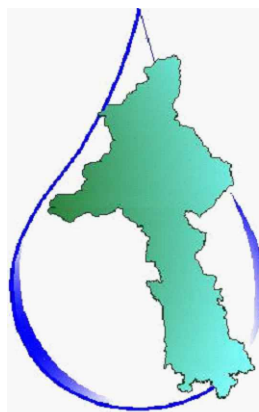


## PROGETTAZIONE

STUDIO D'INGEGNERIA ASSOCIATO  
ISOLA-BOASSO & ASSOCIATI S.r.l.  
Dott. Ing. Riccardo ISOLA  
Dott. Ing. Paolo BOASSO  
Dott. Ing. Fabrizio RABAGLIO

C.so M. Prestinari n° 86  
VERCELLI



**ACQUA**  
**NOVARA.VCO**  
**S.p.A.**

Via Triggiani, 9 – 28100 NOVARA (NO)  
Tel. 0321/413111 – Fax. 0321/413196

## PROGETTO DEFINITIVO

oggetto

RISANAMENTO STRUTTURALE  
DELLA CONDOTTA FOGNARIA IN  
PRESSIONE DA TORTIROGNO A  
PETTENASCO (NO)

Data: Novembre 2020

Rif. archivio: 024.20

Scala

—

TAV. n° FO.01.002

Rev.	AGGIORNAMENTI	DATA
00	Emesso per PROGETTO DEFINITIVO	Novembre 2020

Contenuto degli Elaborati

## RELAZIONE IDRAULICA

Il Responsabile  
Dott. Ing. Riccardo ISOLA

Visto

\* Riservato all'Amministrazione

Vs. Rif. arch.:

Riproduzione o consegna a terzi  
solo dietro specifica autorizzazione

Ente destinatario:

—

## Sommario

1	Premessa .....	2
2	Interventi in progetto .....	2
3	Portate di esercizio attuali e di dimensionamento .....	3
4	Apparecchiature esistenti.....	3
5	Dimensionamento e verifica dell'impianto di sollevamento e condotta di mandata .....	4

## 1 Premessa

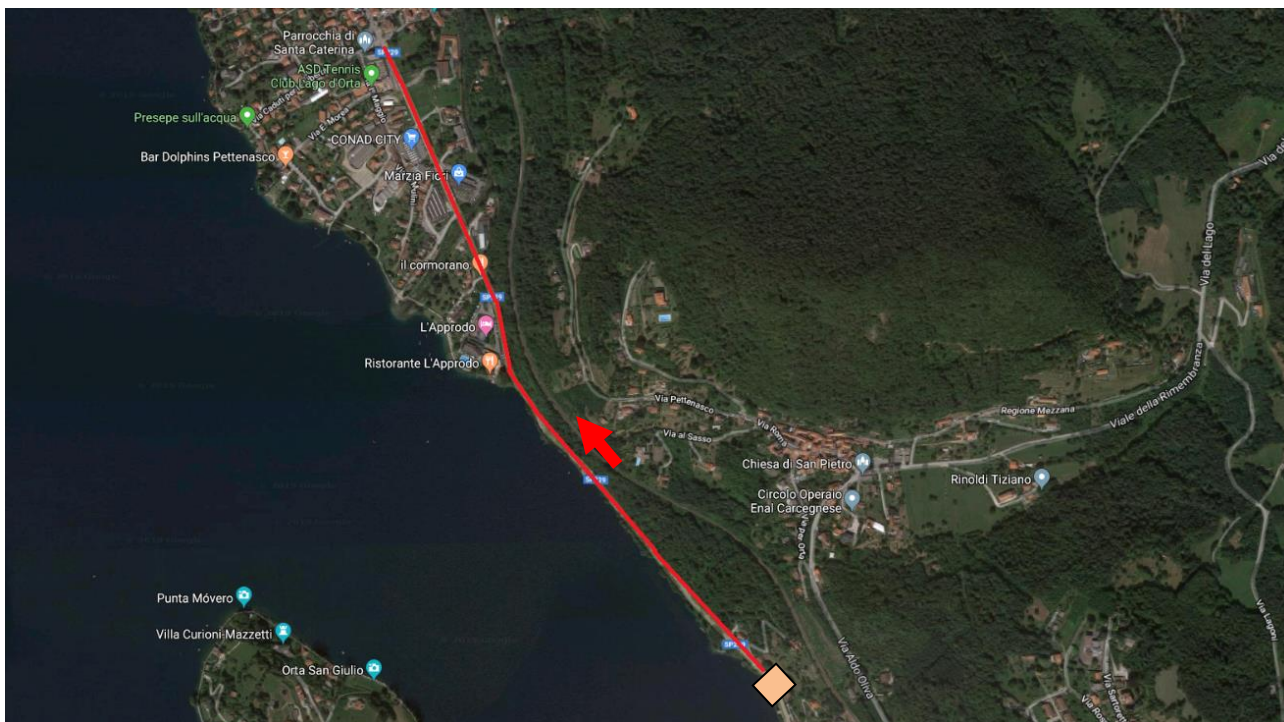
La presente relazione inquadra gli aspetti ingegneristici e idraulici relativi agli interventi in progetto compiutamente descritti negli elaborati grafici e nelle relazioni.

Tali interventi consistono sinteticamente nella posa di una nuova condotta di mandata a servizio della stazione di sollevamento di acque reflue esistente in località Tortirogno, in comune di Miasino, attualmente recapitante in Pettenasco tramite una condotta DN250 in acciaio in parte ammalorata. La condotta esistente verrà mantenuta in sede ed utilizzata qualora necessario intervenire con manutenzione della nuova tubazione.

La stazione di sollevamento esistente viene mantenuta in servizio durante l'esecuzione dei lavori, non è oggetto di sostituzione delle apparecchiature ma è interessata unicamente dagli interventi di raccordo alla nuova condotta di mandata.

## 2 Interventi in progetto

La nuova condotta di mandata, in affiancamento all'esistente, seguirà il tracciato di figura seguente, con andamento SE – NW, a partire dalla stazione di sollevamento esistente situata all'estremo sud.



La condotta in progetto sarà realizzata in PE 100 DE280 PN16, materiale scelto principalmente perché esente da problemi di corrosione: la tubazione scelta presenta un diametro utile interno pari a 229.2mm, sostanzialmente equivalente a quello della condotta esistente, ma caratterizzato da un miglior coefficiente di scabrezza (minore rugosità e maggiore costanza nel tempo). La lunghezza complessiva della condotta oggetto di intervento raggiunge circa 1600m.

### 3 Portate di esercizio attuali e di dimensionamento

La stazione di sollevamento esistente pare essere attualmente in grado di garantire un corretto ciclo di svuotamento e riempimento entro valori di portata ritenuti adeguati dal gestore.

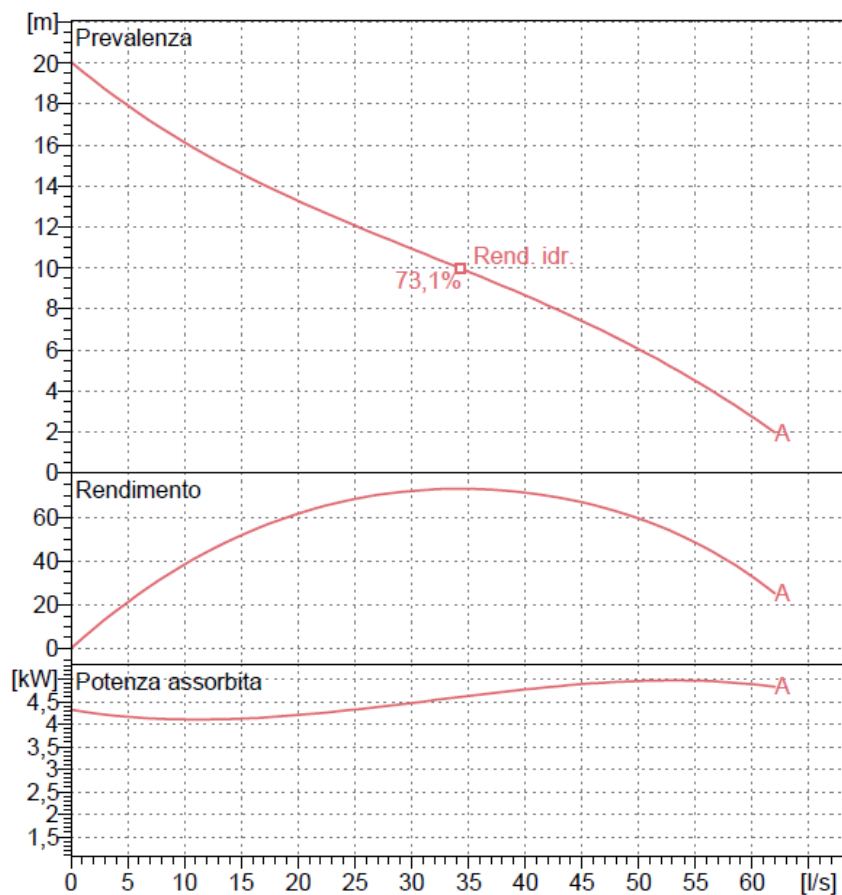
Tali valori sono stati riscontrati tramite lettura da TLC aziendale e sono mediamente:

- Funzionamento con una singola pompa: 27.5l/s
- Funzionamento con due pompe: 35.3l/s

Il dimensionamento e la verifica della nuova condotta di mandata sono stati condotti con l'obiettivo di garantire i valori di portata sopra indicati.

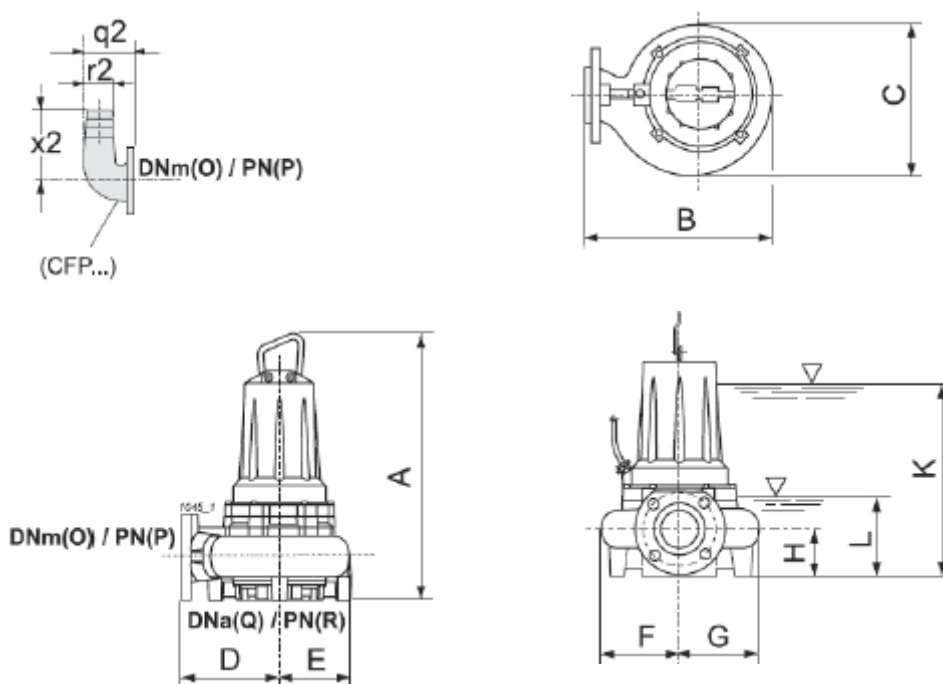
### 4 Apparecchiature esistenti

La stazione di pompaggio è equipaggiata allo stato attuale con n° 2 pompe Caprari modello KCM100HA+005141N1 (5,1 KW / 11,5A / DN100)



I principali dati geometrici relativi alle pompe installate sono riportati in figura seguente:

A = 672  
 B = 435  
 C = 370  
 D = 255  
 E = 180  
 F = 172  
 G = 198  
 H = 118  
 K = 455  
 L = 200  
 O = 100  
 P = 16  
 Q = 100  
 R = 16



## 5 Dimensionamento e verifica dell'impianto di sollevamento e condotta di mandata

Il calcolo idraulico dell'impianto vede in genere la valutazione di due aspetti:

- ~ La scelta dell'architettura (n° pompe, logica di esercizio) ed il dimensionamento della camera di sollevamento: nel caso in oggetto, non vi sono variazioni nel numero e nella caratteristica delle apparecchiature installate, né cambiamenti nelle portate di esercizio richieste
- ~ la verifica delle portate sollevate e dei relativi valori di velocità in condotta: tale aspetto ha confermato le caratteristiche ipotizzate per la nuova condotta, mantenendo in funzione le pompe esistenti

Lo studio del corretto funzionamento dell'insieme costituito dalla stazione di sollevamento e dalla relativa condotta di mandata viene sviluppato costruendo le curve caratteristiche dell'impianto e determinandone il punto di intersezione con le curve caratteristiche del sistema di pompaggio.

La *curva caratteristica dell'impianto* definisce il valore della prevalenza che deve essere fornita dal gruppo di pompaggio al variare della portata circolante. Tale valore viene determinato con l'espressione:

$$\Delta H_{TOT} = \Delta H_{geod} + \Delta H_{distr} + \Delta H_{conc}$$

Il contributo dato dalla differenza di quota tra il punto di recapito e la stazione di sollevamento è dato da  $\Delta H_{geod}$ .

Le perdite di carico in condotta sono indicate come somma delle perdite distribuite  $\Delta H_{distr}$  e concentrate  $\Delta H_{conc}$ .

Le perdite di carico *distribuite* sono date dalla seguente espressione:

$$\Delta h_{distr} = J \cdot L$$

dove:

- $J$  [m/m] è la perdita di carico per metro di tubazione;
- $L$  [m] è la lunghezza della tubazione.

La perdita di carico per metro di tubazione  $J$  è calcolata secondo la formula di Gauckler - Strickler:

$$J = \frac{v^2}{C^2 R}$$

dove:

- $v$  [m/s] = velocità della corrente;
- $C = kR^{1/6}$  = parametro di scabrezza.

Poiché la tubazione sarà in acciaio, il valore della scabrezza  $k$  è stato assunto pari a  $80\text{m}^{1/3}/\text{s}$ .

Le *perdite di carico concentrate*, talvolta trascurate nel calcolo delle lunghe condotte, sono state valutate con l'espressione:

$$\Delta H_{conc} = \sum k \frac{V^2}{2g}$$

in cui  $k$  assume un valore diverso in base al tipo di perdita:

- piede di accoppiamento: 0,3
- curva a 90°: 0,3
- sezionamento: 0,2
- valvola di non ritorno: 1,1
- sbocco: 1

Sono state considerate le perdite concentrate alla stazione di sollevamento (piede di accoppiamento, valvola di non ritorno, saracinesca, curve), lungo la linea (curve) ed allo sbocco. Le perdite di carico concentrate e distribuite sono state calcolate come somma delle perdite lungo la singola tubazione di mandata in uscita da una pompa e lungo la mandata comune in cui convogliano le 2 pompe.

La prevalenza geodetica dell'impianto, calcolata come differenza tra la quota del punto di recapito in Pettenasco e livelli di esercizio interni alla stazione di sollevamento di Tortirogno è il seguente:

- quota scorrimento al recapito in Pettenasco: 301.26m slm
- quota di esercizio max in sollevamento Tortirogno: 292.9m slm

La prevalenza geodetica massima è quindi pari a circa 8.4m

Ipotizzando inoltre una escursione del livello in vasca pari a 1m si ottiene un valore di prevalenza geodetica minima pari a circa 7.4m.

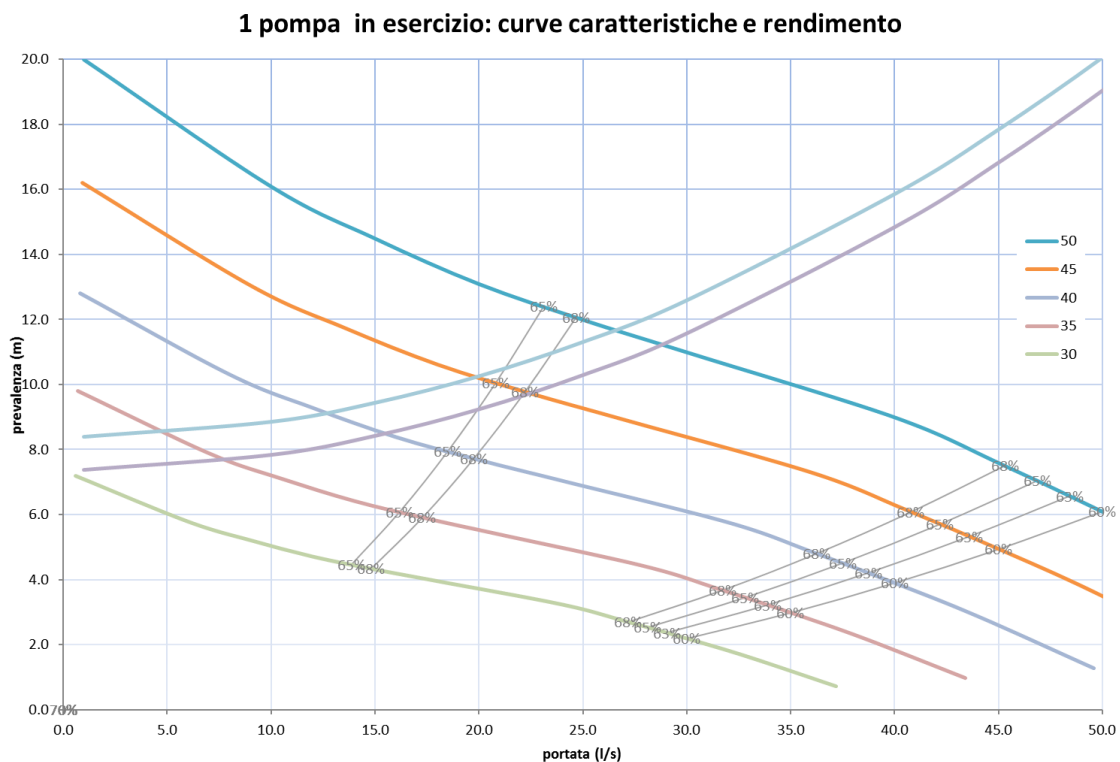
Sono stati considerati parametri di scabrezza secondo Strickler differenziati tra le porzioni di condotta esistenti presenti nel piping e quelle di nuova posa:

- condotte esistenti:  $k_{\text{Strickler}} = 90\text{m}^{1/3}/\text{s}$
- condotte in progetto:  $k_{\text{Strickler}} = 100\text{m}^{1/3}/\text{s}$

## Verifica dei punti di funzionamento in condizioni stazionarie

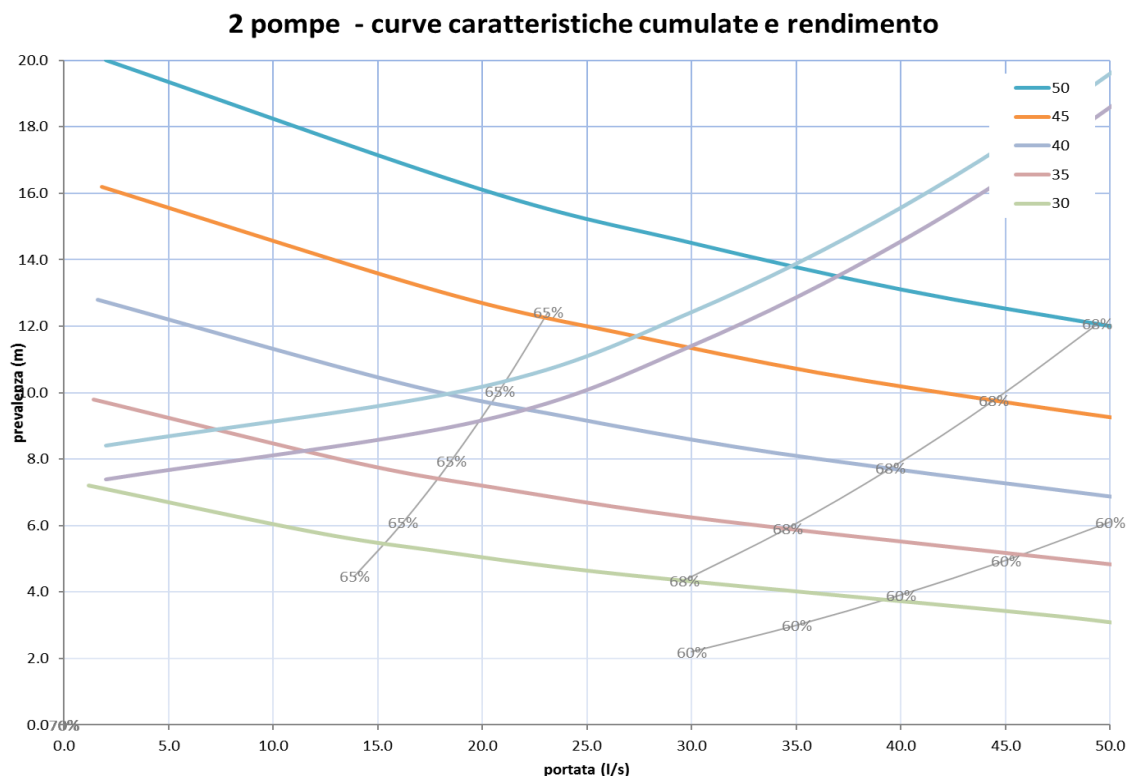
I diagrammi seguenti mostrano i risultati dello studio dei punti di funzionamento ottenuti componendo le curve dell'impianto con quelle caratteristiche delle macchine esistenti. Sono rappresentate le curve caratteristiche delle pompe per differenti frequenze di rotazione (benché sia stata assunta come riferimento la sola curva a 50Hz) e le curve di impianto per i valori massimi e minimi di riempimento della vasca di sollevamento.

La condizione di esercizio di una singola macchina garantiscono il sollevamento di una portata compresa tra 27 e 29 l/s a piena frequenza, in ragione del riempimento della vasca.



La velocità in condotta corrispondente al valore di portata minima sollevata è pari a circa 0.7m/s

La condizione di esercizio di due macchine contemporaneamente viene garantito il sollevamento di una portata compresa tra 35 e 37 l/s a piena frequenza, in ragione del riempimento della vasca.



La velocità in condotta corrispondente al valore di portata massima sollevata è pari a circa 0.9m/s.

Le velocità di deflusso risultano adeguate per condotte in pressione e ne garantiscono l'autolavaggio; ad ogni avviamento, quindi, il refluo pompato rimuoverà i sedimenti eventualmente depositatisi durante l'intervallo di tempo tra un avviamento e l'altro.

Le portate di esercizio di calcolo risultano pari o superiori di alcuni punti percentuali a quelle richieste, si ritiene pertanto che il dimensionamento della condotta sia adeguato a soddisfare le esigenze.

### Considerazioni sul transitorio idraulico

Le problematiche di moto vario costituiscono un aspetto di massima importanza per la verifica strutturale delle tubazioni, l'integrità e la durabilità degli impianti.

I problemi di moto vario sono generalmente riconducibili a manovre di avviamento od arresto delle pompe, siano esse volontarie o involontarie: le cause di arresto possono essere sia legate all'improvvisa interruzione dell'alimentazione dovuta a fattori esterni (cui la presenza in loco di un gruppo di generazione di emergenza non può ovviare istantaneamente), sia legate all'insorgere di guasti sull'impianto o all'attivazione di protezioni elettriche. Generalmente, durante le manovre ordinarie, una corretta gestione delle macchine può minimizzare gli effetti degli attacchi e stacchi, specialmente nel caso di più unità installate in parallelo e dotate di adeguate rampe di accelerazione - decelerazione.

In occasione di una brusca variazione di portata e pressione in condotta, infatti, si innescano delle oscillazioni di carico che possono indurre eccessive sollecitazioni nelle tubazioni o condizioni operative



inaccettabili, ove non siano previsti opportuni sistemi di smorzamento (ad esempio le casse d'aria, le valvole di rientro aria o di dissipazione delle sovrapressioni).

Alcuni possibili scenari critici sono riconducibili alle seguenti situazioni:

- avviamento delle pompe;
- arresto involontario delle pompe;
- interruzione inaspettata dell'alimentazione elettrica e conseguente arresto delle pompe;
- manovra di chiusura inaspettata di valvole di sezionamento.

Il brusco arresto dell'alimentazione elettrica è la situazione usualmente più impegnativa e temuta in impianti di sollevamento analoghi a quello in esame perché espone la condotta ad un improvviso ed intenso calo di pressione, fino a valori negativi che possono portare al danneggiamento di giunti e tubazioni. Di norma, la capacità delle condotte di far fronte a pressioni interne elevate, permette un più elevato margine di sicurezza rispetto alle sovrapressioni.

Il fenomeno di colpo d'ariete induce delle variazioni di pressione il cui valore massimo può essere calcolato con la nota espressione di Allievi:

$$\Delta H = \frac{cV_0}{g}$$

nella quale si ha:

$c$  : celerità di propagazione dell'onda (m/s)

$V_0$  : velocità del fluido in condotta (m/s)

$g$  : accelerazione di gravità (m/s<sup>2</sup>)

La celerità di propagazione dell'onda è definita dall'espressione:

$$c = \sqrt{\frac{\frac{\varepsilon}{\rho}}{1 + \frac{\varepsilon D}{Et}}}$$

nella quale si ha:

$\varepsilon$  : comprimibilità del fluido (N/m<sup>2</sup>)

$\rho$  : densità del fluido (kg/m<sup>3</sup>)

$D$  : diametro interno del tubo (m)

$E$  : modulo elastico del tubo (N/m<sup>2</sup>)

$t$  : spessore della parete del tubo (m)

Nel caso in esame sono stati considerati valori di celerità per una tubazione in PEAD DE280 pari a circa 400m/s. Concorrono quindi alla formazione del fenomeno sia le condizioni iniziali (velocità iniziale), sia le caratteristiche del fluido (comprimibilità, densità), sia quelle della tubazione (diametro, modulo elastico, spessore della parete).

Il valore  $\Delta H$  così calcolato è rappresentativo della variazione di pressione conseguente ad una manovra istantanea, come cautelativamente si assume sia l'arresto di un sistema di pompaggio.

Nella realtà, altri fattori esterni possono intervenire a limitare l'entità delle variazioni di pressione: l'inerzia del sistema di pompaggio, la presenza di casse d'aria o altri dispositivi di protezione, l'esistenza di bypass delle pompe.

Interviene inoltre l'aspetto normativo (D.M. 12/12/1985) che impone l'adozione di dispositivi di protezione nei confronti del colpo d'ariete, indipendentemente dal materiale e dalle caratteristiche meccaniche delle tubazioni, nel caso in cui la sovrappressione di calcolo superi i valori riportati in tabella, in funzione della pressione idrostatica.

Pressione idrostatica (bar)	Fino a 6	6-:-10	10-:-20	20-:-30
Sovrapressione da colpo d'ariete (bar)	3	3-:-4	4-:-5	5-:-6

Nel caso in esame la sovrappressione ammissibile senza ricorrere a dispositivi di protezione è pari a 3 bar. La tipologia di impianto, particolarmente esposta alle depressioni nella sua parte di monte, richiede principalmente il contenimento della rapidità del calo di pressioni. Tale effetto si ottiene mantenendo l'alimentazione della condotta il più a lungo possibile durante gli istanti successivi all'arresto della condotta. In tal modo, la colonna liquida ha modo di rallentare in modo progressivo e l'effetto delle onde di pressione che si propagano nel fluido si attenua in modo sostanziale. Con le depressioni iniziali, si attenuano anche le sovrappressioni conseguenti alla riflessione delle onde.

Il principale strumento adottato anche in caso di condotte fognarie per il contenimento dei transitori è costituito dalle casse d'aria: nel caso in esame è tuttavia preferibile e sufficiente garantire la possibilità di un adeguato rientro d'aria immediatamente a valle del sollevamento, in modo tale da attenuare sensibilmente l'abbassamento di pressione. La possibilità di alimentare la condotta con una sufficiente portata d'aria all'arresto delle pompe viene garantita da uno sfiato DN80 appositamente previsto a valle della stazione di sollevamento. Lo sfiato dovrà presentare curve di funzionamento pari o superiori alle seguenti:

