

00	16/07/2012	EMISSIONE	AGOSTI	TORRESENDI	ZAMBARDA
REV	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO

<b>MORETTA</b> COMUNE	<b>CUNEO</b> PROVINCIA	<b>PIEMONTE</b> REGIONE
--------------------------	---------------------------	----------------------------

**NUOVO IMPIANTO DI DEPURAZIONE  
A SERVIZIO DEL COMPLESSO  
INDUSTRIALE IN.AL.PI. S.P.A.**

**G02**

TAVOLA /  
ELABORATO

TITOLO

SCALA

**IN.AL.PI. S.P.A.**

PROPRIETA' / COMMITTENTE



ING. ANDREA AGOSTI



PROGETTISTA

ING. VALERIO ZAMBARDA



INGEGNERE DI PROCESSO

IMPRESA

PROPRIETA' / COMMITTENTE

NOME TAVOLA /  
ELABORATO

## RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO

ING. ANDREA AGOSTI - via san pancrazio 28 - 37013 caprino veronese (VR) - ing.agosti@gmail.com - M + 39 348 8274524  
SAVI LABORATORI s.r.l. - via roma 80 - 46037 roncoferraro (MN) - info@savilab.it - P +39 0376 663917 - F + 39 0376664993

<b>INTRODUZIONE</b>	<b>2</b>
<b>1 DATI DI PROGETTO</b>	<b>2</b>
1.1 Origine e natura delle acque reflue	2
1.2 Liquame di progetto	3
1.3 Limiti di emissione	4
<b>2 OBIETTIVI</b>	<b>5</b>
<b>3 SCHEMA FUNZIONALE E CRITERI DI PROGETTAZIONE</b>	<b>5</b>
3.1 Criteri guida	6
3.2 Criteri di progettazione	8
<b>4 CARATTERISTICHE TECNICHE</b>	<b>9</b>
4.1 Rumori, odori e aerosol	11
4.2 Qualità dei materiali utilizzati	12

## INTRODUZIONE

La presente relazione tecnica di processo, sulla base delle caratteristiche quantitative e qualitative del refluo da trattare, sulla base dei limiti di emissione ammessi, individua e dimensiona i vari comparti che costituiscono il nuovo impianto di depurazione a servizio del complesso industriale IN.AL.PI..

Il presente documento è così strutturato:

- il capitolo 1 illustra i dati di progetto
- il capitolo 2 descrive gli obiettivi
- il capitolo 3 illustra lo schema funzionale e i criteri di progettazione
- il capitolo 4 definisce le caratteristiche tecniche

## 1 DATI DI PROGETTO

### 1.1 ORIGINE E NATURA DELLE ACQUE REFLUE

Il liquame da depurare deriva dalle attività di produzione, confezionamento, distribuzione e vendita di:

- formaggi, formaggini, formaggi fusi e fettine
- burro
- formaggio grattugiato ed essiccato
- latte in polvere.

Pertanto si tratta di un'attività rientrante nella famiglia dell'industria casearia che, in generale, produce un refluo che presenta:

- forti fluttuazioni di portata e di qualità
- pH molto variabile in funzione delle sostanze utilizzate per i lavaggi (soda e/o acidi) e/o di eventuali fermentazioni acide
- saltuaria presenza di elevate concentrazioni di azoto nitrico a causa di lavaggi con acido nitrico
- elevata concentrazione di grassi ed oli
- elevato carico organico.

Date le caratteristiche del refluo, in particolare la presenza di grassi ed oli e di substrati facilmente biodegradabili, nei processi biologici risultano favoriti alcuni ceppi di batteri filamentosi (nocardioformi, *M. pavicella*, *Tipo 021N*, ecc.) che determinano problematiche gestionali quali la presenza di schiume (*foaming*) e il *bulking*.

Esse sono state debitamente considerate nell'ambito del progetto proposto (cfr. par. 3.1 e 3.2).

## 1.2 LIQUAME DI PROGETTO

Le caratteristiche del liquame assunte per la progettazione del depuratore sono state fornite da IN.AL.PI e fanno riferimento alla previsione a 5 anni. Vengono riepilogate nella tabella 1.1.

Portata media* (m <sup>3</sup> /d)	2.500
Portata di punta** (m <sup>3</sup> /h)	166,67
COD (mg/L)	3.000
BOD (mg/L)	1.800
SST (mg/L)	600
TKN (mg/L)	90
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	10
P <sub>tot</sub> (mg/L)	30
N-NO <sub>x</sub> (mg/L)	0,1 - 100
Oli e grassi (mg/L)	400
Carico organico (a.e.) <sup>^</sup>	75.000

\*nei giorni di massimo consumo(venerdì e sabato)

\*\*coefficiente di punta=1,6 (in linea con una produzione 16h/24h)

<sup>^</sup>1 a.e. = 60 g BOD/(a.e.\*d)

**Tabella 1.1** – Liquame di progetto.

### 1.3 LIMITI DI EMISSIONE

I limiti di emissione fanno riferimento alla tabella 3, allegato V, parte III, del D.Lvo 152/06, colonna “scarico in acque superficiali”.

Tuttavia, con riferimento alle forme azotate, al fine di:

- 1) evitare fenomeni di rising già facilitati dalle caratteristiche del refluo (cfr. par. 1.1);
- 2) migliorare la gestione economica dell’impianto;
- 3) aumentare la stabilità di processo e la protezione dell’ambiente;

nel calcolo sono stati assunti valori di progetto tali da assicurare elevati margini di sicurezza nel rispetto dei limiti imposti allo scarico. La tabella 1.2 illustra i limiti di emissione dettati dalla normativa.

	Limiti allo scarico
COD (mg/L)	160
BOD (mg/L)	40
SST (mg/L)	80
P <sub>tot</sub> (mg/L)	10
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	15
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	0,6
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	20
Oli e grassi (mg/L)	20

**Tabella 1.2** – Limiti di emissione.

## 2 OBIETTIVI

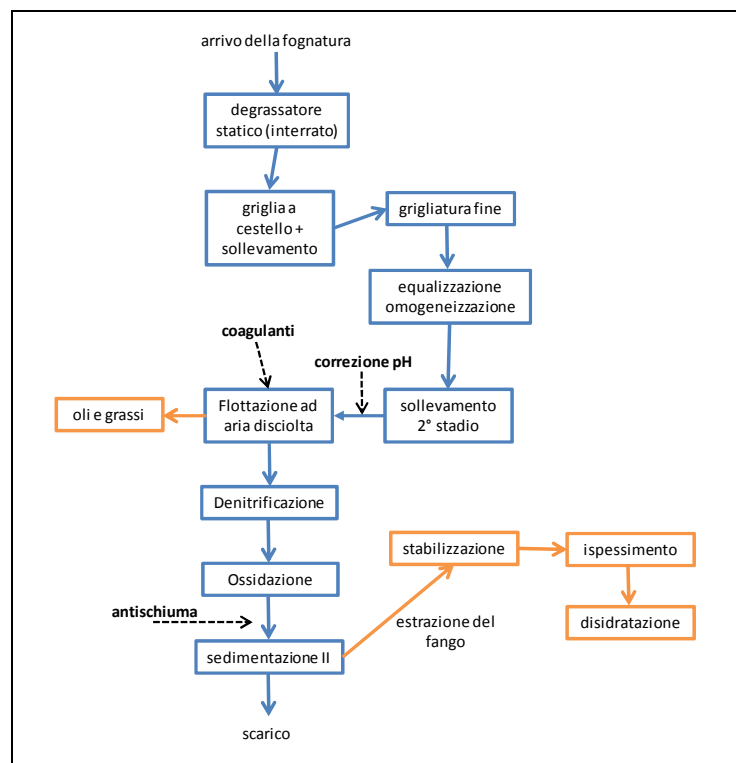
L'impianto viene dimensionato tenendo conto delle migliori tecnologie di settore oggi disponibili, indicate anche dalla Commissione Europea (Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industries, August 2006, European Commission).

L'impianto viene progettato perseguendo i seguenti obiettivi generali:

- conformità alle vigenti norme in materia di protezione ambientale (limiti di emissione in acqua, aria, rumori e odori) e sicurezza del lavoro
- alta affidabilità dei processi e delle macchine
- alta flessibilità gestionale
- contenimento dei costi di gestione e dei costi di realizzazione
- risparmio di superficie (layout compatto).

## 3 SCHEMA FUNZIONALE E CRITERI DI PROGETTAZIONE

La figura 3.1 illustra lo schema funzionale dei trattamenti di progetto. Di seguito si illustrano i criteri guida adottati per la definizione dei trattamenti e, a pagina successiva, si esplicitano i criteri di progettazione.



**Figura 3.1** – Schema funzionale dei trattamenti di progetto. In blu la linea acque, in arancione la linea fanghi.

L'unica macchina che si intende riutilizzare, tra quelle oggi installate, è la centrifuga.

I principali dati dimensionali dei comparti sono:

- volume complessivo equalizzazione: 1.242 m<sup>3</sup> (battente 4,4 m)
- volume complessivo comparto biologico: 4.158 m<sup>3</sup> (battente 4,4 m)
- superficie complessiva sedimentazione II: 288 m<sup>2</sup>
- volume complessivo stabilizzazione: 496 m<sup>3</sup>
- superficie ispessitore meccanico a gravità: 50 m<sup>2</sup>.

### 3.1 CRITERI GUIDA

I criteri guida per la definizione della filiera sopra individuata si possono così riepilogare:

- separare gli oli ed i grassi prima di immetterli nel depuratore e, in particolare, prima di immetterli nel processo biologico. In questo modo si evitano possibili intasamenti di pompe e/o tubazioni e, soprattutto, si diminuisce il carico inquinante immesso nel comparto biologico. Il primo obiettivo è ottenuto con il degrassatore statico, il secondo obiettivo con la flottazione ad aria disciolta;
- alimentare il comparto biologico con un refluo avente portata e qualità poco variabili. Questo obiettivo viene raggiunto grazie all'equalizzazione, alla correzione del pH e all'azione dei flottatori ad aria disciolta. Le logiche di automazione prevedono:
  - dosaggio automatico di basi o acidi in funzione del pH misurato on-line da un'apposita sonda
  - regolazione automatica della portata in base al livello idrico in equalizzazione e alla misura on-line della portata sollevata

L'equalizzazione sarà aerata tramite diffusori di fondo, più efficienti e più affidabili (richiedono meno manutenzione) degli aeratori meccanici, con il duplice obiettivo di prevenire il formarsi di cattivi odori e favorire la degradazione della sostanza organica;

- ridurre il carico inquinante da trattare nel comparto biologico. Questo obiettivo è ottenuto dosando opportuni coagulanti nei flottatori ad aria disciolta. In questo modo, oltre a rimuovere oli e grassi, si ottengono elevate rese di rimozione della sostanza organica, dell'azoto totale e del fosforo totale;

- assicurare la presenza di un volume dedicato alla denitrificazione. Il progetto prevede un volume di pre-denitrificazione minimo, pari a 400 m<sup>3</sup> circa, in modo da tenere sotto controllo la concentrazione di azoto nitrico nei sedimentatori ed evitare il rising ( $\text{N-NO}_3 \leq 7 \text{ mg/L}$ );
- lasciare la possibilità di variare il volume di denitrificazione. Qui ci si riferisce alla possibilità che l'azoto nitrico e nitroso introdotti nei reattori biologici possano raggiungere anche concentrazioni di 100 mgN/L. In questo caso, data la grande disponibilità di carbonio, si può instaurare la denitrificazione ma è necessario avere volume anossico a sufficienza. Per questo è prevista una sonda di misura dei nitrati, da installare sul rilancio dell'equalizzazione, grazie alla quale il sistema di controllo "deciderà" quanto volume dei reattori biologici lasciare aerato e quanto volume dedicare alla predenitrificazione. Infatti i diffusori di fondo saranno montati a gruppi su calate dotate di valvola motorizzata. All'aumentare dell'azoto nitrico e nitroso, corrisponderà una diminuzione delle calate aperte;
- contenere il consumo di area. Questo viene ottenuto sia adottando vasche a pianta quadrata e rettangolare (anziché circolare), sia adottando una concentrazione di biomassa pari a 5 gSS/L. Inoltre, dato che i flottatori ad aria disciolta riducono il carico inquinante da depurare, anch'essi determinano un risparmio di area;
- contenere le emissioni sonore. I compressori, oltre ad essere dotati di cabina insonorizzata, saranno alloggiati in un locale chiuso e insonorizzato. In questo modo si proteggono le macchine e si garantisce l'assoluto rispetto dei limiti di emissione sonori anche per le aree limitrofe (classe acustica V);
- contenere i consumi energetici. È noto che il principale punto di consumo elettrico è costituito dall'insufflazione dell'aria. Per questo si sono adottati diffusori di fondo a bolle fini che presentano capacità specifiche di trasferimento di ossigeno (kg O<sub>2</sub>/kWh) più che doppie rispetto agli aeratori meccanici. Peraltro anche la manutenzione è molto più semplice.

I compressori dell'ossidazione saranno asserviti ad inverter ed il PLC provvederà a regolarne la frequenza in base alla concentrazione di ossigeno disciolto nel reattore biologico.



### 3.2 CRITERI DI PROGETTAZIONE

Si riassumono i principali parametri di progetto delle diverse sezioni:

- equalizzazione: tempo di permanenza idraulica di 12 ore, volume pari a circa 1.250 m<sup>3</sup>. Il momento critico è rappresentato dallo scarico di 2.500 m<sup>3</sup>/d in 16 ore di lavoro. Risulta:
  - portata immessa in equalizzazione =  $2.500 \text{ m}^3/\text{d} / 16\text{h/d} = 156,25 \text{ m}^3/\text{h}$
  - portata immessa nel depuratore = 104,2 m<sup>3</sup>/h
  - volume di accumulo necessario =  $(156,25 - 104,2 \text{ m}^3/\text{h}) * 16 \text{ h} = 833 \text{ m}^3$
  - il volume disponibile (1.250 m<sup>3</sup>) è superiore al minimo richiesto e, pertanto, il comparto è correttamente dimensionato.
- flottazione ad aria disciolta: per cautela rispetto al dimensionamento del comparto biologico, vengono assunte rese di rimozione dei diversi inquinanti inferiori ai valori massimi prevedibili. In particolare le rimozioni ipotizzate sono:
  - COD e BOD: 60%
  - TKN: 30%
  - P<sub>tot</sub>: 50%
  - Oli e grassi: 90%
- processo biologico: viene dimensionato a 12°C, con una concentrazione di SST di 5 g/L. Per la denitrificazione è assunta una velocità a 20 °C di 72 mg N-NO<sub>3</sub>/(gSS\*d), con un coefficiente di sicurezza di 1,5. Il comparto biologico viene invece dimensionato con un carico del fango di 0,1 kgBOD/(kg SS\*d). Questo assicura maggiore efficacia nella rimozione del COD, maggiore flessibilità gestionale e minore produzione di fango. Il refluo di progetto in ingresso al comparto biologico, dopo la flottazione ad aria disciolta, presenta le seguenti caratteristiche:
  - BOD: 720 mg/L
  - N<sub>tot</sub>: 63 mg/L
  - P<sub>tot</sub>: 15 mg/L

I volumi dei reattori biologici sono 3.700 m<sup>3</sup> aerabili e 400 m<sup>3</sup> non aerabili (predenitrificazione minima). Nel caso di immissione di azoto nitrico e nitroso pari a 100

mgN/L, occorrerebbe un volume di denitrificazione di  $2.200 \text{ m}^3$ . Esso potrà essere ottenuto chiudendo le valvole delle calate dei diffusori di fondo. In questo modo la denitrificazione rimuoverà anche il BOD, che passerà da  $720 \text{ mg/L}$  a  $270 \text{ mg/L}$ , così che il comparto aerato rimanente (volume pari a  $1.900 \text{ m}^3$ ) presenterà un carico del fango pari a  $0,07 \text{ kgBOD}/(\text{kgSS} \cdot \text{d})$ , idoneo alla rimozione di BOD e alla nitrificazione.

- sedimentatori finali: dato che il fango è soggetto a bulking, a causa della natura del refluo da trattare che è ricco di oli e grassi e materiale organico facilmente degradabile, il dimensionamento dei sedimentatori è stato effettuato con particolare prudenza. Si riportano i parametri progettuali adottati:
  - portata di calcolo:  $1,25 * 2.500 \text{ m}^3/\text{d} = 3.125 \text{ m}^3/\text{d}$
  - portata di ricircolo:  $1,5 * 2.500 \text{ m}^3/\text{d} = 3.750 \text{ m}^3/\text{d}$
  - superficie totale del comparto di sedimentazione:  $288 \text{ m}^2$
  - carico idraulico (su portata di calcolo):  $0,45 \text{ m/h}$
  - flusso solido limite:  $5 \text{ kgSS}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$

## 4 CARATTERISTICHE TECNICHE

1. prestazioni: l'impianto deve scaricare un refluo che rispetti i limiti di emissione dettati dal D.Lvo 152/06. La filiera di trattamento adottata comprende sia trattamenti chimico/fisici (flottazione ad aria disciolta), sia trattamenti biologici. Essa è conforme alle più recenti indicazioni dell'Unione Europea per scarichi di questo tipo. I parametri dimensionali adottati (in particolare un carico del fango pari a  $0,1 \text{ kgBOD}/(\text{kgSS} \cdot \text{d})$ ) garantiscono prestazioni anche superiori al minimo previsto dalla legge (cfr. tab. 1.2);
2. affidabilità: le macchine scelte sono tutte di primarie aziende di settore. Tutte le principali macchine (pompe ma anche i compressori dell'ossidazione) saranno installati in doppio (2 macchine, di cui una di riserva attiva). La filiera di trattamento presenta alcune accortezze proprio per garantire la massima affidabilità:
  - degrassatore statico prima del sollevamento iniziale per evitare che il grasso, soprattutto in inverno, possa solidificarsi e ostruire le tubazioni;
  - correzione del pH prima della flottazione per evitare che pH troppo acidi possano ridurre le prestazioni del comparto
  - dosaggio di antischiuma per ridurre il problema del foaming
  - sedimentari secondari ben dimensionati per tenere conto di un fango "poco sedimentabile";

3. costi di gestione: si è posto l'accento sui costi energetici e sui costi di smaltimento del fango, due delle voci più significative del bilancio di un impianto di depurazione.

I costi energetici saranno contenuti grazie:

- all'adozione di diffusori di fondo a bolle fini, al posto di aeratori meccanici
- all'automazione sul controllo dell'ossigeno disciolto nel reattore di ossidazione
- all'utilizzo di motori ad alta efficienza energetica
- alla predenitrificazione a volume variabile che consente di rimuovere il BOD senza introdurre aria.

I costi di smaltimento del fango saranno contenuti grazie all'adozione di un carico del fango basso ( $0,1 \text{ kgBOD/kgSS} \cdot \text{d}$ ) e grazie alla presenza della stabilizzazione aerata.

Inoltre, il dosaggio di tutti i reattivi chimici avverrà in maniera automatica sulla base di misure in campo (pH e portata);

4. manutenibilità e durabilità delle opere: i punti più importanti dell'impianto saranno accessibili tramite ballatoi (ingresso e uscita vasche, punti di installazione delle pompe e dei sensori). Tutte le macchine non immerse saranno comodamente accessibili, ispezionabili e manutenibili. I mixer immersi saranno dotati di arganello per una pratica estrazione, le pompe saranno dotate di piede di accoppiamento e catena di estrazione.

La parte civile sarà realizzata prevalentemente in elementi di calcestruzzo armato.

Le opere elettromeccaniche saranno di primarie marche di aziende di settore. Le tubazioni saranno realizzate in acciaio inox AISI 304 e in PEAD, materiali che presentano una elevatissima resistenza all'usura;

5. igiene e sicurezza dei luoghi di lavoro: l'impianto sarà di norma gestito senza la necessità di immergere le mani nel liquame. Infatti presso il quadro di controllo sarà possibile visionare lo stato dei processi e della funzionalità delle macchine. Tutti i ballatoi ed i parapetti saranno realizzati nel pieno rispetto delle norme sulla sicurezza del lavoro. Non sono presenti vasche chiuse in cui l'operatore deve introdursi per effettuare alcuna operazione. Sui parapetti del comparto di ossidazione saranno posti galleggianti. Il locale insonorizzato in cui verranno alloggiati i compressori assicurerà un ambiente esterno particolarmente silenzioso;
6. flessibilità: l'impianto è già progettato per trattare il refluo previsto tra 5 anni. In questo modo IN.AL.PI. non dovrà sostenere a breve altri costi per potenziare il depuratore. Gli accorgimenti tecnici che rendono l'impianto flessibile sono molteplici e riguardano diversi aspetti:

- parametri progettuali: i parametri di dimensionamento dei flottatori, dei reattori biologici e dei sedimentatori finali presentano margini di sicurezza tali per cui l'impianto presenterebbe già una ulteriore capacità di trattamento (cfr. par. 3.2)
- ridondanza delle principali macchine: compressori e pompe sono installati con riserva attiva: in caso di guasto, la sostituzione è immediata e non richiede particolari operazioni;
- pre-denitrificazione a volume variabile: il volume di denitrificazione può essere variato manualmente o automaticamente, in funzione della concentrazione di nitrati rilevata all'ingresso del comparto biologico;
- equalizzazione: il volume del comparto di equalizzazione è superiore al minimo necessario (cfr. par. 3.2). Questo significa che sarà possibile, entro certi limiti, variare la portata con cui alimentare il comparto biologico;
- doppia linea: il comparto biologico è suddiviso in due linee parallele, con le sezioni di reazione e di sedimentazione finale by-passabili in maniera indipendente. Questo significa che, in casi eccezionali, sarà possibile mantenere in servizio un comparto dell'impianto, mentre gli altri saranno fuori servizio.

#### 4.1 RUMORI, ODORI E AEROSOL

I compressori per l'erogazione di aria ai comparti di ossidazione, equalizzazione e stabilizzazione costituiscono l'unica significativa sorgente di emissioni sonore. Per questo saranno alloggiati in un apposito locale insonorizzato in grado di ridurre le emissioni sonore di circa 20 dB. In questo modo sarà possibile rispettare i limiti di immissione anche per le aree circostanti (classe acustica V).

Gli odori derivano prevalentemente dalla attività metabolica batterica e possono essere contrastati o evitando la fermentazione anaerobica o confinando gli ambienti. Nel nostro caso si elencano le possibili sorgenti di odore e se ne descrive il metodo di contenimento:

- degrassatore statico e stazione di sollevamento: sono interrati e chiusi, gli odori non possono uscire;
- mondiglia del rotostaccio: verrà accumulata in un apposito cassonetto chiuso;
- equalizzazione: l'aerazione eviterà la fermentazione anaerobica e, pertanto, non vi saranno i relativi cattivi odori.
- linea fanghi: la digestione aerata consente di stabilizzare il fango ed eventualmente il materiale estratto dai flottatori. Questo determina un significativo contenimento dei cattivi odori. La centrifuga sarà alloggiata in un locale chiuso. Anche il cassone raccogli fango sarà dotato di copertura.

In particolare la digestione aerata consente di ottenere un fango stabilizzato che, per definizione, è biologicamente inattivo e con odore non sgradevole. Il processo consiste nel sottoporre ad aerazione i fanghi per un tempo opportuno (diversi giorni). Nel caso oggetto di studio questa operazione è ulteriormente facilitata dal basso valore del carico del fango nei reattori biologici che, essendo pari a 0,1 kgBOD/kgSS\*d, consente di estrarre già a monte della digestione aerata un fango con un elevato grado di stabilizzazione.

Le quantità di fango prodotto possono essere così stimate:

- fango biologico: data una produzione di solidi in ossidazione attorno a 1.000 kgSS/d, fissando un resa di rimozione dei solidi totali in stabilizzazione pari al 25%, otteniamo una produzione di fango pari a 750 kgSS/d. Questo verrà inviato alla centrifuga che, fissata una resa del 20%, produrrà una quantità di fango da smaltire pari a circa 4 m<sup>3</sup>/d (al 20% di secco);
- materiale estratto dai flottatori: la stima di questa quantità è molto difficile perché difficilmente ricavabile da sole ipotesi teoriche. Tuttavia, sulla base delle prestazioni osservabili in impianti simili a quello oggetto di studio, si può presumere che i flottatori produrranno circa 45 tonnellate/d di materiale con un tenore di sostanza secca pari a circa il 5%. Successivamente questo materiale potrà essere disidratato: fissando una resa in centrifuga pari al 10%, si ottiene una quantità di materiale flottato da smaltire pari a circa 25 m<sup>3</sup>/d (al 10% di secco).

La produzione di aerosol è trascurabile grazie all'impiego di diffusori di fondo a bolle fini anziché sistemi di aerazione meccanici.

## 4.2 QUALITÀ DEI MATERIALI UTILIZZATI

Tutti i materiali utilizzati saranno di primaria qualità e idonei per l'applicazione in oggetto. In particolare:

- i calcestruzzi saranno di classe resistente agli agenti chimici (classe di esposizione XA3)
- le tubazioni fuori terra e le canalette saranno realizzate in acciaio inox AISI 304
- le tubazioni interrate saranno realizzare in PEAD PN 10 (se in pressione) o in PVC SN 8 (se a gravità)
- ballatoi e parapetti saranno realizzati in inox AISI 304.