



GESTIONE
IMPIANTI
DEPURAZIONE
ACQUE S.p.A.

ADEGUAMENTO DELLE RETI FOGNARIE DEL COMUNE DI PRATO E MONTEMURLO

ACCORDO INTEGRATIVO PER LA TUTELA DELLE RISORSE IDRICHE DEL
MEDIO VALDARNO, PER LA RIORGANIZZAZIONE DELLE RETI FOGNARIE DEI
COMUNI DI PRATO, CATAGALLO, MONTEMURLO E VAIANO
DELIBERA REGIONALE n. 696/2015

PROGETTO ESECUTIVO

BACIACAVALLO

RELAZIONE DI CALCOLO IDRAULICA

PROGETTISTA

Giuseppe PASQUALATO
Ord. Ingg. di MILANO
N. A 19116



COMMITTENTE

G.I.D.A. S.p.A.
Via Baciacavallo, 36
59100 Prato (PO)



| REV. | DATA | DESCRIZIONE | REDATTO | CONTR. | APPROV. | RIESAME | DATA | SCALA |
|------|---------|--|---------|---------|---------|---------|-----------|-------|
| 1 | 12.2017 | prima emissione | DTI | DTI/LAF | DTI/PAS | | 2017 | |
| 2 | 03.2018 | Revisione per osservazioni committente | DTI | DTI/LAF | DTI/PAS | | N. Progr. | |
| | | | | | | | | R03 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

CODIFICA ELABORATO

COMMESSA

710503

DOCUMENTO

BBACC001


REV

2

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

VISTO DELLA COMMITTENTE

RELAZIONE DI CALCOLO IDRAULICA

| | | | | | |
|-------------------------|--|----------------|--------------------|------------------|---|
| | | | | |  |
| 2 | Revisione per osservazioni committente | DTI | DTI/LAF | DTI/PAS | |
| 1 | 1° emissione | DTI | DTI/LAF | DTI/PAS | |
| Rev. | Descrizione | Redatto | Controllato | Approvato | |
| Codice documento | R03_710503_B_BAC_C_0012 | | | | |

Indice

| | |
|--|-----------|
| Premessa | 3 |
| 1. Generalità | 4 |
| 1.1. Suddivisione dell'intervento in macrolotti | 4 |
| 1.2. Descrizione del tracciato | 5 |
| 2. La rete di progetto | 5 |
| 2.1. Idrogramma degli scarichi | 6 |
| 3. Impianto di sollevamento di Baciacavallo | 10 |
| 3.1. La condotta di adduzione all'impianto | 21 |
| 3.2. Le griglie | 22 |
| 3.3. Le prementi | 22 |
| 3.4. Il pozzetto di sconnessione | 22 |
| 3.5. La condotta di adduzione alle coclee | 23 |
| 3.6. Collegamento alle coclee | 24 |

Premessa

Il presente progetto riguarda la realizzazione di una stazione di sollevamento al servizio della una nuova fognatura industriale nei comuni di Prato e Montemurlo (PO), che convoglierà separatamente le sostanze pericolose provenienti dagli scarichi produttivi ai depuratori di Baciacavallo e Calice.

La presente fase progettuale ha per oggetto il Progetto Esecutivo della stazione di sollevamento all'interno dell'impianto di depurazione di Baciacavallo.

1. Generalità

Il progetto in oggetto fa parte di una più ampia progettazione dell'adeguamento delle reti fognarie del comune di Prato e Montemurlo, con realizzazione di una nuova fognatura industriale separata per l'intercettazione delle sostanze pericolose provenienti dagli scarichi produttivi, utile al disinquinamento del fiume Bisenzio e del torrente Ombrone Pistoiese.

L'intervento complessivo interessa l'intero comune di Prato e la zona industriale di Montemurlo, fino al depuratore Calice.

L'attuale sistema fognario Pratese è in gran parte di tipo misto (meteorico, civile ed industriale) con scaricatori di troppo pieno che consentono la tracimazione nei corsi d'acqua superficiali delle portate eccedenti. un prefissato valore di portata nera, moltiplicata per un coefficiente di diluizione, che in molti casi risulta inferiore a 3, valore di riferimento, per il non corretto dimensionamento delle soglie di sfioro. La tracimazione degli scarichi derivanti dalle attività produttive, caratterizzate da elevati valori inquinanti, comportano lo sversamento di elevati carichi pericolosi, anche per brevi periodi piovosi, non paragonabili agli sfiori dei reflui civili.

La filosofia adottata nell'intero intervento è stata quella di separare le acque meteoriche da quelle industriali, che presentano valori inquinanti elevatissimi e di limitare, quindi, le acque parassite che creano sovraccarichi idraulici e difficoltà operative all'impianto di depurazione.

1.1. Suddivisione dell'intervento in macrolotti

La scelta progettuale è stata quella di suddividere l'intervento in 4 macro lotti, coincidenti con le aree industriali "Macrolotto 1" e "Macrolotto 2" nel comune di Prato e "Macrolotto Montemurlo" nel comune di Montemurlo, e con l'area residenziale, denominata per semplicità "Macrolotto 0". Per ogni macrolotto verrà realizzato un nuovo collettore principale, che intercetta gli scarichi idrici prodotti dai processi industriali delle imprese per convogliarli direttamente, senza alcuna immissione di scarichi civili e meteorici, al depuratore di Baciacavallo in Prato, e al

depuratore di Calice in Montemurlo. La scelta progettuale sarà quella di consentire un trattamento dei reflui industriali senza alcuna diluizione dovuta alle acque piovane.

1.2. Descrizione del tracciato

Nel progetto sono stati ottimizzati i percorsi tenendo conto delle utenze individuate e del loro sistema e posizione di scarico.

Sono state valutate le interferenze dovute ai sottoservizi principali esistenti, quali SNAM, ENEL, TOSCANA ENERGIA, nonché la fognatura esistente. In particolare si è analizzato, con il supporto di un rilievo topografico, la morfologia del terreno, la viabilità esistente e le infrastrutture esistenti che creano dei vincoli fissi e non modificabili. Si è cercato di minimizzare i sollevamenti, quindi l'utilizzo di pompe per ridurre i costi di gestione della rete. I sollevamenti risultano però necessari, viste le quote altimetriche di attività che risultano essere al di sotto del ricettore finale, per recuperare le quote e limitare gli scavi e quindi facilitare le operazioni di posa della nuova rete.

2. La rete di progetto

La rete fognaria industriale in progetto andrà ad affiancare la rete fognaria esistente e avrà, come questa, il recapito finale nell'impianto di depurazione di Baciacavallo.

Il sistema di raccolta e smaltimento degli scarichi industriali sarà impostato tenendo conto degli allacci esistenti delle ditte servite, il presente progetto includerà altresì anche la predisposizione dei nuovi allacci previsti per la connessione alla nuova rete fognaria.

Per il dimensionamento idraulico della rete si è tenuto conto dei massimi volumi annui rispetto ai quali le diverse ditte sono autorizzate allo scarico, a partire dal volume, per ciascuna ditta, è stato ricostruito un profilo di scarico giornaliero rispetto al quale si definisce l'andamento delle portate istantanee. Tale stima è stata quindi maggiorata del 10% per tener conto di eventuali potenzialità future della rete di poter servire nuove utenze rispetto a quelle ad oggi allacciabili.

Il profilo giornaliero di scarico per ciascuna azienda è stato definito a partire dall'analisi dei dati di scarico resi disponibili dalla ditta "Jersey Mode", dalla quale, mediante un'elaborazione dei dati a disposizione, relativa agli scarichi orari e giornalieri, sono stati ricavati dei coefficienti orari (n) che, applicati agli scarichi massimi di ogni ditta, ha permesso di definire l'idrogramma giornaliero di scarico della stessa.

In corrispondenza dei punti di interferenza tra la fognatura di progetto e la fognatura esistente in diversi casi è previsto un sottoattraversamento a costituire un sifone.

La verifica idraulica della rete è stata condotta a mezzo del software idraulico dedicato Infoworks CS.

In ragione delle particolari caratteristiche chimico-fisiche degli scarichi, le tubazioni adottate sono in gres e polipropilene, conseguentemente la scabrezza idraulica attribuibile a queste è di $90 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ (Strickler).

In ragione della disposizione delle ditte servite e conseguentemente all'assetto planialtimetrico della rete rispetto al terreno e al punto di recapito, si rende necessario dotare il sistema di una stazione di pompaggio.

2.1. Idrogramma degli scarichi

Preliminarmente al calcolo idraulico devono quindi essere definite le portate scaricate da ciascuna ditta servita. Per il calcolo delle portate scaricate nella nuova rete è stata condotta una specifica analisi a partire dai seguenti dati:

- Massimo volume annuo scaricabile da ciascuna ditta
- Registrazioni delle portate giornalmente scaricate su base oraria della ditta "Jersey Mode" (sita nel Macrolotto 2)

Nello specifico le registrazioni di scarico messe a disposizione dalla ditta "Jersey Mode" consistono nelle misure di volumi orari scaricati su un ciclo produttivo di 24 ore nei 5 giorni feriali limitatamente a una settimana di misura.

La ricostruzione del profilo tipo di scarico è stata effettuata secondo i seguenti passaggi:

1. Si ricostruisce lo scarico orario del giorno tipo mediando il volume di scarico di ciascuna ora per i giorni di misura, dopo questo passaggio si ottengono

24 valori significativi del volume orario scaricato tra 00:00 e 24:00

2. Mediando i 24 valori ottenuti dal passaggio precedente si ottiene il volume medio orario scaricato su base giornaliera
3. Dal rapporto tra i volumi orari ottenuti al punto 1 e il volume medio orario ottenuto al punto 2 si ottengono 24 coefficienti moltiplicativi adimensionali.

I parametri così ottenuti sono quindi significativi dell'andamento orario dei volumi scaricati rispetto al valore medio, ovvero si intende che tale andamento tipo viene applicato per la stima delle massime portate scaricate.

Per la stima delle massime portate scaricate da ciascuna ditta si continua con ulteriori passaggi:

4. A partire dal valore di massimo volume annuo scaricabile si definisce il valore medio orario massimo come rapporto rispetto al numero di giorni lavorativi annui (240) e al numero di ore di lavoro giornaliero (24 nel caso della Jersey Mode)
5. Dal prodotto tra il coefficiente orario (ottenuto al precedente punto 3) e il valore medio orario massimo precedentemente definito (punto 4) si ottiene la stima del volume orario massimo scaricato dalla ditta

L'ipotesi alla base della stima degli scarichi di ciascuna ditta è che tutte abbiano un ciclo produttivo omogeneo e simile a quello della Jersey Mode, tale ipotesi nel caso specifico del comprensorio di Prato può giustificarsi in ragione del fatto che la gran parte delle ditte servite lavorano nella filiera del tessile e si caratterizzano quindi per processi produttivi simili.

Nel caso dei Macrolotti il profilo di scarico giornaliero tipo Jersey Mode è stato applicato per tutte le ditte .

Di seguito si riporta la distribuzione dei coefficienti orari "n", nell'arco delle 24 ore.

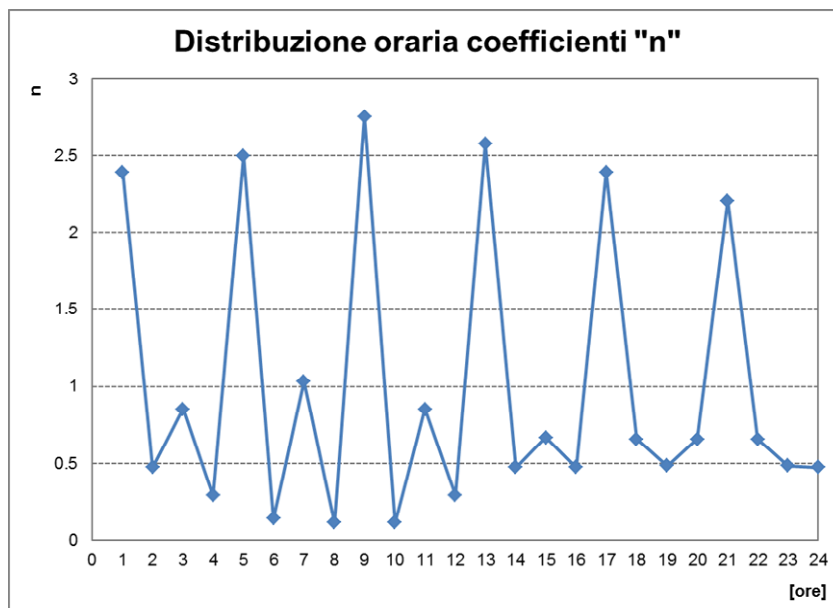


Figura 1 – Distribuzione oraria dei coefficienti "n"

Le portate di scarico ottenute dalla metodologia descritta sono quindi incrementate del 10%.

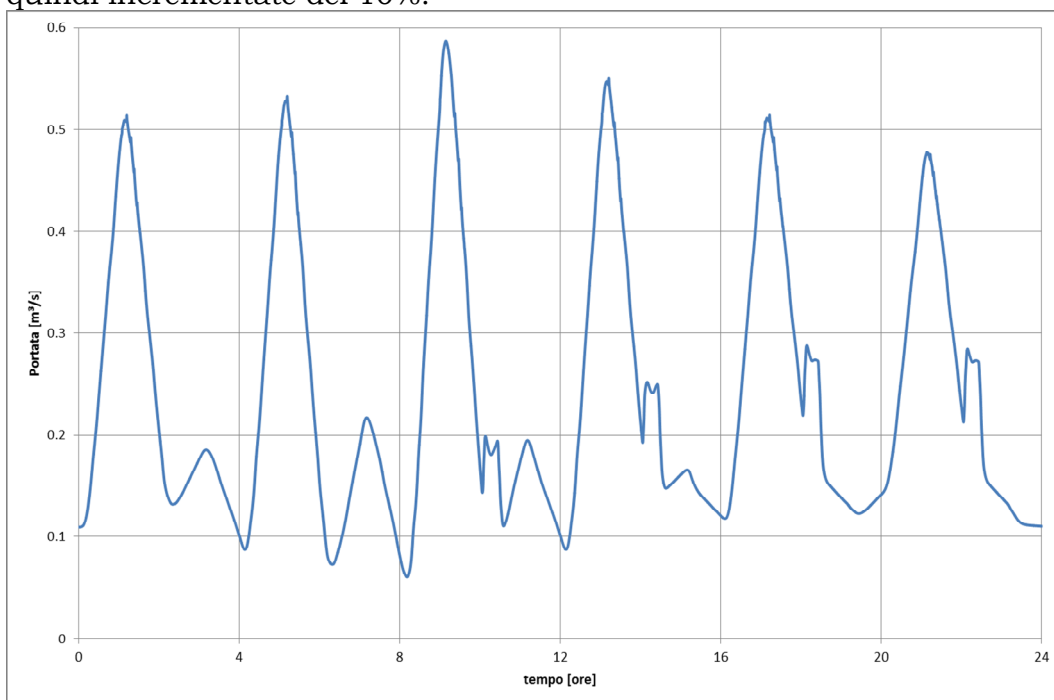


Figura 2 – Idrogramma di scarico Macrolotto 1

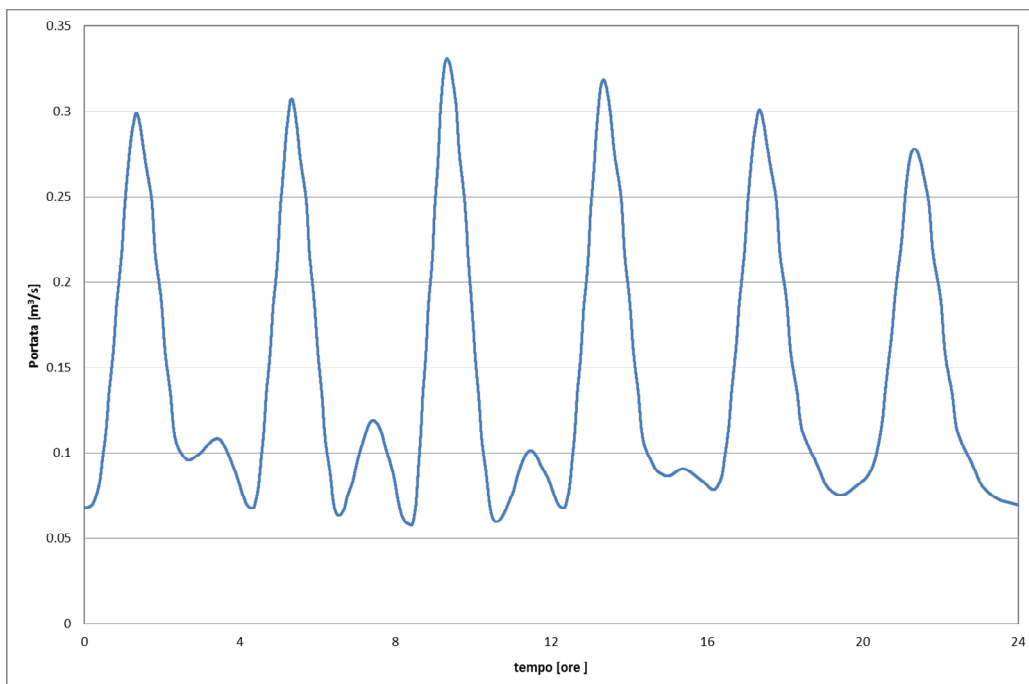


Figura 3 – Idrogramma degli scarichi complessivo per il Macrolotto 2

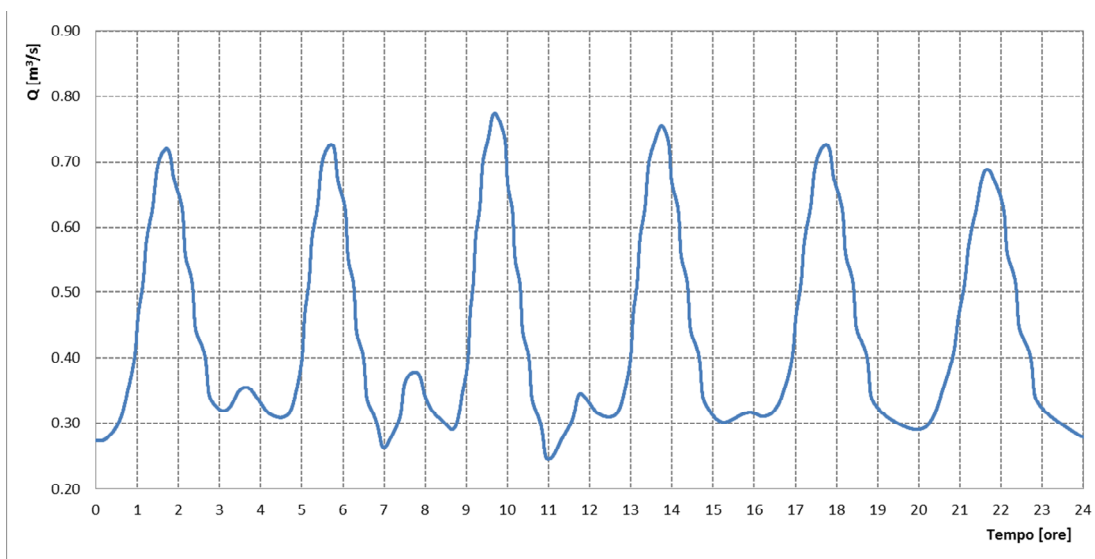


Figura 4 – Idrogramma di scarico Macrolotto 0

3. Impianto di sollevamento di Baciacavallo

Il sistema fognario del Madrolotto 0 , Macrolotto 1 e Macrolotto 2 afferisce all'impianto di sollevamento Bacciacavallo situato all'interno dell'impianto di depurazione.

La stazione di sollevamento è dotata all'ingresso di pozzetto di dimensioni 5.00 m x 3.00 m e profondo 6.00 m dove sarà alloggiata una griglia autopulente. La griglia in acciaio INOX AISI 304 sarà del tipo a pettine con luce di filtrazione di 6 mm posta in opera inclinata di 75°.

La quota di ingresso della fognatura è di 34.80 m s.l.m., la quota di fondo del pozzetto di alloggiamento della griglia a quota 34.50 m s.l.m. La quota dell'estradosso del solaio della stazione è fissata a 41.00 m s.l.m.

Dal pozzetto di alloggiamento della griglia le acque passano in due camere di ripartizione, quella di sinistra di dimensione 2.00m x 5.05m e quella di destra di dimensioni 2.00m x 3.45m, attraverso due aperture di 1.00m x 1.00m presidiate da due paratoie piane con tenuta su 4 lati.

Le camere di ripartizione sono collegate alla camera di alloggiamento delle pompe attraverso una apertura in corrispondenza di ciascuna pompa della dimensioni 0.50m x 1.00m.

Le camere di alloggiamento delle pompe sono due una di dimensioni 6.70m x 5.05m con alloggiate 3 pompe e l'altra di dimensioni 6.70m x 3.45m con alloggiate due pompe.

La quota di fondo delle vasche è fissata a 32.00 m s.l.m., il fondo della vasca risulta inclinato verso le pompe con un angolo di circa 9°.

La stazione di sollevamento presenta le seguenti caratteristiche principali (per informazioni dettagliate, vedere i disegni specifici):

- Cinque pompe sommerse, in particolare quattro pompe di servizio e una pompa di riserva;
- Le pompe sono identiche e lavorano in parallelo (vedi *Figura 5*): la portata massima pompata da ciascuna è circa 400 l/s (la portata sollevata dalla singola pompa è circa un quarto della portata massima pompata dal sistema) e la prevalenza totale massima è di circa 11.10 metri;

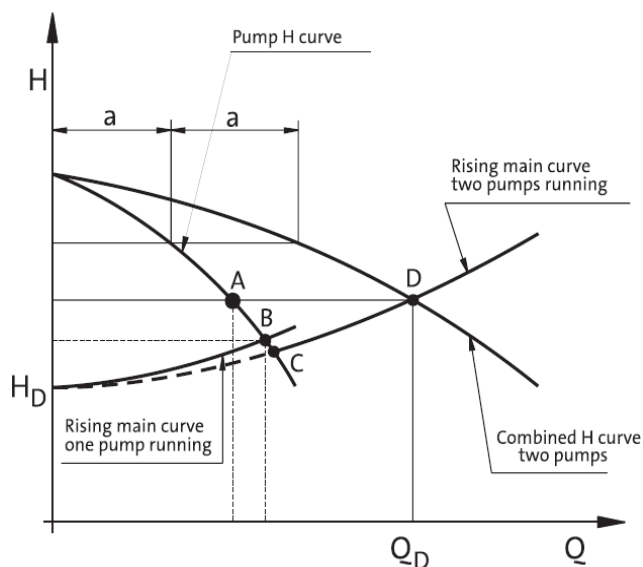


Figura 5 – Esempio di punti operativi per due pompe identiche operanti singolarmente (B) o in parallelo (D)

- Le quattro pompe operano secondo la sequenza di lavoro denominato "tipo 2" (vedi *Figura 6*), secondo cui si ha l'avvio delle pompe in sequenza e il sistema di arresto pompe al livello minimo (la scelta di tale sequenza di lavoro consente di minimizzare i volumi di accumulo); in particolare, il numero massimo di avviamenti orari di ogni pompa è fissato in 8, per evitare il surriscaldamento dei motori delle pompe, inoltre, all'interno del volume di accumulo, le fasi di avviamento e stop di ogni sistema è gestito da interruttori a galleggiante e sono scandite nel modo seguente (la differenza di livello tra l'attacco di una

pompa e l'altra deve essere di almeno 10 cm, al fine di evitare rumori ed oscillazioni prodotte dalla superficie libera nella camera di accumulo):

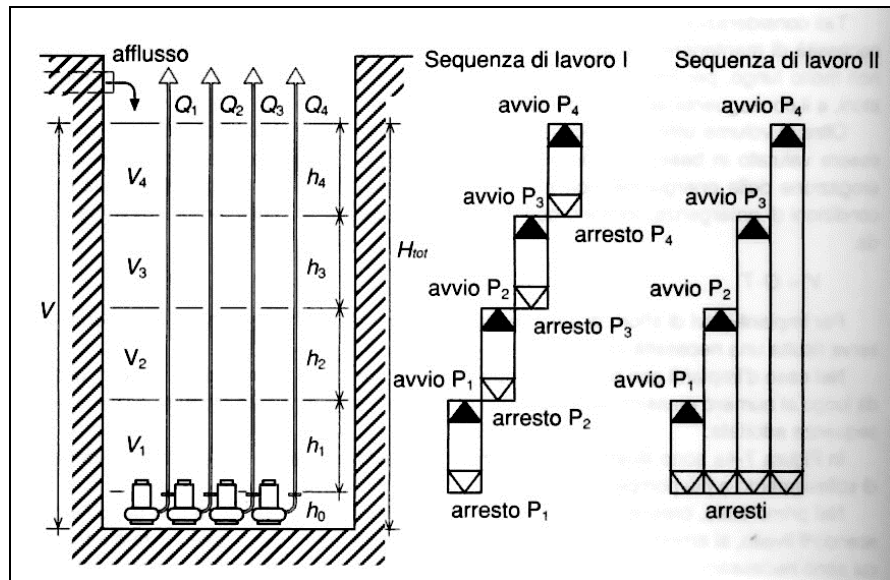


Figura 6 – Esempio di sequenza di lavoro di più pompe (sequenza 2)

- Quota attacco della prima pompa 34.60 m
- Quota attacco seconda pompa 34.80 m
- Quota attacco terza pompa 34.90 m
- Quota attacco quarta pompa 35.00 m
- Quota di stacco delle pompe 34.00 m

Le quote elencate, sono state determinate a partire dai volumi di accumulo minimi necessari per il funzionamento di ogni pompa e dalla quota di pelo libero all'interno del volume della vasca.

Di seguito si descrive la procedura per la determinazione del volume della vasca e delle quote di attacco e stacco.

Sono note:

- Portata massima complessiva da sollevare (1600 l/s)
- Numero di pompe da utilizzare (4 pompe, questo si stabilisce in relazione alla portata da sollevare, e da

qui si ricava la portata che ogni pompa deve sollevare

$$Q_j = 1600/4 = 400 \text{ l/s}$$

- Numero di attacchi orari (10 attacchi, pertanto, il tempo di ogni ciclo $T = 3600/10 = 360 \text{ s}$).

Il calcolo dei volumi di accumulo, minimo, per il funzionamento di ogni pompa è dato da:

$$w_j = \frac{Q_j T_j}{4} - \sum_1^{j-1} w_i \cdot \frac{\sum_j^i Q_j}{Q_j + 2 \cdot \sum_{j-1}^i Q_j}$$

In cui:

$1 \leq j \leq n$ è il numero delle pompe di servizio di cui si sta calcolando il volume (nel caso in esame $n=4$) e regola il primo termine dell'espressione;

$1 \leq i \leq j$, regola il secondo termine dell'espressione e tiene conto degli altri volumi di accumulo delle altre pompe.

Nel caso in esame si hanno i seguenti risultati:

$$w_1 = \frac{Q_1 \times T_1}{4} \cong 36.0 m^3$$

$$w_2 = \frac{Q_2 \times T_2}{4} - w_1 \times \frac{Q_1 + Q_2}{Q_2 + 2Q_1} \cong 12.0 m^3$$

$$w_3 = \frac{Q_3 \times T_3}{4} - w_1 \times \frac{Q_3 + Q_2 + Q_1}{Q_3 + 2(Q_1 + Q_2)} - w_2 \times \frac{Q_3 + Q_2}{Q_3 + 2Q_2} \cong 6.4 m^3$$

$$w_4 = \frac{Q_4 \times T_4}{4} - w_1 \times \frac{Q_4 + Q_3 + Q_2 + Q_1}{Q_4 + 2(Q_1 + Q_2 + Q_3)} - w_2 \times \frac{Q_4 + Q_3 + Q_2}{Q_4 + 2(Q_2 + Q_3)} - w_3 \times \frac{Q_4 + Q_3}{Q_4 + 2Q_3} \cong 4.0 m^3$$

Pertanto, il volume complessivo minimo della vasca di accumulo è pari a:

$$V_{tot} = w_1 + w_2 + w_3 + w_4 = 36.0 + 12.0 + 6.4 + 4.0 m^3 \cong 58.4 m^3$$

Le dimensioni in pianta, e per lato, della vasca (al netto dei setti interni) risultano essere:

$$B = 8.50m \quad L = 8.70m$$

$$A_{tot} = 73.95m^2$$

Il livello minimo nella vasca è stabilito in 34.0 ms.l.m. in modo da garantire un battente di circa 1.20m sul piano della girante delle pompe.

I livelli di attacco delle pompe si ricavano in funzione del volume corrispondente a ciascuna pompa.

- La quota di attacco della prima pompa si ricava a partire dalla quota di stop (quotastop) e considerando il tirante $h1=w1/Atot$ corrispondente al primo volume di accumulo ($w1$), pertanto, la quota di attacco della prima pompa è $quotah1=quotastop+h1$;
- La quota di attacco della seconda pompa si ricava a partire dalla quota di attacco della prima pompa ($quotah1$) e considerando il tirante $h2=w2/Atot$ corrispondente al secondo volume di accumulo ($w2$), pertanto, la quota di attacco della seconda pompa è $quotah2=quotah1+h2$;
- La quota di attacco della terza pompa si ricava a partire dalla quota di attacco della seconda pompa ($quotah2$) e considerando il tirante $h3=w3/Atot$ corrispondente al terzo volume di accumulo ($w3$), pertanto, la quota di attacco della terza pompa è $quotah3=quotah2+h3$;
- La quota di attacco della quarta pompa si ricava a partire dalla quota di attacco della terza pompa ($quotah3$) e considerando il tirante $h4=w4/Atot$ corrispondente al quarto volume di accumulo ($w4$), pertanto, la quota di attacco della terza pompa è $quotah4=quotah3+h4$.

In sintesi, le diverse quote e tiranti di attacco e stacco sono:

| pompa | w_i | quota attacco pompa quota_{hi} | quota stacco pompa quota_{stop} | hi |
|--------------|------------------------|---|--|------------|
| [-] | [m³] | [m] | [m] | [m] |
| 1 | 45.0 | 34.60 | 34.00 | 0.60 |
| 2 | 15.0 | 34.80 | 34.00 | 0.20 |
| 3 | 8.0 | 34.90 | 34.00 | 0.10 |
| 4 | 5.0 | 35.00 | 34.00 | 0.10 |

Figura 7 – Volumi di compenso e quote di lavoro di ciascuna pompa

Il massimo livello nella vasca è stato calcolato con una simulazione che tiene conto della variabilità temporale dell'afflusso risulta pari a circa 35.20 m s.l.m.

Per ciò che riguarda la scelta della tipologia di pompa da utilizzare, si è proceduto come di seguito esplicitato.

Nota la portata da sollevare Q_i e il dislivello da superare H_{tot} , è stata scelta una tipologia di pompa che potesse soddisfare entrambi i requisiti.

$$H_{tot} = H_{geo} + \Delta H_{tot}$$

H_{geo} prevalenza geodetica, è la differenza tra la quota di estradosso della tubazione di mandata nella sezione terminale (40.25 m s.l.m.) e la quota di pelo libero minima dell'acqua all'interno della vasca di accumulo (34.00 m s.l.m.), nel caso in esame questa è pari a 6.25 m,

ΔH_{tot} perdite di carico date dalla somma delle perdite di carico nella mandata e nella premente sia di tipo distribuito che concentrato.

La perdita di carico distribuita è stata calcolata con la formula di Williams-Hazen:

$$J = V^{1.85} (0.00457 D^{0.63} C^{-1.85}) \text{ [m/m]}$$

dove

- V velocità in [m/s]

- D diametro interno in [mm]
- C coefficiente di Hazen-Williams

Le perdite concentrate sono state valutate con la seguente formula:

$$\Delta h = \xi \frac{V^2}{2g} \text{ [m]}$$

dove ξ assume i seguenti valori:

| | |
|---------------------|------|
| curve 45° | 0.25 |
| curve 90° | 0.30 |
| imbocco | 0.50 |
| raccordo T | 1.50 |
| saracinesca | 0.30 |
| sbocco | 1.00 |
| valvola non ritorno | 1.20 |

Figura 8 – Coefficienti di calcolo perdite concentrate

Le pompe lavorano in modo indipendente, per la mandata e previsti l'impiego di una condotta in acciaio AISI 304 DN 400 e un valore di C pari a 140, per la premente è stata adottata una condotta in Polietilene AD PE100 DN 400 PN10 e un valore di C pari a 120.

Le perdite concentrate risultano pari a 3.00 m e le perdite distribuite pari a 1.90m per un totale di pari a 5.10 m

Nel caso in esame per $H_{tot}= 11.37$ metri e $Q_i=400$ l/s, la scelta è ricaduta sulla pompa tipo Xylem NP 3301 LT 3~620 da 55.0 kW o simili. Di seguito si riporta la curva caratteristica della curva e dell'impianto.

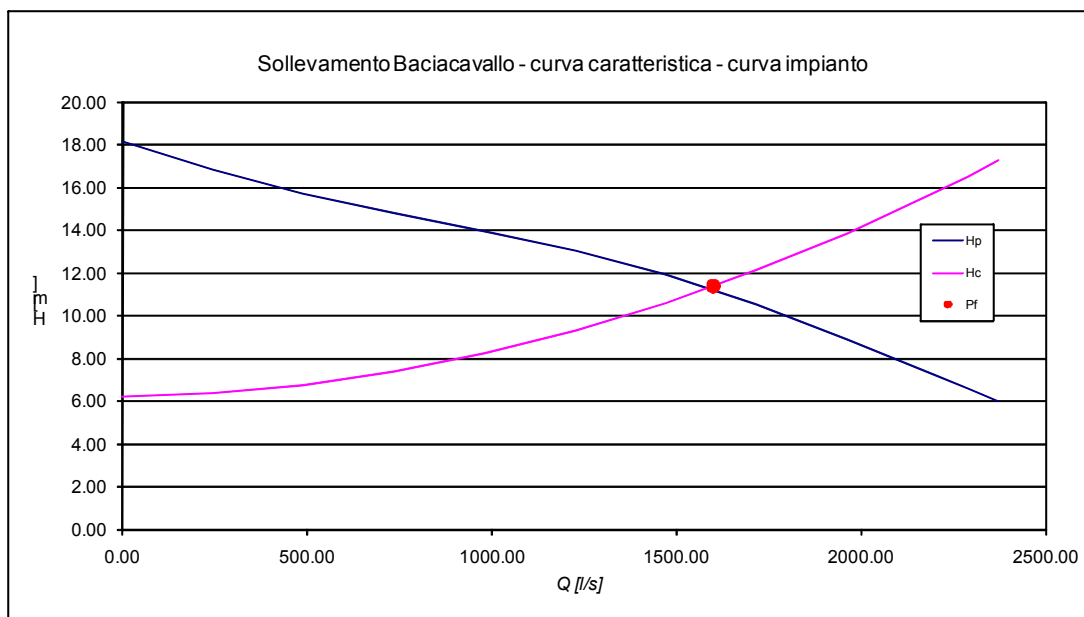


Figura 9 - Curva pompa - curva impianto

E' stata anche effettuata una simulazione del funzionamento della stazione. I risultati di tale simulazione sono riportati nella Figura 10.

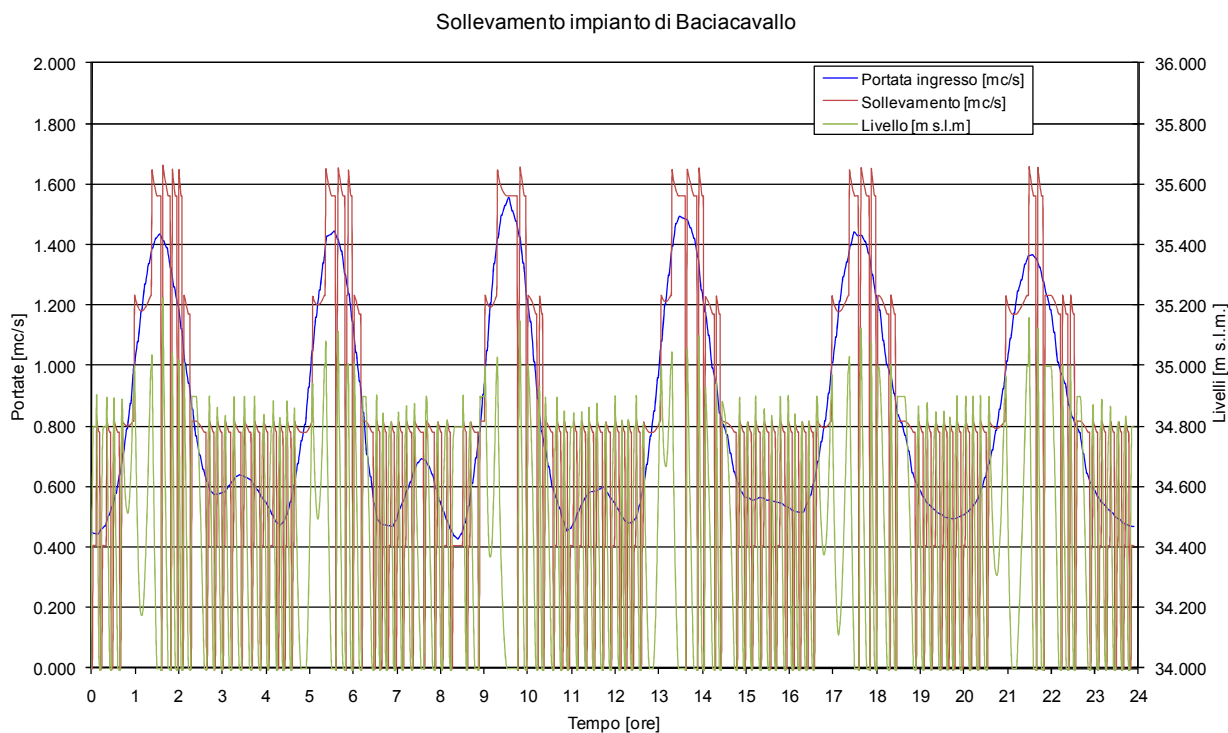


Figura 10 - Simulazione impianto sollevamento

Al fine di una flessibilità di funzionamento dell'impianto si prevede comunque l'installazione di un inverter al servizio di ciascuna pompa in modo che le stesse siano in gradi di lavorare a un livello fisso. Il livello sarà misurato con un misuratore piezometrico.

Il funzionamento su set point sarà mantenuto solo in gestione manuale.

È stata effettuata una verifica del colpo d'ariete in caso di spengimento delle pompe a seguito di una del flusso per azionamento di saracinesche o valvole di ritegno.

Il fenomeno del colpo d'ariete è funzione della velocità di propagazione delle perturbazioni nella condotta data dalla seguente espressione:

$$a = \frac{\sqrt{\frac{e}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{\lambda e D}{Es}}}$$

dove

- e modulo di comprimibilità del liquido pari a 2×10^9 N/m²
- ρ densità del liquido pari a 1000 kg/m³
- E modulo di elasticità del materiale della condotta pari a 8×10^8 N/m² per condotte in PEAD
- D diametro della condotta pari a 0.353 m
- s spessore della condotta 0.024 m
- λ coefficiente condizioni di vincolo e rapporto s/D pari a 0.98

Nel caso specifico risulta una velocità a di 232 m/s.

La sovrappressione massima (o la depressione massima) è stata calcolata ipotizzando una interruzione della alimentazione di energia e il conseguente arresto del gruppo utilizzando un modello semplificato basato sulle oscillazioni di massa secondo la metodologia proposta da Mediluce che prevede di determinare il tempo di chiusura Tc della valvola di ritegno e il calcolo della sovrappressione massima con la formula di Allevi-Joukowsky o con la formula di Michaud a

seconda che il tempo T_c sia maggiore o minore di $2L/a$ (semiperiodo del fenomeno elastico) con L lunghezza della condotta in [m].

Il tempo di chiusura della valvola di ritegno si può calcolare con la procedura proposta da Abreu et.al.. La procedura prevede di calcolare il parametro χ rapporto tra l'inerzia del gruppo motore-pompa e quella della colonna d'acqua dato dalla seguente espressione:

$$\chi = \left(\frac{2\pi}{60} \right) \frac{gI\eta_r N_r^2}{\gamma L V_r Q_r}$$

dove

- I inerzia delle masse rotanti pari a 4.30 kg/m²
- N_r velocità di rotazione del gruppo 585 rpm
- γ peso specifico del liquido 9806 N/m³
- L lunghezza della condotta pari a 40 m
- V_r velocità nella condotta premente 4.10 m/s
- Q_r portata pari a 0.40 m³/s
- η_r rendimento del gruppo motore-pompa pari a 0.765

Nel caso specifico risulta un valore di χ paria a 2.07.

In funzione di χ si calcola il parametro Γ con la seguente espressione implicita:

$$\chi = \frac{\frac{6}{5}\Gamma - 1}{1 - \frac{H_r}{H^*} \left(1 - \frac{1.5}{\Gamma} \right)}$$

dove

- H_r prevalenza a regime pari a 11.37 m
- H^* prevalenza a portata nulla pari a 18.17 m

Nel caso specifico risulta un valore di Γ paria a 2.07.

Il parametro Γ rappresenta il rapporto fra il tempo T_c di chiusura della valvola di ritegno e il tempo T_w d'inerzia della colonna rigida secondo la seguente espressione:

$$\Gamma = \frac{T_c}{T_w} = \frac{T_c}{LV_r / gH_0}$$

dove

- H_0 prevalenza geodetica pari a 6.25 m.

Nel caso specifico risulta T_c pari a 3.40 s.

Se T_c è minore di $2L/a$ la massima sovrappressione è data dalla formula di Allievi:

$$\Delta h = \frac{a}{g} \times V_r$$

se T_c è maggiore di $2L/a$ la depressione massima si calcola con la formula di Michaud:

$$\Delta h = \frac{2L}{gT} \times V_r$$

Nel caso specifico risulta $2L/a$ e pari a 0.35 s pertanto si applica la formula di Michaud che fornisce una depressione massima di 10.99 m.

Sulla tubazione di mandata sarà pertanto installato uno sfiato automatico a tre funzioni anti shock a valle della valvola di ritegno per evitare l'insorgere di depressioni. Tale valvola svolgerà le seguenti funzioni:

- l'ingresso di grandi volumi d'aria in caso di svuotamento o rottura della condotta per prevenire l'insorgere di pressioni negative;
- controlla la fuoriuscita dell'aria, con meccanismo anti-shock con orifizi regolabili, impedendo un avvicinamento troppo rapido della colonna d'acqua che causerebbe una chiusura improvvisa del blocco mobile con conseguente colpo d'ariete;
- lo sfiato consente l'eliminazione di sacche d'aria in pressione durante l'esercizio.

Per quanto riguarda eventuali sovrappressioni tale carico risulta in linea con le previsioni del DM del 12/12/1985 il

quale indica le massime sovrappressioni consentite in una rete per il trasporto di fluidi in base alla pressione di esercizio come di seguito riportato:

| Pressione del fluido trasportato [MPa] | Sovrappressione massima consentita [MPa] |
|---|---|
| < 0,6 | 0,3 |
| 0,6 - 1 | 0,3 - 0,4 |
| 1 - 2 | 0,4 - 0,5 |
| 2 - 3 | 0,5 - 0,6 |

Figura 11 – Massime sovrappressioni da DM 12/12/1985

Come è possibile notare fino a circa 60m di colonna d'acqua la sovrappressione risulta pari a circa 30m per cui il caso di specie risulta compreso in tali limiti.

3.1. La condotta di adduzione all'impianto

La condotta di adduzione all'impianto è in PEAD corrugato DE1350.

La condotta è stata verificata con una pendenza di 0.0025 con una quota di scorrimento iniziale di 35.00 m s.l.m. e una quota di arrivo in vasca di 34.90 m s.l.m. .

La condotta è stata verificata con la formula di Chezy avendo assunto come parametro di scabrezza in coefficiente di Gaukler_Strikler:

$$Q = k_s \Omega R^{2/3} J^{1/2}$$

dove

- k_s coefficiente di Gaukler-Strikler pari a $80 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$
- Ω area della sezione liquida pari a 0.83 m^2
- R raggio idraulico pari a 0.35 m
- J pendenza della condotta pari a 0.0025

La portata smaltita è pari a $1.67 \text{ m}^3/\text{s}$.

3.2. Le griglie

Le griglie prescelte sono del tipo API con spaziatura di 20mm. Le griglie, in numero di 2, sono state dimensionate con una perdita di carico di 15 cm.

Alle perdite di carico attraverso la griglia si aggiungono a valle circa altri 15cm di perdita di carico prima di arrivare nella vasca delle pompe per l'attraversamento delle luci a stramazzo e delle luci di fondo.

3.3. Le prementi

Le pompe lavorano in modo indipendente. Sono pertanto previste cinque condotte prementi in Polietilene AD PE100 DN 400 PN10.

Le condotte una volta uscite dalla stazione di sollevamento proseguono interrate per circa 10.0m quindi fuoriescono dal terreno per attraversare il canale di by-pass a cielo aperto.

In tale tratto sono previste condotte in acciaio AISI 304 DN 400 spessore 4mm.

Il corrispondenza dell'attraversamento le condotte sono ancorate su due supporti in CLS fondati su pali. La luce dell'attraversamento è di 6.0m.

In corrispondenza della mezzeria dell'attraversamento sarà installato uno sfiato automatico a tre funzioni.

A valle dell'attraversamento le condotte proseguono interrate sotto la viabilità interna all'impianto a una profondità di circa 1.0m fino a raggiungere il pozzetto di di sconnessione.

3.4. Il pozzetto di sconnessione

Il pozzetto di sconnessione ha dimensioni interne di 9.0m x 4.3m.

Le condotte arrivano nel pozzetto con asse a quota 40.05 m s.l.m. e scaricano in una prima vasca di lunga 2.0 m.

Da questa con uno stramazzo l'acqua passa in una seconda vasca di pari dimensioni attraverso uno stramazzo.

Lo stramazzo è stato verificato con la formula per stamazzi rigurgitati:

$$Q = b \left(\mu_1 h_2 \sqrt{2gh_1} + \frac{2}{3} \mu_2 h_1 \sqrt{2gh_1} \right)$$

dove

- $\mu_1 = \mu_2$ coefficienti pari a 0.65;
- b lunghezza della soglia pari a 9.0m
- h_1 differenza di livello monte-valle soglia pari a 0.10m
- h_2 differenza di livello valle-soglia pari a 0.15m

Si ricava una portata di circa 1.64 m³/s.

Dalla seconda vasca parte la condotta che porta le acque reflue verso le coclee.

3.5. La condotta di adduzione alle coclee

La condotta di adduzione alle coclee è in CLS DN1400.

La condotta è stata verificata assumendo un livello nella vasca di sconnessione di 39.65 m s.l.m. e un livello in corrispondenza delle coclee di 39.50 m s.l.m.

La condotta è stata verificata con la formula di Chezy avendo assunto come parametro di scabrezza in coefficiente di Gaukler_Strikler:

$$Q = k_s \Omega R^{2/3} J^{1/2}$$

dove

- k_s coefficiente di Gaukler-Strikler pari a $60 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$
- Ω area della sezione liquida pari a 1.14 m^2
- R raggio idraulico pari a 0.41 m
- J pendenza della condotta pari a 0.002

La portata smaltita è pari a $1.69 \text{ m}^3/\text{s}$.

3.6. Collegamento alle coclee

In corrispondenza delle coclee è prevista la realizzazione di un pozzetto di dimensioni $4.0\text{m} \times 4.3\text{m}$ per allineare la condotta all'ingresso nella vasca di carico delle coclee.

La condotta andrà a collegarsi alla coclea di destra della linea delle nuove coclee.

Le nuove coclee in rotazione lenta sono in grado di sollevare ciascuna $4000 \text{ m}^3/\text{h}$ ($1.11\text{m}^3/\text{s}$) e in rotazione veloce $6000 \text{ m}^3/\text{h}$ ($1.66 \text{ m}^3/\text{s}$).

Si assume che la coclea di destra possa lavorare in rotazione veloce in tutte le condizioni (anche in caso di pioggia).

Se prevede pertanto di posizionare una paratoia piana tra le due coclee della linea nuova asservita al livello a monte della vasca di carico delle coclee (ovvero dove è presente lo sfioro nel canale di by-pass).

Si prevede inoltre di posizionare una paratia tra la nuova linea e la vecchia linea.