



**TENNACOLA** SpA

**TENNACOLA S.p.A.**

Via Prati, 20 63811  
Sant'Elpidio a Mare (FM)  
tel. 0734.859067

## **PROGETTAZIONE IMPIANTO TRATTAMENTO ACQUE REFLUE D014 IOMMI**

# **PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA**

elaborato

**E-R.04**

consegna

**Giugno 2021**

titolo elaborato

**Relazione idraulica**

scale

— — —

I progettisti:



**Ingegneria**



**Ambiente**



**S.r.l.**

**INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.**

Via del Consorzio, 39 - 60015 Falconara Marittima (AN)  
tel. 071-9162094 - fax. 071-9189580

e\_mail: [info@ingegneriaambiente.it](mailto:info@ingegneriaambiente.it); pec: [ingegneriaambientesrl@pcert.it](mailto:ingegneriaambientesrl@pcert.it);

**Ing. Enrico Maria BATTISTONI - Direttore Tecnico**

**PhD, Ing. Emanuela Cola**

**collaborazione alla progettazione Ing. Michele Cavallo**

| N. REV.       | Data | DESCRIZIONE AGGIORNAMENTO | Verificato da | il |
|---------------|------|---------------------------|---------------|----|
| AGGIORNAMENTI |      |                           |               |    |
|               |      |                           |               |    |
|               |      |                           |               |    |
|               |      |                           |               |    |

La proprietà del presente elaborato è tutelata a termini di legge. E' vietata qualsiasi forma di riproduzione o di copia non autorizzata.

|                            |         |                   |  |              |
|----------------------------|---------|-------------------|--|--------------|
| Ingegneria Ambiente S.r.l. | Rev. 00 | Data: Giugno 2021 | Elaborato E-R.04 – Relazione idraulica e di calcolo degli impianti | Pag. 1 di 33 |
|----------------------------|---------|-------------------|--|--------------|

## SOMMARIO

|  |    |
|--|----|
| 1. PREMESSA .....  | 3  |
| 2. DATI A BASE PROGETTO.....   | 5  |
| 2.1. I dati a base progetto.....   | 5  |
| 3. GLI INTERVENTI PROPOSTI.....  | 6  |
| 4. METODOLOGIA PER IL CALCOLO DELLE PERDITE DI CARICO .....                        | 7  |
| 4.1. Criteri di dimensionamento .....  | 8  |
| 4.2. Calcoli idraulici: verifica dello stato di progetto .....                     | 8  |
| 4.3. Calcolo delle condotte a pelo libero .....                                    | 11 |
| 5. Metodologia per la verifica e il calcolo dei tiranti sopra soglia.....          | 12 |
| 5. DIMENSIONAMENTO DELLE FORNITURE D'ARIA.....                                     | 14 |
| 5.1. Metodologia per il calcolo dei sistemi di fornitura dell'aria .....           | 14 |
| 5.1.1. Metodologie per il calcolo dell'ossigeno da fornire .....                   | 14 |
| 5.1.2. Metodologie per il calcolo dell'ossigeno da fornire .....                   | 15 |
| 5.1.3. Metodologie per il calcolo dei diffusori porosi .....                       | 16 |
| 5.2. Calcolo delle richieste di ossigeno e di aria per il processo biologico ..... | 16 |
| 5.2.1. Calcolo della richiesta di ossigeno .....                                   | 16 |
| 5.2.2. Calcolo delle forniture d'aria.....   | 17 |
| 5.2.3. Calcolo dei diffusori porosi .....  | 19 |
| 6. PERDITE DI CARICO PER LE TUBAZIONI ARIA.....                                    | 20 |
| 6.1. Tubazioni aria allo stato di progetto .....                                   | 20 |
| 7. ALLEGATO – CALCOLO PERDITE DI CARICO TUBAZIONI IN PRESSIONE .....               | 22 |
| 7.1. Linea Acque.....  | 22 |
| 7.2. Linea Fanghi.....   | 26 |
| 7.3. Linea schiume.....  | 30 |
| 7.4. Linea surnatanti .....  | 31 |
| 7.5. Linea aria .....  | 31 |

|                            |         |                   |  |              |
|----------------------------|---------|-------------------|--|--------------|
| Ingegneria Ambiente S.r.l. | Rev. 00 | Data: Giugno 2021 | Elaborato E-R.04 – Relazione idraulica e di calcolo degli impianti | Pag. 2 di 33 |
|----------------------------|---------|-------------------|--|--------------|

|   |    |
|---|----|
| Tabella 1 Dati a base progetto – i flussi idraulici .....   | 5  |
| Tabella 2 Dati a base progetto – i macroinquinanti .....  | 5  |
| Tabella 3 Filiera di progetto .....   | 6  |
| Tabella 4 Riepilogo tubazioni di progetto e perdite di carico – Linea Acque .....                                 | 9  |
| Tabella 5 Riepilogo tubazioni di progetto e perdite di carico - Linea Fanghi .....                                | 9  |
| Tabella 6 Riepilogo tubazioni di progetto e perdite di carico - Linea Schiume .....                               | 10 |
| Tabella 7 Riepilogo tubazioni di progetto e perdite di carico - Linea Surnatanti.....                             | 10 |
| Tabella 8 Dimensionamento linea surnatanti a gravità.....   | 11 |
| Tabella 9 Riepilogo dei tiranti sulle soglie .....  | 12 |
| Tabella 10 Flussi influenti al processo biologico a cicli alternati .....   | 16 |
| Tabella 11 Principali dimensioni della vasca biologica a cicli alternati.....                                     | 16 |
| Tabella 12 Calcolo di ossigeno teorico alla Q <sub>mn</sub> e alla Q <sub>p</sub> .....                           | 17 |
| Tabella 13 Caratteristiche singolo diffusore poroso: SOTE [%] – Sommergenza – Battente – Carico di progetto ..... | 17 |
| Tabella 14 Superficie di membrana perforata .....   | 17 |
| Tabella 15 Caratteristiche dimensionali della linea biologica a Cicli Alternati .....                             | 18 |
| Tabella 16 Calcolo della portata di aria pratica alla Q <sub>mn</sub> .....                                       | 18 |
| Tabella 17 Calcolo della portata di aria pratica alla Q <sub>ps</sub> .....                                       | 19 |
| Tabella 18 Calcolo dei diffusori porosi .....   | 19 |
| Tabella 19 Dimensionamento piping aria – Biologico .....  | 21 |

|                            |         |                   |  |              |
|----------------------------|---------|-------------------|--|--------------|
| Ingegneria Ambiente S.r.l. | Rev. 00 | Data: Giugno 2021 | Elaborato E-R.04 – Relazione idraulica e di calcolo degli impianti | Pag. 3 di 33 |
|----------------------------|---------|-------------------|--|--------------|

## 1. PREMESSA

Nel mese di Ottobre 2020 Ingegneria Ambiente s.r.l. è stata incaricata dalla società TENNACOLA SpA per il servizio di consulenza per la progettazione dell'impianto di trattamento acque reflue D014 Iommi.

La seguente Relazione generale fa quindi parte degli elaborati progettuali inerenti il Progetto esecutivo.

Nel pieno rispetto del Decreto Legislativo 18 aprile 2016, n. 50 "Codice dei contratti pubblici" art.23 comma 8, il progetto esecutivo, deve determinare in ogni dettaglio i lavori da realizzare, il relativo costo previsto, il cronoprogramma, e deve essere sviluppato ad un livello di definizione tale che ogni elemento sia identificato in forma, tipologia, qualità, dimensione e prezzo. Il progetto esecutivo deve essere, altresì, corredato da apposito piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti in relazione al ciclo di vita.

Il progetto è stato quindi sviluppato al fine di assicurare:

- a) il soddisfacimento dei fabbisogni della collettività;
- b) la qualità architettonica e tecnico funzionale e di relazione nel contesto dell'opera;
- c) la conformità alle norme ambientali, urbanistiche e di tutela dei beni culturali e paesaggistici, nonché il rispetto di quanto previsto dalla normativa in materia di tutela della salute e della sicurezza;
- d) un limitato consumo del suolo;
- e) il rispetto dei vincoli idro-geologici, sismici e forestali nonché degli altri vincoli esistenti;
- f) il risparmio e l'efficientamento ed il recupero energetico nella realizzazione e nella successiva vita dell'opera nonché la valutazione del ciclo di vita e della manutenibilità delle opere;
- g) la compatibilità con le preesistenze archeologiche;
- h) la razionalizzazione delle attività di progettazione e delle connesse verifiche attraverso il progressivo uso di metodi e strumenti elettronici specifici;
- i) la compatibilità geologica, geomorfologica, idrogeologica dell'opera;
- l) accessibilità e adattabilità secondo quanto previsto dalle disposizioni vigenti in materia di barriere architettoniche.

Inoltre coerentemente con quanto stabilito dall'art.34, Titolo II, Capo I, Sezione I e II del Decreto del Presidente della Repubblica 05 Ottobre 2010 n.207 Regolamento di esecuzione ed attuazione del Decreto Legislativo 12 Aprile 2006 n.163 e smi, recante "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/14/CE e 2004/18/CE":

*1. La relazione generale del progetto esecutivo descrive in dettaglio, anche attraverso specifici riferimenti agli elaborati grafici e alle prescrizioni del capitolato speciale d'appalto, i criteri utilizzati per le scelte progettuali esecutive, per i particolari costruttivi e per il conseguimento e la verifica dei prescritti livelli di sicurezza e qualitativi. Nel caso in cui il progetto prevede l'impiego di componenti prefabbricati, la relazione precisa le caratteristiche illustrate negli elaborati grafici e le prescrizioni del capitolato speciale d'appalto riguardanti le modalità di presentazione e di approvazione dei componenti da utilizzare.*

*2. La relazione generale contiene l'illustrazione dei criteri seguiti e delle scelte effettuate per trasferire sul piano contrattuale e sul piano costruttivo le soluzioni spaziali, tipologiche, funzionali, architettoniche e*

|                            |         |                   |  |              |
|----------------------------|---------|-------------------|--|--------------|
| Ingegneria Ambiente S.r.l. | Rev. 00 | Data: Giugno 2021 | Elaborato E-R.04 – Relazione idraulica e di calcolo degli impianti | Pag. 4 di 33 |
|----------------------------|---------|-------------------|--|--------------|

*tecnologiche previste dal progetto definitivo approvato; la relazione contiene inoltre la descrizione delle indagini, rilievi e ricerche effettuati al fine di ridurre in corso di esecuzione la possibilità di imprevisti.*

|                            |         |                   |  |              |
|----------------------------|---------|-------------------|--|--------------|
| Ingegneria Ambiente S.r.l. | Rev. 00 | Data: Giugno 2021 | Elaborato E-R.04 – Relazione idraulica e di calcolo degli impianti | Pag. 5 di 33 |
|----------------------------|---------|-------------------|--|--------------|

## 2. DATI A BASE PROGETTO

### 2.1. I dati a base progetto

In accordo con la Stazione Appaltante si illustrano nelle successive tabelle i dati a base progetto relativi al nuovo impianto di depurazione di Iommi, in termini di portate, carichi di massa e concentrazioni influenti.

Tabella 1 Dati a base progetto – i flussi idraulici

|   |                   |     |                   |      |
|---|-------------------|-----|-------------------|------|
| AE totali stato di fatto  | AE                | 500 |                   |      |
| Dotazione idrica  | Litri/(AE x d)    | 250 |                   |      |
| Coefficiente di sversamento $\alpha$                              |                   | 0,8 |                   |      |
| Portata media nera teorica (Qmn)                                  | m <sup>3</sup> /d | 100 | m <sup>3</sup> /h | 4,17 |
| Coefficiente di infiltrazione in rete                             |                   | 1   |                   |      |
| Portata media nera effettiva (Qmn)                                | m <sup>3</sup> /d | 100 | m <sup>3</sup> /h | 4,17 |
| Coefficiente di punta secca                                       |                   | 1,5 |                   |      |
| Portata di punta secca effettiva globale (Qps)                    | m <sup>3</sup> /d | 150 | m <sup>3</sup> /h | 6,25 |
| Coefficiente massimo di afflusso al biologico                     |                   | 2,5 |                   |      |
| Portata massima al processo biologico effettiva globale (Qmaxbio) | m <sup>3</sup> /d | 250 | m <sup>3</sup> /h | 10,4 |
| Coefficiente massimo di afflusso alla stazione di sollevamento    |                   | 2,5 |                   |      |
| Portata massima alla stazione di sollevamento globale (Qmaxsoll.) | m <sup>3</sup> /d | 250 | m <sup>3</sup> /h | 10,4 |

Di seguito le concentrazioni e i carichi di massa riferiti ai principali macroinquinanti.

Tabella 2 Dati a base progetto – i macroinquinanti

|                                      | COD | Ntot | Ptot | TSS | BOD5 |
|--------------------------------------|-----|------|------|-----|------|
| Fattore di carico unitario gr/(AExd) | 120 | 12   | 1,2  | 70  | 60   |
| Concentrazione (mg/L)                | 600 | 60   | 6.0  | 350 | 300  |
| Carico di massa (kg/d)               | 60  | 6    | 0.6  | 35  | 30   |

### 3. GLI INTERVENTI PROPOSTI

La progettazione ha come obiettivo la realizzazione del nuovo impianto di trattamento acque reflue di Iommi per la potenzialità di 500 AE.

Tutte le scelte progettuali sono state condotte avendo cura di:

- ✓ Rispettare sia l'attuale arrivo dei liquami dalla rete fognaria e sia il punto finale di scarico sempre esistente;
- ✓ Garantire massima versatilità di tutte le unità operative in fase di conduzione permettendo di effettuare le operazioni di manutenzione ordinaria e/o straordinaria;
- ✓ Fornire e posare un piping adeguato a garantire l'ottimizzazione nella gestione dei flussi di processo tanto della linea acque quanto della linea fanghi;
- ✓ Utilizzare tutte le migliori tecnologie disponibili per garantire, oltre al rispetto dei limiti effluenti dei principali inquinanti, risparmi sui consumi energetici, riduzione dei fanghi di depurazione e dei chemicals;
- ✓ Ottenere tutti gli elementi indispensabili ai fini dei necessari titoli abilitativi, autorizzativi, o di altro atto equivalente.

La tabella seguente riporta la filiera di processo delle operazioni unitarie previste nello stato di fatto e nello stato di progetto per la linea acque.

Tabella 3 Filiera di progetto

|   | Numero linee |
|---|--------------|
| <b>LINEA ACQUE</b>                                    |              |
| Pozzo di arrivo dei reflui da trattare (esistente)    | 1            |
| Sghiaiatore   | 1            |
| Stazione di sollevamento con bypass                   | 1            |
| Grigliatura   | 1            |
| Dissabbiatura aerata                                  | 1            |
| Processo biologico                                    | 1            |
| Sedimentazione secondaria                             | 1            |
| Disinfezione chimica e relativa stazione di dosaggio  | 1            |
| Pozzo di campionamento                                | 1            |
| Pozzo di unione dei flussi                            | 1            |
| <b>LINEA FANGHI</b>                                   |              |
| Pozzo fanghi  | 1            |
| Pozzo raccolta schiume/flottati                       | 1            |
| Vasca di accumulo dei fanghi da inviare a smaltimento | 1            |
| <b>LOCALI</b>   |              |
| Platea alloggio soffianti                             | 1            |
| Platea alloggio elettrici                             | 1            |

|                            |         |                   |  |              |
|----------------------------|---------|-------------------|--|--------------|
| Ingegneria Ambiente S.r.l. | Rev. 00 | Data: Giugno 2021 | Elaborato E-R.04 – Relazione idraulica e di calcolo degli impianti | Pag. 7 di 33 |
|----------------------------|---------|-------------------|--|--------------|

## 4. METODOLOGIA PER IL CALCOLO DELLE PERDITE DI CARICO

Le tubazioni di collettamento vengono generalmente dimensionate per garantire un moto del refluo in pressione; per questo le perdite di carico vengono calcolate come somma delle perdite distribuite più quelle concentrate.

L'espressione più generale che lega la perdita di carico  $J$  per unità di lunghezza  $L$  della condotta di un fluido incomprimibile in moto permanente è quella di Darcy-Weisbach:

$$J = \frac{\lambda V^2}{2gD}$$

Avendo indicato con  $D$  diametro della condotta,  $v$  la velocità media della corrente,  $g$  l'accelerazione di gravità e  $\lambda$  un coefficiente adimensionale di resistenza funzione, in generale, della scabrezza relativa del tubo e del numero di Reynolds  $Re$ :

$$Re = \frac{\rho VD}{\nu}$$

$\rho$  = densità (per l'acqua  $\rho = 1$ )

$\nu$  = viscosità dinamica del fluido.

Per il calcolo di  $\lambda$  si utilizza la formula di Colebrook-White:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \log \left[ \frac{2.51}{Re \sqrt{\lambda}} + \frac{\varepsilon/D}{3.71} \right]$$

$D$  = Diametro della condotta

$\varepsilon$  = Scabrezza relativa

La perdita di carico viene quindi calcolata con la formula più generale che lega la perdita di carico  $J$  per unità di lunghezza  $L$  della condotta di un fluido

$$\Delta H_L = JL$$

$J$  = perdita di carico per unità di lunghezza

$L$  = della condotta di un fluido



|                            |         |                   |  |              |
|----------------------------|---------|-------------------|--|--------------|
| Ingegneria Ambiente S.r.l. | Rev. 00 | Data: Giugno 2021 | Elaborato E-R.04 – Relazione idraulica e di calcolo degli impianti | Pag. 8 di 33 |
|----------------------------|---------|-------------------|--|--------------|

## 4.1. Criteri di dimensionamento

Il dimensionamento delle tubazioni viene effettuato utilizzando le seguenti metodologie, di seguito distinte per tubazioni a gravità e tubazioni pompate:

Per le tubazioni a **gravità** valgono i seguenti assunti:

- Il diametro della tubazione viene dimensionato considerando la portata massima [Q<sub>max</sub>] che attraversa la condotta;
- Nella valutazione della Q<sub>max</sub> su ciascun tratto vengono valutati ulteriormente i fermo impianti dovuti alla manutenzione ordinaria e/o straordinaria delle singole unità operative;
- Le perdite di carico in linea vengono calcolate con la formula di Darcy-Weisbach sopra riportata;
- Le perdite di carico concentrate, dovute a curve a 90° - 45° - raccordi – imbocchi e sbocchi, vengono desunte in relazione all'andamento plano-altimetrico delle singole tubazioni;
- Le perdite di carico globali, ottenute come somma di quelle distribuite e concentrate, vengono confrontate con il dislivello geodetico esistente tra le due unità operative collegate;
- Una volta dimensionato il diametro nominale [DN], viene verificata la velocità in tubazione, la quale deve appartenere al range 0,35 e 1,2 m/s.

Per le tubazioni **pompate** valgono i seguenti assunti:

La valutazione della portata massima [Q<sub>max</sub>] in ciascuna tubazione tiene conto delle operazioni di manutenzione ordinaria e/o straordinaria delle singole unità operative;

- Le perdite di carico in linea vengono calcolate con la formula di Darcy-Weisbach sopra riportata;
- Le perdite di carico concentrate, dovute a curve a 90° - 45° - raccordi – imbocchi e sbocchi, vengono desunte in relazione all'andamento plano-altimetrico delle singole tubazioni;
- Le perdite di carico globali vengono sommate al dislivello geodetico da garantire, per verificare/dimensionare la prevalenza della pompa alla portata richiesta.

## 4.2. Calcoli idraulici: verifica dello stato di progetto

Per la determinazione del profilo idraulico nello stato di progetto, sono stati ipotizzati i seguenti scenari:

- Regime di portata media nera;
- Regime di portata massima.

Di seguito si riporta il riepilogo delle perdite di carico e delle velocità calcolate per ogni tratto di tubazione per ciascuno degli scenari sopra elencati.

|                            |         |                   |  |              |
|----------------------------|---------|-------------------|--|--------------|
| Ingegneria Ambiente S.r.l. | Rev. 00 | Data: Giugno 2021 | Elaborato E-R.04 – Relazione idraulica e di calcolo degli impianti | Pag. 9 di 33 |
|----------------------------|---------|-------------------|--|--------------|

Tabella 4 Riepilogo tubazioni di progetto e perdite di carico – Linea Acque

| Nome         | Materiale | Fluido | Da                      | A             | Qmax | Diam. esterno PEAD PN10 | Diam. interno PEAD PN10 | Diam interno AISI | Lunghezza | Curve 90° | Curve 45° | Valvole | "T" | Velocità max | Perdite di carico max |
|--------------|-----------|--------|-------------------------|---------------|------|-------------------------|-------------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|---------|-----|--------------|-----------------------|
|              |           |        |                         |               | mc/h | mm                      | mm                      | mm                | m         | n°        | n°        | n°      | n°  | m/s          | m                     |
| <b>A.01a</b> | AISI      | Acqua  | PSG.01.01               | A.01c         | 10,4 | -                       | -                       | 65                | 5         | 0         | 0         | 2       | 1   | 0,87         | 0,16                  |
| <b>A.01b</b> | AISI      | Acqua  | PSG.01.02               | A.01c         | 10,4 | -                       | -                       | 65                | 5         | 0         | 0         | 2       | 1   | 0,87         | 0,16                  |
| <b>A.01c</b> | AISI/PEAD | Acqua  | A.01°/b                 | GF.01.01      | 10,4 | 90                      | 79,2                    | 80                | 30        | 10        | 1         | 0       | 1   | 0,57         | 0,21                  |
| <b>A.02</b>  | AISI      | Acqua  | A.01c                   | Dissabbiatura | 10,4 | -                       | -                       | 80                | 3         | -         | -         | -       | -   | -            | -                     |
| <b>A.03</b>  | AISI      | Acqua  | GF.01.01 (troppo pieno) | Dissabbiatura | 10,4 | -                       | -                       | 100               | 2         | -         | -         | -       | -   | -            | -                     |
| <b>A.04</b>  | AISI      | Acqua  | GF.01.01                | Dissabbiatura | 10,4 | -                       | -                       | 150               | 3         | -         | -         | -       | -   | -            | -                     |
| <b>A.05</b>  | AISI      | Acqua  | GF.01.01                | Biologico     | 10,4 | -                       | -                       | 150               | 6         | -         | -         | -       | -   | -            | -                     |
| <b>A.06</b>  | Acc. Riv. | Acqua  | Biologico               | Sedimentatore | 14,6 | -                       | -                       | 100               | 25        | 6         | 2         | 1       | 1   | 0,52         | 0,12                  |
| <b>A.07</b>  | Acc. Riv  | Acqua  | Sedimentatore           | Disinfezione  | 10,4 | -                       | -                       | 80                | 7         | 6         | 1         | 1       | 1   | 0,57         | 0,09                  |

Tabella 5 Riepilogo tubazioni di progetto e perdite di carico - Linea Fanghi

| Nome           | Materiale | Fluido | Da             | A              | Qmax | Diam. esterno PEAD PN10 | Diam. interno PEAD PN10 | Diam interno AISI | Lunghezza | Curve 90° | Curve 45° | Valvole | "T" | Velocità max | Perdite di carico max |
|----------------|-----------|--------|----------------|----------------|------|-------------------------|-------------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|---------|-----|--------------|-----------------------|
|                |           |        |                |                | mc/h | mm                      | mm                      | mm                | m         | n°        | n°        | n°      | n°  | m/s          | m                     |
| <b>F.01</b>    | Acc. Riv. | Fanghi | Sedimentatore  | Pozzo fanghi   | 4,2  | 110                     | 96,8                    | -                 | 7         | 0         | 0         | 0       | 0   | 0,07         | 0,002                 |
| <b>Mandata</b> | AISI      | Fanghi | PSG.02.01      | F.02           | 4,2  | -                       | -                       | 50                | 5         | 0         | 0         | 2       | 1   | 0,59         | 0,09                  |
| <b>Mandata</b> | AISI      | Fanghi | PSG.02.02      | F.02           | 4,2  | -                       | -                       | 50                | 5         | 0         | 0         | 2       | 1   | 0,59         | 0,09                  |
| <b>F.02</b>    | AISI      | Fanghi | PSG.02.01/.02  | Biologico      | 4,2  | -                       | -                       | 50                | 20        | 5         | 0         | 1       | 2   | 0,59         | 0,24                  |
| <b>F.03</b>    | AISI      | Fanghi | F.02           | Vasca accumulo | 4,2  | -                       | -                       | 50                | 5         | 3         | 0         | 1       | 1   | 0,59         | 0,09                  |
| <b>F.04</b>    | AISI      | Fanghi | Vasca accumulo | Autobotte      | -    | -                       | -                       | 50                | 5         | -         | -         | -       | -   | -            | -                     |

|                            |         |                   |  |               |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|
| Ingegneria Ambiente S.r.l. | Rev. 00 | Data: Giugno 2021 | Elaborato E-R.04 – Relazione idraulica e di calcolo degli impianti | Pag. 10 di 33 |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|

Tabella 6 Riepilogo tubazioni di progetto e perdite di carico - Linea Schiume

| Nome         | Materiale | Fluido  | Da        | A                 | Qmax | Diam.<br>esterno<br>PEAD<br>PN10 | Diam.<br>interno<br>PEAD<br>PN10 | Diam<br>interno<br>AISI | Lunghezza | Curve<br>90° | Curve<br>45° | Valvole | "T" | Velocità<br>max | Perdite<br>di carico<br>max |
|--------------|-----------|---------|-----------|-------------------|------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------|-----------|--------------|--------------|---------|-----|-----------------|-----------------------------|
|              |           |         |           |                   | mc/h | mm                               | mm                               | mm                      | m         | n°           | n°           | n°      | n°  | m/s             | m                           |
| <b>FL.01</b> | AISI      | Schiume | Scum box  | Pozzo<br>schiume  | -    | -                                | -                                | 100                     | 3         | -            | -            | -       | -   | -               | -                           |
| <b>FL.02</b> | AISI      | Schiume | PSG.03.01 | Vasca<br>accumulo | 5    | -                                | -                                | 50                      | 15        | 8            | 2            | 2       | 0   | 0,71            | 0,28                        |

Tabella 7 Riepilogo tubazioni di progetto e perdite di carico - Linea Surnatanti

| Nome          | Materiale | Fluido  | Da                    | A                   | Qmax | Diam.<br>esterno<br>PVC | Diam.<br>interno<br>PVC | Diam<br>interno<br>AISI | Lunghezza | Curve<br>90° | Curve<br>45° | Valvole | "T" | Velocità<br>max | Perdite<br>di carico<br>max |
|---------------|-----------|---------|-----------------------|---------------------|------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------|--------------|--------------|---------|-----|-----------------|-----------------------------|
|               |           |         |                       |                     | mc/h | mm                      | mm                      | mm                      | m         | n°           | n°           | n°      | n°  | m/s             | m                           |
| <b>Sur.01</b> | AISI      | Schiume | Pozzetto<br>grigliato | Pozzo<br>surnatanti | -    | 200                     | 193,6                   | -                       | 2         | -            | -            | -       | -   | -               | -                           |
| <b>Sur.02</b> | AISI      | Schiume | PSG.04.01             | Biologico           | 8    | -                       | -                       | 80                      | 8         | 6            | 0            | 2       | 0   | 0,44            | 0,05                        |

### 4.3. Calcolo delle condotte a pelo libero

La verifica ed il dimensionamento delle tubazioni viene effettuato utilizzando dei parametri adimensionali tabulati, come da Figura seguente, i quali permettono di ricavare, nota la portata, i seguenti valori: l'area, il perimetro, il raggio idraulico, la larghezza dello specchio liquido, la profondità del baricentro, il fattore di portata, la velocità e la portata per una tubazione parzialmente piena.

| Grado di riempimento | Area    | Perimetro bagnato | Raggio idraulico | Larghezza specchio liquido | Profondità del baricentro | Fattore di portata           | Rapporto di velocità | Rapporto di portata |
|----------------------|---------|-------------------|------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------|---------------------|
| $y/D$                | $A/D^2$ | $P/D$             | $R_H/D$          | $b/D$                      | $z/D$                     | $\frac{AR_H^{2/3}}{D^{8/3}}$ | $v/v_0$              | $Q/Q_0$             |
| 0,01                 | 0,0013  | 0,2003            | 0,0066           | 0,1990                     | 0,0040                    | 0,0000                       | 0,0890               | 0,0002              |
| 0,02                 | 0,0037  | 0,2838            | 0,0132           | 0,2800                     | 0,0080                    | 0,0002                       | 0,1408               | 0,0007              |
| 0,03                 | 0,0069  | 0,3482            | 0,0197           | 0,3412                     | 0,0120                    | 0,0005                       | 0,1839               | 0,0016              |
| 0,04                 | 0,0105  | 0,4027            | 0,0262           | 0,3919                     | 0,0161                    | 0,0009                       | 0,2221               | 0,0030              |
| 0,05                 | 0,0147  | 0,4510            | 0,0326           | 0,4359                     | 0,0201                    | 0,0015                       | 0,2569               | 0,0048              |
| 0,06                 | 0,0192  | 0,4949            | 0,0389           | 0,4750                     | 0,0241                    | 0,0022                       | 0,2892               | 0,0071              |
| 0,07                 | 0,0242  | 0,5355            | 0,0451           | 0,5103                     | 0,0282                    | 0,0031                       | 0,3194               | 0,0098              |

La verifica per le tubazioni a pelo libero è stata effettuata per tutte le tubazioni di raccolta della linea surnatanti, come riportato nei paragrafi successivi.

Tabella 8 Dimensionamento linea surnatanti a gravità

|      | Q    | v    | Q   | L   | i     | D   | A              | A/D <sup>2</sup> | y/D  | Rh/D   | Rh      | τ     | Y    | ΔZ   |
|------|------|------|-----|-----|-------|-----|----------------|------------------|------|--------|---------|-------|------|------|
|      | mc/h | m/s  | l/s | (m) |       | m   | m <sup>2</sup> |                  |      |        | m       | Pa    | m    | cm   |
| A.00 | 21   | 1,70 | 6   | 8   | 0,095 | 0,4 | 0,0034         | 0,0214           | 0,07 | 0,0451 | 0,01804 | 16,89 | 0,03 | 0,76 |
| A.08 | 10.4 | 1,00 | 3   | 2   | 0,026 | 0,1 | 0,0029         | 0,2889           | 0,40 | 0,2142 | 0,02142 | 5,52  | 0,04 | 0,05 |
| A.09 | 21   | 1,70 | 6   | 35  | 0,095 | 0,4 | 0,0034         | 0,0214           | 0,07 | 0,0451 | 0,01804 | 16,89 | 0,03 | 3.34 |
| A.10 | 12.6 | 1,40 | 4   | 18  | 0,093 | 0,4 | 0,0025         | 0,0156           | 0,05 | 0,0326 | 0,01304 | 12,76 | 0,02 | 1,80 |

Dove:

i = pendenza della condotta;

τ = tensioni tangenziali;

ΔZ = dislivello della condotta tra inizio e fine;

Y = tirante liquido interno alla condotta.

## 5. Metodologia per la verifica e il calcolo dei tiranti sopra soglia

Le soglie di stramazzo previste nel progetto in oggetto prevedono l'installazione di lamierini in AISI304 e pertanto vengono dimensionate utilizzando la formula generale della portata su pareti sottili.

In caso di soglie a deflusso libero si procede calcolando la portata secondo l'**Equazione 4.1**, mentre l'**Equazione 4.2** permette di calcolare il coefficiente di efflusso in funzione del tirante sopra-soglia e dell'altezza della soglia rispetto al fondo del manufatto.

### Equazione 4.1

$$Q = \mu_0 \cdot l \cdot h \cdot \sqrt{2gh}$$

### Equazione 4.2

$$\mu_0 = \frac{2}{3} \cdot \left( 0.605 + \frac{1}{(1050 \cdot h) - 3} \right) + \left( 0.08 \cdot \frac{h}{p} \right)$$

Dove:

|   |                    |   |
|---|--------------------|---|
| Q | m <sup>3</sup> /h  | Portata transitata su soglia                        |
| μ | μ <sub>0</sub>     | Coefficiente di efflusso delle luci (adimensionale) |
| l | m                  | Lunghezza di soglia                                 |
| h | m                  | Tirante   |
| g | m/sec <sup>2</sup> | Accelerazione di gravità                            |
| p | m                  | Approfondimento sotto soglia di stramazzo           |

In caso di soglie a deflusso rigurgitato si procede calcolando la portata secondo l'**Equazione 4.3**,

### Equazione 4.3

$$Q = L \cdot \left( \mu_1 \cdot h_2 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_1} + \frac{2}{3} \cdot \mu_2 \cdot h_1 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_1} \right)$$

dove:

Q= portata (m<sup>3</sup>/s)

μ = coefficiente di efflusso (per traverse normali μ<sub>1</sub> = μ<sub>2</sub> = 0,65)

h<sub>1</sub> = differenza di livello tra monte e valle della soglia (m)

h<sub>2</sub> = battente sullo stramazzo a valle della soglia (m)

L = lunghezza della soglia di sfioro (m)

Qui di seguito si riporta un riepilogo di tutte le soglie sfioranti esaminate nel profilo idraulico di progetto, il dimensionamento verrà approfondito nei paragrafi seguenti.

Tabella 9 Riepilogo dei tiranti sulle soglie

| <u>Voce</u>                               | <u>u.m.</u> | <u>Valore</u> |
|---|-------------|---------------|
| <b>Soglia uscita sghiaiatore</b>          |             |               |
| <b>Qmax – Stato di Progetto</b>           | m3/h        | 10,4          |
| <b>CALCOLO del TIRANTE SOPRA-SOGLIA</b>   |             |               |
| Lunghezza soglia sfiorante                | m           | 1,5           |
| Tirante sopra soglia alla portata massima | cm          | 1             |
| Quota soglia sfiorante                    | m           | 265.10        |
| <b>DIMENSIONI per lo STRAMAZZO</b>        |             |               |

|                            |         |                   |  |               |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|
| Ingegneria Ambiente S.r.l. | Rev. 00 | Data: Giugno 2021 | Elaborato E-R.04 – Relazione idraulica e di calcolo degli impianti | Pag. 13 di 33 |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|

|   |                   |        |
|---|-------------------|--------|
| Lunghezza                                   | m                 | 1,50   |
| Altezza da fondo                            | m                 | 1      |
| Spessore parete                             | m                 | 0.005  |
| <b>Soglia uscita biologico</b>              |                   |        |
| <b>Qmax – Stato di Progetto</b>             | m <sup>3</sup> /h | 10,4   |
| <b>CALCOLO del TIRANTE SOPRA-SOGLIA</b>     |                   |        |
| Lunghezza soglia sfiorante                  | m                 | 3      |
| Tirante sopra soglia alla portata massima   | cm                | 1      |
| Quota soglia sfiorante                      | m                 | 268.90 |
| <b>DIMENSIONI per lo STRAMAZZO</b>          |                   |        |
| Lunghezza                                   | m                 | 3      |
| Altezza da fondo                            | m                 | 4      |
| Spessore parete                             | m                 | 0.005  |
| <b>Soglia uscita sedimentatore</b>          |                   |        |
| <b>Qmax – Stato di Progetto</b>             | m <sup>3</sup> /h | 10,4   |
| <b>CALCOLO del TIRANTE SOPRA-SOGLIA</b>     |                   |        |
| Lunghezza soglia sfiorante                  | m                 | 13     |
| Tirante sopra soglia alla portata massima   | cm                | 0,2    |
| Quota soglia sfiorante                      | m                 | 268.45 |
| <b>DIMENSIONI per lo STRAMAZZO</b>          |                   |        |
| Lunghezza                                   | m                 | 13     |
| Altezza da fondo                            | m                 | 3.55   |
| Spessore parete                             | m                 | 0.005  |
| <b>Soglia uscita Labirinto disinfezione</b> |                   |        |
| <b>Qmax – Stato di Progetto</b>             | m <sup>3</sup> /h | 10,4   |
| <b>CALCOLO del TIRANTE SOPRA-SOGLIA</b>     |                   |        |
| Lunghezza soglia sfiorante                  | m                 | 1      |
| Tirante sopra soglia alla portata massima   | cm                | 1      |
| Quota soglia sfiorante                      | m                 | 266.75 |
| <b>DIMENSIONI per lo STRAMAZZO</b>          |                   |        |
| Lunghezza                                   | m                 | 1      |
| Altezza da fondo                            | m                 | 1.95   |
| Spessore parete                             | m                 | 0.005  |
|   |                   |        |
|   |                   |        |

## 5. DIMENSIONAMENTO DELLE FORNITURE D'ARIA

### 5.1. Metodologia per il calcolo dei sistemi di fornitura dell'aria

Nei seguenti paragrafi viene illustrata la metodologia utilizzata per il dimensionamento dell'ossigeno e dell'aria pratica da fornire al processo biologico, oltre alla metodologia per il dimensionamento dei sistemi di diffusione dell'aria.

#### 5.1.1. Metodologie per il calcolo dell'ossigeno da fornire

La metodologia seguita per il calcolo dell'ossigeno da fornire è la seguente:

1. Calcolo dell'ossigeno teorico in condizioni di portata media nera ( $O_{2t}$ ), secondo l'eq.1;
2. Calcolo dell'ossigeno teorico alla  $Q_{mn}$  in fase aerobica ( $O_{2toaer}$ ), secondo l'eq.2;
3. Calcolo dell'ossigeno teorico in condizioni di punta secca ( $O_{2tps}$ ) secondo l'eq.3;
4. Calcolo dell'ossigeno teorico in punta secca da fornire in fase aerobica ( $O_{2tpsaer}$ ) secondo l'eq. 4

$$O_{2t} = (LBOD * E * 0,5 + K_d * X V TVS/TS + 4,57 * L_{nitrif} - 2,7 * L_{den min}) \quad Eq. 1$$

dove

|                   |   |                   |
|-------------------|---|-------------------|
| LBOD              | Carico orario in BOD  | kg/h              |
| E                 | Rimozione del BOD   | %                 |
| $K_d$             | Costante di decadimento endogeno                            | $h^{-1}$          |
| X TVS/TS          | Concentrazione dei solidi sospesi volatili                  | kg/m <sup>3</sup> |
| V                 | volume del processo biologico                               | m <sup>3</sup>    |
| $L_{N_{nitrif}}$  | Carico di azoto da nitrificare                              |                   |
|                   | $L_{ntot} - L_{N_{noxin}} - (XV/SRT * N\%TS)$               | kg/h              |
| $L_{N_{den min}}$ | Minimo Carico di azoto denitrificato                        | kg/h              |
|                   | $L_{N_{nitrif}} * \text{percentuale di denitrificazione}\%$ |                   |

$$O_{2toaer} = O_{2t} * 1/f_a \quad Eq. 2$$

dove

|       |                                 |
|-------|---------------------------------|
| $f_a$ | frazione aerobica adimensionale |
|-------|---------------------------------|

$$O_{2tps} = (LBOD * E * 0,5 * f_p + K_d * X V TVS/TS + 4,57 * L_{nitrif} - 2,7 * L_{den min} * f_p) \quad Eq. 3$$

dove

|       |                  |
|-------|------------------|
| $f_p$ | fattore di punta |
|-------|------------------|

|                            |         |                   |  |               |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|
| Ingegneria Ambiente S.r.l. | Rev. 00 | Data: Giugno 2021 | Elaborato E-R.04 – Relazione idraulica e di calcolo degli impianti | Pag. 15 di 33 |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|

$$O2tpsaer = O2tps * 1/faps$$

**Eq. 4**

dove

$f_{aps}$  frazione di tempo in fase aerobica in punta secca

### 5.1.2. Metodologie per il calcolo dell'ossigeno da fornire

Ottenuti i risultati di cui sopra, dai valori di ossigeno in fase aerobica alla portata media ed alla punta secca viene calcolata la quantità di aria da fornire nelle diverse condizioni operative del processo, per effettuare diverse comparazioni i valori vengono calcolati alla temperatura minima ed alla massima di processo per ogni stagionalità. La metodologia per il calcolo dell'aria da fornire è la seguente:

1. Calcolo della portata di aria pratica alla  $Q_{mn}$  ed alla minima temperatura ( $Q_{airmn}$ ) secondo l'eq. 5;
2. Calcolo della portata di aria pratica alla  $Q_{mn}$  ed alla max temperatura ( $Q_{airmax}$ ) secondo l'eq. 6;
3. Calcolo della portata di aria pratica alla punta secca alla minima temperatura ( $Q_{airps}$ ) secondo l'eq. 7;
4. Calcolo della portata di aria pratica alla punta secca ed alla max temperatura ( $Q_{airpsmax}$ ) secondo l'eq. 7.

$$Q_{airmn} = O2taer / [SOTE * 0,28 * a] (Cs20 / (bCw - C) [1/1,024^{(T-20)}])$$

**Eq. 5**

dove

|      |   |                         |
|------|---|-------------------------|
| SOTE | Efficienza di trasferimento standard dell'ossigeno alla sommergenza di progetto       | %                       |
| a    | fattore di correzione del trasferimento di ossigeno                                   |                         |
| Cw   | Concentrazione di saturazione in acqua pulita alla Pressione e cond di esercizio      | mg/l                    |
| b    | fattore di correzione della conc. di saturazione per salinità e tensione superficiale |                         |
| Cs20 | Concentrazione di saturazione dell'acqua pulita a 20°C ed 1 atm                       | mg/l                    |
| C    | Concentrazione dell'OD alle condizioni del processo                                   | mg/l                    |
| 0,28 | Quantità di ossigeno per unità di aria  | kgO2/<br>m <sup>3</sup> |
| T    | Temperatura minima  | °C                      |

$$Q_{airmnmax} = O2taer / [SOTE * 0,28 * a * F] (Cs20 / (bCw - C) [1/1,024^{(T-20)}])$$

**Eq. 6**

|        |                     |    |
|--------|---------------------|----|
| Dove T | Temperatura massima | °C |
|--------|---------------------|----|

$$Q_{airps} = O2tpsaer / [SOTE * 0,28 * a * F] (Cs20 / (bCw - C) [1/1,024^{(T-20)}])$$

**Eq. 7**



|                            |         |                   |  |               |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|
| Ingegneria Ambiente S.r.l. | Rev. 00 | Data: Giugno 2021 | Elaborato E-R.04 – Relazione idraulica e di calcolo degli impianti | Pag. 16 di 33 |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|

$$Q_{airpsmax} = 0.2tp / [SOTE * 0.28 * a * F] (Cs20 / (bCw - C)) [1 / 1.024^{(T-20)}] \quad Eq.8$$

Ovviamente la portata di aria da fornire corrisponde a quella maggiore tra quelle calcolate dalle eq. 5-8.

### 5.1.3. Metodologie per il calcolo dei diffusori porosi

La portata di aria massima da fornire viene normalmente stabilita alla portata influente di acqua reflua in punta secca ed alla massima temperatura di processo. Sulla base di tale portata massima di aria e della portata di aria specifica (Nm<sup>3</sup>/h per diffusore o Sm<sup>3</sup>/h per diffusore), si calcola il numero totale di diffusori.

Nello stato di progetto ciascuna linea biologica dovrà disporre di N.2 calate, in cui la distribuzione dei diffusori porosi seguirà un andamento decrescente lungo lo sviluppo longitudinale del reattore; in particolare la prima calata sosterrà il 120% dei diffusori calcolati come un terzo dei totali e la seconda l'80%.

La densità dei diffusori nella zona di interesse viene scelta sulla base delle indicazioni di richiesta di ossigeno che derivano dalla simulazione matematica del processo.

## 5.2. Calcolo delle richieste di ossigeno e di aria per il processo biologico

### 5.2.1. Calcolo della richiesta di ossigeno

La seguente tabella riporta le principali caratteristiche dimensionali delle due linee biologiche esistenti nell'impianto di Guazzetti, per le quali si prevede l'applicazione della tecnologia a Cicli Alternati.

Tabella 10 Flussi influenti al processo biologico a cicli alternati

| <u>Voce</u>                            | <u>UdM</u>        | <u>Valore</u> |
|--|-------------------|---------------|
| Portata media nera (Qmn)               | m <sup>3</sup> /h | 4,2           |
| Portata di punta secca (Qps)           | m <sup>3</sup> /h | 6,3           |
| Portata massima al biologico (Qmaxbio) | m <sup>3</sup> /h | 10,4          |
| Portata di ricircolo (Qr)              | m <sup>3</sup> /h | 4,2           |

Tabella 11 Principali dimensioni della vasca biologica a cicli alternati

| <u>Voce</u>             | <u>UdM</u>     | <u>Valore</u> |
|-------------------------|----------------|---------------|
| Linee                   | n.             | 1             |
| Battente                | m              | 4.0           |
| Larghezza utile         | m              | 3             |
| Lunghezza utile         | m              | 6             |
| Superficie utile totale | m <sup>2</sup> | 18            |
| Volume utile totale     | m <sup>3</sup> | 72            |
| CSTR per linea          | n              | 2             |

|                            |         |                   |  |               |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|
| Ingegneria Ambiente S.r.l. | Rev. 00 | Data: Giugno 2021 | Elaborato E-R.04 – Relazione idraulica e di calcolo degli impianti | Pag. 17 di 33 |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|

Tabella 12 Calcolo di ossigeno teorico alla Q<sub>mn</sub> e alla Q<sub>p</sub>

|   |  |                           |            |
|---|--|---------------------------|------------|
| <b>Calcolo dell'ossigeno teorico alla Q<sub>mn</sub> in fase aerobica</b> | <b><math>O_{2t} = (LBOD \cdot E \cdot 0,5 + K_d \cdot XV) \cdot \frac{TVS}{TS} + 4,57 \cdot L_{nitrif} - 2,7 \cdot L_{den} \cdot \min</math></b>                         | <b>kg/h</b>               | <b>3,9</b> |
| Carico orario in BOD5   | LBOD5r   | kg/h                      | 1,3        |
|   | LBOD   | kg/h                      | 1,8        |
| Rimozione del BOD   | E  |                           | 0,98       |
| K <sub>d</sub>  | costante di decadimento endogeno   | kgO <sub>2</sub> /kgTVS/h | 0,004      |
| X   | MLVSS  | kg/m <sup>3</sup>         | 3,4        |
| V   |  | m <sup>3</sup>            | 72         |
| Carico di azoto da nitrificare  | $L_{Ntotin} - L_{N-Noxin} \cdot (XV/SRT \cdot N\%TS)$  | kg/h                      | 0,21       |
| Carico di azoto denitrificato   | L <sub>Ndenitrificato</sub> minimo   | kg/h                      | 0,1        |
| Percentuale di denitrificazione   |  | %                         | 70         |
| Frazione aerobica   |  |                           | 0,60       |
| <b>Calcolo dell'ossigeno teorico alla Q<sub>p</sub> in fase aerobica</b>  | <b><math>O_{2tps} = (LBOD \cdot E \cdot 0,5 \cdot f_p + K_d \cdot XV) \cdot \frac{TVS}{TS} + (4,57 \cdot L_{nitrif} - 2,7 \cdot L_{den} \cdot \min) \cdot f_p</math></b> | <b>kg/h</b>               | <b>4,5</b> |
| Fattore di punta  | f <sub>p</sub>   |                           | 1,50       |
| Frazione di tempo in fase aerobica in punta secca                         | f <sub>aps</sub>   |                           | 0,69       |

Di seguito le principali considerazioni:

- Viene assunta una concentrazione media di biomassa in vasca MLSS di 4,0 kg/m<sup>3</sup>, quindi, ammettendo un rapporto TVS/TS di 0.75, la concentrazione degli MLVSS si attesta a 3,0 kg/m<sup>3</sup>;
- Il volume di reazione biologica è dato dal volume dell'intera vasca biologica destinata al processo a cicli alternati;
- La quantità di ossigeno teorico da fornire al sistema si attesta in regime di portata media e di punta secca rispettivamente a 3,9 kgO<sub>2</sub>/h e 4,5 kgO<sub>2</sub>/h.

### 5.2.2. Calcolo delle forniture d'aria

Per il calcolo delle forniture d'aria sono state scelte tipologie di diffusori presenti sul mercato, del tipo a piattello circolare a bolle fini con membrana in EPDM. Di seguito le caratteristiche dei diffusori.

Tabella 13 Caratteristiche singolo diffusore poroso: SOTE [%] – Sommergenza – Battente – Carico di progetto

|             | SOTE (%) | Sommergenza | Battente | Istallazione diffusore | Carico                       |
|-------------|----------|-------------|----------|------------------------|------------------------------|
|             | %        | m           | m        | m dal fondo            | Nm <sup>3</sup> /h diffusore |
| Tipologia A | 25       | 3,7         | 4,0      | 0,3                    | 3,5                          |
| Tipologia B | 25       | 3,7         | 4,0      | 0,3                    | 6,4                          |

Tabella 14 Superficie di membrana perforata

|             | Diametro membrana |    | Superficie membrana |                |
|-------------|-------------------|----|---------------------|----------------|
| Tipologia A | 212               | mm | 0,035               | m <sup>2</sup> |
| Tipologia B | 276,4             | mm | 0,060               | m <sup>2</sup> |

|                            |         |                   |  |               |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|
| Ingegneria Ambiente S.r.l. | Rev. 00 | Data: Giugno 2021 | Elaborato E-R.04 – Relazione idraulica e di calcolo degli impianti | Pag. 18 di 33 |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|

Tabella 15 Caratteristiche dimensionali della linea biologica a Cicli Alternati

| <b><i>Voce</i></b>     | <b><i>UdM</i></b>    | <b><i>Valore</i></b> |
|------------------------|----------------------|----------------------|
| Numero di linee        | n°                   | 1,0                  |
| Lunghezza              | m                    | 6,0                  |
| Larghezza              | m                    | 3,0                  |
| Battente               | m                    | 4,0                  |
| Superficie             | m <sup>2</sup>       | 18,0                 |
| Volume utile per linea | m <sup>3</sup>       | 72                   |
| Volume utile globale   | m <sup>3</sup>       | 72                   |
| MLSS                   | KgTS/m <sup>3</sup>  | 4,0                  |
| TVS/TS                 |                      | 0,75                 |
| MLVSS                  | KgTVS/m <sup>3</sup> | 3,0                  |

Si riportano di seguito le forniture di aria nelle diverse ipotesi di lavoro.

Tabella 16 Calcolo della portata di aria pratica alla Q<sub>mn</sub>

| <b>Calcolo della portata di aria pratica alla portata media e alla minima temperatura</b>  |  |                    |      |
|--|--|--------------------|------|
| Portata di aria pratica totale   |  | Nm <sup>3</sup> /h | 119  |
|  |  | Sm <sup>3</sup> /h | 128  |
| Efficienza di trasferimento standard dell'ossigeno alla sommersenza di progetto            | SOTE   | %                  | 25   |
| Concentrazione di saturazione in acqua pulita alla pressione e condizioni di esercizio     | C <sub>w</sub>   | mg/l               | 10.7 |
| Beta   | Fattore di correzione della salinità e tensione superficiale | <i>b</i>           | 0.98 |
| Concentrazione di saturazione dell'acqua pulita a 20°C ed 1 atm                            | C <sub>s20</sub>   | mg/l               | 9.2  |
| Concentrazione dell'OD alle condizioni del processo  | C  | mg/l               | 2.0  |
| Temperatura  |  | °C                 | 12   |
| <b>Calcolo della portata di aria pratica alla portata media e alla massima temperatura</b> |  |                    |      |
| Portata di aria pratica totale   |  | Nm <sup>3</sup> /h | 118  |
|  |  | Sm <sup>3</sup> /h | 127  |
| Efficienza di trasferimento standard dell'ossigeno alla sommersenza di progetto            | SOTE   | %                  | 28   |
| Concentrazione di saturazione in acqua pulita alla pressione e condizioni di esercizio     | C <sub>w</sub>   | mg/l               | 9.2  |
| Beta   | Fattore di correzione della salinità e tensione superficiale | <i>b</i>           | 0.98 |
| Concentrazione di saturazione dell'acqua pulita a 20°C ed 1 atm                            | C <sub>s20</sub>   | mg/l               | 9.2  |
| Concentrazione dell'OD alle condizioni del processo  | C  | mg/l               | 2.0  |
| Temperatura  |  | °C                 | 20   |

|                            |         |                   |  |               |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|
| Ingegneria Ambiente S.r.l. | Rev. 00 | Data: Giugno 2021 | Elaborato E-R.04 – Relazione idraulica e di calcolo degli impianti | Pag. 19 di 33 |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|

Tabella 17 Calcolo della portata di aria pratica alla Qps

| Calcolo della portata di aria pratica alla portata di punta secca ed alla min temperatura     |  |                    |      |
|---|--|--------------------|------|
| Portata di aria pratica totale  |  | Nm <sup>3</sup> /h | 136  |
|   |  | Sm <sup>3</sup> /h | 146  |
| Efficienza di trasferimento standard dell'ossigeno alla sommersione di progetto               | SOTE   | %                  | 25   |
| Concentrazione di saturazione in acqua pulita alla Pressione e condizioni di esercizio        | C <sub>w</sub>   | mg/l               | 10.7 |
| Beta  | Fattore di correzione della salinità e tensione superficiale | <i>b</i>           | 0.98 |
| Concentrazione di saturazione dell'acqua pulita a 20°C ed 1 atm                               | C <sub>s20</sub>   | mg/l               | 9.2  |
| Concentrazione dell'OD alle condizioni del processo   | C  | mg/l               | 2.0  |
| Temperatura   |  | °C                 | 12   |
| Calcolo della portata di aria pratica alla portata di punta secca ed alla massima temperatura |  |                    |      |
| Portata di aria pratica totale  |  | Nm <sup>3</sup> /h | 136  |
|   |  | Sm <sup>3</sup> /h | 146  |
| Efficienza di trasferimento standard dell'ossigeno alla sommersione di progetto               | SOTE   | %                  | 25   |
| Concentrazione di saturazione in acqua pulita alla Pressione e condizioni di esercizio        | C <sub>w</sub>   | mg/l               | 9.2  |
| Beta  | Fattore di correzione della salinità e tensione superficiale | <i>b</i>           | 0.98 |
| Concentrazione di saturazione dell'acqua pulita a 20°C ed 1 atm                               | C <sub>s20</sub>   | mg/l               | 9.2  |
| Concentrazione dell'OD alle condizioni del processo   | C  | mg/l               | 2    |
| Temperatura   |  | °C                 | 20   |

### 5.2.3. Calcolo dei diffusori porosi

Di seguito viene presentata una comparazione tra le diverse richieste di diffusori porosi nelle condizioni operative di progetto.

Tabella 18 Calcolo dei diffusori porosi

| PROCESSO A CICLI ALTERNATI - ARIA DA FORNIRE |   |                        |                        |
|--|---|------------------------|------------------------|
| Voce   | UdM                                       | Valore                 |                        |
|  |   | TIPO A                 | TIPO B                 |
| PORTATA D'ARIA TOTALE massima da fornire     |   | 136 Nm <sup>3</sup> /h | 146 Sm <sup>3</sup> /h |
| Portata specifica dei diffusori              | Nm <sup>3</sup> /h diffusore              | 3.5                    |                        |
|  | Sm <sup>3</sup> /h diffusore              |                        | 6.4                    |
| Portata massima diffusore                    |   | 6,0                    | 8,0                    |
| Rapporto Q progetto/Q massima lavoro         | f <sub>c</sub>                            | 0.58                   | 0.80                   |
| SOTE   | %   | 25                     | 25                     |
| Numero diffusori per linea biologica         | N   | 42                     | 24                     |
| Membrana perforata singolo diffusore         | m <sup>2</sup> membrana singolo diffusore | 0.0353                 | 0.0600                 |
| Membrana perforata per vasca                 | m <sup>2</sup> membrana per vasca         | 1.4                    | 1.4                    |

|                            |         |                   |  |               |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|
| Ingegneria Ambiente S.r.l. | Rev. 00 | Data: Giugno 2021 | Elaborato E-R.04 – Relazione idraulica e di calcolo degli impianti | Pag. 20 di 33 |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|

La distribuzione dei diffusori porosi seguirà un andamento omogeneo lungo lo sviluppo longitudinale della linea.

## **6. PERDITE DI CARICO PER LE TUBAZIONI ARIA**

La rete di distribuzione dell'aria viene dimensionata calcolando le perdite di carico globali ottenute come somma delle perdite concentrate e distribuite.

Il contributo delle perdite concentrate derivano dal battente idraulico e dall'utilizzo di raccordi lungo la tubazione quali curve, innesti a T, imbocchi e sbocchi. Le perdite distribuite vengono calcolate assumendo, come dati a base progetto, la portata transitata nel tubo, la lunghezza della tubazione ed ipotizzando di mantenere una velocità costante di circa 8-15 m/sec.

### **6.1. Tubazioni aria allo stato di progetto**

Il progetto propone la posa completa delle tubazioni di aria dedicate:

- Alla dissabbiatura aerata;
- All'airlift;
- Al processo biologico.

Le tubazioni destinate a fornire aria a tutti i processi sono progettate in partenza dalla platea di alloggio per le n.2 soffianti a lobi. Dalla platea di alloggio, con tubazione unica, l'aria verrà inviata al monoblocco, dove con n.3 stacchi separati andrà a fornire aria all'airlift, ai diffusori a bolle grosse della dissabbiatura aerata e con calata unica, ai diffusori a bolle fini del processo biologico.

Nelle successive tabelle sono illustrate le portate transitate su ciascun tratto di tubazione aria, sia per quanto riguarda le tubazioni di processo (fornitura di ossigeno) del processo biologico che per dissabbiatura aerata e airlift.

|                            |         |                   |  |               |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|
| Ingegneria Ambiente S.r.l. | Rev. 00 | Data: Giugno 2021 | Elaborato E-R.04 – Relazione idraulica e di calcolo degli impianti | Pag. 21 di 33 |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|

Tabella 19 Dimensionamento piping aria – Biologico

| Nome Item     |  | Temperatura aria | Aria pratica | Aria pratica calata | Lunghezza tubazione | Diametro  | Velocità     | Perdite di carico |             |
|---------------|--|------------------|--------------|---------------------|---------------------|-----------|--------------|-------------------|-------------|
|               |  | °C               | <u>Nm3/h</u> | <u>Nm3/h</u>        | <u>m</u>            | <u>mm</u> | <u>m/sec</u> | <u>mm H2O</u>     | <u>mbar</u> |
|               |  |                  |              |                     |                     |           |              |                   |             |
| <b>Air.01</b> | BLB.01.01/02                             | Air.02/.03/.04   | 200          |                     | 20                  | 80        | 10,46        | 147,92            | 14,51       |
| <b>Air.02</b> | Air.01                                   | biologico        |              | 136                 | 7                   | 65        | 11,39        | 76,9              | 7,54        |
| <b>Air.03</b> | Air.02                                   | dissabbiatua     |              | 64                  | 10                  | 50        | 9,05         | 72,14             | 7,07        |
| <b>Air.04</b> | Air.03                                   | Airlift          |              | 64                  | 5                   | 50        | 9,05         | 48,98             | 4,80        |
|               |  |                  |              |                     |                     |           |              |                   |             |
|               | <b>Totale perdita di carico in linea</b> |                  |              |                     |                     |           |              |                   | 33,93       |
|               | <b>Perdite di carico concentrate</b>     |                  |              |                     |                     |           |              |                   | 50,00       |
|               | <b>Totale</b>                            |                  |              |                     |                     |           |              |                   | 83,93       |
|               | <b>Pressione su piattelli</b>            |                  |              |                     |                     |           |              |                   | 400         |
|               | <b>Totale</b>                            |                  |              |                     |                     |           |              |                   | <b>484</b>  |

Le principali considerazioni risultano le seguenti:

1. La configurazione plano-altimetrica del piping aria viene illustrata nelle relative tavole architettoniche;
2. Tutti i tratti di tubazioni della linea aria fuori terra saranno in AISI 304;
3. Sono state considerate le perdite di carico concentrate come di seguito:
  - a. 50 mBar per i diffusori a piattello a bolle fini.

|                            |         |                   |  |               |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|
| Ingegneria Ambiente S.r.l. | Rev. 00 | Data: Giugno 2021 | Elaborato E-R.04 – Relazione idraulica e di calcolo degli impianti | Pag. 22 di 33 |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|

## 7. ALLEGATO – CALCOLO PERDITE DI CARICO TUBAZIONI IN PRESSIONE

### 7.1. Linea Acque

#### A.01a/b

|                                 |             |
|---------------------------------|-------------|
| PERDITE DI CARICO CONCENTRATE m | 0,096576062 |
| PERDITE DI CARICO TOTALI m      | 0,161950627 |

|                 |  |
|-----------------|--|
| Q <sub>mn</sub> | 10,4 m <sup>3</sup> /h                       |
| Condotta        | Tubi nuovi PE, PVC, PRFV, Rame, Acciaio Inox |
|                 | 1 Q <sub>mn</sub>                            |
| L               | 5 m  |
| Q               | 10,4 m <sup>3</sup> /h                       |
| D               | 0,065 m                                      |
| A               | 0,003318 m <sup>2</sup>                      |
| V               | 0,870591 m/s                                 |
| e               | 0,02 mm                                      |
| l               | 0,022  |
| Re              | 49638,97                                     |
| Re*             | 8,068298                                     |
| J               | 0,013075 m/m                                 |
| DH=J*L          | 0,065375 m                                   |

|                                 |          |
|---------------------------------|----------|
| Imbocco                         | 1        |
| Sbocco                          | 1        |
| Curve 90°                       | 0        |
| Curve 45°                       | 0        |
| Valvole                         | 2        |
| Elementi a T                    | 1        |
| Altro                           | 1        |
| Altro                           | 0        |
|                                 | 1        |
| PERDITE DI CARICO CONCENTRATE m | 0,096576 |

|    |                         |
|----|-------------------------|
| Q  | 10,4 m <sup>3</sup> /h  |
| DN | 65 mm                   |
| A  | 0,003318 m <sup>2</sup> |
| V  | 0,870591 m/s            |

|                            |         |                   |  |               |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|
| Ingegneria Ambiente S.r.l. | Rev. 00 | Data: Giugno 2021 | Elaborato E-R.04 – Relazione idraulica e di calcolo degli impianti | Pag. 23 di 33 |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|

### A.01c

PERDITE DI CARICO CONCENTRATE m 0,062038381

PERDITE DI CARICO TOTALI m 0,205349566

|                 |  |
|-----------------|--|
| Q <sub>mn</sub> | 10,4 m <sup>3</sup> /h                       |
| Condotta        | Tubi nuovi PE, PVC, PRFV, Rame, Acciaio Inox |
|                 | 1 Q <sub>mn</sub>                            |
| L               | 30 m   |
| Q               | 10,4 m <sup>3</sup> /h                       |
| D               | 0,08 m                                       |
| A               | 0,005027 m <sup>2</sup>                      |
| V               | 0,574726 m/s                                 |
| e               | 0,02 mm                                      |
| l               | 0,0227                                       |
| Re              | 40331,66                                     |
| Re*             | 5,42275                                      |
| J               | 0,004777 m/m                                 |
| DH=J*L          | 0,143311 m                                   |

|                                 |          |
|---------------------------------|----------|
| Imbocco                         | 1        |
| Sbocco                          | 1        |
| Curve 90°                       | 10       |
| Curve 45°                       | 1        |
| Valvole                         | 0        |
| Elementi a T                    | 1        |
| Altro                           | 1        |
| Altro                           | 0        |
|                                 | 1        |
| PERDITE DI CARICO CONCENTRATE m | 0,062038 |

|    |                         |
|----|-------------------------|
| Q  | 10,4 m <sup>3</sup> /h  |
| DN | 80 mm                   |
| A  | 0,005027 m <sup>2</sup> |
| V  | 0,574726 m/s            |



|                            |         |                   |  |               |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|
| Ingegneria Ambiente S.r.l. | Rev. 00 | Data: Giugno 2021 | Elaborato E-R.04 – Relazione idraulica e di calcolo degli impianti | Pag. 24 di 33 |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|

#### A.06

PERDITE DI CARICO CONCENTRATE m 0,046070364

PERDITE DI CARICO TOTALI m 0,121155544

|                 |  |
|-----------------|--|
| Q <sub>mn</sub> | 14,6 m <sup>3</sup> /h                       |
| Condotta        | Tubi nuovi PE, PVC, PRFV, Rame, Acciaio Inox |
|                 | 1 Q <sub>mn</sub>                            |
| L               | 25 m   |
| Q               | 14,6 m <sup>3</sup> /h                       |
| D               | 0,1 m  |
| A               | 0,007854 m <sup>2</sup>                      |
| V               | 0,516369 m/s                                 |
| e               | 0,02 mm                                      |
| l               | 0,0221                                       |
| Re              | 45295,56                                     |
| Re*             | 4,796423                                     |
| J               | 0,003003 m/m                                 |
| DH=J*L          | 0,075085 m                                   |

|                                 |         |
|---------------------------------|---------|
| Imbocco                         | 1       |
| Sbocco                          | 1       |
| Curve 90°                       | 6       |
| Curve 45°                       | 2       |
| Valvole                         | 1       |
| Elementi a T                    | 1       |
| Altro                           | 1       |
| Altro                           | 0       |
|                                 | 1       |
| PERDITE DI CARICO CONCENTRATE m | 0,04607 |

|    |                         |
|----|-------------------------|
| Q  | 14,6 m <sup>3</sup> /h  |
| DN | 100 mm                  |
| A  | 0,007854 m <sup>2</sup> |
| V  | 0,516369 m/s            |

|                            |         |                   |  |               |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|
| Ingegneria Ambiente S.r.l. | Rev. 00 | Data: Giugno 2021 | Elaborato E-R.04 – Relazione idraulica e di calcolo degli impianti | Pag. 25 di 33 |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|

#### A.07

PERDITE DI CARICO CONCENTRATE m 0,055640936

PERDITE DI CARICO TOTALI m 0,089080213

|                 |  |
|-----------------|--|
| Q <sub>mn</sub> | 10,4 m <sup>3</sup> /h                       |
| Condotta        | Tubi nuovi PE, PVC, PRFV, Rame, Acciaio Inox |
|                 | 1 Q <sub>mn</sub>                            |
| L               | 7 m  |
| Q               | 10,4 m <sup>3</sup> /h                       |
| D               | 0,08 m                                       |
| A               | 0,005027 m <sup>2</sup>                      |
| V               | 0,574726 m/s                                 |
| e               | 0,02 mm                                      |
| l               | 0,0227                                       |
| Re              | 40331,66                                     |
| Re*             | 5,42275                                      |
| J               | 0,004777 m/m                                 |
| DH=J*L          | 0,033439 m                                   |

|                                 |          |
|---------------------------------|----------|
| Imbocco                         | 1        |
| Sbocco                          | 1        |
| Curve 90°                       | 6        |
| Curve 45°                       | 1        |
| Valvole                         | 1        |
| Elementi a T                    | 1        |
| Altro                           | 1        |
| Altro                           | 0        |
|                                 | 1        |
| PERDITE DI CARICO CONCENTRATE m | 0,055641 |

|    |                         |
|----|-------------------------|
| Q  | 10,4 m <sup>3</sup> /h  |
| DN | 80 mm                   |
| A  | 0,005027 m <sup>2</sup> |
| V  | 0,574726 m/s            |

|                            |         |                   |  |               |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|
| Ingegneria Ambiente S.r.l. | Rev. 00 | Data: Giugno 2021 | Elaborato E-R.04 – Relazione idraulica e di calcolo degli impianti | Pag. 26 di 33 |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|

## 7.2. Linea Fanghi

### F.01

PERDITE DI CARICO CONCENTRATE m 0,001686965

PERDITE DI CARICO TOTALI m 0,004623409

|                 |  |
|-----------------|--|
| Q <sub>mn</sub> | 4,2 m <sup>3</sup> /h                        |
| Condotta        | Tubi nuovi PE, PVC, PRFV, Rame, Acciaio Inox |
| L               | 1 Q <sub>mn</sub>                            |
| Q               | 7 m  |
| D               | 4,2 m <sup>3</sup> /h                        |
| A               | 0,1 m  |
| V               | 0,007853982 m <sup>2</sup>                   |
| e               | 0,148544614 m/s                              |
| l               | 0,02 mm                                      |
| Re              | 0,0373                                       |
| Re*             | 13030,22926                                  |
| J               | 1,832392132                                  |
| DH=J*L          | 0,000419492 m/m                              |
|                 | 0,002936444 m                                |

|                                 |             |
|---------------------------------|-------------|
| Imbocco                         | 1           |
| Sbocco                          | 1           |
| Curve 90°                       | 0           |
| Curve 45°                       | 0           |
| Valvole                         | 0           |
| Elementi a T                    | 0           |
| Altro                           | 1           |
| Altro                           | 0           |
|                                 | 1           |
| PERDITE DI CARICO CONCENTRATE m | 0,001686965 |

|    |                            |
|----|----------------------------|
| Q  | 4,2 m <sup>3</sup> /h      |
| DN | 100 mm                     |
| A  | 0,007853982 m <sup>2</sup> |
| V  | 0,148544614 m/s            |

|                            |         |                   |  |               |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|
| Ingegneria Ambiente S.r.l. | Rev. 00 | Data: Giugno 2021 | Elaborato E-R.04 – Relazione idraulica e di calcolo degli impianti | Pag. 27 di 33 |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|

# Mandate PSG.02.01/02

PERDITE DI CARICO CONCENTRATE m 0,046515248

PERDITE DI CARICO TOTALI m 0,09204081

|                 |  |
|-----------------|--|
| Q <sub>mn</sub> | 4,2 m <sup>3</sup> /h                        |
| Condotta        | Tubi nuovi PE, PVC, PRFV, Rame, Acciaio Inox |
|                 | 1 Q <sub>mn</sub>                            |
| L               | 5 m  |
| Q               | 4,2 m <sup>3</sup> /h                        |
| D               | 0,05 m                                       |
| A               | 0,001963495 m <sup>2</sup>                   |
| V               | 0,594178454 m/s                              |
| e               | 0,02 mm                                      |
| l               | 0,0253                                       |
| Re              | 26060,45852                                  |
| Re*             | 5,906943504                                  |
| J               | 0,009105112 m/m                              |
| DH=J*L          | 0,045525562 m                                |

|                                 |             |
|---------------------------------|-------------|
| Imbocco                         | 1           |
| Sbocco                          | 1           |
| Curve 90°                       | 0           |
| Curve 45°                       | 1           |
| Valvole                         | 2           |
| Elementi a T                    | 1           |
| Altro                           | 1           |
| Altro                           | 0           |
|                                 | 1           |
| PERDITE DI CARICO CONCENTRATE m | 0,046515248 |

|    |                            |
|----|----------------------------|
| Q  | 4,2 m <sup>3</sup> /h      |
| DN | 50 mm                      |
| A  | 0,001963495 m <sup>2</sup> |
| V  | 0,594178454 m/s            |

|                            |         |                   |  |               |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|
| Ingegneria Ambiente S.r.l. | Rev. 00 | Data: Giugno 2021 | Elaborato E-R.04 – Relazione idraulica e di calcolo degli impianti | Pag. 28 di 33 |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|

## F.02

PERDITE DI CARICO CONCENTRATE m

0,054882595

PERDITE DI CARICO TOTALI m

0,236984843

|                 |  |
|-----------------|--|
| Q <sub>mn</sub> | 4,2 m <sup>3</sup> /h                              |
| Condotta        | Tubi nuovi PE, PVC,<br>PRFV, Rame, Acciaio<br>Inox |
| L               | 1 Q <sub>mn</sub><br>20 m                          |
| Q               | 4,2 m <sup>3</sup> /h                              |
| D               | 0,05 m   |
| A               | 0,001963495 m <sup>2</sup>                         |
| V               | 0,594178454 m/s                                    |
| e               | 0,02 mm  |
| l               | 0,0253   |
| Re              | 26060,45852  |
| Re*             | 5,906943504  |
| J               | 0,009105112 m/m                                    |
| DH=J*L          | 0,182102249 m                                      |

|                                 |             |
|---------------------------------|-------------|
| Imbocco                         | 1           |
| Sbocco                          | 1           |
| Curve 90°                       | 5           |
| Curve 45°                       | 0           |
| Valvole                         | 1           |
| Elementi a T                    | 1           |
| Altro                           | 1           |
| Altro                           | 0           |
|                                 | 1           |
| PERDITE DI CARICO CONCENTRATE m | 0,054882595 |

|    |                            |
|----|----------------------------|
| Q  | 4,2 m <sup>3</sup> /h      |
| DN | 50 mm                      |
| A  | 0,001963495 m <sup>2</sup> |
| V  | 0,594178454 m/s            |

|                            |         |                   |  |               |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|
| Ingegneria Ambiente S.r.l. | Rev. 00 | Data: Giugno 2021 | Elaborato E-R.04 – Relazione idraulica e di calcolo degli impianti | Pag. 29 di 33 |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|

### F.03

PERDITE DI CARICO CONCENTRATE m 0,048765

PERDITE DI CARICO TOTALI m 0,09429

|                 |  |
|-----------------|--|
| Q <sub>mn</sub> | 4,2 m <sup>3</sup> /h                        |
| Condotta        | Tubi nuovi PE, PVC, PRFV, Rame, Acciaio Inox |
| L               | 1 Q <sub>mn</sub>                            |
| Q               | 5 m  |
| D               | 4,2 m <sup>3</sup> /h                        |
| A               | 0,05 m                                       |
| V               | 0,001963 m <sup>2</sup>                      |
| e               | 0,594178 m/s                                 |
| l               | 0,02 mm                                      |
| Re              | 0,0253                                       |
| Re*             | 26060,46                                     |
| J               | 5,906944                                     |
| DH=J*L          | 0,009105 m/m                                 |
|                 | 0,045526 m                                   |

|                                 |          |
|---------------------------------|----------|
| Imbocco                         | 1        |
| Sbocco                          | 1        |
| Curve 90°                       | 3        |
| Curve 45°                       | 0        |
| Valvole                         | 1        |
| Elementi a T                    | 1        |
| Altro                           | 1        |
| Altro                           | 0        |
|                                 | 1        |
| PERDITE DI CARICO CONCENTRATE m | 0,048765 |

|    |                         |
|----|-------------------------|
| Q  | 4,2 m <sup>3</sup> /h   |
| DN | 50 mm                   |
| A  | 0,001963 m <sup>2</sup> |
| V  | 0,594178 m/s            |

|                            |         |                   |  |               |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|
| Ingegneria Ambiente S.r.l. | Rev. 00 | Data: Giugno 2021 | Elaborato E-R.04 – Relazione idraulica e di calcolo degli impianti | Pag. 30 di 33 |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|

### 7.3. Linea schiume

PERDITE DI CARICO CONCENTRATE m 0,092573

PERDITE DI CARICO TOTALI m 0,278483

|                 |   |
|-----------------|---|
| Q <sub>mn</sub> | 5 m <sup>3</sup> /h                             |
| Condotta        | Tubi nuovi PE, PVC, PRFV, Rame, Acciaio<br>Inox |
| L               | 1 Q <sub>mn</sub>                               |
| Q               | 15 m  |
| D               | 5 m <sup>3</sup> /h                             |
| A               | 0,05 m  |
| V               | 0,001963 m <sup>2</sup>                         |
| e               | 0,707355 m/s                                    |
| l               | 0,02 mm   |
| Re              | 0,0243  |
| Re*             | 31024,36  |
| J               | 6,919555  |
| DH=J*L          | 0,012394 m/m                                    |
|                 | 0,18591 m                                       |

|                                 |          |
|---------------------------------|----------|
| Imbocco                         | 1        |
| Sbocco                          | 1        |
| Curve 90°                       | 8        |
| Curve 45°                       | 2        |
| Valvole                         | 2        |
| Elementi a T                    | 0        |
| Altro                           | 1        |
| Altro                           | 0        |
|                                 | 1        |
| PERDITE DI CARICO CONCENTRATE m | 0,092573 |

|    |                         |
|----|-------------------------|
| Q  | 5 m <sup>3</sup> /h     |
| DN | 50 mm                   |
| A  | 0,001963 m <sup>2</sup> |
| V  | 0,707355 m/s            |

|                            |         |                   |  |               |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|
| Ingegneria Ambiente S.r.l. | Rev. 00 | Data: Giugno 2021 | Elaborato E-R.04 – Relazione idraulica e di calcolo degli impianti | Pag. 31 di 33 |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|

## 7.4. Linea surnatanti

### Sur.02

PERDITE DI CARICO CONCENTRATE m 0,031081

PERDITE DI CARICO TOTALI m 0,054889

|                 |  |
|-----------------|--|
| Q <sub>mn</sub> | 8 m <sup>3</sup> /h                          |
| Condotta        | Tubi nuovi PE, PVC, PRFV, Rame, Acciaio Inox |
| L               | 1 Q <sub>mn</sub>                            |
| Q               | 8 m  |
| D               | 8 m <sup>3</sup> /h                          |
| A               | 0,08 m                                       |
| V               | 0,005027 m <sup>2</sup>                      |
| e               | 0,442097 m/s                                 |
| l               | 0,02 mm                                      |
| Re              | 0,0239                                       |
| Re*             | 31024,36                                     |
| J               | 4,289127                                     |
| DH=J*L          | 0,002976 m/m                                 |
|                 | 0,023809 m                                   |

|                                 |          |
|---------------------------------|----------|
| Imbocco                         | 1        |
| Sbocco                          | 1        |
| Curve 90°                       | 6        |
| Curve 45°                       | 0        |
| Valvole                         | 2        |
| Elementi a T                    | 0        |
| Altro                           | 1        |
| Altro                           | 0        |
|                                 | 1        |
| PERDITE DI CARICO CONCENTRATE m | 0,031081 |

|    |                         |
|----|-------------------------|
| Q  | 8 m <sup>3</sup> /h     |
| DN | 80 mm                   |
| A  | 0,005027 m <sup>2</sup> |
| V  | 0,442097 m/s            |

## 7.5. Linea aria

### Air.01



|                            |         |                   |  |               |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|
| Ingegneria Ambiente S.r.l. | Rev. 00 | Data: Giugno 2021 | Elaborato E-R.04 – Relazione idraulica e di calcolo degli impianti | Pag. 32 di 33 |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|

DIAMETRO INTERNO O DIAMETRO EQUIVALENTE:[mm] 250.0  
 DIAMETRO INTERNO O DIAMETRO EQUIVALENTE:[mm] 80.0  
 RUGOSITA ASSOLUTA[micron]=250  
 proprietà aria  
 ALTITUDINE [M] 250 TEMPERATURA ARIA [C] 60.0  
 MASSA VOLUMICA [kg/mc] 1.029 VISCOSITA [CST] 18.8221  
 DATI ASSEGNATI  
 PORTATA [mc/h] 200.0  
 lunghezza canale [m] 20.0  
 k(perdite concentrate) 12.00  
 DATI CALCOLATI  
 RUGOSITA RELATIVA= 0.0031  
 coefficiente di attrito= 0.0290  
 NUMERO DI REYNOLDS= 46976  
 VELOCITA [m/s] 11.052  
 velocità assegnata[m/s]= 10.000  
 PERDITA DI CARICO TOTALE IN MM H2O= 123.37  
 PERDITA DI CARICO TOTALE IN PASCAL= 1210.241  
 PERDITA DI CARICO distribuita IN PASCAL= 455.777  
 PERDITA DI CARICO concentrata IN PASCAL= 754.463  
 Scostamento % fra i valori calcolati e quelli di progetto= 9.5

#### Air.02

DIAMETRO INTERNO O DIAMETRO EQUIVALENTE:[mm] 65.0  
 RUGOSITA ASSOLUTA[micron]=250  
 proprietà aria  
 ALTITUDINE [M] 250 TEMPERATURA ARIA [C] 60.0  
 MASSA VOLUMICA [kg/mc] 1.029 VISCOSITA [CST] 18.8221  
 DATI ASSEGNATI  
 PORTATA [mc/h] 136.0  
 lunghezza canale [m] 7.0  
 k(perdite concentrate) 8.00  
 DATI CALCOLATI  
 RUGOSITA RELATIVA= 0.0038  
 coefficiente di attrito= 0.0307  
 NUMERO DI REYNOLDS= 39316  
 VELOCITA [m/s] 11.385  
 velocità assegnata[m/s]= 10.000  
 PERDITA DI CARICO TOTALE IN MM H2O= 76.90  
 PERDITA DI CARICO TOTALE IN PASCAL= 754.346  
 PERDITA DI CARICO distribuita IN PASCAL= 220.678  
 PERDITA DI CARICO concentrata IN PASCAL= 533.668  
 Scostamento % fra i valori calcolati e quelli di progetto= 12.2

#### Air.03

DIAMETRO INTERNO O DIAMETRO EQUIVALENTE:[mm] 50.0

|                            |         |                   |  |               |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|
| Ingegneria Ambiente S.r.l. | Rev. 00 | Data: Giugno 2021 | Elaborato E-R.04 – Relazione idraulica e di calcolo degli impianti | Pag. 33 di 33 |
|----------------------------|---------|-------------------|--|---------------|

RUGOSITA ASSOLUTA[micron]=250

proprietà aria

ALTITUDINE [M] 250 TEMPERATURA ARIA [C] 60.0

MASSA VOLUMICA [kg/mc] 1.029 VISCOSITA [CST] 18.8221

DATI ASSEGNATI

PORTATA [mc/h] 64.0

lunghezza canale [m] 10.0

k(perdite concentrate) 10.00

DATI CALCOLATI

RUGOSITA RELATIVA= 0.0050

coefficiente di attrito= 0.0339

NUMERO DI REYNOLDS= 24052

VELOCITA [m/s] 9.054

velocità assegnata[m/s]= 10.000

PERDITA DI CARICO TOTALE IN MM H<sub>2</sub>O= 72.14

PERDITA DI CARICO TOTALE IN PASCAL= 707.741

PERDITA DI CARICO distribuita IN PASCAL= 285.815

PERDITA DI CARICO concentrata IN PASCAL= 421.927

Scostamento % fra i valori calcolati e quelli di progetto= -10.4

#### Air.04

DIAMETRO INTERNO O DIAMETRO EQUIVALENTE:[mm] 50.0

RUGOSITA ASSOLUTA[micron]=250

proprietà aria

ALTITUDINE [M] 250 TEMPERATURA ARIA [C] 60.0

MASSA VOLUMICA [kg/mc] 1.029 VISCOSITA [CST] 18.8221

DATI ASSEGNATI

PORTATA [mc/h] 64.0

lunghezza canale [m] 5.0

k(perdite concentrate) 8.00

DATI CALCOLATI

RUGOSITA RELATIVA= 0.0050

coefficiente di attrito= 0.0339

NUMERO DI REYNOLDS= 24052

VELOCITA [m/s] 9.054

velocità assegnata[m/s]= 10.000

PERDITA DI CARICO TOTALE IN MM H<sub>2</sub>O= 48.98

PERDITA DI CARICO TOTALE IN PASCAL= 480.449

PERDITA DI CARICO distribuita IN PASCAL= 142.907

PERDITA DI CARICO concentrata IN PASCAL= 337.541

Scostamento % fra i valori calcolati e quelli di progetto= -10.4