

***PROGETTO DEFINITIVO***

**RELAZIONE SPECIALISTICA**  
**DI DIMENSIONAMENTO DEL PROCESSO DEPURATIVO**

**INDICE**

- INTRODUZIONE
- DATI DI PROGETTO
- SOLLEVAMENTO E GRIGLIATURA GROSSOLANA
- GRIGLIATURA FINE
- DISSABBIATURA
- TRATTAMENTI BIOLOGICI: DENITRIFICAZIONE - OSSIDAZIONE - NITRIFICAZIONE
- DEFOSFATAZIONE CHIMICA
- SEDIMENTAZIONE FINALE
- DISINFEZIONE E MISURA DI PORTATA
- RICIRCOLO E SUPERO FANGHI
- ACCUMULO E ISPESSIMENTO FANGHI
- LETTI DI EMERGENZA FANGHI

## INTRODUZIONE

L'impianto di depurazione al servizio di Calvatone sarà essenzialmente costituito da trattamenti primari di grigliatura e dissabbiatura seguiti da una sezione biologica ad "aerazione prolungata" integrata con un comparto specifico per la denitrificazione e un dosaggio chimico di coagulante per abbattere, qualora necessario, il Fosforo in eccesso e ridurre il trascinarsi di sostanze sospese in uscita. Completerà l'impianto una sezione di disinfezione con acido peracetico e un comparto di accumulo e ispessimento del fango di supero.

Le acque di pioggia fino a 5 volte la portata nera media, saranno sollevate all'impianto, mentre l'eccedenza sarà sfiorata direttamente allo scarico, tramite un'apposito sfioratore previsto lungo il collettore fognario a monte dell'impianto. Una volta sottoposta ai trattamenti primari, una portata fino a 3 volte la media verrà inviata ai successivi trattamenti biologici mentre l'eccedenza sarà sfiorata allo scarico tramite un apposito stramazzo.

La configurazione impiantistica sarà di semplice concezione per consentire una facile gestione con costi limitati.

Il depuratore risulterà costituito dai seguenti comparti:

### Linea acque:

- Sollevamento e grigliatura grossolana
- Grigliatura fine
- Dissabbiatura
- Denitrificazione
- Ossidazione / Nitrificazione
- Defosfatazione chimica
- Sedimentazione finale
- Disinfezione e Misura di portata

### Linea fanghi:

- Ricircolo e supero fanghi
- Accumulo e ispessimento fanghi
- letti di essiccamento d'emergenza

## DATI DI PROGETTO

A seguito della elaborazione dei dati provenienti dai campionamenti effettuati, si è verificato che i valori di concentrazione degli inquinanti risultano mediamente piuttosto bassi rispetto ai valori classici di letteratura.

Si è pertanto deciso di assumere, cautelativamente, quali valori di dimensionamento per il progetto dell'impianto, quelli di punta, con la sola eccezione per quelli relativi all'Azoto per i quali si opta di assumere le medie pesate delle punte.

In tal modo si adottano valori il più vicini possibile a quelli classici di letteratura mantenendosi in una posizione cautelativa rispetto ai valori reali riscontrati.

| PARAMETRI DI INGRESSO                   | SIMBOLO            | RELAZIONE                          | VALORE ATTUALE | VALORE FUTURO | UNITA' DI MISURA  |
|-----------------------------------------|--------------------|------------------------------------|----------------|---------------|-------------------|
| Abitanti equivalenti                    | A.E.               |                                    | 900            | 1.300         | numero            |
| Dotazione idrica                        | Dip                |                                    | 250            | 250           | l/(ab*d)          |
| Coefficiente di resa fognaria           | Crf                |                                    | 0.85           | 0.85          | numero            |
| Tipo di fognatura                       |                    |                                    | mista          | mista         |                   |
| BOD <sub>5</sub> specifico              | BOD <sub>5i</sub>  |                                    | 49             | 49            | gr/(ab*d)         |
| SST specifico                           | SST <sub>i</sub>   |                                    | 37,4           | 37,4          | gr/(ab*d)         |
| Fosforo specifico                       | P-PO <sub>4i</sub> |                                    | 2              | 2             | gr/(ab*d)         |
| Azoto specifico                         | N-NO <sub>3i</sub> |                                    | 13,3           | 13,3          | gr/(ab*d)         |
| Portata giornaliera                     | Qd                 | $Qd = A_{beq} \cdot Dip \cdot Crf$ | 191,3          | 276           | m <sup>3</sup> /d |
| Portata media oraria                    | Q <sub>24</sub>    | $Q_{24} = Qd / 24$                 | 8              | 11,5          | m <sup>3</sup> /h |
| Coefficiente di punta nera              | Cpn                |                                    | 2              | 1,9           | numero            |
| Portata di punta nera                   | Qpn                | $Qpn = Cpn \cdot Q_{24}$           | 16             | 22            | m <sup>3</sup> /h |
| Portata di massima pioggia              | Qmax               | $Qmax = 5,0 \cdot Q_{24}$          | 40             | 58            | m <sup>3</sup> /h |
| Portata massima di pioggia al biologico | Qpb                | $Qpb = 2,5 \cdot Q_{24}$           | 20             | 29            | m <sup>3</sup> /h |
| COD totale                              | COD                |                                    | 112,5          | 162,3         | kg/d              |
| Concentrazione COD                      | CCOD               | $CCOD = 1000 \cdot BOD / Qd$       | 588            | 588           | mg/l              |
| BOD totale                              | BOD                |                                    | 44             | 63,5          | kg/d              |
| Concentrazione BOD                      | CBOD               | $CBOD = 1000 \cdot BOD / Qd$       | 230            | 230           | mg/l              |
| SST totale                              | SST                |                                    | 33,7           | 48,6          | kg/d              |
| Concentrazione SST                      | CSST               | $CSST = 1000 \cdot SST / Qd$       | 176            | 176           | mg/l              |
| Fosforo totale                          | P-PO <sub>4</sub>  |                                    | 1,8            | 2,6           | kg/d              |
| Concentrazione fosforo                  | CP                 | $CP = 1000 \cdot P-PO_4 / Qd$      | 9,4            | 9,4           | mg/l              |
| Azoto Kjeldahl totale                   | N-TKN              |                                    | 12             | 17,3          | kg/d              |
| Concentrazione azoto                    | CN                 | $CN = 1000 \cdot N-NO_3 / Qd$      | 62,8           | 62,8          | mg/l              |

| PARAMETRI DI USCITA                           | SIMBOLO                          | Tab.2 del<br>Reg.Reg.<br>24/3/2006<br>n.3 | VALORI DI<br>PROGETTO<br>ASSUNTI | UNITA' DI<br>MISURA |
|-----------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------|---------------------|
| Concentrazione BOD                            | C <sub>BOD</sub>                 | 40                                        | 40                               | mg/l                |
| Concentrazione SST                            | C <sub>SST</sub>                 | 60                                        | 60                               | mg/l                |
| Concentrazione P                              | C <sub>P</sub>                   |                                           | 4                                | mg/l                |
| Concentrazione TKN                            | C <sub>TKN</sub>                 |                                           | 25                               | mg/l                |
| Concentrazione N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | C N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | 15                                        | 15                               | mg/l                |
| Concentrazione N-NO <sub>3</sub>              | C <sub>N-NO<sub>3</sub></sub>    |                                           | 10                               | mg/l                |

## SOLLEVAMENTO E GRIGLIATURA GROSSOLANA

### DESCRIZIONE

Il sollevamento iniziale dei liquami viene previsto allo sbocco finale della rete fognaria e viene effettuato tramite pompe sommerse.

Sono previste 3 pompe per la fase attuale, di cui 2 ( 1 + 1 riserva ) per la portata nera e 1 unità più grande per la portata di pioggia. Per la fase futura si prevede di aggiungere una unità di riserva per la portata di pioggia.

### PROGETTO

| PARAMETRI DI PROGETTO  | SIMBOLO   | RELAZIONE                     | VALORE attuale | VALORE futuro | UNITA' DI MISURA  |
|------------------------|-----------|-------------------------------|----------------|---------------|-------------------|
| Portata media          | $Q_{24}$  | $Q_{24}=Q_d/24$               | 8              | 11,5          | m <sup>3</sup> /h |
| Portata di punta nera  | $Q_{pn}$  | $Q_{pn}=C_{pn} \times Q_{24}$ | 16             | 22            | m <sup>3</sup> /h |
| Portata max di pioggia | $Q_{max}$ | $Q_{max}=5 \times Q_{24}$     | 40             | 58            | m <sup>3</sup> /h |
| Prevalenza geodetica   | $G_i$     | =                             | 7              | 7             | m                 |

Il valore della prevalenza geodetica da vincere comporta la scelta di un sollevamento a mezzo di elettropompe di tipo sommergibile aventi le seguenti caratteristiche di funzionamento:

| CARATTERISTICHE ELETTROPOMPE | SIMBOLO | RELAZIONE          | VALORE attuale | VALORE futuro | UNITA' DI MISURA  |
|------------------------------|---------|--------------------|----------------|---------------|-------------------|
| Tipologia                    |         | pompa sommergibile |                |               |                   |
| Numero unità installate      |         | =                  | 3              | 4             | n°                |
| Numero unità attive          |         | =                  | 2              | 2             | n°                |
| Numero unità di riserva      |         | =                  | 1              | 2             | n°                |
| Portata massima unità 1      | $Q_1$   | attiva             | 14             | 14            | m <sup>3</sup> /h |
| Portata massima unità 2      | $Q_2$   | riserva            | 14             | 14            | m <sup>3</sup> /h |
| Portata massima unità 3      | $Q_3$   | attiva             | 40             | 40            | m <sup>3</sup> /h |
| Portata massima unità 4      | $Q_4$   | riserva            | 40             | 40            | m <sup>3</sup> /h |
| Prevalenza                   | $G$     | =                  | 8              | 8             | m                 |

In ingresso all'impianto, a monte del comparto di sollevamento, si prevede l'installazione di una griglia grossolana a pulizia manuale del tipo a cestello estraibile avente luce libera di passaggio di 40 mm. La griglia ha lo scopo di trattenere i corpi grossolani al fine di proteggere le pompe.

### LOGICA DI FUNZIONAMENTO-STRUMENTAZIONE ED AUTOMAZIONE

Le pompe funzioneranno singolarmente ed il loro avviamento ed arresto sarà comandato da una serie di regolatori di livello a galleggiante. La logica di funzionamento prevista è ciclica al fine di ottimizzare l'invecchiamento delle pompe. La stazione di sollevamento viene prevista con un volume utile non inferiore a 2 m<sup>3</sup> tale da assicurare una frequenza di intervento delle pompe non superiore a 10 avviamenti/ora.

### MANUTENZIONE ED EMERGENZA

La presenza della pompa in posizione di riserva garantisce la continuità del funzionamento in caso di guasto ad una pompa attiva. Per agevolare le operazioni di movimentazione delle pompe e della griglia a cestello si prevede l'installazione di un paranco manuale.

## GRIGLIATURA FINE

### DESCRIZIONE

La grigliatura fine automatica viene effettuata mediante un rotostaccio che ha la funzione d'intercettare i corpi di dimensioni minori di 1,5 mm. Il liquame da trattare entra in una camera di alimentazione, costruita in modo da permettere al liquame stesso di distribuirsi su tutta la larghezza del cilindro filtrante. Le particelle, contenute nel liquame, vengono a contatto con il cilindro filtrante, il quale, girando lentamente, le porta verso l'esterno e vengono quindi eliminate da una lama raschiante che le fa cadere, tramite una tramoggia convogliatrice, in un cassonetto sottostante. L'acqua filtrata, passa all'interno del cilindro per uscire nuovamente attraverso la parte filtrante inferiore agendo così da pulitrice della superficie filtrante. E' previsto, comunque, un sistema di controlavaggio interno del cilindro filtrante per mezzo di ugelli spruzzatori. La parte filtrante si presenta ad ogni giro all'alimentazione priva di particelle e pronta a riprendere il ciclo. Una vasca di troppopieno che entra in funzione nel caso di temporaneo sovraccarico del rotostaccio, collegata al pozzetto di sollevamento, permetterà di trattare comunque tutta l'acqua entrante all'impianto. In caso di disservizio del rotostaccio, è prevista la possibilità di by pass mediante azionamento di apposite valvole a saracinesca. Sulla linea di by pass viene installata una griglia fine a cestello a pulizia manuale, in modo da garantire un buon livello di grigliatura anche durante le manutenzioni.

Dal punto di vista depurativo si ottengono rendimenti di rimozione dell'ordine del 5-10% per il BOD, 10% per gli SST, 10% per la carica batterica. Di tali rimozioni non verrà tenuto conto per i dimensionamenti delle sezioni successive.

### PROGETTO

I parametri di dimensionamento adottati in fase di progetto sono i seguenti:

| PARAMETRI DI PROGETTO  | SIMBOLO   | RELAZIONE | VALORE attuale | VALORE futuro | UNITA' DI MISURA  |
|------------------------|-----------|-----------|----------------|---------------|-------------------|
| Portata max di pioggia | $Q_{max}$ | =         | 40             | 58            | m <sup>3</sup> /h |

Dai dati sopra esposti consegue un dimensionamento per la sezione di grigliatura fine avente le seguenti caratteristiche:

| CARATTERISTICHE GRIGLIA    | SIMBOLO  | RELAZIONE   | VALORE attuale | VALORE futuro | UNITA' DI MISURA  |
|----------------------------|----------|-------------|----------------|---------------|-------------------|
| Numero linee di presenti   | n        |             | 1              | 1             | n°                |
| Linea di by-pass           |          |             | SI             | SI            |                   |
| Tipo di griglia installata |          | rotostaccio |                |               |                   |
| spaziatura                 | s        | =           | 1,5            | 1,5           | mm                |
| Portata massima nominale   | $Q_{mn}$ | =           | 130            | 130           | m <sup>3</sup> /h |

### LOGICA DI FUNZIONAMENTO- STRUMENTAZIONE ED AUTOMAZIONE

Il funzionamento del rotostaccio sarà asservito alla logica di marcia - arresto delle pompe di sollevamento. Il tamburo rotante riceverà il consenso per entrare in funzione da tali unità.

### MANUTENZIONE ED EMERGENZA

Le valvole d'intercettazione poste a monte della linea garantiscono la possibilità d'isolare e d'intervenire sulla macchina per eventuali manutenzioni facendo passare il flusso nella griglia manuale di by pass.



## DISSABBIATURA

### DESCRIZIONE

La dissabbiatura ha la funzione di rimuovere sabbie e sostanze abrasive o pesanti al fine di salvaguardare danni alle macchine, intasamenti alle tubazioni e perdita di capacità utile nelle vasche dovuta a depositi di materiale sul fondo.

Nel dissabbiatore, tipo "Pista", avente forma circolare, apposite pale rotanti mantengono nel liquido un movimento rotatorio che, per forza centrifuga, favorisce la caduta della sabbia sul fondo.

Caratteristica di queste macchine è la flessibilità al variare della portata e la bassa perdita di carico idraulico.

### PROGETTO

I parametri di dimensionamento adottati in fase di progetto sono i seguenti:

| PARAMETRI DI PROGETTO  | SIMBOLO   | RELAZIONE | VALORE attuale | VALORE futuro | UNITA' DI MISURA  |
|------------------------|-----------|-----------|----------------|---------------|-------------------|
| Portata max di pioggia | $Q_{max}$ | =         | 40             | 58            | m <sup>3</sup> /h |

Dai dati di cui sopra si ottiene un dimensionamento per il dissabbiatore tipo "pista" avente le seguenti caratteristiche:

| CARATTERISTICHE DEL DISSABBIATORE | SIMBOLO | RELAZIONE | VALORE attuale | VALORE futuro | UNITA' DI MISURA  |
|-----------------------------------|---------|-----------|----------------|---------------|-------------------|
| Numero linee presenti             | n       | =         | 1              | 1             | n°                |
| Diametro vasca                    | D       | =         | 2,0            | 2,0           | m                 |
| Portata max nominale              | Q       | =         | 200            | 200           | m <sup>3</sup> /h |

### LOGICA DI FUNZIONAMENTO- STRUMENTAZIONE ED AUTOMAZIONE

Per l'estrazione delle sabbie viene previsto un air-lift

L'aria necessaria viene fornita da una apposita soffiante con unità di riserva. La soffiante è asservita ad un temporizzatore che comanda l'estrazione periodica della sabbia. Una volta estratta, la sabbia viene convogliata ad un pozzetto di raccolta in cui si separa l'acqua in eccesso che ritorna in testa all'impianto. La sabbia così disidratata viene allontanata manualmente dagli operatori.

### MANUTENZIONE ED EMERGENZA

In caso di emergenza o manutenzione della linea di dissabbiatura si prevede un canale di by-pass con apposite paratoie.

La soffiante presente in posizione di riserva garantirà sempre il funzionamento anche in caso di guasto alla soffiante titolare.

## TRATTAMENTI BIOLOGICI :

### DENITRIFICAZIONE E OSSIDAZIONE - NITRIFICAZIONE

#### DESCRIZIONE

Il processo biologico è tale da consentire la rimozione della sostanza carboniosa e la rimozione dell'azoto secondo lo schema integrato denitrificazione / ossidazione nitrificazione

I liquami, provenienti dalla disoleatura, giungeranno in un bacino combinato dove verranno sottoposti, dapprima, ad una agitazione lenta in condizioni anossiche (denitrificazione) quindi ad un processo di ossidazione nitrificazione. Il processo ossidativo avverrà in una vasca aerata, mediante insufflazione di corretti quantitativi di aria attraverso una batteria di diffusori disposti a tappeto sul fondo. In tal modo si rende possibile la rimozione delle sostanze organiche presenti nel liquame allo stato disciolto e colloidale. Ciò avviene grazie ai processi di adsorbimento e bioflocculazione che determinano la formazione di fiocchi di fango attivo ; questi "attirano" e captano le sostanze organiche presenti che vengono poi metabolizzate dalla flora batterica "attaccata" al fiocco stesso.

Nel contempo ha luogo l'ossidazione dell'azoto ammoniacale e organico a nitrati.

Il parametro fondamentale per la progettazione è, per questa sezione, il carico del fango,  $C_f$ , che rappresenta la quantità di sostanza organica applicata alla vasca (espressa in termini di Kg. di BOD<sub>5</sub> al giorno) per unità di peso del fango attivo (espresso come Kg. di MLSS). Bassi valori di  $C_f$  (fino a 0.1 Kg. BOD<sub>5</sub>/Kg.MLSS/g) determinano notevoli rendimenti di rimozione del BOD e dell'azoto ammoniacale presenti ed in più favoriscono anche la pressoché completa mineralizzazione del fango attivo presente in vasca che, in tal caso, non ha più bisogno di ulteriori trattamenti inertizzanti.

Il processo biologico di nitrificazione avviene grazie allo sviluppo di una flora batterica aerobica di tipo autotrofo costituita essenzialmente da "nitrosomonas" e "nitrobacter". Le velocità di crescita del nitrosomonas e nitrobacter sono piuttosto basse e variano al variare della temperatura. Per questo, la nitrificazione del liquame si ottiene soltanto quando il tempo di ritenzione dei solidi (età del fango) in vasca di aerazione è sufficientemente elevato da permettere lo sviluppo dei batteri nitrificanti.

Per quanto attiene alla fase di denitrificazione, nello schema adottato, essa è costituita da una predenitrificazione con fonte di carbonio interna. La fonte di carbonio è in questo caso costituita dalla sostanza organica presente nei liquami in ingresso. Come è noto, il processo prende le mosse dallo sviluppo di una popolazione batterica di tipo facoltativo mantenuta in condizioni anossiche. In tali situazioni, venendo a mancare l'apporto esterno di ossigeno, la biomassa denitrificante è spinta a servirsi di quello contenuto nella molecola del nitrato, consentendo la riduzione di quest'ultimo ed azoto gassoso che viene ceduto all'ambiente atmosferico . I nitrati da ridurre vengono riciclati in parte con i fanghi dal sedimentatore finale e in parte con il mixed liquor dalla zona di uscita della ossidazione/nitrificazione..

Al fine di ottimizzare la distribuzione del substrato carbonioso (specialmente nelle fasi di avviamento), si è previsto un sistema di alimentazione del liquame che consente di parzializzare il flusso mandandone a piacimento frazioni variabili nelle fasi di denitrificazione e ossidazione.

## CALCOLI DI PROGETTO

Vengono di seguito svolti i calcoli relativi al sistema ossidazione - nitrificazione - denitrificazione secondo i criteri della reattoristica biochimica.

**N.B. I calcoli sono sviluppati per le 2 situazioni : potenzialità attuale con 900 ab. eq. e potenzialità futura con 1300 ab. eq . I valori relativi alla potenzialità futura sono riportati tra parentesi.**

Si considerano i seguenti limiti per l'azoto scaricato in acque superficiali:

| PARAMETRI DI USCITA | SIMBOLO | LIMITE DI LEGGE<br>Regolamento Regionale<br>24/03/2006<br>n.3 – Tab. 2 | VALORE ASSUNTO IN FASE DI PROGETTO | UNITA' DI MISURA |
|---------------------|---------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------|
| Concentrazione BOD  | CBOD    | 40                                                                     | 40                                 | mg/l             |
| Concentrazione SST  | CSST    | 60                                                                     | 60                                 | mg/l             |
| Concentrazione NH4  | CN-NH4  | 25                                                                     | 15                                 | mg/l             |
| Concentrazione NO3  | CN-NO3  | n.t.                                                                   | 10                                 | mg/l             |
| Concentrazione P    | CP      | n.t.                                                                   | 4                                  | mg/l             |

I dati base di progetto sono:

| PARAMETRI D'INGRESSO                                   | SIMBOLO           | VALORE attuale | VALORE futuro | UNITA' DI MISURA  |
|--------------------------------------------------------|-------------------|----------------|---------------|-------------------|
| Portata giornaliera                                    | Qd                | 191,3          | 276           | m <sup>3</sup> /g |
| BOD in ingresso alla predenitrificazione               | BOD <sub>1</sub>  | 44             | 63,5          | kg/g              |
| Concentrazione BOD                                     | CBOD <sub>1</sub> | 230            | 230           | mg/l              |
| Azoto ammoniacale in ingresso alla predenitrificazione | TKN <sub>1</sub>  | 12             | 17,3          | kg/g              |
| Concentrazione azoto ammoniacale                       | CTKN <sub>1</sub> | 62,8           | 62,8          | mg/l              |
| Solidi sospesi totali                                  | SST <sub>1</sub>  | 33,7           | 48,6          | kg/g              |
| Concentrazione solidi sospesi totali                   | CSST <sub>1</sub> | 176            | 176           | mg/l              |

Si ipotizza di lavorare nelle seguenti condizioni:

| PARAMETRI DI FUNZIONAMENTO PREFISSATI        | SIMBOLO | VALORE attuale | VALORE futuro | UNITA' DI MISURA  |
|----------------------------------------------|---------|----------------|---------------|-------------------|
| Concentrazione degli SST in denitrificazione | Ca      | 3,5            | 4,5           | kg/m <sup>3</sup> |

|                                                |                |    |    |                   |
|------------------------------------------------|----------------|----|----|-------------------|
| ossidazione-nitrificazione                     |                |    |    |                   |
| Concentrazione degli SST nel ricircolo fanghie | Cr             | 8  | 8  | kg/m <sup>3</sup> |
| Temperatura estiva                             | T <sub>E</sub> | 22 | 22 | °C                |
| Temperatura invernale                          | T <sub>I</sub> | 14 | 14 | °C                |

Nelle pagine seguenti viene esposto il procedimento che porta al dimensionamento dei comparti di denitrificazione e ossidazione - nitrificazione nel rispetto dei valori imposti in uscita.

### a) Impostazione generale

Poiché durante l'ossidazione biologica si ha una riduzione dei composti azotati, dovuta a sintesi batterica, pari al 5% del BOD<sub>5</sub> abbattuto, si ricava il TKN residuo:

$$(TKN)_R = (TKN)_1 - 0,05 * (BOD_1 - BOD) = 9,94 \text{ (14,34) kg/g pari a 52 (52) mg/l}$$

Avendo assunto come dato di progetto una concentrazione di 15 (15) mg/l. di azoto ammoniacale in uscita, la frazione da nitrificare risulta:

$$TKN_{RN} = TKN_R - C_{N-NO_3} * Q_d * 10^3 = 7,07 \text{ (10,20) kg/g pari a 37 (37) mg/l}$$

Essendo, stata assunta, per i nitrati in uscita la concentrazione di 10 (10) mg/l, la frazione da denitrificare diviene:

$$TKN_{RD} = TKN_{RN} - C_{N-NO_3} * Q_d * 10^3 = 5,16 \text{ (7,44) kg/g pari a 27 (27) mg/l}$$

### b) Denitrificazione

I dati di progetto del comparto sono i seguenti:

| PARAMETRI DI PROGETTO                          | SIMBOLO            | VALORE attuale | VALORE futuro | UNITA' DI MISURA |
|------------------------------------------------|--------------------|----------------|---------------|------------------|
| BOD in ingresso alla predenitrificazione       | BOD <sub>1</sub>   | 44             | 63,5          | kg/g             |
| Concentrazione BOD                             | CBOD <sub>1</sub>  | 230            | 230           | mg/l             |
| Azoto nitrico da rimuovere in denitrificazione | TKN <sub>RD</sub>  | 5,2            | 7,4           | kg/g             |
| Concentrazione azoto nitrico da rimuovere      | CTKN <sub>RD</sub> | 27             | 27            | mg/l             |

Il procedimento che porta al dimensionamento di tale comparto è il seguente:

1) Calcolo della velocità di denitrificazione alla temperatura di esercizio prevista:

$$(V_D)_T = (V_D)_{20} * K^{(T-20)}$$

in cui:

- $(V_D)_T$  = velocità di denitrificazione espressa in kgN-NO<sub>3</sub>/kgSST\*h alla temperatura di progetto.
- $(V_D)_{20}$  = 0,0021 kgN-NO<sub>3</sub>/kgSST\*h      velocità di denitrificazione a 20°C
- $K = 1,15^{°C^{-1}}$       coefficiente di correzione della temperatura
- T = 14°C (inverno) - 22°C (estate)      temperatura di progetto

2) Nota la velocità di denitrificazione e la quantità di azoto da denitrificare si ricava la biomassa necessaria in denitrificazione:

$$(X_D)_T = \frac{(TKN)_{RD}}{24 * (V_D)_T}$$

dove:

- $(X_D)_T$  = biomassa in denitrificazione espressa in Kg SST alla temperatura di progetto.
- $TKN_{RD}$  = frazione denitrificata espressa in kg SST/d.

3) Avendo prefissato la concentrazione  $C_a$  di SST in vasca di ossidazione il volume teorico del reattore di denitrificazione risulta

$$(Vol_D)_T = \frac{(X_D)_T}{C_a}$$

La tabella che segue riassume i valori di cui ai punti 1), 2), 3) nel caso estivo ed invernale:

**(valori futuri tra parentesi)**

| PARAMETRI                    | SIMBOLO     | ESTATE<br>$T=T_E$ | INVERNO<br>$T=T_I$ | UNITA' DI MISURA             |
|------------------------------|-------------|-------------------|--------------------|------------------------------|
| Velocità di denitrificazione | $(V_D)_T$   | 0,0028            | 0,0009             | kgN-NO <sub>3</sub> /kgSST*h |
| Biomassa di denitrificazione | $(X_D)_T$   | 77,5 (112)        | 234 (338,3)        | kg SST                       |
| Volume di denitrificazione   | $(Vol_D)_T$ | 22 (25)           | 67 (75)            | m <sup>3</sup>               |

In definitiva viene assunto un volume utile di **80 m<sup>3</sup>**.

La miscelazione della sospensione liquame-fango attivo nitrificato viene assicurata da un elettroagitatore a basso numero di giri per garantire le condizioni anossiche.

Durante il processo si liberano mediamente 2,85 kg.O<sub>2</sub> per 1 kg. di azoto nitrico ridotto (Les eaux di G. Martin).

Considerando un consumo di 0,80 kg. O<sub>2</sub> per 1 kg di BOD<sub>5</sub> abbattuto, si avrebbero complessivamente, a livello teorico:

$$BOD_{RD} = \frac{2,85}{0,80} * TKN_{RD} = 18,6 (26,8) \text{ pari a } 97 (97) \text{ mg/l}$$

dove  $BOD_{RD}$  rappresenta i kg. di BOD<sub>5</sub> abbattuti in denitrificazione giornalmente, pari a circa 3,60 Kg.BOD<sub>5</sub>/Kg.N-NO<sub>3</sub> rimosso.

Di conseguenza, in ingresso al comparto di ossidazione - nitrificazione si avrà una quantità di BOD<sub>5</sub> pari a:

$$BOD_2 = BOD_1 - BOD_{RD} = 25,4 (36,7) \text{ pari a } 133 (133) \text{ mg/l}$$

### c) ossidazione - nitrificazione

I dati di progetto per il comparto di nitrificazione diventano i seguenti:

| PARAMETRI DI PROGETTO                       | SIMBOLO           | VALORE attuale | VALORE futuro | UNITA' DI MISURA |
|---------------------------------------------|-------------------|----------------|---------------|------------------|
| BOD in ingresso alla nitrificazione         | BOD <sub>2</sub>  | 25,4           | 36,7          | kg/g             |
| Concentrazione BOD                          | CBOD <sub>2</sub> | 133            | 133           | mg/l             |
| Azoto totale da rimuovere in nitrificazione | TKN <sub>RN</sub> | 7,1            | 10,2          | kg/g             |

Il procedimento che porta al dimensionamento di tale comparto è il seguente:

1) Calcolo della velocità di nitrificazione secondo la formula generale:

$$(V_N)_T = (V_N)_{20} * \frac{C_{TKN}}{K_{TKN} + C_{TKN}} * \frac{OD}{K_0 + OD} * \vartheta^{(T-20)}$$

in cui:

- $(V_N)_T$  = velocità di nitrificazione espressa in kgN-NH<sub>4</sub>/kgSST\*h alla temperatura di progetto.
- $(V_N)_{20}$  = velocità massima di nitrificazione alla temperatura di 20°C che risulta pari a 100-150 gr. NTK/kg. SST\*h., ma viene assunto prudenzialmente pari a 80 gr. NTK/kg.SST\*h.
- $C_{TKN}$  = concentrazione di azoto totale secondo Kjeldal in vasca di nitrificazione che coincide con il valore di azoto ammoniacale in uscita assunto in fase di progetto pari a 15 mg/l.
- OD = concentrazione di ossigeno disciolto mantenuto in vasca = 2 mg/l.
- $K_{TKN}$  = costante di semisaturazione relativa all'ammoniaca pari a 1 mg\*N/1
- $K_0$  = costante di semisaturazione relativa all'ossigeno disciolto pari a 1 mg\*N/1
- $\theta$  = coefficiente di correzione relativo alla temperatura pari a 1,12
- T = temperatura di progetto.

2) Calcolo della frazione "F" di batteri nitrificanti sulla biomassa totale:

$$F = \frac{1}{1 + \frac{Y}{Y_N} * \frac{C_{BOD_2} - C_{BOD}}{C_{TKN_{RN}}}}$$

in cui:

- F = numero puro che esprime la percentuale di batteri nitrificanti sulla biomassa totale.
- CBOD<sub>2</sub> = concentrazione di BOD<sub>5</sub> in ingresso all'ossidazione - nitrificazione = 133 mg/l.
- CBOD = concentrazione di BOD in uscita dal biologico assunta in fase di progetto = 25 mg/l
- $C_{TKN_{RN}}$  = concentrazione di azoto rimosso in ossidazione - nitrificazione espresso in mg/l
- $Y_N$  = coefficiente di crescita cellulare dei batteri nitrificanti = 0,24 gSST/g TKN nell'ipotesi che nella biomassa gli SSV costituiscano il 70% degli SST.
- Y = coefficiente di crescita dei batteri eterotrofi = 0,88 gSST/g BOD<sub>5</sub>.

3) La biomassa necessaria in nitrificazione vale:

$$(X_N)_T = \frac{(TKN)_{RN}}{24 * (V_N)_T * F}$$

dove:

- $(X_N)_T$  = biomassa in nitrificazione espressa in Kg SST.
- $TKN_{RN}$  = frazione nitrificata espressa in kg SST/d.

4) Avendo prefissato la concentrazione  $X_{RD}$  di SST in vasca di ossidazione il volume teorico del reattore di ossidazione - nitrificazione risulta

$$(Vol_N)_T = \frac{(X_N)_T}{X_{RD}}$$

La tabella che segue riassume i valori di cui ai punti 1), 2), 3), 4) nel caso estivo ed invernale:

**(valori futuri tra parentesi)**

| PARAMETRI                        | SIMBOLO     | ESTATE<br>$T=T_E$ | INVERNO<br>$T=T_I$ | UNITA' DI MISURA            |
|----------------------------------|-------------|-------------------|--------------------|-----------------------------|
| Velocità di nitrificazione       | $(V_N)_T$   | 63                | 25                 | gN-NH <sub>4</sub> /kgSST*h |
| frazione di batteri nitrificanti | F           | 8                 | 8                  | %                           |
| Biomassa di nitrificazione       | $(X_N)_T$   | 124 (179)         | 311 (450)          | kg SST                      |
| Volume di nitrificazione         | $(Vol_N)_T$ | 35,5 (40)         | 89 (100)           | m <sup>3</sup>              |

In definitiva viene assunto un volume utile di circa **120 m<sup>3</sup>**, in modo da garantire carichi del fango sufficientemente bassi, compatibili col processo ad aerazione prolungata.

#### **d) Verifica del rendimento di abbattimento**

Il BOD<sub>5</sub> rimosso in ossidazione - nitrificazione risulta:

$$BOD_{RN} = BOD_2 - C_{BOD} * Q_d * 10^3 = 23 \text{ (33) kg/g pari a } 120 \text{ (120) mg/l}$$

Il rendimento di abbattimento di BOD<sub>5</sub> ottenuto nel comparto ossidativo risulta essere:

$$\eta_b = \frac{BOD_{RN}}{BOD_2} * 100 = 90 \%$$

con un carico volumetrico pari a:

$$CV = \frac{BOD_2}{Vol_N} = 0,21 \text{ (0,30) kg BOD}_5/\text{m}^3\text{*g}$$

ed un carico del fango di:

$$CF = \frac{CV}{c_R} = 0,060 \text{ (0,068) kg BOD}_5/\text{kg SST *g}$$

Tali valori del carico del fango sono sufficientemente bassi per garantire rendimenti di rimozione del BOD e dell'NH<sub>4</sub>-N anche superiori a quelli previsti con il sistema di ossidazione proposto.

### e) Determinazione della portata di ricircolo

Il rapporto di ricircolo che garantisce la denitrificazione dei nitrati formati in vasca di aerazione per ossidazione dell'azoto organico e dell'ammoniaca presenti nel liquame d'ingresso è dato dalla seguente relazione:

$$r = \frac{(TKN)_1 - (TKN) - (N - NO_3) - 0,05 * (BOD_1 - BOD)}{(N - NO_3)} = 2,7 \quad (2,7)$$

La portata di ricircolo risulta essere:

$$Q_{rn} = r * Q_{24} = 21,6 \quad (31) \text{ m}^3/\text{h} \text{ pari al } 270 \quad (270) \% \text{ della } Q_{24}$$

La portata dei fanghi che deve essere ricircolata dal sedimentatore secondario tale da mantenere la concentrazione prestabilita di fango attivo  $C_a$  nella vasca di ossidazione risulta essere:

$$Q_r = Q_{24} * \frac{C_a}{C_r - C_a} = 6,2 \quad (14,8) \text{ m}^3/\text{h} \text{ pari al } 78 \quad (128) \% \text{ della } Q_{24}$$

Poiché  $Q_r$  risulta maggiore di  $Q_{rd}$  ne consegue che il ricircolo dei fanghi non è sufficiente a garantire la denitrificazione. Per questo motivo oltre a ricircolare la  $Q_{rd}$  dal sedimentatore secondario si provvederà ad effettuare un ricircolo di miscela aerata, prelevata a valle del comparto di ossidazione - nitrificazione, pari a:

$$Q_{rd} = Q_{rn} - Q_r = 15,4 \quad (16,2) \text{ m}^3/\text{h}$$

Il ricircolo del mixed liquor verrà garantito da una elettropompa sommersa avente portata di circa 20 m<sup>3</sup>/h e da una unità uguale di riserva.

### f) Produzione dei fanghi di supero

La produzione complessiva di fango biologico di supero in tale comparto è data dal contributo delle sezioni di denitrificazione e ossidazione - nitrificazione.

Si vuol far notare che la produzione di fango di supero in denitrificazione, per quanto più contenuta rispetto a quella dovuta alla fase ossidativa vera e propria, non può tuttavia essere ritenuta nulla. In letteratura viene considerata una crescita di fango  $Y_D$  pari a 0,7 kg SST/kg NO<sub>3</sub>-N rimosso oppure pari a 0,155÷0,175 kg SST/kg BOD se rapportata al BOD rimosso (quando viene utilizzato carbonio interno il suo consumo può essere stimato in 3,5÷4 kg BOD/kg NO<sub>3</sub>-N rimosso). In definitiva:

$$X_{SD} = Y_D * TKN_{RD}$$

in cui:

- $Y_D = 0,7$  fattore di crescita della biomassa denitrificante

In ossidazione - nitrificazione la produzione di fango di supero è data dalla somma di due contributi relativi alla popolazione eterotrofa e nitrificante come indicato nella seguente formula:

$$X_{SN} = (Y * BOD_{RN} - K_d * X_N * (1 - f)) + (Y_N * TKN_{RN} - (k_d)_N * X_N * f)$$

in cui:

- $Y = 0,96$  coefficiente di crescita della biomassa ossidante



- $BOD_{RN} =$  BOD rimosso in nitrificazione
- $K_d = 0,043$  coefficiente di scomparsa batterica in ossidazione
- $X_N =$  biomassa totale presente in nitrificazione
- $f =$  frazione biomassa nitrificante sulla biom. totale
- $Y_N = 0,24$  kg SST/kg TKN fattore di crescita biomassa nitrificante
- $TKN_{RN} =$  Azoto nitrificato
- $(K_d)_N = 0,05 d^{-1}$  coefficiente di scomparsa batterica in nitr.

Alle quantità sopra si deve aggiungere la produzione di fango di supero dovuto al materiale inerte assunto per ipotesi pari al 33% degli SST ovvero:

La produzione complessiva di fango di supero biologico è riassunta nella tabella che segue:

| PARAMETRI                                                    | SIMBOLO   | VALORE attuale | VALORE futuro | UNITA' DI MISURA |
|--------------------------------------------------------------|-----------|----------------|---------------|------------------|
| Fango di supero in denitrificazione                          | $X_{SD}$  | 3,6            | 5,2           | kg SST/d         |
| Fango di supero in ossidazione - nitrificazione              | $X_{SN}$  | 5,5            | 10,9          | kg SST/d         |
| Fango di supero da materiale inerte                          | $X_{SIN}$ | 11,1           | 16            | kg SST/d         |
| Fango totale di supero $X_{SUP} = X_{SD} + X_{SN} + X_{SIN}$ | $X_{SUP}$ | 20,2           | 32,1          | kg SST/d         |

### g) Verifica dell'età del fango

L'età del fango complessiva del sistema di predenitrificazione, nitrificazione - ossidazione è pari a:

$$\theta = \frac{(Vol_N + Vol_D) * c_a}{X_{SUP}} = 76,5 \text{ (56) g}$$

### h) Verifica dei tempi medi di permanenza idraulica

Denitrificazione:

$$t_D = \frac{Vol_D}{Q_{24}} = 10 \text{ (7) h}$$

Ossidazione - nitrificazione

$$t_N = \frac{Vol_N}{Q_{24}} = 15 \text{ (10,4) h}$$

### i) Verifica della rimozione del fosforo

Tenendo conto che nel trattamento biologico di denitrificazione, ossidazione - nitrificazione si ha una riduzione di P pari al 1% del  $BOD_5$  abbattuto:

$$P_{R-DNO} = 1\% * (BOD_{RNI} + BODP_{RD}) = 0,41 \text{ (0,6) kg/d} = 2,17 \text{ (2,17) mg/l}$$

all'uscita è lecito attendersi un tenore residuo pari a:

$$P_U = P_I - P_{R-DNO} = 1,4 \text{ (2) kg/d}$$

con concentrazione di:

$$C_{P-U} = \frac{P_U}{Q_d} * 10^3 = 7,2 \text{ (7,2) mg/l}$$

maggiore di 4 mg/l imposti, arbitrariamente, come parametro di uscita. Questo rende necessario operare una defosfatazione tale da abbattere 3,2 mg/l ovvero 0,6 (0,9) kg/d di fosforo per rientrare nei limiti di legge.

### l) Richiesta di ossigeno

La richiesta di O<sub>2</sub> risulta essenzialmente dalla somma delle parti necessarie alla respirazione attiva, alla respirazione endogena ed alla nitrificazione.

Il calcolo dell'ossigeno necessario al processo viene effettuato applicando la seguente formula:

$$AOR = p * a * BOD_{RN} + b * X_N + p * c * TKN_{RN}$$

in cui :

- AOR (Actual Oxygen Rate) = fabbisogno di ossigeno espresso in kgO<sub>2</sub>/d in condizioni operative.
- p = coefficiente moltiplicativo che tiene conto delle punte di carico assunto pari a Cpn=1,5.
- a = coefficiente che indica la richiesta di ossigeno per unità di peso di BOD<sub>5</sub> abbattuto, assunto pari a 0,5 kg O<sub>2</sub>/kg.BOD<sub>5</sub>.
- BOD<sub>RN</sub> = BOD<sub>5</sub> rimosso in ossidazione - nitrificazione espresso in Kg/d.
- b = coefficiente che indica la richiesta di ossigeno per la respirazione endogena di 1 kg di fango, variabile con la temperatura secondo la legge:

$$b_T = b_{20} * 1,084^{(T-20)}$$

con b<sub>20</sub> = 0,1 kgO<sub>2</sub>/kgSST\*d.

- X<sub>N</sub> = quantità di SST presenti in vasca espressi in kgSST/d.
- c = coefficiente che indica la richiesta di ossigeno per nitrificare 1 kg. di azoto, assunto pari a 4,6 kg O<sub>2</sub>/kg TKN.
- TKN<sub>RN</sub> = quantità di azoto rimossa in nitrificazione espressa in Kg./d.

La tabella che segue mostra il fabbisogno orario di ossigeno ( $\frac{AOR}{24}$ ) calcolato nel periodo estivo ed invernale per condizioni di carico normale (p=1) e di punta (p=1,5):

(valori futuri tra parentesi)

| PARAMETRI                                             | SIMBOLO           | ESTATE<br>T=T <sub>E</sub> | INVERNO<br>T=T <sub>I</sub> | UNITA' DI MISURA    |
|-------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------|
| Richiesta totale di O <sub>2</sub> in regime normale  | AOR <sub>24</sub> | 4,3 (5,8)                  | 3,1 (4,3)                   | kgO <sub>2</sub> /h |
| Richiesta totale di O <sub>2</sub> in regime di punta | AOR <sub>p</sub>  | 5,2 (7,1)                  | 4,0 (5,6)                   | kgO <sub>2</sub> /h |

Per la scelta degli aeratori è necessario riferire il fabbisogno di ossigeno AOR alle condizioni Standard SOR (Standard Oxygen Rate), tramite la relazione:

$$SOR = \frac{AOR}{\alpha * \frac{\beta * C_{sw} - C_o}{C_s} * \vartheta^{(T-20)}}$$

dove:

- $\alpha, \beta$  sono coefficienti correttivi che tengono conto delle caratteristiche del liquame trattato (salinità,...) e dell'aria pura (differente diffusione, differente grado di saturazione di ossigeno,...). Si assume  $\alpha=0,9$ ,  $\beta=0,95$ .

$C_{sw}$  = concentrazione ossigeno disciolto alla saturazione in acqua pulita alle condizioni di temperatura e pressione di esercizio. Si ricorda che quest'ultima varia con la pressione idrostatica in rapporto alla posizione della bolla d'aria nel bacino di aerazione

- $C_o$  = concentrazione ossigeno disciolto in condizioni di esercizio uguale a 2 mg/l.
- $C_s$  = concentrazione ossigeno disciolto alla saturazione alla temperatura di 20°C ed alla pressione di 760 mm Hg; viene assunta pari a 9,08 mg/l.
- $\theta$  = coefficiente che tiene conto della temperatura pari a 1,024.
- $T$  = temperatura del liquame in condizioni di esercizio.

La tabella che segue mostra il fabbisogno orario di ossigeno standard ( $\frac{SOR}{24}$ ) ricavato dall'AOR di cui sopra:

**(valori futuri tra parentesi)**

| PARAMETRI                                             | SIMBOLO    | ESTATE<br>$T=T_E$ | INVERNO<br>$T=T_I$ | UNITA' DI MISURA |
|-------------------------------------------------------|------------|-------------------|--------------------|------------------|
| Concentrazione $O_2$ disciolto alla saturazione       | $C_{sw}$   | 8,63              | 8,97               | mg/l             |
| Richiesta totale di $O_2$ standard in regime normale  | $SOR_{24}$ | 10,8 (14,4)       | 9,0 (12,4)         | kg $O_2$ /h      |
| Richiesta totale di $O_2$ standard in regime di punta | $SOR_p$    | 13,0 (17,8)       | 11,6 (16,2)        | kg $O_2$ /h      |

## SISTEMA DI DIFFUSIONE A TAPPETO POROSO

Sapendo che 1 m<sup>3</sup> di aria contiene in condizioni normali 0,28 kg di  $O_2$  ed adottando un sistema di trasferimento mediante diffusione a tappeto poroso con rendimento assunto pari a 25%, si ottiene il seguente fabbisogno di aria ( $\frac{SOR}{0,28 * r\%}$ ):

**(valori futuri tra parentesi)**

| PARAMETRI                                    | SIMBOLO   | ESTATE<br>$T=T_E$ | INVERNO<br>$T=T_I$ | UNITA' DI MISURA   |
|----------------------------------------------|-----------|-------------------|--------------------|--------------------|
| Fabbisogno totale di aria in regime normale  | $Qa_{24}$ | 153,6<br>(207,7)  | 128,2 (176,7)      | Nm <sup>3</sup> /h |
| Fabbisogno totale di aria in regime di punta | $Qa_p$    | 186,3<br>(255,0)  | 165,8 (230,9)      | Nm <sup>3</sup> /h |

Verrà installato un sistema di diffusori porosi con membrana elastica antiintasamento, disposti a sul fondo vasca.

Per l'alimentazione del sistema di diffusione dell'aria verranno installate 2 soffianti a lobi (di cui una di riserva) aventi ciascuna una portata pari a circa 260 Nm<sup>3</sup>/h.

## LOGICA DI FUNZIONAMENTO-STRUMENTAZIONE ED AUTOMAZIONE

Il funzionamento delle soffianti è governato da un misuratore d'ossigeno disciolto installato nella vasca .

L'elettroaggitatore presente nella linea di denitrificazione funzionerà in continuo (24h su 24h).

## MANUTENZIONE ED EMERGENZA

La presenza di una soffiante in posizione di riserva garantisce il funzionamento in continuo del circuito d'aerazione.

In caso di emergenza per manutenzione della linea di denitrificazione si prevede un canale di by-pass con apposite paratoie.

## DEFOSFATAZIONE CHIMICA

### DESCRIZIONE

La rimozione controllata del fosforo attraverso precipitazione chimica è un processo affidabile e ad alta resa.

In particolare, se l'impianto viene dotato del processo di rimozione del fosforo cosiddetto in simultanea, con l'aggiunta di coagulante (sali di ferro o di alluminio) subito a monte della vasca di ossidazione biologica, si ha che il continuo ricircolo di fango e l'effetto di miscelazione dovuto alla presenza del sistema di aerazione, comportano una sensibile riduzione del consumo dei reattivi rispetto ad altri processi di defosfatazione chimica, quali la postprecipitazione, che presentano anche costi impiantistici aggiuntivi.

### PROGETTO

Si considerano i seguenti limiti per il fosforo scaricato in acque superficiali:

| PARAMETRI DI USCITA | SIMBOLO        | VALORE DI PROGETTO | UNITA' DI MISURA |
|---------------------|----------------|--------------------|------------------|
| Concentrazione P    | C <sub>P</sub> | 4                  | mg/l             |

I parametri di dimensionamento adottati in fase di progetto sono i seguenti:

| PARAMETRI DI PROGETTO                      | SIMBOLO          | RELAZIONE                           | VALORE attuale | VALORE futuro | UNITA' DI MISURA  |
|--------------------------------------------|------------------|-------------------------------------|----------------|---------------|-------------------|
| Portata giornaliera                        | Q <sub>d</sub>   | =                                   | 191,3          | 276           | m <sup>3</sup> /d |
| Fosforo entrante nei trattamenti biologici | P <sub>I</sub>   | =                                   | 1,8            | 2,6           | kg/d              |
| Concentrazione fosforo entrante            | C <sub>PI</sub>  | =                                   | 9,4            | 9,4           | mg/l              |
| BOD rimosso nei trattamenti biologici      | BOD <sub>R</sub> | =                                   | 41,5           | 59,8          | kg/d              |
| Fosforo rimosso nei trattamenti biologici  | P <sub>R</sub>   | P <sub>R</sub> =1%*BOD <sub>R</sub> | 0,4            | 0,6           | kg/d              |

Tenendo conto che nel trattamento biologico di denitrificazione, ossidazione - nitrificazione (v. norme UIDA) si ha una riduzione di P pari al 1% del BOD<sub>5</sub> abbattuto, all'uscita è lecito attendersi un tenore residuo pari a:

$$P_U = P_I - P_R = 1,4 \text{ (2) kg/d}$$

al quale corrisponde una concentrazione di:

$$C_{PU} = \frac{P_U}{Q_d} * 10^3 = 7,2 \text{ (7,2) mg/l}$$

maggiore dei 4 mg/l prefissati come limite d'uscita.

Per rispettare le condizioni di progetto sarà necessario rimuovere mediante precipitazione chimica una quantità di fosforo pari a:

$$C_{PR-DEF} = C_{PU} - C_P = 3,2 \text{ mg/l ovvero } P_{R-DEF} = \frac{C_{PR-DEF} * Q_d}{10^3} = 0,6 \text{ (0,9) kg/d.}$$

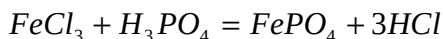
con una resa di abbattimento pari a:

$$\eta = \frac{C_{PR-DEF}}{C_{PU}} * 10^3 = 44 \%$$

### **a) Defosfatazione chimica**

L'abbattimento dei fosfati viene effettuato dosando direttamente nel bacino di ossidazione una soluzione di cloruro ferrico ( $\text{FeCl}_3$ ).

Il relativo dosaggio si ottiene dalle seguenti considerazioni derivanti dalla stechiometria della reazione di precipitazione del fosfato con cloruro ferrico:



Essendo il peso atomico del ferro pari a 56 e quello del fosforo pari a 31, il rapporto tra i due pesi è pari a  $\frac{56}{31} = 1,8$ . Il dosaggio teorico risulta di 1,8 kg di ferro per 1 kg di fosforo da abbattere al quale vanno aggiunti circa 10mg/l di ferro per la formazione dell'idrossido. Occorrerà pertanto dosare ferro nella misura di:

$$\text{kg}_{\text{Fe}} = 1,8 * P_{R-DEF} + \frac{10 * Q_d}{10^3} = 3 \text{ (4,4) kg/d}$$

Essendo il peso molecolare del cloruro ferrico pari a  $56 + 3 * 35 = 161$  il rapporto con il peso atomico del ferro vale  $\frac{161}{56} = 2,875$ . Ne consegue un dosaggio di 2,875 kg di  $\text{FeCl}_3$  per 1 kg di ferro ovvero:

$$\text{kg}_{\text{FeCl}_3} = 2,875 * \text{kg}_{\text{Fe}} = 8,7 \text{ (12,6) kg/d}$$

Infine essendo il cloruro ferrico presente in soluzione commerciale al 41% il dosaggio della soluzione sarà:

$$\text{Soluzione} = \frac{\text{kg}_{\text{FeCl}_3}}{0,41} = 21,2 \text{ (30,6) kg/d}$$

Essendo il peso specifico del cloruro ferrico in soluzione al 41% pari a 1,42 gr/l si ottiene una portata giornaliera di

$$Q_d_{\text{FeCl}_3} = \frac{\text{kg}_{\text{FeCl}_3}}{1,42} = 14,9 \text{ (21,6) l/d}$$

che corrisponde ad una portata oraria di:

$$Q_{24}_{\text{FeCl}_3} = \frac{Q_d_{\text{FeCl}_3}}{24} = 0,6 \text{ (0,9) l/h}$$

Prevedendo un serbatoio di stoccaggio di 1 m<sup>3</sup> si avrà un periodo di autonomia di 67 (46) giorni.

Il dosaggio verrà effettuato da una pompa dosatrice, a portata regolabile automaticamente con asservimento al misuratore di portata e avente una portata max di circa 3 l/h . Viene prevista una unità di riserva.

La miscelazione della sospensione liquame viene assicurata dal sistema di diffusione dell'aria presente in vasca di ossidazione.

### **b) Produzione dei fanghi di supero**

La produzione di fango chimico che si ottiene quando si abbatte il fosforo per via chimica si valuta per via stechiometrica dalla reazione di precipitazione di cui sopra e per l'eccesso della reazione di precipitazione del ferro come idrossido, data l'alcalinità dell'acqua.

Poiché il peso molecolare del fosfato di ferro è pari a:

$$FePO_4 = 56 + 31 + 4 * 16 = 151$$

La quantità di fosforo da rimuovere è di:

$$X_{FePO_4} = 151 * \frac{P_{R-DEF}}{31} = 3 \text{ (4,3) kg/d}$$

A tale quantità va aggiunta quella relativa all'idrossido ferrico prodotto dalla differenza del dosaggio di ferro reale e quello stechiometrico. Essendo il peso molecolari pari a:

$$Fe(OH)_3 = 56 + 3 + 3 * 16 = 107$$

si ottiene:

$$X_{Fe(OH)_3} = 107 * \frac{10 * Q_d / 10^3}{56} = 3,7 \text{ ( 5,3) kg/d}$$

Pertanto il fango chimico prodotto giornalmente sarà pari a:

$$X_{SDEF} = X_{FePO_4} + X_{Fe(OH)_3} = 6,7 \text{ (9,6) kg/d}$$

Questa quantità di fango chimico è da aggiungersi alla quantità di fango prodotto nelle altre sezioni.

## **LOGICA DI FUNZIONAMENTO - STRUMENTAZIONE ED AUTOMAZIONE**

Normalmente la portata delle pompe dosatrici di  $FeCl_3$  sarà regolata sul fabbisogno medio giornaliero in modo da garantire un corretto consumo di reagente.

Essendo le pompe dotate di un regolatore elettronico incorporato, sarà possibile anche poter asservire il dosaggio al segnale 4-20 mA proveniente dal misuratore di portata del refluo trattato.

## **MANUTENZIONE ED EMERGENZA**

La presenza di una pompa dosatrice in posizione di riserva garantirà il funzionamento a regime anche in caso di guasto ad una pompa.

## SEDIMENTAZIONE FINALE

### DESCRIZIONE

La sedimentazione secondaria o finale ha seguenti funzioni:

- funzione di chiarificazione ovvero rimozione degli SST al fine di ottenere un effluente limpido.
- funzione di accumulo ed ispessimento del fango da ricircolare, in parte, nel ciclo biologico e da allontanare come fango di supero.

In particolare la sedimentazione finale statica ben si presta nei piccoli impianti per il basso costo di manutenzione .

### PROGETTO

Il trattamento di sedimentazione finale verrà effettuato in una vasca a base quadrata con tramoggia a marcata pendenza, tale da garantire il deposito dei fanghi sul fondo.

I parametri di dimensionamento adottati in fase di progetto sono i seguenti:

| PARAMETRI DI PROGETTO                | SIMBOLO   | RELAZIONE | VALORE attuale | VALORE futuro | UNITA' DI MISURA |
|--------------------------------------|-----------|-----------|----------------|---------------|------------------|
| Portata di punta nera                | $Q_{pn}$  | =         | 16             | 22            | $m^3/h$          |
| Portata massima pioggia al biologico | $Q_{mpb}$ | =         | 20             | 29            | $m^3/h$          |
| Portata di ricircolo fanghi          | $Q_r$     | =         | 6,2            | 14,8          | $m^3/h$          |
| Conc. fanghi in ossidazione          | $c_a$     | =         | 3,5            | 4,5           | $kgSST/m^3$      |
| Conc. fanghi di ricircolo            | $c_r$     | =         | 8              | 8             | $kgSST/m^3$      |

Si impongono i seguenti parametri:

- Carico idraulico a  $Q_{pn}$   $ci_{pn} = 0,8 \text{ m/h}$
- Carico idraulico a  $Q_{mpb}$   $ci_{mpb} = 1,2 \text{ m/h}$
- Tempo di permanenza a  $Q_{pn}$   $T_{pn} = 3 \text{ h}$
- Flusso solido a  $Q_{pn} + Q_r$   $F_s = 5,5 \text{ kgSS}/m^2 \cdot h$
- Portata allo sfioro a  $Q_{pn}$   $q_{pn} = 10 \text{ m}^3/m \cdot h$

Da tali parametri tramite si ricava:

- Perimetro di sfioro utile min.

$$2p = \frac{Q_{pn}}{q_{pn}} = 1,4 \text{ (2,2) m}$$

- Superficie utile min.

$$S = \max \left( \frac{Q_{pn}}{ci_{pn}}; \frac{Q_{mpb}}{ci_{mpb}}; \frac{Q_{pn} + Q_r}{F_s} \times c_a \right) = 18,5 \text{ (30)}$$

$m^2$

- Volume utile min.

$$V = Q_{pn} \times T_{pn} = 42,6 \text{ (66) } m^3$$



Dai risultati dei calcoli sopra esposti si determina un dimensionamento per la sezione di sedimentazione finale avente le seguenti caratteristiche:

| CARATTERISTICHE<br>SEDIMENTATORE<br>FINALE | SIMBOLO    | RELAZIONE | VALORE<br>attuale | VALORE<br>futuro | UNITA' DI<br>MISURA        |
|--------------------------------------------|------------|-----------|-------------------|------------------|----------------------------|
| Numero linee presenti                      | n          |           | 1                 | 1                | n°                         |
| Tipologia                                  |            | statico   |                   |                  |                            |
| Lunghezza                                  | l          | =         | 5,5               | 5,5              | m                          |
| Larghezza                                  | b          | =         | 5,5               | 5,5              | m                          |
| Altezza d'acqua utile<br>media             | h          | =         | 3                 | 3                | m                          |
| Carico idraulico a $Q_{pn}$                | $ci_{pn}$  | =         | 0,5               | 0,7              | m/h                        |
| Carico idraulico a $Q_{mpb}$               | $ci_{mpb}$ | =         | 0,6               | 1,0              | m/h                        |
| Tempo di permanenza a<br>$Q_{pn}$          | $T_{pn}$   | =         | 6,4               | 4,1              | h                          |
| Flusso solido a $Q_{pn} + Q_r$             | $F_s$      | =         | 3,4               | 5,5              | kgSS/m <sup>2</sup> *<br>h |
| Portata allo sfioro a $Q_{pn}$             | $q_{pn}$   | =         | 1,8               | 2,8              | m <sup>3</sup> /m*h        |

## ESTRAZIONE FANGHI DI RICIRCOLO E SUPERO

Come precedentemente calcolato (riferimento trattamenti biologici), per mantenere una concentrazione del fango nel biologico pari a 3,5 (4,5) kg/m<sup>3</sup> è necessario un ricircolo di fango, allo 0,8%, pari a 6,2 (14,8) m<sup>3</sup>/h.

Inoltre, come calcolato nei capitoli precedenti, dal fondo del sedimentatore finale dovrà essere allontanata una quantità di fango di supero pari a 26,9 (41,7) kg/d che, alla concentrazione 0,8 %, ovvero 8 kg/m<sup>3</sup>, comporterà una portata volumetrica pari a 3,4 (5,2) m<sup>3</sup>/d.

La produzione complessiva di fango di supero è riassunta nella tabella che segue:

| PARAMETRI                                                                       | SIMBOLO    | VALORE<br>attuale | VALORE<br>futuro | UNITA' DI MISURA |
|---------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------|------------------|------------------|
| Fango di supero in<br>denitrificazione                                          | $X_{SD}$   | 3,6               | 5,2              | kg SST/d         |
| Fango di supero in<br>ossidazione -<br>nitrificazione                           | $X_{SN}$   | 5,5               | 10,9             | kg SST/d         |
| Fango di supero da<br>materiale inerte                                          | $X_{SIN}$  | 11,1              | 16               | kg SST/d         |
| Fango di supero dalla de<br>fosfatazione chimica                                | $X_{SDEF}$ | 6,7               | 9,6              | kg SST/d         |
| Fango totale di supero<br>$X_{SUP} =$<br>$X_{SD} + X_{SN} + X_{SIN} + X_{SDEF}$ | $X_{SUP}$  | 26,9              | 41,7             | kg SST/d         |

## LOGICA DI FUNZIONAMENTO- STRUMENTAZIONE ED AUTOMAZIONE

A fianco del sedimentatore verrà realizzato un pozzetto nel quale confluiranno i fanghi, dal fondo del sedimentatore stesso, tramite apposita tubazione. La tubazione terminerà nel pozzetto con una valvola telescopica che, opportunamente regolata, sarà in grado di garantire una concentrazione pressoché costante dei fanghi in uscita, intorno a  $8 \text{ kg/m}^3$ . Nel pozzetto verranno installate complessivamente 2 elettropompe sommergibili di ricircolo (di cui una di riserva). Le pompe di ricircolo saranno asservite a regolatori di livello e l'estrazione dei fanghi di supero sarà effettuata mediante "spillamento" dal circuito di ricircolo, tramite l'apertura di un'apposita valvola a saracinesca, che consentirà di convogliare i fanghi spillati al serbatoio di accumulo e ispessimento. Un misuratore magnetico di portata verrà inserito nella tubazione dei fanghi di ricircolo.

## MANUTENZIONE ED EMERGENZA

La presenza di una pompa di ricircolo in posizione di riserva garantirà il funzionamento a regime anche in caso di guasto ad una pompa. Le pompe saranno dotate di attrezzatura di sollevamento tale da permettere l'estrazione in caso di guasto.

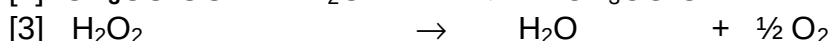
## DISINFEZIONE E MISURA DI PORTATA

### DESCRIZIONE

#### Disinfezione con Acido Peracetico

La disinfezione delle acque, in uscita dal processo di depurazione, verrà effettuata con aggiunta di un reagente chimico: l'acido peracetico.

L'acido peracetico (PAA) si produce dalla reazione fra acqua ossigenata ed acido acetico; la soluzione disinfettante contiene il 10 - 15 % di prodotto chimico. Le reazioni di equilibrio e di decomposizione sono le seguenti:



Le reazioni del PAA non danno origine a sottoprodotti tossici.

Alcune prove su colture ortive come pomodoro, peperone, fagiolo, hanno mostrato che la tossicità del reattivo residuo per le colture stesse risultava nulla. La tecnologia prevista, basata sull'utilizzo di miscela stabilizzata dall'equilibrio di acido peracetico (principio attivo), perossido di idrogeno ed acido acetico, ha permesso, pur avvalendosi di una tecnica di impiego semplice, perché non richiede l'ausilio di sofisticate soluzioni impiantistiche, di ottenere risultati pienamente in linea con le aspettative di cui sopra.

Le specifiche proprietà chimico-batteriologiche dell'acido peracetico si riassumono come di seguito:

- è uno dei più potenti disinfettanti conosciuti;
- non sono mai stati osservati fenomeni di assuefazione;
- i prodotti di decomposizione (ossigeno e acido peracetico) sono perfettamente compatibili;
- non si verificano mai reazioni collaterali del prodotto o formazione di composti tossici e indesiderati;
- l'acido peracetico, ai dosaggi impiegati, non risulta fitotossico o ittiossico.

Le sperimentazioni condotte su numerosi impianti, hanno confermato le eccellenti performances del prodotto sulla disinfezione spinta di acque reflue urbane.

Il residuo di acido peracetico, ancora presente nella post-disinfezione, consente, inoltre, unitamente all'acqua ossigenata presente nella soluzione, di conferire un'ottima batteriostaticità al refluo anche dopo ore dal trattamento.

### PROGETTO

I parametri di dimensionamento adottati in fase di progetto sono i seguenti:

| PARAMETRI DI PROGETTO | SIMBOLO   | RELAZIONE | VALORE attuale | VALORE futuro | UNITA' DI MISURA  |
|-----------------------|-----------|-----------|----------------|---------------|-------------------|
| Portata media         | $Q_{24}$  | =         | 8              | 11,5          | m <sup>3</sup> /h |
| Portata di pioggia al | $Q_{mpb}$ | =         | 20             | 29            | m <sup>3</sup> /h |

|                            |            |   |    |    |                       |
|----------------------------|------------|---|----|----|-----------------------|
| biologico                  |            |   |    |    |                       |
| Portata di massima pioggia | $Q_{\max}$ | = | 40 | 58 | $\text{m}^3/\text{h}$ |

Si impongono i seguenti parametri:

- Tempo di permanenza minimo a  $Q_{24}$   $T_{24} = 30 \text{ min}$
- Tempo di permanenza minimo a  $Q_{\text{mpb}}$   $T_{\text{mpb}} = 15 \text{ min}$

Da tali parametri si ricava:

- Volume utile  $Vol = \max(Q_{24} \times T_{24}; Q_{\text{mpb}} \times T_{\text{mpb}}) = 5 (7,3) \text{ m}^3$

A seguito dei calcoli teorici sopra esposti si prevede una sezione di disinfezione avente le seguenti caratteristiche:

| CARATTERISTICHE E CLORAZIONE                  | SIMBOLO          | RELAZIONE | VALORE attuale | VALORE futuro | UNITA' DI MISURA |
|-----------------------------------------------|------------------|-----------|----------------|---------------|------------------|
| Numero linee di presenti                      | n                |           | 1              | 1             | n°               |
| Volume singola linea                          | V                | =         | 9,6            | 9,6           | $\text{m}^3$     |
| Volume totale                                 | $V_{\text{TOT}}$ | =         | 9,6            | 9,6           | $\text{m}^3$     |
| Tempo di permanenza minimo a $Q_{24}$         | $T_{24}$         | =         | 72             | 50            | min.             |
| Tempo di permanenza minimo a $Q_{\text{mpb}}$ | $T_{\text{mpb}}$ | =         | 29             | 20            | min.             |
| Tempo di permanenza minimo a $Q_{\max}$       | $T_{\max}$       | =         | 14,5           | 10            | min.             |

Si prevede il trattamento di disinfezione mediante soluzione commerciale di acido peracetico al 14%. Il dosaggio medio previsto può essere assunto pari a 4 mg/l, pari a circa  $\frac{4}{0,14} = 28,57 \text{ ml/m}^3$  di PAA in soluzione commerciale

Da tale dosaggio si ricava:

- Portata di PAA a  $Q_{24}$   $Q_{\text{PAA}/24} = \frac{Q_{24} \times 21,43}{1000} = 0,2 (0,3) \text{ l/h}$
- Portata di PAA a  $Q_{\text{mpb}}$   $Q_{\text{PAA}/\text{mpb}} = \frac{Q_{\text{mpb}} \times 21,43}{1000} = 0,6 (0,8) \text{ l/h}$

Si prevede un serbatoio di stoccaggio di 1  $\text{m}^3$  che consentirà un'autonomia di 183 (127) giorni .

Il dosaggio verrà effettuato da una pompa dosatrice in grado di erogare fino a circa 3 l/h in modo da coprire ampiamente il fabbisogno anche in caso di trattamento della 5Qm.

MISURA DI PORTATA

Si prevede l'installazione di un misuratore di portata ad ultrasuoni sullo stramazzo di uscita dalla clorazione.

Il misuratore sarà completo di indicatore, totalizzatore e trasmettitore con segnale 4-20 mA per consentire la regolazione automatica delle pompe dosatrici.

#### LOGICA DI FUNZIONAMENTO - STRUMENTAZIONE ED AUTOMAZIONE

Le pompe dosatrici saranno dotate di un regolatore elettronico incorporato che, in funzione del segnale 4-20 mA proveniente dal misuratore di portata del refluo trattato, modula la portata di reagente erogata. In tal modo, il consumo di reagente nelle diverse ore della giornata sarà sempre commisurato all'effettivo fabbisogno, ottenendo così un risparmio nei costi di gestione ed un'alta resa del processo.

#### MANUTENZIONE ED EMERGENZA

La presenza di una pompa dosatrice in posizione di riserva garantirà il funzionamento a regime anche in caso di guasto ad una pompa.

## RICIRCOLO E SUPERO FANGHI

### DESCRIZIONE - PROGETTO

#### RICIRCOLO

Come precedentemente calcolato (riferimento trattamenti biologici), per mantenere una concentrazione del fango nel biologico pari a  $3,5 (4,5) \text{ kg/m}^3$  è necessario un ricircolo pari a  $6,2 (14,8) \text{ m}^3/\text{h}$ .

A fianco del sedimentatore verrà realizzato un pozzetto nel quale confluiranno i fanghi, dal fondo del sedimentatore stesso, tramite apposita tubazione. La tubazione terminerà nel pozzetto con una valvola telescopica che, opportunamente regolata, consentirà di controllare, al meglio, la portata estratta e la concentrazione.

Per ricircolare il fango, verranno installate 2 elettropompe sommergibili (di cui una di riserva) aventi ciascuna una portata di circa  $15 \text{ m}^3/\text{h}$ .

#### SUPERO

Come calcolato nei capitoli precedenti, dal fondo del sedimentatore finale verrà estratta una quantità di fango di supero pari a  $26,9 (41,7) \text{ kg/d}$  che, alla concentrazione del  $c_r=0,8 \%$ , ovvero  $8 \text{ kg/m}^3$ , comporterà una portata volumetrica sarà pari a  $3,4 (5,2) \text{ m}^3/\text{d}$ .

La produzione complessiva di fango di supero è riassunta nella tabella che segue:

| PARAMETRI                                                                  | SIMBOLO    | VALORE attuale | VALORE futuro | UNITA' DI MISURA |
|----------------------------------------------------------------------------|------------|----------------|---------------|------------------|
| Fango di supero in denitrificazione                                        | $X_{SD}$   | 3,6            | 5,2           | kg SST/d         |
| Fango di supero in ossidazione - nitrificazione                            | $X_{SN}$   | 5,5            | 10,9          | kg SST/d         |
| Fango di supero da materiale inerte                                        | $X_{SIN}$  | 11,1           | 16            | kg SST/d         |
| Fango di supero dalla defosfatazione chimica                               | $X_{SDEF}$ | 6,7            | 9,6           | kg SST/d         |
| Fango totale di supero<br>$X_{SUP} = X_{SD} + X_{SN} + X_{SIN} + X_{SDEF}$ | $X_{SUP}$  | 26,9           | 41,7          | kg SST/d         |

### LOGICA DI FUNZIONAMENTO- STRUMENTAZIONE ED AUTOMAZIONE

Le pompe di ricircolo saranno asservite a regolatori di livello che ne determineranno l'attacca/stacca in funzione dell'effettivo livello di fanghi nel pozzetto.

L'estrazione dei fanghi di supero sarà effettuata mediante "spillamento" dal circuito di ricircolo tramite l'apertura di un'apposita valvola a saracinesca, che consentirà di convogliare i fanghi al serbatoio di accumulo e ispessimento.

Un misuratore magnetico di portata, con indicatore e totalizzatore, verrà inserito nella tubazione dei fanghi di ricircolo in modo che l'operatore, avendo il controllo della portata, potrà determinare i tempi giornalieri di apertura della valvola di spillamento.

### MANUTENZIONE ED EMERGENZA

La presenza di una pompa di ricircolo in posizione di riserva garantirà il funzionamento a regime anche in caso di guasto ad una pompa. Le pompe saranno dotate di attrezzatura di sollevamento tale da permettere l'estrazione in caso di guasto.

## ACCUMULO E ISPESSIMENTO FANGHI

### DESCRIZIONE

L'ispessimento dei fanghi consente di ridurre il tenore di acqua nel fango con conseguente diminuzione del volume e del peso del fango da smaltire e quindi degli oneri di smaltimento. L'acqua che si estrae in tale fase (supernatante) viene convogliata, tramite apposita tubazione a gravità, a monte dei trattamenti depurativi, nel pozzetto di sollevamento iniziale.

### PROGETTO

Per quanto già descritto nelle sezioni precedenti, all'ispessimento viene inviata un quantitativo giornaliero di fanghi di supero pari a 26,9 (41,7) kg/d che, alla concentrazione dello 0,8 %, , comporterà una portata volumetrica pari a 3,4 (5,2) m<sup>3</sup>/d.

Si impongono i seguenti parametri:

- Carico ponderale (flusso solido) del fango  $F_s = 50 \text{ kgSST/m}^2 \cdot \text{d}$
- Carico idraulico del fango  $v_l = 20 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$
- Tempo di permanenza min.  $T_p = 2 \text{ d}$

Se ne ricava:

- Superficie utile minima  $S_{\min} = 0,5 (0,8) \text{ m}^2$
- Volume utile min  $V_{\min} = 6,7 (10,4) \text{ m}^3$

Dai risultati dei calcoli sopra esposti si decide il seguente dimensionamento per la sezione di preispessimento e accumulo :

| CARATTERISTICHE PREISPESSITORE              | SIMBOLO           | RELAZIONE | VALORE attuale | VALORE futuro | UNITA' DI MISURA                  |
|---------------------------------------------|-------------------|-----------|----------------|---------------|-----------------------------------|
| Numero linee presenti                       | n                 |           | 1              | 1             | n°                                |
| Tipologia                                   |                   | statico   |                |               |                                   |
| Diametro                                    | D                 | =         | 2,2            | 2,2           | m                                 |
| Superficie utile                            | S                 | =         | 3,8            | 3,8           | m <sup>2</sup>                    |
| Altezza utile di fango                      | H                 | =         | 2,8            | 2,8           | m                                 |
| Volume utile                                | V                 | =         | 10,6           | 10,6          | m <sup>3</sup>                    |
| Carico ponderale (flusso solido) del fango  | F <sub>s</sub>    | =         | 7,1            | 11            | kgSST/m <sup>2</sup> *d           |
| Carico idraulico del fango                  | v <sub>l</sub>    | =         | 0,9            | 1,4           | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *d |
| Tempo di accumulo del fango ispessito al 3% | T <sub>acc.</sub> | =         | 11,7           | 7,5           | g                                 |

### LOGICA DI FUNZIONAMENTO - STRUMENTAZIONE ED AUTOMAZIONE

Il volume utile consentirà un accumulo di fango ispessito al 3% circa di almeno una settimana anche nella configurazione futura. Con cadenza settimanale, quindi, il fango dovrà essere estratto, con apposita autobotte e trasportato ad un altro impianto attrezzato per la disidratazione o altri tipi di trattamenti e smaltimenti finali.

Una apposita valvola con attacco rapido per autobotte agevolerà le operazioni.

#### MANUTENZIONE ED EMERGENZA

Sono previsti due letti di essiccamento naturale come presidio d'emergenza nel caso in cui, momentaneamente, non si possa utilizzare il serbatoio di accumulo ed ispessimento.



## LETTI DI EMERGENZA FANGHI

### DESCRIZIONE

I letti di essiccamento costituiscono il sistema più semplice di disidratazione naturale dei fanghi. La caratteristica principale di tali impianti è il raggiungimento di basse umidità del fango e l'assenza di uso di reagenti chimici.

Attualmente, la tendenza è di utilizzarli come strutture ausiliarie di emergenza, di dimensioni complessive ridotte, da utilizzare nel caso di malfunzionamento e necessità di manutenzione di altre macchine.

### PROGETTO

Nel progetto in esame il loro utilizzo è previsto solo in condizioni di emergenza.

Per quanto già descritto, nella sezione di "Accumulo e Ispessimento", ai letti di essiccamento viene inviata, in condizioni di emergenza, una miscela giornaliera di fanghi avente le seguenti caratteristiche:

| PARAMETRI DI PROGETTO   | SIMBOLO    | RELAZIONE | VALORE attuale | VALORE futuro | UNITA' DI MISURA  |
|-------------------------|------------|-----------|----------------|---------------|-------------------|
| Fango totale di supero  | $X_E$      |           | 26,9           | 41,7          | kg SST/g          |
| Età del fango           | $\theta_E$ |           | 76,5           | 56            | g                 |
| Portata fango di supero | $Q_E$      |           | 3,4            | 5,2           | m <sup>3</sup> /g |
| Concentrazione fango    | $C_E$      | =         | 8              | 8             | kg/m <sup>3</sup> |

Si impongono i seguenti parametri:

- Concentrazione media assunta nel letto  $C_U = 10 \%$
- Tempo di permanenza del fango nel letto  $T_p = 5 \text{ g}$

dai quali si ricava:

- Volume utile minimo  $V = X_E \times T_p = 1,3 (2,1) \text{ m}^3$

Si prevede l'esecuzione di 2 unità aventi le seguenti caratteristiche:

| CARATTERISTICHE LETTO  | SIMBOLO | RELAZIONE    | VALORE attuale | VALORE futuro | UNITA' DI MISURA |
|------------------------|---------|--------------|----------------|---------------|------------------|
| Numero linee presenti  | n       |              | 2              | 2             | n°               |
| Tipologia              |         | rettangolare |                |               |                  |
| lato1                  | D       | =            | 3              | 3             | m                |
| lato2                  | D       | =            | 2              | 2             | m                |
| Altezza utile di fango | H       | =            | 0,4            | 0,4           | m                |
| Superficie complessiva | S       | =            | 12             | 12            | m <sup>2</sup>   |
| Volume complessivo     | V       | =            | 4,8            | 4,8           | m <sup>3</sup>   |

### FUNZIONAMENTO

I letti verranno alimentati da un sistema di tubazioni dotati di valvole d'intercettazione per ogni singolo letto. Il liquido surnatante prodotto verrà riportato in testa all'impianto.