



GARDA UNO S.p.a.

Via Italo Barbieri, 20
25080 PADENGHE SUL GARDA (BS)
Tel. 030-9995401
Fax 030-9995420
e-mail: gardauno@gardauno.it
Cod. Fisc. 87007530170
P. IVA 00726790983

SERVER SRL Società di Servizi
del Comune di Verolanuova P.zza Liberta', 39
25028 Verolanuova (BS) c.f. e p.iva 02315390985

PROGETTO ESECUTIVO

NUOVO SISTEMA DEPURATIVO E FOGNARIO DEL COMUNE DI VEROLANUOVA **LOTTO 1**

RELAZIONE DI PROCESSO
DIMENSIONAMENTO E CALCOLO

Allegato F

Giugno 2017

Aggiornamento

Progetto VER 543-13

PROGETTISTI
Dott. Ing. Mario Giacomelli

**COLLABORATORI PRO-
GETTAZIONE IDRAULICA**
Dott. Ing. Angelo Agostini

UFFICIO TECNICO PIANIFICAZIONE E SVILUPPO
IL RESPONSABILE
Dott. Geol. Gianfranco Sinatra

PROGETTAZIONE ELETTROMECCANICA
Studio D.R.P. Engineering
Dott. Ing. Luca Bertini

PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA
Dott. Arch. Rosario Gangemi

PROGETTAZIONE ELETTRICA
STUDIO PROTECNO s.r.l.
P.l. Massimo Fasani

PROGETTAZIONE STRUTTURALE
Dott. Ing. Agostino Librandi

PROGETTAZIONE ELETTROMECCANICA
Dott. Ing. Fausta Prandini

Le firme in formato digitale sono state apposte sull'originale elettronico del presente atto ai sensi dell' art. 24 del D. Lgs 07/03/2005 n. 82 e smi. L' originale elettronico del presente atto è conservato negli archivi informatici della Società Garda Uno SpA ai sensi dell' art. 22 del medesimo decreto

INDICE

1	PREMESSA.....	2
2	PIANIFICAZIONI VIGENTI	3
3	CRITERI DI PROGETTO.....	3
4	INTERVENTI DI PROGETTO: IMPIANTO DI DEPURAZIONE CAPOLUOGO	5
5	LOCALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO E VINCOLI	5
6	DATI DI PROGETTO.....	6
7	DESCRIZIONE DEL PROCESSO DI DEPURAZIONE PREVISTO.....	9
8	DIMENSIONAMENTO DEL PROCESSO DI DEPURAZIONE PREVISTO.....	12
	LINEA ACQUE	12
8.1	GRIGLIATURA FINE	12
8.2	GRIGLIATURA FINE SUL MANUFATTO DI SFIORO/BY PASS GENERALE	13
8.3	STAZIONE DI SOLLEVAMENTO	14
8.4	COMPARTO BIOLOGICO A FANGHI ATTIVI	15
8.4.1	<i>Pre-denitrificazione</i>	16
8.4.2	<i>Ricircolo fanghi attivi e ricircolo nitrati</i>	18
8.4.3	<i>Ossidazione-nitrificazione</i>	19
8.4.4	<i>Fabbisogno di ossigeno</i>	22
8.5	DEFOSFATAZIONE CHIMICA IN SIMULTANEA	25
8.6	SEDIMENTATORI FINALI	26
8.7	FILTRAZIONE FINALE	27
8.8	DISINFEZIONE CON LAMPADE AD UV	28
	LINEA FANGHI	30
8.9	PRODUZIONE DI FANGO	30
8.10	DIGESTIONE AEROBICA	31
8.11	POST-ISPESSIMENTO A GRAVITÀ MECCANIZZATO	32
8.12	DISIDRATAZIONE MECCANICA DEI FANGHI	34
9	SERVIZI GENERALI.....	34
10	GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE.....	36
11	BIBLIOGRAFIA.....	37

1 PREMESSA

Attualmente a servizio del comune di Verolanuova sono presenti due impianti:

- impianto Capoluogo: a servizio della rete fognaria del Capoluogo e posto in Via Valfogliata avente potenzialità di progetto pari a 10'000 AE;
- impianto Cadignano: a servizio della frazione Cadignano, localizzato in Via XI Febbraio, avente potenzialità di progetto pari a 1'500 AE.

Nel maggio 2012 è stato richiesto il rinnovo di tale autorizzazione, della durata complessiva di 4 anni, dalla quale si evince il numero di abitanti equivalenti effettivamente allacciati (sia in termini di reflui civili che industriali).

Una sintesi è riportata nella seguente tabella 3.3.

Depuratore Capoluogo		
Potenzialità	AE	10.000
<i>AE allacciati totali</i>	<i>AE</i>	<i>7.815</i>
<i>AE allacciati civili</i>	<i>AE</i>	<i>7.315</i>
<i>AE allacciati industriali</i>	<i>AE</i>	<i>500</i>
Depuratore Cadignano		
Potenzialità	AE	1.500
<i>AE allacciati totali</i>	<i>AE</i>	<i>998</i>
<i>AE allacciati civili</i>	<i>AE</i>	<i>898</i>
<i>AE allacciati produttivi</i>	<i>AE</i>	<i>100</i>

Tabella 1.1. Potenzialità impianti di depurazione e abitanti equivalenti allacciati

(Fonte: documenti di rinnovo autorizzazione allo scarico, maggio 2012)

Tuttavia in fase di rinnovo, iniziato nel maggio 2012, ARPA esprime parere negativo al rilascio della nuova autorizzazione in quanto:

- i controlli sullo scarico risultano non conformi ai limiti prescritti dalle Tabelle 1, 2 e 3 del D.Lgs. 152/2006 (all. 5, parte III);
- l'assenza di una fase di denitrificazione e di disinfezione nel depuratore Capoluogo;
- la frequente presenza di fanghi di depurazione nello scarico finale.

2 PIANIFICAZIONI VIGENTI

Il Piano d'Ambito della Provincia di Brescia (anno 2006) prevede la realizzazione dei seguenti interventi:

- adeguamento dell'impianto di depurazione comunale;
- dismissione dell'impianto di depurazione di Cadignano e collettamento dei reflui al depuratore intercomunale di Quinzano (che riceverà reflui da Quinzano, Villachiaro, Borgo San Giacomo, S. Paolo, Cadignano frazione di Verolanuova e Pudiano frazione di Orzinuovi).

Il Piano di Tutela ed Uso delle Acque della Regione Lombardia (PTUA, anno 2006) prevede per Verolanuova l'ampliamento del depuratore principale fino a 21.370 AE (tabella 10, allegato 6 del PTUA) confermando la previsione del precedente Piano Regionale di Risanamento delle Acque (PRRA, anno di redazione 1990).

Dall'analisi dei dati originari del PRRA si evince che la popolazione prevista per l'intero comune di Verolanuova per l'anno 2016 era stata stimata in 9511 abitanti residenti, 82 abitanti stabili non residenti, 1982 fluttuanti senza pernottamento e 20.821 AE industriali, per un totale di 32.396 AE. Questa previsione è tuttavia affetta dalla assunzione di un parametro di abitanti equivalenti industriali effettivamente molto elevato, che non trova riscontro nell'attuale popolazione degli addetti produttivi (secondo la Camera di Commercio di Brescia pari a 4.478 addetti nel 2012).

Nel PRRA si prevedeva la realizzazione di 2 impianti di depurazione, con ripartizione dei precedenti equivalenti complessivi:

- l'impianto di Verolanuova, al quale affluiva la popolazione del capoluogo e della frazione Breda Libera per complessivi 7.905 abitanti residenti, 82 stabili non residenti, 1.982 fluttuanti senza pernottamento e 12.722 AE di origine industriale, per un totale di 22691 AE;
- l'impianto di Cadignano, al quale affluiva una popolazione di 1.171 abitanti residenti e 8099 AE di origine industriale, per un totale di 9.270 AE.

Tuttavia, tali previsioni non risultano confermate dalla situazione attuale. Si prevede quindi di:

- di ampliare la potenzialità del depuratore Capoluogo fino a 12.000 AE e di dislocarlo in una porzione di territorio comunale opportunamente distanziata dal centro abitato. In una fase successiva potrà essere valutato un'ulteriore ampliamento;
- la dismissione del depuratore Cadignano con invio dei reflui nel Comune di San Paolo dove è prevista la realizzazione di un nuovo depuratore.

3 CRITERI DI PROGETTO

Allo scopo di gravare sulla rete fognaria esistente con il minore quantitativo possibile di acque miste, si è previsto di operare secondo i seguenti criteri:

1. progettazione delle nuove reti di fognatura integrative per acque nere e riqualificazione delle reti miste esistenti (dove possibile) come reti destinate alle sole meteoriche, previo riscontro della verifica idraulica delle tubazioni;
2. grazie alla separazione delle reti bianca e nera, si prevede la dismissione di parte degli attuali scolmatori di piena a servizio delle esistenti reti miste, con immediato beneficio sia per la gestione della struttura fognaria che per i vantaggi ambientali connessi;
3. individuazione degli interventi da realizzare a carico dei privati per allacciamento o per separazione delle reti fognarie miste esistenti;
4. potenziamento e integrazione delle reti esistenti con realizzazione di sollevamenti che consentano di smaltire secondo tracciati alternativi i liquami drenati, in modo da rendere sufficienti le tubazioni esistenti che presentano scarsa pendenza e quindi scarsa capacità idraulica.

Per quanto riguarda l'impianto di depurazione nell'elaborazione del progetto si sono presi in considerazione i seguenti aspetti:

1. adozione di processi in grado di conseguire un effluente di elevata qualità e con caratteristiche costanti, con limitata produzione di residui di trattamento;
2. impiego di tecnologie a basso consumo energetico, caratterizzate da elevata flessibilità operativa e di semplice esercizio;
3. suddivisione del trattamento su più linee funzionali completamente indipendenti l'una dall'altra, con lo scopo di facilitare le operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria;
4. scelta di soluzioni impiantistiche caratterizzate da impatto ambientale contenuto sia per gli aspetti legati alla propagazione del rumore e di odori.

Il progetto, stante la sua potenzialità nominale superiore a 10.000 A.E., è riferibile alla tipologia "Impianti di depurazione delle acque reflue con potenzialità superiore a 10.000 abitanti equivalenti" di cui all'allegato 3, elenco B, numero 7, lettera v alla parte seconda del D. Lgs. 152/2006, rientra così per dimensioni tra le opere soggette alla verifica di assoggettabilità di V.I.A.

Di seguito si riporta:

- la descrizione dello stato di fatto;
- la descrizione delle opere previste;
- i dati di progetto;
- il dimensionamento delle fasi di trattamento previste.

4 INTERVENTI DI PROGETTO: IMPIANTO DI DEPURAZIONE CAPOLUOGO

Essendo previsto il collettamento della frazione di Cadignano alla rete fognaria intercomunale in comune di San Paolo (BS) e l'allacciamento della frazione Breda Libera alla rete fognaria del capoluogo, si prevede la realizzazione di un nuovo impianto di depurazione a servizio del Capoluogo con potenzialità complessiva di 12000 abitanti equivalenti (AE).

L'impianto è suddiviso in due linee, ciascuna di potenzialità di 6.000 AE. L'eventuale terza linea, qualora necessaria, potrà essere sviluppata in una fase successiva. La scelta della suddivisione in differenti linee di trattamento è necessaria al fine di garantire una buona flessibilità gestionale.

Per tenere conto di possibili ulteriori sviluppi, le principali opere elettromeccaniche saranno dimensionate per una capacità futura complessiva di 15.000 AE.

Lo scarico del depuratore avverrà nel corpo idrico superficiale Roggia Viola che confluisce, dopo una breve distanza, al fiume Strone.

5 LOCALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO E VINCOLI

La localizzazione dell'impianto è stata definita con l'Amministrazione comunale al fine di:

- tutelare l'area abitata;
- tutelare l'ambiente e il paesaggio;
- garantire una vicinanza ad un punto di recapito finale dell'effluente depurato;
- garantire la corretta gestione dell'impianto;
- garantire un agevole convogliamento dei reflui fognari comunali.

Sulla base di questi principi è stata individuata un'area in località Vallatelle a Sud-Est di Verolanuova la quale non è soggetta ai vincoli individuati nel territorio circostante quali la fascia di rispetto del fiume Strone, del parco dello Strone, della ferrovia e rispetta la fascia di inedificabilità circostante l'area che è superiore ai 100 m così come individuato dalla Delibera del 4 febbraio 1977 del Comitato dei Ministri della tutela delle acque dall'inquinamento.



Figura 5.1. Localizzazione del nuovo impianto di depurazione.

L'area di circa 10500 m² con quote del terreno variabili da circa 61,0 m a 58,1 m degradanti da nord a sud.

Il punto di scarico finale è previsto nella roggia Viola in prossimità di un attraversamento in cui la Roggia è intubata in una tubazione in calcestruzzo con diametro di 1,6 m e avente quota di fondo tubo circa 50,2 m.

L'area è raggiungibile tramite un primo tratto asfaltato fino all'incrocio tra Via Vallatelle e Via Castellaro. Dopo l'incrocio, in prossimità di una cascina, l'area di progetto è raggiungibile dopo 150 m tramite una strada capezzagna di larghezza di circa 2.50 m che dovrà quindi essere idonea al passaggio dai normali mezzi necessari alla manutenzione dell'impianto.

6 DATI DI PROGETTO

L'impianto di depurazione di progetto tratterà i reflui per 12.000 AE e sarà costituito da due linee di trattamento di potenzialità pari a 6.000 A.E. ciascuna.

Si adottano le portate di progetto, indicate nello studio di fattibilità del sistema depurativo e fognario del 2013, calcolate considerando la potenzialità di progetto. Considerando:

- tempo asciutto: 280 L/(ab·d) come indicato dalla DGR 8/2244 del 2006 e gli apporti dovuti agli abitanti fluttuanti e agli insediamenti produttivi.
- tempo di pioggia: 750 L/(ab·d), in accordo con l'art. 15 comma 1 del R.R. n. 3 del 24 marzo 2006.

I pretrattamenti verranno comunque dimensionati sulla portata di pioggia di progetto dovuta a 15.000 AE.

Nel calcolo della portata media è stato utilizzato, cautelativamente, un coefficiente di afflusso in fognatura (ϕ) pari a 1.

Sulla base dei dati raccolti, per la determinazione dei carichi in ingresso all'impianto, si è scelto di utilizzare i seguenti apporti pro-capite di sostanza organica e azoto:

- COD = 120 g/(ab·d);
- BOD₅ = 60 g/(ab·d);
- SST = 90 g/(ab·d);
- N-NH₄⁺ = 12 g/(ab·d);
- P_{tot} = 1,8 g/(ab·d).

Nella Tabella 6.1 sono riportati i dati relativi al liquame di progetto definito in base ai criteri sopra descritti e apportando gli opportuni arrotondamenti.

POTENZIALITÀ DI PROGETTO		
Potenzialità	12.000	AE
PORTATE IN TEMPO DI SECCO		
Portata media giornaliera (Q _g)	3.163	m ³ /d
Portata media oraria (Q ₂₄)	131,8	m ³ /h
Portata nera di punta (Q _{pn})	302,0	m ³ /h
PORTATE IN TEMPO DI PIOGGIA		
Portata da sottoporre ai pretrattamenti di grigliatura e dissabbiatura in tempo di pioggia	468,75	m ³ /h
Portata da inviare al biologico in tempo di pioggia (con 750 L/(ab d)) ⁽¹⁾	375	m ³ /h
PARAMETRI CHIMICO-FISICI – Concentrazioni		
COD	455,3	mg/L
BOD ₅	227,7	mg/L
SST	341,5	mg/L
N _{tot}	45,5	mg/L
P _{tot}	6,8	mg/L
PARAMETRI CHIMICO-FISICI – Carichi inquinanti		
COD	1.440	kg/d
BOD ₅	720	kg/d
SST	1.080	kg/d
N _{tot}	144	kg/d
P _{tot}	21,6	kg/d

Tabella 6.1. Impianto di depurazione di Verolanuova Capoluogo: dati di progetto.

⁽¹⁾ Si osservi comunque che la valutazione del profilo idraulico e talune apparecchiature sono state comunque dimensionate e verificate per la massima portata di 468,75 m³/h

LIMITI DI EMISSIONE

Per quanto riguarda l'effluente dell'impianto di depurazione, secondo quanto previsto dalla normativa (D.Lgs 152/2006 e s.m.i e R.R. della Lombardia n.3/2006) le concentrazioni limite allo scarico da rispettare sono indicate di seguito:

- COD = 125 mg/L;
- BOD5 = 25 mg/L;
- SST = 35 mg/L;
- Ntot = 15 mg/L;
- Ptot = 2 mg/L;
- NH_4^+ = 15 mg/L (*);
- N-NO_3^- = 20 mg/L (*);
- N-NO_2^- = 0,6 mg/L (*).

() la somma delle diverse forme di azoto dovrà essere inferiore al limite di emissione per l'azoto totale (pari a 15 mg/L). I valori riportati fanno riferimento alla Tab. 3 dell'Allegato 5 del D.Lgs. 152/06.*

7 DESCRIZIONE DEL PROCESSO DI DEPURAZIONE PREVISTO

Con riferimento allo schema a blocchi semplificato riportato in figura 8.1, il processo di depurazione si articola nelle sezioni di seguito descritte.

Linea di trattamento liquami:

- sezione di arrivo del liquame;
- grigliatura fine da 3 mm;
- sollevamento
- trattamento biologico con fase di predenitrificazione e nitrificazione;
- precipitazione chimica del fosforo in simultanea;
- sedimentazione finale;
- filtrazione su tela;
- disinfezione finale mediante raggi UV.

Linea di trattamento fanghi:

- stazione di ricircolo dei fanghi;
- stabilizzazione aerobica;
- accumulo ed ispessimento;
- disidratazione meccanica.

Linea di sfioro delle acque meteoriche eccedenti e by-pass generale dell'impianto:

- grigliatura fine da 6 mm.

L'impianto sarà composto da due linee biologiche e le varie fasi saranno by-passabili così da permettere una più agevole manutenzione dell'impianto stesso.

La linea fanghi è stata pensata al fine di minimizzare l'impatto del trasporto dei fanghi residui a smaltimento.

L'impianto sarà dotato di sonde di misura dei principali parametri di processo. Inoltre, dovrà essere realizzato un locale tecnico adibito a sala quadri elettrici, sala soffianti e locale ad uso ufficio, spogliatoio con un servizio igienico.

Inoltre, come da art. 16 del Regolamento della Regione Lombardia n. 3, dovranno essere avviate a vasche di accumulo a perfetta tenuta le acque eccedenti gli apporti indicati nell'art. 15 (750 L/ab d) scaricate dagli sfioratori di piena. Le vasche di accumulo sono dimensionate per accumulare 25 m³/ha scolante di superficie impermeabile se il recapito finale è un corpo idrico non significativo o 50 m³/ha nel caso di corpo idrico significativo.

In questa fase, e vista la priorità dell'intervento di realizzazione del depuratore (anche in relazione alle infrazioni dalla Commissione Europea per la non conformità agli artt. 3 e 4 della Direttiva 271/91/CE concernente il trattamento delle acque reflue urbane), la messa in opera della vasca di accumulo non è prevista.

Tuttavia è prevista una grigliatura fine da 6 mm sulle portate eccedenti in tempo di pioggia i 750 L/ab d funzionante anche in caso di by-pass generale dell'impianto. Tale sezione sarà dotata di un suo gruppo di alimentazione autonomo in caso di interruzione della fornitura elettrica.

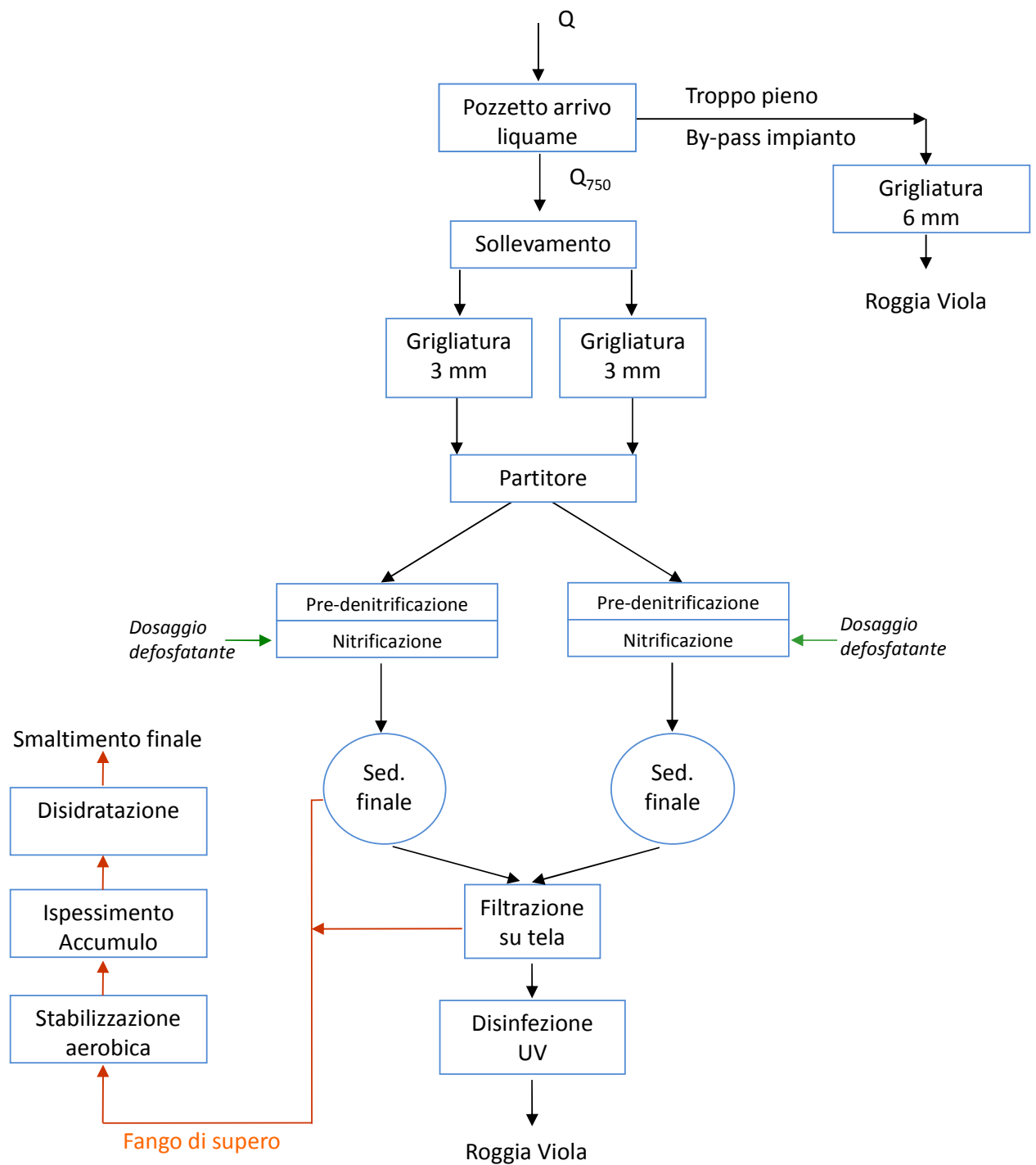


Figura 8.1. Schema a blocchi dell'impianto di progetto.

8 DIMENSIONAMENTO DEL PROCESSO DI DEPURAZIONE PREVISTO

LINEA ACQUE

8.1 Grigliatura fine

Per quanto riguarda la fase di grigliatura sono state previste due unità operanti in parallelo con spaziatura da 3 mm. Un sistema costituito da due paratoie, posizionate rispettivamente a monte e a valle di tale comparto, consente, in caso di manutenzione, la messa fuori servizio di una delle due unità in modo alternato.

Si prevede l'installazione di due griglie autopulenti del tipo a cestello rotante con fori circolari dotati di luce libera di passaggio pari a 3 mm. Le apparecchiature verranno posizionate all'interno di due canali.

La pulitura del filtro è assicurata da una barra di lavaggio dotata di una serie di ugelli spruzzatori e da una spazzola in materiale plastico ad usura ridotta.

Il materiale grigliato è compattato e trasportato dalla macchina e scaricato nel cassonetto di raccolta posizionato in adiacenza alla stessa.

Il funzionamento avverrà in automatico mediante l'utilizzo di un quadro di comando autonomo collegato ad un sensore di livello installato nel canale di adduzione del refluo che ogni qualvolta rileverà l'innalzamento del refluo in ingresso alle griglie, determinerà l'avvio del ciclo di pulizia e lavaggio delle stesse.

Ogni macchina è dimensionata per la massima portata di progetto relativa a 15.000 AE coincidente con la portata in tempo di pioggia pari a 470 m³/h.

Sarà previsto un gruppo di pressurizzazione, funzionante sia con l'acqua depurata e filtrata che con l'acqua di rete e che permetterà la pulizia delle macchine.

GRIGLIATURA FINE		
Dati di progetto		
Portata media giornaliera (Q_d)	3.163	m ³ /d
Portata media oraria (Q_{24})	131,8	m ³ /h
Portata in tempo di pioggia da sottoporre alla grigliatura fine	470	m ³ /h
Griglia fine a cestello rotante		
Tipo	Savi SPIRAMATIC SAVI modello VSA 1000 con fori circolari da 3 mm	
Spaziatura	3	mm
Numero unità	2	
Larghezza del canale	1000	mm
Altezza utile minima del canale	1200	mm
Diametro cestello	950	mm
Inclinazione	35°	
Diametro coclea	300	mm
Numero giri coclea	5,5	Giri/min
Potenza installata indicativa per macchina	1,1	kW
Funzionamento	Automatico mediante l'utilizzo di un quadro di comando autonomo che governa entrambe le macchine	

Tabella 9.1. Principali caratteristiche dimensionali della fase di grigliatura fine.

Vista la potenzialità dell'impianto e per non complicare eccessivamente la struttura impiantistica e gestionale si è optato per non inserire una fase di dissabbiatura. Scelta comunque giustificata dai numerosi interventi previsti sulla rete fognaria comunale.

Tuttavia a protezione della grigliatura sarà realizzato un manufatto che permetterà una rimozione delle sabbie eventualmente presenti. Il manufatto, pensato considerando le velocità di caduta delle sabbie e per permettere una agevole pulizia, è composto da un pozzetto suddiviso in 2 comparti funzionanti in alternanza grazie alla possibilità di sezionamento con delle paratoie. Le dimensioni previste per ogni comparto sono:

- larghezza 1 m;
- lunghezza 3 m;
- altezza 1,6 m.

Periodicamente il manufatto andrà pulito dal materiale accumulato.

8.2 Grigliatura fine sul manufatto di sfioro/by pass generale

A monte della grigliatura è previsto un by-pass di emergenza funzionante anche come sfioro della portata eccedente in tempo di pioggia dotato di griglia per sfioratore con luce di passaggio da 6 mm.

Tale macchina sarà collegata ad un gruppo elettrogeno così da garantire il funzionamento anche in caso di interruzione di energia elettrica.

Il sistema è costituito da una superficie filtrante a semicerchio montata direttamente sulla soglia dello sfioratore. Le acque che tracimano dal troppo pieno scorrono attraverso la superficie del filtro e i materiali solidi all'interno della superficie filtrante.

Il trasporto dei residui di vagliatura avviene per tutta la lunghezza della spirale. Alla fine della spirale il materiale grigliato viene convogliato verso la soglia. L'azionamento dell'impianto avviene mediante sonda di misurazione del livello delle acque, che aziona automaticamente l'impianto al momento del superamento da parte delle stesse. Quando il livello delle acque si abbassa, la macchina si arresta automaticamente.

GRIGLIATURA FINE SUL MANUFATTO DI SFIORO		
Dati di progetto		
Portata sfiorata	1080	m ³ /h
Griglia fine per sfioratore a tracimazione		
Tipo	Savi VSE 500 con fori circolari da 6 mm	
Spaziatura	6	mm
Numero unità	1	
Larghezza zona di filtrazione	1800	mm
Altezza utile minima del canale	1200	mm
Diametro zona di filtrazione	500	mm
Numero giri coclea	10	Giri/min
Potenza installata indicativa	1,1	kW
Funzionamento	Automatico mediante l'utilizzo di un quadro di comando autonomo	

Tabella 9.2. *Principali caratteristiche dimensionali della fase di grigliatura fine per sfioratore a tracimazione.*

8.3 Stazione di sollevamento

Al fine di permettere un flusso dell'acqua a gravità nelle successive fasi di trattamento e per evitare elevate profondità di scavo viene prevista una stazione di sollevamento aventi le caratteristiche indicate nella tabella 9.3.

Il dimensionamento della camera di aspirazione è eseguito considerando che deve soddisfare particolari esigenze:

- deve limitare entro valori accettabili per i motori il numero di avviamenti/arresti che si producono, considerato che il pozzetto ha una funzione di accumulo e di compenso delle portate in arrivo;
- deve garantire che il flusso del liquame all'imbocco della pompa sia il più uniforme possibile, eliminando quindi la presenza di vortici e senza trascinarsi di aria in ingresso nella tubazione o nella pompa.

Normalmente il numero degli avviamenti varia tra 4 e 12 in stretta dipendenza dal tipo di pompa e della sua potenza diminuendo il numero degli attacchi con l'aumentare della potenza.

Nel presente progetto effettuato si è supposto che la pompa effettui 8 attacchi/ora; per quanto affermato si ottiene che il volume della camera di aspirazione è dato da:

$$V = \frac{T \cdot Q_p}{4}$$

Dove:

V: volume della vasca;

T: numero massimo di avviamenti orari pari a 3600 s/ z;

z: numero di attacchi stacchi all'ora;

Q_p: portata della pompa.

Visto che la stazione di sollevamento sarà equipaggiata con 2 elettropompe uguali, di cui una funzionante come riserva attiva effettuando una permutazione automatica, il volume utile può essere dimezzato (Centro Studi deflussi urbani, 2001).

Ipotizzando quindi un numero di attacchi/stacchi pari a 7 si ottiene un volume di almeno pari a 7 m³.

POZZETTO DI SOLLEVAMENTO		
Dati di progetto		
Portata media giornaliera (Q _d)	3.163	m ³ /d
Portata media oraria (Q ₂₄)	131,8	m ³ /h
Portata in tempo di pioggia da sollevare	375	m ³ /h
Pozzetto di sollevamento		
Volume utile	20	m ³
Dimensioni	3 x 2,4	m x m
Altezza utile	1,5	m

Tabella 9.3. Principali caratteristiche dimensionali del pozzetto di sollevamento iniziale.

Per quanto riguarda la scelta delle pompe sono risultate idonee al funzionamento con le differenti opzioni di lavoro n.2 pompe tipo Flygt NP 3153.181 LT.

8.4 Comparto biologico a fanghi attivi

Con processo a fanghi attivi si definisce un trattamento aerobico condotto mediante una aerazione dei reflui in contatto con una popolazione batterica preconstituita.

Tale popolazione batterica vive agglomerata su fiocchi gelatinosi detti fanghi attivi che, in condizioni di quiete, possono essere rimossi dal liquido depurato per decantazione.

I reattori biologici sono costituiti da vasche di ossidazione aerate nella quale confluiscono con continuità i liquami da depurare. Nelle vasche di ossidazione sono presenti i fanghi attivi in concentrazione di circa 4 – 5 kg di sostanza secca (MLSS) per ogni metro cubo di vasca, che operano la depurazione sia della sostanza organica in soluzione, sia della sostanza organica in sospensione attraverso una preventiva azione di idrolisi (solubilizzazione), assimilando la sostanza organica

medesima e trasformandola parte in energia e prodotti delle reazioni energetiche (CO₂, H₂O) e parte in nuove cellule batteriche.

Pertanto la massa di fanghi attivi cresce proporzionalmente alla quantità di sostanza organica rimossa per cui, per mantenere la concentrazione dei fanghi sui 4 – 5 kgSS/m³ è necessario asportare periodicamente una determinata quantità di fanghi attivi, denominata fanghi di supero.

Dalle vasche di ossidazione esce una sospensione di fanghi attivi – acque depurate, detta anche mixed-liquor, MLSS, che confluisce ai sedimentatori finali dove avviene la separazione delle acque dal fango.

Per quanto riguarda il trattamento biologico è prevista l'adozione di uno schema con pre-denitrificazione, nitrificazione e separazione delle fasi solido-liquido con sedimentazione finale.

8.4.1 Pre-denitrificazione

Il comparto di pre-denitrificazione è stato dimensionato utilizzando la seguente espressione:

$$V_{denitro} = \frac{N_{gas} \cdot Q}{v_{den} \cdot \theta^{(T-20)} \cdot x} \cdot FS$$

dove:

- N_{gas} = azoto da denitrificare pari a $N_{denitrificare} = N_{in} - N_{ass} - N_{out}$ (mg/L);
 N_{in} = azoto totale in ingresso all'impianto (mg/L);
 N_{ass} = azoto totale assimilato durante il processo biologico pari al 5% del BOD abbattuto (mg/L);
 N_{out} = azoto totale ammesso in uscita all'impianto (mg/L);
- Q = portata da trattare (m³/d);
- v_{den} = velocità di denitrificazione a 20°C (mg N-NO₃⁻/gSS*h);
- θ = coefficiente di dipendenza dalla temperatura;
- x = concentrazione di biomassa in vasca (kgSS/m³);
- FS = fattore di sicurezza.

Il processo di denitrificazione è svolto da microrganismi eterotrofi e quindi va verificato che il substrato organico biodegradabile sia presente in quantità sufficiente sapendo che sono necessari 4,5 mg BOD per mg di azoto nitrico gassificato.

Il substrato necessario è pari a: $4,5 \text{ mgBOD/mgN-NO}_3^- \cdot N_{gas} = 104,85 \text{ mg/L}$

Tale valore è inferiore alla disponibilità di substrato in ingresso (di 227,7 mg/L), pertanto la condizione risulta soddisfatta.

PREDENITRIFICAZIONE		
Dati di progetto		
Numero linee	2	
Portata media giornaliera	3.163	m ³ /d
Portata media oraria (Q ₂₄)	131,8	m ³ /h
Portata punta in tempo asciutto(Q _{pn})	302	m ³ /h
Portata in tempo di pioggia al biologico	375	m ³ /h
N _{in} azoto totale in ingresso all'impianto	45,5	mg/L
N _{out} azoto totale ammesso in uscita all'impianto	11,6	mg/L
N-NO ₃ ⁻ _{out} azoto nitrico ammesso in uscita all'impianto	6	mg/L
N _{ass} azoto totale assimilato durante il processo biologico	10,6	mg/L
N _{gas} azoto da denitrificare	23,3	mg/L
v _{den} velocità di denitrificazione a 20°C	3	mg N-NO ₃ ⁻ /gSSV*h
BOD _{in} concentrazione in ingresso al comparto biologico	227,7	mg/L
BOD _{out} concentrazione in uscita dal comparto biologico	15	mg/L
θ coefficiente di dipendenza dalla temperatura	1,09	
T temperatura del mixer liquor	12	°C
x concentrazione di biomassa in vasca	4	kgSS/m ³
SSV nella biomassa totale	70%	
Progetto		
Numero linee	2	
Volume necessario per la denitrificazione	1.092	m ³
Larghezza per linea	18,0	m
Lunghezza per linea	6,0	m
Altezza utile	5,0	m
Rapporto di ricircolo, R	3,9	
Portata di ricircolo nitrati	512	m ³ /h
di cui		
Portata ricircolo fanghi dal sedimentatore	131,8	m ³ /h
Portata ricircolo miscela aerata	380,0	m ³ /h

Tabella 9.4. Principali caratteristiche dimensionali della sezione di denitrificazione.

Il rapporto lunghezza/larghezza (pari a 3) è stato scelto al fine di favorire le condizioni idrodinamiche a "plug-flow".

Al fine di garantire la corretta miscelazione dovranno essere installati 2 mixer sommersi per linea. Per

ridurre i consumi energetici si adotteranno mixer ad elevata efficienza con velocità regolabile tipo Flygt 4320.010 o similare. La potenza installata è pari a 2 kW per mixer, quindi complessivamente sarà installata una potenza di 8 kW per l'intera sezione di denitrificazione. Risulta quindi che la potenza specifica installata è pari a:

$$8 \text{ kW}/1080 \text{ m}^3 = 7,4 \text{ W/m}^3 \text{ di vasca pari a:}$$

$$15 \text{ W/m}^3 \times 1134 \text{ m}^3 = 17 \text{ kW (circa 8,5 kW per linea).}$$

8.4.2 Ricircolo fanghi attivi e ricircolo nitrati

Il ricircolo dei fanghi attivi viene calcolato attraverso il bilancio di massa del sedimentatore:

$$(Q + R) X = R X_R$$

Q = portata in ingresso all'ossidazione;

R = portata di ricircolo fanghi attivi;

X = concentrazione fango attivo in ossidazione;

X_R = concentrazione fango attivo nel ricircolo.

Fissando una concentrazione di fango nel ricircolo di 8 kg/m^3 e una concentrazione di fango nel mixer liquor di 4 kg/m^3 risulta:

$$R = 1$$

e una portata di ricircolo dei fanghi attivi di:

$$Q_{r, \text{ fango}} = 131,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

Il ricircolo dei nitrati dalla nitrificazione alla pre-denitrificazione si calcola considerando il bilancio dell'azoto da denitrificare. Il rapporto di ricircolo (R') viene determinato sulla base della seguente espressione:

$$R' = N_{\text{gas}} / N\text{-NO}_3^-_{\text{out}}$$

dove:

N_{gas} = azoto da denitrificare pari a $N_{\text{in}} - N_{\text{ass}} - N_{\text{out}}$ (mg/L);

$N\text{-NO}_3^-_{\text{out}}$ = concentrazione di azoto nitrico ipotizzata allo scarico (mg/L).

Risulta quindi:

$$R' = \text{rapporto di ricircolo totale} = 3,9$$

$$Q_{r, \text{ tot}} = \text{portata di ricircolo totale} = 512 \text{ m}^3/\text{h}$$

E' possibile ottenere per differenza la portata di ricircolo del mixed-liquor che risulta pari a:

$$Q_{r, \text{ mixer liquor}} = \text{portata di ricircolo mixer liquor} = 380 \text{ m}^3/\text{h}$$

RICIRCOLO FANGHI E MISCELA AERATA		
Dati di progetto		
Portata media giornaliera	3.163	m ³ /d
Portata media oraria (Q ₂₄)	131,8	m ³ /h
Portata punta in tempo asciutto (Q _{pn})	302	m ³ /h
N _{in} azoto totale in ingresso all'impianto	45,5	mg/L
N _{out} azoto totale ammesso in uscita all'impianto	11,6	mg/L
N-NO ₃ ⁻ out azoto nitrico ammesso in uscita all'impianto	6	mg/L
N _{ass} azoto totale assimilato durante il processo biologico	10,6	mg/L
N _{gas} azoto da denitrificare	23,3	mg/L
Progetto		
Rapporto di ricircolo, R	3,9	
Portata di ricircolo totale nitrati	512,0	m ³ /h
di cui		
Portata ricircolo fanghi dal sedimentatore	131,8	m ³ /h
Portata ricircolo mixer liquor	380,0	m ³ /h

Tabella 9.5. Dati principali del ricircolo.

Il ricircolo della miscela aerata sarà realizzato con l'installazione di una elettropompa assiale sommersibile, per ciascuna linea, tipo Flygt PP 4620 - 042107 SP o similare con girante ad elica a 2 pale adatta per basse prevalenze. La potenza installata è pari a 1,5 kW per linea (quindi 3 kW complessivi per le sezioni di nitrificazione).

8.4.3 Ossidazione-nitrificazione

La ridotta velocità di crescita dei batteri autotrofi costituisce l'elemento il dimensionamento dei processi di nitrificazione a biomassa sospesa.

La velocità del processo di ossidazione dell'ammoniaca alle condizioni di progetto viene calcolata mediante la seguente relazione:

$$v_N = v_{N,20} \cdot \frac{N}{K_N + N} \cdot \frac{DO}{K_O + DO} \cdot (1 - 0,833 \cdot (7,2 - pH)) \cdot \vartheta^{(T-20)}$$

dove:

v_N= velocità specifica di crescita della biomassa nitrificante alle condizioni di progetto (1/d)

v_{N,20}= velocità massima specifica di crescita della biomassa nitrificante a 20 °C (1/d)

N = concentrazione di azoto ammoniacale (mgN/L)

K_N= costante di semi-velocità per l'azoto ammoniacale (mgN/L)

DO = concentrazione di ossigeno disciolto (mg/L)

K_o = coefficiente di semisaturazione per l'ossigeno disciolto

pH = pH del mixed liquor

θ = coefficiente di dipendenza dalla temperatura

T = temperatura del liquame

Alle condizioni di progetto è possibile calcolare l'età del fango di progetto (θ_c espressa in giorni):

$$\theta_c = \frac{1}{v_N}$$

Il volume della vasca di nitrificazione è poi calcolato assumendo un coefficiente di resa cellulare della popolazione eterotrofa (Y) pari a 0,5 g SSV/g BOD rimosso. Il tasso di rimozione della sostanza organica (R_{org} espresso come 1/d) risulta espresso come segue:

$$R_{org} = \frac{1}{\theta_c \cdot Y}$$

Risulta quindi un volume del comparto di nitrificazione pari a:

$$V_{nitrificazione} = \frac{Q \cdot (BOD_{in} - BOD_{out})}{R_{org} \cdot x_{SSV}}$$

dove:

Q = portata media trattata dall'impianto (m^3);

x_{SSV} = concentrazione di solidi sospesi volatili nel mixer liquor ($kgSSV/m^3$);

Il valore risultante è confrontato con il valore di volume ottenuto imponendo un carico del fango di 0,1 [$kg\ BOD/(kgSST \cdot d)$] utilizzando la seguente espressione:

$$V_{nitrificazione} = \frac{[BOD_{in}]}{C_f \cdot x}$$

dove:

$[BOD_{in}]$ = carico di BOD in ingresso al comparto di nitrificazione [kg/d];

C_f = carico del fango [$kg\ BOD/(kgSST \cdot d)$];

x = concentrazione di biomassa in vasca [$kgSST/m^3$].

Risulta quindi che il criterio più cautelativo è quello del carico del fango.

Nell'ipotesi di adottare un carico del fango (C_f) pari a 0,1 [$kg\ BOD/(kgSST \cdot d)$] e una concentrazione di biomassa in vasca pari a 4 $kgSST/m^3$, il volume necessario per l'ossidazione/nitrificazione risulta pari a 1800 m^3 .

Nella tabella seguente è riportato l'esito del calcolo.

NITRIFICAZIONE		
Dati di progetto		
Numero linee	2	
Portata media giornaliera	3.163	m ³ /d
Portata media oraria (Q ₂₄)	131,8	m ³ /h
Portata punta in tempo asciutto (Q _{pn})	302	m ³ /h
Portata in tempo di pioggia al biologico	375	m ³ /h
T temperatura del mixer liquor	12	°C
N-NH ₄ ⁺ azoto ammoniacale dopo nitrificazione	2	mg/L
BOD _{in} concentrazione in ingresso al comparto biologico	228	mg/L
BOD _{out} concentrazione in uscita dal comparto biologico	15	mg/L
v _{N, 20} velocità massima specifica di crescita della biomassa nitrificante a 20 °C	0,35	1/d
K _N costante di semivelocità dell'azoto ammoniacale	0,5	mg/L
K _O costante di semivelocità per l'ossigeno disciolto	0,9	mg/L
DO ossigeno disciolto in vasca	2	mg/L
pH del mixed liquor	7,3	
θ coefficiente di dipendenza dalla temperatura	1,095	
x concentrazione di biomassa in vasca	4	kgSS/m ³
SSV nella biomassa totale	70%	
C _f Carico del fango	0,1	kg BOD/(kgSST·d)
v _n velocità specifica di crescita della biomassa nitrificante alle condizioni di progetto (T = 12 °C)	0,1	1/d
θ _c età del fango di progetto	13	d
Progetto		
Numero linee	2	
Volume necessario per la nitrificazione	1800	m ³
Larghezza per linea	10	m
Lunghezza per linea	18	m
Altezza utile	5,0	m

Tabella 9.6. Principali caratteristiche dimensionali della sezione di nitrificazione.

Il battente elevato utilizzato consente di ottimizzare l'uso dell'area e di aumentare l'efficienza di trasferimento dell'ossigeno.

8.4.4 Fabbisogno di ossigeno

Il calcolo del quantitativo di ossigeno viene effettuato nella condizione estiva (T=20 °C) che rappresenta la condizione più critica per la fornitura dell'ossigeno dal momento che ad un aumento della temperatura corrisponde una diminuzione della solubilità.

L'ossigeno da fornire in vasca di ossidazione/nitrificazione è determinato considerando il fabbisogno per l'ossidazione:

- della sostanza organica;
- dell'azoto ammoniacale;
- per la respirazione endogena.

La relazione è:

$$\Delta O_2 = k \cdot a \cdot BOD_{abbattuto} + b \cdot x_{ox} \cdot V + k \cdot \gamma \cdot N_{nitrificat o}$$

dove:

- ΔO_2 = fabbisogno di ossigeno alle condizioni di punta di esercizio (kg O₂/d);
- a = coefficiente di respirazione assimilativa pari a 0,5 kg O₂/kg BOD_{abbattuto};
- k = coefficiente per il calcolo della portata di punta pari a 1,5;
- BOD_{abbattuto} = BOD_{in} – BOD_{out} al netto del BOD utilizzato dalla biomassa eterotrofa denitrificante [kgBOD/d];
- b = coefficiente di respirazione endogena pari a 0,1 kgO₂/(kgSS·d);
- x_{ox} = concentrazione di biomassa in vasca pari a 4,5 kgSST/m³;
- V = volume del comparto di nitrificazione [m³];
- $\gamma = 4,57$ [kgO₂/(kgN_{nitrificato}·d)];
- N_{nitrificato} = N_{in} - N_{ass} - N_{out};
N_{in} = TKN_{in};
N_{ass} = 5% BOD_{abbattuto};
N_{out} = N-NH₄⁺_{out}.

Per il calcolo del fabbisogno di ossigeno in condizioni standard è stata utilizzata la seguente espressione:

$$\Delta O_{2(STANDARD)} = \frac{\Delta O_2}{\alpha \cdot \left[\frac{\beta \cdot C_s - C}{C'_s} \cdot 1,024^{(T-20)} \right]}$$

dove:

- $\Delta O_{2(standard)}$ = OC st = fabbisogno di ossigeno alle condizioni standard (kg O₂/d);
- OC = ΔO_2 = fabbisogno di ossigeno alle condizioni di punta di esercizio (kg O₂/d);
- $\alpha = 0,7$ (tiene conto della presenza nel mixed liquor di particelle che rendono più difficoltoso il trasferimento di O₂ rispetto al caso di acqua pulita);
- $\beta = 0,95$ (tiene conto della concentrazione di sali disciolti nel liquame urbano);
- C_s = C'_s = 9,2 mg/L (è la concentrazione di saturazione dell'O₂ disciolto a 20 °C in acqua pulita);

- $C = 2 \text{ mg/L}$ (è la concentrazione minima di O_2 in vasca).

Il fabbisogno giornaliero di aria è stato calcolato sulla base della seguente espressione:

$$Q_{aria} = \frac{\Delta O_{2(STANDARD)}}{0,28 \cdot \eta}$$

dove:

- Q_{aria} = portata di aria da insufflare (Nm^3 aria/h);
- $0,28 [kg/Nm^3]$ = contenuto di O_2 nell'aria;
- η = rendimento medio dei diffusori.

Il rendimento è strettamente correlato alla scelta dei diffusori. Pertanto volendo minimizzare i costi energetici si propongono diffusori a microbolle ad ampia superficie con elevata resa. In questo caso si assume una resa pari a 35%:

Nella determinazione del quantitativo di aria da fornire è stato tenuto conto anche del risparmio di ossigeno dovuto alla presenza del comparto di pre-denitrificazione, che rimuove parte della sostanza organica che altrimenti dovrebbe essere rimossa in ossidazione.

SISTEMA AERAZIONE A BOLLE FINI		
Dati di progetto		
Portata media giornaliera	3.163	m ³ /d
Portata media oraria (Q ₂₄)	131,8	m ³ /h
BOD _{abbattuto} , rimosso nel processo biologico aerobico	104,5	mg/L
N _{nitrificato} , azoto nitrificato	32,8	mg/L
K, coefficiente di calcolo per portata di punta	1,5	
a, coefficiente di respirazione assimilativa	0,5	
b, coefficiente di respirazione endogena	0,1	1/d
x, concentrazione di solidi sospesi nel mixed liquor	4,5	g/L
V _{nitr} , volume bacino di nitrificazione	1800	m ³
α, rapporto tra i coefficienti di trasferimento dell'ossigeno	0,7	
β, coefficiente di correzione della concentrazione di ossigeno	0,95	
C _s = C _s , concentrazione di saturazione dell'O ₂ disciolto a 20 °C in acqua pulita	9,07	mg/L
C, la concentrazione minima di O ₂ in vasca	2	mg/L
η rendimento di trasferimento dell'ossigeno	35%	
Progetto		
ΔO ₂ , fabbisogno di ossigeno alle condizioni di punta di esercizio	73,8	kg O ₂ /h
ΔO _{2 (standard)} , fabbisogno di ossigeno alle condizioni standard	3468	kg O ₂ /d
Q _{aria} , portata di aria alle condizioni standard	1461	Nm ³ O ₂ /h

Tabella 9.7. Principali caratteristiche della fase di aerazione.

Si prevedono 2 compressori di uguale caratteristiche a servizio delle due linee biologiche (ciascuno in grado sopperire ai fabbisogni di entrambe le linee) con funzione di riserva attiva.

Sempre nell'ottica di un risparmio energetico i compressori da adottare dovranno essere a basso consumo energetico tipo Aerzen a lobi ritorti serie Delta Hybrid D36 S (o similari).

8.5 Defosfatazione chimica in simultanea

I trattamenti convenzionali consentono una rimozione del fosforo non determinante e riguardano la rimozione in sedimentazione primaria se presente (dell'ordine del 10%) e la rimozione per l'attività di sintesi nei processi biologici (stimata nell'1% del BOD abbattuto).

Nei casi in cui il limite allo scarico del fosforo sia abbastanza restrittivo è necessario adottare un trattamento specifico per l'abbattimento del fosforo, che può avvenire per via chimica e biologica.

Nel caso in esame visto il limite previsto allo scarico di 2 mg/L si è scelto di adottare un sistema di rimozione per via chimica tramite processo di precipitazione in simultanea. Tale sistema, che prevede il dosaggio di reattivo in vasca di nitrificazione-ossidazione, è stato scelto per la sua semplicità operativa (senza necessità di comparti aggiuntivi) minimizzando gli interventi strutturali necessari e il consumo dei reattivi.

Si prevede di dosare del cloruro ferrico nel pozzetto di alimentazione della sedimentazione finale.

Il dosaggio viene calcolato considerando il consumo stechiometrico di 1,8 mg di ferro per ogni mg di fosforo rimosso.

A favore di sicurezza si trascura la rimozione di fosforo dovuta alla rimozione per l'attività di sintesi in vasca di ossidazione (1% del BOD abbattuto) e si affida interamente la rimozione al metodo chimico.

Si ottiene:

Bilancio del fosforo:

- fosforo in ingresso all'impianto = 21,6 kg/d;
- fosforo rimosso per sintesi biologica = 6,7 kg/d;
- fosforo ammesso in uscita dall'impianto = 3,2 kg/d;
- concentrazione di fosforo da rimuovere = $P_{in} - P_{ass} - P_{out} = 6,83 \text{ mg/L} - 2,1 - 1 \text{ mg/L} = 3,7 \text{ mg/L}$;
- fosforo da rimuovere per via chimica = 11,7 kg/d.

Considerando che 1 mg di Fe corrisponde a 2,9 mg di FeCl_3 e che per abbattere 1 mg di P servono 1,81 mg di Fe significa che si dovranno dosare 5,22 mg di FeCl_3 .

Il cloruro ferrico è presente commercialmente in soluzioni al 41% in peso pertanto per ogni mg di P da abbattere serviranno 13,7 mg di soluzione commerciale. Utilizzando un margine di sicurezza del 50% risulta necessario un dosaggio di 20,55 mg di soluzione commerciale ogni mg di P da abbattere.

Dosaggi:

- dosaggio di cloruro ferrico puro = 61,1 kg/d;
- dosaggio di cloruro ferrico commerciale = 240,4 kg/d;
- densità del cloruro ferrico commerciale = 1420 kg/m^3 ;
- consumo di soluzione di cloruro ferrico = $0,17 \text{ m}^3/\text{d}$.

Per il dosaggio del reattivo si prevede l'impiego di n° 2 pompe dosatrici (una per linea) avente portata massima regolabile da 0 a 11 L/h.

Considerando uno stoccaggio di reattivo di 30 giorni, emerge la necessità di prevedere un serbatoio con volume di almeno 6 m^3 .

Il dosaggio potrà essere valutato in relazione alla portata trattata e/o alla misura on-line della concentrazione di fosforo nell'effluente finale.

La produzione di fango si può cautelativamente stimare in 8 kgSS/kg di P rimosso. Si ottiene così una produzione di fango pari a 93,6 kgSS/d.

Sapendo che questo fango, di tipo chimico, rientrerà nel sistema di trattamento con il fango biologico restando nel sistema per un tempo pari all'età del fango, ne risulta una minor quantità di biomassa nel sistema. Al fine di correggere la concentrazione voluta di biomassa nel comparto biologico (fissata in 4 g/L) si dovrà adottare una concentrazione di fango di ricircolo maggiore pari a:

$$(1 + \text{frazione di fango chimico sul fango totale}) * 4 \text{ g/L} = 4,6 \text{ g/L}$$

dove la frazione di fango chimico sul fango totale = $93,6 \text{ kgSS/d} / (93,6 \text{ kgSS/d} + 555 \text{ kgSS/d})$ (si veda par. 9.9).

8.6 Sedimentatori finali

Il dimensionamento dei sedimentatori finali viene eseguito considerando vari criteri:

- il carico idraulico superficiale calcolato per la portata massima e la portata di calcolo;
- il flusso solido limite (F_{sl});
- il tempo di permanenza in relazione alla portata di calcolo.

Dal primo criterio deriva:

$$C_i = Q/A$$

A = superficie dei sedimentatori

Q = portata idraulica in tempo di pioggia o di calcolo.

Per questo si fissa un carico idraulico di 0,7 m/h nel caso di portata di calcolo e 1,5 m/h in caso di pioggia.

Il secondo criterio permette la verifica del flusso solido sui sedimentatori medesimi, espresso dalla relazione:

$$\text{Flusso solido ammissibile } F_{sl} * A \geq x * (Q_c + Q_r)$$

dove Q_r rappresenta la porta di ricircolo dei fanghi che a favore di sicurezza è considerato 1,5 volte la portata di ricircolo totale.

Il flusso solido ammissibile viene assunto $5 \text{ kgSS}/(\text{m}^2 \text{ h})$.

Inoltre dovrà essere verificato che il flusso idraulico sullo stramazzo sia $\leq 10 \text{ m}^3/\text{h m}$ per la portata massima di pioggia e $\leq 5 \text{ m}^3/\text{h m}$ per la portata media oraria.

L'ultima verifica riguarda il tempo di permanenza calcolato sulla portata di calcolo:

$$T_p = V/Q_c$$

SEDIMENTAZIONE FINALE		
Dati di progetto		
Portata media giornaliera	3.163	m ³ /d
Portata media oraria (Q ₂₄)	131,8	m ³ /h
Portata di calcolo (Q _c come 2 x Q ₂₄)	263,5	m ³ /h
Portata in tempo di pioggia al biologico	375	m ³ /h
Portata ricircolo (1,5 Q _r)	197,7	m ³ /h
Progetto		
Numero sedimentatori	2	
Diametro	17,5	m
Battente idrico al bordo esterno	3,5	m
Superficie utile (per vasca)	241	m ²
Volume utile (per vasca)	842	m ³
Circonferenza complessiva (per vasca)	55,0	m
Verifica		
Carico idraulico per Q _c	0,55	m/h
Carico idraulico per Q _{max, pioggia}	0,78	m/h
Carico idraulico per Q _{nera di punta}	0,63	m/h
Tempo di permanenza per Q _c	6,39	h
Flusso solido limite per Q _c	4,79	kgSS/m ² h
Flusso di sfioro agli stramazzi	1,81	m ³ /m h

Tabella 9.8. Principali caratteristiche dimensionali della sezione di sedimentazione finale.

8.7 Filtrazione finale

Come richiesto dalla committenza viene prevista una sezione di trattamenti terziari costituita da una filtrazione su tela a dischi tale da permettere una concentrazione di solidi in uscita inferiori a 5 mg/L. L'acqua da trattare viene convogliata alla vasca di contenimento del filtro, che lavora completamente immerso, e passa attraverso la tela filtrante, mentre le sostanze solide vengono trattenute dalle fibre di quest'ultima.

Con l'aumento del deposito di sostanze solide sulla tela aumentano le perdite di carico; il livello dell'acqua nel bacino del filtro aumenta rispetto alla quota dello stramazzo di uscita. Quando si raggiunge una differenza di livello di circa 25 cm si attiva il dispositivo di controlavaggio delle tele: un sistema di pompe, collegato ad una serie di ugelli aspiratori, rimuove i solidi trattenuti dalle tele, ripristinando le capacità filtranti della macchina. L'acqua aspirata e il fango asportato vengono rinviati a monte. Eventuali sostanze solide sedimentate sul fondo della vasca del filtro vengono rimosse per mezzo di una pompa temporizzata.

Questa sezione sarà dotata di proprio quadro elettrico.

La sezione sarà dotata di by-pass, mediante un sistema di paratoie, al fine di poter svolgere le operazioni di manutenzione ordinarie e straordinarie.

L'acqua pulita viene poi avviata al trattamento di disinfezione ad UV.

FILTRAZIONE FINALE		
Dati di progetto		
Portata media giornaliera	3.163	m ³ /d
Portata media oraria (Q ₂₄)	131,8	m ³ /h
Portata in tempo di pioggia al biologico	375	m ³ /h
Progetto		
Numero macchine filtrazione	1	
Modello tipo	MECANA MSF 12/60 PEC	
Superficie filtrante totale	60	m ²
Numero dischi	12	
Superficie filtrante unitaria	5	m ²
Diametro dischi	2,10	m
Potenza installata totale	9,35	kW

Tabella 9.9. *Principali caratteristiche dimensionali della sezione di filtrazione finale.*

8.8 Disinfezione con lampade ad UV

Per garantire il rispetto dei limiti richiesti allo scarico (E.Coli ≤ 5.000 UFC/100 mL) è prevista una disinfezione finale con raggi UV. Tale scelta è ricaduta su tale sistema al fine di tutelare il corpo ricettore.

La disinfezione prevista è realizzata mediante lampade UV alloggiare all'interno di un canale in c.a., affiancato da un canale e parallelo di by-pass, avente le seguenti dimensioni di massima: larghezza ca. 0,7 m per una lunghezza di ca. 8,75 m.

Il sistema sarà dotato di uno stramazzo fisso a dita per controllare la sommergenza delle lampade, un sistema per il controllo della dose UV e sistema di pulizia automatico. E' inoltre previsto un canale adiacente avente funzioni di by-pass. Il sistema sarà dotato di proprio quadro elettrico.

DISINFEZIONE AD UV		
Dati di progetto		
Portata massima idraulica consentita	750	m ³ /h
Portata media	165	m ³ /h
Portata di progetto	469	m ³ /h
Progetto		
Numero linee	1	
Modello tipo	WEDECO TAK SMART 4-3 x 1	
Numero di banchi UV	1	
Numero di moduli UV per banco	3	
Numero di lampade UV per modulo	8	
Numero complessivo lampade	24	
Potenza installata totale	9,26	kW

Tabella 9.10. *Principali caratteristiche dimensionali della sezione di disinfezione ad UV.*

LINEA FANGHI

8.9 Produzione di fango

La produzione di fango di supero in un impianto a fanghi attivi è funzione della velocità di crescita microbica, della velocità di bioflocculazione e della velocità di degradazione della massa biodegradabile. Un'espressione teorica che inquadra i vari parametri che intervengono nel caratterizzare lo sviluppo del fango di supero, è la seguente:

$$F = Y_E \cdot BOD_{abb} + Y_N \cdot TKN_{abb} - K_D \cdot x \cdot V_{ox}$$

Dove:

F = produzione di fango di supero (kg SS/d);

Y_E = coefficiente di crescita della biomassa eterotrofa;

BOD_{abb} = BOD rimosso dal processo biologico (kg BOD/d);

Y_N = coefficiente di crescita batterica dei batteri nitrificanti;

TKN_{abb} = TKN rimosso dal processo biologico (kg TKN/d);

K_D = coefficiente di decadimento della massa biodegradabile (1/d). Tale coefficiente viene calcolato in funzione della temperatura di esercizio secondo la relazione $K_d = 0,05 \cdot 1,08^{(T-20)}$. Per $T = 12^\circ\text{C}$, $K_d = 0,027 \text{ d}^{-1}$;

x = biomassa totale presente nel comparto aerato;

Il calcolo viene fatto nelle condizioni che determina la maggiore produzione di fango:

- temperatura: 12 °C;
- biomassa nel reattore aerato: 4 gSS/L.

Alla produzione biologica va aggiunta quella del fango chimico dovuta alla precipitazione del fosforo e calcolata nel paragrafo 9.5.

La tabella illustra, per i principali parametri coinvolti nel calcolo della produzione del fango di supero, il risultato del calcolo.

LINEA FANGHI		
Dati di progetto		
Portata media giornaliera	3.163	m ³ /d
Y _E coefficiente di crescita batterica	1	kg SS/kg BOD ₅ abbattuto
BOD _{abb} rimosso dal processo biologico	227,7 *	mg/L
Y _N coefficiente di crescita batterica dei batteri nitrificanti	0,24	kg SS/kg TKN
TKN rimosso dal processo biologico	45,5 *	mg/L
K _D coefficiente di decadimento della massa biodegradabile a 12 °C	0,027	1/d
x biomassa totale presente nel comparto aerato	4	g/L
Volume del comparto aerato	1800	m ³
Progetto		
Produzione di fango di supero	555	kgSS/d
Produzione di fango chimico	93,6	kgSS/d
Produzione totale di fango	649	kgSS/d
Portata totale di fango di supero	65	m ³ /d

* Le concentrazioni di BOD e TKN rimossi sono state considerate a favore di sicurezza pari a quelle in ingresso.

Tabella 9.11. Produzione di fango.

È effettuata anche una verifica sull'età del fango. Trattandosi di un sistema combinato, l'età del fango denitrificante è in proporzione al volume della vasca e all'età del fango nitrificante. Risulta:

$$\theta_T = \theta_N + \theta_D = 13 \text{ d} + 1800 / (1800 + 1080) * 13 \text{ d} = 21 \text{ d}$$

L'età del fango complessiva del sistema (di calcolo) risulta pertanto pari a circa 21 d, da cui si ricava una produzione di fango pari a circa 548 kg SS/d (calcolato come 4 g/L * 2880 m³ / 21 d) che poco discosta da quella calcolata.

8.10 Digestione aerobica

Il dimensionamento del comparto di digestione aerobica si esegue assegnando un valore adeguato di tempo di residenza cellulare (età del fango).

Si calcola quindi l'età del fango del sistema come:

$$\theta = x * V_{\text{vasche}} / \text{Fango estratto} = 4 \text{ kg} / \text{m}^3 * (1800 + 1080) \text{ m}^3 / 649 \text{ kgSS/d} = 17,7 \text{ d}$$

L'età del fango complessiva da raggiungere è posta generalmente pari a 30 d sufficiente per determinare la stabilizzazione dei fanghi ad una temperatura di 12 °C dalla quale si può attendere una riduzione dei solidi volatili attorno al 30-35%.

È possibile calcolare l'età del fango da adottare nel comparto di digestore (θ_{dig}):

$$\theta_{\text{dig}} = 30 \text{ d} - \theta = 12,2 \text{ d}$$

Il volume del digestore può essere calcolato come:

$$V_{\text{dig}} = \Delta X * \theta_{\text{dig}} / C_d$$

dove:

r = frazione di solidi volatili rimossa per effetto della digestione pari al 35%

SNV = solidi non volatili

SV = solidi volatili

θ_{dig} = età del fango da imporre nel digestore (d)

ΔX = quantità di fango estratta giornalmente dal digestore (kg/d)

$\Delta X = \text{SNV ingresso al digestore} + \text{SV ingresso al digestore} * (1-r)$

C_d = concentrazione di SS nella vasca di digestione (kg/m^3). In assenza di fanghi primari è dell'ordine di 20-25 kg/m^3 (pari a 2-2,5%).

DIGESTIONE AEROBICA		
Dati di progetto		
θ_{dig} età del fango da imporre nel digestore	12,2	d
C_d concentrazione di SS nella vasca di digestione	25	kg/m^3
ΔX fango estratto giornalmente dal digestore	513	kg/d
Progetto		
Volume del comparto di digestione aerobica richiesto	278	m^3
Numero vasche	1	
Altezza utile	4,5	m
Lunghezza	10	m
Larghezza	7,5	m

Tabella 9.12. Principali caratteristiche dimensionali della sezione di digestione aerobica dei fanghi.

L'aria sarà insufflata mediante dei diffusori di fondo a micro bolle e la portata la si può stimare in 2-2,5 m^3 aria/ $(\text{m}^3 * \text{h})$ pari a 675- 844 Nm^3/h da erogare 24 ore al giorno.

Si prevedono quindi 2 compressori di uguale caratteristiche di cui uno di riserva attiva tipo Aerzener a lobi serie GM 15L DN100 o similare.

La sezione di stabilizzazione aerobica è stata dimensionata tenendo conto di un suo funzionamento anche come ispessitore e quindi sarà dotata di elettropompa sommersa installata su argano di sollevamento atta ad estrarre il surnatante che corrisponde a circa 39 m^3/d .

Questa sezione di trattamento sarà resa by-passabile al fine di garantirne la messa fuori servizio.

8.11 Post-ispessimento a gravità meccanizzato

L'unità d'ispessimento ha la duplice funzione di rappresentare un volume di accumulo del fango e contemporaneamente una significativa riduzione volumetrica dello stesso. Questa si realizza per ispessimento a gravità del fango sul fondo con perdita di acqua estratta superficialmente come surnatante e inviata in testa all'impianto.

L'ispessitore sarà dotato di carrello girevole per la miscelazione lenta dei fanghi e profilo Thomson di stramazzone periferico delle acque surnatanti, da inviare al sollevamento. L'estrazione del fango ispessito da inviare alla disidratazione sarà effettuata tramite n.1 +1 riserva pompe mono-vite.

Il dimensionamento del comparto viene eseguito considerando un valore di carico superficiale di solidi sospesi massimo ammissibile per fango digerito aerobicamente di 40 kg SS/(m²·d).

Risulta quindi una superficie del comparto data da:

$$A_{isp} = SS/C_s$$

dove:

C_s = carico superficiale di solidi sospesi (kg SS/m²·d)

SS = fango alimentato all'ispessitore (kgSS/d)

A = superficie del comparto (m²)

Considerando anche un adeguato volume di accumulo risulta quanto riportato nella tabella seguente.

POST-ISPESSIMENTO MECCANIZZATO		
Dati di progetto		
SS fango alimentato all'ispessitore	513	kg/d
C _s carico superficiale di solidi sospesi	40	kg SS/m ² ·d
Tenore di secco in ingresso	2,5%	
Portata da trattare	26	m ³ /d
Tenore di secco in uscita	3,0%	
Portata di fango in uscita	17	m ³ /d
Progetto		
Superficie minima richiesta	12,8	m ²
Diametro	6	m
Altezza	3	m
Superficie	28,3	m ²
Volume	84,8	m ³

Tabella 9.13. Principali caratteristiche dimensionali della sezione di digestione aerobica dei fanghi.

8.12 Disidratazione meccanica dei fanghi

La fase di disidratazione meccanica sarà realizzata mediante l'installazione di una centrifuga in grado di trattare 32 m³/d di fango digerito e ispessito.

Il condizionamento del fango sarà effettuato tramite dosaggio di polielettrolita di tipo liquido, con dosaggio indicativo di 6-8 kg polielettrolita per tonnellata di solidi secchi.

La preparazione sarà effettuata tramite una centralina di tipo automatico e il dosaggio sarà eseguito mediante l'uso di 2 elettropompe monovite di cui una di riserva.

Il fango disidratato è scaricato in appositi container mediante 2 coclee (una inclinata e l'altra orizzontale).

Si prevede di installare una centrifuga di disidratazione tipo Alfalaval decanter Aldec 45 con relativo quadro di comando che alimenterà:

- n. 1 centrifuga;
- n. 2 pompe monovite per l'alimentazione della centrifuga ;
- n. 2 pompe monovite per il dosaggio del polielettrolita;
- n. 1 polipreparatore automatica
- n. 2 coclee di trasporto del fango disidratato.

9 SERVIZI GENERALI

I servizi generali di cui sarà dotato l'impianto comprendono quelle sezioni accessorie e necessarie al suo funzionamento assicurandone la piena funzionalità, l'alimentazione e il controllo di tutte le sezioni di trattamento precedentemente descritte.

I servizi generali comprendono:

- i collegamenti ed organi idraulici e le carpenterie generiche al servizio delle varie unità dell'impianto;
- la rete idrica per la distribuzione all'interno dell'impianto di acque in pressione per i lavaggi di processo e per i servizi;
- dei-sistemi scaldanti sui lavaggi delle grigliature al fine di evitarne congelamenti;
- l'impianto elettrico e il relativo locale quadri con il sinottico di comando (locale che dovrà essere opportunamente condizionato);
- il locale adibito a sala soffianti;
- locale adibito a disidratazione dei fanghi e dosaggio del polielettrolita;
- locale adibito a ufficio con servizi igienici;
- cabina di trasformazione di media tensione.

Si provvederà a posizionare i locali chiusi insonorizzati le macchine più rumorose, ovvero le soffianti e la centrifuga, in modo da minimizzare l'impatto acustico negli spazi più utilizzati dagli operatori.

Per l'allacciamento della rete idrica interna sarà necessario prevedere un allaccio all'acquedotto.

Sono inoltre previsti dei sistemi di monitoraggio in continuo dei principali parametri di processo.

Sezione di ossidazione/nitrificazione

- misura dell'ossigeno disciolto nelle vasche di ossidazione mediante una sonda per ciascuna vasca basata sul principio ottico a luminescenza (tipo Hach LDO o similare.);
- misura combinata di ammonio e nitrato con metodo potenziometrico con elettrodi ione-selettivi (tipo Hach Sonda AN-ISE o similare.);

Il tutto governato da una centralina multiparametrica e relativo display sganciabile tipo Hach SC1000 o similare che, trasmettendo il segnale, al PLC principale permetterà la regolazione delle soffianti.

Sezione trattamenti di affinamento

- misura della torbidità e dei solidi sospesi totali mediante fotometro a doppio detector a luce infrarossa scatterizzata (tipo Hach Solitax o similare). Parametro utile per proteggere la sezione di disinfezione ad UV

Il tutto sarà governato da una apposita centralina multiparametrica tipo Hach SC1000 o similare. Tale centralina dovrà essere idonea ad un futuro collegamento della sonda di misura del fosforo in questa sezione. I valori misurati saranno visualizzabili sul display posto nella sezione di ossidazione/nitrificazione tramite collegamento con appositi cavi.

Sezione sedimentazione finale

- misura dell'altezza dell'interfaccia fango liquido mediante un sistema a ultrasuoni (tipo Hach Sonatax o similare). Parametro utile per proteggere la sezione di disinfezione ad UV

Il tutto sarà governato da una apposita centralina multiparametrica tipo Hach SC1000 o similare. I valori misurati saranno visualizzabili sul display posto nella sezione di ossidazione/nitrificazione mediante un sistema wi-fi.

10 GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE

La normativa di riferimento è costituita dal Regolamento Regionale n. 4 del 2006. In particolare risulta che l'impianto di depurazione non è soggetto a gestione delle acque di prima pioggia e di lavaggio a meno che non ricada nell'art. 3 comma 1 lettera d) "dalle superfici scolanti specificamente o anche saltuariamente destinate al deposito, al carico, allo scarico, al travaso e alla movimentazione in genere delle sostanze di cui alle tabelle 3/A e 5 dell'allegato 5 al d.lgs. 152/1999.

Per tale motivo i punti soggetti ad un rilascio di sostanze pericolose verranno dotati di caditoie e di una rete di drenaggio che convoglierà queste acque in testa all'impianto per poi essere trattate. Le aree critiche sono:

- zona della grigliatura in cui sono presenti i cassoni del grigliato;
- zona di stoccaggio del fango disidratato.

Invece, la zona con lo stoccaggio dei reattivi chimici defosfatanti è protetta da una tettoia e da un'apposita vasca di raccolta in calcestruzzo.

Le acque meteoriche, non contaminate, provenienti dalle altre superfici dell'impianto saranno smaltite su suolo.

11 BIBLIOGRAFIA

Centro Studi deflussi urbani, 2001. *Sistemi di fognatura. Manuale di progettazione*. Edizione Hoepli.

Bonomo L., 2008. *Trattamenti delle acque reflue*. McGraw-Hill, Milano.

Masotti L., 2011. *Depurazione delle acque. Tecniche ed impianti per il trattamento delle acque di rifiuto*. Edizioni Calderini.