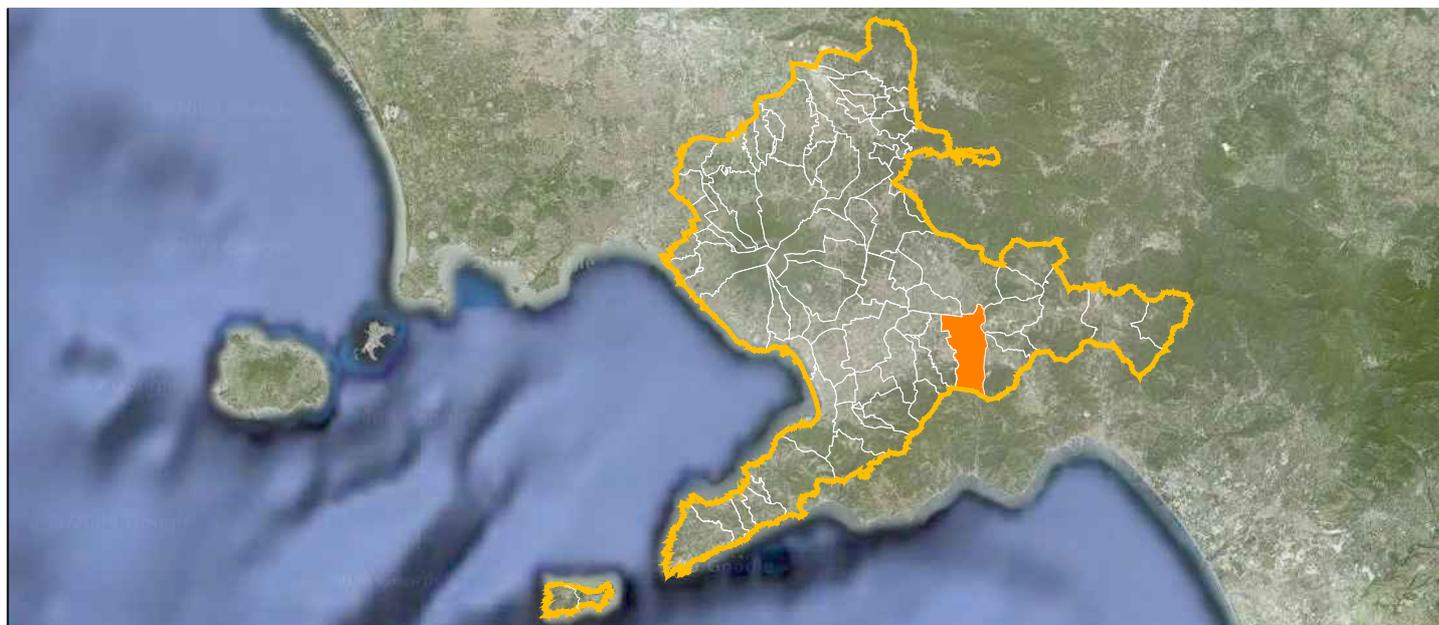




Ambito Distrettuale Sarnese Vesuviano  
Legge 02/12/2015



PROTOCOLLO D'INTESA REGIONE CAMPANIA, COMUNE DI NOCERA INFERIORE,  
ENTE D'AMBITO SARNESE-VESUVIANO, GORI SpA  
PROT. N. 17853 DEL 19/04/2018



**COMUNE DI NOCERA INFERIORE  
COMPLETAMENTO DELLA RETE FOGNARIA  
1° LOTTO - STRALCIO A**



INT 7308

PROGETTO ESECUTIVO

INGEGNERIA

Il Responsabile  
ing. Domenico Cesare

Elaborato:

F1

Titolo:

**SOLLEVAMENTO VIA SPERA  
Relazione di calcolo  
Opere elettromeccaniche**

Scala:

//

COLLABORATORI

CONSULENZA

Revisione

0

Motivo della revisione

EMISSIONE PER APPROVAZIONE

Data

Settembre 2019

IL PROGETTISTA  
ing. Domenico Cesare

IL RUP

## INDICE

<b>I.</b>	<b>Generalità .....</b>	<b>2</b>
I.1	Determinazione delle portate nere di progetto .....	3
I.2	Determinazione del diametro della condotta di mandata .....	4
I.3	Elettropompe .....	7
I.4	Dimensionamento della camera di aspirazione .....	10
I.5	Verifica colpo d'ariete .....	13

Codice Intervento 7308	Comune di Nocera Inferiore Completamento della rete fognaria – 1° Lotto – Stralcio A
------------------------	---

## **I.Generalità**

Di seguito vengono riportate le ipotesi di base ed i calcoli idraulici di dimensionamento e verifica delle opere civili (caratteristiche e volumi della vasca di accumulo) e delle opere idrauliche (pompe per acque miste) per il nuovo sollevamento fognario da realizzare in Via Spera.

L'impianto dovrà convogliare una portata mista massima, calcolata con tempo di ritorno  $T_r = 10$  anni, di 42 l/s attraverso una condotta premente avente lunghezza complessiva di circa 45 metri.

La prevalenza geodetica, misurata come dislivello fra il fondo della vasca di carico (+43,57 metri s.l.m.) del sollevamento stesso ed il punto più alto del profilo della condotta premente (+48,33 metri s.l.m.) è pari a 4,80 metri circa.

Considerata la portata in arrivo all'impianto, si opta per la posa di una condotta premente, tale da garantire per ogni condizione di funzionamento un valore della velocità in condotta compreso tra 0,5 e 2,0 m/s.

La condotta premente sarà realizzata in ghisa sferoidale del DN 150 PN16 con una portata media di 36,2 l/s ed una velocità massima 2,00 m/s, mentre la perdita di carico totale, calcolata con le formule di Hazen - Williams, assume valore di 2,08 metri.

La potenzialità ed il numero delle pompe è stato prescelto per garantire il rilancio delle acque fino alla concorrenza della portata massima pari a 42 l/s, valutata sulla base dei criteri di calcolo meglio specificati nella relazione di calcolo idraulico, costituendo anche una idonea riserva in caso di avaria di una delle pompe.

L'impianto di sollevamento per le acque miste di Via Spera per ragioni legate alla economicità e sicurezza di funzionamento è stato articolato su n° 2+1R pompe da 14,3 l/s e prevalenza di 7,60 mca cadauna.

Nell'ambito del presente progetto si è pertanto previsto:

- la realizzazione della vasca di alloggiamento delle pompe con annessa camera di manovra;
- la realizzazione di una condotta premente per il rilancio dei liquami alla fognatura esistente;
- la realizzazione del manufatto di derivazione delle portate miste.

La vasca di aspirazione delle elettropompe sommerse risulta essere particolarmente approfondita, considerata la quota di scorrimento del manufatto di derivazione posto a - 2,27 m dal piano di campagna.

La camera di sollevamento ha dimensioni complessive interne di 2,50x2,50 m e un'altezza utile di 1,50 m.

Il dimensionamento della suddetta camera è stato fatto in modo tale da ottimizzare sia dal punto di vista economico sia dal punto di vista operativo il funzionamento dell'impianto.

Progetto Esecutivo	F4.1	Relazione di calcolo delle opere elettromeccaniche	Rev.0	F4.1.doc
--------------------	------	--	-------	----------

Codice Intervento 7308	Comune di Nocera Inferiore Completamento della rete fognaria – 1° Lotto – Stralcio A
------------------------	---

### **I.1 Determinazione delle portate nere di progetto**

Di seguito vengono analizzati i parametri posti a base del calcolo di dimensionamento dell'impianto di sollevamento di via Spera:

➤ **Abitanti**

Il numero totale di abitanti gravanti sull'impianto risulta pari a:

Totale Abitanti = 300

➤ **Dotazione idrica**

La dotazione idrica del comune di Nocera Inferiore, in base alla previsione del Piano d'Ambito è di 300 l/ab gg pertanto si è deciso di assumere questo dato come quello di progetto.

Si è inoltre prescelto di considerare le perdite della rete idrica per consumi ed usi impropri dell'acqua potabile computabile attraverso l'adozione di un coefficiente di dispersione pari al 20%.

➤ **Portata Media Annua**

Dalle ipotesi sopra riportate risulta una portata media annua di

$$Q_{mn} = \frac{(1-e) * d * P}{86400}$$

dove:

$Q_{mn}$  = l/s portata media annua nera

P = numero di abitanti equivalenti

d = dotazione idrica media annua l/(abxg)

e = coefficiente di dispersione

$$Q_{mn} = \frac{(1-0,2) * 300 * 300}{86400} \cong 0,83 \text{ l/s}$$

➤ **Variabilità della portata e coefficiente di punta**

La fluttuazione giornaliera e annua dipende dai consumi idrici variabili nel tempo, per una corretta valutazione del coefficiente di punta, in mancanza di dati sperimentali, si è adottato un coefficiente per la determinazione della portata di punta pari a 2,5.

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

Portata media nera	$Q_{mn} = 0,83 \text{ l/s}$
Portata di punta nera	$Q_{pn} = 2,07 \text{ l/s}$
Portata di prima pioggia	$5Q_{mn} = 4,14 \text{ l/s}$
Portata massima derivata	$Q_{max} = 21 \text{ l/s}$

Progetto Esecutivo	F4.1	Relazione di calcolo delle opere elettromeccaniche	Rev.0	F4.1.doc
--------------------	------	--	-------	----------

Codice Intervento 7308	Comune di Nocera Inferiore Completamento della rete fognaria – 1° Lotto – Stralcio A
------------------------	---

Portata massima derivata a 10 anni  $Q_{10} = 42$  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  $H_v$  e di monte  $H_m$  dell'impianto tutte le sue perdite di carico Y:

$$H = H_v - H_m + \Sigma y$$

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:

$$H_v - H_m = Z_v - Z_m = H_{geod}$$

La valutazione delle dimensioni delle due tubazioni di mandata, è stata eseguita nell'ipotesi di moto uniforme; essendo nota la portata da convogliare all'interno del nuovo tronco da realizzare, si tratta di formulare l'ipotesi sul campo di velocità che si intende raggiungere, dal momento che il problema idraulico risulta essere indeterminato, dal momento che tale portata può essere convogliata con infinite sezioni e velocità. Essendo delle condotte in pressione è conveniente mantenere delle velocità limitate 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, che viene superato solo durante gli eventi critici con tempo di ritorno a 10 anni, raggiungendo un valore massimo di circa 2 m/s.

La presenza di brevi raccordi tra una condotta cilindrica e la successiva, di elementi di regolazione e chiusura determina delle situazioni di dissipazione di energia che in tali circostanze viene definita con il termine di perdite localizzate a cui vanno aggiunte quelle continue manifestate dalla resistenza opposta al movimento dalla parete. Le perdite continue sono quindi determinate dalla relazione:

$$Y = J \times L$$

Progetto Esecutivo	F4.1	Relazione di calcolo delle opere elettromeccaniche	Rev.0	F4.1.doc
--------------------	------	--	-------	----------

Codice Intervento 7308	Comune di Nocera Inferiore Completamento della rete fognaria – 1° Lotto – Stralcio A
------------------------	---

dove:

J, rappresenta la cadente dei carichi valutabile tramite la relazione di Hazen-Williams.

Supponendo di dimensionare la condotta di mandata con la portata di due elettropompe pari a 36,2 l/s ed imposto una velocità del deflusso pari a  $v = 2,0$  m/s si perviene alla determinazione del diametro minimo della condotta di mandata delle pompe

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{2,0 \times \pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,0362}{2,0 \times \pi}} = 0,151 = 151 \text{ mm}$$

La scelta delle condotte prementi cade quindi sul primo diametro commerciale disponibile del DN 150 in ghisa sferoidale, che si svilupperà per una lunghezza complessiva di circa 60,00 metri, con i seguenti valori di velocità e portata:

- 1 pompa in esercizio: 1,32 m/s per una portata di 0.0234 m<sup>3</sup>/s
- 2 pompe in esercizio: 2,04 m/s per una portata di 0.0362 m<sup>3</sup>/s
- 3 pompe in esercizio: 2,43 m/s per una portata di 0.0430 m<sup>3</sup>/s

Stabilito quindi il diametro commerciale della 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 ottengono i seguenti valori di perdita di carico unitario minimo e massimo:

$$J_{\min} = 1.32^{1.85} (0.00457 * 150^{0.63} * 130)^{-1.85} = 0.012827 \text{ m/m}$$

$$J_{\max} = 2.43^{1.85} (0.00457 * 150^{0.63} * 130)^{-1.85} = 0.039536 \text{ m/m}$$

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

- $Y_{\min} = 60 \times 0.012827 = 0.77$  m
- $Y_{\max} = 60 \times 0.039536 = 2.37$  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:

Progetto Esecutivo	F4.1	Relazione di calcolo delle opere elettromeccaniche	Rev.0	F4.1.doc
--------------------	------	--	-------	----------

Codice Intervento 7308	Comune di Nocera Inferiore Completamento della rete fognaria – 1° Lotto – Stralcio A
------------------------	---

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

I coefficienti adoperati nella determinazione delle perdite di carico concentrate, in funzione della geometria dei pezzi speciali utilizzati nel piping di progetto, sono i seguenti:

- Curva a 90° DN 150 → c = 0.30
- Valvola di non ritorno a palla DN 150 → c = 0.90
- Derivazione mediante raccordo a T DN 150 → c = 0.40
- Saracinesca corpo piatto DN 150 completamente aperta → c = 0.30
- Sbocco → c = 1

Nelle perdite di carico concentrate si annoverano anche quelle registrate nei singoli tronchi di tubazione del DN 150 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 tre tabelle riassuntive nelle quali, per le condizioni di funzionamento ipotizzate, vengono sintetizzate le caratteristiche idrauliche e geometriche delle condotte di mandata e i risultati del calcolo delle perdite di carico concentrate, distribuite e totali:

#### Funzionamento singola pompa

<b>Tipo</b>	<b>DN</b>	<b>C</b>	<b>L</b>	<b>n.</b>	<b>v</b>	<b>k</b>	<b>H</b>
	<i>mm</i>	-	<i>m</i>		<i>m/s</i>	<i>mm</i>	<i>m</i>
Curva a 90°	150	0.30		1	1.32		0.02
Piede accoppiamento	150	0.30		1	1.32		0.02
Valvola di non ritorno	150	0.90		1	1.32		0.09
Pezzo a T	150	0.40		1	1.32		0.04
Saracinesca	150	0.30		1	1.32		0.02
Sbocco	150	1		1	1.32		0.10
Tronchi singoli	150	-	2,5	-	1.32	0.2	0.03
<b>Perdite di carico concentrate complessive</b>							<b>0.32</b>

#### Funzionamento di tre pompe in parallelo

Progetto Esecutivo	F4.1	Relazione di calcolo delle opere elettromeccaniche	Rev.0	F4.1.doc
--------------------	------	--	-------	----------

Codice Intervento 7308	Comune di Nocera Inferiore Completamento della rete fognaria – 1° Lotto – Stralcio A
------------------------	---

Tipo	DN	C	L	n.	v	k	H
	mm	-	m		m/s	mm	m
Curva a 90°	150	0.30		1	0.80		0.02
Piede accoppiamento	150	0.30		1	0.80		0.02
Valvola di non ritorno	150	0.90		1	0.80		0.03
Pezzo a T	150	0.40		1	0.80		0.02
Saracinesca	150	0.30		1	0.80		0.02
Sbocco	150	1		1	2.43		0.30
Tronchi singoli	150	-	2,5	-	0.80	0.2	0.01
<b>Perdite di carico concentrate complessive</b>							0.42

Sollevamento via Spera	CARATTERISTICHE PREMENTE				CALCOLO PERDITE DI CARICO		
	Q(mc/s)	Hg(m)	L(m)	Di(mm)	$\Delta h_d(m)$	$\Delta h_c(m)$	$\Delta h_t(m)$
Pompa singola	0.0234	4.80	60	150	0.77	0.32	1.09
Tre pompe in parallelo	0.0430	4.80	60	150	2.37	0.42	2.79

Sulla scorta di quanto affermato precedentemente la determinazione della prevalenza delle tre 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 4.80 m.

La prevalenza da fornire alla pompa vale pertanto  $H = 4.80 \text{ m} + 2.79 \text{ m} = 7.59 \text{ m}$

### 1.3 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 2+1R elettropompe sommergibili tipo NP 3102 MT3 adaptive 421 della Flygt o similare, da 3,1 kW cadauna; tali elettropompe entreranno in funzione automaticamente al raggiungimento del livello d'avvio rilevato dal sensore posto nella vasca di pompaggio.

Il sensore di livello, appositamente studiato per applicazioni in fognatura, comanderà la

Progetto Esecutivo	F4.1	Relazione di calcolo delle opere elettromeccaniche	Rev.0	F4.1.doc
--------------------	------	--	-------	----------

Codice Intervento 7308	Comune di Nocera Inferiore Completamento della rete fognaria – 1° Lotto – Stralcio A
------------------------	---

messa in marcia delle elettropompe in alternanza ai livelli prefissati.

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

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 F IEC 85, protezione IP 68.

Le elettropompe sommergibili verranno installate mediante piede di accoppiamento automatico da fissare sul fondo della vasca, con attacco filettato  $\varnothing$  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 3102 MT Adaptive 421 o similare

Pompa centrifuga con girante a canale autopulente semiaperto.

**Prestazioni\*** nel punto di lavoro, con girante n.421 diametro 172 mm

- Portata : 14,3 l/s
- Prevalenza : 7,59 m
- Rendimento idraulico : 53.1 %
- Potenza assorbita dalla rete : 2,01 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 : 18-11-4AL
- Isolamento/protezione : classe F IEC 85 / IP 68
- Potenza nominale : 3,10 kW
- Corrente nominale : 6,8 A
- Corrente allo spunto : 40 A
- Avviamento : diretto
- Raffreddamento : diretto mediante liquido circostante
- Dispositivi di controllo incorporati : microtermostati nello statore

#### CALCOLI IDRAULICI

Verifica funzionamento elettropompa sommergibile Flygt NP 3102 MT Adaptive 421

Progetto Esecutivo	F4.1	Relazione di calcolo delle opere elettromeccaniche	Rev.0	F4.1.doc
--------------------	------	--	-------	----------

## Note

Tipo di pompa usata

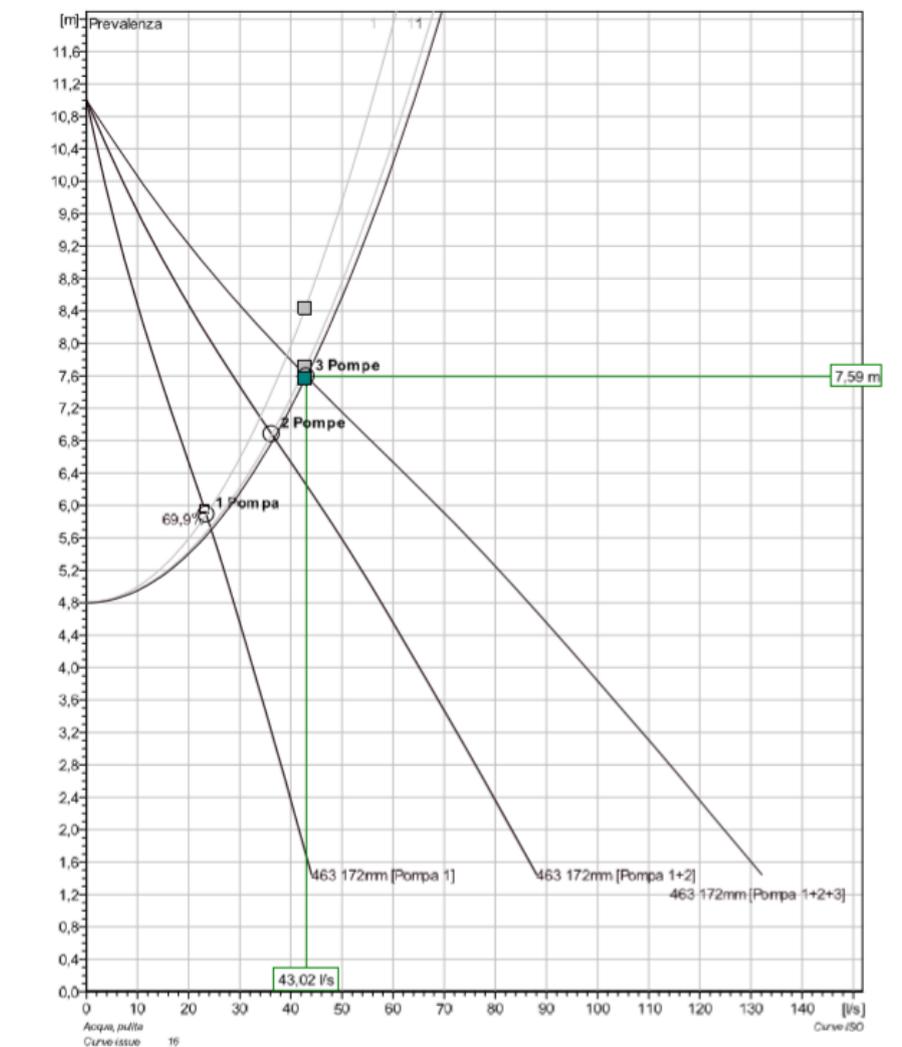
Pompa centrifuga, girante singola o multicanale aperta.

Tipo di installazione pompa

Installazione fissa in pozzo di raccolta mediante piede di accoppiamento.

Calcolo prevalenza geodetica

Viene individuata la condizione estrema di possibile funzionamento, scelta come condizione denominata “di progetto”.

ANALISI DEL PUNTO DI LAVORO
**NP 3102 MT 3~ Adaptive 463**  
 Analisi punto di lavoro


Pumps running /System	Individual pump			Total					
	Flow	Head	Shaft power	Flow	Head	Shaft power	Pump eff.	Specific energy	NPSH <sub>re</sub>
3 / 1	14,3 l/s	7,59 m	1,56 kW	43 l/s	7,59 m	5,04 kW	63,5 %	0,0369 kWh/m <sup>3</sup>	3,2 m
2 / 1	18,1 l/s	6,88 m	1,81 kW	36,2 l/s	6,88 m	3,61 kW	67,9 %	0,0329 kWh/m <sup>3</sup>	3,19 m
1 / 1	23,4 l/s	5,89 m	1,94 kW	23,4 l/s	5,89 m	1,94 kW	66,9 %	0,0272 kWh/m <sup>3</sup>	3,26 m

Codice Intervento 7308	Comune di Nocera Inferiore Completamento della rete fognaria – 1° Lotto – Stralcio A
------------------------	---

#### **I.4 Dimensionamento della camera di aspirazione**

Il dimensionamento della camera di aspirazione deve soddisfare delle particolari esigenze:

- deve 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;
- deve garantire che il flusso del fluido all'imbocco della pompa sia il più uniforme possibile, eliminando quindi la presenza di vortici e senza trascinarsi 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 8 attacchi/ora; per quanto affermato si ottiene che il volume della camera di aspirazione è dato da:

$$V = [Q_p / (4 \cdot z) + (N-1) \cdot \Delta h \cdot S]$$

dove:

V = volume utile di invaso della vasca	(m <sup>3</sup> )
Q <sub>p</sub> = portata della pompa:	(m <sup>3</sup> /h)
z = numero di attacchi/ora:	8
n = numero di pompe	3

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<sub>p</sub>) 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<sub>p</sub>) ovvero il valore della portata in arrivo "Q<sub>p</sub><sup>\*</sup>" che massimizza il volume invasato "V".

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

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

Ponendo S = superficie della vasca = 6,50 m<sup>2</sup>

si ottiene un volume utile della vasca pari a:

Progetto Esecutivo	F4.1	Relazione di calcolo delle opere elettromeccaniche	Rev.0	F4.1.doc
--------------------	------	--	-------	----------

Codice Intervento 7308	Comune di Nocera Inferiore Completamento della rete fognaria – 1° Lotto – Stralcio A
------------------------	---

$$W_{TOT} = 5,50 \text{ m}^3$$

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

$$h_N = \frac{V}{S}$$

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
- V è il volume utile della vasca

Dai calcoli risulta  $h_n = 0.85 \text{ m}$ .

In queste ipotesi, considerando un franco di 15 cm, al di sopra del livello massimo, e sommando l'altezza corrispondente al volume morto delle pompe di 50 cm si ottiene l'altezza totale interna del volume di accumulo pari a 1.50 m.

**In definitiva si ottengono i seguenti livelli di attacco-stacco delle pompe:**

<b>h volume morto:</b>	<b>0.50 m</b>
<b>h attacco pompa 1:</b>	<b>0.50+0.30 = 0.80 m</b>
<b>h attacco pompa 2:</b>	<b>0.80+0.30 = 1.10 m</b>
<b>h attacco pompa 3:</b>	<b>1.10+0.25 = 1.35 m</b>
<b>h stacco pompa 1:</b>	<b>0.50 m</b>
<b>h stacco pompa 2:</b>	<b>0.80 m</b>
<b>h stacco pompa 3:</b>	<b>1.10 m</b>

**Verifica del numero di attacchi ora per ciascuna pompa**

E' bene sottolineare che il volume utile della singola pompa (ipotizzato uguale per le tre pompe installate nella stazione) è pari al livello di attacco per la superficie utile, cioè  $V_{uP1} = 0.30 * 6.50 = 1.95 \text{ m}^3$ .

Durante la fase di pompaggio possono verificarsi i due casi distinti riportati di seguito per i quali sono state effettuate le verifiche del numero di attacchi/ora per ogni pompa.

**CASO 1: PORTATA IN INGRESSO INFERIORE A QUELLA DELLA SINGOLA POMPA**

La condizione più gravosa si verifica per la portata  $Q_{ingr} = 4,14 \text{ l/s}$ , determinando i seguenti tempi:

$$\text{Tempo di riempimento } TR = V_{uP1}/Q_{ingr} = 1.95*1000/4,14 = 471 \text{ s}$$

$$\text{Tempo di svuotamento } TS = V_{uP1}/(Q_p - Q_{ingr}) = 1.95*1000/(23,4-4,14) = 101 \text{ s}$$

$$\Delta T = TR + TS = 573 \text{ s, per cui il numero di attacchi ora, considerando l'alternanza ciclica}$$

Progetto Esecutivo	F4.1	Relazione di calcolo delle opere elettromeccaniche	Rev.0	F4.1.doc
--------------------	------	--	-------	----------

Codice Intervento 7308	Comune di Nocera Inferiore Completamento della rete fognaria – 1° Lotto – Stralcio A
------------------------	---

delle tre pompe, è pari a 2.00 attacchi/ora, la verifica è soddisfatta.

### CASO 2: PORTATA IN INGRESSO SUPERIORE A QUELLA DELLA SINGOLA POMPA

La condizione più gravosa si verifica per la portata a dieci anni e pari  $Q_{ingr} = 42$  l/s. Per trovare il tempo intercorrente tra due stacchi successivi (o tra due attacchi successivi), bisogna considerare la condizione a regime per la quale la pompa n°1 e la n° 2 non staccano mai mentre la n°3 attacca e stacca fino a che non cessa la pioggia.

$$\text{Tempo di riempimento W3: } TR = V_{uP1}/(Q_{ingr} - 2*Q_P) = 1.62*1000/(42-36,20) = 280 \text{ s}$$

$$\text{Tempo di svuotamento W3: } TS = V_{uP1}/(3*Q_p - Q_{ingr}) = 1.62*1000/(43-42) = 1620 \text{ s}$$

$\Delta T = TR + TS = 1900$  s, determinando così un tempo di funzionamento delle tre macchine in parallelo di circa 30 minuti.

Il bacino di raccolta delle acque e il gruppo di pompaggio sono stati dimensionati in maniera che i tempi di attacco e stacco delle pompe non comportino un'eccessiva usura delle stesse e che il tempo di permanenza delle acque nella vasca, pari a circa 10 minuti, non determini fenomeni di setticizzazione dei liquami.

Per quanto riguarda il problema della cavitazione, dalla scheda tecnica della pompa, in corrispondenza del valore di portata  $Q = 14,3$  l/s, si legge

$$NPSH_{RE} = 3.20m$$

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:

$$z_g > NPSH_{RE} - h_{eff}$$

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:

$$z_g > NPSH_{RE} - h_{eff} = 3.20m - 10.01m = -6.81m$$

doendo 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:

$$NPSH_d = h_{eff} > NPSH_{RE}$$

Infatti, risultando  $NPSH_d = h_{eff} = 10,01 > NPSH_{RE} = 3.20$  m, la verifica a cavitazione è rispettata.

Progetto Esecutivo	F4.1	Relazione di calcolo delle opere elettromeccaniche	Rev.0	F4.1.doc
--------------------	------	--	-------	----------

Codice Intervento 7308	Comune di Nocera Inferiore Completamento della rete fognaria – 1° Lotto – Stralcio A
------------------------	---

### **I.5 Verifica colpo d'ariete**

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.

<b>Pressione idrostatica (Kg/cmq)</b>	<6	6÷10	10÷20	20÷30
<b>Sovrappressioni max di colpo d'ariete (Kg/cmq)</b>	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  $T_c$  (sec) durante il quale la pompa continua ad erogare la

Progetto Esecutivo	F4.1	Relazione di calcolo delle opere elettromeccaniche	Rev.0	F4.1.doc
--------------------	------	--	-------	----------

Codice Intervento 7308	Comune di Nocera Inferiore Completamento della rete fognaria – 1° Lotto – Stralcio A
------------------------	---

portata dopo il distacco della potenza motrice:

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

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  $T_c$  si suppone che la portata Q e la velocità V decrescono fino ad annullarsi all'istante  $T_c$ . 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)

$$c = \frac{C}{\sqrt{1 + \frac{D}{s} \frac{\varepsilon}{E}}} = 1252 \text{ m/s}$$

con:

g = acc. Gravità = 9.81 [m/sec<sup>2</sup>]

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

$\varepsilon$  = 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]

Progetto Esecutivo	F4.1	Relazione di calcolo delle opere elettromeccaniche	Rev.0	F4.1.doc
--------------------	------	--	-------	----------

Codice Intervento 7308	Comune di Nocera Inferiore Completamento della rete fognaria – 1° Lotto – Stralcio A
------------------------	---

I valori del modulo di elasticità  $\varepsilon$ , del modulo E e del rapporto  $\varepsilon/E$ , per la ghisa sferoidale sono rispettivamente:

$$\varepsilon = 2 \times 10^8 \text{ [kgF/mq]}$$

$$E = 1.7 \times 10^{10} \text{ [kgF/mq]}^2^*$$

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

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

La lunghezza della condotta interessata dalla massima sovrappressione da colpo d'ariete è:

$$l = L - \frac{cT_c}{2}$$

Se il tempo di chiusura dell'otturatore  $T_c > \tau$  siamo nel caso di manovra lenta e l'onda di pressione interessa solo la sezione iniziale, e dopo la chiusura si avranno alternativamente depressioni e sovrappressioni date dalla formula di Micheaud ed uguali a:

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

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

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

E quindi

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

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

Q	43,02	l/sec
D	150	mm
V	2.43	m/sec

Progetto Esecutivo	F4.1	Relazione di calcolo delle opere elettromeccaniche	Rev.0	F4.1.doc
--------------------	------	--	-------	----------

Codice Intervento 7308	Comune di Nocera Inferiore Completamento della rete fognaria – 1° Lotto – Stralcio A
------------------------	---

H	7.59	m
L	60	m
s	0.0060	m

Si calcola il tempo  $T_c$  con la formula di Mendiluce:

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

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

H/L %	12
C	1
K	1.97

Da cui deriva che:

$$T_c = 4.85 \text{ sec}$$

Essendo  $\tau = 2L/c = 0.09 \text{ sec} < T_c$  siamo nel caso di manovra lenta. Si calcola dunque la massima sovrappressione/depressione con la formula di Micheaud:

$$\Delta h_{MAX} = \frac{2LV}{gT_c} = 6.12 \text{ mt} = 0.61 \text{ kg/cm}^2$$

Essendo  $H = 7.59 \text{ mt} = 0.76 \text{ Kg/cm}^2$  ( $< 6 \text{ Kg/cm}^2$ ) per la tabella riportata in precedenza, la sovrappressione calcolata risulta minore di quella ammissibile ( $= 3 \text{ Kg/cm}^2$ ) secondo il D.M. LL.PP del 12.12.85 e pertanto non sono necessarie opere di attenuazione del fenomeno di moto vario.

IL TECNICO

Progetto Esecutivo	F4.1	Relazione di calcolo delle opere elettromeccaniche	Rev.0	F4.1.doc
--------------------	------	--	-------	----------