Comune

GENOVA

Provincia

GENOVA

Titolo del progetto

Depuratore di Punta Vagno – Ammodernamento impianto – Revamping impianto – Comune di Genova

Livello di progettazione	Settore di business	Disciplina
PF	I2 - DEPURAZIONE	IMP

Numero	Titolo	Scala
RT-002	Relazione idraulica	---

ID Progetto	Titolo sintetico (nome file di stampa)	Codifica WBS
2022GESI0044-00		C75I2-A004-07-0003

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
01	12/2023	Adeguamento normativo		AP	AC
00	08/2022	Emissione Progetto Definitivo		AP	AC

Redatto:

Dott. Ing. ANDREA CHIOVELLI ORDINE INGEGNERI ROMA N. 19826

Ing. Andrea Chiovelli

Verificato:

Ing. Valentina Querci

Approvato:

PROJECT MANAGER geom. Francesco Gaglio

Geom. Francesco Gaglio

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 : Via Piacenza, 54 - 16138 Genova (GE)
cod.fisc n° 01791490343 e P.IVA n° IT 02863660359
pec:ireti@pec.ireti.it

RTP

cooprogetti

MANDATARIA:
COOPROGETTI Soc. Coop.
Via della Piaggiola, 152, 06024 Gubbio (PG) - Italia
Cod. fisc. e P.IVA n°00424850543 - Pec: cooprogetti@pec.it
MANDANTI:
VIA Ingegneria s.r.l.
ACS International Engineering s.r.l.
Arch. Mario Gallarati
Ing. Enrico Gallarati

COOPROGETTI Soc. Coop.
IL PRESIDENTE
Ing. Alessandro Placucci

INDICE

1 PREMESSA 2

2 METODOLOGIA DI CALCOLO 3

3 RISULTATI DI CALCOLO E DEFINIZIONE DEL PROFILO IDRAULICO DEL DEPURATORE 4

3.1 CONDOTTA DI SCARICO SOTTOMARINA E SEZIONE UF 5

3.2 COMPARTO BIOLOGICO 6

3.3 SFIORO DEI SOVRAFFLUSSI IDRAULICI E CHIARIFICAZIONE PRIMARIA 7

3.4 COMPARTO PRETRATTAMENTI 9

4 VERIFICA IDRAULICA DEI PRINCIPALI SOLLEVAMENTI DELL'IMPIANTO 9

5 VERIFICA DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE DELL'ARIA 9

1 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 di Punta Vagno nella nuova configurazione di progetto.

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).

2 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, v 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.).

3 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) verso monte, fino allo sbocco delle tubazioni di adduzione dei liquami.

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. 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	50.000
	m^3/h	2.083,33
Portata di punta nera	m^3/h	3.145,83
Portata massima ammessa in ingresso all'impianto in tempo di pioggia (3 Q_m)	m^3/h	6.250,00
Portata massima ammessa ai trattamenti primari e secondari in tempo di pioggia (2 Q_m)	m^3/h	4.166,67

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 il valore di 3 Q_m per i reparti della linea acque a monte del comparto biologico e di 2 Q_m per il comparto biologico stesso e la sezione di ultrafiltrazione (al netto dei ricircoli interni);
- scenario 3: per alcuni comparti articolati su più linee, è stata analizzata la situazione di esercizio più gravosa, generalmente 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.

3.1 Condotta di scarico sottomarina e sezione UF

Come già detto, il profilo idraulico viene calcolato a partire dalla stazione di pompaggio a servizio della condotta sottomarina alla quale sono convogliati l'effluente della sezione UF (portata massima 2 Qm) e lo scarico di uno degli sfioratori delle acque di pioggia a valle della chiarificazione primaria (dimensionati per smaltire, normalmente, una portata pari a Qm). Quest'ultimo flusso giungerà preferenzialmente alla stazione di rilancio a mare attraverso una condotta dedicata; opzionalmente, esso potrà anche unirsi all'effluente della sezione UF attraverso l'esistente canale parallelo agli odierni sedimentatori finali (questa situazione è stata considerata nei calcoli del presente paragrafo in quanto più gravosa). La condotta sottomarina dovrà comunque addurre una portata massima pari a 3 Qm.

Per quel che concerne nel dettaglio la sezione UF, essa riceverà, oltre alla portata di refluo in ingresso al comparto biologico (il cui valore massimo è pari a 2 Qm), anche la portata del ricircolo interno della miscela aerata (pari a massimi 6 Qm). Una portata pari a quella del refluo influente sarà filtrata attraverso le membrane ed avviata allo scarico; la portata residua (pari al ricircolo della miscela aerata) sarà scaricata per gravità dalle vasche di alloggiamento delle membrane verso il vano di accumulo della stazione di sollevamento del ricircolo, vano non aerato che eserciterà anche la funzione di degassaggio del refluo in uscita dalla sezione UF.

Le seguenti tabelle riassumono i risultati dei calcoli idraulici per i diversi scenari operativi considerati:

- scenario 1: deflusso della portata media di refluo e della portata di ricircolo media di progetto pari a 4 Qm (in tempo secco, con rapporto rispetto alla portata di reflui grezzi pari a 4);
- scenario 2: deflusso della portata massima di refluo (2 Qm) e della portata massima di ricircolo pari a 6 Qm (in tempo di pioggia, con rapporto rispetto alla portata di reflui grezzi pari a 3);
- scenario 3: rappresenta la circostanza in cui, in tempo di pioggia, sia posto fuori servizio un treno di filtrazione e, nelle ultime due righe, anche l'eventualità (non contemporanea) che sia esclusa una delle quattro linee in cui risulta suddivisa la vasca di nitrificazione a monte della sezione UF.

Scarico finale e sezione UF	U.d.m.	scenario 1	scenario 2	scenario 3
portata rilancio a mare	m^3/h	2083.33	6250.00	-
livello idrico massimo nella stazione di rilancio a mare	m	1.00	1.00	-
perdite di carico tubazione DN800/DN1200 (L = 16+55 m)	m	0.11	0.95	-
livello idrico massimo nel pozzetto di imbocco della tubazione DN800/DN1200	m	2.95	3.22	-
perdite di carico all'ingresso del pozzetto di imbocco della tubazione DN800/DN1200	m	0.01	0.08	-
portata permeato	m^3/h	2083.33	4166.67	-
livello idrico allo scarico del permeato	m	2.96	3.30	-
quota stramazzo scarico permeato	m	3.50	3.50	-
carico sugli stramazzi di scarico del permeato (Ltot = 43 m, a parete sottile)	m	0.04	0.08	-
livello idrico accumulo permeato	m	3.54	3.58	-
portata ricircolo miscela aerata	m^3/h	8333.33	12500.00	-
livello idrico imbocco canale mandata miscela aerata	m	4.04	4.19	-
livello idrico massimo aspirazione pompe ricircolo miscela aerata	m	2.72	2.72	2.72
quota stramazzo scarico della sezione UF	m	2.82	2.82	2.82
carico sullo stramazzo di scarico della sezione UF (L = 2,74 m/cad, a parete sottile)	m	0.16	0.21	0.24
livello idrico vasche membrane	m	2.98	3.03	3.06
portata inviata alla sezione UF	m^3/h	10416.67	16666.67	16666.67
perdite di carico su aperture ingresso vasche membrane (1,00 x 1,00 m/cad)	m	0.02	0.06	0.08
livello idrico canale alimentazione vasche membrane	m	3.01	3.10	3.14
quota stramazzo scarico nitrificazione (ex sedimentatori finali)	m	3.20	3.20	3.20
carico sullo stramazzo di scarico della nitrificazione (L = 6 m/cad, a parete sottile)	m	0.16	0.22	0.27
livello idrico vasche nitrificazione (ex sedimentatori finali)	m	3.36	3.42	3.47

3.2 Comparto biologico

Il comparto biologico riceverà le portate in arrivo dal trattamento primario (pari a massimi 2 Qm) attraverso gli esistenti canali di alimentazione dei reflui. 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 (composto dagli esistenti bacini di ossidazione e dai sedimentatori finali opportunamente riconvertiti) e giungerà all'ultrafiltrazione per gravità.

Sono stati analizzati i seguenti scenari operativi:

- scenario 1: deflusso della portata media di refluo e della portata di ricircolo media di progetto pari a 4 Qm;
- scenario 2: deflusso della portata massima di refluo (2 Qm) e della portata massima di ricircolo (6 Qm);
- scenario 3: deflusso su una sola linea della prima porzione del comparto biologico (ex ossidazione) della portata media di reflui e di una portata di ricircolo pari a 4 Qm o di una portata di reflui pari a 2 Qm più una portata di ricircolo pari a 3 Qm. Il flusso così generato (5 Qm) rappresenta la massima portata convogliabile nel caso di esclusione di una linea della suddetta sezione del comparto biologico.

Comparto biologico	U.d.m.	scenario 1	scenario 2	scenario 3
portata inviata alla sezione UF	m^3/h	10416.67	16666.67	10416.67
livello idrico vasche nitrificazione (ex sedimentatori finali)	m	3.36	3.42	3.36
livello idrico allo scarico della nitrificazione (ex ossidazione)	m	3.50	3.76	3.90
quota stramazzo scarico vasche nitrificazione (ex ossidazione)	m	3.86	3.86	3.86
portata in uscita dalla singola linea di nitrificazione (ex ossidazione)	m	5208.33	8333.33	10416.67
carico sullo stramazzo di scarico della nitrificazione (L = 84 m/cad, a parete sottile)	m	0.04	0.06	0.08
livello idrico vasche nitrificazione (ex ossidazione)	m	3.90	3.92	3.94
quota stramazzo scarico denitrificazione (ex ossidazione)	m	3.74	3.74	3.74
carico sullo stramazzo di scarico della denitrificazione (L = 13 m/cad, a larga soglia)	m	0.20	0.25	0.29
livello idrico denitrificazione (ex ossidazione)	m	3.94	3.99	4.03
portata in arrivo dalla chiarificazione primaria	m^3/h	2083.33	4166.67	2083.33
livello idrico allo sbocco dei tubi DN800 in arrivo dal comparto di chiarificazione	m	3.96	4.06	4.05
perdite di carico tubazioni DN800 (L = 6 m)	m	0.01	0.03	0.01
livello idrico scarico chiarificazione primaria	m	3.97	4.09	4.06

3.3 Sfioro dei sovrafflussi idraulici e chiarificazione primaria

A monte del comparto biologico, sarà realizzato un sistema per la diversione, in tempo di pioggia, delle aliquote di portata eccedenti 2 Qm. Al crescere della portata, il deflusso della stessa attraverso le tubazioni DN800 ed i canali a valle dell'attuale sedimentazione primaria determina un rigurgito nel canale di scarico della chiarificazione primaria. Tale rigurgito sarà comunque contenuto dal contemporaneo abbassamento delle paratoie motorizzate a stramazzo alimentanti l'equalizzazione.

La saturazione del volume di invaso dell'equalizzazione determinerà l'attivazione di uno sfioro superficiale da cui i volumi di refluo in eccesso (in tempo di pioggia) saranno inviati direttamente alla stazione di rilancio a mare mediante l'esistente collettore DN900 (opportunamente prolungato). L'abbassamento delle paratoie e, conseguentemente, la portata inviata allo scarico, sarà regolato in base alla misura del livello nel canale ed alla misura della portata allo scarico della dissabbiatura.

In alternativa al sistema di limitazione delle portate sopra descritto, un secondo sfioro a valle della chiarificazione primaria, anch'esso presidiato da due paratoie a stramazzo motorizzate, permetterà l'invio alla stazione di rilancio a mare delle portate di pioggia eccedenti 2 Qm attraverso un canale confluente con quello di scarico dell'ultrafiltrazione. Detto canale permetterà anche la deviazione verso lo scarico dell'intera portata in tempo di pioggia (in caso di fermo totale del comparto biologico).

Per quanto riguarda la sezione di chiarificazione primaria, essa è costituita da una batteria di filtri rotativi a tela. Il livello idrico a valle dei filtri, come già detto, è determinato dal rigurgito generato all'imbocco delle tubazioni di alimentazione del canale di adduzione al comparto biologico nonché dalla regolazione delle soglie di stramazzo dello sfioratore dei sovrafflussi idraulici. Il livello a monte della chiarificazione primaria è invece predeterminato e mantenuto all'incirca costante (indipendentemente dalla portata trattata) attraverso la regolazione automatica della velocità di rotazione delle tele filtranti. Sempre a monte dei filtri, è inoltre presente uno sfioro per il by-pass della sezione.

Gli scenari di funzionamento considerati sono i seguenti:

- scenario 1: deflusso della portata media (Qm) con i filtri in funzione e senza attivazione dei sistemi di limitazione delle portate;

- scenario 2: deflusso della portata massima (3 Qm) con i filtri in funzione ed attivazione di uno degli sfioratori laterali (abbassamento delle paratoie) per la diversione di una portata pari a Qm ed il rilascio, verso il comparto biologico, di una portata non superiore a 2 Qm;
- scenario 3: deflusso della portata massima (3 Qm), come per lo scenario 2, con attivazione dello sfioro di emergenza dei filtri in caso di blocco totale degli stessi.

Chiarificazione primaria	U.d.m.	scenario 1	scenario 2	scenario 3
portata inviata al comparto biologico	m^3/h	2083.33	4166.67	4166.67
portata scolmata a valle della chiarificazione primaria	m^3/h	0.00	2083.33	2083.33
portata in uscita dalla chiarificazione primaria	m^3/h	2083.33	6250.00	6250.00
livello idrico nel canale di scarico dei filtri rotativi a tela	m	3.97	4.09	4.09
quota stramazzo by-pass filtri a tela	m	4.69	4.69	4.69
carico sullo stramazzo by-pass filtri a tela (L = 37,6 m, a parete sottile)	m	-	-	0.09
livello idrico a monte dei filtri rotativi a tela	m	4.64	4.64	4.77

Il sistema di diversione delle portate eccedenti 2 Qm con invio delle stesse alla stazione di rilancio a mare mediante il collettore DN900 è stato verificato rispetto al seguente scenario:

- scenario 1: deflusso di una portata pari a Qm, scolmata a valle della chiarificazione primaria.

Sfioro a valle chiarificazione primaria attraverso equalizzazione	U.d.m.	scenario 1
portata defluente verso la stazione di rilancio a mare	m^3/h	2083.33
perdite di carico attraverso tratto terminale tubazione DN900 (L = 27 m) (pressurizzata)	m	0.11
livello idrico rigurgito in tubazione DN900 esistente	m	3.02
quota scorrimento imbocco tubazione DN900	m	3.29
altezza d'acqua nel nuovo tratto della tubazione DN900 (a superficie libera, i = 0,002 m/r	m	0.55
perdite di carico all'inbocco della tubazione DN900	m	0.05
livello idrico all'imbocco della tubazione DN900	m	3.89
quota sfioro imbocco tubazione DN900	m	3.95
carico sullo stramazzo (L = 6 m) (a parete sottile)	m	0.14
livello idrico nella vasca di equalizzazione	m	4.09

Il canale che può opzionalmente convogliare alla stazione di rilancio a mare le acque sfiorate a valle della chiarificazione primaria è stato verificato rispetto ai seguenti scenari:

- scenario 1: assenza di portata (il livello idrico nel canale è condizionato dal livello idrico allo scarico della sezione UF);
- scenario 2: deflusso di una portata pari a Qm, scolmata a valle della chiarificazione primaria;
- scenario 3: deviazione dell'intera portata in tempo di pioggia (3 Qm) direttamente allo scarico (fermo totale del comparto biologico).

Canale sfioro a valle chiarificazione primaria	U.d.m.	scenario 1	scenario 2	scenario 3
portata defluente verso la stazione di rilancio a mare	m^3/h	0.00	2083.33	6250.00
livello idrico allo scarico del permeato	m	2.96	3.30	3.30
livello idrico all'estremo di monte del canale	m	2.96	3.34	3.36
perdite di carico tubazione DN1200 (L = 5 m)	m	0.00	0.02	0.22
livello idrico nella vasca a valle dello sfioratore	m	2.96	3.36	3.58

3.4 Comparto pretrattamenti

La sezione pretrattamenti è costituita dai comparti di grigliatura grossolana, sollevamento iniziale, grigliatura fine e dissabbiatura.

Gli scenari di funzionamento analizzati sono i seguenti:

- scenario 1: deflusso della portata media (Qm) con tutte le linee dei reparti in funzione;
- scenario 2: deflusso della portata massima (3 Qm) con tutte le linee dei reparti in funzione;
- scenario 3.1: deflusso della portata massima (3 Qm) con una linea del reparto di dissabbiatura fuori servizio;
- scenario 3.2: deflusso della portata massima (3 Qm) con una linea del reparto di grigliatura fine fuori servizio.

Pretrattamenti	U.d.m.	scenario 1	scenario 2	scenario 3.1	scenario 3.2
portata in uscita dalla dissabbiatura	m^3/h	2083.33	6250.00	6250.00	6250.00
quota stramazzo di scarico della dissabbiatura	m	4.79	4.79	4.79	4.79
carico sullo stramazzo di scarico della dissabbiatura (L = 6,25 m/cad, a parete sottile)	m	0.09	0.18	0.29	0.18
livello idrico nella dissabbiatura	m	4.88	4.97	5.08	4.97
perdite di carico su aperture ingresso dissabbiatura (1,1 x 2,25 m/cad)	m	0.00	0.02	0.07	0.02
livello idrico a valle delle griglie fini	m	4.88	4.99	5.15	4.99
livello idrico a monte delle griglie fini	m	5.29	5.29	5.41	5.44
livello idrico a valle del sollevamento iniziale	m	5.29	5.33	5.44	5.46
livello idrico nella stazione di sollevamento iniziale	m	1.73	1.73	-	-
livello idrico a monte delle griglie grossolane	m	1.83	1.83	-	-
livello idrico in corrispondenza dello sfioro di monte	m	1.83	1.84	-	-
livello idrico allo sbocco della fognatura	m	1.83	1.88	-	-

4 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 [mc/h]	Qmax [mc/h]	DN [mm]	Vmin [m/s]	Vmax [m/s]	L [m]	scabrezza [m]	DH [m]
mandata pompe sollevamento iniziale	1041,67	2083,33	500	1,47	2,95	6,8	0,001	0,9
mandata pompe estrazione delle sabbie	28,8	28,8	80	1,59	1,59	30,0	0,001	2,5
mandata pompe svuotamento equalizzazione	150	450	250	0,85	2,55	6,0	0,001	1,0
mandata pompe ricircolo miscela aerata	1041,67	2083,33	600	1,02	2,05	5,2	0,001	0,5
aspirazione da cassetta	27,09	78,91	150	0,43	1,24	4,0	0,001	0,2
aspirazione pompe estrazione permeato	298	868	400	0,66	1,92	35,0	0,001	0,5
aspirazione pompe estrazione permeato	298	434	250	1,69	2,46	1,0	0,001	0,6
mandata pompe estrazione permeato	298	434	250	1,69	2,46	1,4	0,001	0,7
mandata pompe estrazione permeato	298	868	400	0,66	1,92	5,0	0,001	0,3
collettore mandata pompe permeato (PCS15÷24)	1490	4340	800	0,82	2,40	60,0	0,001	1,2
collettore mandata pompe permeato (PCS25÷28)	596	1736	500	0,84	2,46	45,0	0,001	1,3
mandata pompe estrazione fanghi di supero	120	120	200	1,06	1,06	231,0	0,001	2,3
mandata pompe rilancio a mare	2083,33	2083,33	500	2,95	2,95	10,0	0,001	2,6
collettore mandata pompe rilancio a mare	2083,33	6250	1000	0,74	2,21	2400,0	0,001	12,8

5 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:

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

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 ossidazione (M12.03 - M12.04 - M12.05 - M12.06 -M12.07)		
Portata d'aria massima (condizioni normali)	Nm^3/h	36.632
Pressione mandata	mbar	1.484
Portata d'aria massima (condizioni operative, uscita compressori)	m^3/h	31.827
Compressori ossidazione (M12.08 – M12.09 – M12.10 – M12.11)		
Portata d'aria massima (condizioni normali)	Nm^3/h	16.610
Pressione mandata	mbar	1.484
Portata d'aria massima (condizioni operative, uscita compressori)	m^3/h	14.890
Compressori pulizia MBR (MS12.01 – MS12.02 – MS12.03 – MS12.04 – MS12.05 – MS12.06 – MS12.07 – MS12.08)		
Portata d'aria massima (condizioni normali)	Nm^3/h	4.260
Pressione mandata	mbar	1.413
Portata d'aria massima (condizioni operative, uscita compressori)	m^3/h	3.991

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

Linea	Qmax [m3/h]	DN [mm]	Vmax [m/s]	L [m]	scabrezza [mm]	Perdita [mbar]
mandata singolo compressore (M12.03 - M12.04 - M12.05 - M12.06 -M12.07)	6365,44	250	36,0	0,5	0,0001	18,5
collettore principale (M12.03 - M12.04 - M12.05 - M12.06 -M12.07)	31827,19	800	17,6	18,5	0,0001	5,1
diramazione su linea	15913,59	600	15,6	5,0	0,0001	22,1
diramazione su linea	13261,33	600	13,0	6,4	0,0001	0,7
diramazione su linea	10609,06	450	18,5	7,5	0,0001	1,2
diramazione su linea	7956,80	450	13,9	7	0,0001	1,0
diramazione su linea	5304,53	350	15,3	7,5	0,0001	1,0
diramazione su linea	2652,27	350	7,7	7	0,0001	0,2
calata	2652,27	250	15,0	4,8	0,0001	10,3
totale perdite mandata (M12.03 - M12.04 - M12.05 - M12.06 -M12.07)						59,9
mandata singolo compressore (M12.08 – M12.09 – M12.10 – M12.11)	4963,25	250	28,1	0,5	0,0001	10,6
collettore principale (M12.08 – M12.09 – M12.10 – M12.11)	14889,76	600	14,6	24,8	0,0001	2,8
collettore	11167,32	500	15,8	6,6	0,0001	1,1
collettore	7444,88	400	16,5	6,6	0,0001	1,4
diramazione su linea	3722,44	300	14,6	23	0,0001	38,8
diramazione su linea	2481,63	250	14,0	0,85	0,0001	0,4
diramazione su linea	1240,81	250	7,0	14	0,0001	0,9
calata	1240,81	200	11,0	7	0,0001	4,3
totale perdite mandata (M12.08 – M12.09 – M12.10 – M12.11)						60,3
mandata (MS12.01 – MS12.02 – MS12.03 – MS12.04 – MS12.05 – MS12.06 – MS12.07)	5067,40	400	8,8	38	0,0001	2,9

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 ossidazione (M12.03 - M12.04 - M12.05 - M12.06 -M12.07)		
Massime perdite di pressione nella rete di distribuzione	mbar	60
Massime perdite di pressione nel tappeto di diffusione	mbar	104
Massime perdite di pressione nell'impianto di compressione dell'aria	mbar	20
Pressione idrostatica sui diffusori	mbar	373
Pressione differenziale richiesta al compressore	mbar	557
Compressori ossidazione (M12.08 – M12.09 – M12.10 – M12.11)		
Massime perdite di pressione nella rete di distribuzione	mbar	60
Massime perdite di pressione nel tappeto di diffusione	mbar	95
Massime perdite di pressione nell'impianto di compressione dell'aria	mbar	20
Pressione idrostatica sui diffusori	mbar	316
Pressione differenziale richiesta al compressore	mbar	491
Compressori pulizia MBR (MS12.01 – MS12.02 – MS12.03 – MS12.04 – MS12.05 – MS12.06 – MS12.07 – MS12.08)		
Massime perdite di pressione nella rete di distribuzione	mbar	3
Massime perdite di pressione nell'impianto di compressione dell'aria	mbar	20
Pressione idrostatica sui diffusori	mbar	275
Pressione differenziale richiesta al compressore	mbar	298