



**HERA RIMINI s.r.l.**  
**socio unico Hera S.p.A.**

SEDE: VIA DEL TERRAPIENO N.25 - 47900 RIMINI (RN)

**RISTRUTTURAZIONE ED ADATTAMENTO DELL'IMPIANTO  
DI DEPURAZIONE DI RICCIONE PER IL RISPETTO DEI  
LIMITI SUL FOSFORO E SULL'AZOTO  
(D.Lgs.152/99 – D.Lgs.4/2008)  
ADEGUAMENTO DELLE LINEE I (PRIMA) E II (SECONDA)**

**PROGETTO ESECUTIVO IV LOTTO**

**RELAZIONE GENERALE**

- RELAZIONE SPECIALISTICA DELL'IMPIANTO DI  
NITRIFICAZIONE E DENITRIFICAZIONE**
- CALCOLI DEGLI IMPIANTI IDRAULICI E MECCANICI**

**PROGETTISTA:**

**Dott. ing. Aurelio Zanotti**

**Studio Ingegneri Associati**

**Rimini - via Coriano n. 58**

**Tel. 0541-389150 – Fax. 0541-391856**

**e-mail [inggassociati@libero.it](mailto:inggassociati@libero.it)**

**LUGLIO 2009 - Agg. Settembre 2009**

**All. n. 1**

## **INDICE**

<b>- Premessa - Descrizione dell'intervento e illustrazione delle ragioni della soluzione prescelta.</b>	<b>Pag. 3</b>
<b>- Parametri di progetto - Anno 2016</b>	<b>Pag. 9</b>
<b>- Interventi sulla linea n.2</b>	<b>Pag. 11</b>
<b>- Sistema di diffusione dell'aria a bolle fini</b>	<b>Pag. 16</b>
<b>- Caratteristiche dei compressori</b>	<b>Pag. 20</b>
<b>- Predenitrificazione</b>	<b>Pag. 21</b>
<b>- Verifica della fase di denitrificazione in condizioni estive con il procedimento "Metcalf &amp; Eddy"</b>	<b>Pag. 23</b>
<b>- Verifica della denitrificazione in condizioni invernali</b>	<b>Pag. 24</b>
<b>- Considerazioni in merito alla portata di mixer liquor</b>	<b>Pag. 25</b>
<b>- Verifica del carico superficiale in sedimentazione secondaria</b>	<b>Pag. 27</b>
<b>- Potenza da impegnare nella vasca anossica di denitrificazione per la miscelazione</b>	<b>Pag. 28</b>
<b>- Controllo dell'alcalinità</b>	<b>Pag. 29</b>
<b>- Defosfatazione</b>	<b>Pag. 30</b>
<b>- Interventi sulla linea n.1 moduli A,B,C.</b>	<b>Pag. 31</b>
<b>- Fabbisogno di ossigeno dei moduli A,B,C</b>	<b>Pag. 33</b>
<b>- Nota conclusiva per la linea n.1 e verifica della rete di distribuzione dell'aria</b>	<b>Pag. 33</b>
<b>- Linea n.1 ampliamento</b>	<b>Pag. 35</b>
<b>- Idraulica</b>	<b>Pag. 36</b>

<b>PREMESSA – DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO E ILLUSTRAZIONE DELLE RAGIONI DELLA SOLUZIONE PRESCELTA</b>
---

Il presente progetto ESECUTIVO riguarda gli interventi di ristrutturazione e di adattamento dell'impianto di depurazione di Riccione ai fini del rispetto dei limiti sul fosforo e dell'azoto (D.Lgs. 152/99- D.Lgs. 4/2008).

Il progetto completa e compendia una serie di iniziative progettuali a vario livello di definizione che si sono svolte precedentemente.

A) Tali iniziative hanno avuto inizio con uno studio affidato da Hera Rimini al prof. Renato Vismara del Politecnico di Milano e redatto in data 10 /05/2005.

Questo studio contiene una approfondita indagine conoscitiva relativa ai dati funzionali dell'impianto di depurazione di Riccione con particolare riferimento alle portate idrauliche estive ed invernali rilevate giornalmente negli anni 2003 e 2004 ed anche ai valori delle concentrazioni degli inquinanti in ingresso ed in uscita negli stessi anni.

Lo studio comprende, altresì, una campagna di analisi per la verifica della denitrificazione nei giorni 16, 17, 18 novembre 2004. Lo studio si conclude con la determinazione dei carichi inquinanti assunti come dati dimensionali per la progettazione dell'adattamento dell'impianto a tutto l'anno 2016. Nello studio vengono, infine, formulate delle proposte di intervento per il rispetto dei limiti del fosforo e dell'azoto.

Le risultanze dello studio suddetto, sono state esposte dal prof. Vismara, assistito dall'ing. De Giorgi, in un apposito incontro che si è tenuto presso Hera Rimini in data 20/03/2006 ed al quale hanno partecipato anche gli ingegneri Veneziani, Martinini e Lusiani oltre al sottoscritto e alla presenza del proprio socio di studio ing. Lazzari.

Nell'incontro il sottoscritto ha presentato al prof. Vismara degli appunti contenenti alcune verifiche dimensionali ed alcune considerazioni di tipo progettuale che, esaminate dal professore, sono state, poi discusse in un incontro tenutosi presso il suo studio del Politecnico di Milano, in data 04/03/2006. Nell'incontro sono stati considerati alcuni aggiustamenti da apportare allo studio del prof. Vismara ferme restando le indicazioni fondamentali inerenti agli interventi da compiere e soprattutto sono stati riconfermati i parametri fondamentali di progetto previsti per l'anno 2016.

Il prof. Vismara, in un colloquio telefonico, ed il sottoscritto, in un incontro apposito, hanno informato l'ing. Pier Paolo Martinini di Hera Rimini delle risultanze di questo incontro.

Gli aggiustamenti concordati nell'incontro del 04/03/2006 sono :

### **1) Linea 2**

- a) Gli interventi da compiere su questa linea si ritengono, in linea di principio e compatibilmente con i finanziamenti disponibili, prioritari rispetto a quelli previsti per la linea 1.
- b) La rimozione del fosforo avverrà per via chimica attraverso l'impiego di reagenti chimici come avviene attualmente.
- c) La fase di denitrificazione che attualmente si svolge in una vasca della capacità di 1750 m<sup>3</sup> verrà potenziata con una ulteriore vasca di adeguata capacità già prevista in 3500 m<sup>3</sup> utile.
- d) Dovrà essere potenziata la portata di ricircolo fino ad almeno il 150% della portata media giornaliera.
- e) Si dovrà tenere conto di rivedere i circuiti idraulici per considerare l'esigenza espressa da Hera Rimini di disporre la nuova vasca di potenziamento della fase di denitrificazione in una zona dell'area dell'impianto diversa da quella prevista nello studio del prof. Vismara a causa della non disponibilità dell'area considerata.

### **2) Linea 1**

- a) Si verificherà la possibilità di potenziare la fase di denitrificazione di ciascuno dei tre moduli della linea 1 a spese della capacità dei relativi moduli della fase di nitrificazione in modo da non apportare modifiche ai circuiti idraulici. La stessa possibilità non è stata invece riscontrata per la linea 1 - "ampliamento" che, quindi, non subirà variazioni.
- b) Valgono gli aggiustamenti già considerati per la linea 2 ed indicati per questa linea ai punti b,e d).

**B) Allo studio di fattibilità di cui al punto precedente ha fatto seguito un progetto preliminare relativo a due tipi di interventi di cui uno relativo alla linea n.1 definito I lotto e l'altro alla linea n.2 definito II lotto .**

**I due interventi riguardano, nella sostanza :**

- per la linea n.1 il potenziamento della fase di denitrificazione con l'aumento del volume destinato a questa fase attraverso lo spostamento di una superficie metallica di separazione dalla fase di nitrificazione e la sostituzione del sistema di aerazione esistente, ma ormai obsoleto, di questa fase con un nuovo sistema di ossigenazione a bolle fini;
- per la linea n.2 il potenziamento della fase di denitrificazione con la costruzione di una nuova vasca in c.a. del volume utile di 3500 m<sup>3</sup>.

**C) Successivamente Hera Rimini ha deciso di portare a progettazione definitiva–esecutiva solo l'intervento relativo al I lotto e quindi alla linea n.1 così come esposto nel punto precedente.**

**D) Sono, poi, emerse altre necessità evidenziate soprattutto in fase gestionale che di seguito si espongono sinteticamente:**

**D.1 La fase di ossigenazione della linea n.2 di vecchia costruzione (anni 70) basata su dei rotor tipo mammoth, già integrata nella stagione estiva con immissione di ossigeno, si è dimostrata insufficiente, ormai obsoleta, bisognosa di continue sostituzioni di elementi costitutivi e di gestione onerosa. La stazione appaltante ha, così, deciso di sostituirla con un sistema di ossigenazione a bolle fini dotato di un complesso autonomo di produzione e trasporto dell'aria compressa necessaria per l'aerazione della fase stessa.**

**D.2 Il sistema, esistente, di disidratazione meccanica dei fanghi che risultano dalla digestione anaerobica dei fanghi primari e di supero, costituito da filtri a nastro di vecchia costruzione, deve essere sostituito perché le macchine esistenti hanno ormai esaurito la loro durata e perché, per contenere le spese gestionali relative allo smaltimento dei fanghi in discarica controllata, è necessario ricorrere ad altre apparecchiature in grado di disidratare i fanghi in modo che siano ridotte le quantità in peso ed in volume da trasportare all'esterno aumentando in modo consistente il contenuto di sostanze secche e, conseguentemente, diminuendo il tenore di acqua presente nel prodotto disidratato.**

**Si è deciso, così, di ricorrere a macchine di disidratazione meccanica dei fanghi costituite da centrifughe di nuova costruzione la cui efficienza di disidratazione è stata già sperimentata da Hera in altri impianti a cui è preposta per la gestione.**

**Questo intervento è già stato oggetto di progettazione separata ed è in corso di esecuzione.**

**D.3 La disidratazione del materiale estratto dalle caditoie stradali viene attualmente disidratato, prima del suo smaltimento in discarica, attraverso letti di essiccamento posti all'aperto. Tale sistema deve essere abbandonato e per i problemi di carattere ambientale che pone, come segnalato anche dall'ARPA, e per la necessità di reperire lo spazio necessario per la costruzione della nuova vasca di potenziamento della fase di denitrificazione della linea n.2 già indicata al punto B).**

**Considerata anche la ristrettezza dell'area di sedime dell'impianto di depurazione di Riccione nella quale non sono reperibili aree di notevoli dimensioni per la costruzione**

di nuovi impianti, si è ritenuto che il problema della disidratazione del materiale estratto dalle caditoie potesse nella fattispecie essere risolto con un impianto di disidratazione meccanica corredato anche di classificatore delle sabbie di risulta in modo da avere in esse un contenuto di sostanze organiche inferiore al 3 % e, quindi, tali da poter essere smaltite in discarica per inerti come previsto dalla decisione del consiglio CEE del 19.12.2002.

Anche questo intervento è stato oggetto di separazione separata ed è in corso di esecuzione.

**E) Nel 2007 Hera Rimini ha deciso la formulazione di un progetto preliminare generale che è stato sottoposto alla procedura di "Screening" alla Provincia di Rimini secondo la Normativa Regionale ( L.R. 18/05/1999 modificata dalla L.R. 06/11/2000 n. 35). La Provincia di Rimini si è espressa con la delibera di G.P. del 18.09.2007 con cui ha escluso il progetto dalla ulteriore procedura di V.I.A. prescrivendo, però, degli obblighi indicati nella delibera suddetta .**

**Preso atto della delibera della Provincia di Rimini Hera Rimini ha deciso di procedere con l'incarico del progetto definitivo che è stato regolarmente approvato.**

**F) Hera Rimini, tenuto conto delle nuove apparecchiature che si andranno ad installare al fine della ristrutturazione dell'impianto di depurazione e delle maggiori potenze necessarie per il corretto funzionamento di tali apparecchiature, ha deciso di provvedere alla ristrutturazione dell'attuale cabina elettrica mediante la sostituzione dei quadri di MT e BT e dei Trasformatori esistenti e all'adeguamento della cabina stessa alle nuove Norme fissate dall'ENEL.**

**G) In sede di comunicazione al tecnico incaricato di redigere il progetto esecutivo di IV LOTTO( sono infatti stati già eseguiti tre lotti che riguardano la formazione di una piastra in c.a. per la posa di scarrabili, la costruzione del nuovo impianto di disidratazione meccanica dei fanghi con l'impiego di centrifughe ed l'impianto di trattamento dei liquami estratti dalle "caditoie e bottini ") Hera Rimini ha deciso di provvedere all'esecuzione anche delle seguenti categorie di lavori non previsti nel progetto definitivo:**

- a) Costruzione di barriere antirumore secondo i criteri contenuti nel progetto "acustico" redatto dall'ing Baffoni all'uopo incaricato da Hera;**
- b) Ristrutturazione dell'impianto generale di sollevamento del fango di ricircolo con sostituzione delle coclee esistenti con elettropompe centrifughe sommerse distinte per il sollevamento del fango alla nuova vasca di denitrificazione ed a quella esistente.**

**In definitiva le opere da eseguire nel IV LOTTO dei lavori si riassumono come segue:**

#### **LINEA 2**

**1) Costruzione di una nuova vasca di denitrificazione corredata delle infrastrutture di protezione (scale e passerelle) delle paratoie di esclusione e dei mixer di miscelazione.**

**Si precisa che in sede di costruzione della vasca dovrà anche essere costruita anche una pista di accesso a carattere provvisorio.**

**2) Collegamenti idraulici della nuova vasca alla linea di trasporto del liquame, a quella del fango di ricircolo ed alla linea di trasporto della miscela alle vasche di ossidazione; si precisa che i collegamenti idraulici dovranno riguardare il completamento delle linee già eseguite in precedenti LOTTI come indicato nei disegni di progetto**

**3) Pozzetto di sollevamento della miscela in uscita dalla nuova vasca denitro e relativo pozzetto di carico per il trasferimento del miscela alle vasche di ossidazione.**

**4) ristrutturazione della linea di alimentazione del liquame alla vasca di denitrificazione esistente**

**5) Costruzione di un nuovo impianto di sollevamento del fango di ricircolo alle due vasche denitro nuova ed esistente compresa la ristrutturazione dell'edificio coclee esistente**

**6) Sostituzione del sistema, basato sui rotori tipo Mammuth, di aerazione esistente nelle vasche di ossidazione con un sistema di aerazione a bolle fini di aria compressa comprese le linee di trasporto dell'aria**

**7) Costruzione in apposito edificio di un complesso autonomo per la produzione dell'aria compressa necessaria per l'aerazione a bolle fini**

**8) Opere civili inerenti alla riparazione di C.A. nelle vasche esistenti ( di ossidazione e denitro); demolizione di setti circolari in C.A. nelle vasche di ossidazione e inserimento di nuovi setti in carpenteria metallica.**

**9) ripristino delle travi in C.A. e delle passerelle metalliche nelle vasche di ossidazione e denitro esistenti abbinate e loro completamento con nuovi parapetti**

**10) installazione di tutte le apparecchiature di regolazione ,controllo, sezionamento e misura necessarie per un regolare funzionamento e gestione**

#### **LINEA 1**

**Tale linea , su tre moduli,viene ristrutturata al fine di aumentare i volume di denitrificazione scapito di quelli di ossidazione con le seguenti lavorazioni:**

**1) Demolizione dei setti metallici in profilati di acciaio di separazione delle due fasi nitro-denitro e loro sostituzione con altri di nuova costruzione diversamente posizionati**

- 2) Smontaggio dei mixer esistenti e loro sostituzione con altri nuovi e di diverse caratteristiche
- 3) Taglio delle tubazioni di trasporto dell'aria compressa e demolizione del sistema distribuzione dell'aria a bolle fini con dischi
- 4) Costruzione della nuova rete di distribuzione dell'aria compressa a partire dai tronchi di tubazioni di collegamento ai compressori esistenti.
- 5) costruzione del nuovo sistema di ossigenazione a bolle fini
- 6) installazione di tutte le apparecchiature di regolazione ,controllo, sezionamento e misura necessarie per un regolare funzionamento e gestione compreso il nuovo misuratore di portata elettromagnetico sulla tubazione interrata di ricircolo del fango del modulo lato Rimini

## **IMPIANTI ELETTRICI**

### **Riguarderanno**

- la ristrutturazione della cabina elettrica esistente con la sostituzione dei quadri MT e BT e dei trasformatori esistenti ; dovrà essere prevista l'installazione di una cabina provvisoria di tipo prefabbricato da utilizzare nella fase dei lavori.
- le linee di alimentazione delle apparecchiature elettromeccaniche presenti nelle due linee da ristrutturare compresi i quadri elettrici di comando e gestione; si precisa che dovranno essere utilizzati i cavidotti parzialmente eseguiti in precedenti lotti come indicato nei disegni di progetto
- linee di terra
- illuminazione esterna ed interna nel fabbricato compressori

## **BARRIERE ANTIRUMORE**

Fra le opere civili ,oltre a quelle già indicate per le due linee, dovranno essere eseguite anche la barriera antirumore la cui costruzione è prevista in profilati di acciaio, corredate di pannelli fonoassorbenti e fondazioni con pali in c.a.

La costruzione delle barriere sarà preceduta dall'abbattimento delle piantumazioni esistenti

Di seguito si espongono i dati ed i calcoli progettuali relativi agli interventi riguardanti gli impianti biologici , meccanici ed idraulici inclusi nel progetto esecutivo di IV LOTTO.

## PARAMETRI DI PROGETTO – ANNO 2016

### Portate idrauliche

Periodo	Inverno	Estate
Portata media giornaliera Q 24	910 m <sup>3</sup> /h; 21.840 m <sup>3</sup> /d	1.350 m <sup>3</sup> /h; 32.400 m <sup>3</sup> /d
Portata di punta Qp	1.123 m <sup>3</sup> /h	1.750 m <sup>3</sup> /h

### Ripartizione delle portate sulle linee 1 e 2

Linea 1	44%	Q24 = 600 m <sup>3</sup> /h
Linea 2	56%	Q24 = 750 m <sup>3</sup> /h

*Carichi in kg/d e concentrazioni in mg/l previsti al 2016 in ingresso alla denitrificazione dopo la sedimentazione primaria.*

Si aggiornano i dati del progetto definitivo datato gennaio 2008 secondo le richieste di Hera Rimini sulla base dei seguenti criteri che tengono conto di una minore efficienza della sedimentazione primaria nel periodo estivo; il progetto definitivo con i dati aggiornati è stato poi validato in data giugno/luglio 2008.

- si mantengono invariati i valori inerenti al TKN ed al P  
 - si considera la concentrazione in uscita dalla sedimentazione primaria di 200 mg/l di BOD<sub>5</sub> invece che di 155mg/l; l'efficienza in sedimentazione primaria diventa (si vedano dati prof. Vismara):

- . carico in ingresso: 8.112 kg/g
- . carico in uscita:  $200 \cdot 10^{-6} \cdot 32.400 \cdot 10^3 = 6.480$  kg/g
- . efficienza in sedimentazione primaria:  $(8.112 - 6.480) / 8.112 = 0,2$  (20%)  
 invece di quella precedente del 38 %

- si considera per il COD la stessa efficienza del 20 % del BOD<sub>5</sub> ; risultano i dati:

- . carico in ingresso: 20.582 kg/g
- . carico in uscita:  $0,8 \cdot 20.582 = 16.465$  kg/g
- . concentrazione in uscita:  $(16.465 / 32.400) \cdot 1000 = 508$  mg/l

Si considera il valore delle SST con riduzione di efficienza valutata proporzionalmente:

- . carico in ingresso : 11.703 kg/g
- . concentrazione in ingresso:  $11.703 \cdot 10^3 / 32.400 = 361$  mg/l
- . efficienza ridotta proporzionalmente a quella del BOD<sub>5</sub>:
  - precedente:  $(361 - 142) / 361 = 0,61$  (61%)
  - . attuale  $(20/38) \cdot 61 = 32,1$  %
  - . concentrazione in uscita dalla sedimentazione :  
 $(1 - 0,321) \cdot 11.703 \cdot 1000 / 32.400 = 245$  mg/l

Il quadro riassuntivo dei parametri in uscita dalla sedimentazione primaria e in ingresso alla denitrificazione è:

Parametro	linea 1(44%)	linea 2( 56%)	Totale	concentrazione
SST	3.493	4.445	$32.400 \cdot 245 / 1.000 = 7938$	245
BOD <sub>5</sub>	2.851	3.629	$32.400 \cdot 200 / 1.000 = 6480$	200
COD	7.242	9.217	$32.400 \cdot 508 / 1.000 = 16.459$	508
TKN	999	1.248	2.247	69
P	58	73	131	4

## Limiti di emissione

Sono quelli fissati nelle tabelle 1 e 2 del D. Lgs. 152/2006 che si riportano di seguito:

**Tabella 1.** Limiti di emissione per gli impianti di acque reflue urbane.

Potenzialità impianto in A.E. (abitanti equivalenti)	2.000 – 10.000		>10.000	
	Concentrazione	% di riduzione	Concentrazione	% di riduzione
Parametri (media giornaliera) (1)				
BOD5 (senza nitrificazione) mg/L <sup>(2)</sup>	≤ 25	70-90 <sup>(3)</sup>	≤ 25	80
COD mg/L <sup>(3)</sup>	≤ 125	75	≤ 125	75
Solidi Sospesi mg/L <sup>(4)</sup>	≤ 35 <sup>(5)</sup>	90 <sup>(5)</sup>	≤ 35	90

1. Le analisi sugli scarichi provenienti da lagunaggio o fitodepurazione devono essere effettuati su campioni filtrati, la concentrazione di solidi sospesi non deve superare i 150 mg/L.

2. La misurazione deve essere fatta su campione omogeneizzato non filtrato, non decantato. Si esegue la determinazione dell'ossigeno disciolto anteriormente e posteriormente ad un periodo di incubazione di 5 giorni a 20°C±1°C, in completa oscurità, con aggiunta di inibitori di nitrificazione.

3. La misurazione deve essere fatta su campione omogeneizzato non filtrato, non decantato con bicromato di potassio.

4. La misurazione deve essere fatta mediante filtrazione di un campione rappresentativo attraverso membrana filtrante con porosità di 0,45 µm ed essiccazione a 105°C con conseguente calcolo del peso, oppure mediante centrifugazione per almeno 5 minuti (accelerazione media di 2800-3200 g), essiccazione a 105°C e calcolo del peso.

5. Ai sensi dell'articolo 31 comma 6, la percentuale di riduzione del BOD5 non deve essere inferiore a 40. Per i solidi sospesi la concentrazione non deve superare i 70 mg/L e la percentuale di abbattimento non deve essere inferiore al 70%.

**Tabella 2.** Limiti di emissione per gli impianti di acque reflue urbane recapitanti in aree sensibili.

Parametri (media annua)	Potenzialità impianto in A.E.			
	10.000 – 100.000		>100.000	
	Concentrazione	% di riduzione	Concentrazione	% di riduzione
Fosforo totale (P mg/L) <sup>(1)</sup>	≤ 2	80	≤ 1	80
Azoto totale (N mg/L) <sup>(2)(3)</sup>	≤ 15	70-80	≤ 10	70-80

(1) Il metodo di riferimento per la misurazione è la spettrofotometria di assorbimento molecolare.

(2) Per azoto totale si intende la somma dell'azoto Kjeldahl (N. organico+NH<sub>3</sub>) + azoto nitrico + azoto nitroso. Il metodo di riferimento per la misurazione è la spettrofotometria di assorbimento molecolare.

(3) in alternativa al riferimento alla concentrazione media annua di 10 mg/L, purché si ottenga un analogo livello di protezione ambientale, si può far riferimento alla concentrazione media giornaliera di azoto totale pari a 20 mg/L per ogni campioni con una temperatura dell'effluente sia pari o superiore a 12° gradi centigradi. Il limite della concentrazione media giornaliera può essere applicato a un tempo operativo limitato che tenga conto delle condizioni climatiche locali.

## INTERVENTI SULLA LINEA 2

### VERIFICA DELLA LINEA DI NITRIFICAZIONE ESISTENTE

Periodo estivo: temperatura del liquame 24°C

Portate idrauliche:

$Q_{24} = 750 \text{ m}^3/\text{h}$  ;  $18.000 \text{ m}^3/\text{giorno}$

$Q_p = 975 \text{ m}^3/\text{h}$

$Q_{md} (\text{portata media diurna}) = (750+975)/2 = 863 \text{ m}^3/\text{h}$

Inquinanti in ingresso alla denitrificazione dopo la sedimentazione primaria:

parametro	carichi		concentrazioni mg/l
	kg/h	kg/d	
SST	185	4.445	245
BOD5	151	3.629	200
COD	384	9.217	508
TKN	52,0	1.248	69
P	3,0	73	4

### TKN in ingresso alla denitrificazione

TKN media giornaliera: 69 mg/l

TKN media diurna:  $69 \cdot 863 / 750 = 79,4 \text{ mg/l}$

### Velocità di nitrificazione

$$(VN)_T = (VN)_{20} \cdot (TKN) / (KN + TKN_u) \cdot (OD) / (K_0 + OD) \cdot a^{(T-20)} (1 - 0,833(7,2-PH))$$

dove:

-  $(VN)_T$  = velocità di denitrificazione riferita alla sola biomassa nitrificante ed alle seguenti condizioni operative:

. temperatura del liquame  $T = 24^\circ\text{C}$

. ossigeno disciolto in vasca :  $OD = 2 \text{ mg/l}$

. concentrazione di TKN in uscita :  $TKN_u = 1 \text{ mg/l}$

-  $a$  = coefficiente di correzione relativo alla temperatura pari a 1,2

-  $KN$  = costante di semisaturazione del TKN dato da :

$$KN = 10^{(0,051 \cdot T - 1,158)} = 1,16 \text{ mg/l}$$

-  $K_0$  = costante di semisaturazione per l'ossigeno pari a  $1 \text{ mg/l}$

- PH: si ipotizza che possa scendere a 7,0 ( l'assunzione è di tipo prudenziale visto che l'esperienza gestionale dell'impianto di Riccione ha permesso di registrare sempre valori del PH superiori a 7,2)

-  $(VN)_{20}$  = valore massimo di nitrificazione a  $20^\circ\text{C}$  in assenza di azioni limitanti e in condizioni ottimali di PH ; si assume  $(VN)_{20} = 140 \text{ g TKN/ kg SSN} \cdot h = 3,36 \text{ Kg TKN/ Kg SSN} \cdot d$

Risulta :

$$(VN)_{24} = 3,36 \cdot (1 / (1,16 + 1)) \cdot (2 / (1 + 2)) \cdot 1,12^{(24-20)} \cdot (1 - 0,853(7,2-7)) = 1,33 \text{ kg TKN/kg SSN} \cdot d = 0,055 \text{ Kg TKN/ kg SSN} \cdot h$$

Velocità di crescita della biomassa al netto della scomparsa batterica

Risulta da :

$$\mu_N = y_N * (V_N)_T - K_d$$

dove:

- .  $y_N$  = coeff. di crescita lordo dei batteri nitrificanti che esprime la sintesi di nuove cellule batteriche per unità di peso di TKN nitrificato pari a 0,24 kg SSN /kg TKN
- .  $K_d$  = coeff. di scomparsa batterica pari a 0,05 giorni<sup>-1</sup>

Risulta :

$$\mu_N = 0,24 * 1,33 - 0,05 = 0,269 \text{ giorni}^{-1}$$

Concentrazione di batteri nitrificanti (autotrofi)

La frazione di batteri nitrificanti (autotrofa) della biomassa totale si calcola con :

$$f = (1 + 3,7 * (S_0 - S_u) / (TKN_0 - TKN_u))^{-1}$$

$S_0$  = concentrazione di BOD<sub>5</sub> in ingresso pari a 200 mg/l

$S_u$  = “ “ in uscita “ a 15 mg/l

$TKN_0 - TKN_u$  = Azoto nitrificato dato da:

Azoto in ingresso: + 69 mg/l

Azoto assorbito per

sintesi cellulare: - 7 “

Azoto ammoniacale nello scarico - 1 “

---

61 mg/l

Sostituendo si ha:

$$f = (1 + 3,7 * (200 - 15) / (61))^{-1} = 0,089$$

Portata media diurna del TKN da nitrificare

$$(61 * 863) / 1000 = 52,64 \text{ kg/h} = 52.640 \text{ g/h}$$

Tempo di residenza cellulare operativo SRT

E' dato da :

$$SRT = FS * (\mu_N)^{-1}$$

Si fissa il coeff. di sicurezza  $FS = 2$

$$\text{Risulta : } SRT = 2 * (0,269)^{-1} = 7,43 \text{ giorni}$$

Carico del fango

Si valuta con la formula:

$$1/SRT = (1,2 - 0,28 * C_f) (Y_E * \mu * C_f - K_d) \text{ dove:}$$

$Y_E = 1 \text{ kgSS/kg BOD}_5$

$$\mu = (200 - 15) / 155 = 0,925$$

Risulta :

$$1/7,43 = (1,2 - 0,28 * C_f) (1 * 0,9 * C_f - 0,05) \text{ da cui}$$

$$C_f = 0,18 \text{ Kg BOD}_5 / \text{Kg SS} * \text{giorno}$$

Biomassa complessiva presente nel sistema

E' data da :

$$X = Q * S_0 / C_f = 18.000 * 0,200 / 0,18 = 20.000 \text{ kgSS}$$

Biomassa nitrificante presente

$$X_{Np} = f * X = 0,089 * 20.000 = 1.780 \text{ kgSSN}$$

### Biomassa nitrificante necessaria

E' data da:

$$X_{Nn} = (\text{portata media diurna di TKN da nitrificare}) / (VN)_T = \\ = (52,64 \text{ kg/h}) / (0,055 \text{ kgTKN/ Kg SSN} \cdot \text{h}) = 957 < 1.780 \text{ kg SSN}$$

Si può dire che le punte orarie di ammoniaca non costituiscono un fattore limitante.

### Concentrazione di biomassa minima necessaria in vasca di nitrificazione

$$C_a = (Q_{24} \cdot S_0) / (C_f \cdot V) \text{ dove}$$

V = volume complessivo delle due vasche di nitrificazione esistenti pari a  $2 \cdot 2.295 = 4.590 \text{ m}^3$

Risulta :

$$C_a = (18.000 \cdot 200 \cdot 10^{-3}) / (0,18 \cdot 4590) = 4,35 \text{ kgSS/ m}^3$$

Tale concentrazione sarà aumentata in sede operativa fino a  $5,2 \text{ kgSS/m}^3$

Periodo invernale:  $T = 12^\circ \text{C}$

Si considerano i dati:

- Portate idrauliche

Si considera la media dei valori rilevati nell'indagine dei giorni 16, 17, 18 Novembre 2004

$$Q_{24} = 265 \text{ m}^3/\text{h} = 6.360 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$Q_p = 1,3 \cdot 265 = 345 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{md} = (265 + 345) / 2 = 305 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Inquinanti

Si considerano le concentrazioni dopo la sedimentazione primaria dedotti dalla relazione del prof. Vismara

Risultano i valori:

### Velocità di nitrificazione

Si ha :

$$a^{(12-20)} = 0,40$$

$$K_N = 0,288 \text{ mg/l}$$

$$PH = 7,2$$

$$(VN)_{12} = 0,694 \text{ giorni}^{-1} = 0,0289 \text{ ore}^{-1}$$

### Tempi di residenza cellulare

$$SRT = 2 \cdot 0,24 \cdot 0,694 = 17,24 \text{ giorni}$$

### Carico del fango

Si considera in funzione una sola vasca di nitrificazione ( $V = 3.000 \text{ m}^3$ ) con la concentrazione

$$C_a = 4 \text{ kg/SST /m}^3$$

Risulta:

$$C_f = (6.360 \cdot 155 \cdot 10^{-3}) / (4 \cdot 3.000) = 0,082 \text{ KgBOD}_5/\text{KgSST} \cdot \text{d}$$

### Biomassa nitrificante

E' dato da :

$$X_{Np} = 0,1 \cdot 4 \cdot 3.000 = 1.200 \text{ kg}$$

### Biomassa nitrificante necessaria

$$X_{Nn} = (305 \cdot 61 \cdot 10^{-3}) / 0,0289 = 643 \text{ Kg} < 1.200 \text{ kg}$$

### Fabbisogno di ossigeno nel periodo estivo

Il fabbisogno di ossigeno legato a:

- sintesi cellulare
- respirazione endogena dei microrganismi
- nitrificazione del TKN

si valuta con la formula di Eckenfelder:

$$AOR = a \cdot BOD_5 \text{ eliminato} + b \cdot \text{peso fanghi} + c \cdot \text{azoto nitrificato}$$

dove:

a = coeff. di respirazione attiva : 0,5

b = coeff. di respirazione autogena dato da :

$$b = 0,1 \cdot 1,084^{(24-20)} = 0,138 \text{ kg O}_2/\text{kg SS} \cdot \text{g}$$

c = coeff. di nitrificazione: 4,6

BOD<sub>5</sub> abbattuto:  $(200-15) \cdot 18.000/1.000 = 3.330 \text{ kg/d}$

Peso fanghi:  $5,2 \cdot 4.590 \text{ Kg SST} = 24.000 \text{ kg}$

Azoto nitrificato:  $61 \cdot 18.000/1.000 = 1.098 \text{ kg/g}$

Risulta:

$$\begin{aligned} AOR \text{ ( kg/g di O}_2 \text{)} &= 0,5 \cdot 3.330 + 0,138 \cdot 24.000 + 4,6 \cdot 1.098 \\ &= 1.665 + 3.312 + 5.050 = 10.027 \text{ kg/g} = 417,8 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

Coeff. di punta: 1,5

Portata di punta:

$$AOR_p = 1,5 \cdot 417,8 = \text{circa } 626 \text{ kg/h}$$

In condizioni standard si ha:

$SOR_p = AOR_p / K$  dove é:

$$K = AOR_p / SOR_p = (1,024)^{(T-20)} \cdot 0,6 \cdot 0,98 \cdot C_{surfT} / (9,07-2)$$

Assumendo :

C<sub>sat</sub> 20 = 9,07

C<sub>surfT</sub> = 8,4

Sostituendo si ha: K = 0,45

Assunto K = 0,45 risulta la portata di punta standard:

$$SOR_p = 626 / 0,45 = 1393 \text{ kg/h}$$

La portata di aria a 0 °C dovrà essere :  $1.393 / 0,298 = 4.673 \text{ Nm}^3/\text{h}$

La portata si suddivide su più compressori di cui uno di scorta.

Per l'installazione del sistema di ossigenazione a bolle fini sono disponibili per ognuna delle due vasche i seguenti dati geometrici:

- superficie in pianta: 850 m<sup>2</sup>

- altezza d'acqua sul fondo: 2,7 m

- volume di liquame: 2.295 m<sup>3</sup>

### Verifica pratica

Con i dati medi di giugno 2005 il consumo di ossigeno si stima come segue:

BOD<sub>5</sub> abbattuto:  $(175-13,9) \cdot 18.000/1000 = \text{circa } 2.900 \text{ kg/g}$

Peso dei fanghi: si mantiene 24.000 kg

Azoto nitrificato:  $(59-2,3) \cdot 18.000/1.000 = 1.020 \text{ kg/d}$

$$\begin{aligned} AOR_p &= 1,5 \cdot (0,5 \cdot 2.900 + 0,138 \cdot 24.000 + 4,6 \cdot 1.020) = 14.181 \text{ kg/g} = \\ &= 590 \text{ kg/h inferiore del } 5,7\% \text{ al valore sopra calcolato di } 626 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

Si riportano di seguito i valori medi degli inquinanti in entrata e in uscita in mg/l rilevati nell'anno 2005

Param Mese	ENTRATA						USCITA						
	PH	SS	BOD	COD	P	NH <sub>4</sub>	PH	SS	BOD	COD	P	NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>
Gennaio	7,6	313	272	642	3,6	63,6	7,3	10,0	10,6	22,9	0,3	1,8	14,7
Febbraio	7,3	349	249	599	2,7	60,4	7,29	“	12,6	24,8	0,4	1,7	13
Marzo	7,4	442	335	712	4,4	57,7	7,3	“	10,5	19,7	0,2	1,1	13,7
Aprile	7,3	441	239	599	3,2	47,5	8,4	12,5	14,4	30,6	0,3	2,1	13,2
Maggio	7,4	391	267	665	4,1	53,8	7,6	10,0	11,3	26,1	0,3	1,4	13,25
Giugno	7,3	368	265	658	3,9	69,3	7,6	“	13,9	30,7	0,5	2,3	13,7
Luglio	7,4	330	213,3	597,1	3,7	64,2	7,6	“	10,6	18,9	0,4	2,6	13,3
Agosto (NB)	7,49	191	148	436	3,08	61,6	7,57	“	22,2	39,2	0,53	1,77	13,23
Settemb.	7,49	252,75	217,25	544,13	4,77	55,77	7,49	“	12,13	27,25	0,49	0,9	12,80
Ottobre	7,35	260,29	177,29	443,43	4,32	39,64	7,59	“	15,43	35,9	1,09	2,32	10,8
Novemb.	7,51	364	188,88	472,50	3,72	37,5	7,62	“	14,25	28,63	0,62	1,63	10,7
Dicemb.	7,47	266,89	186,44	479,56	3,51	39,63	7,49	“	10,89	16,33	0,36	0,68	10,15

N.B. Valori medi aritmetici dei dati relativi alle analisi compiute.

## SISTEMA DI DIFFUSIONE DELL'ARIA A BOLLE FINI

Si distinguono i casi:

### A) Diffusori a bolle fini con dischi

Assunto il rendimento dei diffusori pari a 0,15, la portata dei compressori sarà:

$$Q_A = 4.673/0,15 = 31.153 \text{ Nm}^3/\text{h} \text{ in tondo } 31.000 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

La portata si suddivide su più compressori di cui uno di scorta

### B) Diffusori a bolle fini con pannelli tipo "Aquastrap" della ASCO Pompe

Si assume il valore del rendimento di diffusione, garantito dalla ditta produttrice dei pannelli, pari a 0,19467. Risultano le portate d'aria:

$$- \text{a } 0^\circ\text{C} = 273,15^\circ\text{K}$$

$Q_N = 4.673/0,19467 = 24.004 \text{ Nm}^3/\text{h}$  che si suddivide in  $12.002 \text{ Nm}^3/\text{h}$  su ognuna delle due vasche.

$$- \text{a } 20^\circ\text{C} = 293,15^\circ\text{K}$$

$Q_S = 24.004 * (273+20)/273 = 25762$  in tondo  $26.000 \text{ Sm}^3/\text{h}$  che si suddivide su ognuna delle due vasche.

## NOTA

Si evidenzia e si sottolinea che l'impiego di pannelli aventi un più elevato rendimento di diffusione dell'aria, sono di interesse per i risparmi in termini di costi di installazione riguardanti sia il sistema di trasporto di questa con le tubazioni in acciaio che pure dovranno essere di nuova installazione, e per i risparmi gestionali in termini di energia spesa per la compressione dell'aria.

Con il sistema "Acquastrap" di ASCO Pompe si prevede, per ognuna delle due vasche, l'installazione di diffusori T 4,0 EU 180 integrati da diffusori T 2,5 EU 180 così organizzati.

- . pannelli n. 288 T 4,0 EU 180 + n. 36 T 2,5 EU 180
- . n. 81 calate da 2" in tubi in PE ciascuna in grado di alimentare n.4 pannelli
- . superficie unitaria dei diffusori  $0,7 \text{ m}^2$  per T4,0 e  $0,44 \text{ m}^2$  per T 2,5.

I dati di dimensionamento caratteristici sono:

- SOTE: 0,19467
- battente idrico effettivo con altezza d'acqua di 2,7 m: 2,6 m
- portata di aria a  $0^\circ\text{C}$ :  $Q_N = 12.002 \text{ Nm}^3/\text{h}$
- portata di aria a  $20^\circ\text{C}$ :  $Q_S = 12881 \text{ m}^3/\text{h}$
- Portata di aria specifica :  $55,22 \text{ Nm}^3/\text{m}^2/\text{h}$
- $\Delta P$  diffusore: 59 mbar
- $\Delta$ totale ( diffusore +calata + battente): 350-360 mbar
- $\Delta$ totale pratico (cautelativo): 400 mbar
- portata di aria complessiva dei compressori per due vasche:  $8662*3 = 25986 \text{ Nm}^3/\text{h}$
- portata di aria per vasca:  $25986/2 = 12993 \text{ Nm}^3/\text{h}$
- aumento cautelativo:  $12993/12002 = 0,082(8,2\%)$

Il sistema di alimentazione, dell'aria compressa e le relative perdite di carico nelle tubazioni in acciaio, si dimensiona tenendo conto delle portate dei compressori come segue :

$$- \text{portata per ogni calata: } Q_N = 12.993/781 = 160 \text{ m}^3/\text{h} = 0,044 \text{ m}^3/\text{s}$$

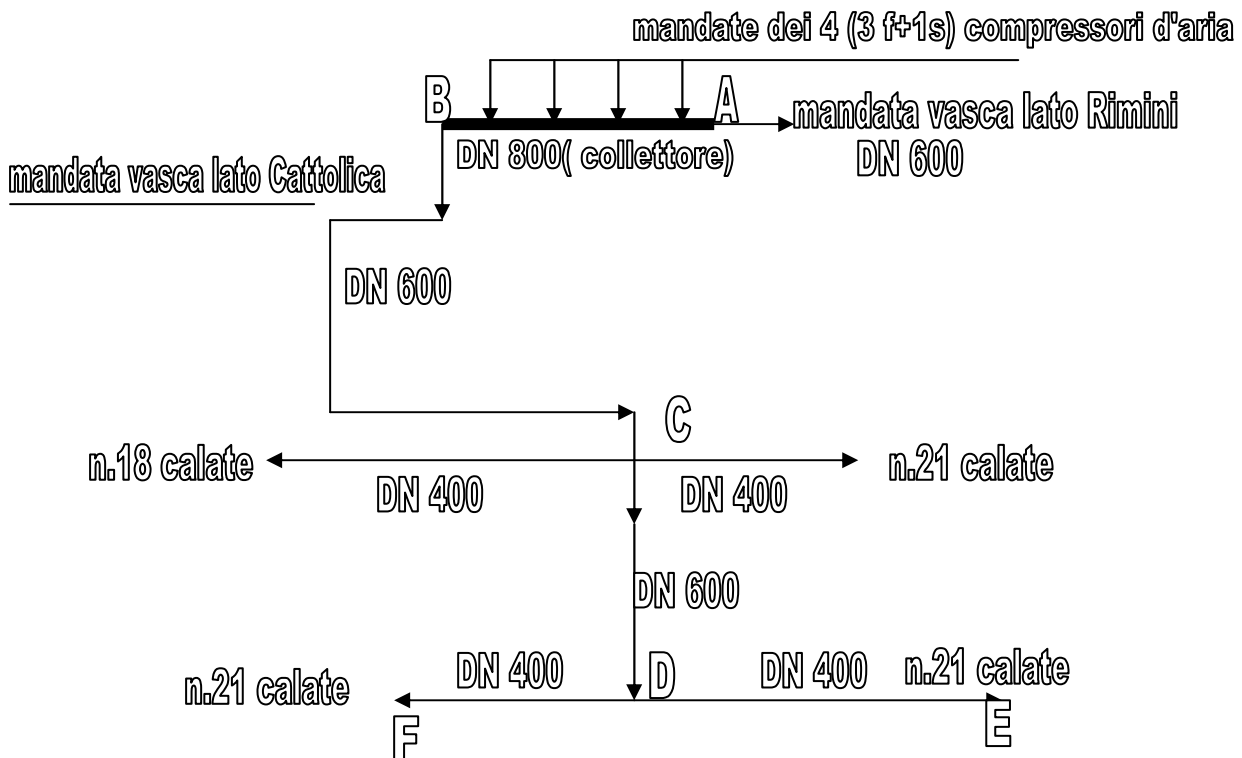
$$QS = 160 \cdot 293 / 273 = 172 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q(65^\circ\text{C}) = 160 \cdot (273 + 65) / 273 = 198 \text{ m}^3/\text{h} = 0,055 \text{ m}^3/\text{s}$$

Rete di distribuzione in ogni vasca

Si considera l'aria alla temperatura di uscita dai compressori pari a  $65^\circ\text{C}$  senza raffreddamento nelle tubazioni che devono essere isolate per attenuare il rumore prodotto dal deflusso dell'aria.

Si considera lo schema per la vasca lato Cattolica:



N.B. Per il valvolame, i punti fissi ed i giunti di dilatazione si vedano i disegni di progetto della rete di distribuzione dell'aria compressa.

### Tratto DE

N. calate: 26

- portata all'inizio del tratto:  $Q_i = 21 \cdot 160 ((273+20)/273)/3600 = 1,0 \text{ Sm}^3/\text{s}$  ( a  $20^\circ\text{C}$ )  
 $Q_i = 1 \cdot (273+65)/(273+20) = 1,155 \text{ m}^3/\text{h}$  ( a  $65^\circ\text{C}$ )
- diametro della tubazione: DN 400 sp= 12,5 mm; de= 419; Di 394 mm:  $A_i = 0,121 \text{ m}^2$
- $\varepsilon/D_i = 0,1/394 = 0,00025$
- portata equivalente ( $Q_e$ ) a:
  - . portata di estremità corrispondente a n.3 calate ( $t=65^\circ\text{C}$ ):  
 $P = 3 \cdot 0,55 / 81 = 0,165 \text{ m}^3/\text{s}$
  - . portata distribuita lungo il percorso:  
 $Q = Q_i - P = 1,155 - 0,165 = 0,99 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_e = 0,55 \cdot Q + P = 0,55 \cdot 0,99 + 0,165 = 0,71 \text{ m}^3/\text{s}$

- lunghezza  $L = 22 \text{ m}$
- $\mu (65^\circ\text{C}) = 0,8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
- $V = 0,71 / 0,121 = 5,87 \text{ m/s}$  ( velocità all'inizio del tratto:  $V_i = 1,155 / 0,121 = 9,54 \text{ m/s}$ )
- $Re = 0,394 \cdot 5,87 / (0,8 \cdot 10^{-6}) = 2,89 \cdot 10^6$
- $\lambda = 0,0142$
- $\gamma_a(65^\circ\text{C}) = 1,04 \text{ kg/m}^3$
- $\Delta H = 0,0142 \cdot (22 / 0,394) \cdot 5,87^2 \cdot (1,04 / (2 \cdot 9,81)) = 1,45 \text{ mm}$

**Perdite accidentali**

**Accidentalità:**

tratto iniziale:  $V = 9,54 \text{ m/s}$ ;  $K = 3$ ;  $\Delta H = 3 \cdot 1,04 \cdot 9,54^2 / 19,6 = 14,5 \text{ mm}$

lungo il tratto:  $V = 5,87 \text{ m/s}$ ;  $K = 11$ ;  $\Delta H = 11 \cdot 1,04 \cdot 5,87^2 / 19,6 = 20 \text{ mm}$

**Totale**

**34,5 mm**

- $\Delta H$  totale tratto DE:  $1 + 34,5 = 35,5$  in tondo 36 mm

**Tratto terminale: n.3 calate**

$$Q = 3 \cdot 0,55 = 0,165 \text{ m}^3/\text{s}$$

Si assume  $D_i = 125 \text{ mm}$   $A_i = 0,0122 \text{ m}^2$

$$V = 0,165 / 0,0122 = 13,52 \text{ m/s}$$

### **Tratto CD**

- portata costante del tratto:

$$Q (65^\circ\text{C}) = 1,155 \cdot 2 = 2,31 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (a } 65^\circ\text{C)}$$

- diametro della tubazione: DN 600 sp= 16 mm;  $D_e = 609,6$ ;  $D_i = 577,6 \text{ mm}$ :  $A_i = 0,261 \text{ m}^2$

$$\epsilon/D_i = 0,1 / 577,6 = 0,00017$$

- lunghezza  $L = 20 \text{ m}$

$$\mu (65^\circ\text{C}) = 0,8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$V = 2,31 / 0,261 = 8,85 \text{ m/s}$$

$$Re = 0,5776 \cdot 8,85 / (0,8 \cdot 10^{-6}) = 6,39 \cdot 10^6$$

$$\lambda = 0,014$$

$$\gamma_a(65^\circ\text{C}) = 1,04 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta H = 0,014 \cdot (21 / 0,5776) \cdot 8,85^2 \cdot (1,04 / (2 \cdot 9,81)) = 2,21 \text{ mm}$$

**Perdite accidentali**

**Accidentalità:**

lungo il tratto:  $V = 8,85 \text{ m/s}$ ;  $K = 2$ ;  $\Delta H = 2 \cdot 1,04 \cdot 8,85^2 / 19,6 = 8,31 \text{ mm}$

- $\Delta H$  totale tratto CD :  $2,21 + 8,31 = 10,52$  in tondo 11 mm

### **Tratto BC**

- portata costante del tratto:

$$Q = 12,993 \cdot (273 + 65) / 273 \text{ m}^3/\text{h} = 4,47 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (a } 65^\circ\text{C)}$$

- diametro della tubazione: DN 600 sp= 16 mm;  $D_e = 609,6$ ;  $D_i = 577,6 \text{ mm}$ :  $A_i = 0,262 \text{ m}^2$

$$\epsilon/D_i = 0,1 / 577,6 = 0,00017$$

- lunghezza  $L = 35 \text{ m}$

$$\mu (65^\circ\text{C}) = 0,8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$V = 4,47 / 0,262 = 17 \text{ m/s}$$

$$Re = 0,5776 \cdot 17 / (0,8 \cdot 10^{-6}) = 12,27 \cdot 10^6$$

$$\lambda = 0,014$$

$$\gamma_a(65^\circ\text{C}) = 1,04 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta H = 0,014 \cdot (35 / 0,5776) \cdot 17^2 \cdot (1,04 / (2 \cdot 9,81)) = 13 \text{ mm}$$

**Perdite accidentali**

**Accidentalità:**

lungo il tratto:  $V = 17 \text{ m/s}$ ;  $K = 9$ ;  $\Delta H = 9 \cdot 1,04 \cdot 17^2 / 19,6 = 138 \text{ mm}$

-  $\Delta H$  totale tratto BC:  $13 + 138 = 151 \text{ mm}$

### Tratto AB collettore

Si considera il caso in cui due compressori siano al servizio di una sola vasca

- portata costante del tratto:

$$Q = 16.086 \text{ m}^3/\text{h} = 4,47 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (a } 65^\circ\text{C)}$$

- diametro della tubazione: DN 800  $s_p = 16 \text{ mm}$ ;  $D_i = 768 \text{ mm}$ ;  $A_i = 0,463 \text{ m}^2$

-  $\varepsilon/D_i = 0,1/768 = 0,00013$

- lunghezza  $L = 10 \text{ m}$

-  $\mu (65^\circ\text{C}) = 0,8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

-  $V = 4,47 / 0,463 = 9,65 \text{ m/s}$

-  $Re = 0,768 \cdot 9,65 / (0,8 \cdot 10^{-6}) = 9,26 \cdot 10^6$

-  $\lambda = 0,0125$

-  $\gamma_a(65^\circ\text{C}) = 1,04 \text{ kg/m}^3$

-  $\Delta H = 0,0125 \cdot (10 / 0,768) \cdot 9,65^2 \cdot (1,04 / (2 \cdot 9,81)) = 0,8 \text{ mm}$

Perdite accidentali

Accidentalità:

lungo il tratto:  $V = 9,65 \text{ m/s}$ ;  $K = 1,5$ ;  $\Delta H = 1,5 \cdot 1,04 \cdot 9,65^2 / 19,6 = 7,41 \text{ mm}$

$\Delta H$  totale del tratto AB:  $0,8 + 7,41 = 8,21$  in tondo  $8 \text{ mm}$

Perdite totali nella rete

- diffusori + calate + battente :	4.000 mm
- tratto DE (DN 400):	36 mm
- tratto CD (DN 400):	11 mm
- tratto BC (DN 600):	151 mm
- tratto AB (DN 800):	8 mm

Totale	4.206 mm
--------	----------

### Prevalenza utile dei compressori

- perdita nella rete:	4.206 mm
- sovrappressione per intasamento membrane:	400 mm

Sommano	4.606 mm
---------	----------

Si assume per la prevalenza dei compressori il valore di  $4.600 \text{ mm c.a.}$

Si evidenzia e si segnala che i calcoli e le determinazioni fatte sono valide per il sistema di ossigenazione a bolle confini con i diffusori a pannelli.

Le risultanze dei calcoli dovranno, quindi, essere verificate in sede di progetto costruttivo dopo che la Stazione Appaltante, aggiudicato l'appalto, avrà provveduto alla validazione dello stesso

## CARATTERISTICHE DEI COMPRESSORI

-Portata complessiva a regime estivo : 25986 Nm<sup>3</sup>/h

-Prevalenza 4.600 mm.c.a. (460 mbar)

Con riferimento alla taglia delle soffianti centrifughe tipo ABS HST dotate di cuscinetti che supportano l'albero con la girante di tipo elettromagnetico atti a contenere la rumorosità di queste macchine in modo che ne sia consentito l'impiego anche nel caso in oggetto dove vi è la presenza di un edificio di civile abitazione posto nelle vicinanze, si considerano:

- n.4 soffianti aventi ciascuna la portata di 8.580 Nm<sup>3</sup>/h con la prevalenza di 4.600 mm.c.a.

Per ognuna di queste macchine si prevede la potenza assorbita di 190 kW.

Delle quattro soffianti tre saranno di funzionamento e la quarta di scorta.

La potenza complessiva in esercizio nelle condizioni di massimo carico sarà quindi di:

$$P = 3 \cdot 190 = 570 \text{ kW}$$

*Si sottolinea che, a parità di taglia e di tipo di soffiante, l'adozione del sistema di diffusione dell'aria con i pannelli "Acquastrip" della ASCO Pompe consente il risparmio di un compressore (4 invece di 5).*

## PREDENITRIFICAZIONE

Periodo estivo :  $T = 24^{\circ}\text{C}$

Fonte di carbonio interno

### Quantità di azoto da denitrificare

- azoto nitrificato:	+61 mg/l
- nitrati nello scarico:	- 8 “
Restano	+ 53 “

Carico di azoto da denitrificare con la portata media diurna  $Q_{md} = 863 \text{ m}^3/\text{h}$

$$Q_{N-NO_3} = 863 * 53 = 45.739 \text{ g/h} = 45,739 \text{ Kg/h}$$

### Velocità di denitrificazione

Premesso che in pratica la velocità di denitrificazione può considerarsi indipendente dalle concentrazioni di nitrati e dal carbonio, visti i bassi valori (0,1 mg/l) delle loro costanti di semisaturazione, fermo restando il fatto che la denitrificazione si arresta in assenza di carbonio, si applica la formula:

$$(VD)_T = (VD)_{20} * 1,12^{(T-20)} \text{ dove :}$$
$$. (VD)_{20} = 3 \text{ g NO}_3\text{-N/kgSSV} * \text{h} = 0,072 \text{ g/g*d}$$

Risulta :

$$(VD)_{24} = 0,072 * 1,12^{(24-20)} = 0,113 \text{ g/g*d} = 0,0047 \text{ g/g*d}$$

### Biomassa batterica necessaria

$$X_D = Q_{N-NO_3} / (VD)_{24} = 45.739 / 0,0047 = 9.731.702 \text{ g} = 9.731,7 \text{ KgSSV}$$

### Coefficiente di sicurezza

Si assume  $FS = 1,7$

### Concentrazione in vasca di denitrificazione

$$C_{a \text{ SSV}} = 3,2 \text{ kg/m}^3$$

$$C_{a \text{ SST}} = 3,2 / 0,8 = 4 \text{ kg/SST/ m}^3$$

### Volume complessivo della vasca di denitrificazione

$$V_D = X_D * FS / C_{a \text{ SSV}} = 9.731,7 * 1,7 / 3,2 = 5.170 \text{ m}^3$$

Si suddivide il volume in:

$$\text{Vasca esistente: } 1.750 \text{ m}^3$$

$$\text{Vasca nuova aggiuntiva: } 3.500 \text{ m}^3$$

$$\text{Totale } 5.250 \text{ m}^3 > 5.170 \text{ m}^3$$

### Consumo di carbonio interno

Dalla formula di Mc Carty trascurata la presenza dei nitriti e dell'ossigeno disciolto si ricava il consumo di 2,57 parti di  $BOD_5$  per parte di  $N-NO_3$  denitrificato.

Il bilancio di  $BOD_5$  teorico é:

$$2,57 * 45.739 - 200 * 863 = - 55.050 \text{ g/h}$$

Il Carbonio interno è sufficiente.

Al riguardo si riporta anche una verifica che è stata compiuta sulla base dei valori dell'azoto e del carbonio registrati nell'impianto di Riccione nell'anno di gestione 2005.

Si considerano in estate i valori medi di giugno che hanno registrato in tutta la stagione estiva i valori massimi per l'azoto in ingresso in sedimentazione primaria.

I valori assunti per la verifica sono :

parametri	liquame in ingresso mg/l	dopo sedimentazione primaria
TKN	69,3	$0,85 * 69,3 = 59$
BOD <sub>5</sub>	265	$0,65 * 265 = 172$

Fonte di carbonio interno

Quantità di azoto da denitrificare

-azoto nitrificato:

$$\begin{aligned}
 & .TKN_0 && +59,0 \text{ mg/l} \\
 & .TKN_s \text{ (sintesi cellulare)} \\
 & \quad 0,05 * (172-15) = && - 7,85 \text{ “} \\
 & .TKN \text{ nello scarico} = && - 1,0 \text{ “}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & && + 50,15 \text{ mg/l} \\
 - \text{ nitrati nello scarico} = &&& - 8,0 \text{ “}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{restano} && + 42,15 \text{ “} \\
 Q_{n-no3 (md)} = 863 * 42,15 = &&& 36,375 \text{ Kg/h}
 \end{aligned}$$

Velocità di denitrificazione

$$(VD)_{24} = 0,0047 \text{ g/g*h}$$

Biomassa denitrificante

$$X_D = 36375 / 0,0047 = 7.739.361 \text{ g SSV} = 7.739,36 \text{ kgSSV}$$

$$FS = 1,7$$

$$V = 5250 \text{ m}^3$$

$$Ca_{SSV} = 7.739,36 / 5.250 = 1,47 \text{ kgSSV /m}^3 \text{ (valore certamente ammissibile)}$$

Bilancio del carbonio

Si adotta il valore pratico di 4 parti di BOD<sub>5</sub> per parte di N-NO<sub>3</sub> rimosso.

Risulta:

$$4 * 36.375 - 172 * 863 < 0 \text{ per cui il carbonio disponibile è superiore a quello consumato.}$$

Non occorre carbonio esterno nelle condizioni considerate.

## **VERIFICA DELLA FASE DI DENITRIFICAZIONE IN CONDIZIONI ESTIVE CON IL PROCEDIMENTO “METCALF & EDDY”**

Si espone il dimensionamento della fase di denitrificazione con il procedimento esposto dal testo specialistico “Metcalf & Eddy” a pag. 733 e seguenti, Edizioni Mc. Graw Hill 2006

### **1) Concentrazione di biomassa in nitrificazione**

$X = (Q \cdot SRT / V) \cdot (Y \cdot (S_0 - S) / (1 + K_D \cdot SRT))$  dove :

$Q = 18.000 \text{ m}^3/\text{g}$

$SRT = 7,43$  giorni ( calcolato in precedenza)

$Y =$  rendimento di sintesi della biomassa pari a  $0,4 \text{ gSSV/g bCOD}$

$K_D = 0,12 \cdot 1,04^4 = 0,14 \text{ gSSV/g N-NH}_4$

$S_0 - S$  circa uguale a  $S_0 =$  concentrazione di bCOD ( COD biodegradabile) che si assume pari a  $360 \text{ mg/l}$

$V = 4.590 \text{ m}^3$  (volume vasca di nitrificazione)

Risulta  $X = (18.000 \cdot 7,43 \cdot 0,4 \cdot 360) / (4.590 \cdot (1 + 0,14 \cdot 7,43)) = 2.056 \text{ g/m}^3$

### **2) Rapporto di ricircolo del mixed liquor**

$IR = NO_x / N_e - 1 - R = 61/8 - 1 - 1,5 = 6,62 - 1,5 = 5,12$

### **3) Portata di nitrati nella vasca anossica**

$Q_{NO_x} = 6,62 \cdot 18.000 \cdot 8 = 953.280 \text{ g/d}$

### **4) Si valuta il rapporto $F/M_b = (\text{carico giornaliero di BOD}_5) / (\text{biomassa presente nella vasca anossica di volume } V = 3.500 \text{ m}^3)$**

$F/M_b = (18.000 \cdot 200) / (3.500 \cdot 2.056) = 0,50 \text{ d}^{-1}$

### **5) Si valuta la velocità specifica di denitrificazione**

$(SDNR)_{24} = (SDNR)_{20} \cdot 1,026^4 = 0,17 \cdot 1,108 = 0,188 \text{ d}^{-1}$

### **6) La portata di nitrati che può essere denitrificata è:**

$NO_x = 3.500 \cdot 0,188 \cdot 2056 = 1.352.848 \text{ g/d} > 953.280 \text{ g/d}$

Risulta che la presenza del bCOD (cioè del carbonio) è sufficiente per le condizioni di carico di azoto considerato.

## VERIFICA DELLA DENITRIFICAZIONE IN CONDIZIONI INVERNALI

Temperatura  $T=12\text{ }^{\circ}\text{C}$

Dati dimensionali:

Azoto da denitrificare

TKN in ingresso: 69 mg/l

TKN allo scarico 1 “

Azoto nitrificato 68 mg/l

Nitrati allo scarico 8 “

Azoto da denitrificare 60 mg/l

Carico di azoto da denitrificare ( $Q_{md}= 305\text{ m}^3/\text{h}$ )

$QN\text{-NO}_3 = 305 \cdot 60 = 18.300\text{ g/h}$

Velocità specifica di denitrificazione

$(VD)_{12} = (VD)_{20} \cdot 1,12^{(12-20)} = 1,2\text{ g N-NO}_3/\text{kg SSv} \cdot \text{h}$

Biomassa necessaria

$X_D = 18.300 / (1,2 \cdot 10^{-3}) = 15.250.000\text{ g}$

Concentrazione in vasca di denitrificazione

$C_{aSSV} = 4\text{ kg/SSV/m}^3$

Volume necessario senza fattore di sicurezza

$V = 15.250.000 / 4.000 = 3.812\text{ m}^3$

Fattore di sicurezza con l'impiego dell'intero volume disponibile

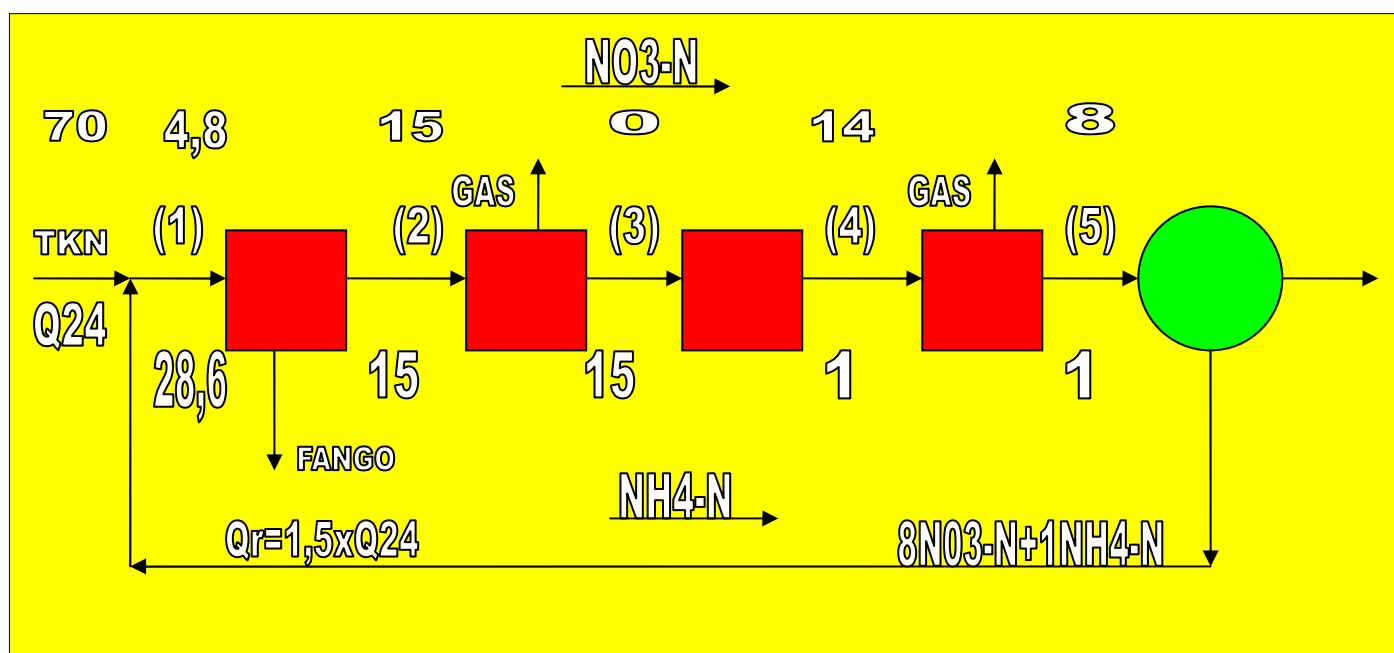
$FS = 5.250 / 3.812 = 1,37$

## CONSIDERAZIONI IN MERITO ALLA PORTATA DI MIXED LIQUOR

I calcoli svolti con il procedimento “Metcalf & Eddy” hanno messo in evidenza la necessità (normalmente considerata) di avere una consistente portata di mixed liquor al fine di trasferire alla vasca di denitrificazione da quella di nitrificazione i nitrati da sottoporre alla denitrificazione.

La pratica di esercizio dell’impianto di Riccione (a tutt’oggi esperita) che, secondo l’esperienza del prof. Vismara è confermata da quella di altri impianti di depurazione delle acque reflue, ha segnalato, però, l’inutilità del trasferimento di queste forti portate di mixed liquor tanto che nell’impianto di Riccione gli impianti di sollevamento del ML, pur esistenti, vengono da tempo mantenuti fermi in quanto ritenuti addirittura dannosi per l’esercizio dell’impianto.

Il prof. Vismara ha spiegato la possibilità di ottenere una adeguata denitrificazione pur in assenza di portata di mixed liquor, ma con una portata di ricircolo del fango pari a 1,5 \*Q<sub>24</sub>, con il seguente schema semplificato che fa riferimento al processo anossico-aerobico ad alimentazione frazionata.



Posizione	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	fango
1	$(1 \cdot 70 + 15 \cdot 1) / 2,5 = 28,6$	$(0 + 1,5 \cdot 8) / 2,5 = 4,8$	
2	15	15	3,4
3	15	0	
4	1	14	
5	1	18	

Il sottoscritto che non ha avuto modo di compiere esperienze al riguardo, prende atto di quanto sperimentalmente provato nell'impianto di depurazione di Riccione e direttamente confermato dal personale tecnico addetto alla conduzione dell'impianto (sig. Angeli) nonché di quanto sostenuto dal prof. Vismara.

Il progetto, quindi, non considera la presenza di un impianto di sollevamento del mixed liquor, che, però, se necessario potrà essere introdotto successivamente.

Sarà invece necessario aumentare la portata di ricircolo del fango fino ad ottenere il valore di almeno 1,5 volte la portata media giornaliera.

Questa portata risulta da :

$R = (1 - \tau / SRT) / ((C_R / C_A) - 1)$  dove :

-  $\tau$  = tempo di residenza idraulica in vasca di ossidazione – nitrificazione =

$V/Q = 6000/750 = 8 \text{ ore} = 0,333 \text{ giorni}$

- SRT età del fango calcolata in 7,43 giorni

-  $C_R$  concentrazione nel ricircolo che si assume pari a 6,6 kg SS/m<sup>3</sup>

-  $C_A$  concentrazione nella vasca di aerazione che si assume pari a 4 kgSS/m<sup>3</sup>

Risulta:  $R = (1 - 0,333/7,43) / (6,6/4 - 1) = 1,5$

## VERIFICA DEL CARICO SUPERFICIALE IN SEDIMENTAZIONE SECONDARIA

Si considerano i dati:

Superficie totale dei sedimentatori al servizio della linea 2: 2.476 m<sup>2</sup>

Portata totale  $Q_{24}+Q_R=750+1.125=1.875$  m<sup>3</sup>

Risulta:

$C_s=1.875*4/2476=3$  kgSS/m<sup>2</sup>\*h accettabile

Dai dati gestionali è stato dedotto il valore di esercizio del Indice del fango (SVI) pari a circa 100ml/g-

Il sig Angeli di Hera , preposto alla direzione della gestione dell'impianto di Riccione, ha informato che ritiene possibile l'aumento della portata di ricircolo del fango fino al valore di 1125 m<sup>3</sup>/h, anche se tale possibilità dovrà essere accertata con prove specifiche di non facile eseguibilità in modo diretto.

Compiute le prove vista l'insufficienza delle coclee esistenti, si è deciso di procedere alla costruzione di un nuovo impianto di sollevamento dei fanghi con pompe sommerse

## **POTENZA DA IMPEGNARE NELLA VASCA ANOSSICA DI DENITRIFICAZIONE PER LA MISCELAZIONE**

Si assume, in prima approssimazione, il dato progettuale relativo alla energia di miscelazione pari  $3 \text{ kW}/1.000 \text{ m}^3$ .

Considerato il volume della nuova vasca di denitrificazione pari a  $3.500 \text{ m}^3$  la potenza impegnata per la miscelazione si valuta in:

$$E_M = 3 * 3.500 / 1000 = 10,5 \text{ kW}$$

Questa potenza che dovrà essere adeguata alle caratteristiche delle macchine esistenti in commercio, si prevede di suddividerla su quattro macchine in modo da tenere conto delle caratteristiche geometriche del manufatto di denitrificazione.

Questo troverà posto nell'area risultante in parte dalla demolizione degli attuali letti di essiccamento in cui sarà localizzato anche il nuovo impianto di trattamento dei materiali estratti dalle caditoie e dalle fosse biologiche che richiederà, altresì, lo spazio necessario per la movimentazione dei mezzi di trasporto nell'area. Per favorire tale movimentazione il manufatto di denitrificazione che comprenderà, per motivi gestionali, due moduli indipendenti, avrà questi due moduli disposti ad angolo.

Ciascuno di questi moduli sarà costituito da una vasca avente le dimensioni in pianta di  $19,5 * 14,3 \text{ m}$  con l'altezza d'acqua di  $6,45 \text{ m}$  a cui corrisponderà il volume d'acqua di  $1798,5 \text{ m}^3$ , quindi si avrà un volume complessivo di  $3.597 \text{ m}^3$ .

Si prevede l'impiego di n.2 miscelatori per modulo e quindi l'impiego complessivo di n. 4 macchine.

Tenuto conto delle macchine commerciali presenti sul mercato si indicano le potenze necessarie :

-Soluzione con n. 4 Mixer tipo ITT Flygt 4640/410/ 083716 SJ o similari equivalenti con elica a tre pale della potenza di  $2,5 \text{ kW}$  cad. ( $4 * 2,5 = 10 \text{ kW}$ ).

## **CONTROLLO DELL'ALCALINITA'**

**Si considera il periodo estivo.**

### **A) Nitrificazione**

- quantità di azoto convertita i nitrati: 61 mg/l**
- alcalinità specifica consumata in nitrificazione: 7,14 g  $\text{CaCO}_3$ /g N- $\text{NH}_4$**
- alcalinità totale consumata:  $7,14 \cdot 61 = 435 \text{ g/m}^3$**

### **B) Denitrificazione**

- quantità di azoto denitrificato:  $61 - 8 = 53 \text{ mg/l}$**
- alcalinità specifica prodotta in denitrificazione: 3,57 g  $\text{CaCO}_3$ /g N- $\text{NO}_x$**
- alcalinità prodotta in denitrificazione:  $3,57 \cdot 53 = 189 \text{ g/m}^3$**

### **C) Alcalinità nell'influente : 300 mg/l**

### **D) Bilancio dell'alcalinità dopo la nitro-denitro**

$$300 + 189 - 435 = + 54 \text{ g } \text{CaCO}_3 / \text{m}^3$$

**Il valore di alcalinità residua è basso; si deve, però, tenere conto dell'esperienza dell'impianto di Riccione che, pur in presenza di una buona nitrificazione, non ha mai dato luogo a significativi abbassamenti del valore del PH.**

**Non si prevedono, pertanto, interventi di correzione dell'alcalinità con l'introduzione di correttivi chimici.**

## DEFOSFATAZIONE

### Dati di dimensionamento

- Portata giornaliera: 18.000 m<sup>3</sup>/giorno
- $Q_{24} = 750 \text{ m}^3/\text{h}$
- $Q_{md} = 975 \text{ m}^3/\text{h}$
- concentrazione media di fosforo in ingresso: 4 mg/l
- carico giornaliero di fosforo: 73 kg/d
- concentrazione ammessa allo scarico:  $\leq 1 \text{ mg/l}$
- fosforo metabolizzato: 0,01 kg P /kg BOD<sub>5</sub> rimosso
- fosforo totale metabolizzato:  $0,01 * (155-15) = 1,4 \text{ mg/l}$
- fosforo residuo:  $4-1-1,4 = 1,6 \text{ mg/l}$

Si considera per l'abbattimento del fosforo la precipitazione chimica con l'impiego del cloruro ferrico immesso nel liquame dopo la sedimentazione primaria secondo la pratica già adottata nell'impianto di Riccione.

Rapporto molare assunto: 1,5 mole di Fe/mole di P

Dosaggio ponderale specifico: 2,71 gFe/g P

Dosaggio ponderale specifico come FeCl<sub>3</sub>: 7,86 g FeCl<sub>3</sub> /g P

Dosaggio ponderale specifico del prodotto al 41% di Fe Cl<sub>3</sub>: 19,18 g di prodotto / g P

Peso specifico della soluzione commerciale: 1,42 kg/l

Dosaggio volumetrico specifico: 13,51 ml/gP

Dosaggio volumetrico giornaliero:  $(13,51/1000) * 1,6 * 18.000 = 389 \text{ l/d}$

Dosaggio medio orario:  $389/24 = 16,2 \text{ l/h}$

Si segnala che l'esame dei dati funzionali dell'anno 2005 hanno evidenziato che il liquame in uscita dall'impianto di RICCIONE non presenta problemi per quanto riguarda il rispetto del limite fissato per il fosforo dalla normativa vigente per le aree sensibili all'eutrofizzazione; il valore del fosforo in uscita ha raggiunto il valore medio di 1,08 mg/l solo nel mese di ottobre dell'anno 2005.

Non si prevedono interventi di tipo impiantistico per l'impianto esistente di dosaggio dei reagenti chimici per la rimozione del fosforo.

## INTERVENTI SULLA LINEA 1 MODULI A-B-C

Periodo estivo:  $T = 24\text{ }^{\circ}\text{C}$

Portate idrauliche

$$Q_{24} = 3 \cdot 150 = 450\text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_p = 1,3 \cdot 450 = 585\text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{md} = (450 + 585) / 2 = 518\text{ m}^3/\text{h}$$

Inquinanti: valgono i dati assunti per la linea 2

### A) FASE DI NITRIFICAZIONE

N.B. Per i dati di progetto non specificati si veda la linea 2.

TKN in ingresso alla denitrificazione

TKN media giornaliera: 69 mg/l

TKN media diurna: 79,4 mg/l

Velocità di nitrificazione

$$(VD)_{24} = 0,055\text{ kgTKN/kgSSN} \cdot \text{h}$$

Velocità di crescita batterica:

$$\mu_N = 0,269\text{ giorni}^{-1}$$

Concentrazione di batteri nitrificanti:

$$f = 0,089$$

Portata media diurna di TKN da nitrificare:

$$61 \cdot 518 / 1000 = 31,6\text{ kg/h}$$

Tempo di residenza cellulare operativo ( $FS = 2$ ):

$$SRT = 7,43\text{ giorni}$$

Carico del fango:

$$C_f = 0,18\text{ kgBOD}_5/\text{kgSS} \cdot \text{d}$$

Biomassa complessiva:

$$X = 10.800 \cdot 0,200 / 0,18 = 12.000\text{ kg SS}$$

Biomassa nitrificante presente:

$$X_{Np} = f \cdot X = 0,089 \cdot 12.000 = 1.068\text{ kgSSN}$$

Biomassa nitrificante necessaria:

$$X_{Nn} = 31,6 / 0,055 = 574 < 1.068\text{ kgSSN}$$

Concentrazione di biomassa in vasca:

Si fissa il valore di SSV pari a  $4,2\text{ kg SSV/m}^3$

Volume della vasca di nitrificazione:

$$V = Q_{24} \cdot S_0 / C_a \cdot C_f = (10.800 \cdot 200 \cdot 10^{-3}) / (4,2 \cdot 0,18) = 2.850\text{ m}^3$$

Essendo la vasca di nitrificazione esistente pari a  $1.300 \cdot 3 = 3.900\text{ m}^3$  si rendono disponibili per la denitrificazione  $3.900 - 2.850 = 1.050\text{ m}^3$

## **B) FASE DI DENITRIFICAZIONE**

**Periodo estivo:  $T = 24\text{ }^{\circ}\text{C}$**

**Fonte di carbonio interno**

**N.B. Per i dati non precisati si veda la linea 2**

**Quantità di azoto da denitrificare:  $53\text{ mg/l}$**

**Carico di azoto da denitrificare:**

$$Q_{n-\text{no}_3} = 518 \cdot 53 = 27450 \text{ g/h} = 27,45 \text{ kg/h}$$

**Velocità di denitrificazione:**

$$(VD)_{24} = 0,113 \text{ g/g} \cdot \text{d} = 0,0047 \text{ g/g} \cdot \text{h}$$

**Biomassa batterica necessaria:**

$$X_D = 27,45 / 0,0047 = 5.840,42 \text{ kgSSV}$$

**Coefficiente di sicurezza:**

$$FS = 1,7$$

**Concentrazione in vasca di denitrificazione:**

$$C_{a\text{SSV}} = 3,2 \text{ kgSSV/m}^3$$

$$C_{a\text{SST}} = 4 \text{ kgSST/m}^3$$

**Volume complessivo della vasca denitro:**

$$V_d = 5.840,42 \cdot 1,7 / 3,2 = 3.102 \text{ m}^3$$

**Il volume disponibile è  $V_{di} = 3 \cdot 700 + 1.050 = 3.150 > 3.102 \text{ m}^3$**

**Il volume esistente complessivo delle vasche di denitrificazione e nitrificazione si divide come segue:**

**- vasca di denitrificazione:  $3.150 \text{ m}^3 > 3.102 \text{ m}^3$**

**- vasca di nitrificazione:  $2850 \text{ m}^3$  pari al valore calcolato**

**- altezza d'acqua:  $4,95 \text{ m}$**

## FABBISOGNO D'OSSIGENO NEI MODULI A,B,C

Si considerano i dati:

- portata giornaliera: 10.800 m<sup>3</sup>/giorno

- volume della vasca: 2.850 m<sup>3</sup>

- concentrazione di biomassa: 4,2 kg SS/ m<sup>3</sup>

AOR = a\*BOD5 eliminato+b\* peso fanghi+c\* azoto nitrificato

dove:

a= 0,5; b= 0,138; c= 4,6

BOD5 eliminato= (200-15) \*10.800/1.000= 1.998 kg/d

Peso fanghi: 4,2\* 2.850= 11.970 kg

Azoto nitrificato : 61\* 10.800/1.000= 658,8 kg/d

AOR = 0,5\*1.998+0,138\*11.970+4,6\*658,8= 5.681 kg/d= 236,73 kg/h

Coefficiente di punta ; 1,5

AOR p= 1,5 \*236,73 = 355 kg/h

K= AORp/SORp= ( 1,024)<sup>(T-20)</sup>\*0,6\*(0,98\*Csat20\*CsurfT/ 9,07-2)/Csat20 dove:

Csat 20 = 9,07

CsurfT= 8,4

Sostituendo si ha: K= 0,45

Risulta:

SORp= AORp/k= 355/0,45= 789 kg/h di ossigeno pari a 789/ 0,298 = 2.648 Nm<sup>3</sup>/h di aria

Rendimento dei diffusori (SOTE): 0,325 con battente effettivo di 4,85 m

Portata di aria complessiva sulle tre vasche di denitrificazione:

2.648/ 0,325= 8.148 Nm<sup>3</sup>/h che si suddivide sulle tre vasche ( QN(vasca)= 2.716 Nm<sup>3</sup>/h)

Il fabbisogno di aria tenendo conto anche della linea 1 ampliamento a cui si attribuisce una portata d'aria pari a quella di ogni modulo della linea 1 è: 8.148\* 4/3= 10.864 Nm<sup>3</sup>/h compatibile, sulla base delle informazioni assunte, con la potenzialità della centrale di compressione esistente.

### NOTA CONCLUSIVA PER LA LINEA 1

Tutte le considerazioni precedentemente fatte per la linea n.2 (si vedano Mixed Liquor, alcalinità, carbonio interno) valgono anche per la linea 1.

Per la riduzione del volume della vasca di nitrificazione a favore della capacità della vasca di denitrificazione, si provvederà con lo spostamento verso le vasche di nitrificazione delle pareti metalliche esistenti di separazione , riducendo previa verifica della fase di ossidazione, la rete di distribuzione dell'aria immessa con il sistema di bolle fini.

Si prevede la totale sostituzione delle pareti di divisione fra le vasche di denitrificazione da quelle di nitrificazione ed il rifacimento del tappeto di immissione dell'aria necessaria per l'ossigenazione in nitrificazione a mezzo di bolle fini.

Per la produzione dell'aria compressa ci si avvarrà della centrale di compressione dell'aria esistente presso l'impianto ed al servizio della linea 1.

Verifica della rete esistente di distribuzione dell'aria tendo conto del fatto che, pur ricostruendo le tubazioni in acciaio ormai ammalorate, si mantengono le apparecchiature esistenti quali valvole di intercettazione e di regolazione.

Si considerano i dati per modulo:

- battente idrici effettivo: 4,85 m

- pannelli alimentati: n. 75 tipo T3,5 EU 180

- portata di aria a 0°C: 2716 Nm<sup>3</sup>/h

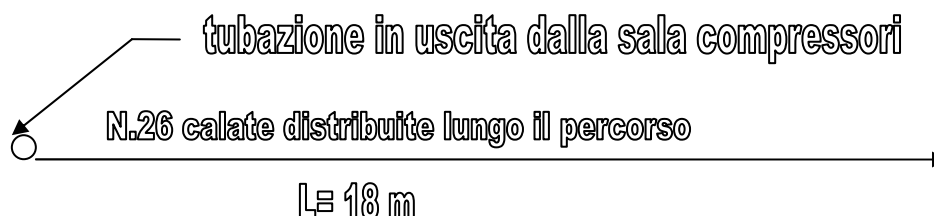
- portata di aria a 20°C: 2915 Sm<sup>3</sup>/h
- portata d'aria a 65 °C: 3362 m<sup>3</sup>/h
- ΔP totale sistema ( diffusore, calata , battente): 560-570 mbar
- Δtotale cautelativo: 600 mbar

Numero calate: 26

Portata di ogni calata a 65°C:  $Q_c = 3362 / 26 = 129,3 \text{ m}^3/\text{h} = 0,036 \text{ m}^3/\text{s}$

Portata di ingresso a 65°C:  $Q_i = 26 * 0,036 = 0,936 \text{ m}^3/\text{s}$

Schema di riferimento:



Tubazione DN 300;  $D_e = 323,9$ ;  $s_p = 10 \text{ mm}$   $D_i = 303,9 \text{ mm}$ ;  $A_i = 0,0725 \text{ m}^2$

$V_i = 0,936 / 0,0725 = 12,9 \text{ m/s}$

Portata equivalente di estremità:  $Q_e = 0,55 * 0,936 = 0,51 \text{ m}^3/\text{s}$

$\epsilon/D_i = 0,1/303,9 = 0,00033$

$\mu(65^\circ\text{C}) = 0,8 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

$V_e = 0,51 / 0,0725 = 7,03 \text{ m/s}$

$Re = 0,3039 * 7,03 / 0,8 * 10^{-6} = 2,67 * 10^6$

$\lambda = 0,0145$

$\gamma_a(65^\circ\text{C}) = 1,04 \text{ kg/m}^3$

$\Delta H = 0,0145 * (18/0,3039) * 7,03^2 * 1,04 / 19,61 = 2,25 \text{ mm}$

Accidentalità:

Nella rete:  $K = 26 * 0,5 = 13$  con  $V = 7,03 \text{ m/s}$ ;  $\Delta H = 13 * 1,04 * 7,03^2 / 19,61 = 34 \text{ mm}$

Valvola di sezionamento in ingresso DN 300  $V_i = 12,9 \text{ m/s}$  ;  $K = 1$ ;

$\Delta H = 1 * 1,04 * 12,9^2 / 19,61 = 8,8 \text{ mm}$

Valvola di regolazione DN 200;  $K = 3$ :  $\Delta H = 3 * 1,04 * 12,9^2 / 19,61 = 26,4 \text{ mm}$

Misuratore di portata:  $\Delta H = 200 \text{ mm}$

Totale rete:  $2,25 + 34 + 8,8 + 26,4 + 200 = 271,45$  in tondo 271,0 mm

Perdite totali per l'alimentazione della vasca a partire dalla tubazione di derivazione:

Dalla tubazione di uscita dalla sala compressori

- diffusori +calate + battente: 6.000 mm

- rete: 271 "

- sovrappressione per intasamento membrane : 400 mm

Totale 6.671 mm

Perdita aggiuntiva per moduli più distanti dalla sala di compressione

Tubazione comune: DN 600;  $A_i = 0,2826$

Lunghezza:  $L = 33 \text{ m}$

Portata a 65°C:  $2 * 0,936 = 1,87 \text{ m}^3/\text{s}$

$V = 1,87 / 0,2826 = 6,62 \text{ m/s}$

$\epsilon/D_i = 0,1 / 600 = 0,00016$

$\mu(65^\circ\text{C}) = 0,8 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

$$Re = 0,600 * 6,62 / 0,8 * 10^{-6} = 4,97 * 10^6$$

$$\lambda = 0,0125$$

$$\gamma_a(65^\circ C) = 1,04 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta H = 0,0125 * (33/0,600) * 6,62^2 * 1,04 / 19,61 = 1,6 \text{ mm}$$

Accidentalità:

$$\text{Nella rete: } K = 3 ; \Delta H = 3 * 1,04 * 6,62^2 / 19,61 = 7 \text{ mm}$$

Totale : in tondo 9 mm

Perdita complessiva della rete di distribuzione a partire dalla tubazione comune di uscita dalla sala di compressione:  $6.671 + 9 = 6.680 \text{ mm}$

## LINEA 1 AMPLIAMENTO

Le condizioni strutturali di questa linea non consentono di intervenire con le ristrutturazioni previste per i moduli A,B,C della linea 1 precedentemente considerata.

Questa linea non potrà ,quindi,essere potenziata per quanto riguarda la denitrificazione e ciò in accordo con le proposte di intervento fatte dal prof.Vismara nel suo studio propedeutico alla presente progettazione.

## IDRAULICA

### Precisazione

Tutte le calcolazioni ed i dimensionamenti contenuti nella relazione tecnica generale (sia quelli esposti in precedenza per quanto riguarda il trattamento delle acque ed il trasporto dell'aria compressa sia quelli che seguono inerenti al trasporto dei liquami) dovranno essere verificati prima dell'inizio dei lavori da parte della ditta appaltatrice sulla base delle effettive prestazioni delle marche delle apparecchiature scelte. Le verifiche dovranno essere trasmesse alla ditta committente ed alla direzione dei lavori per la dovuta approvazione.

### **A) TRASPORTO DEL LIQUAME ALLA LINEA 2**

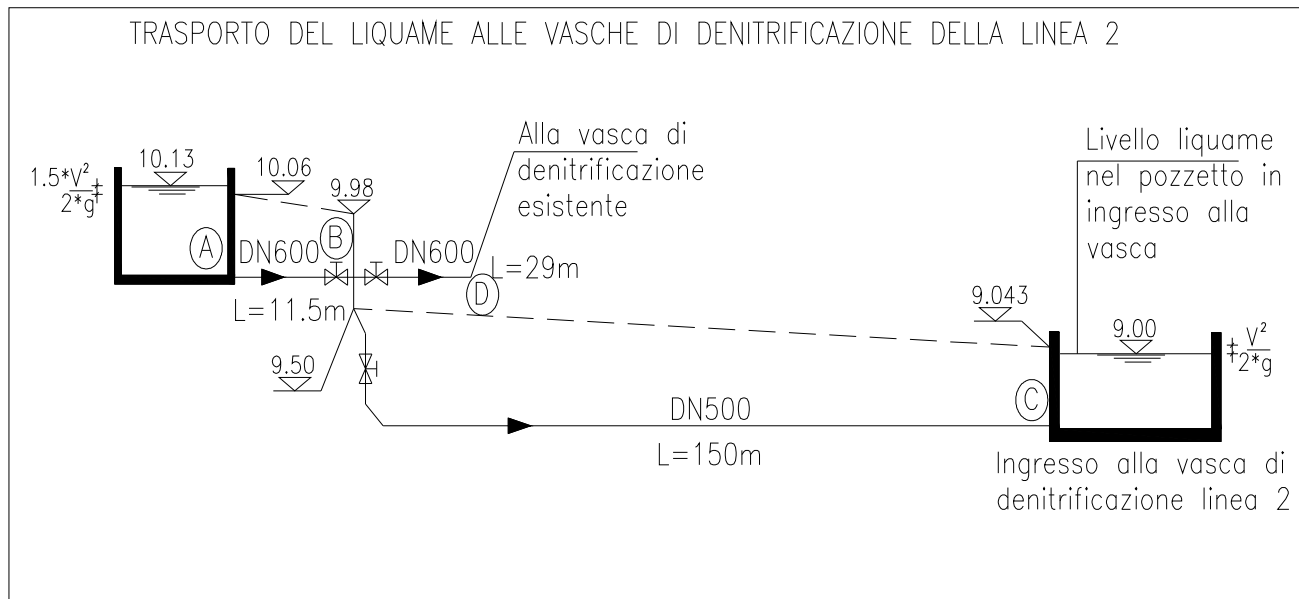
#### **Portate**

- portata di punta:  $Q_p = 975 \text{ m}^3/\text{h} = 0,270 \text{ m}^3/\text{s}$
- portata media:  $Q_{24} = 750 \text{ m}^3/\text{h} = 0,208 \text{ m}^3/\text{s}$

#### **Ripartizione delle portate :**

- 2/3 alla vasca denitro nuova:  $Q_{pn} = (2/3) * 0,270 = 0,180 \text{ m}^3/\text{s}$
- 1/3 alla vasca denitro esistente:  $Q_{pe} = (1/3) * 0,270 = 0,09 \text{ m}^3/\text{s}$
- Quota piezometrica dell'acqua in uscita dalla sedimentazione primaria : 10,13 m come rilevato da Rimini Misure a sezione piena

### **SCHEMA DI RIFERIMENTO**



### **1° Tratto: Dalla presa alla diramazione per l'alimentazione delle due vasche (Tratto A-B)**

DN 600 in acciaio esistente

$$A = 0,2826 \text{ m}^2$$

$$L = 11,3 \text{ m}$$

$$Q_p = 0,270 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_p = 0,270 / 0,2826 = 0,96 \text{ m/s}$$

$$V_p^2/2 \cdot 9,81 = 0,047 \text{ m}$$

- perdita di carico lineare

Coolebrook –coeff. raddoppiato con semplice bitumatura interna

$$J = 2,4 \text{ m/km}$$

$$\Delta P_l = 2,4 \cdot 11,3/1000 = 0,027 \text{ m}$$

Accidentalità

$$\cdot \text{imbocco : } 0,5$$

$$\cdot \text{derivazione diritta : } 0,5$$

$$\cdot \text{valvolame : } 0,5$$

$$\text{totale } 1,5$$

$$\Delta P_{acc.} = 1,5 \cdot 0,047 = 0,07 \text{ m}$$

$$\text{Risulta } \Delta P_{tot} + V^2/2g = 0,027 + 0,07 + 0,047 = 0,144$$

$$\text{Altezza d'acqua: } 10,13 - 0,144 = 9,98 \text{ m}$$

$$\text{Energia totale rispetto al fondo: } H = 0,6 - 0,144 + 0,047 = 0,503 \text{ m}$$

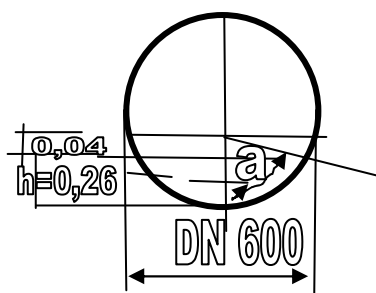
$$\text{Quota dell'energia totale: } 10,13 - 0,144 + 0,047 = 10,033 \text{ m}$$

Verifica di possibilità di portata nella diramazione B-D

Portata da trasferire:  $Q = 90 \text{ l/s}$

Lunghezza 29 m

Si considera la luce a stramazzo circolare DN 600 nell'estremità



$$Q = m \cdot D^{5/2} \cdot (10,12 \cdot r^{1,975} - 2,66 \cdot r^{3,780}) \text{ (l/sec) dove:}$$

-D diametro del foro(dm)

- h= carico(dm)

-  $r = h/D$

-  $m = c \cdot r^{-0,03}$  dove c è tabellata in funzione di D: per D=6 dm c= 0,56

Si vuole ottenere la portata  $Q = 90 \text{ l/s}$

Si pone  $h = 0,26 \text{ m} = 2,6 \text{ dm}$

$$r = 2,6/6 = 0,433$$

$$r^{1,975} = 0,191$$

$$r^{3,780} = 0,042$$

$$D^{5/2} = 88,18$$

$$m = 0,56 \cdot 0,433^{-0,03} = 0,574$$

$$Q = 0,574 \cdot 88,18 \cdot (10,12 \cdot 0,191 - 2,66 \cdot 0,042) = 92,18 \text{ l/s circa} = 90 \text{ l/s}$$

$$\cos a = 0,02/0,3 = 0,0666; a = 86,18^\circ$$

$$\text{Area della sezione bagnata: } 0,129 \text{ m}^2$$

$$\text{Perimetro bagnato: } 0,9 \text{ m}$$

$$R = 0,129/0,9 = 0,14$$

$$V = 0,09/0,129 = 0,7 \text{ m/sec; } V^2/2 \cdot 9,81 = 0,025$$

$$X = c \cdot R^{1/6} = 51,88$$

$$i = V^2/(X^2 \cdot R) = 1,3 \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta P_l = 1,3 \cdot 10^{-3} \cdot 29 = 0,038 \text{ m}$$

accidentalità: diramazione =	1
saracinesca=	0,5
curva=	1,0
	<hr/>
	2,5

$$\Delta P_{acc} = 2,5 * 0,025 = 0,063 \text{ m}$$

$$\Delta P_{totale} = 0,038 + 0,063 = 0,101 \text{ m}$$

Energia totale dell'acqua necessaria in B rispetto al fondo:

$$h + v^2/2g + \Delta P_{totale} = 0,26 + 0,025 + 0,101 = 0,386 \text{ m}$$

Si confronta questo valore con il valore dell'energia totale rispetto al fondo dopo il tratto AB già calcolata e pari a 0,503 m; (quota circa 10,00 m): si conclude che la portata può essere trasferita con un profilo di rigurgito.

## **2° Tratto: Diramazione( tratto B-C) per l'alimentazione delle vasche di denitrificazione nuove**

DN 500 in ghisa sferoidale

$$L = 150 \text{ m}$$

$$Q_p = 0,180 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$K = 0,1 \text{ mm}$$

$$i = 1,37 \text{ m/km}$$

$$V_p = 0,92 \text{ m/s}$$

$$V_p^2/2 * 9,81 = 0,043 \text{ m}$$

- perdita di carico lineare

$$\Delta P_l = 1,37 * 150 / 1.000 = 0,2055 \text{ m}$$

Accidentalità

. derivazione a T:	1,5
. valvolame :	0,5
. curve a 90° n.6*0,5=	<u>3,0</u>
totale	5,0

$$\Delta P_{acc.} = 5 * 0,043 = 0,215 \text{ m}$$

$\Delta P$  misuratore di portata DN 400: 11 mm

$$\Delta P_t = 0,2055 + 0,215 + 0,011 = 0,43 \text{ m}$$

Quota totale necessaria per il trasferimento della portata:

- quota geodetica :	9,00 m
- $\Delta P_t$ :	0,43 m
- $V_p^2/2 * 9,81$ :	<u>0,043 m</u>
	9,473 m in tondo 9,50 m

Essendo la quota dell'energia totale disponibile pari a circa 10,0 m maggiore della quota di 9,50 m, nel primo tratto la tubazione funzionerà a pelo libero ( a canaletta) fino a raggiungere la quota necessaria.

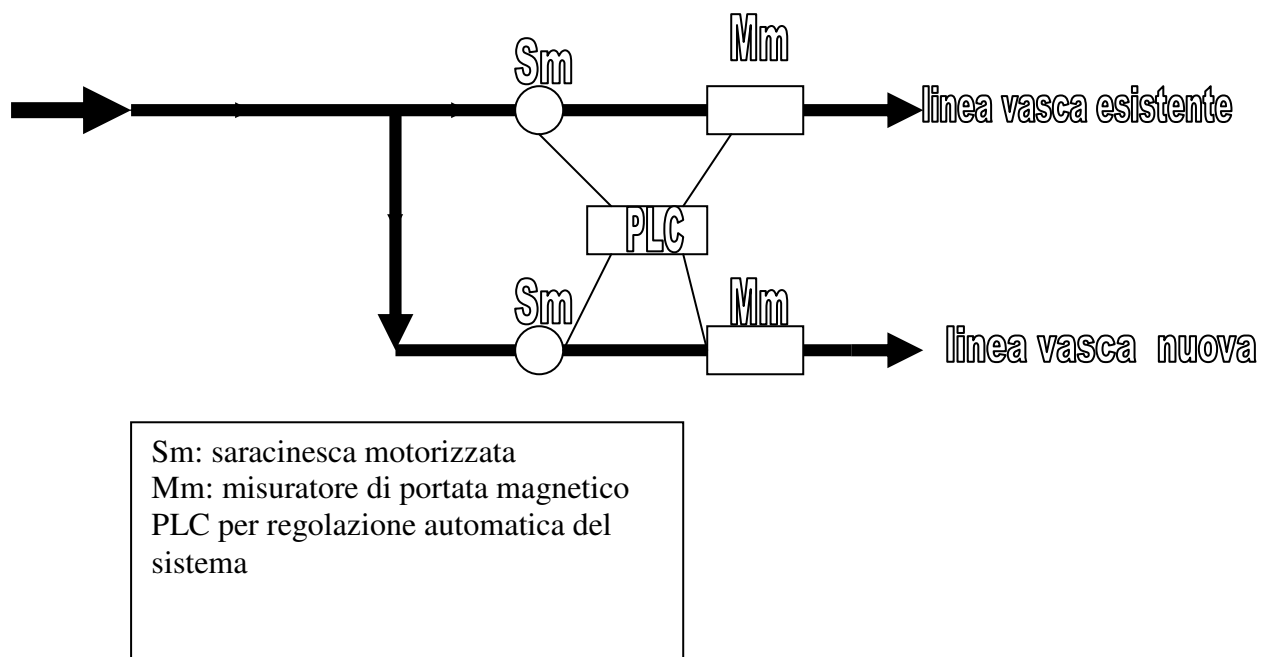
## Regolazione della suddivisione delle portate fra le due linee di alimentazione del liquame

La portata del liquame in ingresso è previsto che possa essere suddivisa anche in modo diverso da quello nominale pari a 1/3 sulla vasca dentro esistente e 2/3 sulla vasca dentro nuova.

Allo scopo sono previste le seguenti apparecchiature:

- misuratori di portata magnetici sulle due diramazioni con l'avvertenza che il misuratore sulla diramazione al servizio della vasca dentro esistente sarà a riempimento parziale mentre quello sulla vasca nuova sarà a riempimento totale. Si precisa che tali misuratori saranno addetti anche alla regolazione del sistema di trasporto del fango di ricircolo ( vedi di seguito)
- saracinesche motorizzate con attuatore di tipo proporzionale sulle due linee di alimentazione
- regolatore dotato di PLC

### Schema di riferimento



I misuratori di portata trasmettono il valore misurato al PLC che ne redige la somma.

Il totale viene suddiviso nei rapporti prefissati ( ma variabili a seconda delle esigenze di gestione) in modo che siano comandati gli attuatori delle saracinesche motorizzate al fine di ottenere la suddivisione delle portate di alimentazione del liquame secondo i rapporti prefissati.

### ***B ) Ristrutturazione e potenziamento del sistema di trasporto del fango di ricircolo***

Il sistema di trasporto del fango di ricircolo attualmente affidato a delle coclee di vecchia costruzione che dovrebbero essere sostituite per vetustà, deve, altresì, essere potenziato per fare fronte alle nuove esigenze di denitrificazione.

L'intervento di ristrutturazione prevede la costruzione di un nuovo impianto di sollevamento affidato a delle elettropompe sommerse organizzato in modo che, un gruppo di due, sia adibito al trasporto del fango alla nuova vasca di denitrificazione e, l'altro pure costituito da due pompe, sia dedicato al trasporto del fango alla vecchia vasca di denitrificazione esistente.

I dati di dimensionamento sono:

$$\text{Portata} = 1,5Q_{24} = 1,5 * 0,208 = 0,312 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ripartizione delle portate

- alla vasca denitro nuova:  $2/3 * 0,312 = 0,208 \text{ m}^3/\text{s}$

- alla vasca denitro esistente:  $1/3 * 0,312 = 0,104 \text{ m}^3/\text{s}$

### **Determinazione della quota geodetica dell'acqua nel pozzetto di prelievo.**

Per la determinazione della quota dell'acqua nel pozzetto di sollevamento si determina la perdita di quota che l'acqua subisce nel trasferimento dal sedimentatore più lontano al pozzetto stesso.

Si tiene conto che ,oltre al fango di ricircolo, viene trasferito anche il fango di supero la cui portata viene così determinata:

- concentrazione delle SS in vasca di ossidazione:  $C_A = 4 \text{ kgSS}/\text{m}^3$

- portata liquame:  $0,208 \text{ m}^3/\text{s}$

- rapporto di ricircolo:  $r = 1,5$

- la concentrazione di SS nel fango di ricircolo risulta:  $C_R = (1+r) * C_A / r = (1+1,5) * 4 / 1,5 = 6,66 \text{ kgSS}/\text{m}^3$

Si considerano i valori:

Carico del fango:  $0,18 \text{ kg}_{\text{BOD}_5}/\text{kgSS} * \text{giorno}$

Età del fango (SRT):  $7,43 \text{ giorni}$

$\text{BOD}_5$  abbattuto:  $\Delta F = 3.330 \text{ kg}/\text{giorno}$

Volume complessivo della vasca di ossidazione:  $2 * 2.295 = 4.590 \text{ m}^3$

$$\text{MSSV}/\text{MSST} = 0,7$$

$$\text{MSSV} = 0,7 + 4 + 4.590 = 12.852 \text{ kg}$$

Produzione di fango di supero:

$$\Delta X_{\text{SSV}} = a * \Delta F - b * \text{MSSV} \text{ con :}$$

$$a = 0,7 \text{ kgSSV}/\text{kg}$$

$$b = 0,075 \text{ giorni}^{-1}$$

$$\Delta X_{\text{SSV}} = 0,7 * 3.330 - 0,075 * 12.852 = 1.367 \text{ kgSSV}/\text{giorno} = 1.367 / 0,7 = 1952 \text{ kgSST}/\text{giorno}$$

$$\text{Portata liquida: } Q_S = 1952 / 6,66 = 293 \text{ m}^3/\text{giorno} = 3,40 \text{ l/s}$$

Per tenere conto della portata di supero si considera che la portata estratta dai sedimentatori secondari è superiore a quella di ricircolo del 5 % ossia  $Q_S = 0,312 * 1,05 = 0,330 \text{ l/s}$ .

La portata si ripartisce sui sedimentatori proporzionalmente alla loro superficie come segue:

sedimentatore	Diametro m	Superficie m <sup>2</sup>	quota di incidenza della superficie	portata estratta m <sup>3</sup> /s
n.4 lato Rimini	28	615	0,272	$0,330 * 0,272 = 0,092$
n.3 lato Rimini	28	615	0,272	0,092
n.2 lato Riccione	25	490	0,220	$0,330 * 0,220 = 0,073$
n.1 lato Riccione	25	490	0,220	0,073
totale		2210		0,330

Si considera il trasferimento della portata di fango dal sedimentatore n. 4 che è il più lontano dal pozzetto di sollevamento:

Tubazione in acciaio DN 350

$$A = 3,14 * 0,350^2 / 4 = 0,096 \text{ m}^2$$

$$L = 90 \text{ m}$$

$$V = 0,092 / 0,096 = 0,96 \text{ ms}$$

$$\Delta P_{\text{imbocco}} = 1,5 V^2 / 2 * g = 1,5 * (0,96^2) / 2 * 9,81 = 1,5 * 0,047 = 0,0705 \text{ m}$$

$$\text{Accidentalità: (K=5)} \Delta P_{\text{Acc}} = 5 * 0,047 = 0,2350 \text{ m}$$

---

$$0,3155 \text{ m}$$

#### PERDITE LINEARI

Si adotta il valore con coefficiente raddoppiato per vetustà di 5 m/km

$$\text{Risulta: } \Delta P_{\text{lineari}} = 90 * 5 / 1000 = 0,45 \text{ m}$$

$$\text{Perita totale } \Delta P = 0,45 + 0,3055 = 0,7555 \text{ m in tondo } 0,80 \text{ m}$$

Si evidenzia che prove eseguite direttamente in loco dal gestore dell'impianto sig. Soldati hanno permesso di misurare la perdita di carico del sedimentatore suddetto con la portata di  $0,087 \text{ m}^3/\text{s} = 313 \text{ m}^3/\text{h}$  in 0,77 m molto vicina a quella di verifica.

La quota dell'acqua nel pozzetto di sollevamento si assume, quindi, più bassa di quella presente nei sedimentatori di 0,8 m nelle condizioni di funzionamento a regime a pieno carico nominale.

#### PERDITE DI CARICO NELLE RETI DI TRASPORTO DEL FANGO DI RICIRCOLO

##### A) Alimentazione della vasca di denitrificazione nuova

Si considera la tubazione in PEAD PE 100 SDR 17 già installata nel suo tracciato principale ma da raccordare al pozzetto di sollevamento.

Si considerano i dati:

$$- D_e = 560 \text{ m}$$

$$- D_i = 493,6 \text{ m}$$

$$- A = 0,190 \text{ m}^2$$

$$- V = 0,210 / 0,190 = 1,1 \text{ m/s}$$

$$- L = 160 \text{ m}$$

##### 1.1 Collegamento pompa collettore

$$\text{Tubazione in acciaio inox DN 500 -10S } A = 3,14 * 0,417^2 / 4 = 0,193 \text{ m}^2$$

$$V = 0,210 / 0,193 = 1,09 \text{ m/s}$$

Accidentalità

$$- \text{riduzione: } 0,5$$

$$- \text{curva } 0,5$$

$$- \text{saracinesca: } 0,5$$

$$- \text{valvola di ritegno: } 1,5$$

$$- \text{attacco collettore: } 2,0$$

$$\text{Totale } K = 5,0$$

$$\Delta P_{\text{Acc}} = 5 * 1,09^2 / 19,62 = 0,3 \text{ m}$$

Perdite lineari

$$L = 5 \text{ m}$$

$$I = 2,1 \text{ m/km}$$

$$\Delta P_{\text{lineari}} = 5 * 2,1 / 1000 = 0,015 \text{ m}$$

$$\text{Totale collegamento: } \Delta P_{\text{totale}} = 0,015 + 0,3 = 0,315 \text{ m}$$

## 1.2 Tubazione di mandata

$$i = 2,65 \text{ m/km}$$

$$\Delta P_{\text{lineari}} = 160 * 2,65 / 1000 = 0,424 \text{ m}$$

$$\text{Accidentalità } K = 12$$

$$\Delta P_{\text{Acc}} = 12 * 1,1^2 / 19,62 = 0,72 \text{ m}$$

Misuratore di portata

DN 300

$$d/D = 0,3/0,5 = 0,6$$

$$\Delta P = 0,07 \text{ m}$$

$$\text{Perdita di carico totale nella tubazione di mandata: } 0,72 + 0,07 = 0,79 \text{ m}$$

Perita di carico totale

$$\Delta P_{\text{totale}} = 0,79 + 0,424 = 1,214 \text{ m}$$

Prevalenza della pompa nelle condizioni considerate

$$\text{- altezza geodetica : in tondo } 3,0 \text{ m}$$

$$\text{- perite di carico: } 1,214 \text{ m}$$

$$\text{totale } (0,315 + 3,0 + 1,214) = 4,529 \text{ m}$$

$$\text{Si assume: } H = 5,0 \text{ m}$$

## B) Alimentazione della vasca di denitrificazione esistente

$$\text{- portata } 0,105 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{- tubazione DN 450 (De= 457mm) acciaio inox AISI 404 s= 4,78 mm ;}$$

$$D_i 457 - = 447,44 \text{ mm;}$$

$$A_i = 0,157 \text{ m}^2$$

$$\text{- } V = 0,67 \text{ m/s}$$

$$\text{- } L = 45 \text{ m}$$

$$\text{- } i = 3 \text{ m/km}$$

$$\text{- accidentalità: } K = 8$$

$$\Delta P_{\text{lineari}} = 3 * 45 / 1000 = 0,135 \text{ m}$$

$$\Delta P_{\text{Acc}} = 8 * 0,85^2 / 19,62 = 0,294 \text{ m}$$

Misuratore di portata

$$\text{DN 200 } \Delta P = 0,070 \text{ m}$$

---

$$\text{Totale } 0,499 \text{ m}$$

$$\text{Altezza geodetica: } 4,100 \text{ m}$$

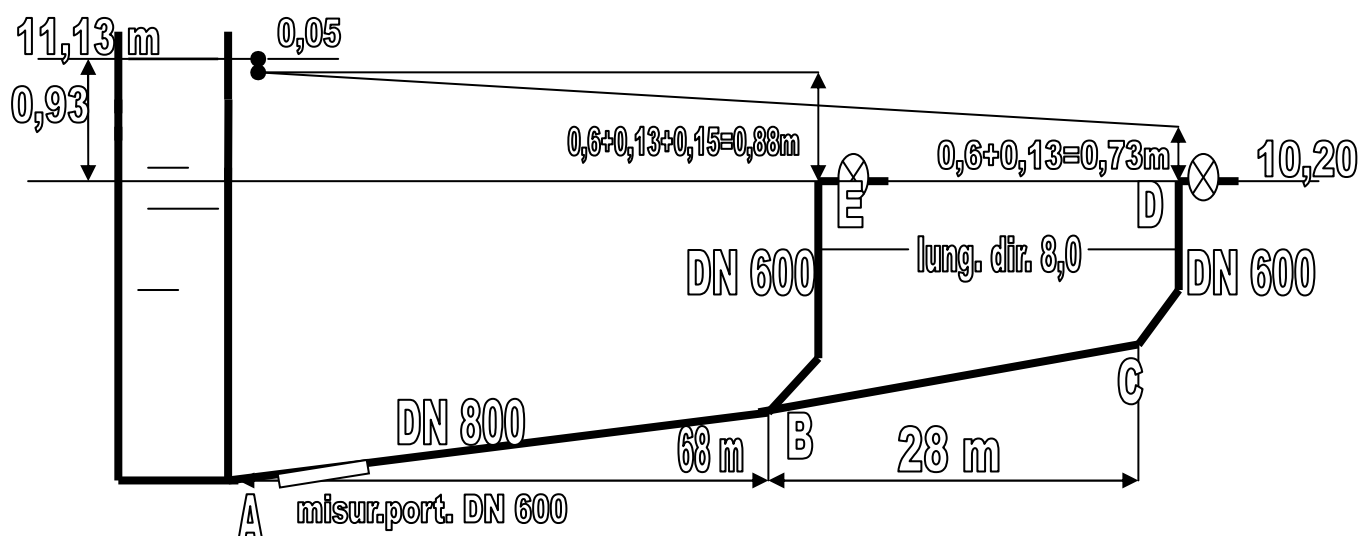
---

$$\text{Sommano } 4,599 \text{ m}$$

$$\text{Si assume : } H = 5,00 \text{ m}$$

**TRASPORTO A GRAVITA' DELLA MISCELA FANGO LIQUAME DALLA VASCA DI DENITRIFICAZIONE NUOVA ALLE DUE VASCHE DI OSSIDAZIONE - NITRIFICAZIONE**

**SCHEMA DI RIFERIMENTO**



**Portate da trasferire**

Estate	portata massima m <sup>3</sup> /s	portata minima m <sup>3</sup> /s
liquame	0,180	0,140
fango	0,208	0,208
totale	0,388	0,348

inverno	portata massima m <sup>3</sup> /s	portata minima m <sup>3</sup> /s
liquame	0,133	0,100
fango	0,150	0,150
totale	0,283	0,250

**Caso di funzionamento di una sola vasca (50 %):**

portata massima:  $0,388/2 = 0,194 \text{ m}^3/\text{s}$

portata minima:  $0,348/2 = 0,174 \text{ m}^3/\text{s}$

Le pompe adottate per alimentare il torrino di partenza della condotta a gravità devono avere portata variabile ( tramite inverter) da:

-estate:  $Q \text{ massima} = 0,4 \text{ m}^3/\text{s}$

-inverno:  $Q \text{ minima} = 0,174 \text{ m}^3/\text{s}$  per funzionamento della vasca al 50%

### Verifica con la portata massima

#### TRATTO AB

L= 68 m

Q<sub>mass</sub>= 0,4 m<sup>3</sup>/s

DN 800 GS

K= 0,1 mm

ΔP/L= 0,6 m/km

V= 0,8m/s

V<sup>2</sup>/2g= 0,033 m

Imbocco: 1,5 V<sup>2</sup>/2g = 0,05 m

ΔP= 0,6\*68/1000= 0,041 m

ΔP acc.: (k=3): 3\*0,033= 0,10 m

Misuratore di portata (DN 600 ): 0,01 m

Perdita totale: 0,041+0,1+0,01= 0,15 m

#### TRATTO BCD

L= 28+8=36 m

DN 600

Q<sub>mass</sub>: 0,2 m<sup>3</sup>/s

K= 0,1 mm

ΔP/L= 0,67 m/km

V= 0,71m/s

V<sup>2</sup>/2g= 0,026 m

ΔP= 0,67\*36/1000= 0,024 m

ΔP acc.: (k=4,0): 4,0\*0,026= 0,104m

Perdita totale: 0,024+0,104= 0,13 m

#### TRATTO BE

L=8,0 m

K= 0,1 mm

ΔP/L= 0,67 m/km

V= 0,71m/s

V<sup>2</sup>/2g= 0,026 m

ΔP= 0,67\*8/1000= 0,005 m

ΔP acc.: (k=4,5) : 4,5\*0,026= 0,117 m

Perdita totale: 0,005+0,117= 0,15 m

Le quote piezometriche sono riportate sullo schema di riferimento.

La quota di sollevamento dell'acqua dal pozzetto di uscita della vasca di denitrificazione nuova al torrino di alimentazione del sistema a gravità dovrà essere almeno di (10,2+0,88+0,05 )= 11,13 m

## LUCI A STRAMAZZO LIBERO DI INGRESSO AI DUE MODULI DELLA NUOVA VASCA DI DENITRIFICAZIONE

Portata di ingresso alla vasca

- liquame:  $0,180 \text{ m}^3/\text{s}$

- fango:  $0,208 \text{ m}^3/\text{s}$

totale  $0,388 \text{ m}^3/\text{s}$  in tondo  $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$

Si divide la portata sui due moduli:  $Q/2 = 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$

Stramazzo in parete grossa:  $0,2 = 0,37 * b * h * (2 * 9,81 * h)^{0,5}$

da cui posto  $b = 1,0 \text{ m}$  risulta:  $h = 0,25 \text{ m}$

## LIVELLI NELLA NUOVA VASCA DI DENITRIFICAZIONE

- livello d'ingresso:  $9,00 \text{ m}$

- livello in vasca dopo lo stramazzo libero:

$9,00 - 0,25 = 8,75 \text{ m}$

- livello nella canaletta dopo lo stramazzo libero allo scarico della vasca:  $8,75 - 0,15 = 8,60 \text{ m}$

- gradino di ingresso al pozzetto delle pompe:

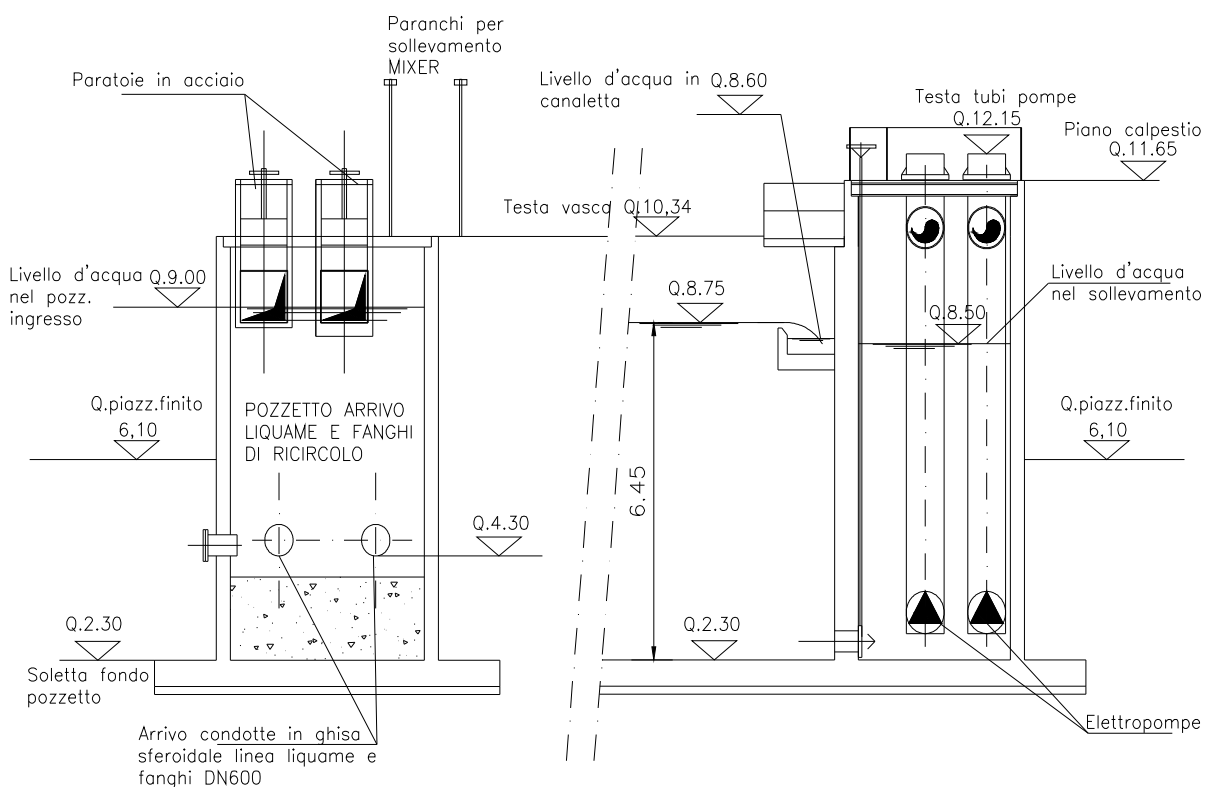
$0,1 \text{ m}$

- quota dell'acqua nel pozzetto delle pompe:

$8,60 - 0,10 = 8,50 \text{ m}$

## SCHEMA DI RIFERIMENTO

### SEZIONI TIPO NUOVA VASCA DI DENITRIFICAZIONE



### SOLLEVAMENTO DELLA MISCELA FANGO LIQUAME DALLA VASCA DI DENITRIFICAZIONE AL TORRINO DI CARICO DEL SISTEMA DI DISTRIBUZIONE A GRAVITA' ALLE VASCHE DI OSSIDAZIONE - NITRIFICAZIONE

Per il sollevamento della miscela sia adottato un sistema di pompe sommergibili (n.2 funzionamento e scorta) da installare in un tubo contenitore in acciaio inox.

Considerate le pompe presenti in commercio si prevedono per le stesse le seguenti caratteristiche:

- portata: 440 l/s
- prevalenza: 2,8 m
- potenza assorbita : 25,3 kW

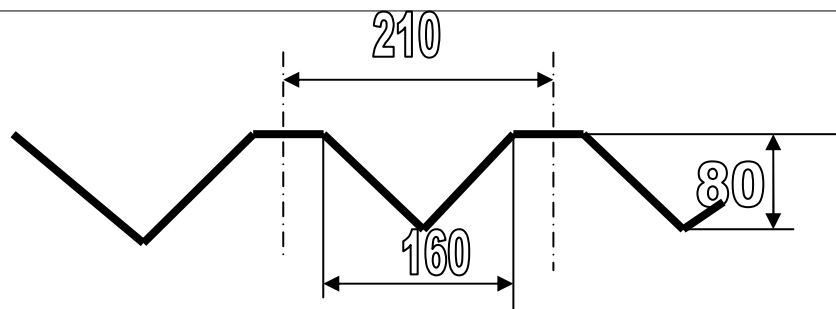
Le pompe saranno dotate di *inverter* per la regolazione della portata sollevata in modo che la stessa risulti pari alla somma delle portate del liquame e del fango di ricircolo immesse in vasca di denitrificazione nuova così come misurate dai rispettivi misuratori di portata.

(Si veda schema di regolazione della portata di ricircolo del fango)

### STRAMAZZO CON PROFILO THOMSON PER LO SCARICO DELLE VASCHE DI DENITRIFICAZIONE

- Portata da trasferire per ognuno dei due moduli della vasca; 200 l/s
- Lunghezza dello stramazzo: 19,5 m
- Portata specifica:  $200 / 19,5 = 10,25 \text{ l/s} \cdot \text{m}$

Si adotta il profilo:



$$n = 1000 / 210 = 4,76$$

$$Q_s = 1,42 \cdot h^2 \cdot (h)^{0,5} = 1,42 \cdot 0,08^2 \cdot (0,08)^{0,5} = 2,5 \text{ l/s} \cdot \text{m}$$

$$Q = 4,76 \cdot 2,5 = 11,9 \text{ l/s} > 10,25 \text{ l/s}$$