

AREA DI RILEVANTE INTERESSE NAZIONALE DI BAGNOLI - COROGLIO (NA)

D.P.C.M. 15.10.2015

Interventi per la bonifica ambientale e rigenerazione urbana dell'area di Bagnoli - Coroglio

Infrastrutture, reti idriche, trasportistiche ed energetiche dell'area del Sito di Interesse Nazionale di Bagnoli - Coroglio



Presidenza del Consiglio dei Ministri
IL COMMISSARIO STRAORDINARIO DEL GOVERNO
PER LA BONIFICA AMBIENTALE E RIGENERAZIONE URBANA
DELL'AREA DI RILEVANTE INTERESSE NAZIONALE
BAGNOLI - COROGLIO



STAZIONE APPALTANTE

INVITALIA S.p.a.: Soggetto Attuatore, in ottemperanza all'art. 33 del D.L. n. 133/2014, convertito con legge n. 164/2014, e del D.P.C.M. 15 ottobre 2015, ai fini della predisposizione ed esecuzione del Programma di Risanamento Ambientale e la Rigenerazione Urbana per il Sito di Rilevante Interesse Nazionale di Bagnoli-Coroglio

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: Ing. Daniele BENOTTI

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

PROGETTAZIONE GEOTECNICA, STRUTTURALE e STRADALE
Ing. Letterio SONNESSA

RELAZIONE GEOLOGICA
Dott. Geol. Vincenzo GUIDO

GRUPPO DI LAVORO INTERNO

Collaboratori:
Geom. Gennaro DI MARTINO
Geom. Alessandro FABBRI
Ing. Davide GRESIA
Ing. Nunzio LAURO
Ing. Alessio MAFFEI
Ing. Angelo TERRACCIANO
Ing. Massimiliano ZAGNI

Supporto operativo:
Ing. Irene CIANCI
Arch. Alessio FINIZIO
Ing. Carmen FIORE
Ing. Federica Jasmeen GIURA
Ing. Leonardo GUALCO

PROGETTAZIONE IDRAULICA
Ing. Claudio DONNALOIA

PROGETTAZIONE DELLA SICUREZZA
Ing. Michele PIZZA

COMPUTI E STIME
Geom. Gennaro DI MARTINO

SUPPORTO TECNICO-SCIENTIFICO
Prof. Ing. Alessandro PAOLETTI
Ing. Domenico CERAUDO
Ing. Cristina PASSONI

PROGETTAZIONE ENERGETICA e TELECOMUNICAZIONI
Ing. Claudio DONNALOIA

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI

MANDATARIA



VIA INGEGNERIA Srl
Via Flaminia, 999
00189 Roma (RM)

COORDINAMENTO DELLA PROGETTAZIONE
Ing. Matteo DI GIROLAMO

PROGETTAZIONE OPERE STRUTTURALI
Ing. Giovanni PIAZZA

COORDINAMENTO SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE
ai sensi D.Lgs. 81/08
Ing. Massimo FONTANA

MANDANTI



QUANTICA INGEGNERIA Srl
Piazza Bovio, 22
80133 Napoli (NA)

PROGETTAZIONE OPERE STRUTTURALI SPECIALI
Ing. Francesco NICCHIARELLI

PROGETTAZIONE OPERE IMPIANTISTICHE ELETTRICHE
Ing. Paolo VIPARELLI

RELAZIONE GEOLOGICA
Geol. Maurizio LANZINI

RELAZIONE ARCHEOLOGICA
Arch. Luca DI BIANCO



WEE WATER ENVIRONMENT ENERGY Srl
Piazza Bovio, 22
80133 Napoli (NA)

PROGETTAZIONE OPERE DI VIABILITA' ORDINARIA
Ing. Giuseppe RUBINO

PROGETTAZIONE ARENA SANT'ANTONIO-HUB DI COROGLIO
Ing. Giuseppe VACCA

RELAZIONE ACUSTICA
Ing. Tiziano BARUZZO

GIOVANE PROFESSIONISTA
Ing. Veronica NASUTI
Ing. Andrea ESPOSITO
Ing. Raffaele VASSALLO
Ing. Serena ONERO



AMBIENTE SPA
Via Frassina, 21
54033 Carrara (MS)

PROGETTAZIONE OPERE IDRAULICHE A RETE
Ing. Giulio VIPARELLI

PROGETTAZIONE OPERE A MARE E IMPIANTO TAF 3
Ing. Roberto CHIEFFI

DISEGNATORI
Geom. Salvatore DONATIELLO
Geom. Paolo COSIMELLI
P.I. Ugo NAPPI
Ing. Daniele CERULLO



HYSOMAR SOCIETA' COOPERATIVA
Corso Umberto I, 154
80138 Napoli (NA)

COMPUTI E STIME
Per. Ind. Giuseppe CORATELLA
Geom. Luigi MARTINELLI

ALPHATECH
Via S. Maria delle Libera, 13
80127 Napoli (NA)



ING. GIUSEPPE RUBINO
Via Riviera di Chiaia, 53
80122 Napoli (NA)



Agenzia nazionale per l'attrazione degli investimenti e lo sviluppo d'impresa SpA

Funzione Servizi di Ingegneria

Direzione Area Tecnica
Opere civili:
Arch. Giulia LEONI

PROGETTO DEFINITIVO

Elaborato			INFRASTRUTTURE IDRICHE HUB IDRICO - NUOVO IMPIANTO TAF 3			
REVISIONE	DATA	AGGIORNAMENTI	REDATTO	DATA	NOME	FIRMA
0	MAGGIO 2023	Emissione	VERIFICATO	MAGGIO 2023	AD	
			APPROVATO	MAGGIO 2023	RC	
			DATA	MAGGIO 2023	CODICE ELABORATO	
			SCALA	---		
			CODICE FILE	2021INV-D-IS.RC.05.03.02.01.doc		
					RC.05.03.02.01	

HUB IDRICO - NUOVO IMPIANTO TAF 3

RELAZIONE IDRAULICA

Sommario

1. PREMESSA.....	3
2. IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO DI PROGETTO.....	4
2.1. IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO INIZIALE DELLE ACQUE DA TRATTARE	4
2.2. IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO INTERMEDIO.....	4
2.3. IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO FINALE	5
2.4. IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO DELLE ACQUE DI SCARTO DELL'OSMOSI INVERSA.....	6
3. PREVALENZA E POTENZIALITA' DEGLI IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO	7
3.1. CALCOLO DELLE PERDITE DI CARICO CONTINUE IN CONDOTTA.....	7
3.2. CALCOLO DELLE PERDITE DI CARICO CONCENTRATE IN CONDOTTA	7
3.3. RISULTATI OTTENUTI.....	8
4. VERIFICHE IN CONDIZIONI DI MOTO VARIO DELLE CONDOTTE PREMENTI	10
4.1. CALCOLO DEL TEMPO DI ARRESTO DEL SISTEMA DI POMPAGGIO	10
4.2. CALCOLO DELLE MASSIME SOVRAPPRESSIONI IN CONDOTTA.....	11
4.3. VERIFICA CONDOTTE.....	12
4.4. RISULTATI OTTENUTI.....	12
5. VERIFICA DELLA CAPACITA' DI ACCUMULO DELLE VASCHE DI SOLLEVAMENTO	16
6. VERIFICA IDRAULICA TUBAZIONI A GRAVITA'	18

1. PREMESSA

La presente relazione riporta i risultati delle valutazioni eseguite per il dimensionamento e le verifiche di carattere idraulico relative agli interventi da realizzare nell'ambito del presente progetto definitivo dell'impianto di trattamento TAF 3 ed opere annesse.

In particolare, le valutazioni eseguite hanno riguardato:

- il calcolo della prevalenza e della relativa potenzialità dei diversi impianti di pompaggio previsti in progetto e la conseguente individuazione delle unità di sollevamento da installare;
- le verifiche in condizioni di moto vario delle condotte prementi;
- le verifiche delle capacità di accumulo delle vasche di sollevamento;
- le verifiche idrauliche delle tubazioni a gravità previste in progetto (linea drenaggi TAF3).

Nel seguito, dopo una sintetica descrizione delle principali caratteristiche e delle potenzialità degli impianti di sollevamento previsti in progetto, si riportano i risultati dei calcoli di dimensionamento e verifica eseguiti caso per caso.

2. IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO DI PROGETTO

Nell'ambito del presente progetto definitivo relativo all'impianto di trattamento denominato TAF3, si è prevista la realizzazione degli impianti di sollevamento di seguito descritti.

2.1. IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO INIZIALE DELLE ACQUE DA TRATTARE

Tale impianto costituisce il recapito delle acque provenienti dalla barriera idraulica di pozzi esistente (oggetto di revamping) e dagli arenili di Bagnoli e Coroglio. Esso è costituito da n. 2 elettropompe sommerse (+1R) ciascuna in grado di sollevare la portata di 70 m³/h, per un totale di 140 m³/h con una prevalenza di 15 m, pari a quella necessaria per convogliare tale portata al TAF3. Considerato che l'impianto in esame dovrà garantire anche il "controlavaggio" della relativa condotta premente (mediante il pompaggio di un maggior valore di portata in condotta), si è optato di incrementare la potenzialità delle unità di sollevamento rispetto a quella minima necessaria prima indicata, prevedendo per tali macchine una prevalenza massima di 35 m; si è previsto, altresì, di dotare il quadro di alimentazione delle pompe in esame di apposito convertitore statico di frequenza (inverter) in grado di far lavorare le unità di sollevamento alla potenza minima necessaria per la condizione di funzionamento prescelta, con la conseguente massima riduzione degli assorbimenti energetici.

La vasca di accumulo a servizio dell'impianto di sollevamento finale è stata prevista di dimensioni in pianta pari a 4.0 x 8.0 m² ed altezza utile pari a 1.00 m (differenza tra il livello idrico max e min in vasca);

La condotta premente dell'impianto è costituita da una tubazione in Pead DN225 PN10 PE100 di lunghezza pari a circa 1520 m che recapita nella sezione di ossidazione del TAF3.

2.2. IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO INTERMEDIO

A seguito dei trattamenti di natura chimico-fisica descritti nelle fasi precedenti, è previsto il sollevamento delle acque chiariflocculate alla successiva sezione di osmosi inversa.

Le stazioni di sollevamento previste sulle n. 2 linee di trattamento (+1R) saranno in grado di pompare all'impianto di osmosi inversa ciascuna la portata di 70 m³/h; all'uopo si prevede per ciascuna delle vasche di pompaggio l'installazione di n. 2 elettropompe sommerse (1 + 1R) in grado di sollevare la suddetta portata di 70 m³/h con una prevalenza di 35 m (a monte dell'impianto di osmosi è infatti richiesta una pressione minima in corrispondenza dell'aspirazione della pompa di alta pressione pari a circa 3.0 bar).

Le elettropompe sommerse saranno alloggiare in apposito vasche di accumulo di dimensioni in pianta ciascuna pari a 3.0 x 3.0 m² ed altezza utile pari a 2.50 m (differenza tra il livello idrico max e min in vasca); la condotta

premente di ciascun impianto è costituita da una tubazione in Pead DN140 PN10 PE100 di lunghezza pari a circa 13 m, indirizzata appunto all'impianto di osmosi.

Qualora non sia necessario sottoporre a trattamento osmotico le acque in uscita dal trattamento chimico-fisico (ad es. durante le stagioni autunnali-invernali allorchè risulta limitata la richiesta irrigua), le stazioni di sollevamento intermedio convoglieranno le acque chiariflocculate al limitrofo impianto di pre-trattamento di Coroglio (e quindi alla depurazione) mediante la linea di by-pass generale del TAF3; all'uopo, risultando in tal caso necessaria una prevalenza molto minore (circa 5.0 m), si è previsto, anche in tal caso, di dotare il quadro di alimentazione delle pompe in esame di apposito inverter in grado di far lavorare le unità di sollevamento alla potenza minima necessaria, con una conseguente riduzione degli assorbimenti energetici per un significativo periodo durante l'anno.

La condotta premente, collegata alla linea di by-pass dell'impianto, è costituita da una tubazione in Pead DN225 PN10 PE100 di lunghezza pari a circa 210 m.

2.3. IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO FINALE

A valle del trattamento di osmosi inversa, sempre nell'ambito dell'edificio del TAF3, è previsto il sollevamento finale delle acque trattate ("permeato di osmosi") da indirizzare alla vasca di accumulo a servizio dell'impianto di irrigazione del futuro Parco di Bagnoli; tale fase è unica per le n. 2 linee di trattamento ed è costituita da n. 2 elettropompe sommerse (+1R) ciascuna in grado di sollevare la portata di 42.5 m³/h (pari al 60% di 70 m³/h), per un totale di 85 m³/h, con una prevalenza di circa 6.0 m.

In via cautelativa, per consentire il massimo sfruttamento delle acque in arrivo al TAF3 e sempre che la qualità delle acque in ingresso lo permettano, si potrà opportunamente calibrare il rendimento della sezione di osmosi inversa, fino ad ottenere il valore teorico della portata permeata pari a 140 m³/h (70 m³/h per linea); ciò consentirebbe di far fronte, per determinati periodi dell'anno o per determinati tipi di colture, ad una maggiore richiesta da parte dell'utenza irrigua. Per tenere conto di tale eventualità, l'impianto di sollevamento in esame è stato dimensionato per pompare l'intera portata di 140 m³/h (70 m³/h per linea) in arrivo all'osmosi; si è pertanto prevista l'installazione di n. 2 unità di sollevamento (+1R) ciascuna in grado di pompare i 70 m³/h alla vasca irrigua.

Considerato ancora che le acque pompate potranno essere impiegate per il controlavaggio della condotta di adduzione al TAF 3 proveniente dalla vasca di sollevamento iniziale, si è previsto come detto di prolungare la premente dell'impianto di sollevamento finale fino a detta vasca (lung. totale 1546 m); pertanto, la prevalenza delle elettropompe da installare è stata valutata con riferimento a tale ulteriore scenario di funzionamento ed è stata assegnata pari a 15 m.

Anche in tal caso, considerata la variabilità delle portate da sollevare e delle relative prevalenze, si è prevista l'installazione di inverter al fine di calibrare al minimo necessario la potenza assorbita dalle apparecchiature di sollevamento ed evitare sprechi energetici.

La vasca di accumulo a servizio dell'impianto di sollevamento finale è stata prevista di dimensioni in pianta pari a 3.0 x 3.0 m² ed altezza utile pari a 2.50 m (differenza tra il livello idrico max e min in vasca).

La condotta premente dell'impianto è costituita da una tubazione in Pead DN225 PN10 PE100, di lunghezza pari a circa 1105 m, che recapita nella vasca di accumulo delle acque ad uso irriguo ubicata a margine di via Coroglio; in progetto si è previsto di prolungare la suddetta condotta premente di ulteriori 441 m circa, per un totale di circa 1546 m, fino alla vasca di sollevamento iniziale delle acque da trattare per consentire, come detto, il "controlavaggio" della condotta di adduzione al TAF3.

2.4. IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO DELLE ACQUE DI SCARTO DELL'OSMOSI INVERSA

Le acque di scarto prodotte dalla sezione di osmosi ("concentrato di osmosi") verranno indirizzate mediante sollevamento al limitrofo impianto di pre-trattamento di Coroglio (e di qui alla depurazione); tale fase è unica per le n. 2 linee di trattamento ed è costituita da n. 1 elettropompa sommersa (+1R) in grado di sollevare la portata di 55 m³/h (pari al 40% di 140 m³/h). In via cautelativa, qualora i valori dei parametri di qualità delle acque in ingresso all'osmosi risultassero particolarmente gravosi, si è ipotizzato che le unità di sollevamento previste siano in grado di pompare una portata massima di concentrato pari 70 m³/h (e cioè fino al 50% di quella in arrivo), con una prevalenza di 10 m. Anche in tal caso, considerata la variabilità delle portate da sollevare e delle relative prevalenze, si è prevista l'installazione di inverter al fine di calibrare al minimo necessario la potenza assorbita dalle apparecchiature di sollevamento ed evitare sprechi energetici.

La vasca di sollevamento a servizio dell'impianto di sollevamento dello scarto di osmosi, anche essa ubicata nell'edificio del TAF3, è stata prevista di dimensioni in pianta pari a 2.20 x 2.20 m² ed altezza utile pari a 2.50 m (differenza tra il livello idrico max e min in vasca).

La condotta premente dell'impianto è costituita da una tubazione in Pead DN140 PN10 PE100 che, dopo un primo tratto di lunghezza pari a circa 12 m, si interconnette alla condotta di by-pass dell'impianto prima descritta (DN225 in Pead – L ≅ 210 m) ed, unitamente a questa, recapita nella vasca di pompaggio dell'impianto di Coroglio che solleva le acque pre-trattate all'impianto di depurazione di Cuma.

3. PREVALENZA E POTENZIALITA' DEGLI IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO

La prevalenza degli impianti di sollevamento di progetto è stata calcolata come somma del dislivello geodetico (Y_g) e delle perdite di carico in condotta; queste ultime risultano somma di quelle continue (ΔY_{cont}) e di quelle concentrate (ΔY_{conc}); di seguito si riportano le relazioni utilizzate per la loro valutazione ed i risultati ottenuti nei diversi casi considerati.

3.1. CALCOLO DELLE PERDITE DI CARICO CONTINUE IN CONDOTTA

La determinazione delle perdite di carico continue nelle tubazioni è stata eseguita mediante l'applicazione della seguente relazione (formula di Hazen Williams):

$$\Delta Y_{cont} = \frac{10.675 \cdot Q^{1.852}}{K_s^{1.852} \cdot D^{4.8704}} L \quad (1)$$

essendo:

ΔY_{cont} = perdite di carico continue (m);

D = diametro interno della tubazione (m);

L = lunghezza del ramo (m);

Q = portata (l/s);

K_s = coefficiente di scabrezza ($K_s = 150$ nel caso di tubazioni di Pead).

3.2. CALCOLO DELLE PERDITE DI CARICO CONCENTRATE IN CONDOTTA

Le perdite di carico concentrate sono state valutate con la nota relazione:

$$\Delta Y_{conc} = n \alpha V_0^2 / 2 g \quad (2)$$

essendo:

n = numero dei punti di singolarità della condotta (curve, pezzi speciali, valvole, etc.);

α = coefficiente ($\alpha \leq 1$);

V_0 = velocità media in condotta (m/s);

g = accelerazione di gravità (m/s²).

In cautelativa, si è posto in ciascun caso $\alpha = 1$.

3.3. RISULTATI OTTENUTI

Si sono ottenuti i seguenti risultati per i diversi casi considerati:

IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO INIZIALE (Acque da trattare)	
Funzionamento su linea unica (Q = 140 m ³ /h – DN225)	
Q (l/s)	38.89
D (m)	0.1982
L (m)	1520
ΔY_{cont} (m)	9.98
n	10
V ₀ (m/s)	1.26
ΔY_{conc} (m)	0.81
Y _g (m)	3.50
Y_{tot} (m)	14.28
Elettropompe tipo Flygt mod. NP 3153.182 SH272 - potenza nominale 15 kW - prevalenza max (controlavaggio): H = 35 m	

IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO INTERMEDIO (Acque all'osmosi inversa/by-pass alla depurazione)			
Funzionamento su singola linea – all'osmosi: (Q = 70 m ³ /h – DN140)		Funzionamento su linea unica - by-pass: (Q = 140 m ³ /h – DN225)	
Q (l/s)	19.44	Q (l/s)	38.89
D (m)	0.1234	D (m)	0.1982
L (m)	13	L (m)	210
ΔY_{cont} (m)	0.24	ΔY_{cont} (m)	1.38
n	4	n	6
V ₀ (m/s)	1.63	V ₀ (m/s)	1.26
ΔY_{conc} (m)	0.54	ΔY_{conc} (m)	0.49
Y _g (m)	30	Y _g (m)	3.50
Y_{tot} (m)	30.78	Y_{tot} (m)	5.37
Elettropompe tipo Flygt mod. NP 3153.182 SH272 - potenza nominale 15 kW - prevalenza max (invio all'osmosi): H = 35 m			

IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO FINALE (Acque all'irrigazione/alla vasca di sollevamento iniziale per controlavaggio condotta)					
Funzionamento su linea unica – alla vasca di irrigazione: (Q = 85 m ³ /h – DN225)		Funzionamento su linea unica – alla vasca di irrigazione: (Q = 140 m ³ /h – DN225)		Funzionamento su linea unica – alla vasca di sollevamento iniziale: (Q = 140 m ³ /h – DN225)	
Q (l/s)	23.61	Q (l/s)	38.89	Q (l/s)	38.89
D (m)	0.1982	D (m)	0.1982	D (m)	0.1982
L (m)	1105	L (m)	1105	L (m)	1546
ΔY_{cont} (m)	2.88	ΔY_{cont} (m)	7.25	ΔY_{cont} (m)	10.14
n	8	n	8	n	10
V ₀ (m/s)	0.77	V ₀ (m/s)	1.26	V ₀ (m/s)	1.26
ΔY_{conc} (m)	0.24	ΔY_{conc} (m)	0.65	ΔY_{conc} (m)	0.81
Y _g (m)	3.0	Y _g (m)	3.0	Y _g (m)	3.0
Y_{tot} (m)	6.12	Y_{tot} (m)	10.90	Y_{tot} (m)	13.95
Elettropompe tipo Flygt mod. NP 3153.182 HT454 - potenza nominale 9 kW – prevalenza max (alla vasca di sollevamento iniziale): H = 15 m					

IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO SCARTO OSMOSI (Acque alla depurazione)			
Funzionamento su linea unica - alla depurazione: (Q = 55 m ³ /h – DN140/DN225)		Funzionamento su linea unica - alla depurazione: (Q = 70 m ³ /h – DN140/DN225)	
Q (l/s)	15.28	Q (l/s)	19.44
D' (m)	0.1234	D' (m)	0.1234
L' (m)	12	L' (m)	12
$\Delta' Y_{cont}$ (m)	0.14	$\Delta' Y_{cont}$ (m)	0.22
N'	6	n'	6
V' ₀ (m/s)	1.28	V' ₀ (m/s)	1.63
$\Delta' Y_{conc}$ (m)	0.50	$\Delta'' Y_{conc}$ (m)	0.81
D'' (m)	0.1982	D'' (m)	0.1982
L'' (m)	210	L'' (m)	210
$\Delta'' Y_{cont}$ (m)	0.24	$\Delta'' Y_{cont}$ (m)	0.38
n''	6	n''	6
V'' ₀ (m/s)	0.50	V'' ₀ (m/s)	0.63
$\Delta'' Y_{conc}$ (m)	0.08	$\Delta'' Y_{conc}$ (m)	0.12
Y _g (m)	3.0	Y _g (m)	3.0
Y_{tot} (m)	3.96	Y_{tot} (m)	4.53
Elettropompe tipo Flygt mod. NP 3127.161 HT487 - potenza nominale 5.9 kW – prevalenza max (Q = 70 m ³ /h alla vasca di sollevamento iniziale): H = 10 m			

In tutti i casi è stato verificato che la prevalenza e la conseguente potenzialità assegnata alle elettropompe è ampiamente sufficiente a garantire il funzionamento delle stesse nelle più gravose condizioni di funzionamento ipotizzate in progetto.

4. VERIFICHE IN CONDIZIONI DI MOTO VARIO DELLE CONDOTTE PREMENTI

Le analisi condotte sono consistite nella valutazione delle massime sovrappressioni indotte in corrispondenza della sezione iniziale della tubazione premente in condizioni di moto vario (condizioni che possono verificarsi in occasione di un arresto improvviso del sistema di pompaggio ad es. per black-out elettrico).

Prendendo a riferimento il valore di sovrappressione così ottenuto, è stato verificato, in primis, che la pressione nominale delle tubazioni fosse compatibile con la massima pressione interna indotta in condizioni di moto vario; altresì, è stato confrontato il valore ottenuto con quello massimo ammissibile previsto secondo norma in assenza di organi di attenuazione.

4.1. CALCOLO DEL TEMPO DI ARRESTO DEL SISTEMA DI POMPAGGIO

Si è provveduto inizialmente alla valutazione del tempo di arresto del sistema di pompaggio utilizzando il metodo approssimato di Mendiluce:

$$T_c = C + K \frac{V_0 L}{g H_m} \quad (3)$$

essendo:

T_c = tempo di arresto della pompa (s);

L = lunghezza condotta (m);

H_m = prevalenza manometrica della pompa (m);

C = coefficiente funzione del rapporto H_m/L (vedi tab. 1);

K = coefficiente funzione della lunghezza della condotta premente (vedi tab. 1);

V_0 = velocità media in condotta in condizioni di regime (m/s);

g = accelerazione di gravità (m/s²).

Metodo approssimato di Mendiluce		Stima del tempo di arresto T_c	
$T_c = C + K \frac{V_0 L}{g H_m} \quad [s]$		H_m = prevalenza manometrica della pompa	
C	H_m/L	K = 1 per $L \geq 2.000$ m K = 2 - 0,0005 L per $L \leq 2.000$ m	
1,00	0,00÷0,20		
0,75	0,21÷0,28		
0,50	0,29÷0,32		
0,25	0,33÷0,37		
0,00	0,38÷0,40 (*)	(*) per $H_m/L > 0,4$ è prudente considerare <u>istantaneo</u> l'arresto del flusso, ovvero $T_c = 0$	

tab. 1 – Tabella coefficienti metodo di Mendiluce

Per stabilire se si è in condizioni di "chiusura brusca" o di "chiusura lenta", il suddetto valore di T_c è stato confrontato al valore limite T_{lim} ricavato dalla nota relazione:

$$T_{lim} = 2 L / c \quad (4)$$

in cui:

L = lunghezza condotta (m);

c = celerità di propagazione in condotta (m/s).

Qualora $T_c > T_{lim}$, si è condizioni di chiusura lenta, se invece $T_c < T_{lim}$, si è condizioni di chiusura brusca.

Il valore della celerità di propagazione è stato ricavato dalla nota relazione:

$$c = \frac{\sqrt{\varepsilon / \rho}}{\sqrt{1 + \frac{D\varepsilon}{sE}}} \quad (5)$$

in cui:

c = celerità di propagazione in condotta (m/s).

ε = comprimibilità dell'acqua (= $2,03 \cdot 10^9$ N/m²);

ρ = densità dell'acqua (= 10^3 kg/m³);

D = diametro interno della condotta (m);

s = spessore della condotta (m);

E = modulo elastico della condotta (= $1,2 \cdot 10^9$ N/m²).

4.2. CALCOLO DELLE MASSIME SOVRAPPRESSIONI IN CONDOTTA

Il valore delle massime sovrappressioni in condotta è stato calcolato con la nota formula di Allievi-Michaud (valida nel caso di "chiusura lenta"):

$$\Delta Y_{max} = \frac{2V_0L}{gT_c} \quad (6)$$

in cui:

ΔY_{max} = massima sovrappressione (m);

V_0 = velocità media in condotta in condizioni di regime (m/s);

g = accelerazione di gravità (m/s^2).

L = lunghezza condotta (m);

T_c = tempo di chiusura (s).

Si è quindi provveduto a confrontare il valore massimo di sovrappressione ottenuto con i limiti imposti dalla norma (DM 12/12/1985 – “Norme tecniche sulle tubazioni”):

DM 12/12/1985				
Pressione idrostatica fino a [kgf/cm ²]	6	6+10	10+20	20+30
Sovrappressione di colpo d'ariete [kgf/cm ²]	3	3÷4	4÷5	5÷6

tab. 2 – Valori delle sovrappressioni massime DM 12/12/1985

4.3. VERIFICA CONDOTTE

Tale verifica è consistita nel controllare che il massimo valore di pressione che si verifica in condotta (pressione di collaudo) risulti inferiore al quello della pressione nominale della condotta stessa; all'uopo sono stati ricavati:

- il massimo valore della pressione di esercizio in condizioni di moto vario in corrispondenza della sezione iniziale della tubazione premente; tale valore è dato dalla somma della massima sovrappressione prima calcolata con la prevalenza manometrica. La pressione così ottenuta risulta: $Y_e = H_m + \Delta Y_{max}$
- il valore della pressione di collaudo della condotta; tale valore è pari a 1.5 volte la suddetta pressione di esercizio (art. 4 – DM 12/12/1985): $Y_{coll} = 1.5 Y_e$

Ricavato tale valore, è stato quindi controllato che esso fosse inferiore a quello della pressione nominale delle condotte (PN10).

4.4. RISULTATI OTTENUTI

Si sono ottenuti i seguenti risultati per i diversi casi considerati:

IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO INIZIALE (Acque da trattare)	
Funzionamento su linea unica (Q = 140 m ³ /h – DN225)	
Q (l/s)	38.89
D (m)	0.1982
L (m)	1520
V ₀ (m/s)	1.26
H _m (m)	14.28
C	1.00
K	1.24
T _c (s)	17.97
s (m)	0.0134
c (m/s)	279.35
T _{lim} (s)	10.88
ΔY _{max} (m)	21.75
ΔY _{amm} (m)	30.00
Y _e (m)	36.03
Y _{coll} (m)	54.05
PN (bar)	10 (circa 100 m)

IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO INTERMEDIO (Acque all'osmosi inversa/by-pass alla depurazione)			
Funzionamento su singola linea – all'osmosi: (Q = 70 m ³ /h – DN140)		Funzionamento su linea unica - by-pass: (Q = 140 m ³ /h – DN225)	
Q (l/s)	19.44	Q (l/s)	38.89
D (m)	0.1234	D (m)	0.1982
L (m)	13	L (m)	190
V ₀ (m/s)	1.63	V ₀ (m/s)	1.26
H _m (m)	30.78	H _m (m)	5.13
C	1.00	C	1.00
K	1.99	K	1.91
T _c (s)	1.14	T _c (s)	10.07
s (m)	0.0083	s (m)	0.0134
c (m/s)	278.66	c (m/s)	279.35
T _{lim} (s)	0.09	T _{lim} (s)	1.36
ΔY _{max} (m)	3.78	ΔY _{max} (m)	4.85
ΔY _{amm} (m)	30.00	ΔY _{amm} (m)	30.00
Y _e (m)	34.56	Y _e (m)	9.99
Y _{coll} (m)	51.84	Y _{coll} (m)	14.98
PN (bar)	10 (circa 100 m)	PN (bar)	10 (circa 100 m)

IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO FINALE (Acque all'irrigazione/alla vasca di sollevamento iniziale per controlavaggio condotta)					
Funzionamento su linea unica – alla vasca di irrigazione: (Q = 85 m ³ /h – DN225)		Funzionamento su linea unica – alla vasca di irrigazione: (Q = 140 m ³ /h – DN225)		Funzionamento su linea unica - alla vasca di sollevamento iniziale: (Q = 140 m ³ /h – DN225)	
Q (l/s)	23.61	Q (l/s)	38.89	Q (l/s)	38.89
D (m)	0.1982	D (m)	0.1982	D (m)	0.1982
L (m)	1105	L (m)	1105	L (m)	1546
V ₀ (m/s)	0.77	V ₀ (m/s)	1.26	V ₀ (m/s)	1.26
H _m (m)	6.12	H _m (m)	10.90	H _m (m)	13.95
C	1.00	C	1.00	C	1.00
K	1.45	K	1.45	K	1.23
T _c (s)	21.40	T _c (s)	19.87	T _c (s)	18.48
s (m)	0.0134	s (m)	0.0134	s (m)	0.0134
c (m/s)	279.35	c (m/s)	279.35	c (m/s)	279.35
T _{lim} (s)	7.91	T _{lim} (s)	7.91	T _{lim} (s)	11.07
ΔY _{max} (m)	8.06	ΔY _{max} (m)	14.30	ΔY _{max} (m)	21.51
ΔY _{amm} (m)	30.00	ΔY _{amm} (m)	30.00	ΔY _{amm} (m)	30.00
Y _e (m)	14.18	Y _e (m)	25.20	Y _e (m)	35.46
Y _{coll} (m)	21.27	Y _{coll} (m)	37.79	Y _{coll} (m)	53.19
PN (bar)	10 (circa 100 m)	PN (bar)	10 (circa 100 m)	PN (bar)	10 (circa 100 m)

IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO SCARTO OSMOSI* (Acque alla depurazione)			
Funzionamento su linea unica - alla depurazione: (Q = 55 m ³ /h – DN140)		Funzionamento su linea unica - alla depurazione: (Q = 70 m ³ /h – DN140)	
Q (l/s)	15.28	Q (l/s)	19.44
D (m)	0.1234	D (m)	0.1234
L (m)	222	L (m)	222
V ₀ (m/s)	1.28	V ₀ (m/s)	1.63
H _m (m)	6.10	H _m (m)	7.87
C	1.00	C	1.00
K	1.89	K	1.89
T _c (s)	9.96	T _c (s)	9.84
s (m)	0.0083	s (m)	0.0083
c (m/s)	278.66	c (m/s)	278.66
T _{lim} (s)	1.59	T _{lim} (s)	1.59
ΔY _{max} (m)	5.81	ΔY _{max} (m)	7.48
ΔY _{amm} (m)	30.00	ΔY _{amm} (m)	30.00
Y _e (m)	11.91	Y _e (m)	15.35
Y _{coll} (m)	17.86	Y _{coll} (m)	23.03
PN (bar)	10 (circa 100 m)	PN (bar)	10 (circa 100 m)
*verifiche eseguite considerando il diametro costante corrispondente alla condotta DN140 e la lunghezza complessiva L= 210+12 = 222 m			

Sulla scorta dei risultati ottenuti dalle valutazioni eseguite si ha che:

- non risulta necessaria l'introduzione di appositi organi di attenuazione dei fenomeni di moto vario in quanto il valore massimo di sovrappressione risulta in tutti i casi inferiore al valore massimo ammissibile secondo norma (DM 12/12/1985 - $\Delta Y_{\max} = 30 \text{ m}$);
- il valore della massima pressione ottenuto in corrispondenza della sezione iniziale delle condotte prementi risulta in tutti i casi inferiore a quello della pressione nominale delle tubazioni (PN10).

5. VERIFICA DELLA CAPACITA' DI ACCUMULO DELLE VASCHE DI SOLLEVAMENTO

I volumi di accumulo previsti in progetto per le vasche di sollevamento da realizzare sono stati confrontati con quelli minimi necessari per garantire il funzionamento ottimale dell'impianto e, soprattutto, assicurare un ridotto numero orario di attacchi/stacchi delle unità di pompaggio.

I valori dei volumi minimi di invaso sono stati calcolati con la seguente relazione:

$$V_{tot} = V_{rich} + (N-1) \Delta H S \quad (7)$$

in cui:

V_{rich} = volume da invasare richiesto per la singola pompa (m^3);

N = numero di unità di pompaggio in funzione;

S = superficie in pianta del comparto di sollevamento (m^2);

ΔH = dislivello idrico per l'attacco di due pompe successive (si assume $\Delta H = 0.40$ m).

Il volume da invasare richiesto per la singola pompa, V_{rich} , risulta pari a:

$$V_{rich} = Q_p t_c / 4 \quad (8)$$

in cui:

Q_p = portata della singola pompa (m^3/s);

t_c = tempo minimo del ciclo di avviamenti/ora delle pompe (si assume un numero massimo di avviamenti/ora delle pompe pari a 10 e pertanto si ha che $t_c = 6$ min = 360 s).

I valori dei volume di invaso minimi così ottenuti nei diversi casi sono stati confrontati con quelli disponibili per le singole vasche (W); questi ultimi sono pari al prodotto della superficie della vasca S moltiplicata per l'altezza utile (h_u – differenza tra la quota idrica max e min in vasca).

Nelle tabelle che seguono si riportano i risultati ottenuti dalle valutazioni effettuate.

In tutti i casi esaminati è stato appurato che il volume minimo di invaso risulta sensibilmente inferior rispetto a quello effettivamente disponibile secondo progetto.

IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO INIZIALE (Acque da trattare)	
Q_p (l/s)	19.44
t_c (s)	360
N	2
S (m ²)	32.00
ΔH (m)	0.40
V_{rich} (m ³)	1.75
V_{tot} (m ³)	14.55
h_u (m)	1.00
W (m ³)	32.00

IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO INTERMEDIO (Acque all'osmosi inversa/by-pass alla depurazione – verifica eseguita per la singola linea da 70 m ³ /h)	
Q (l/s)	19.44
t_c (s)	600
N	1
S (m ²)	9.00
ΔH (m)	0.40
V_{rich} (m ³)	1.75
V_{tot} (m ³)	1.75
h_u (m)	2.50
W (m ³)	22.50

IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO FINALE (Acque trattate – verifica eseguita per la portata massima di 140 m ³ /h)	
Q_p (l/s)	19.44
t_c (s)	600
N	2
S (m ²)	9.00
ΔH (m)	0.40
V_{rich} (m ³)	1.75
V_{tot} (m ³)	5.35
h_u (m)	2.50
W (m ³)	22.50

IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO SCARTO DI OSMOSI (Acque di scarto osmosi – verifica eseguita per la portata massima di 70 m ³ /h)	
Q_p (l/s)	19.44
t_c (s)	600
N	1
S (m ²)	4.84
ΔH (m)	0.40
V_{rich} (m ³)	1.75
V_{tot} (m ³)	1.75
h_u (m)	2.30
W (m ³)	11.13

6. VERIFICA IDRAULICA TUBAZIONI A GRAVITA'

In progetto si è prevista la realizzazione di una rete di raccolta dei drenaggi dell'impianto di trattamento che corre in posizione interrata all'interno dell'edificio del TAF3; essa è costituita da tubazioni in PVC di diametro DN200 e DN315 che hanno la funzione di smaltire le acque surnananti provenienti dall'ispessimento dei fanghi e/o di strizzaggio dei filtopressa, o anche le acque di dilavamento eventualmente ruscellanti sulla pavimentazione interna all'edificio (raccolte dalla canaletta grigliata che corre lungo il perimetro interno dell'edificio). Nella stessa rete di raccolta delle acque di drenaggio trovano recapito anche i liquidi provenienti dal comparto reattivi (a seguito di un'eventuale rottura accidentale dei serbatoi), così come le acque smaltite dai tubi di troppo-pieno delle vasche dei sollevamenti intermedi delle n. 3 linee di trattamento.

In definitiva, ai fini delle presenti verifiche, sono stati assunti i seguenti valori delle portate massime convogliabili dalle tubazioni DN200 e dalle tubazioni DN315:

- Tubazioni DN200: $Q_{\max} = 70 \text{ m}^3/\text{h} = 19.44 \text{ l/s}$;
- Tubazioni DN315: $Q_{\max} = 140 \text{ m}^3/\text{h} = 38.89 \text{ l/s}$.

In tutti i casi, si è prevista una pendenza longitudinale minima delle tubazioni pari allo 0.50%.

Le verifiche idrauliche dei collettori fognari di progetto sono state eseguite nell'ipotesi di deflusso in condizioni di moto uniforme mediante la costruzione delle scale di deflusso; a tale scopo, è stata utilizzata la nota relazione di Gauckler - Strickler:

$$Q = \sigma K_s R^{2/3} i^{1/2} \quad (9)$$

in cui:

Q = portata massima defluente (m^3/s)

i = pendenza minima del collettore (m/m);

σ = sezione idrica (m^2);

K_s = scabrezza di Gauckler e Strickler ($\text{m}^{1/3}/\text{s}$);

R = raggio idraulico (rapporto tra superficie idrica e perimetro bagnato - m).

Sono disponibili nella letteratura tecnica valori tabellati del coefficiente di scabrezza K_s per diverse tipologie di tubazioni e canali. Nel caso in esame, per le tubazioni in PVC, si è assunto un coefficiente $K_s = 80$.

Le verifiche sono consistite nel controllare che:

- per $Q = Q_{max}$ il grado di riempimento degli specchi sia inferiore a $h/D = 0.70$;
- per $Q = Q_{max}$ la velocità massima nel collettore sia inferiore a $V = 5.0$ m/s.

Si è ottenuto quanto segue:

- tubazioni DN200: per $i = i_{min} = 0.005$; $Q = Q_{max} = 19.44$ l/s $\rightarrow h = 0.14$ m; $h/D = 0,68$; $V = 0.85$ m/s;
- tubazioni DN315: per $i = i_{min} = 0.005$; $Q = Q_{max} = 38.89$ l/s $\rightarrow h = 0.15$ m; $h/D = 0,49$; $V = 1.03$ m/s.

In tutti i casi, i valori di h/D e V sono inferiori ai limiti prefissati e, pertanto, le verifiche sono soddisfatte.