

C0	31/10/08	Emissione per approvazione					DV	DL	YE	
REVISIONE		DESCRIZIONE					EL.	CON.	APP.	

**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**  
**MAGISTRATO ALLE ACQUE**

**NUOVI INTERVENTI PER LA SALVAGUARDIA  
DI VENEZIA**

LEGGE N.798 DEL 29-11-1984  
CONVENZIONE REP. 7191 DEL 04-10-1991  
ATTO ATTUATIVO REP. 8249 DEL 28-12-2007 (PROGETTAZIONE)

**INTERVENTI ALLE BOCCHE LAGUNARI PER LA  
REGOLAZIONE DEI FLUSSI DI MAREA**

CUP: D51B02000050001

**PROGETTO ESECUTIVO**

WBS: LN.L1.50

**BOCCA DI LIDO: SAN NICOLO' - TREPORTI**  
**IMPIANTI**  
**MEZZI PER LA RIMOZIONE DEI SEDIMENTI**  
**RELAZIONE TECNICA PROGETTAZIONE IDRAULICA**

ELABORATO <b>D. Varisco</b>	CONTROLLATO <b>D. Lesina</b>	APPROVATO <b>Y. Eprim</b>
N. ELABORATO <b>MV146P-PE-GNR-2031-C0</b>	CODICE FILE <b>MV146P-PE-GNR-2031-C0.doc</b>	DATA <b>31 Ottobre 2008</b>

**CONSORZIO "VENEZIA NUOVA"**

COORDINAMENTO PROGETTAZIONE  
VERIFICATO: **S. Pastore**  
CONTROLLATO: **M. Bratto**  

**CONSORZIO VENEZIA NUOVA**

PROGETTAZIONE  
**ALBERTO SCOTTI**  
IL RESPONSABILE: **ALBERTO SCOTTI**  
PROGETTAZIONE SPECIALISTICA  

**TECON**



 <b>PROTEGIPAL</b>	Rev. C0	Data: 31/10/08	El. MV146P-PE-GNR-2031-C0	Pag. n. 2
			RELAZIONE TECNICA PROGETTAZIONE IDRAULICA	

## INDICE

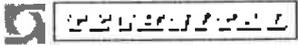
1.	SCOPO DEL DOCUMENTO	3
2.	RIFERIMENTI	4
2.1	Elaborati del Progetto Esecutivo	4
3.	CARATTERISTICHE GENERALI DEL SISTEMA	5
4.	SISTEMA DI ASPIRAZIONE ACQUA E SEDIMENTI	7
4.1	Circuito di aspirazione	7
4.2	Circuito di mandata	9
5.	SISTEMA DI INIEZIONE ACQUA	13

 <b>PPPPPPPP</b>	Rev. C0	Data: 31/10/08	EI. MV146P-PE-GNR-2031-C0	Pag. n. 3
			RELAZIONE TECNICA PROGETTAZIONE IDRAULICA	

## 1. SCOPO DEL DOCUMENTO

La presente relazione riporta i calcoli idraulici effettuati per la progettazione dell'impianto di iniezione acqua nella cassa di rimozione sedimenti per mettere in sospensione i sedimenti stessi e dell'impianto di aspirazione e asportazione dei sedimenti stessi per trasferirli dal recesso di fondazione delle paratoie alle casse carico della nave.

I calcoli sono stati sviluppati tenendo conto dei risultati delle prove su modello fisico effettuate presso il laboratorio BHR di Cranfield U.K. (vedi relazione MV146P-PE-GNR-2030 "MEZZI PER LA RIMOZIONE DEI SEDIMENTI – SISTEMA DI RIMOZIONE DEI SEDIMENTI – RELAZIONE TECNICA SUL MODELLO FISICO DELLA CASSA DI ASPIRAZIONE").

	Rev. C0	Data: 31/10/08	EI. MV146P-PE-GNR-2031-C0	Pag. n. 4
			RELAZIONE TECNICA PROGETTAZIONE IDRAULICA	

## 2. RIFERIMENTI

### 2.1 Elaborati del Progetto Esecutivo

Quanto sopra è stato eseguito con riferimento ai seguenti elaborati:

CODICE	TITOLO
<b>RELAZIONI</b>	
MV146P-PE-GNR-2030	MEZZI PER LA RIMOZIONE DEI SEDIMENTI – SISTEMA DI RIMOZIONE DEI SEDIMENTI – RELAZIONE TECNICA SUL MODELLO FISICO DELLA CASSA DI ASPIRAZIONE
<b>DISEGNI</b>	
MV146P-PE-GND-2001	MEZZI PER LA RIMOZIONE DEI SEDIMENTI – PIANO GENERALE – VISTE ESTERNE
MV146P-PE-GND-2002	MEZZI PER LA RIMOZIONE DEI SEDIMENTI – PIANO GENERALE – SEZIONI
MV146P-PE-GND-2032	MEZZI PER LA RIMOZIONE DEI SEDIMENTI – SISTEMA DI ESTRAZIONE SEDIMENTI – SISTEMA DI ASPIRAZIONE ACQUA E SEDIMENTI
MV146P-PE-GND-2033	MEZZI PER LA RIMOZIONE DEI SEDIMENTI – SISTEMA DI ESTRAZIONE SEDIMENTI – SISTEMA DI INIEZIONE ACQUA
MV146P-PE-GND-2034	MEZZI PER LA RIMOZIONE DEI SEDIMENTI – SISTEMA DI ESTRAZIONE SEDIMENTI – ASSIEME COMPARTO SINGOLO
MV146P-PE-GND-2046	MEZZI PER LA RIMOZIONE DEI SEDIMENTI – SISTEMA DI ESTRAZIONE E STOCCAGGIO SEDIMENTI – BRACCIO DI ESTRAZIONE SEDIMENTI – PERCORSO TUBI

	Rev. C0	Data: 31/10/08	EI. MV146P-PE-GNR-2031-C0	Pag. n. 5
			RELAZIONE TECNICA PROGETTAZIONE IDRAULICA	

### 3. CARATTERISTICHE GENERALI DEL SISTEMA

Il sistema di rimozione sedimenti sottoposto a prove su modello fisico (vedere rif. Paragrafo 2.1 documento MV146P-PE-GNR-2030) era inizialmente composto da:

- Una cassa di aspirazione sedimenti suddivisa in
- Dieci compartimenti singoli di altezza 2 metri e dimensioni in pianta 5x1.88 m
- Otto tubi per ciascun compartimento che consentivano l'ingresso d'acqua all'interno del compartimento stesso quando vengono azionate le pompe di aspirazione
- Un collettore di aspirazione alla sommità del compartimento dotato di aperture ellittiche attraverso cui l'acqua veniva aspirata
- Due pompe di aspirazione, ciascuna delle quali serviva mezza cassa e quindi 5 compartimenti.

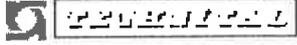
Le prove su modello hanno evidenziato la necessità di modificare sia lo schema generale del sistema sia le sue caratteristiche geometriche in particolare:

- L'acqua deve essere iniettata all'interno del compartimento con una velocità superiore a quella ottenibile usando solo le pompe di aspirazione acqua dal compartimento ed è necessario prevedere anche due pompe di iniezione acqua
- I tubi di immissione acqua devono essere dotati di ugelli di piccolo diametro in modo da ottenere la velocità richiesta, non inferiore a 10 m/s.

Applicando le sopra elencate modifiche, il modello ha dato risultati più che soddisfacenti nel corso delle ultime prove eseguite che hanno anche evidenziato che la portata per ottenere i risultati richiesti doveva essere non inferiore a 800 l/s.

A valle delle prove ed al fine di migliorare il funzionamento del sistema si è deciso inoltre di implementare sulla cassa le seguenti modifiche rispetto al modello testato:

- L'altezza dei compartimenti è stata diminuita in quanto la cassa lavora appoggiata sui sedimenti e si abbassa quando questi vengono rimossi, mentre l'operazione più critica è quella di portare e mantenere in sospensione i sedimenti dal fondo del compartimento alle aperture ellittiche del collettore di aspirazione e quindi alla sommità del compartimento.
- Al fine di mantenere una geometria accettabile del singolo compartimento dopo averlo abbassato a poco più di un metro e per diminuirne ulteriormente

	Rev. C0	Data: 31/10/08	EI. MV146P-PE-GNR-2031-C0	Pag. n. 6
			RELAZIONE TECNICA PROGETTAZIONE IDRAULICA	

il volume, favorendo così il mantenimento in sospensione dei sedimenti, si è quindi deciso di aumentare il numero totale di compartimenti da 10 a 12, suddivisi in due gruppi di sei per quanto riguarda tutti i circuiti idraulici.

In funzione dei dati di portata desunti dal modello fisico sono state definite le seguenti caratteristiche per quanto riguarda le pompe draganti e soffianti:

- Pompe draganti (N°2)

Portata 833 l/s (3000 m<sup>3</sup>/h)

Prevalenza 25.5 m

Al fine di sviluppare le attività del progetto, si è fatto riferimento ad uno specifico modello di pompa che soddisfa tutte le caratteristiche richieste sia in termini di prestazioni sia in termini di adeguatezza al fluido da movimentare. Questa scelta è solamente indicativa e sarà quindi responsabilità del cantiere proporre eventuali soluzioni alternative purché equivalenti.

Pompa sommersa FLYGT modello C3400, 50 Hz

Codice prodotto 3400/835

Curva girante N° 630 Giri al minuto 990

Potenza nominale 250 kW

Montaggio tipo Z

- Pompe soffianti (N°2)

Portata 620 l/s (2200 m<sup>3</sup>/h) Si è assunta una portata di acqua pulita entrante nella cassa pari al 75% della portata di miscela acqua-sedimenti aspirata dalle pompe draganti. Questo garantisce che il flusso che si instaura sotto le pareti della cassa sia sempre entrante e quindi il sistema rimuova effettivamente i sedimenti e non li distribuisca sul fondo.

Prevalenza 11.2 m

Anche in questo caso è stata individuata una pompa della stessa serie della precedente. Questa scelta è solamente indicativa e sarà quindi responsabilità del cantiere proporre eventuali soluzioni alternative purché equivalenti.

Pompa sommersa FLYGT modello C3400, 50 Hz

Codice prodotto 3400/705

Curva girante N° 1030 Giri al minuto 590

Potenza nominale 60 kW

Montaggio tipo Z

## 4. SISTEMA DI ASPIRAZIONE ACQUA E SEDIMENTI

### 4.1 Circuito di aspirazione

Ciascun compartimento è dotato di un collettore di aspirazione DN 300 mm lungo circa 4.5 m e dotato di sei asole di aspirazione di forma ellittica ciascuna con area  $0.0129 \text{ m}^2$  per una sezione totale di aspirazione di  $0.0774 \text{ m}^2$ . Le asole hanno una spaziatura di 0.780 m centro a centro.

Tale collettore asolato è collegato con un tubo DN 300 mm al collettore centrale di aspirazione che raggruppa sei compartimenti per ogni pompa e presenta un diametro DN 500 mm. Il collettore centrale è a sua volta collegato all'aspirazione della pompa tramite un tubo inclinato di diametro DN 450 mm.

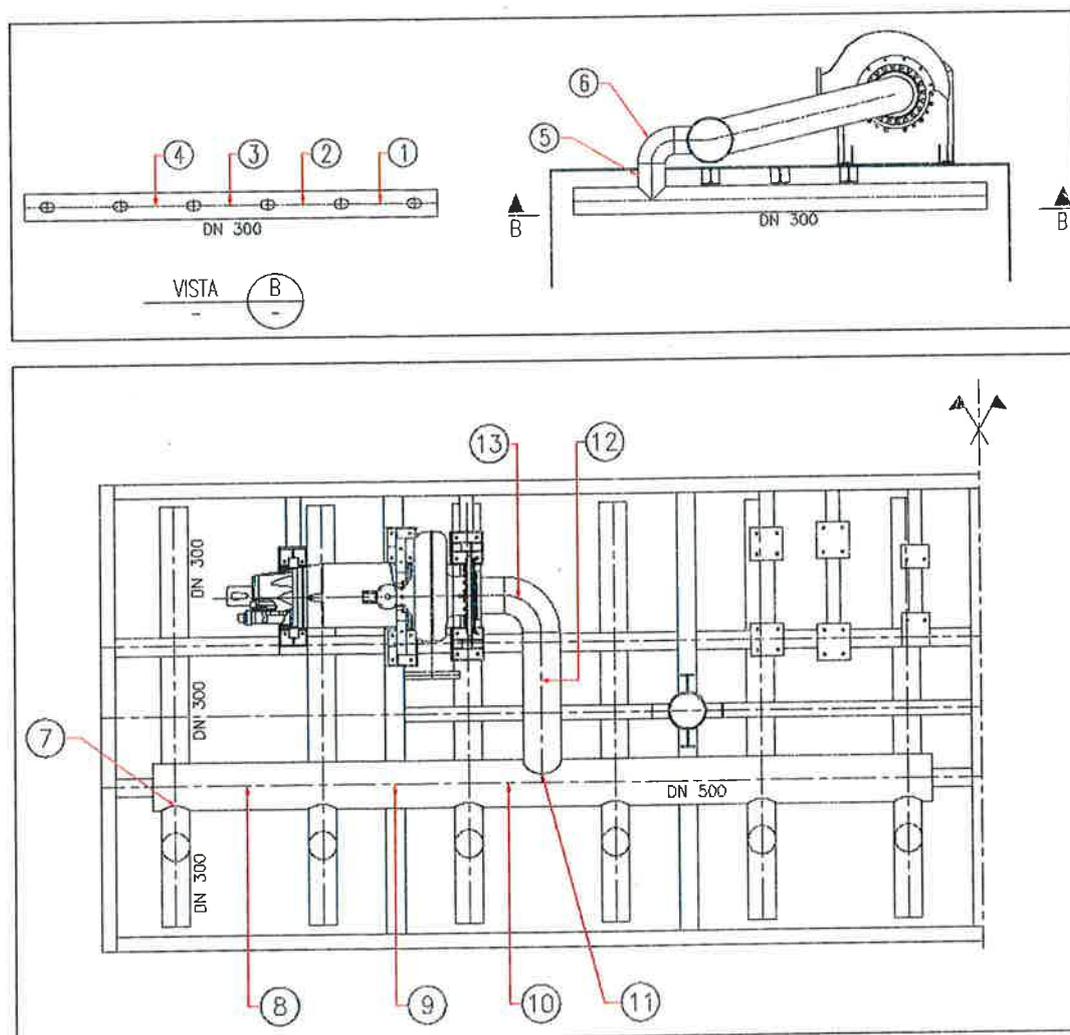


FIG. 4.1 - SISTEMA ASPIRAZIONE SEDIMENTI - CIRCUITO DI ASPIRAZIONE POMPE DRAGANTI

Le perdite di carico ( $\Delta h_i$ ) nelle tubazioni sono calcolate secondo la formula seguente:

$$\Delta h_i = \frac{V^2}{2g} \frac{fL}{D} \quad [\text{m}]$$

Dove:

- $V$  = velocità del fluido [m/s]
- $g$  = accelerazione di gravità = 9.81 [m/s<sup>2</sup>]
- $f$  = coefficiente di attrito = 0.015
- $L$  = lunghezza della tubazione [m]
- $D$  = diametro interno della tubazione [m]

Le perdite di carico ( $\Delta h_i$ ) nei pezzi speciali quali curve e valvole sono calcolate secondo la formula seguente:

$$\Delta h_i = \frac{V^2}{2g} K \quad [\text{m}]$$

Dove:

- $V$  = velocità del fluido [m/s]
- $g$  = accelerazione di gravità = 9.81 [m/s<sup>2</sup>]
- $K$  = coefficiente di perdita di carico [m]

Il coefficiente di perdita viene definito, in funzione del tipo di pezzo speciale, come da tabella seguente.

Tipo di pezzo speciale	$K$
K o T	1.2
Curva a 90°	0.8
Valvola di non ritorno	1.5
Valvola a piena apertura	0.2
Giunto rotante completo	1.4

Le perdite di carico totali nel circuito di aspirazione delle pompe draganti sono calcolate nella seguente tabella ove i numeri di riferimento sono quelli riportati nella precedente Figura 4.1.

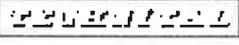
Rif.	Portata [m <sup>3</sup> /s]	Diametro [m]	Velocità [m/s]	Lunghezza [m]	Perdita di carico [m]
1	0.023	0.300	0.327	0.800	0.000218
2	0.046	0.300	0.655	0.800	0.000874
3	0.069	0.300	0.982	0.800	0.001966
4	0.093	0.300	1.309	0.800	0.003495
5	0.139	0.300	1.964	0.600	0.005899
6	0.139	0.300	1.964	curva 90°	0.157295
7	0.139	0.500	0.707	T	0.030578
8	0.139	0.500	0.707	1.600	0.001223
9	0.278	0.500	1.414	1.600	0.004892
10	0.417	0.500	2.121	0.800	0.005504
11	0.833	0.450	5.238	T	1.677809
12	0.833	0.450	5.238	2.200	0.102533
13	0.833	0.450	5.238	curva 90°	1.118539
					3.110825

TAB. 4.1 - SISTEMA ASPIRAZIONE SEDIMENTI – CIRCUITO DI ASPIRAZIONE POMPE DRAGANTI – PERDITE DI CARICO

## 4.2 Circuito di mandata

Il circuito di mandata delle pompe draganti è costituito da tubazioni DN 500 mm che corrono lungo il braccio articolato e giungono sulla coperta del mezzo ove si collegano alle tubazioni di riempimento delle casse del carico.

Il collegamento fra la mandata di ciascuna pompa ed il secondo elemento del braccio articolato è realizzato da una manichetta elastica precurvata e da un giunto rotante coassiale con il perno dell'elemento di sospensione della cassa di aspirazione in modo da rendere possibili sia l'abbandono ed il recupero della cassa di aspirazione sia movimenti del braccio articolato rispetto al recesso su cui è appoggiata la cassa stessa. Un secondo giunto rotante, coassiale con il perno fra il primo ed il secondo elemento del braccio ne consente l'articolazione ed infine un terzo giunto rotante consente la rotazione del primo elemento del braccio rispetto alla coperta del mezzo.

 	Rev. C0	Data: 31/10/08	EI. MV146P-PE-GNR-2031-C0	Pag. n. 10
			RELAZIONE TECNICA PROGETTAZIONE IDRAULICA	

Sul circuito di mandata di ciascuna pompa sono anche installate una valvola di non ritorno per proteggere la pompa stessa, ed una saracinesca di intercettazione in coperta. A monte di questa valvola i due circuiti sono collegati da una traversa con saracinesca di intercettazione per eventuali manovre di riempimento selettivo delle casse del carico.

La seguente Figura 4.2 riporta i numeri di riferimento con cui i vari tratti sono indicati nella successiva tabella di calcolo delle perdite di carico.

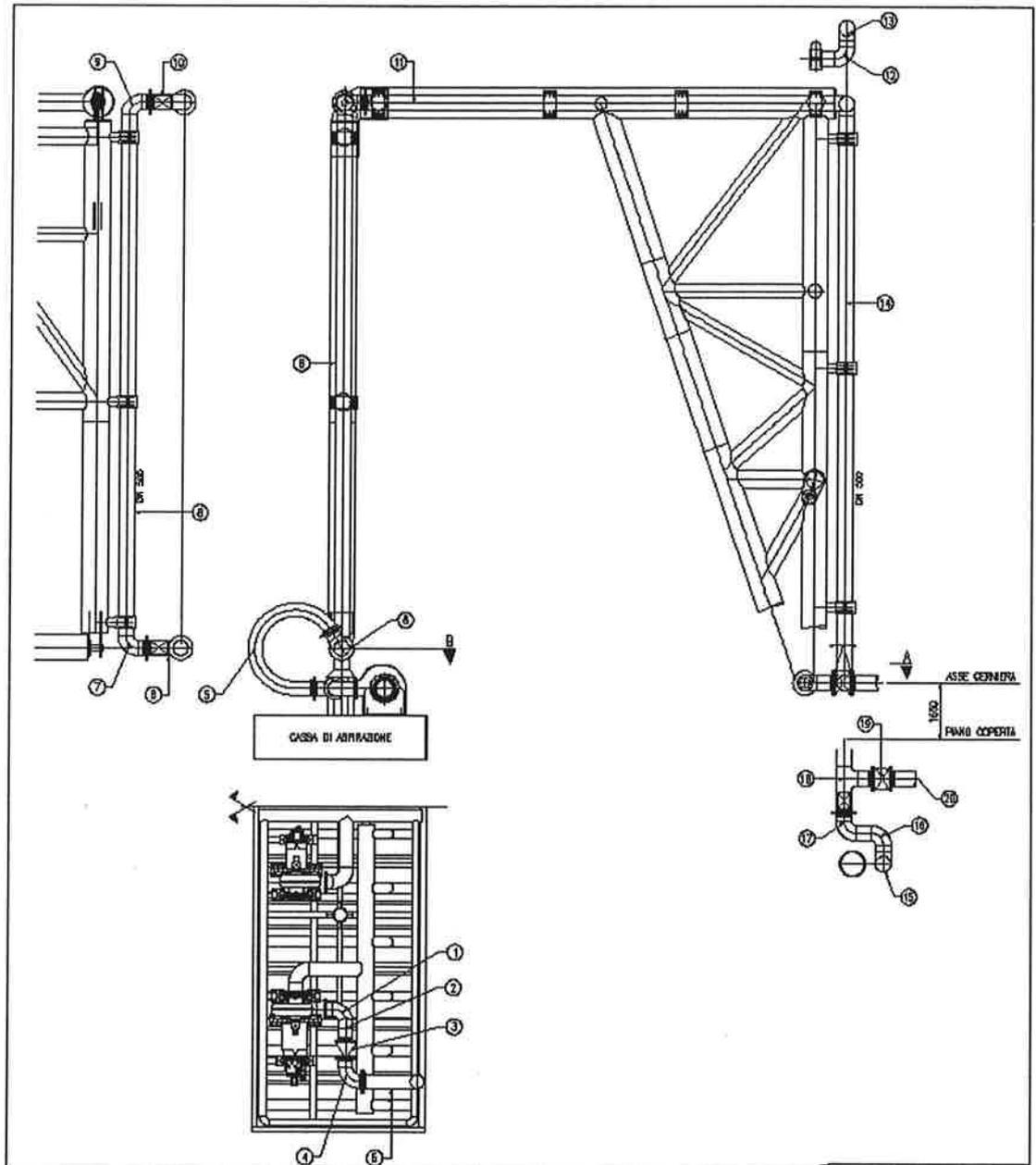


FIG.4.2 - SISTEMA ASPIRAZIONE SEDIMENTI – CIRCUITO DI MANDATA POMPE DRAGANTI

Le perdite di carico totali nel circuito di mandata delle pompe draganti sono calcolate, sempre utilizzando le formule precedenti, nella seguente tabella.

Rif.	Portata [m <sup>3</sup> /s]	Diametro [m]	Velocità [m/s]	Lunghezza [m]	Perdita di carico [m]
1	0.833	0.500	4.242	curva 90°	0.733874
2	0.833	0.500	4.242	0.600	0.016512
3	0.833	0.500	4.242	Valvola n. r.	1.376013
4	0.833	0.500	4.242	curva 90°	0.733874
5	0.833	0.500	4.242	manichetta	1.834684
6	0.833	0.500	4.242	Giunto rot.	1.284279
7	0.833	0.500	4.242	curva 90°	0.733874
8	0.833	0.500	4.242	15.000	0.412804
9	0.833	0.500	4.242	curva 90°	0.733874
10	0.833	0.500	4.242	Giunto rot.	1.284279
11	0.833	0.500	4.242	13.000	0.357763
12	0.833	0.500	4.242	curva 90°	0.733874
13	0.833	0.500	4.242	curva 90°	0.733874
14	0.833	0.500	4.242	16.000	0.440324
15	0.833	0.500	4.242	curva 90°	0.733874
16	0.833	0.500	4.242	curva 90°	0.733874
17	0.833	0.500	4.242	Giunto rot.	1.284279
18	0.833	0.500	4.242	T	1.100810
19	0.833	0.500	4.242	Saracinesca	0.183468
20	0.833	0.500	4.242	15.000	0.412804
					15.859006

TAB. 4.2 - SISTEMA ASPIRAZIONE SEDIMENTI – CIRCUITO DI MANDATA POMPE DRAGANTI – PERDITE DI CARICO

Considerando che le tubazioni di distribuzione del carico siano posizionate 1.65 m sopra coperta e quindi la prevalenza statica rispetto al l.m.m. sia di 3.65 m, e che la velocità del getto di scarico rimanga costante (4.242 m/s) e corrisponda quindi a ulteriori 0.92 m di prevalenza ( $V^2/2g$ ), la prevalenza totale richiesta per le pompe draganti è di 23.5 m e viene quindi confermata la scelta delle pompe che garantiscono un margine sufficiente.

 <b>PEREGRIN</b>	Rev. C0	Data: 31/10/08	EI. MV146P-PE-GNR-2031-C0	Pag. n. 13
			RELAZIONE TECNICA PROGETTAZIONE IDRAULICA	

## 5. SISTEMA DI INIEZIONE ACQUA

Il sistema modificato di iniezione acqua all'interno di ciascun compartimento della cassa per mettere in sospensione i sedimenti che ha dato risultati positivi nelle prove su modello fisico, consiste in:

- Otto tubi di iniezione acqua DN 80 (con ugello interno di diametro 40 mm) per ciascun compartimento
- Due pompe centrifughe ciascuna delle quali alimenta 48 iniettori d'acqua con velocità di uscita di 10 m/s
- Al fine di evitare che l'acqua iniettata nei compartimenti esca da sotto i bordi di questi trasferendo quindi sedimenti da dentro a fuori la cassa di aspirazione e di agevolare al contrario il richiamo all'interno della cassa di eventuali sedimenti che si trovino attorno ad essa, la portata totale di iniezione deve essere inferiore alla portata di aspirazione delle pompe draganti. In particolare, si è assunta una portata di iniezione di 0.600 m<sup>3</sup>/s pari a circa il 75% della portata di aspirazione di 0.833 m<sup>3</sup>/s.
- Verifica della portata totale attraverso gli ugelli ( $q_u$ ):  

$$q_u = \left(48 \times \frac{\pi}{4} \times 0.040^2 \times 10\right) = 0.603 \text{ m}^3/\text{s} \text{ OK}$$

Ciascuna pompa d'iniezione acqua è alimentata direttamente dalla bocca di aspirazione, mentre il circuito di mandata consiste in un anello chiuso attorno a un gruppo di sei casse di aspirazione sedimenti contigue che alimenta ciascuna cassa con due traverse di collegamento dalle quali si staccano i tubi che alimentano gli ugelli.

La seguente Figura 5.1 riporta i numeri di riferimento con cui i vari tratti sono indicati nella successiva tabella di calcolo delle perdite di carico.

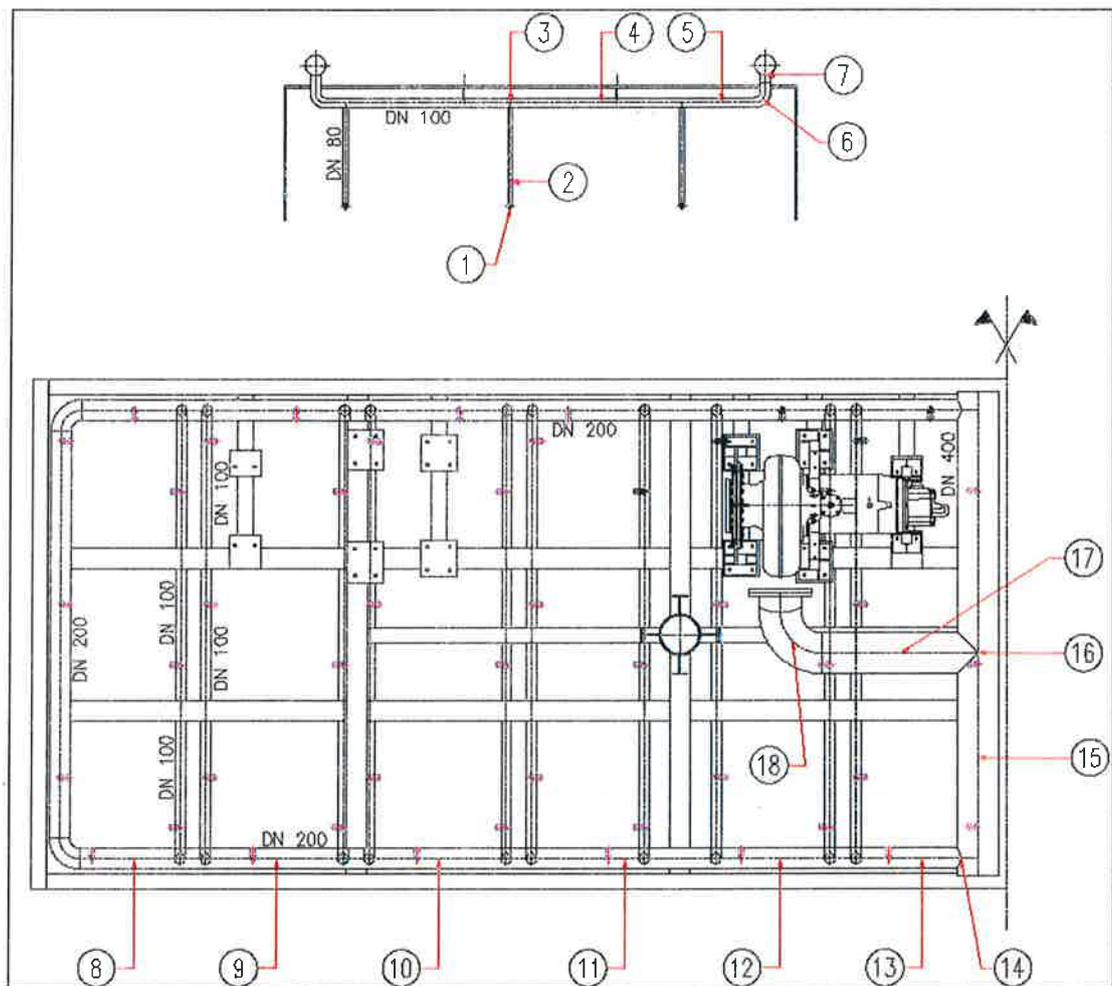


FIG. 5.1 - SISTEMA ASPIRAZIONE SEDIMENTI – CIRCUITO DI MANDATA POMPE SOFFIANTI

Applicando lo stesso metodo esposto per le pompe draganti, la prevalenza richiesta per le pompe soffianti è valutata considerando le perdite di carico sul circuito di mandata calcolate nella seguente tabella:

Rif.	Portata [m <sup>3</sup> /s]	Diametro [m]	Velocità [m/s]	Lunghezza [m]	Perdita di carico [m]
1	0.013	0.080	2.499	curva 90°	0.254685
2	0.013	0.080	2.499	1.200	0.071630
3	0.013	0.100	1.600	T	0.156478
4	0.013	0.100	1.600	1.700	0.033252
5	0.025	0.100	3.199	0.800	0.062591
6	0.025	0.100	3.199	curva 90°	0.417276
7	0.025	0.200	0.800	T	0.039120
8	0.038	0.200	1.200	1.200	0.006601
9	0.088	0.200	2.799	1.600	0.047922
10	0.138	0.200	4.399	1.600	0.118337
11	0.188	0.200	5.998	1.600	0.220048
12	0.239	0.200	7.598	1.600	0.353055
13	0.276	0.200	8.797	1.200	0.355011
14	0.276	0.400	2.199	T	0.295842
15	0.302	0.400	2.399	2.400	0.026406
16	0.603	0.400	4.799	T	1.408306
17	0.603	0.400	4.799	1.500	0.066014
18	0.603	0.400	4.799	curva 90°	0.938871
					4.871445

TAB. 5.1 - SISTEMA INIEZIONE ACQUA – CIRCUITO DI MANDATA POMPE SOFFIANTI –  
PERDITE DI CARICO

Considerando la velocità del getto di di 10 m/s corrispondente a ulteriori 5.10 m di prevalenza ( $V^2/2g$ ), la prevalenza totale richiesta per le pompe soffianti è di 10.0 m e viene quindi confermata la scelta delle pompe che garantiscono un margine sufficiente.