



Regione Marche



Provincia di Pesaro Urbino

AMPLIAMENTO E MANUTENZIONE STRAORDINARIA DELL'IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI MAROTTA - COMUNE DI MONDOLFO (PU)

PROGETTO ESECUTIVO

elaborato

E-R.06

titolo elaborato

Relazione specialistica dei calcoli delle
forniture d'aria e dei sistemi di miscelazione

scale

— : —

consegna

Luglio 2017

Committente:



Azienda Servizi sul Territorio S.p.A.

via Enrico Mattei, 17 - 61032 Fano (PU)

tel: 0721 83391

aset@asetservizi.it

Responsabile del Procedimento - Ing. Marco Romei

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

Ing. Enrico Maria BATTISTONI - Direttore Tecnico

Ing. Lorenzo BURZACCA

BATTISTONI EN
2017.12.13 22:08:39

CN=BATTISTONI ENRICO
C=IT
O=NON PRESENTE
2.5.4.4=BATTISTONI

RSA/2048 bits

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Luglio 2017	Elaborato E-R.06 – Relazione specialistica dei calcoli delle forniture d'aria e dei sistemi di miscelazione	Pag. 1 di 16
	Rev. 01	Data: Novembre 2017		

INDICE

1. PREMESSA	3
2. DATI A BASE PROGETTO	4
2.1. I dati a base progetto	4
3. GLI INTERVENTI PROPOSTI	6
4. DIMENSIONAMENTO DELLE FORNITURE D'ARIA	8
4.1. Metodologia per il calcolo dei sistemi di fornitura dell'aria.....	8
4.1.1. Metodologie per il calcolo dell'ossigeno da fornire	8
4.1.2. Metodologie per il calcolo dell'aria pratica da fornire.....	9
4.1.3. Metodologie per il calcolo dei diffusori porosi	10
4.2. Calcolo dei sistemi di fornitura dell'aria.....	11
4.2.1. Calcolo della richiesta di ossigeno da fornire	11
4.2.2. Calcolo dell'aria pratica da fornire	11
4.2.3. Calcolo dei diffusori porosi.....	13
4.3. Calcolo delle richieste di ossigeno e di aria per la stabilizzazione aerobica.....	14
5. DIMENSIONAMENTO DEI SISTEMI DI MISCELAZIONE	16

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 2-1 Dati a base progetto - Principali flussi idraulici	5
Tabella 2-2 Dati a base progetto - Principali carichi di massa.....	5
Tabella 3-1 Filiera di processo stato di progetto – Linea Acque	7
Tabella 3-2 Filiera di processo stato di progetto – Linea Fanghi.....	7
Tabella 4-1 Principali dimensioni della vasca biologica	11
Tabella 4-2 Calcolo di ossigeno teorico alla Q _{mn} e alla Q _p	11
Tabella 4-3: Caratteristiche singolo diffusore poroso: SOTE [%] – Sommergenza – Battente – Carico di progetto.....	11
Tabella 4-4: Superficie di membrana perforata	12
Tabella 4-5: Caratteristiche dimensionali della linea biologica a Cicli Alternati	12
Tabella 4-6: Concentrazione OD in relazione alle diverse Temperature.....	12
Tabella 4-7: Calcolo della portata di aria pratica alla Q _{mn}	12
Tabella 4-8: Calcolo della portata di aria pratica alla Q _{ps}	13
Tabella 4-9: Calcolo dei diffusori porosi e loro distribuzione per singola linea.....	13
Tabella 4-10: Distribuzione dei diffusori porosi in vasca biologica per singola linea	14

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Luglio 2017	Elaborato E-R.06 – Relazione specialistica dei calcoli delle forniture d'aria e dei sistemi di miscelazione	Pag. 2 di 16
	Rev. 01	Data: Novembre 2017		

Tabella 4-11: Dimensionamento delle forniture d'aria per la stabilizzazione aerobica 15

Tabella 5-1: Dimensionamento del sistema di miscelazione per il processo biologico..... 16

Tabella 5-2: Dimensionamento del sistema di miscelazione per la stabilizzazione aerobica..... 16

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Luglio 2017	Elaborato E-R.06 – Relazione specialistica dei calcoli delle forniture d'aria e dei sistemi di miscelazione	Pag. 3 di 16
	Rev. 01	Data: Novembre 2017		

1. PREMESSA

La presente relazione ha lo scopo di:

- Illustrare i risultati relativi al calcolo delle forniture d'aria al processo biologico in termini di ossigeno teorico ed aria pratica;
- Illustrare il dimensionamento dei sistemi di miscelazione che verranno installati nel processo biologico e nella vasca di stabilizzazione aerobica.

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Luglio 2017	Elaborato E-R.06 – Relazione specialistica dei calcoli delle forniture d'aria e dei sistemi di miscelazione	Pag. 4 di 16
	Rev. 01	Data: Novembre 2017		

2. DATI A BASE PROGETTO

2.1. I dati a base progetto

Di seguito sono illustrate le scelte progettuali avanzate dal progettista e la metodologia utilizzata per la definizione dei dati a base progetto dello stato riformato dell'impianto di Marotta.

La scelta dei dati a base progetto relativi allo stato di progetto futuro è correlata all'analisi dello stato di fatto, la quale ha permesso di:

- Desumere la potenzialità di fatto in AE su base Carbonio [COD] ed Azoto totale [Ntot].
- Definire il coefficiente di infiltrazione, relativo allo stato di fatto, grazie alle portate effettivamente misurate dalla Stazione Appaltante.

Detto ciò i dati a base progetto vengono ottenuti come segue:

1. **La potenzialità di progetto** viene assunta pari a 16.500 AE dato che tiene in considerazione sia delle attuale potenzialità autorizzata 10.000 AE più gli ulteriori allacci in pubblica fognatura, in corso di ultimazione o future (6.500 AE).
2. **La portata media nera teorica** è calcolata utilizzando una dotazione idrica per AE allacciato ulteriore di 250 l/AE d.
3. **La portata media nera effettiva** viene calcolata sommando la portata media nera teorica a quella di infiltrazione. Il contributo delle acque parassite deve intendersi come un rumore di fondo da sommare a ciascun regime di carico idraulico influente.
4. **Il coefficiente di infiltrazione** viene assunto nello stato di progetto pari a 1,6 in maniera tale da tenere in considerazione l'elaborazione dello stato di fatto.
5. **La portata massima influente in impianto** da pretrattare si attesta a 4 volte la media nera teorica in condizioni di secco, oltre il rumore di fondo dell'infiltrazione;
6. **La portata massima influente al biologico**, si attesta a 2,5 volte la media nera teorica in condizioni di secco, oltre il rumore di fondo dell'infiltrazione;
7. **I carichi di massa influenti** vengono calcolati sulla base dei medesimi fattori di carico unitari desunti dall'analisi dei dati di gestione ed utilizzati per la determinazione dei dati a base progetto dello stato di fatto.

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Luglio 2017	Elaborato E-R.06 – Relazione specialistica dei calcoli delle forniture d'aria e dei sistemi di miscelazione	Pag. 5 di 16
	Rev. 01	Data: Novembre 2017		

Alla luce di tutto quanto sopra esposto si riportano nella successiva tabella i dati a base progetto relativi allo stato di progetto dell'impianto di depurazione di Marotta.

Tabella 2-1 Dati a base progetto - Principali flussi idraulici

AE totali	AE	16500		
Dotazione idrica	l/AE d	250		
ALFA coefficiente di sversamento		0,8		
Portata Q_{mn} teorica in regime secco	m³/d	3300	m³/h	138
Coeff. infiltrazione in rete		1,6		
Portata Q infiltrazione	m ³ /d	2130	m ³ /h	89
Portata Q_{mn} effettiva globale	m³/d	5430	m³/h	226
Coeff. di punta secca		1,50		
Q _{ps} teorica			m ³ /h	206
Portata di punta Q_{ps} effettiva globale			m³/h	295
Coeff max afflusso al biologico		2,5		
Q _{max} BIOLOGICO teorica			m ³ /h	344
Portata massima al biologico Q_{max} BIOLOGICO effettiva globale			m³/h	433
Coeff max afflusso in rete		4		
Q _{max} PRETRATTAMENTI teorica			m ³ /h	550
Portata massima in ingresso Q_{max} PRETRATTAMENTI effettiva globale			m³/h	639
Portata di ricircolo Q_r	m³/d	5430	m³/h	226

Tabella 2-2 Dati a base progetto - Principali carichi di massa

Fattori di carico unitari			Carichi di massa in ingresso			Concentrazioni in ingresso		
<i>Parametro</i>	<i>u.m.</i>	<i>Valore</i>	<i>Parametro</i>	<i>u.m.</i>	<i>Valore</i>	<i>Parametro</i>	<i>u.m.</i>	<i>Valore</i>
F _{cu}	gCOD/AE d	105	LCOD	Kg/d	1733	COD	mg/l	319
F _{cu}	gN _{tot} /AE d	12	LN _{tot}	Kg/d	198	N _{tot}	mg/l	36.5
F _{cu}	gP _{tot} /AE d	1.8	LP _{tot}	Kg/d	30	P _{tot}	mg/l	5.5
F _{cu}	gTSS/AE d	70	LTSS	Kg/d	1155	TSS	mg/l	213
F _{cu}	gBOD ₅ /AE d	60	LBOD ₅	Kg/d	990	BOD ₅	mg/l	182

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Luglio 2017	Elaborato E-R.06 – Relazione specialistica dei calcoli delle forniture d'aria e dei sistemi di miscelazione	Pag. 6 di 16
	Rev. 01	Data: Novembre 2017		

3. GLI INTERVENTI PROPOSTI

Di seguito vengono quindi brevemente riepilogati gli interventi previsti dalla presente progettazione esecutiva; per il dettaglio del dimensionamento delle singole operazioni unitarie si faccia riferimento all'elaborato tecnico "*E-R.03 – Relazione tecnica di progetto*".

La strategia progettuale adottata prevede:

- ❖ Modifica della quota di innesco del by-pass impianto, tramite installazione di lamierino in acciaio AISI304 e paratoia a stramazzo regolabile, nel canale a valle della griglia grossolana;
- ❖ L'installazione di n.4 pompe di sollevamento, ed in particolare n.2 da adibire alle condizioni di secco, e n.1+1 di riserva per le condizioni di pioggia;
- ❖ Realizzazione del sistema di esclusione della griglia fine esistente;
- ❖ Realizzazione di un ripartitore delle portate alle vasche biologiche, predisposto con la possibilità di gestire il processo biologico, con due reattori in serie o in parallelo;
- ❖ Adeguamento delle due linee biologiche esistenti secondo la tecnologica avanzata a Cicli Alternati in Reattore Unico [CA], modificando la direzione del flusso in modalità plug flow, così da migliorare l'efficienza del processo, in relazione alle dimensioni e alla struttura interna delle vasche.
- ❖ Ripartizione dei flussi effluenti dalle linee biologiche esistenti ai sedimentatori secondari tramite installazione di soglie in AISI304 all'interno delle vasche biologiche;
- ❖ Realizzazione in cemento armato di un nuovo bacino di sedimentazione secondaria circolare, attrezzato con idoneo carroponte, dotato di pozzo fanghi e pozzo schiume in continuità strutturale con lo stesso;
- ❖ Adeguamento del pozzo fanghi esistente per dotare ogni sedimentatore esistente di un proprio pozzo dedicato al ricircolo e al supero;
- ❖ Realizzazione in cemento armato di un nuovo bacino di disinfezione a valle delle due vasche esistenti;
- ❖ Realizzazione di un vano per l'installazione di una nuova soffiante e relativi quadri elettrici, in continuità con quello di alloggio dei compressori esistenti;
- ❖ Ottimizzazione dell'attuale stabilizzazione aerobica;

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Luglio 2017	Elaborato E-R.06 – Relazione specialistica dei calcoli delle forniture d'aria e dei sistemi di miscelazione	Pag. 7 di 16
	Rev. 01	Data: Novembre 2017		

- ❖ Realizzazione di una stazione di stoccaggio e dosaggio dell'agente defosfatante per aumentare la rimozione del fosforo nelle vasche biologiche;
- ❖ Realizzazione di un piazzale asfaltato per permettere ai mezzi di raggiungere la stazione di stoccaggio dei chemicals esistente;
- ❖ Installazione di lamiera grecata sulle coperture di alcuni edifici situati all'interno del depuratore, previa rimozione dell'amianto presente;
- ❖ Realizzazione di un rilevato, utilizzando le terre di scavo, e di una schermatura arborea lungo il confine Nord dell'impianto, per la mitigazione dell'impatto visivo dalla strada provinciale adiacente al depuratore.

Di seguito la nuova filiera di processo delle operazioni unitarie divise per linea acque e linea fanghi.

Tabella 3-1 Filiera di processo stato di progetto – Linea Acque

	<i>O.U.</i>	<i>Numero di linee</i>	<i>Note di progetto</i>
<u>Linea Acque</u>	Grigliatura grossolana	1	Precedente al nuovo scolmatore dei sovrafflussi
	Compattazione grigliato	1	
	Scolmatore per by-pass impianto	1	Qby-pass = l'eccedente la 2,5Q _{mn}
	Sollevamento impianto	1	Adeguamento delle elettromeccaniche
	Grigliatura fine	1	Realizzazione del sistema di by pass per le manutenzioni
	Compattazione grigliato	1	
	Dissabbiatura	1	
	Classificazione sabbie	1	
	Processo biologico a cicli alternati	1-2*	* linee pari a 1 nella configurazione in serie; linee pari a 2 nella configurazione in parallelo;
	Sedimentazione secondaria	3	n.1 sedimentatore nuovo
	Pozzo fanghi	3	n.1 pozzo nuovo e separazione in 2 pozzi fanghi dell'esistente
	Pozzo schiume	3	n.1 pozzo nuovo
	Disinfezione	2	Volumetria ampliata

*doppia configurazione

Tabella 3-2 Filiera di processo stato di progetto – Linea Fanghi

<u>Linea Fanghi</u>	Serbatoio accumulo	1	
	Addensamento dinamico	1	
	Stabilizzazione aerobica	1	Ottimizzazione del processo
	Post-ispessimento	1	
	Serbatoio accumulo	1	
	Disidratazione meccanica	2	

4. DIMENSIONAMENTO DELLE FORNITURE D'ARIA

4.1. 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.

4.1.1. 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_{2taer}), 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 alla Q_{ps} 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^3
V	volume del processo biologico	m^3
L_{nitrif}	Carico di azoto da nitrificare	
	$L_{ntot} - L_{N} - L_{Nox} - (XV / SRT * N \% TS)$	kg/h
$L_{den min}$	Minimo Carico di azoto denitrificato	kg/h
	$L_{nitrif} * \text{percentuale di denitrificazione} \%$	

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

Dove:

f_a	frazione aerobica adimensionale
-------	---------------------------------

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

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Luglio 2017	Elaborato E-R.06 – Relazione specialistica dei calcoli delle forniture d'aria e dei sistemi di miscelazione	Pag. 9 di 16
	Rev. 01	Data: Novembre 2017		

Dove:
 f_p fattore di punta

$$O_{2tpsaer} = O_{2tps} * 1/f_{aps} \quad \text{Eq. 4}$$

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

4.1.2. Metodologie per il calcolo dell'aria pratica 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 Q_{ps} ed alla minima temperatura (Q_{airps}) secondo l'eq. 7;
4. Calcolo della portata di aria pratica alla Q_{ps} ed alla max temperatura ($Q_{airpsmax}$) secondo l'eq. 8.

$$Q_{airmn} = O_{2taer} / [SOTE * 0,28 * a] (C_{s20} / (bC_w - C) [1/1,024^{(T-20)}]) \quad \text{Eq. 5}$$

Dove:

SOTE	Efficienza di trasferimento standard dell'ossigeno alla sommergezza di progetto	%
a	Fattore di correzione del trasferimento di ossigeno	
C_w	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	
C_{s20}	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	kgO ₂ /m ³
T	Temperatura minima	°C

$$Q_{airmnmax} = O_{2taer} / [SOTE * 0,28 * a] (C_{s20} / (bC_w - C) [1/1,024^{(T-20)}]) \quad \text{Eq. 6}$$

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Luglio 2017	Elaborato E-R.06 – Relazione specialistica dei calcoli delle forniture d'aria e dei sistemi di miscelazione	Pag. 10 di 16
	Rev. 01	Data: Novembre 2017		

Dove: T Temperatura massima °C

$$Q_{airps} = 0.2 t_{psaer} / [SOTE * 0.28 * a] (Cs20 / (bCw - C) [1/1.024^{(T-20)}]) \quad Eq.7$$

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

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

4.1.3. 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 minima temperatura di processo. Sulla base di tale portata massima di aria e della portata di aria specifica (Nm³/h per diffusore o Sm³/h per diffusore) scelta per la tipologia di diffusore poroso, si calcola il numero totale di diffusori.

Nello stato di progetto la prima vasca biologica dovrà disporre di N.2 calate; in particolare, visto che ogni vasca è suddivisa longitudinalmente da un setto di calcestruzzo armato, ogni calata sosterrà i diffusori calcolati proporzionalmente alla superficie libera nella porzione di vasca corrispondente. Il numero totale di diffusori da installare nella prima vasca corrisponde al 120% della metà dei diffusori totali calcolati sull'intera linea.

La seconda vasca biologica dovrà disporre lo stesso numero di diffusori, nel caso si decida per la configurazione dei reattori in parallelo. Verranno disposte N.4 calate, poiché è necessario suddividere la rete aria in due sub-reti, nel caso si scelga di trattare il refluo con la configurazione in serie. In questo caso il numero di diffusori attivi con 2 sole calate aperte corrispondono all'80% della metà dei diffusori totali calcolati sull'intera linea.

Nella logica di funzionamento delle vasche in serie, pertanto, i 2 reattori si configurano come 2 CSTR con distribuzione dei piattelli decrescente lungo lo sviluppo longitudinale.

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.

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Luglio 2017	Elaborato E-R.06 – Relazione specialistica dei calcoli delle forniture d'aria e dei sistemi di miscelazione	Pag. 11 di 16
	Rev. 01	Data: Novembre 2017		

4.2. Calcolo dei sistemi di fornitura dell'aria

4.2.1. Calcolo della richiesta di ossigeno da fornire

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

Tabella 4-1 Principali dimensioni della vasca biologica

<u>Voce</u>	<u>UdM</u>	<u>Valore</u>
Numero di vasche	n°	2
Lunghezza singola vasca	m	15.0
Larghezza	m	12.0
Battente	m	4.5
Superficie singola vasca	m ²	180
Volume utile per linea	m ³	810
Volume utile globale	m ³	1620

Tabella 4-2 Calcolo di ossigeno teorico alla Q_{mn} e alla Q_p

Calcolo dell'ossigeno teorico alla Q_{mn} in fase aerobica	$O_{2t} = (LBOD * E * 0,5 + K_d * X_V * TVS / TS + 4,57 * L_{nitrif-2,7} * L_{den \ min})$	Kg/h	119.4
Carico orario in BOD ₅	LBOD ₅	Kg/h	36.1
	LBOD	Kg/h	53.1
Rimozione del BOD	E		0.98
K _d	Costante di decadimento endogeno	KgO ₂ /KgTVS/h	0.00355
X	MLVSS	Kg/m ³	3.6
V		m ³	1620
Carico di azoto da nitrificare	$L_{ntot} - L_N - No_{xin} - (X_V / SRT * N \% TS)$	Kg/h	7.0
Carico di azoto denitrificato	L _{denitrificato} minimo	Kg/h	4.9
Percentuale di denitrificazione		%	70.0
Frazione aerobica			0.55
Calcolo dell'ossigeno teorico alla Q_p in fase aerobica	$O_{2tps} = (LBOD * E * 0,5 * f_p + K_d * X_V * TVS / TS + (4,57 * L_{nitrif-2,7} * L_{den \ min}) * f_p)$	Kg/h	124.1
Fattore di punta	f _p		1.50
Frazione di tempo in fase aerobica in punta secca	f _{aps}		0.65

4.2.2. Calcolo dell'aria pratica da fornire

Per il calcolo delle forniture d'aria sono stati scelti i diffusori a bolle fini in EPDM, ciascuno con le caratteristiche di seguito riportate.

Tabella 4-3: Caratteristiche singolo diffusore poroso: SOTE [%] – Sommergenza – Battente – Carico di progetto

	SOTE (%)	Sommergenza	Battente	Installazione diffusore	Carico
	%	m	m	m dal fondo	m ³ /(h m ²) o m ³ /h diffusore
Tipo Sanitaire da 9"	25	4.20	4.5	0.3	3.3
Tipo Nopon PIK300	25	4.20	4.5	0.3	6.0

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Luglio 2017	Elaborato E-R.06 – Relazione specialistica dei calcoli delle forniture d'aria e dei sistemi di miscelazione	Pag. 12 di 16
	Rev. 01	Data: Novembre 2017		

Tabella 4-4: Superficie di membrana perforata

	Diametro membrana		Superficie membrana	
Tipo Sanitaire da 9"	212	mm	0.035	m2
Tipo Nopon PIK300	276.4	mm	0.060	m2

Tabella 4-5: Caratteristiche dimensionali della linea biologica a Cicli Alternati

<u>Voce</u>	<u>UdM</u>	<u>Valore</u>
Numero di vasche	n°	2
Lunghezza linea	m	30.0
Larghezza linea	m	12.0
Battente	m	4.5
Superficie	m2	360
Volume utile per vasca	m3	810
Volume utile globale	m3	1620

Si adottano inoltre le seguenti concentrazioni di ossigeno disciolto alle diverse temperature:

Tabella 4-6: Concentrazione OD in relazione alle diverse Temperature

Concentrazione di saturazione dell'ossigeno disciolto		Temperatura (°C)	OD (mg/l)
Salinità (g/l)	0	12	10.83
Pressione (mmHg)	760	15	10.15
		18	9.56
		20	9.17

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

Tabella 4-7: Calcolo della portata di aria pratica alla Qmn

Calcolo della portata di aria pratica alla Qmn ed a 12°C			
$Q_{airmn} = O_2taer / [SOTE * 0,28 * a] (Cs_{20} / (bC_w - C) [1 / 1,024^{(T-20)}])$			Nm3/h
			3280
			Sm3/h
			3521
Efficienza di trasferimento standard dell'ossigeno alla sommersenza di progetto	SOTE	%	25.0
Concentrazione di saturazione in acqua pulita alla Pressione e condizioni di esercizio	C _w	mg/l	10.83
beta	Fattore di correzione della salinità e tensione superficiale	b	0.98
Concentrazione di saturazione dell'acqua pulita a 20°C ed 1 atm	C _{s20}	mg/l	9.17
Concentrazione dell'OD alle condizioni del processo	C	mg/l	2
	Temperatura	°C	12
Calcolo della portata di aria pratica alla Qmn ed alla max temperatura			
$Q_{airmnmax} = O_2taer / [SOTE * 0,28 * a] (Cs_{20} / (bC_w - C) [1 / 1,024^{(T-20)}])$			Nm3/h
			3316
			Sm3/h
			3559
Efficienza di trasferimento standard dell'ossigeno alla sommersenza di progetto	SOTE	%	25.0
Concentrazione di saturazione in acqua pulita alla	C _w	mg/l	9.17

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Luglio 2017	Elaborato E-R.06 – Relazione specialistica dei calcoli delle forniture d'aria e dei sistemi di miscelazione	Pag. 13 di 16
	Rev. 01	Data: Novembre 2017		

Pressione e condizioni di esercizio			
beta	Fattore di correzione della salinità e della tensione superficiale	<i>b</i>	0.98
Concentrazione di saturazione dell'acqua pulita a 20°C ed 1 atm	Cs20	mg/l	9.17
Concentrazione dell'OD alle condizioni del processo	C	mg/l	2
	Temperatura massima	°C	20

Tabella 4-8: Calcolo della portata di aria pratica alla Qps

Calcolo della portata di aria pratica alla punta secca a 15°C			
Qairps=O2tpsaer / [SOTE*0,28* a] (Cs20/(bCw-C) [1/1,024 ^ (T-20)])		Nm3/h	3411
		Sm3/h	3660
Efficienza di trasferimento standard dell'ossigeno alla sommergenza di progetto	SOTE	%	25.0
Concentrazione di saturazione in acqua pulita alla Pressione e condizioni di esercizio	Cw	mg/l	10.83
beta	Fattore di correzione della salinità e della tensione superficiale	<i>b</i>	0.98
Concentrazione di saturazione dell'acqua pulita a 20°C	Cs20	mg/l	9.17
Concentrazione dell'OD alle condizioni del processo	C	mg/l	2
	Temperatura	°C	12
Calcolo della portata di aria pratica alla punta secca ed alla max temperatura			
Qairpsmax=O2tp / [SOTE*0,28* a] (Cs20/(bCw-C) [1/1,024 ^ (T-20)])		Nm3/h	3448
		Sm3/h	3700
Efficienza di trasferimento standard dell'ossigeno alla sommergenza di progetto	SOTE	%	25.0
Concentrazione di saturazione in acqua pulita alla Pressione e condizioni di esercizio	Cw	mg/l	9.17
beta	Fattore di correzione della salinità e della tensione superficiale	<i>b</i>	0.98
Concentrazione di saturazione dell'acqua pulita a 20°C	Cs20	mg/l	9.17
Concentrazione dell'OD alle condizioni del processo		mg/l	2
	Temperatura massima	°C	20

4.2.3. Calcolo dei diffusori porosi

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

Tabella 4-9: Calcolo dei diffusori porosi e loro distribuzione per singola linea

		Sanitaire da 9"	PIK300
PORTATA MASSIMA D'ARIA	Nm3/h - Sm3/h	3448	3700
Portata specifica alla punta secca a max temperatura - progetto	Nm3/h - Sm3/h diffusore	3.2	5.9
Portata massima diffusore	Nm3/h - Sm3/h diffusore	6.0	8.0
Rapporto Q progetto/Q massima lavoro	fc	0.54	0.74
Numero diffusori	Numero	1070	630

ASET S.p.A.

Ampliamento e manutenzione straordinaria dell'impianto di
Depurazione di Marotta – Comune di Mondolfo (PU) – Progettazione esecutiva

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Luglio 2017	Elaborato E-R.06 – Relazione specialistica dei calcoli delle forniture d'aria e dei sistemi di miscelazione	Pag. 14 di 16
	Rev. 01	Data: Novembre 2017		

Densità di distribuzione dei diffusori	N°/m2	3.0	1.7
Membrana perforata singolo diffusore	m2 membrana singolo diffusore	0.0353	0.0600
Membrana perforata per vasca	m2 membrana per vasca	37.8	37.8
Percentuale	%	10.5	10.5
Densità massima consigliata	N°/m2	6.5	4
Portata specifica alla Qps alla max temperatura	Nm3/h - Sm3/h diffusore	3.2	5.9
Portata specifica alla Qps alla min temperatura	Nm3/h - Sm3/h diffusore	3.2	5.8
Portata specifica alla Qmn alla max temperatura	Nm3/h - Sm3/h diffusore	3.1	5.7
Portata specifica alla Qmn alla min temperatura	Nm3/h - Sm3/h diffusore	3.1	5.6
Portata minima consigliata	Nm3/h - Sm3/h diffusore	0.8	1

La distribuzione dei diffusori porosi seguirà un andamento decrescente lungo lo sviluppo longitudinale del reattore; in particolare nella prima vasca verranno installati il 120% dei diffusori calcolati come metà del totale, mentre nella seconda calata l'80%. Per la corretta fornitura d'ossigeno al processo, **nel caso di configurazione di reattori in parallelo**, la seconda vasca biologica sarà munita di altre due calate collegate ad una sub-rete formata da un numero di diffusori pari alla differenza tra le due reti principali (120% - 80% = 40%).

Per il dettaglio delle reti aria si rimanda all'elaborato tecnico *“E-R.07b – Capitolato Speciale d'Appalto – PARTE TECNICA”*.

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.

Di seguito si riporta la suddivisione % dei piattelli decrescente previo aggiustamento numerico dei piattelli per facilitarne la formazione della rete.

Tabella 4-10: Distribuzione dei diffusori porosi in vasca biologica per singola linea

			Sanitaire da 9"		PIK300	
		%	N.	N/m2	N.	N/m2
Numero diffusori	I vasca	120	642	3.57	378	2.10
Numero diffusori	II vasca	80	428	2.38	252	1.40
			1070		630	

4.3. Calcolo delle richieste di ossigeno e di aria per la stabilizzazione aerobica

Come descritto nell'elaborato tecnico *“E-R.03 - Relazione tecnica di progetto”*, la fase di stabilizzazione aerobica sarà ottimizzata andando a sostituire la rete di diffusione dell'aria presente in vasca.

La seguente tabella riassume il dimensionamento delle forniture d'aria per la stabilizzazione aerobica.

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Luglio 2017	Elaborato E-R.06 – Relazione specialistica dei calcoli delle forniture d'aria e dei sistemi di miscelazione	Pag. 15 di 16
	Rev. 01	Data: Novembre 2017		

Tabella 4-11: Dimensionamento delle forniture d'aria per la stabilizzazione aerobica

<u>Voce</u>	<u>UdM</u>	<u>Valore</u>
Richiesta di ossigeno specifica	KgO ₂ /Kg TVSr	2.4
Carico di TVS eliminati	KgTVS/d	203.2
Ossigeno massimo da fornire	KgO ₂ /d	488
Portata di aria da fornire con insufflatori porosi GLOBALE	m ³ /d	11237
	m ³ /h	468
Portata d'aria da fornire con insufflatori porosi PER LINEA	m ³ /d	11237
	m ³ /h	468
SOTE	%	31
Concentrazione di saturazione in acqua pulita alla Pressione e condizioni di esercizio Cw	mg/l	10.15
beta (fattore di correzione della salinità e della tensione superficiale)	<i>b</i>	0.95
Concentrazione di saturazione dell'acqua pulita a 20°C Cs20	mg/l	9.17
Concentrazione dell'OD alle condizioni del processo	mg/l	2
Temperatura massima di esercizio T	°C	20
Compressori per linea	numero	1
Portata di aria per compressore necessaria	Nm ³ /h	436
	Nm ³ /min	7.3
Pressione differenziale di lavoro	mbar	640
Diffusori a microbolle disco 9"Φ260 - tipo Sanitaire		
Portata massima di lavoro del diffusore	Nm ³ /h diffusore	6.0
Portata di aria	Nm ³ /h	436
Superficie perforata singolo diffusore	m ²	0.035
Densità massima diffusori - valore consigliato	N/m ²	6.5
Superficie di membrana	m ²	4.11
Superficie utile	m ²	133
Densità di diffusione effettiva	N/m ²	0.88
Numero totale diffusori necessari	n.	117
Diffusori a microbolle disco tipo PIK		
Portata massima di lavoro del diffusore	Sm ³ /h diffusore	8.0
Portata di aria	Sm ³ /h	468
Superficie perforata singolo diffusore	m ²	0.060
Densità massima diffusori - valore consigliato	N/m ²	4.0
Superficie di membrana	m ²	4.07
Superficie utile	m ²	133
Densità di diffusione effettiva	N/m ²	0.51
Numero totale diffusori necessari	n.	68

INGEGNERIA AMBIENTE S.r.l.	Rev. 00	Data: Luglio 2017	Elaborato E-R.06 – Relazione specialistica dei calcoli delle forniture d'aria e dei sistemi di miscelazione	Pag. 16 di 16
	Rev. 01	Data: Novembre 2017		

5. DIMENSIONAMENTO DEI SISTEMI DI MISCELAZIONE

Si riporta di seguito il riassunto dei calcoli effettuati per il dimensionamento dei sistemi di miscelazione all'interno delle due vasche biologiche e della stabilizzazione aerobica.

Tabella 5-1: Dimensionamento del sistema di miscelazione per il processo biologico

Dati	UdM	Valore
Numero linee	N.	2
Lunghezza singola vasca	m	15
Larghezza singola vasca	m	12
Battente	m	4.50
Superficie individuale	m ²	180
Superficie globale	m ²	360
Volume individuale	m ³	810
Volume globale	m ³	1620
Nuovi Elettromiscelatori		
Densità di potenza	W/m ³	6
Potenza all'asse richiesta per vasca	kW	4.9
Elettromiscelatori per vasca	N°	3
Elettromiscelatori TOTALI	N°	6
Potenza all'asse singolo elettromiscelatore	kW	1.7

Tabella 5-2: Dimensionamento del sistema di miscelazione per la stabilizzazione aerobica

Dati	UdM	Valore
Numero linee	N.	1
Diametro	m	13.0
Battente	m	5.2
Superficie globale	m ²	132.7
Volume globale	m ³	690.2
Nuovi Elettromiscelatori		
Densità di potenza	W/m ³	12
Potenza all'asse richiesta per vasca	kW	8.3
Elettromiscelatori per vasca	N°	1
Potenza all'asse singolo elettromiscelatore	kW	8.3