text{eq}}=7,16$); $\text{NPSH}_{\text{pompa}}=3\text{m}$.

Soluzione: (N.B. $v_1=0$; $p_2=(p)$ aspirazione; $p_1=100\text{kPa} \cong 10,2\text{m}$);

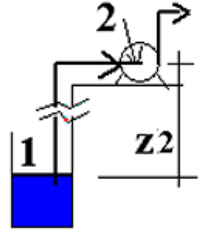
bilancio SEZ.1//2: $z_1 + p_1/\gamma = z_2 + p_2/\gamma + v_2^2/2g + \Sigma\gamma$; $v_2 = 4F/(3,14 D^2) = 1,59\text{m}/\text{s}$; $\text{Re} = \rho v D/\mu = 63694$;

$f=0,316/\text{Re}^{0,25}=0,316/(63694^{0,25})=0,020$; $\Sigma\gamma = f v_2^2(L/D + \Sigma l_{\text{eq}}/D)/(2g) = 0,85\text{m}$.

$\rightarrow p_{\text{ASP}}/\gamma = p_2/\gamma = p_1/\gamma - z_2 - v_2^2/2g - \Sigma\gamma = 10,2 - 4 - 0,129 - 0,85 = 5,22\text{m}$;

$\rightarrow \text{NPSH}_{\text{disponib}} = p_{\text{ASP}}/\gamma - p_{\text{V}}/\gamma = 5,22 - (2340/9810) = 4,98\text{m}$; $\rightarrow \text{NPSH}_{\text{disponib}} > \text{NPSH}_{\text{pompa}}=3\text{m}$: la pompa funziona bene!

\rightarrow massima $h_{\text{ASPIRAZ}} = p_1/\gamma - p_{\text{V}}/\gamma - \text{NPSH}_p - \Sigma\gamma = 10,2 - 0,239 - 3 - 0,85 = 6,11\text{ m} > 4\text{m}$ (z_2)

**ES.15* - APPLICAZIONE DELL'NPSH – pompa sopra battente -**

Impianto funzionante con le seguenti caratteristiche (liq.acqua); determinare se funziona la pompa data. DATI: $D=65\text{mm}$;
 $F=0,0045\text{m}^3/\text{s}$; $L=15\text{m}$; $z_1=0$; $z_2=4\text{m}$; $p_1=100\text{ kPa}$; $p_{\text{Vap}}(\text{liq})=2353\text{ Pa}$ (tens.vap.acqua); $\rho=1000\text{kg}/\text{m}^3$ $\gamma=9,81\text{kN}/\text{m}^3$;
 $\mu=0,001\text{Pa}\cdot\text{s}$; perdite concentrate: $\Sigma l_{\text{eq}}/D=302$ (1ValvRit Ap/5CurvMedRagg/4SaracinAp con $l_{\text{eq}}=19,63\text{m}$);
 $\text{NPSH}_{\text{pompa}}=2\text{m}$.

Soluzione:

(N.B. $v_1=0$; $p_2=(p)$ aspirazione; $p_1=100\text{kPa} \cong 10,2\text{m}$);

bilancio SEZ.1//2: $z_1 + p_1/\gamma = z_2 + p_2/\gamma + v_2^2/2g + \Sigma\gamma$; $v_2 = 4F/(3,14 D^2) = 1,36\text{m}/\text{s}$; $\text{Re} = \rho v D/\mu = 88192$;

$f=0,316/\text{Re}^{0,25}=0,316/(88192^{0,25})=0,018$.

$\Sigma\gamma = f v_2^2(L/D + \Sigma l_{\text{eq}}/D)/(2g) = 0,90\text{m}$.

$\rightarrow p_{\text{ASP}}/\gamma = p_2/\gamma = p_1/\gamma - z_2 - v_2^2/2g - \Sigma\gamma = 10,2 - 4 - 0,094 - 0,90 = 5,21\text{m}$;

$\rightarrow \text{NPSH}_{\text{disponib}} = p_{\text{ASP}}/\gamma - p_{\text{V}}/\gamma = 5,21 - (2353/9810) = 5\text{ m}$; $\rightarrow \text{NPSH}_{\text{disponib}} > \text{NPSH}_{\text{pompa}}=2\text{m}$: la pompa funziona bene!

\rightarrow massima $h_{\text{ASPIRAZ}} = p_1/\gamma - p_{\text{V}}/\gamma - \text{NPSH}_p - \Sigma\gamma = 10,2 - 0,24 - 2 - 0,90 = 7,1\text{ m} > 4\text{m}$ (z_2)

ES.16* - APPLICAZIONE DELL'NPSH – pompa sopra battente -

Impianto funzionante con le seguenti caratteristiche (liq.acqua); determinare se funziona la pompa data.
 DATI: $D=32\text{mm}$; $F=0,0014\text{m}^3/\text{s}$; $L=8,5\text{m}$; $z_1=0$; $z_2=6\text{m}$; $p_1=100\text{ kPa}$; press. di $\text{Vap}(\text{liq})=1695\text{Pa}$
 (tens.vap.acqua); $\rho=1000\text{kg}/\text{m}^3$; $\gamma=9,81\text{ kN}/\text{m}^3$; $\mu=0,001\text{Pa}\cdot\text{s}$; perdite concentrate: $\Sigma\gamma_{\text{CONC}}=0,42\text{m}$
 (1ValvRit/1Sarac/1CurvLargRagg); $\text{NPSH}_{\text{pompa}}=1\text{m}$.

Soluzione:

(N.B. $v_1=0$; $p_2=(p)$ aspirazione; $p_1=100\text{kPa} \cong 10,2\text{m}$);

bilancio SEZ.1//2: $z_1 + p_1/\gamma = z_2 + p_2/\gamma + v_2^2/2g + \Sigma\gamma$; $v_2 = 4F/(3,14 D^2) = 1,74\text{m}/\text{s}$; $\text{Re} = \rho v D/\mu = 55680$;

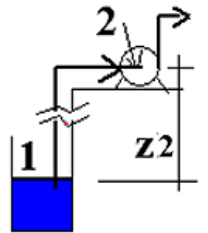
$f=0,316/\text{Re}^{0,25}=0,316/(55680^{0,25})=0,021$.

$\Sigma\gamma = f v_2^2(L/D)/(2g) + \Sigma\gamma_C = 0,86 + 0,42 = 1,28\text{m}$.

$\rightarrow p_{\text{ASP}}/\gamma = p_2/\gamma = p_1/\gamma - z_2 - v_2^2/2g - \Sigma\gamma = 10,2 - 6 - 0,154 - 1,28 = 2,77\text{m}$;

$\rightarrow \text{NPSH}_{\text{disponib}} = p_{\text{ASP}}/\gamma - p_{\text{V}}/\gamma = 2,77 - (1695/9810) = 2,6\text{ m}$; $\rightarrow \text{NPSH}_{\text{disponib}} > \text{NPSH}_{\text{pompa}}=1\text{m}$: la pompa funziona bene!

\rightarrow massima $h_{\text{ASPIRAZ}} = p_1/\gamma - p_{\text{V}}/\gamma - \text{NPSH}_p - \Sigma\gamma = 10,2 - 0,173 - 1 - 1,28 = 7,75\text{ m} > 6\text{m}$ (z_2)

**ES.17* - APPLICAZIONE DELL'NPSH – pompa sopra battente – VERIFICARE SE FUNZIONA -**

Impianto funzionante con le seguenti caratteristiche (liq.acqua); determinare se funziona la pompa data.
 DATI: $D=50\text{mm}$; $F=0,005\text{m}^3/\text{s}$; $L=10\text{m}$; $z_1=0$; $z_2=5\text{m}$; $p_1=101,325\text{kPa}$; $p_{\text{Vap}}(\text{liq})=2451\text{Pa}$;
 $\rho=1200\text{kg}/\text{m}^3$; $\gamma=11,77\text{kN}/\text{m}^3$; $\mu=0,001\text{Pa}\cdot\text{s}$; perdite concentrate: 2curv.90° larg. raggio, 1valv.ritegno,
 1val.saracin1/2chiusa.; $\text{NPSH}_{\text{pompa}}=1\text{m}$.

Soluzione: (N.B. $v_1=0$; $p_2=(p)$ aspirazione; $p_1=p_{\text{atm}}$)

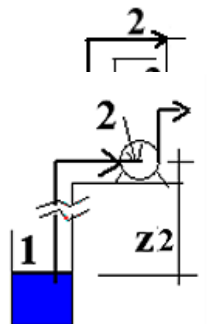
bilancio SEZ.1//2: $z_1 + p_1/\gamma = z_2 + p_2/\gamma + v_2^2/2g + \Sigma\gamma$; $v_2 = 4F/(3,14 D^2) = 2,55\text{m}/\text{s}$; $\text{Re} = \rho v D/\mu = 152866$;

$f=0,316/\text{Re}^{0,25}=0,016$. perdite concentrate: $l_{\text{equiv}}=15\text{m}$; $\Sigma\gamma = f v_2^2(L/D + l_{\text{eq}}/D)/(2g) = 2,65\text{m}$.

$\rightarrow p_{\text{ASP}}/\gamma = p_2/\gamma = p_1/\gamma - z_2 - v_2^2/2g - \Sigma\gamma = 10,33 - 5 - 0,154 - 2,65 = 0,63\text{m}$;

$\rightarrow \text{NPSH}_{\text{disponib}} = p_{\text{ASP}}/\gamma - p_{\text{V}}/\gamma = 0,63 - (2451/117684) = 0,42\text{m}$; $\rightarrow \text{NPSH}_{\text{disponib}} - \text{NPSH}_{\text{pompa}} < 0$: la pompa non funziona!!!

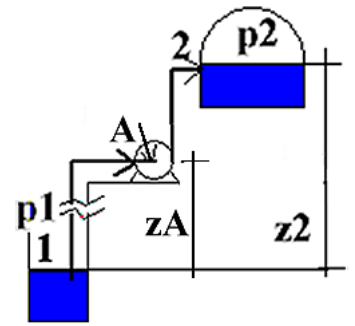
[per funzionare basterebbe $\rho/\gamma=1000\text{kg}/\text{m}^3$; $\rightarrow \text{NPSH}_{\text{disponib}} = \dots = 1,98\text{m}$!]

**ES.18* - APPLICAZIONE DELL'NPSH – pompa sopra battente – VERIFICA SE FUNZIONA –**

(programma disco 3CHIM- f154CHIM.xls vers#2)

Utilizzando una pompa centrifuga, si deve sollevare l'acqua contenuta nel serbatoio N°1 di aspirazione fino al serbatoio N°2 di mandata, entrambi a cielo aperto e di dimensioni tali da non modificare i rispettivi livelli.

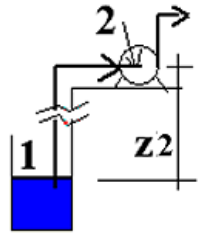
Sono note le seguenti caratteristiche d'esercizio: portata: $F = 5000 \text{ dm}^3/\text{h}$; $D=32\text{mm}$; altezza di aspirazione $z_A=6 \text{ m}$; altezza di mandata: $z_2-z_A = 30 \text{ m}$; tubo di aspirazione: $L_a = 8,5 \text{ m}$; tubo di mandata: $L_m = 31,75 \text{ m}$; $\rho=1000\text{kg/m}^3$; $\gamma=9,81\text{kN/m}^3$; $\mu=0,001\text{Pa}\cdot\text{s}$; Accessori: **aspirazione**: 1valv ritegno; 1curv90° larg. ragg.; **mandata**: 1valv.ritegno, 1sarac. ap., 4 curv90° larg. ragg.; rendim=78%. Tens.vap. $p_V=2451\text{Pa}$; $\text{NPSH}_{\text{pompa}}=2\text{m}$.
Soluzione::



$v=1,73\text{m/s}$; $Re=55334$; $f=0,021$; $\Sigma y_{\text{distrib.}}=3,95\text{m}$; $\Sigma y_{\text{conc.}}=0,98\text{m}$; $\Sigma y_{\text{tot}}=4,93\text{m}$; $H_s=36\text{m}$; $H=H_s + \Sigma y_{\text{totali}}=41\text{m}$; $Nu=0,56\text{kW}$; $Na=0,72\text{kW}$.

VERIFICA DI FUNZIONAMENTO AD ASPIRAZIONE:

$\Sigma y_{\text{distrib.}}=0,85\text{m}$; $\Sigma y_{\text{conc.}}=0,38\text{m}$; $\Sigma y_{\text{tot.}}=1,23\text{m}$; $p_{\text{ASP}}/\gamma = \dots = 2,95\text{m}$; $\text{NPSH}_{\text{disp.}}=2,70$; $\text{NPSH}_d - \text{NPSH}_p > 0!$ La pompa va bene!!!
[$h_{\text{ASPmax}} = \dots = 6,85 > z_A!$]



ES.19 *- APPLICAZIONE DELL'NPSH – pompa sopra battente (programma disco 3CHIM- f154CHIM.xls vers#2)

Utilizzando una pompa centrifuga, si deve sollevare l'acqua contenuta nel serbatoio N°1 di aspirazione a cielo aperto e di dimensioni tali da non modificare il livello. Sono note le seguenti caratteristiche d'esercizio:

$D=50\text{mm}$; $F=0,005\text{m}^3/\text{s}$; $\rho=1000\text{kg/m}^3$; $\gamma=9,81 \text{ kN/m}^3$; $\mu=0,00085\text{Pa}\cdot\text{s}$; $L_{\text{tubazione}}=10\text{m}$; quota $z_1=0$, $z_2=5\text{m}$; $p_1=101,325 \text{ kPa}$; tens.vap. liquido $p_V=2533\text{Pa}$; accessori di linea: 1valv.sarac ch1/2, 1valv ritegno ap., 2 curv.90° larg raggio; $\text{NPSH}_{\text{pompa}}=1\text{m}$;

Soluzione::

$\rightarrow v=2,55\text{m/s}$; $Re=149869$; $f=0,016 (=0,316/Re^{0,25})$; $\Sigma y_{\text{distrib.}}=1,06\text{m}$; $\text{concentr.}=1,60\text{m}$; $\Sigma y_{\text{tot.}}=2,66\text{m}$;
 $\rightarrow p_2/\gamma = p_{\text{asp}}/\gamma = 2,34\text{m}$; $\text{NPSH}_{\text{disp.}} = p_2/\gamma - p_V/\gamma = 2,08\text{m}$; $\text{NPSH}_d - \text{NPSH}_p = 1,08 > 0!$ La pompa va bene!!!;

CASO CON $\rho=1200 \text{ Kg/m}^3 \rightarrow$ NON VA BENE!!; infatti: $\Sigma y_{\text{tot}}=2,54\text{m}$, $p_2/\gamma = p_{\text{asp}}/\gamma = 0,74\text{m}$, con $\text{NPSH}_{\text{disp.}}=0,52\text{m} < \text{NPSH}_{\text{pompa}}$.

[INDICE]

4 – POMPA SOMMERSA –

ES.20 *- POMPA SOMMERSA – (programma disco 3CHIM- f154CHIM.xls vers#2)

Impianto funzionante con le seguenti caratteristiche (liq.acqua); determinare se funziona la pompa data.

DATI: $D=50\text{mm}$; $L=50\text{m}$; $z_1=0$; $z_2=6\text{m}$; $\rho=1000\text{kg/m}^3$; $\gamma=9,81\text{kN/m}^3$; $\mu=0,001\text{Pa}\cdot\text{s}$; perdite concentrate:

1 valv.ritegno, 1 saracinesca, 1 curva m.r.; curva caratteristica della pompa sommersa:

H m	10	8,7	7,9	7	6	4,8	3,5
F dm ³ /min.	0	100	200	300	400	500	600

Soluzione::

$H_s = 6\text{m}$ (in prima approssimazione)

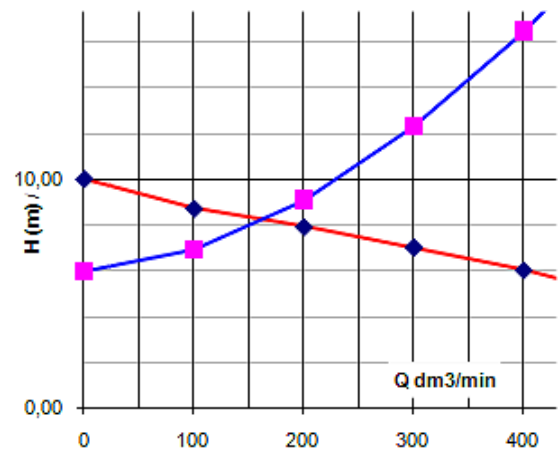
$v = 4F/(3,14D^2)$; $f=0,316/Re^{0,25}$;

$\Sigma y = f v^2/2g[(L+l_{\text{eq.}})/D] \text{ m}$; $H_{\text{imp}} = H_s + \Sigma y$;

Dal diagr.: determinazione punto di funzionamento

$\rightarrow H_f = 8,4\text{m}$; $F_{\text{funz}} = 160\text{dm}^3/\text{min} = 0,0027\text{m}^3/\text{s}$; \rightarrow posto $\eta = 65\%$: $N_a = \gamma F H/\eta = 9,81 \times 0,0027 \times 8,4/0,65 = 0,34\text{kW}$

v	Re	f	Σy	H_{imp} (m)
0,00	0	0	0	6
0,85	42446	0,022	0,93	6,93
1,70	84917	0,019	3,11	9,11
2,55	127389	0,017	6,33	12,33
3,40	169834	0,016	10,47	16,47
4,25	212306	0,015	15,48	21,48
5,10	254777	0,014	21,3	27,3



[INDICE]

5 - SCELTA DI UNA POMPA CENTRIFUGA

ES.21 *- SCELTA DI UNA POMPA - (programma disco 3CHIM- f154CHIM.xls vers#2)

Calcolare la prevalenza e la potenza dell'impianto con le caratteristiche date, e scegliere una pompa opportuna, tra le 6 proposte (vedi tab.Fm3/h;Hm), col miglior rendimento.

Caratteristiche dell'IMPIANTO:

D=65 mm; $\rho=1000 \text{ kg/m}^3$; $\gamma=9,81 \text{ kN/m}^3$; $\mu= 0,001 \text{ Pa}\cdot\text{s}$;
dislivello (z2-z1)= 54m; $z_1 = 0$; $p_1=101,325 \text{ kPa}$; $p_2=490 \text{ kPa}$; $L=165\text{m}$;
aspirazione (sez1-A): L=15m; $z_A= 4\text{m}$; 1 curva 90° med.raggio, 1 valv.ritegno sfera;
mandata: (sezA-2) L=150m; 1 valv.ritegno disco, 6 curve 90° med.ragg., 4 saracin ap.;

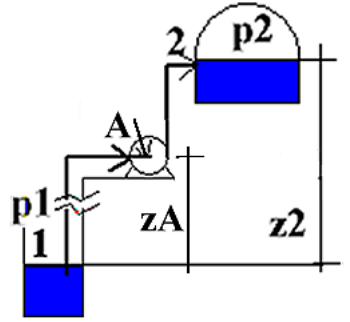


TABELLA DATI caratteristica F(m3/h)/H(m) per pompe da 1 a 6 (vedi diagr.)

Tens.vapore acqua $p_{VAP}= 2353\text{Pa}$;

Soluzione:

preval.statica $\rightarrow H_s=(z_2 - z_1)+(p_2/\gamma - p_1/\gamma) = 54+(490-101,325)/9,81 = 93,62\text{m}$

Si traccia la curva prevalenza dell'impianto:

[portate scelte da 6 a 22 m3/h]

[N.B.:coefficiente attrito $f=0,014 + 1,056/Re^{0,42}$]

$H_{IMP} = H_s + \Sigma\gamma$ per le portate da 6 a 22 m3/h

$\Sigma\gamma=f v^2(L/D + l.eq./D)/2g$ per le portate da 6 a 22 m3/h

Lungh.totale equivalente degli accessori totali= 33,28m

[vedi tabella sotto per i calcoli alle varie portate]

Hs (m)	F m3/s	v m/s	Re	f	$\Sigma\gamma$ m	Himp (m)	
93,62	0,0017	0,503	32664	0,0274	1,08	94,70	1
	0,0028	0,838	54440	0,0248	2,71	96,33	2
	0,0039	1,173	76215	0,0234	5,01	98,63	3
	0,0047	1,424	92547	0,0227	7,15	100,77	4
	0,0056	1,675	108879	0,0221	9,65	103,27	5
	0,0061	1,843	119767	0,0218	11,51	105,13	6

Si sceglie la **pompa 3** (col miglior rendimento);

punto di funzionamento:

$\rightarrow H_f=100\text{m}$; $F_{funz}=15,5 \text{ m}^3/\text{h}=0,0043 \text{ m}^3/\text{s}$; $\eta=64\%$

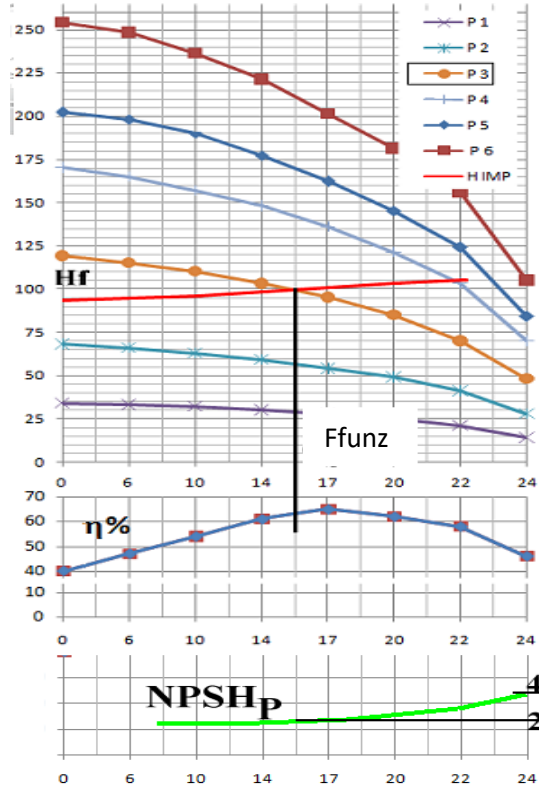
$\rightarrow Na=\gamma F H/\eta = 9,81 \times 0,0043 \times 100/0,64 = 6,6 \text{ kW}$

VERIFICA FUNZIONAMENTO IN ASPIRAZIONE (calcolo NPSH)

quindi $NPSH > NPSH_{pompa}$!

ALTRI DATI			CALCOLI		
PVAP	2353	Pa	v	1,30	m/s
zA	4	m	Re	84272,4	
L(1-A)	15	m	f	0,02301	
l.equiv.access.	11,7	m	$\Sigma\gamma$	0,8107	m
Hfunz	100	m	p_{ASP}/γ	6,22	m
Ffunz.	0,0043	m3/s	NPSH	5,98	m
NPSHpomp	1,9	m	verifica	4,08	>0
RESA funz.	64		differ.		
POTENZA Na			6,6	kW	

F(m3/h)	TIPO DI POMPE:					
	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6
0	34	68	119	170	202	254
6	33	66	115	165	198	248
10	32	63	110	157	190	236
14	30	59	103	148	177	221
17	28	54	95	136	162	201
20	25	49	85	121	145	181
22	21	41	70	103	124	156
24	14	28	48	70	84	105



[[INDICE](#)]