



UNIONE
EUROPEA



REPUBBLICA
ITALIANA



REGIONE AUTONOMA DELLA
SARDEGNA



Ente acque della Sardegna

P. O. F.E.S.R. 2007-2013
ASSE IV – OBIETTIVO OPERATIVO 4.1.5
LINEA DI ATTIVITA' 4.1.5.b

**PROGETTO ESECUTIVO INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE
DELL'IMPIANTO ELETTRICO ED OLEODINAMICO
DEGLI ORGANI MECCANICI DI SCARICO E DELLA PRESA
DELLA DIGA DI S. LUCIA**

SCARICO DI FONDO

Approvato con det. D. S.IN./LL.PP.
Prot. 34889 rep. 1958 del 14 OTT. 2013

**RELAZIONE DI CALCOLO
IMPIANTO OLEODINAMICO**

Allegato

G.2

Redatto dal Servizio Dighe

Responsabile del Procedimento:

Ing. Maurizio Meloni

Ing. Francesca Piras (dal 29.07.2013)

**Responsabile della sicurezza in fase di
progettazione ed esecuzione**

Ing. Antonio Tortu

Redazione a cura di:

Progettista: Ing. Enrica Palomba

Collaborazione tecnica: p.i. Roberto Salgo

Consulente:

Ing. Ivano Leandri



Il Direttore Generale

Ing. Franco Ollargiu

Il Direttore del Servizio

Ing. Francesca Piras

SETTEMBRE 2013

1. - PARATOIA PIANA A STRISCIAMENTO luce 1,2 x 1,60 m battente 23,00 m

1.1 – VERIFICA FORZE DI MANOVRA

Peso diaframma stimato

$P_p = 25 \text{ KN}$

Carico totale sulla paratoia con battente di 23,00 m

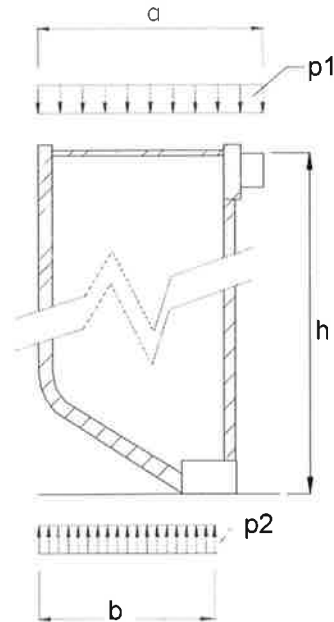
$Q_t = 450 \text{ KN}$

Coefficiente attrito vie di corsa

$\mu = 0,4$

Forza di attrito vie di corsa (F_s) $Q_t \times \mu =$

180 KN



$$P_1 = 0,21 \text{ N/mm}^2$$

$$P_2 = 0,225 \text{ N/mm}^2$$

$$a = 202 \text{ mm}$$

$$b = 187 \text{ mm}$$

$$L = 1335 \text{ mm}$$

Spinta statica superiore (F_{1s})

$$a * L * p_1 = 56,6 \text{ KN}$$

Spinta statica inferiore (F_{2s})

$$b * L * p_2 = 56,2 \text{ KN}$$

Spinta dinamica down-pull (F_{2D})

$$0,5 * F_{2s} = 28 \text{ KN}$$

Forza richiesta in apertura:

$$F_{AP} = P + F_s + F_{1s} - F_{2s} + F_{2D} \cong 233,4 \text{ kN}$$

Forza richiesta in chiusura:

$$F_{Ch} = F_s - F_{1s} + F_{2s} - P \cong 134,6 \text{ kN}$$

Dalla Relazione Tecnica del costruttore, al punto 1.4.1 pagine 27÷29, si ricavano le seguenti forze di manovra:

Forza considerata in apertura:

22.880 Kg

224,5 KN

Forza considerata in chiusura:

21.980 Kg

215,6 KN

Pressione massima di esercizio

140 bar

Le forze considerate nella Relazione Tecnica sono maggiorate del 80% rispetto a quelle calcolate, per tenere conto dell'attrito di primo distacco (pag.28). In realtà queste forze servono per la manovra, perché il coefficiente di attrito assunto nel calcolo (0,232) è poco più della metà di quello che normalmente viene usato (0,4).

In realtà sulle paratoie sono state aggiunte delle guarnizioni in gomma, come indicato sul disegno Vortex Hydra n°10952 Tav.7/1. Non è facile quantificare l'aumento degli attriti dovuti alle guarnizioni in gomma; con approssimazione si può ipotizzare un aumento del 10%

Le velocità di manovra stabilite nella Relazione Tecnica a pag.38, sono le seguenti:

<u>Velocità di manovra in apertura</u>	0,34 m/min
<u>Velocità di manovra in chiusura</u>	0,28 m/min

1.2 – CARATTERISTICHE MECCANISMI OLEODINAMICI

- Diametro alesaggio	160	mm
- Diametro asta sollevamento	70	mm
- Corsa	1700	mm
- Sezione in apertura	$S_1 =$	16258 mm ²
- Sezione in chiusura	$S_2 =$	20106 mm ²
- Pressione in apertura	$\frac{F_{ap}}{S_1} =$	144 bar
- Pressione in chiusura	$\frac{F_{ch}}{S_2} =$	67 bar

Le pressioni di manovra devono essere aumentate del 10%, in base a quanto citato al punto precedente, quindi diventano:

- Pressione di apertura	(144+10%)	Pa = 158 bar
- Pressione di chiusura	(67+10%)	Pa = 74 bar

I valori di pressione rilevati durante le manovre, indicati sul Documento SLC 1 P, avvalorano le considerazioni fatte.

1.3. – VERIFICA CARICO DI PUNTA ASTE DI MANOVRA

I = distanza fra le due cerniere	2000 mm
d = diametro dell'asta	70 mm
β = coefficiente di vincolo dell'asta	1
E = modulo di elasticità	206000 N/mm ²
Lc = lunghezza libera d'inflessione ($\beta \cdot I$)	2000 mm
J min = momento d'inerzia della sezione	1,17 E06 mm ⁴

Il carico critico (N_{Cr}) è fornito dalla formula di Eulero:

$$N_{Cr} = \frac{\pi^2 EJ \min}{Lc^2} = 595 kN$$

Coefficiente di sicurezza

$$\frac{N_{CR}}{F_{MC}} = < 3$$

La massima forza di compressione F_{MC} può essere circa 1/3 di N_{CR} , quindi pari a 195 KN. La pressione in chiusura corrispondente a detta forza è di 95 bar, valore a cui possono essere tarate le valvole di sicurezza in chiusura.

Pressione di taratura valvola di sicurezza
Forza max di compressione

$$P_t = 95 \text{ bar (9,5 N/mm}^2\text{)} \\ F_{MC} = P_t \times S_2 = 191 \text{ KN}$$

2. – CARATTERISTICHE CENTRALE OLEODINAMICA

- N° 2 Gruppi elettropompa funzionanti uno di riserva all'altro
- Portata di ogni pompa $Q_p = 7 \text{ l/min.}$
- Potenza motore elettrico $N = 3 \text{ kW}$
- Rendimento meccanico $\eta_m = 0,8$
- Pressione massima erogata dalle pompe:

$$P = \frac{N \times \eta_m}{Q_s} = \frac{3 \times 10^3 \times 0,8}{7 \times 10^{-3} / 60} 10^{-5} = 205 \text{ bar}$$

3 – CALCOLO DELLE PERDITE DI CARICO

3.1 – Caratteristiche generali

- Temperatura di calcolo $5 \text{ }^\circ\text{C}$
- Classe di viscosità olio ISO VG 32
- Viscosità cinematica olio a $5 \text{ }^\circ\text{C}$ $\nu = 100 \text{ cSt}$
- Peso specifico dell'olio $\gamma = 880 \text{ kg/m}^3$

3.2 – Perdite di carico tra centrale oleodinamica e paratoia piana.

3.2.1. – Tubo di mandata "A.."

- Portata massima transitante $Q_p = 7 \text{ l/min}$
- Lunghezza tubazione $L = 25 \text{ m}$
- Dimensioni $20 \times 2 \text{ mm}$
- Diametro interno $D_t = 16 \text{ mm}$
- Sezione interna $S_t = 201 \text{ mm}^2$
- Velocità olio nei tubi

$$V_{t1} = \frac{Q_p}{S_t} = \frac{7 \times 10^{-3} / 60}{201 \times 10^{-6}} = 0,58 \text{ m/sec}$$

- Numero di Reynolds

$$Re_1 = \frac{V_t \times D_t}{\nu} = \frac{0,58 \times 16 \times 10^{-3}}{100 \times 10^{-6}} = 92,8$$

Siccome Re è minore di 2000, il moto dell'olio è di tipo laminare:

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

$$\Delta p = \lambda \times \frac{L}{D} \times \frac{V_t^2}{2g} \times (\gamma \times g) \times 10^{-5}$$

- Perdite di carico nel collettore di mandata "A" (lunghezza 25 m):

$$\Delta p_1 = \frac{64}{92,8} \times \frac{25}{16 \times 10^{-3}} \times \frac{0,58^2}{2 \times 9,81} \times (880 \times 9,81) \times 10^{-5} = 1,6 \text{ bar}$$

3.2.2. – Tubo di ritorno "B"

- Portata massima transitante Q_{pb} 8,6 l/min
(La portata transitante è quella della pompa moltiplicata per il rapporto delle due sezioni del meccanismo)
- Lunghezza tubazione $L = 25 \text{ m}$
- Dimensioni 20x2mm
- Diametro interno $D_t = 16 \text{ mm}$
- Sezione interna $S_t = 201 \text{ mm}^2$
- Velocità olio nei tubi

$$V_{t2} = \frac{Q_{pb}}{S_t} = \frac{8,6 \times 10^{-3}}{201 \times 10^{-6}} \times \frac{60}{60} = 0,71 \text{ m/sec}$$

- Numero di Reynolds

$$Re_2 = \frac{V_{t2} \times D_t}{\nu} = \frac{0,71 \times 16 \times 10^{-3}}{100 \times 10^{-6}} = 113,6$$

Siccome Re è minore di 2000, il moto dell'olio è di tipo laminare:

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

$$\Delta p = \lambda \times \frac{L}{D} \times \frac{V_{t2}^2}{2g} \times (\gamma \times g) \times 10^{-5}$$

- Perdite di carico nel collettore di ritorno "B" (lunghezza 25 m):

$$\Delta p_1 = \frac{64}{113,6} \times \frac{25}{16 \times 10^{-3}} \times \frac{0,71^2}{2 \times 9,81} \times (880 \times 9,81) \times 10^{-5} = 1,95 \text{ bar}$$

3.3 – Perdite di carico totali

- 3.2.1. – Tubo di mandata "A.." 1,6 bar
- 3.2.2. – Tubo di ritorno "B" 1,95 bar
- Perdite di carico concentrate sulle apparecchiature 4 bar

Perdite di carico totali 7,55 bar

NOTA: Non vengono eseguiti i calcoli delle perdite di carico durante la chiusura delle paratoie in quanto inferiori a quelle in apertura.

4 – CALCOLO FINALE DEI GRUPPI ELETTROPOMPA

- Pressione massima necessaria in ingresso cilindri	158 bar
- Perdite di carico nel circuito	7,55 bar
- Pressione necessaria in uscita pompe	165,55 bar
- Valore di taratura valvole di sicurezza pompe	170 bar < 205 bar

Il valore della pressione di taratura delle valvole di sicurezza è superiore al valore di pressione di prova dei meccanismi a pistone, pari a 160 bar, indicata sul disegno Vortex Hydra n°10952 Tav.6. Resta il fatto che per poter manovrare le paratoie con il massimo battente, è necessaria la pressione sopraindicata, già sperimentata come indicato sul Documento SLC 1 P.

E' bene tenere in considerazione che qualsiasi intervento di manutenzione relativo al meccanismo di monte, comporta lo svuotamento dell'invaso. Di conseguenza si consiglia di non utilizzare la paratoia di monte con carico squilibrato.