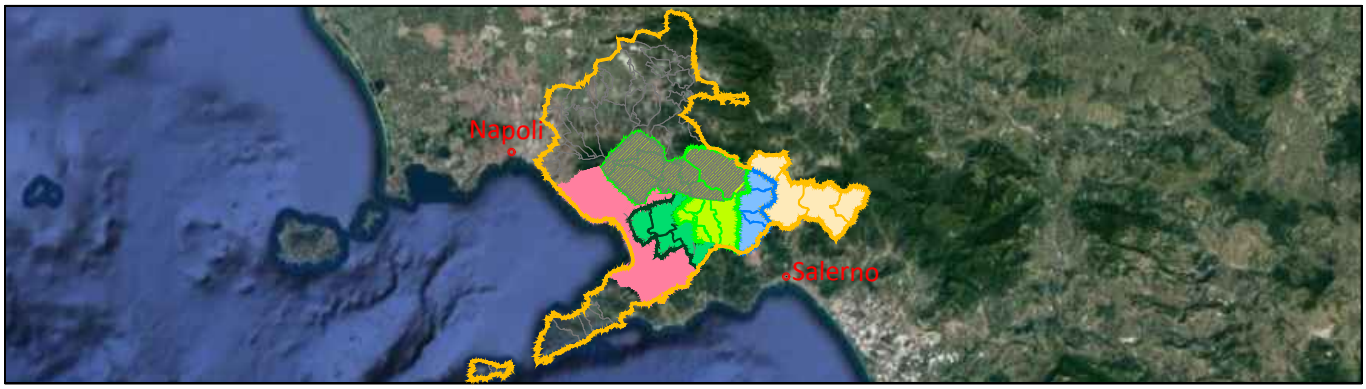
ENTE IDRICO CAMPANO

REGIONE CAMPANIA

GORI

Protocollo d'intesa del 05 Agosto 2020
Regione Campania - Ente idrico campano - Gori Spa
Completamento degli interventi fognario-depurativo del bacino idrografico del fiume Sarno ricadenti nell'Ambito Distrettuale Sarnese Vesuviano di cui alla L.R. n. 15/2015



Comprensorio Depurativo Medio Sarno sub 2-3

Collettori comprensoriali Medio Sarno SUB 3
Completamento collettori

GORI

UNITA' INVESTIMENTI, INGEGNERIA E SERVIZI

INGEGNERIA
Il Responsabile
ing. Domenico Cesare

Gruppo di progettazione
arch. Carmela Consoli
ing. Marianeve Pontillo
geom. Paolo Maria Esposito
geom. Raimondo Nugnes
ing. Stefano Mazzola

INT. 22E6

PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato:
A1.5

Scala:
/

Titolo:

Impianto di sollevamento Angri 2 - Relazione tecnica opere elettromeccaniche

Rev	Motivo della revisione	Data	Redatto	Verificato	Approvato
0	Emissione per approvazione	Giugno 2021			

Esecuzione delle Opere	Prestazioni Specialistiche	Il Progettista	Il R.U.P.
		ing. Domenico Cesare	

Il presente progetto è protetto a termini di legge.

INDICE

I. Premessa 2
I.1 Determinazione delle portate di progetto 2
I.2 Determinazione del diametro della condotta di mandata 2
I.3 Elettropompe 5
I.4 Verifica della camera di aspirazione 9
II. Apparecchiature elettromeccaniche 14
II.1 Elettropompe 14
II.2 Valvole di ritegno 15
II.3 Saracinesche a ghigliottina 16
III. STRUMENTAZIONE 16
III.1 Misuratore di livello piezoresistivo ad immersione 16

I.Premessa

Di seguito vengono riportate le ipotesi di base ed i calcoli idraulici di verifica delle opere civili (caratteristiche e volumi della vasca di accumulo esistenti) e delle opere idrauliche (pompe per acque miste) per il nuovo sollevamento fognario per acque miste denominato Angri 2 nel comune di Angri.

Le acque collettate dalle condotte di progetto verranno convogliate all'interno della stazione di sollevamento. Tale impianto dovrà raccogliere le acque provenienti dalla fognatura mista esistente e di progetto. Al fine di garantire gli interventi di manutenzione senza interruzione dell'esercizio, all'interno della vasca è prevista la realizzazione di un setto in c.a., dotato di luce sotto battente di dimensioni 40x40 cm: tale luce, necessaria per l'equalizzazione delle due vasche nelle normali condizioni di esercizio, sarà munita di una paratoia al fine di poter isolare le due parti della vasca durante gli interventi di manutenzione ordinaria. In questo modo, anche durante gli interventi di manutenzione, l'impianto potrà garantire il regolare esercizio.

La portata minima in arrivo all'impianto è valutata pari a 32 l/s, mentre quella massima è pari a circa 226 l/s, che dovrà essere sollevata attraverso una condotta premente del DN 500 in ghisa sferoidale, già realizzata ed avente lunghezza complessiva di circa 1050 metri.

La prevalenza geodetica, misurata come dislivello fra il fondo della vasca di carico del sollevamento stesso ed il punto più alto del profilo della condotta premente, è pari a 5,0 metri.

La condotta premente esistente, in ghisa sferoidale del DN 500 PN16, è dimensionata per una portata massima 275 l/s. Difatti, con tale portata, la velocità in condotta è pari a circa 1,40 m/s, valore inferiore a quello massimo consigliato per condotte in pressione.

La potenzialità ed il numero delle pompe è stato prescelto per garantire il rilancio delle acque fino alla concorrenza della portata massima pari a 226 l/s, valutata sulla base dei criteri di calcolo meglio specificati nella relazione di calcolo idraulico.

L'impianto di sollevamento per acque miste, per ragioni legate alla economicità e sicurezza di funzionamento è stato articolato su n° 3 pompe da 108 l/s e prevalenza di 7,14 m ca.

La vasca di aspirazione, con la realizzazione del setto di separazione, presenterà dimensioni interne di 3,70 x 6,00 metri e un'altezza utile di 1,50 m circa.

Le dimensioni della suddetta camera ottimizzano sia dal punto di vista economico sia dal punto di vista operativo il funzionamento dell'impianto.

I.1 Determinazione delle portate di progetto

Per il dimensionamento delle pompe sono stati adottati i seguenti valori delle portate:

Portata minima Q_{min}= 32 l/s

Portata massima Q_{max}= 226 l/s

I.2 Determinazione del diametro della condotta di mandata

Un dato fondamentale di un impianto di sollevamento è la prevalenza della pompa usualmente

indicata con il simbolo H; essa è definita come la differenza tra il carico totale della corrente alla flangia di uscita della pompa e quello alla sua flangia di entrata. La determinazione della prevalenza comporta quindi la nozione di tutte le caratteristiche dell'impianto vale a dire:

- carico totale all'estremità di monte e di valle dell'impianto
- andamento plano-altimetrico delle condotte
- lunghezza, diametro e scabrezza della tubazione
- forma degli imbocchi, degli sbocchi e dei cambi di sezione e di direzione
- portata da sollevare
- caratteristiche idrauliche delle apparecchiature presenti lungo la condotta

In queste circostanze si ha che la prevalenza totale si calcola sommando alla differenza dei carichi totali degli estremi di valle Hv e di monte Hm dell'impianto tutte le sue perdite di carico Y:

$$H = Hv - Hm + \Sigma y$$

Essendo presenti all'estremità dell'impianto due camere con pelo libero a pressione atmosferica, la differenza dei carichi totali alle estremità è rappresentata dalla differenza tra la quota del pelo libero di monte e, rispettivamente quella della quota di aspirazione del pozzetto di valle:

$$Hv - Hm = Zv - Zm = Hgeod$$

La verifica idraulica della tubazione di mandata esistente, è stata eseguita nell'ipotesi di moto uniforme; essendo nota sia la portata massima da convogliare che il diametro della condotta premente, si procede nella verifica della velocità limite, in modo tale da evitare eccessiva usura della condotta minimizzando quindi lo sforzo alla parete; vista la particolare tipologia della tubazione e di liquido defluito all'interno di essa si è assunto che la velocità massima assuma un valore pari ad 1,5 m/s.

Supponendo di verificare la condotta di mandata con la portata di tre elettropompe con funzionamento in parallelo e pari a 275 l/s e noto il diametro interno pari a 500 mm, si perviene alla determinazione della velocità massima in condotta

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 0.275}{0.07065} = 1.40 m/s$$

Nella condotta esistente del DN 500 in ghisa sferoidale, che si sviluppa per una lunghezza complessiva di circa 1050 metri, la velocità del liquame in condotta sarà pari a 1,40 m/s per una portata di 0,275 m^3/s.

Calcolata quindi la velocità in condotta, attraverso le relazioni elencate precedentemente si passa alla determinazione delle perdite di carico distribuite e concentrate indotte dal sistema di tubazioni costituenti l'impianto medesimo (in condizioni di tubi usati). Le perdite di carico totali nelle condotte prementi sono date dalla somma di quelle distribuite, indotte dalla scabrezza interna, e di quelle concentrate, indotte dalla presenza di organi di manovra, apparecchiature idrauliche, deviazioni angolari, eventuali bruschi allargamenti e restringimenti.

Il calcolo delle perdite di carico distribuite lungo la condotta in pressione è stato eseguito utilizzando la formula di Hazen-Williams che esprime il gradiente idraulico (J) come:

$$J = v^{1.85}(0.00457 * D^{0.63} * C)^{-1.85}$$

In base al diametro delle tubazioni previsto in progetto, attraverso l'equazione di Hazen-Williams, si ottiene il seguente valore di perdita di carico unitario:

$$J = 1.40^{1.85}(0.00457 * 510^{0.63} * 135)^{-1.85} = 0.0032 m/m$$

Nota quindi la lunghezza della condotta premente, si calcolano le perdite di carico distribuite nella condizione di massima velocità in condotta, nel modo seguente:

- Y_{max} = 1050 x 0.0032 = 3.33 m

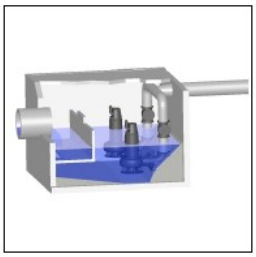
A tali perdite di carico distribuite vanno poi aggiunte le perdite di carico concentrate, che si ipotizzano proporzionali alla altezza cinetica della corrente secondo un coefficiente funzione della geometria attraverso la seguente formula:

$$\Delta h = c \cdot \frac{V^2}{2g}$$

I coefficienti adoperati nella determinazione delle perdite di carico concentrate, in funzione della geometria dei pezzi speciali utilizzati nel piping di progetto, sono riportati nelle tabelle successive.

Nelle perdite di carico concentrate si annoverano anche quelle registrate nei singoli tronchi di tubazione del DN 200 in acciaio utilizzati nella camera di manovra e calcolate con la formula di Hazen-Williams, con il coefficiente di scabrezza pari a 120.

A seguire si riportano due tabelle riassuntiva nelle quali, per la condizione di funzionamento ipotizzata, vengono sintetizzate le caratteristiche idrauliche e geometriche delle condotte di mandata e i risultati del calcolo delle perdite di carico concentrate, distribuite e totali:



Calcolo perdite di carico

Fluido pompato Acqua, pulita	**Prevalenza geodetica** 5	**Opzioni di presentazione** Installazione sommersa
Portata 275 l/s	**Numero pompe** 3	**Modello di calcolo** Hazen-Williams
Viscosità 1,569 mm²/s	**Tipo impianto** Pompe singole in parallelo	

Tipo	Ø (mm)	? oppure L	Q.tà	v (m/s)	k (mm)	ΔH (m)

Ø = Diametro v = Velocità k = Scabrezza tubazione ΔH = Perdite di carico

Singola tubazione di mandata - Metal / Acciaio inox PN 16 / DN 200 (206x3,0 mm) / EN 10 217/ DIN 2413						
Lunghezza tubazione	200	5 m	1	2,918	0,1	0,2296
Elbows	200	0,6	2	2,918		0,2604
Valvole di non ritorno	200	0,9	1	2,918		0,3905
T-piece	200	0,4	1	2,918		0,1736
Valvola	200	0,3	1	2,918		0,1302
Perdite di carico totali						**1,184**
Comune tubo di mandata - Metal / Ductile iron ciment lining PN 16 / DN 500 (532x6x5 mm) / DIN EN 598						
Lunghezza tubazione	510	1050 m	1	1,346	1,2	3,338
Elbows	510	1,5	5	1,346		0,1385
Uscita	510	1	1	1,346		0,09236
Perdite di carico totali						**3,569**
Perdite di carico						4,753 m
Prevalenza geodetica totale						5 m
Prevalenza totale						**9,753 m**

Sollevamento Angri 2	**CARATTERISTICHE PREMENTE**				**CALCOLO PERDITE DI CARICO**		
	Q(mc/s)	**Hg(m)**	**L(m)**	**Di(mm)**	**Δhd(m)**	**Δhc(m)**	**Δht(m)**
3 pompe in parallelo	**0.275**	**5,00**	**1050**	**500**	**3.338**	**1.415**	**4.753**

Alla luce di tali considerazioni, si è ottenuto:

Δh_d = *3.338 m*

Δh_c = *1.415 m*

per una perdita di carico massima pari a 4.753 m.

Sulla scorta di quanto affermato precedentemente, la determinazione della prevalenza delle singole elettropompe prevede la stima di un parametro indipendente dalla portata e noto comunemente con la locuzione di prevalenza geodetica $H_{geodetica}$.

La prevalenza geodetica da garantire è pari a 5.00 m.

La prevalenza totale da fornire alla pompa vale pertanto H = 5.00 m + 4.75 m = 9.75 m

I.3 Elettropompe

La scelta della pompa da impiegare è essenzialmente determinata in funzione della portata da sollevare, dalla prevalenza richiesta dall'impianto e dalla tipologia del liquido da pompare, nonché da altri fattori che possono influenzare la scelta come quello economico. Essendo reflui civili, si è pensato di utilizzare delle pompe centrifughe, in quanto maggiormente versatili ed in quanto il loro campo di applicabilità risulta essere maggiormente esteso rispetto alle altre.

Per il caso preso in esame, vista la natura dei reflui, si opta per l'utilizzo di 3 elettropompe sommergibili tipo NP 3153.182 MT 3 girante 431 della Flygt o similare, da 13,5 kW cadauna; tali

elettropompe entreranno in funzione automaticamente al raggiungimento del livello d'avvio rilevato dal sensore posto nella vasca di pompaggio.

Delle suddette elettropompe, due già sono disponibili presso l'impianto, quindi nell'ambito dell'intervento è previsto l'acquisto della terza pompa gemellare con quelle esistenti.

Il sensore di livello, appositamente studiato per applicazioni in fognatura, comanderà la messa in marcia delle elettropompe in alternanza ai livelli prefissati. Il principio di misura è piezoresistivo e l'uscita di segnale è standard a corrente diretta a 4–20 mA, proporzionale al livello misurato.

Le tre elettropompe opereranno comandate dai sensori di livello e con l'attivazione di rotazione ciclica tra le stesse, con avviamento sotto inverter.

Ciascuna pompa sarà equipaggiata con un azionamento dimensionato per il proprio motore elettrico e progettato per un'alimentazione elettrica da 400V, a 50 Hz trifase.

L'azionamento dovrà essere predisposto con tutte le funzionalità di controllo dei livelli, l'operatività automatica e manuale, l'alternanza delle pompe, il monitoraggio delle sovratemperature, il monitoraggio delle infiltrazioni, l'auto-pulizia delle pompe, gli algoritmi di pulizia del fondo e delle tubazioni. L'azionamento della pompa dovrà inoltre includere la possibilità di monitorare il flusso in ingresso, la velocità della pompa e il consumo di energia, al fine di regolare il funzionamento della stazione vertendo alla massima efficienza energetica.

Dovrà essere usato un azionamento per pompa per permettere la piena ridondanza e alternanza di funzionamento.

Dovrà essere testato e approvato in ottemperanza agli standard interna-zionali, alla direttiva europea sulla sicurezza 98/37/EC, alla direttiva bassa tensione 2006/95/EC, alla direttiva EMC 2004/108/EC e in ottemperanza ai seguenti standard europei: EN 61800-5-1:2003; EN 61800-3; EN 55011:2007; EN60529 and EN 60204-1.

L'azionamento della pompa dovrà fornire il controllo automatico del livello per via di un trasduttore di pressione sommergibile (4-20 mA DC). Il livello di Start programmabile dall'utente dovrà indicare il punto in cui la pompa si avvia. Dopo l'attivazione, la pompa dovrà andare alla massima velocità per un periodo predeterminato, quindi seguirà il rallentamento alla velocità ottimale di risparmio energetico, calcolata dall'azionamento della pompa. Quando il livello dell'acqua raggiungerà il livello di arresto, la pompa si fermerà. La velocità ottimale dovrà essere calcolata dall'azionamento della pompa o inserito manualmente dall'utente.

In caso di afflusso elevato, l'azionamento della pompa dovrà aumentare la velocità della stessa fino a quando il livello dell'acqua comincerà a diminuire. Quando il livello dell'acqua raggiungerà il livello di arresto, la pompa si fermerà.

In caso di afflusso elevatissimo, quando una sola pompa non sarà in grado di superare le condizioni di afflusso anche alla massima velocità, le pompe aggiuntive dovranno essere atti-vate e funzioneranno a velocità massima fino al raggiungimento del livello di arresto. Se i livelli di acqua continueranno ad aumentare, dovrà attivarsi un allarme di alto livello.

L'azionamento della pompa incorporerà una funzione di minima velocità in base alla curva della pompa, che impedirà alla pompa stessa di funzionare a velocità troppo bassa.

La sommergibilità del motore consente un suo agevole raffreddamento per mezzo dell'acqua sollevata che scorre attorno ad esso nel corso del funzionamento.

Il motore elettrico è asincrono trifase con rotore a gabbia, isolato in classe H, protezione IP 68.

Le elettropompe sommergibili verranno installate mediante piede di accoppiamento automatico da fissare sul fondo della vasca, con attacco filettato ø 2" GAS, completo di tasselli di fissaggio e portaguide.

Di seguito si riportano le caratteristiche tecniche delle elettropompe sommergibili:

ELETTROPOMPA SOMMERGIBILE tipo Xylem Flygt NP 3153.182 MT o similare

Pompa centrifuga con girante a canale autopulente semiaperto.

Prestazioni* nel punto di lavoro, con girante n.**431** diametro 261 mm

- Portata : 108 l/s
- Prevalenza : 7,14 m
- Rendimento idraulico : 57,8 %
- Potenza assorbita dalla rete : 13 KW

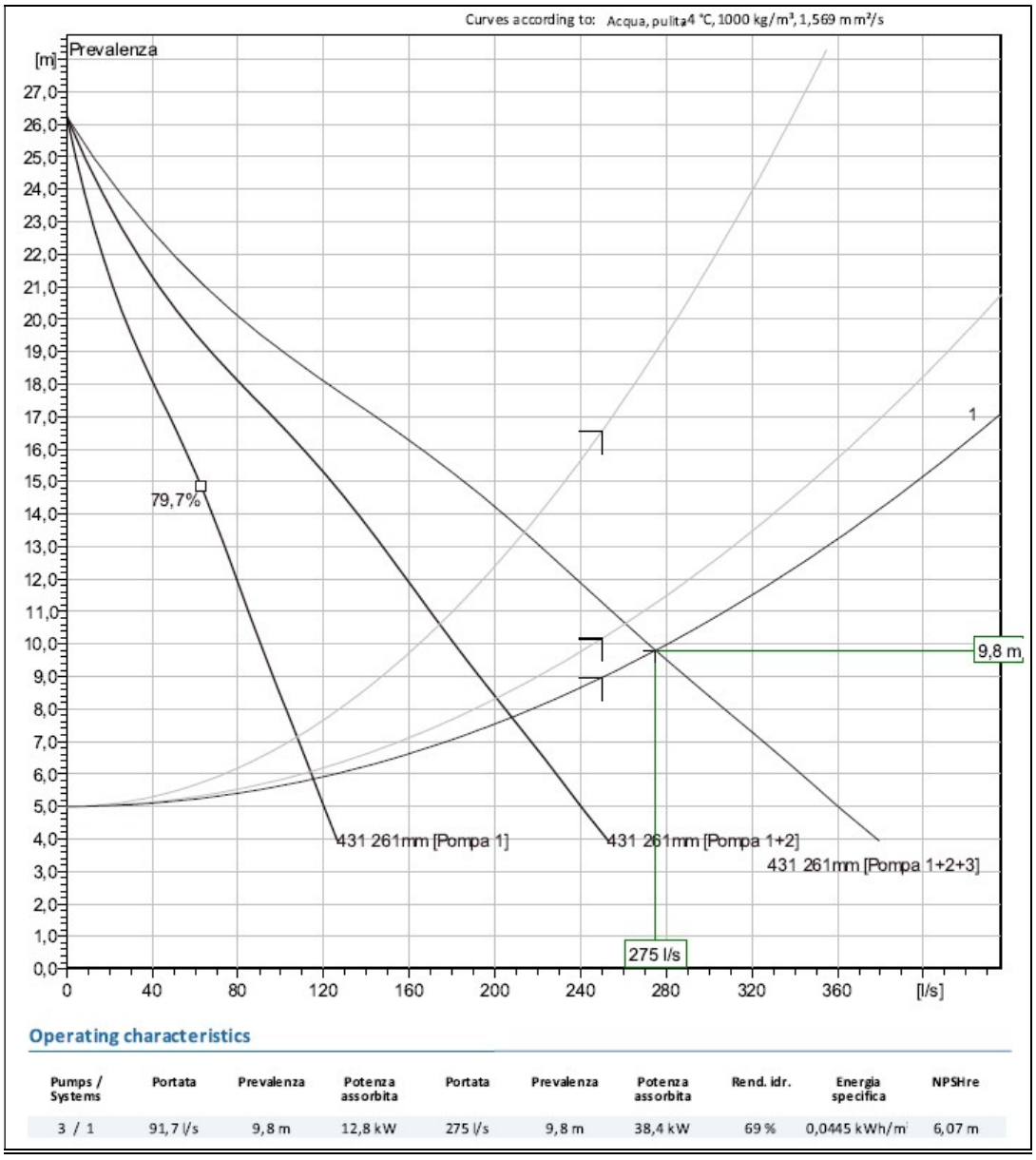
* Riferite ad acqua pulita con tolleranze in accordo alla norma ISO 9906/annex A.2

Motore elettrico, asincrono trifase, rotore a gabbia, **400** Volt 50 Hz **4** poli

- Flygt tipo : 21-18-4AA-W
- Isolamento/protezione : classe H / IP 68
- Potenza nominale : 13,5 kW
- Corrente nominale : 27 A
- Corrente di spunto, diretta avviante : 145 A
- Corrente di spunto, stella-triangolo : 48,3 A
- Avviamento : inverter
- Raffreddamento : diretto mediante liquido circostante
- Dispositivi di controllo incorporati : microtermostati nello statore
- Avviamenti ora max : 30
- Velocità : 1455 rpm
- Momento di inerzia totale : 0,103 kg m²

- Tipo di servizio: S1
- Fattore di potenza 1/1 Load: 0,82
- Fattore di potenza 3/4 Load: 0,77
- Fattore di potenza 1/2 Load: 0,66
- Rendimento motore 1/1 Load: 86,5 %
- Rendimento motore 3/4 Load: 88,2 %
- Rendimento motore 1/2 Load: 88,6 %

ANALISI FUNZIONAMENTO – PUNTO DI LAVORO 3 MACCHINE IN PARALLELO



Operating characteristics

Pumps / Systems	Portata	Prevalenza	Potenza assorbita	Portata	Prevalenza	Potenza assorbita	Rend. idr.	Energia specifica	NPSHre
3 / 1	91,7 l/s	9,8 m	12,8 kW	275 l/s	9,8 m	38,4 kW	69 %	0,0445 kWh/m³	6,07 m

I.4 Verifica della camera di aspirazione

Le dimensioni della camera di aspirazione devono soddisfare delle particolari esigenze:

- devono limitare entro valori accettabili per i motori il numero degli avviamenti e degli arresti che si producono considerato che il pozzo ha una funzione di accumulo e di compenso delle portate in arrivo;
- devono garantire che il flusso del fluido all'imbocco della pompa sia il più uniforme possibile, eliminando quindi la presenza di vortici e senza trascinamento in ingresso di aria nella tubazione o nella pompa.

In prima battuta si fa fronte con un volume di compenso adeguato, per poi sagomare opportunamente la camera disponendo in modo corretto gli ingressi delle tubazioni.

Normalmente il numero degli avviamenti varia tra i 12 e 4 in stretta dipendenza del tipo di pompa e della sua potenza diminuendo il numero degli attacchi con l'aumentare della potenza. Nello studio preso in esame si è supposto che la pompa effettui 6 attacchi/ora; per quanto affermato si ottiene che il volume della camera di aspirazione è dato da:

$$V = [Q_p/(4*z)+(n-1)*\Delta H*S]$$

dove:

V = volume utile di invaso della vasca	(m^3)
Q_p = portata della pompa:	(m^3/h)
z = numero di attacchi/ora:	8
n = numero di pompe	1
ΔH = differenza tra i livelli di avvio delle pompe	m

La suddetta relazione si può ricavare dal seguente procedimento:

- si eguaglia il volume affluito alla vasca in certo intervallo di tempo a quello prelevato dalla pompa nello stesso intervallo (equazione di continuità);
- da tale eguaglianza si ottiene una relazione $V(Q_p)$ che fornisce il volume invasato in funzione della portata in ingresso;
- derivando quest'ultima relazione ed uguagliandola a zero si ottiene il punto di massimo della suddetta funzione $V(Q_p)$ ovvero il valore della portata in arrivo "Qp*" che massimizza il volume invasato "V".

Ciò premesso, in considerazione delle dimensioni della vasca di accumulo e cioè:

- 30 cm il dislivello tra gli attacchi delle due pompe (onde evitare interferenze tra i livelli delle pompe che causano malfunzionamenti);
- 6 il numero medio di attacchi/ora per ciascun tipo di pompa

Ponendo S = superficie della vasca = 22,0 m^2

si ottiene un volume utile della vasca pari a:

$$W_{TOT} = 23{,}50\ m^3$$

Dai calcoli discende che l'altezza netta d'acqua h_n al di sopra del volume "morto" delle pompe è pari a:

$$h_N = \frac{Q}{S \cdot 4z \cdot (n-1)} + \Delta H$$

dove:

- h_n è l'altezza netta d'acqua al di sopra del volume morto delle pompe
- S è la superficie utile della vasca di accumulo
- z è il numero di attacchi/ora per ciascun tipo di pompa
- n è il numero di pompe installate nella stazione di pompaggio
- ΔH è il dislivello di 30 cm tra le quote di attacco e stacco delle pompe

Dai calcoli risulta h_n = 1.05 cm.

In queste ipotesi, sommando al livello massimo l'altezza corrispondente al volume morto delle pompe di 50 cm si ottiene l'altezza totale interna del volume di accumulo pari a 1.55 m.

VERIFICA FENOMENO DI CAVITAZIONE

Per quanto riguarda il problema della cavitazione, dalla scheda tecnica della pompa, in corrispondenza del valore di portata *Q= 108 l/s*, si legge:

$$NPSH_{RE} = 8.30m$$

tale valore, nel punto di lavoro, coincide con il valore di massimo della curva $NPSH_{RE}$ in tutto l'intervallo delle portate che la pompa può trattare, di conseguenza, verificata la non cavitazione nel punto di lavoro, eventuali spostamenti in esercizio del punto di lavoro rientreranno sicuramente nella verifica.

Pertanto, in virtù dell'equazione:

$$z_g \succ NPSH_{RE} - h_{eff}$$

ipotizzata per l'acqua una temperatura massima di T = 40 °C, si ricava che h_{eff} = 10,01 m, la verifica a cavitazione impone un'altezza minima sopra la carcassa della pompa pari a:

$$z_g \succ NPSH_{RE} - h_{eff} = 8.30m - 10.01m = -1.71m$$

dovendo risultare z_g maggiore di un numero negativo, la verifica è soddisfatta per qualsiasi livello della vasca. Infatti, trascurando z_g=0 e applicando l'equazione sopra, la verifica a non cavitazione impone:

$$NPSH_d = h_{eff} \succ NPSH_{RE}$$

Infatti, risultando $NPSH_d = h_{eff} = 10{,}01 > NPSH_{RE} = 8.30$ m, la verifica a cavitazione è soddisfatta.

VERIFICA AL MOTO VARIO

I fenomeni di moto vario nelle condotte sono normalmente generati da una variazione di portata dovuta alla manovra di un organo di regolazione o ad una brusca interruzione della potenza motrice.

Per manovre di regolazione abbastanza rapide, si verifica un fenomeno comunemente noto con il nome di Colpo d'Ariete, durante il quale le grandezze caratteristiche della corrente liquida (pressione, velocità e portata) variano non solo nel tempo, ma anche lungo la tubazione;

Per lo studio di tale fenomeno si deve considerare, ovviamente, la comprimibilità del liquido e la deformabilità della condotta.

Le norme tecniche sulle tubazioni, contenute nel D.M. 12.12.85, fissano dei limiti alla massima sovrappressione da colpo d'ariete ammissibile nelle tubazioni in pressione, in funzione della pressione idrostatica:

Se dai calcoli si ricavano sovrappressioni maggiori è indispensabile, prevedere l'installazione di dispositivi di attenuazione.

Pressione idrostatica (Kg/cmq)	<6	6÷10	10÷20	20÷30
Sovrappressioni max di colpo d'ariete (Kg/cmq)	3	3÷4	4÷5	5÷6

Massime sovrappressioni di colpo d'ariete ammissibili secondo il D.M. LL. PP.del 12.12.1985

Negli impianti di sollevamento il problema del colpo d'ariete è molto importante, in quanto la situazione più critica si verifica generalmente a seguito di un brusco distacco del carico, che dà luogo all'arresto della pompa in un tempo molto breve, per cui le massime oscillazioni di pressione possono raggiungere valori assai elevati.

Spesso sono perciò necessari dei dispositivi di attenuazione del colpo d'ariete; per stabilire se tali dispositivi siano o meno indispensabili, è opportuno verificare se le massime sovrappressioni che si verificano in loro assenza siano o meno accettabili.

Lo studio del moto vario, che in questo caso ha origine con la fase di depressione, risulta molto complesso; la manovra di chiusura della girante non è istantanea, poiché la girante della pompa, una volta che viene a mancare la sua alimentazione, si arresta in un certo tempo, durante il quale il sollevamento del liquido continua.

Una teoria molto semplice per calcolare le massime oscillazioni di pressione negli impianti di sollevamento privi di dispositivi di attenuazione è quella di Mendiluce, che da una serie di osservazioni su impianti sperimentali di diverse caratteristiche, è pervenuto alla seguente espressione del tempo Tc (sec) durante il quale la pompa continua ad erogare la portata dopo il distacco della potenza motrice:

$$T_c = c + K\frac{V_0 L}{gH_m}$$

Dove H_m (m) è la prevalenza manometrica della pompa nel funzionamento a regime e c e K sono due costanti, la costante c assume i valori riportati in tabella:

H/L %	10	20	25	30	35	40
c	1	1	0.8	0.5	0.4	0

La costante K dipende dalla lunghezza L della condotta ed è:

K= 1 per L>2000 mt

K = 2-0.0005 L per L≤2000 m

Per $H_m/L > 0.4$ si può ritenere prudenzialmente che l'arresto della pompa sia istantaneo.

Trovato Tc si suppone che la portata Q e la velocità V decrescono fino ad annullarsi all'istante Tc. La durata della fase, ovvero il tempo che impiega l'onda di pressione a ritornare al punto iniziale è:

$$\tau = \frac{2L}{c}$$

dove c è la celerità, ovvero la velocità con cui si propaga la perturbazione (dipendente dalla comprimibilità del fluido e dalla condotta)

$$c = \frac{C}{\sqrt{1+\frac{D}{s}\frac{\varepsilon}{E}}}$$

con:

g = acc. Gravità = 9.81 [m/sec2]

C = velocità del suono nell'acqua a 20° C= 1425 [m/sec]

□□= modulo di elasticità dell'acqua [kgf/mq]

E = modulo di elasticità del materiale costituente la condotta [kgf/mq]

D= diametro del tubo [m]

s= spessore del tubo [m]

I valori del modulo di elasticità e del modulo E, per la ghisa valgono rispettivamente:

= 2,05x108 [kgF/mq]

E = 1.7x1010[kgF/mq]

Se il tempo di chiusura dell'otturatore Tc < τ siamo nel caso di manovra brusca e l'onda di pressione si propaga in tutta la condotta avendo:

$$\Delta h_{MAX} = \frac{cV}{g}$$

Dove ϑ è il tempo di chiusura in fasi ($T_c = \vartheta\tau$)

$$\vartheta = \frac{T_c}{\frac{2L}{c}}$$

E quindi

$$\Delta h_{MAX} = \frac{2LV}{gT_c}$$

Verifica: Condotta di ghisa sferoidale DN 500 – Q= 275 l/sec

Dati i seguenti valori caratteristici del sollevamento e della tubazione di mandata:

Q	275	l/sec
D	500	mm
V	1.40	m/sec
H	5,0	m
L	1050	m
s	0.090	m

Si calcola il tempo T_c con la formula di Mendiluce:

$$T_c = c + K\frac{V_0 L}{gH_m}$$

Con c e K, per quanto visto in precedenza, pari a:

H/L %	0.90
C	1.00
K	1.47

Da cui deriva che:

T_c= 23,50 sec

Trovato T_c si determina la velocità con cui si propaga la perturbazione lungo la condotta ipotizzata:

$$c = \frac{1425}{\sqrt{1 + \frac{0.5}{9 \cdot 10^{-3}} \frac{2.05 \cdot 10^{8}}{1.7 \cdot 10^{10}}}} = 1105 \cdot m/s$$

La durata della fase è pari a:

$$\tau = \frac{2L}{c} = \frac{2100}{1105} = 1.90 \cdot m/s$$

Essendo ?=2L/c= 1.90 sec < T_c siamo nel caso di manovra lenta. Si calcola dunque la massima sovrappressione/depressione con la formula di Micheaud:

$$\Delta h_{MAX} = \frac{2LV}{gT_c} = \frac{2 \cdot 1050 \cdot 1.40}{9.81 \cdot 23.50} = 12.75 \text{ mt} = 1.3 \text{ bar}$$

$$H_{MAX} = \Delta H + H_0 = 1.3 + 0.98 = 2.28 \approx 3bar \prec (PMA = 12bar)$$

La tubazione risulta quindi verificata ai sensi del D.M. del 12.12.85 e non occorre quindi adottare accorgimenti per limitare il colpo d'ariete.

II.Apparecchiature elettromeccaniche

II.1 Elettropompe

In progetto è prevista la fornitura ed installazione di n. 3 elettropompe di sollevamento sommergibile (tipo Flygt NP 3153.182 MT 431 o similari) dalle seguenti caratteristiche idrauliche:

- **Tipo**: sommergibile monoblocco ad asse verticale
- **Portata** :108 lt/sec.
- **Prevalenza**: 7,14 mt.

- **Potenza assorbita**: 13,5 kW circa

Le elettropompe dovranno avere le seguenti caratteristiche tecniche minime:

- **Albero**: AISI 316L;
- **Velocità**: 1455 g/min;
- **Catena-fune di sollevamento**: ACC. galvanizzato
- **Basamento per appoggio orizzontale**: ACC Vern.
- **Motore elettrico**
  - asincrono trifase, rotore a gabbia di scoiattolo, 380/400 Volt 50 Hz 4 poli
  - tipo: sommergibile
  - Isolamento/protezione : classe H (+180 °C) / IP 68
  - Potenza nominale : 13,5 kW
  - Corrente avviamento max: 145 A
  - Corrente nominale max: 27 A
  - Raffreddamento: diretto dal liquido circostante

Ogni elettropompa dovrà essere completa di:

- **Basamento** per posizionamento verticale da fissare sul fondo vasca, con curva flangiata UNI PN 10 DN 150, completo di tasselli di fissaggio e porta guide;
- **Catena** per il sollevamento in acciaio zincato lunghezza minima mt 6;
- **Idoneo Cavo elettrico** sommergibile lunghezza minima mt 10;

II.2 Valvole di ritegno

L'Impresa dovrà fornire ed installare n. 3 valvole di ritegno a palla in esecuzione in ghisa conforme alle norme UNI DN 200 PN 10 complete di contro flange e di tutti gli accessori necessari al loro montaggio a perfetta regola d'arte.

Le valvole di ritegno dovranno essere particolarmente adatte per acque di scarico dovranno avere le seguenti caratteristiche tecniche minime:

- minima perdita di carico;
- passaggio totale;
- sistema autopulente;
- silenziosità;
- installazione orizzontale o verticale;
- ispezionabile;

- corpo in ghisa GS400;
- finitura superficiale interna ed esterna con vernice epossidica termoindurente anticorrosione di alta qualità e spessore minimo 250 micron;
- Temperature d'esercizio: 10°C – 70°C;
- Minima contropressione di tenuta: da 0,3 a 0,5 bar in funzione del DN.

MATERIALI:

- Corpo in ghisa grigia EN-GJL-250 / EN 1561;
- Coperchio in ghisa grigia EN-GJL-250 / EN 1561;
- Palla otturatrice in alluminio rivestito con gomma NBR;
- Guarnizione in gomma NBR;
- Bulloneria di serraggio in acciaio inossidabile A2-70 EN ISO3506.

II.3 Saracinesche a ghigliottina

L'Impresa dovrà fornire ed installare n. 3 saracinesche a ghigliottina DN 200 PN 10 bidirezionale monoblocco asta non saliente, flangiate e complete di contro flange e di tutti gli accessori necessari al loro montaggio a perfetta regola d'arte.

III.STRUMENTAZIONE

III.1Misuratore di livello piezoresistivo ad immersione

L'impresa dovrà provvedere alla fornitura e posa in opera di trasduttore di livello ad immersione, idoneo ad utilizzo in acque nere, dotato di display (da apporre sul fronte quadro interno del quadro di avviamento), dalle seguenti caratteristiche tecniche minime comprensivo dei cavi di collegamento e quant'altro necessario per l'esecuzione dell'opera a perfetta regola d'arte:

- Principio di misura: sensore piezoresistivo;
- Campo di misura massimo: -liquidi 5 m;
- temperatura -40...80°C
- alimentazione: 10÷30 Vdc oppure 220 Vac
- pressione 1...3 bar abs
- Il display LCD a 4 linee alfanumeriche;
- Uscita: segnale a 4…20 mA
- Grado di protezione: IP 66.

IL TECNICO