Comune

GENOVA

Provincia

GENOVA

Titolo del progetto

REALIZZAZIONE DEL NUOVO IMPIANTO DI DEPURAZIONE AREA CENTRALE DI GENOVA - D.A.C.

Livello di progettazione	Settore di business	Disciplina
D - DEFINITIVO	I2 - DEPURAZIONE	IMP - IMPIANTI

Numero	Titolo	Scala
RT - 003	RELAZIONE IDRAULICA TUBAZIONI E RECAPITO FINALE	

ID Progetto	Titolo sintetico (nome file di stampa)	Codifica WBS
2016GESI0025-00	2016GESI0025-00-D-I2-IMP-RT-003-00.pdf	C10I2-L058-01-0004

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
00	Dicembre 2017	Emissione	AS	CP	CC

Redatto:

ing. Angelo Schiavone - LS

Verificato:

ing. Cosimo Parabita - IRETI

Approvato:

ing. Claudio Casale - IRETI

Funzione Ingegneria e Realizzazioni
IRETI.S.p.A - Società con socio unico IREN S.p.A
Sottoposta a direzione e coordinamento di IREN S.p.A
Sede legale : S.P. 95 per Castelnuovo Scrivia - 15057 Tortona (AL)
cod.fisc e P.IVA n° 01791490343 pec:ireti@pec.ireti.it

LS INGEGNERIA s.r.l.s
Via Dante Alighieri n.11
74015 Martina Franca (TA)
lsingegneria@pec.it
C.fisc.-P.Iva 03000270735

PROGETTISTA :

Ing. Angelo Schiavone iscritto all'ordine degli ingegneri di Torino con n. 4310

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI TORINO
Ing. ANGELO SCHIAVONE n. 4310

Sommario

Sommario 1

Premessa 2

Metodologia di calcolo 3

Risultati di calcolo e definizione del profilo idraulico del depuratore 5

Condotte di scarico 6

Comparto di ultrafiltrazione a membrane 7

Comparto biologico 8

Chiarificazione primaria 8

Sfioro dei sovrafflussi idraulici 9

Collegamento con la linea del comparto biologico utilizzata come accumulo 10

Comparto dissabbiatura-disoleazione 10

Comparto grigliatura 11

Verifica idraulica dei principali sollevamenti dell'impianto 11

Verifica delle reti di distribuzione dell'aria 12

Premessa

La presente Relazione espone nel dettaglio i principi ed i risultati dei calcoli di verifica che hanno condotto alla definizione del profilo idraulico del depuratore dell'Area Centrale della città di Genova (D.A.C.).

Nei successivi paragrafi si procederà all'analisi delle singole sezioni impiantistiche, definendo per ciascuna il regime di funzionamento idraulico nelle diverse condizioni di esercizio prevedibili in rapporto all'afflusso delle portate di progetto ed agli eventuali interventi manutentivi (con parzializzazione di alcuni reparti).

Metodologia di calcolo

Le verifiche idrauliche sono state condotte facendo riferimento alle portate medie e massime ammesse ai vari comparti di trattamento, tenendo conto anche della parzializzazione di alcuni reparti (se organizzati su più linee parallele).

I calcoli sono stati effettuati nell'ipotesi di moto uniforme o permanente. Di qui l'utilizzo, nella verifica delle condotte e dei canali non in pressione, della nota formula di Chèzy per correnti a superficie libera in moto uniforme:

$$Q = A \cdot \chi \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

con il seguente significato dei simboli:

Q = portata defluente;

A = area della sezione liquida;

$\chi = cR^{1/6}$

dove

c = coefficiente di scabrezza di Strickler.

R = raggio idraulico (area della sezione liquida/contorno bagnato)

i = pendenza del fondo

Nei casi in cui si è reso necessario il tracciamento di profili di corrente si è proceduto alla soluzione numerica delle equazioni di De Saint-Venant o dell'equazione globale dell'equilibrio dinamico, a mezzo di software commerciali di largo impiego nel settore (es. HEC-RAS).

Per quanto riguarda le tubazioni in pressione, la valutazione delle perdite di carico è stata effettuata mediante la relazione di Colebrook

$$Q = -\frac{\pi D^2}{2} \cdot \sqrt{2gDi} \cdot \log\left(\frac{2{,}51\nu}{D\sqrt{2gDi}} + \frac{\varepsilon / D}{3{,}71} \right)$$

dove *i* è la pendenza motrice, ν è la viscosità del liquido e ε è la scabrezza assoluta della tubazione (assunta cautelativamente pari a 1 mm).

Le perdite di carico concentrate sono state valutate secondo la consueta relazione:

$$\Delta H_c = \xi \cdot \frac{U^2}{2g}$$

dove U rappresenta la velocità media della corrente e ξ è un coefficiente che assume differenti valori in funzione della singolarità idraulica in esame:

Imbocco (non raccordato)	0,5
Sbocco	1,0
Curve (in funzione del raggio di curvatura, di D e della deviazione angolare)	0,06 ÷ 0,3
Saracinesche	0,2
Tee (in funzione dei diametri delle tubazioni e delle portate transitanti)	1,1 ÷ 11,9
Valvole di ritegno a sfera mobile	1,5 ÷ 3,0

Per un elenco completo dei suddetti coefficienti, si rimanda alla manualistica tecnica. Il carico sugli stramazzi è stato determinato a partire dalla seguente formula approssimata:

$$Q = \mu \cdot L \cdot \Delta H \cdot \sqrt{2g \cdot \Delta H}$$

dove L è la lunghezza dello stramazzo, ΔH è il carico sullo stramazzo e μ è un coefficiente che assume valore variabile in funzione del tipo di sfioro (0,41-0,46 per stramazzo in parete sottile, senza contrazione laterale, 0,385 per stramazzi a larga soglia, etc.).

Risultati di calcolo e definizione del profilo idraulico del depuratore

Nei successivi paragrafi si riporta il dettaglio dei calcoli sviluppati per i vari reparti impiantistici: secondo la comune pratica progettuale, per la linea acque l'analisi è stata condotta procedendo dalle estreme sezioni di valle (in questo caso, la vasca di alimentazione della condotta sottomarina e lo scarico dell'ultrafiltrazione) verso monte, fino allo sbocco delle tubazioni di adduzione dei liquami; per quel che riguarda la linea fanghi, le singole sezioni componenti, essendo collegate attraverso impianti di pompaggio con funzionamento idraulicamente indipendente, saranno invece analizzate singolarmente.

Le quote altimetriche sono indicate nel medesimo sistema di riferimento utilizzato in tutti gli elaborati progettuali.

La seguente tabella riassume le portate a base del dimensionamento idraulico del depuratore. Tali portate subiscono lievi alterazioni (di alcuni punti percentuali) lungo la filiera depurativa, a causa dell'immissione dei dreni della linea fanghi (a valle della dissabbiatura) e dell'estrazione dei fanghi primari e biologici (rispettivamente in corrispondenza della chiarificazione primaria e dell'ultrafiltrazione). Nello specifico, nei successivi paragrafi sono state utilizzate le portate calcolate in coerenza con le verifiche contenute nella Relazione Tecnica di processo. La temperatura del liquame si assume cautelativamente pari a 12°C.

Parametro	U.d.m.	Valore
Portata totale in ingresso alla linea acque		
Portata media (Q_m)	m^3/d	51'680
	m^3/h	2'153
Portata di punta nera	m^3/h	4'306
Portata massima ammessa in ingresso all'impianto in tempo di pioggia (5 Q_m)	m^3/h	10'767
Portata massima ammessa ai trattamenti primari e secondari in tempo di pioggia (3,0 Q_m) (comprensiva dell'apporto di dreni della linea fanghi)	m^3/h	6'642
Portata totale in ingresso alla linea fanghi		
Portata media (Q_{mf})	m^3/d	4'500
	m^3/h	188

Per ogni comparto saranno considerati almeno i seguenti scenari:

- scenario 1: corrispondente a condizioni di funzionamento "medie", rappresentative quindi del normale esercizio dell'impianto in tempo secco;
- scenario 2: descrizione delle condizioni di funzionamento idraulico in presenza delle massime portate ammesse ai reparti in tempo di pioggia. Dette portate massime assumeranno valore di 3 Q_m per i reparti della linea acque a valle dei pretrattamenti (chiarificazione primaria, comparto biologico, ultrafiltrazione a membrane). Le sezioni di grigliatura e dissabbiatura della linea acque riceveranno invece portate massime di 5 Q_m. Per

queste ultime stazioni di trattamento saranno quindi analizzati almeno due scenari: lo scenario 2.1, corrispondente al deflusso della portata 3 Q_m (al superamento della quale si attiverà lo sfioro a valle della dissabbiatura), e lo scenario 2.2, relativo al transito della portata 5 Q_m;

- scenario 3: per alcuni comparti articolati su più linee, è stata analizzata la situazione di esercizio più gravosa associata al fermo di una delle linee ed al ricevimento, da parte dei compartimenti residui, delle massime portate in tempo di pioggia.

L'esito delle verifiche è compendiato negli schemi grafici allegati che descrivono il profilo idraulico del depuratore. A tali elaborati si rimanda per una più agevole comprensione della successione e della dislocazione delle sezioni di calcolo alle quali, nelle tabelle seguenti, si farà necessariamente riferimento con denominazioni sintetiche.

Condotte di scarico

Come già detto, il profilo idraulico viene calcolato a partire dalle condotte di scarico.

Nel caso del D.A.C., è stata prevista la possibilità di smaltire l'effluente finale dell'impianto attraverso l'esistente condotta sottomarina o per mezzo di una tubazione recapitante nel torrente Polcevera.

Nel dettaglio, in tempo secco (per portate inferiori a 2 Qm), i reflui depurati, in virtù delle elevate prestazioni depurative dell'impianto, potranno essere indifferentemente avviati allo scarico direttamente al torrente Polcevera o in mare.

In tempo di pioggia, al crescere delle portate, i liquami in uscita dalla sezione di ultrafiltrazione (di migliore qualità) saranno preferenzialmente inviati allo scarico nel Polcevera; quelli scolmati dallo sfioro a monte del trattamento primario in tempo di pioggia (per una portata massima di 2 Q_m, ovvero 4'307 m^3/h) saranno invece normalmente allontanati attraverso la condotta di scarico sottomarina.

Il livello nella vasca di alimentazione di quest'ultima è determinato, per le portate minori, dal carico che l'effluente deve acquisire per poter vincere le perdite lungo la condotta stessa. Per le massime portate, alla saturazione della capacità di invaso del bacino, entreranno in funzione le pompe di un'apposita stazione di sollevamento che forniranno il carico idraulico supplementare necessario allo smaltimento dell'effluente. Per il comparto in esame è stato analizzato il deflusso della portata media in tempo asciutto (scenario 1) e di quella massima in tempo di pioggia (scenario 2).

Si riporta di seguito l'esito delle verifiche condotte.

Condotta di scarico sottomarina	**U.d.m.**	**scenario 1**	**scenario 2**
portata	m^3/h	2153	4307
livello medio del mare	m	0,00	0,00
perdite di carico nella condotta sottomarina (DN 750)	m	5,63	22,38
livello idrico nella vasca di alimentazione	m	5,63	7,00

Come si può notare, le verifiche confermano la possibilità di convogliare a gravità una portata pari a quella media di tempo asciutto. Per portate superiori, le maggiori perdite di carico dovranno essere compensate con l'attivazione della stazione di sollevamento.

Per quanto riguarda lo scarico nel Polcevera, sarà allo scopo realizzata una nuova tubazione funzionante a superficie libera.

Anche in questo caso, si considera il deflusso della portata media in tempo asciutto (scenario 1) e della portata massima in tempo di pioggia, pari a 3 Q_m (scenario 2).

Condotta di scarico sottomarina	U.d.m.	scenario 1	scenario 2
portata	m^3/h	2153	6642
altezza d'acqua nella tubazione di scarico (DN 1200, i = 0,25%)	m	0,45	0,90

Comparto di ultrafiltrazione a membrane

Come già detto, l'effluente del comparto di ultrafiltrazione sarà normalmente smaltito attraverso una condotta di scarico recapitante alla foce del torrente Valpolcevera. È tuttavia prevista la possibilità di scarico delle portate non eccedenti 2 Qm anche attraverso la condotta sottomarina mediante un apposito collegamento idraulico.

In ogni caso, lo scarico del comparto di ultrafiltrazione risulta idraulicamente disconnesso dalle suddette condotte: esso potrà avvenire a gravità, attraverso l'innesco del sifone costituito dalle tubazioni di estrazione del permeato per mezzo di appositi eiettori, qualora sia disponibile un dislivello sufficiente tra il livello idrico nei bacini di alloggiamento delle membrane e quello che si determina all'imbocco dei collettori sopra menzionati; in alternativa, l'allontanamento del permeato potrà avvenire per pompaggio (attraverso una batteria di pompe volumetriche reversibili).

Per quel che riguarda il ricircolo della miscela aerata dal comparto di ultrafiltrazione verso l'ingresso del comparto biologico, esso avverrà mediante una serie di tubazioni funzionanti a pelo libero DN800 (due per ciascuna linea del comparto biologico). Dette tubazioni si staccheranno da un canale che riceverà, attraverso uno stramazzo, l'effluente delle singole linee di ultrafiltrazione.

In questo caso, sono stati valutati i seguenti scenari operativi:

- scenario 1: convogliamento della portata di ricircolo media di progetto con tutte le linee di ossidazione e di ultrafiltrazione in funzione;
- scenario 2: convogliamento della portata di ricircolo massima con tutte le linee di ossidazione e di ultrafiltrazione in servizio;
- scenario 3: convogliamento della portata di ricircolo massima con una linea del comparto biologico e/o una linea di ultrafiltrazione fuori servizio (situazione che comprende anche l'ipotesi di un'alimentazione asimmetrica delle linee del comparto biologico – limitazione della portata su una linea di trattamento per migliorarne la qualità dell'effluente in vista di un possibile riutilizzo -).

Ultrafiltrazione e ricircolo miscela aerata	U.d.m.	scenario 1	scenario 2	scenario 3
portata	m^3/h	9304	16158	16158
altezza d'acqua nelle tubazioni di ricircolo della miscela aerata (DN 800, i = 0,25%)	m	0,34	0,47	0,55
livello idrico nel canale di distribuzione del ricircolo miscela aerata	m	11,64	11,82	11,91
quota sfioro scarico ultrafiltrazione	m	11,91	11,91	11,91
carico sullo stramazzo (L = 2,90 m/cad, a larga soglia)	m	0,14	0,20	0,22
livello idrico all'interno dei bacini di ultrafiltrazione	m	12,05	12,11	12,13

Comparto biologico

Il Comparto biologico riceverà le portate in arrivo dal trattamento primario (variabili tra Qm e circa 3 Qm e comprensive dell'apporto dei dreni della linea fanghi) attraverso gli stramazzi in ingresso a ciascuna linea. Inoltre, all'interno dei bacini di denitrificazione, sarà convogliato il ricircolo della miscela aerata dall'ultrafiltrazione. Il flusso unificato della portata in ingresso e del ricircolo transiterà attraverso il comparto e sarà sollevato all'ultrafiltrazione per pompaggio.

Sono stati analizzati i seguenti scenari operativi:

- scenario 1: deflusso della portata media di refluo e della portata di ricircolo media di progetto;
- scenario 2: deflusso della portata massima di refluo e della portata massima di ricircolo;
- scenario 3: deflusso della portata massima e della portata massima di ricircolo con una linea del comparto fuori servizio.

Comparto biologico	U.d.m.	scenario 1	scenario 2	scenario 3
portata	m^3/h	11630	22800	22800
livello idrico nei bacini di nitrificazione	m	10,00	10,00	10,00
quota sfioro partizione nitrificazione-denitrificazione	m	10,00	10,00	10,00
carico sullo stramazzo (L = 8,0 m/cad, a larga soglia)	m	0,13	0,21	0,24
livello idrico nei bacini di denitrificazione	m	10,13	10,21	10,24
quota sfioro ingresso denitrificazione	m	10,24	10,24	10,24
portata	m^3/h	2326	6642	6642
carico sullo stramazzo (L = 4,0 m/cad, a parete sottile)	m	0,07	0,14	0,16
livello idrico nel canale ripartitore	m	10,31	10,37	10,40

Chiarificazione primaria

Sempre con riferimento ai medesimi scenari di funzionamento individuati per il comparto biologico, è stato calcolato il profilo idraulico in corrispondenza della chiarificazione primaria: lo scenario 1 corrisponde quindi al deflusso della portata media di reflui (comprensiva del contributo dei dreni della linea fanghi, i quali sono recapitati alla linea acque proprio a monte del reparto in esame) mentre gli scenari 2 e 3 sono riferiti al transito della portata massima in tempo di pioggia. Lo scenario 3 differisce dallo scenario 2 solamente per il maggior rigurgito che si determina a valle in corrispondenza del fermo di una delle linee del comparto biologico. Il canale a valle della chiarificazione primaria comunica con il comparto biologico attraverso due tubazioni funzionanti in

parallelo ed a superficie libera. Il livello a monte della chiarificazione primaria, operata attraverso due batterie di filtri rotativi a tela, è invece predeterminato e mantenuto all'incirca costante (indipendentemente dalla portata trattata) attraverso la regolazione automatica della velocità di rotazione delle tele filtranti.

Comparto chiarificazione primaria	U.d.m.	scenario 1	scenario 2	scenario 3
portata	m^3/h	2326	6642	6642
altezza d'acqua nei collettori di adduzione al comparto biologico (DN 1200, i = 0,25%)	m	0,76	0,83	0,86
livello idrico nel canale di scarico dei filtri rotativi	m	10,33	10,49	10,51
livello idrico a monte dei filtri rotativi a tela	m	11,08	11,08	11,08

Sfioro dei sovrafflussi idraulici

A monte del comparto di chiarificazione primaria e dell'immissione dei dreni della linea fanghi, sarà realizzato uno sfioratore per la diversione, in tempo di pioggia, delle aliquote di portata eccedenti 3 Qm. La portata sfiorata sarà regolata attraverso l'abbassamento di una paratoia nel canale di collegamento con la chiarificazione primaria: il rigurgito indotto dalla parzializzazione della sezione di efflusso determinerà l'attivazione dello sfioro.

Sono stati considerati i seguenti scenari:

- scenario 1: sfioro di una portata pari a Qm;
- scenario 2: sfioro di una portata pari a 2Qm (ovvero la massima aliquota di portata normalmente scolmabile – differenza tra massima portata ammessa in ingresso all'impianto, pari a 5 Qm, e la massima portata ammessa ai trattamenti primari e secondari, pari a 3 Qm);
- scenario 3: sfioro, in condizioni eccezionali, dell'intera portata in ingresso all'impianto (5 Qm). Quest'ultima condizione corrisponde ovviamente ad una situazione anomala di esercizio e, pertanto, si ammette (come si vedrà nel seguito) un parziale rigurgito dei comparti a monte.

Le acque in uscita dallo scolmatore sono recapitate direttamente nella vasca di accumulo a servizio della condotta di scarico sottomarina attraverso una tubazione DN1000 funzionante a superficie libera.

Sfioro sovrafflussi idraulici	U.d.m.	scenario 1	scenario 2	scenario 3
portata	m3/h	2153	4307	10767
livello idrico nel canale a valle dello sfioro	m	10.13	10.47	11.57
quota sfioro sovrafflussi idraulici	m	11.18	11.18	11.18
carico su stramazzo (L = 20,8 m, a parete sottile)	m	0.06	0.10	0.41
livello idrico nel canale a monte dello sfioro	m	11.24	11.28	11.59

Collegamento con la linea del comparto biologico utilizzata come accumulo

I minori carichi idraulici ed inquinanti affluenti nella prima fase di esercizio dell'impianto consentono di raggiungere gli obiettivi di qualità dello scarico anche con sole quattro linee del comparto biologico in funzione. La quinta linea del reparto potrà essere così impiegata come accumulo temporaneo dei liquami da utilizzare in corrispondenza di limitazioni della capacità di trattamento associate ad interventi manutentivi.

Si prevede quindi un collegamento tra il canale a valle della dissabbiatura e la suddetta linea del comparto biologico, costituito da una tubazione DN1000, funzionante in pressione ed attivabile attraverso l'apertura di un'apposita paratoia.

I due scenari di funzionamento ipotizzati corrispondono al deflusso delle portate Qm e 3 Qm di progetto (comunque superiori a quelle riscontrabili nella prima fase di esercizio).

Collegamento con la linea del comparto biologico utilizzata come accumulo (I fase di esercizio)	U.d.m.	scenario 1	scenario 2
portata	m^3/h	2153	6460
livello idrico massimo nel bacino di accumulo	m	10.26	10.26
perdita di carico nel collettore (DN 1000)	m	0.08	0.71
livello idrico all'estremità di monte del collettore	m	10.34	10.97

Come si nota, il livello idrico richiesto a monte della condotta in esame al fine del convogliamento delle portate di progetto risulta inferiore a quello ipotizzato per il canale a valle della dissabbiatura, evidenziando quindi una capacità idraulica superiore a quella nominale (in particolare per basse portate). La parzializzazione dell'apertura della paratoia all'imbocco del collettore consentirà quindi la regolazione della portata defluente.

Comparto dissabbiatura-disoleazione

Il comparto dissabbiatura è costituito da quattro dissabbiatori longitudinali aerati paralleli. All'estremità di valle di ogni dissabbiatore è presente uno sfioro (costituito da una paratoia a stramazzo) che determina una disconnessione idraulica con il canale a valle utile per misurare la portata in uscita dalla sezione di trattamento in esame.

Gli scenari di funzionamento analizzati sono i seguenti:

- scenario 1: deflusso della portata media (Qm) con tutte le linee del reparto in funzione;
- scenario 2: deflusso della portata massima (5 Qm) con tutte le linee del reparto in funzione;
- scenario 3.1: deflusso della portata massima (5 Qm) con una linea del reparto fuori servizio;
- scenario 3.2: si considera la medesima condizione operativa dello scenario 2 in presenza del rigurgito generato dallo sfioro dell'intera portata (5 Qm) attraverso lo scolmatore a valle

della dissabbiatura (cfr. scenario 3 del paragrafo relativo allo sfioro dei sovrafflussi idraulici).

Comparto dissabbiatura	U.d.m.	scenario 1	scenario 2	scenario 3.1	scenario 3.2
portata	m^3/h	2153	10767	10767	10767
livello idrico nel canale a valle della dissabbiatura	m	11.09	11.28	11.28	11.59
quota sfioro uscita dissabiatura	m	11.28	11.28	11.28	11.28
carico sullo stramazzo (L = 4,40 m/cad, a parete sottile)	m	0.07	0.21	0.25	0.34
livello idrico nel dissabbiatore	m	11.35	11.49	11.53	11.62
perdita carico ingresso dissabbiatori (luci sotto battente 1,70 x 2,50 m/cad)	m	0.00	0.00	0.01	0.00
livello idrico nel canale a monte dei dissabbiatori	m	11.35	11.49	11.54	11.63

Comparto grigliatura

La sezione di grigliatura comunica con il comparto di dissabbiatura attraverso un canale a superficie libera. Anche in questo caso, il reparto in esame è stato verificato rispetto agli scenari di seguito elencati:

- scenario 1: transito della portata media (Qm) con tutte le linee del reparto in funzione;
- scenario 2: transito della portata massima (5 Qm) con tutte le linee del reparto in funzione;
- scenario 3.1: transito della portata massima (5 Qm) con una linea del reparto fuori servizio;
- scenario 3.2: condizioni operative dello scenario 2 in presenza del rigurgito generato dallo sfioro dell'intera portata (5 Qm) attraverso lo scolmatore a valle della dissabbiatura (cfr. scenario 3 del paragrafo relativo allo sfioro dei sovrafflussi idraulici).

Comparto grigliatura	U.d.m.	scenario 1	scenario 2	scenario 3.1	scenario 3.2
portata	m^3/h	2153	10767	10767	10767
livello idrico nel canale a valle delle griglie	m	11.35	11.51	11.51	11.65
livello idrico nel canale a monte delle griglie	m	11.95	11.95	11.95	11.95
perdita di carico in uscita da opera di presa (luci sotto battente 1,0 x 0,5 m/cad)	m	0.01	0.32	0.32	0.32
livello idrico nel pozzetto di sbocco delle tubazioni di adduzioni dei liquami	m	11.96	12.26	12.26	12.26

Analogamente a quanto già osservato per i filtri rotativi a tela, anche per le griglie previste in progetto il livello idrico a monte viene mantenuto all'incirca costante nell'intorno di un valore predeterminato, indipendentemente dalla portata trattata.

Verifica idraulica dei principali sollevamenti dell'impianto

La seguente tabella riassume i risultati del calcolo delle perdite di carico totali per le tubazioni in pressione dei principali impianti di sollevamento previsti in progetto. Tali perdite di carico, sommate ai dislivelli tra le superfici idriche dei bacini di aspirazione e le quote di sbocco delle tubazioni di mandata hanno consentito di determinare le prevalenze da attribuire alle diverse elettropompe.

Linea	Qmin [m^3/h]	Qmax [m^3/h]	DN [mm]	Vmin [m/s]	Vmax [m/s]	L [m]	scabrezza [mm]	imbocco	sbocco	n. curve	n. valvole	n. valvole non	n. tee	Perdita [m]
mandata pompe P 101 A/B/C/D	28,8	28,8	80	1,59	1,59	10	0,001	1	1	3	0	0	0	**0,94**
mandata pompe PM 202 A/B/C/D	30	30	100	1,06	1,06	25	0,001	1	1	5	0	1	1	**4,64**
mandata pompe PM 401 A/B	45	45	100	1,59	1,59	200	0,001	1	1	10	1	0	0	**41,59**
collettore aspirazione pompe P 301 A-V	425	2280	800	0,23	1,26	2,4	0,001	1	0	0	1	0	1	**0,19**
collettore aspirazione pompe P 301 A-V	850	4560	1200	0,21	1,12	4	0,001	0	0	0	0	0	0	**0,01**
aspirazione pompe P 301 A-V	425	2280	700	0,31	1,65	1,5	0,001	0	0	1	1	0	1	**0,27**
mandata pompe P 301 A-V	425	2280	700	0,31	1,65	2,7	0,001	0	0	1	1	1	1	**0,81**
collettore mandata pompe P 301 A-V	850	4560	1000	0,30	1,61	20	0,001	0	1	2	1	0	1	**0,44**
collettore mandata pompe PM 301 A/B/C	40	240	150	0,63	3,77	80	0,001	1	1	8	1	0	1	**20,89**
aspirazione pompe 304 A-F	861,4	861,4	500	1,22	1,22	4	0,001	1	0	1	1	0	0	**0,09**
mandata pompe P 304 A-F	861,4	861,4	500	1,22	1,22	3	0,001	0	0	1	1	1	1	**0,35**
collettore mandata pompe P 304 A-F	861,4	4307	700	0,62	3,11	1100	0,001	0	0	10	0	0	0	**17,71**
collettore mandata pompe P 304 A-F	861,4	4307	900	0,38	1,88	1083	0,001	0	1	2	0	0	0	**4,67**
aspirazione pompe P 302 A-L	229	664	300	0,90	2,61	8	0,001	1	0	1	1	0	0	**0,58**
mandata pompe P 302 A-L	229	664	300	0,90	2,61	2	0,001	0	0	1	1	0	1	**0,57**
collettore mandata pompe P 302 A-L	2286	6642	1200	0,56	1,63	90	0,001	0	1	4	0	0	0	**0,44**
mandata pompe PM 501 A-D	63	100	125	1,43	2,26	1	0,001	1	0	0	1	0	1	**0,69**
collettore mandata pompe PM 501 A-D	63	200	150	0,99	3,14	40	0,001	0	1	2	1	0	1	**7,57**
mandata pompe PM 601 A-D	26,4	40	80	1,46	2,21	80	0,001	1	1	8	1	0	0	**55,62**
mandata pompe PM 602 A-D	10	30	80	0,55	1,66	80	0,001	1	1	6	1	0	0	**31,09**
mandata pompe PM 701 A-D	18	30	100	0,64	1,06	20	0,001	1	1	6	1	0	0	**3,06**
mandata pompe P 901 A/B/C	190	280	250	1,08	1,58	130	0,001	1	1	6	1	1	1	**2,80**
mandata pompe P 102 A/B	538	538	300	2,11	2,11	2	0,001	1	0	1	2	1	1	**1,23**
collettore mandata pompe P 102 A/B	538	1076	400	1,19	2,38	30	0,001	0	1	5	0	0	1	**1,98**
mandata pompe PM 703 A/B/C/D	5	10	100	0,18	0,35	30	0,001	0	0	3	1	0	1	**25,16**

Verifica delle reti di distribuzione dell'aria

Sono state quantificate le perdite di pressione associate alle singole componenti delle reti di distribuzione dell'aria, al fine di verificare l'adeguatezza dei compressori selezionati per le diverse sezioni impiantistiche.

Le suddette perdite di carico sono state calcolate mediante la formula di Colebrook (già utilizzata per le condotte in pressione convoglianti liquidi) adottando densità e viscosità proprie dell'aria nelle condizioni di esercizio. La scabrezza delle tubazioni è assunta pari a 0,1 mm.

Ai fini dei calcoli aeraulici, le portate d'aria ricavate nell'ambito delle verifiche di processo ed espresse con riferimento a condizioni normali (aria a 0°C, pressione atmosferica, umidità relativa nulla) devono essere convertite nelle portate effettivamente immesse dai compressori nella rete (alla temperatura ed alla pressione a valle della compressione). Allo scopo, si ricorre alle seguenti relazioni:

$$Q^* = Q \cdot \frac{p_1}{p_2} \cdot \frac{T_2}{T_1} \quad \text{con} \quad T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{0,283}$$

dove Q è la portata d'aria in ingresso al compressore (nelle condizioni ambientali locali), Q^* è la portata in uscita dal compressore, T_1 e p_1 sono rispettivamente la temperatura assoluta e la pressione dell'aria in aspirazione mentre T_2 e p_2 indicano la temperatura assoluta e la pressione dell'aria allo scarico del compressore.

Facendo riferimento alle massime portate d'aria, si ottiene:

	U.d.m.	Valore
Compressori dissabbiatura (BL 101 A/B)		
Portata d'aria massima (condizioni normali)	Nm^3/h	1'800
Pressione mandata	mbar	1'563
Portata d'aria massima (condizioni operative, uscita compressori)	m^3/h	1'508
Compressori ossidazione (BL 301 A÷E)		
Portata d'aria massima (condizioni normali)	Nm^3/h	48'000
Pressione mandata	mbar	1'733
Portata d'aria massima (condizioni operative, uscita compressori)	m^3/h	36'737
Compressori pulizia MBR (BL 302 A÷F)		
Portata d'aria massima (condizioni normali)	Nm^3/h	30'600
Pressione mandata	mbar	1'463
Portata d'aria massima (condizioni operative, uscita compressori)	m^3/h	26'880

Ciò premesso, si possono calcolare le perdite di carico attraverso le reti: si considera allo scopo la diramazione energeticamente più sfavorita.

Linea	Qmax [Nm^3/h]	DN [mm]	Vmax [m/s]	L [m]	scabrezza [mm]	imbocco	sbocco	n. curve	n. valvole	n. valvole non ritorno	n. tee	Perdita [mbar]
collettore principale mandata BL 101 A/B	1800,00	200	13,3	20	0,0001	1	0	3	0	0	1	5,59
diramazione su vasca	450,00	100	13,3	14	0,0001	0	0	1	0	0	1	5,74
totale perdite distribuzione BL 101 A/B												**11,34**
collettore principale mandata BL 301 A÷E	48000,00	1000	13,0	80	0,0001	1	0	3	0	0	1	4,63
anello distribuzione (tratto 1)	24000,00	600	18,0	2	0,0001	0	0	1	0	0	1	2,94
anello distribuzione (tratto 2)	18478,08	600	13,9	9	0,0001	0	0	0	0	0	1	1,36
anello distribuzione (tratto 3)	12956,16	600	9,7	9	0,0001	0	0	0	0	0	1	0,68
anello distribuzione (tratto 4)	7434,24	400	12,6	9	0,0001	0	0	0	0	0	1	1,17
anello distribuzione (tratto 5)	1912,32	400	3,2	9	0,0001	0	0	0	0	0	1	0,09
collettore nitrificazione (tratto 1)	5521,92	300	16,6	11	0,0001	0	0	0	0	0	1	5,73
collettore nitrificazione (tratto 2)	3681,28	300	11,1	11	0,0001	0	0	0	0	0	1	1,30
collettore nitrificazione (tratto 3)	1840,64	250	8,0	11	0,0001	0	0	0	0	0	1	0,80
calata	1840,64	150	22,1	8	0,0001	0	0	0	1	0	1	10,20
totale perdite distribuzione BL 301 A÷E												**28,90**
collettore principale BL 302 A÷F	30600,00	800	14,9	40	0,0001	1	0	3	0	0	1	4,65
derivazione	3060,00	300	10,6	5	0,0001	0	0	1	0	0	1	1,08
totale perdite distribuzione BL 302 A÷F												**5,73**

Alle perdite di carico nelle reti si devono sommare anche le perdite attraverso i diffusori e le relative tubazioni di supporto (dell'ordine dei 40÷50 mbar), le perdite attraverso filtri e valvole dei compressori (circa 20 mbar) nonché il battente idrico sovrastante i diffusori. Sommando queste componenti si ottiene la pressione differenziale che devono garantire i compressori in corrispondenza dell'erogazione della massima portata d'aria richiesta dal processo depurativo.

	U.d.m.	Valore
Compressori dissabbiatura (BL 101 A/B)		
Massime perdite di pressione nella rete di distribuzione	mbar	11
Massime perdite di pressione nel tappeto di diffusione	mbar	50
Massime perdite di pressione nell'impianto di compressione dell'aria	mbar	20
Pressione idrostatica sui diffusori	mbar	441
Pressione differenziale richiesta al compressore	mbar	522
Compressori ossidazione (BL 301 A÷E)		
Massime perdite di pressione nella rete di distribuzione	mbar	29
Massime perdite di pressione nel tappeto di diffusione	mbar	50
Massime perdite di pressione nell'impianto di compressione dell'aria	mbar	20
Pressione idrostatica sui diffusori	mbar	613
Pressione differenziale richiesta al compressore	mbar	712
Compressori pulizia MBR (BL 302 A÷F)		
Massime perdite di pressione nella rete di distribuzione	mbar	6
Massime perdite di pressione nel tappeto di diffusione	mbar	50
Massime perdite di pressione nell'impianto di compressione dell'aria	mbar	20
Pressione idrostatica sui diffusori	mbar	290
Pressione differenziale richiesta al compressore	mbar	366