

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
FACOLTÀ DI INGEGNERIA
DIPARTIMENTO DI PROCESSI CHIMICI DELL'INGEGNERIA



TESI DI LAUREA IN INGEGNERIA CHIMICA
CLASSE 10 INGEGNERIA INDUSTRIALE
(DM 509/99)

VERIFICA DI FUNZIONAMENTO DELL'IMPIANTO
DI DEPURAZIONE DI PESCHIERA DEL GARDA

Relatore: Ch.mo prof. Lino Conte

Correlatori: P.I. Adriano Turrina

Ing. Luigi Falletti

Laureando: Stefano Penazzi

Anno Accademico 2009-2010

INTRODUZIONE

Nell'ultimo ventennio la sensibilità ambientale si è innervata efficacemente nelle politiche di gestione dei processi produttivi, quantomeno per i paesi membri dell'Unione europea. In particolare le normative in merito allo smaltimento dei rifiuti e della depurazione delle acque reflue sono una solida realtà. Gli impianti per il trattamento delle acque reflue devono quindi essere dimensionati e gestiti in maniera da garantire uno scarico nei limiti dichiarati nelle normative.

Gli oggetti principali di questa tesi sono la descrizione dell'impianto di Peschiera del Garda e la verifica di funzionamento dello stesso nell'anno 2009. Su una parte dell'impianto di recente realizzazione viene condotta una verifica di funzionamento più approfondita; essendo infatti trascorso un anno dalla messa in opera di tale parte i dati disponibili sono stati sufficienti per una analisi di funzionamento. I dati per il lavoro di descrizione e di verifica sono stati raccolti ed elaborati durante il periodo di tirocinio svolto presso l'impianto con la collaborazione dei tecnici e dei responsabili di gestione.

Vengono inoltre esposte brevemente le normative italiane specifiche per l'area gestita dall'impianto e una breve descrizione dei generali processi depurativi con focalizzazione su quelli attivi nel depuratore di Peschiera.

Capitolo 1

NORMATIVE SUGLI SCARICHI

In questo capitolo verranno brevemente esposte le normative nazionali e regionali del Veneto per la tutela delle acque dall'inquinamento.

1.1 Decreto legislativo 152/2006

Il Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n.152 rappresenta l'attuale normativa vigente in materia ambientale. Esso è diviso in sei parti trattanti ambiti ambientali diversi e specificatamente:

- 1) Disposizioni comuni
- 2) Procedure per la valutazione ambientale strategica(V.A.S), per la valutazione d'impatto ambientale(V.I.A) e per l'autorizzazione ambientale integrata(I.P.P.C)
- 3) Norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall'inquinamento e di gestione delle risorse idriche
- 4) Norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti inquinati
- 5) Norme in materia di tutela dell'aria e di riduzione delle emissioni in atmosfera
- 6) Norme in materia di tutela risarcitoria contro i danni all'ambiente

La parte III riguarda la tutela delle acque dall'inquinamento, ed è divisa in Titoli:

- Titolo I - Principi generali e competenze.
- Titolo II - Obiettivi di qualità
- Titolo III - Tutela dei corpi idrici e disciplina degli scarichi. Qui è compresa in particolare la disciplina degli scarichi, con la definizione delle aree sensibili e i limiti di emissione.
- Titolo IV - Strumenti di tutela. Questa parte riguarda i piani di gestione e piani di tutela delle acque, l'autorizzazione agli scarichi e il controllo degli scarichi. Ogni Regione, in base a quanto qui specificato, deve adottare il proprio Piano di Tutela delle Acque.
- Titolo V - Sanzioni. Comprende sanzioni amministrative e penali.

Un articolo che interessa particolarmente la trattazione è il n°74 in cui sono esposte le definizioni utili in materia di tutela delle acque dall'inquinamento; qui si riportano alcune di esse che ricorreranno maggiormente nell'esposizione seguente.

Definizioni:

a) *abitante equivalente*: il carico organico biodegradabile avente una richiesta biochimica di ossigeno a 5 giorni (BOD5) pari a 60 grammi di ossigeno al giorno;

g) *acque reflue domestiche*: acque reflue provenienti da insediamenti di tipo residenziale e da servizi e derivanti prevalentemente dal metabolismo umano e da attività domestiche;

h) *acque reflue industriali*: qualsiasi tipo di acque reflue provenienti da edifici od installazioni in cui si svolgono attività commerciali o di produzione di beni, differenti qualitativamente dalle acque reflue domestiche e da quelle meteoriche di dilavamento, intendendosi per tali anche quelle venute in contatto con sostanze o materiali, anche inquinanti, non connessi con le attività esercitate nello stabilimento;

i) *acque reflue urbane*: il miscuglio di acque reflue domestiche, di acque reflue industriali, e/o di quelle meteoriche di dilavamento convogliate in reti fognarie, anche separate, e provenienti da agglomerato;

bb) *fanghi*: i fanghi residui, trattati o non trattati, provenienti dagli impianti di trattamento delle acque reflue urbane;

dd) *rete fognaria*: il sistema di canalizzazioni, generalmente sotterranee, per la raccolta e il convogliamento delle acque reflue domestiche, industriali ed urbane fino al recapito finale;

ff) *scarico*: qualsiasi immissione di acque reflue in acque superficiali, sul suolo, nel sottosuolo e in rete fognaria, indipendentemente dalla loro natura inquinante, anche sottoposte a preventivo trattamento di depurazione. Sono esclusi i rilasci di acque previsti all'articolo 114;

ii) *trattamento appropriato*: il trattamento delle acque reflue urbane mediante un processo ovvero un sistema di smaltimento che, dopo lo scarico, garantisca la conformità dei corpi idrici recettori ai relativi obiettivi di qualità ovvero sia conforme alle disposizioni della parte terza del presente decreto;

ll) *trattamento primario*: il trattamento delle acque reflue che comporti la sedimentazione dei solidi sospesi mediante processi fisici e/o chimico-fisici e/o altri, a seguito dei quali prima dello scarico il BOD5 delle acque in trattamento sia ridotto almeno del 20 per cento ed i solidi sospesi totali almeno del 50 per cento;

mm) *trattamento secondario*: il trattamento delle acque reflue mediante un processo che in genere comporta il trattamento biologico con sedimentazione secondaria, o mediante altro processo in cui vengano comunque rispettati i requisiti di cui alla tabella 1 dell'Allegato 5 alla parte terza del presente decreto.

pp) *zone vulnerabili*: zone di territorio che scaricano direttamente o indirettamente composti azotati di origine agricola o zootecnica in acque già inquinate o che potrebbero esserlo in conseguenza di tali tipi di scarichi.

L'articolo 91 del presente decreto indica le aree sensibili del territorio nazionale, definite nell'allegato 6 alla parte terza. Si considera area sensibile un sistema idrico classificabile in uno dei seguenti gruppi:

- a) Laghi naturali, altre acque dolci, estuari e acque del litorale già eutrofizzati o esposti a prossima eutrofizzazione, in assenza di interventi protettivi specifici.
- b) Acque dolci superficiali destinate alla produzione di acqua potabile che potrebbero contenere in assenza di interventi una concentrazione di nitrati superiore a 50 mg/L.
- c) Aree che necessitano per gli scarichi afferenti, di un trattamento supplementare al trattamento secondario al fine di conformarsi alle prescrizioni previste dalla presente norma.

Nello specifico il lago di Garda e i fiumi Sarca-Mincio sono considerati zone sensibili.

Si riportano qui di seguito la tabella 1 e la tabella 2 dell'Allegato 5 alla parte III, in cui sono indicati i limiti di emissione per gli impianti che trattano acque reflue urbane, e quelli validi per gli impianti che scaricano in aree sensibili.

Tabella 1.1 Tabella 1 Allegato 5. Limiti di emissione per gli impianti di acque reflue urbane.

Parametri (media giornaliera) (1)	potenzialità impianto in A.E			
	2000 – 10000 A.E		>10000 A.E	
	Concentrazione	% di riduzione	Concentrazione	% di riduzione
BOD ₅ (senza nitrificazione) [mg/L] (2)	≤25	70-90(5)	≤25	80
COD [mg/L](3)	≤125	75	≤125	75
Solidi sospesi [mg/L](4)	≤35(5)	90(5)	≤35	90

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

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

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

(4) La misurazione deve essere fatta mediante filtrazione di un campione rappresentativo attraverso membrana filtrante con porosità di 0.45µm ed essiccazione a 105°C con conseguente calcolo del peso, oppure mediante centrifugazione per almeno 5 minuti (accelerazione media di 28000-3200 g), essiccazione a 105°C e calcolo del peso.

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

Tabella 1.2 tabella 2 Allegato 5. Limiti di emissione per le aree sensibili.

Parametri	Potenzialità impianto in AE			
	10.000-100.000		>100.000	
	Concentrazione	% di riduzione	Concentrazione	% di riduzione
Fosforo totale (P mg/L) ¹	≤ 2	80	≤ 1	80
Azoto totale (N mg/L) ^{2,3}	≤ 15	70-80	≤ 10	70-80

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

(2) Per azoto totale si intende la somma dell'azoto Kiedahl (N organico+NH₃) +azoto nitrico + azoto nitroso. Il metodo di riferimento per la misurazione è la spettrofotometria di assorbimento molecolare.

(3) In alternativa al riferimento alla concentrazione media annua, purchè si ottenga un analogo livello di protezione ambientale, si può fare riferimento alla concentrazione media giornaliera che non può superare i 20 mg/L per ogni campione in cui la temperatura dell'effluente sia pari o superiore a 12 gradi centigradi. Il limite della concentrazione media giornaliera può essere applicato a un tempo operativo limitato che tenga conto delle condizioni climatiche locali.

Le regioni (art. 101), nell'esercizio della loro autonomia e tenendo conto dei carichi massimi ammissibili e delle migliori tecniche disponibili, possono definire valori-limite di emissione diversi da quelli di cui all'Allegato 5 alla parte terza del presente decreto. Le regioni non possono stabilire valori limite meno restrittivi di quelli fissati nell'Allegato 5 alla parte terza del presente decreto, e precisamente:

- a) nella Tabella 1, relativamente allo scarico di acque reflue urbane in corpi idrici superficiali;
- b) nella Tabella 2, relativamente allo scarico di acque reflue urbane in corpi idrici superficiali ricadenti in aree sensibili;
- c) nella Tabella 3/A, per i cicli produttivi ivi indicati;

Vengono esposti in tabella 1.3 i principali parametri presenti tabella 3/A dell'allegato 5.

Tabella 1.3 Tabella3 Allegato 5. Valori limite di emissione in acque superficiali e in fognatura.

N param.	Sostanze	Unità di misura	Scarico in acque superficiali	Scarico in pubblica fognatura
1	pH		5.5 – 9.5	5.5 – 9.5
2	temperatura	°C	(1)	(1)
3	colore		Non percettibile con diluizione 1:20	Non percettibile con diluizione 1:20
4	odore		Non deve essere causa di molestie	Non deve essere causa di molestie
5	Materiali grossolani		Assenti	Assenti
6	Solidi sospesi totali ⁽²⁾	mg/L	80	200
7	BOD ₅ (come O ₂) ⁽²⁾	mg/L	40	250

8	COD (come O ₂) ⁽²⁾	mg/L	160	500
32	Fosforo totale (come P) ⁽²⁾	mg/L	10	10
33	Azoto ammoniacale (come NH ₄) ⁽²⁾	mg/L	15	30
34	Azoto nitroso (come N) ⁽²⁾	mg/L	0.6	0.6
35	Azoto nitrico (come N) ⁽²⁾	mg/L	20	30
50	Escherichia coli ⁽⁴⁾	UFC/100mL	nota	

(¹) Per i corsi d'acqua la variazione massima tra temperature medie di qualsiasi sezione del corso d'acqua a monte e a valle del punto di immissione non deve superare i 3°C. Su almeno metà di qualsiasi sezione a valle tale variazione non deve superare 1°C. Per i laghi la temperatura dello scarico non deve superare i 30°C e l'incremento di temperatura del corpo recipiente non deve in nessun caso superare i 3°C oltre 50 metri di distanza dal punto di immissione. Per i canali artificiali, il massimo valore medio della temperatura dell'acqua di qualsiasi sezione non deve superare i 35°C, la condizione suddetta è subordinata all'assenso del soggetto che gestisce il canale. Per il mare e per le zone di foce di corsi d'acqua non significativi, la temperatura dello scarico non deve superare i 35°C e l'incremento di temperatura del corpo recipiente non deve in nessun caso superare i 3°C oltre i 1000 metri di distanza dal punto di immissione. Deve inoltre essere assicurata la compatibilità ambientale dello scarico con il corpo recipiente ed evitata la formazione di barriere termiche alla foce dei fiumi.

(²) Per quanto riguarda gli scarichi di acque reflue urbane valgono i limiti indicati in tabella 1 e, per le zone sensibili anche quelli di tabella 2. Per quanto riguarda gli scarichi di acque reflue industriali recapitanti in zone sensibili la concentrazione di fosforo totale e di azoto totale deve essere rispettivamente di 1 e 10 mg/L.

(⁴) In sede di autorizzazione allo scarico dell'impianto per il trattamento di acque reflue urbane, da parte dell'autorità competente andrà fissato il limite più opportuno in relazione alla situazione ambientale e igienico sanitaria del corpo idrico recettore e agli usi esistenti. Si consiglia un limite non superiore ai 5000 UFC/100mL.

1.2 Piano di tutela delle acque

Il Piano di Tutela delle Acque (PTA) costituisce uno specifico piano di settore, ai sensi dell'art. 121 del D.Lgs 152/2006. Il PTA contiene gli interventi volti a garantire il raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale di cui agli artt. 76 e 77 del D.Lgs 152/2006 e contiene le misure necessarie alla tutela qualitativa e quantitativa del sistema idrico.

Il PTA comprende i seguenti tre documenti:

a) Sintesi degli aspetti conoscitivi: riassume la base conoscitiva e i suoi successivi aggiornamenti e comprende l'analisi delle criticità per le acque superficiali e sotterranee, per bacino idrografico e idrogeologico.

b) Indirizzi di Piano: contiene l'individuazione degli obiettivi di qualità e le azioni previste per raggiungerli: la designazione delle aree sensibili, delle zone vulnerabili da nitrati e da prodotti fitosanitari, delle zone soggette a degrado del suolo e desertificazione; le misure relative agli scarichi; le misure in materia di riqualificazione fluviale.

c) Norme Tecniche di Attuazione: contengono misure di base per il conseguimento degli obiettivi di qualità distinguibili nelle seguenti macroazioni:

- Misure di tutela qualitativa: disciplina degli scarichi.
- Misure per le aree a specifica tutela: zone vulnerabili da nitrati e fitosanitari, aree sensibili, aree di salvaguardia acque destinate al consumo umano, aree di pertinenza dei corpi idrici.
- Misure di tutela quantitativa e di risparmio idrico.
- Misure per la gestione delle acque di pioggia e di dilavamento.

Il P.T.A ha mantenuto la suddivisione del territorio in 5 zone a differente sensibilità che era già stata indicata nel P.R.R.A. del 1989; in esse l'attribuzione del limite allo scarico avviene sulla base della zona e della potenzialità in A.E. Per ogni zona è stabilita una soglia S al di sotto della quale è prescritto un semplice trattamento primario delle acque reflue; sopra S si hanno invece concentrazioni massime di inquinanti in uscita. Per potenzialità superiori ai 2000 A.E i limiti del P.T.A coesistono con quelli del D.Lgs 152/2006 e questi ultimi prevalgono se più restrittivi di quelli regionali. In tabella 1.4 vengono presentate le attribuzioni dei limiti allo scarico in base alla zona e alla potenzialità mentre in tabella 1.5 vengono presentati i limiti allo scarico.

Tabella 1.4 Attribuzione dei limiti allo scarico secondo il P.T.A del Veneto

A.e	fascia montana	pianura a bassa densità	pianura ad alta densità	ricarica acquiferi	fascia costiera	Acque marine
100						E
200				A		E
500			A	A	A	E
2000	A	A	A	B	A	E
10000	B	C	C	D	C	E
>10000	C	C	C	D	C	E

Tabella 1.5 Limiti allo scarico secondo il P.T.A del Veneto

parametri	A	B	C	D	E
SST(mg/l)	200	150	35	35	35
BOD(mg/l)	<190	80	25	25	25
COD(mg/l)	<380	250	125	125	125
P(mg/l)	20	15	10	5	20
NH ₄ (mg/l)	30	30	15	5	30
NO ₂ (mg/l)	2	2	0,6	0,2	2
NO ₃ (mg/l)			20	20	50

Capitolo 2

TRATTAMENTI DEPURATIVI

2.1 Introduzione

In questo capitolo verranno esposti i principali trattamenti che permettono di ridurre la concentrazione delle sostanze inquinanti disciolte e sospese in un refluo civile nei limiti di legge previsti. I trattamenti possono essere suddivisi in tre categorie: trattamenti primari, secondari e terziari. Oltre alla linea delle acque, è anche presente la linea fanghi volta a conferire al fango le caratteristiche necessarie per essere utilizzato o smaltito.

2.2 Trattamenti primari

I trattamenti primari hanno il compito di separare dal refluo la maggior parte delle sostanze sospese. Tale separazione può essere fisica o chimico fisica a seconda delle dimensioni delle sostanze sospese e delle necessità impiantistiche specifiche.

2.2.1 Sollevamento

Il sollevamento consiste nel fornire al refluo proveniente dalla rete fognaria l'energia tale da superare tutte le perdite di carico all'interno dell'impianto. Si fornisce infatti energia potenziale al refluo innalzandolo di quota; esso fluirà poi in impianto per gravità.

L'innalzamento di quota generalmente è effettuato mediante :

- Pompe centrifughe sommerse: sono adatte per movimentare liquidi con solidi sospesi, hanno funzionamento regolare e lunga durata; il numero delle pompe è scelto in modo tale da garantire una portata relativamente regolare.
- Coclee (o viti di Archimede): presentano i vantaggi di autoregolare la portata influente fino alla portata massima e di avere limitati costi di funzionamento; esse però sono costose sia come opere meccaniche che civili.

2.2.2 Grigliatura

La stazione di grigliatura deve trattenere i solidi grossolani. Essa è effettuata utilizzando griglie con luce di passaggio che varia da alcuni millimetri ad alcuni centimetri, e in base a ciò essa è classificata come:

- Grigliatura grossolana: ha luce di passaggio compresa tra 4 e 6 cm, intercetta corpi voluminosi ed è generalmente a pulizia manuale;
- Grigliatura fine: ha luce di passaggio compresa tra 1 e 0,2 cm; in commercio sono disponibili diverse soluzioni tecnologiche (griglie a pettine, a gradini, verticale, semiverticale). La pulizia è automatizzata e il materiale grigliato è accumulato in containers per lo smaltimento;
- Stacciatura : consiste nel far passare il liquame grezzo attraverso reti metalliche o lamiere forate supportate da un tamburo rotante con pulizia automatica. In questa stazione si riescono a trattenere anche particelle che riuscirebbero a sfuggire alla grigliatura fine. Si ottengono i seguenti rendimenti depurativi: 5-10% per il BOD, 10% per i solidi sospesi e 10% per la carica batterica.

2.2.3 Dissabbiatura-disoleatura

Lo scopo di questa stazione è togliere le sabbie presenti nel refluo. Esse infatti, se non rimosse, potrebbero causare notevoli inconvenienti per l'abrasione delle tubazioni e delle parti meccaniche con cui entrano in contatto; inoltre le sabbie si accumulerebbero nelle vasche di trattamento biologico sottraendo volume utile. Le tipologie di dissabbiatori che si possono incontrare sono :

- Dissabbiatore a canale. Esso è generalmente costituito una vasca rettangolare a fondo inclinato. La velocità del refluo influente è mantenuta costante da un venturimetro, indipendente dalla portata in arrivo. Sul fondo sono scavate le canalette di raccolta che convogliano le sabbie depositate in apposite tramogge.
- Dissabbiatore areato. Esso è costituito da una vasca rettangolare con fondo inclinato in cui viene insufflata aria che favorisce un moto a spirale della massa liquida. Tale movimento permette alle particelle organiche più leggere di flottare, mentre le particelle solide più pesanti come la sabbia sedimentano. Quest'ultime sostanze possono essere estratte mediante coclee o air-lift. L'inconveniente di questa soluzione sono i possibili odori molesti per lo strippaggio di gas disciolti.

- Dissabbiatore meccanizzato. Esso è composto da una vasca in cui alcune pale rotanti agitano il liquido e favoriscono la sedimentazione della sabbia; è una macchina flessibile che assorbe bene le variazioni di portata.

Le sabbie possono essere raccolte anche tramite pompe aspiratrici sommerse montate su un carroponete va e vieni. La sabbia raccolta deve poi essere stoccata e se non riutilizzata in impianto deve essere smaltita in apposita discarica.

La disoleatura prevede la rimozione degli oli e dei grassi presenti in tutti gli scarichi civili e nelle acque di rifiuto industriali. Oli e grassi possono provocare infatti notevoli inconvenienti come intasamenti, difficoltà nel trattamento biologico aerobico, inibizione della digestione anaerobica e problemi alla disidratazione meccanica del fango.

Il sistema più diffuso per la rimozione di oli e grassi sono le vasche di sgrassatura-disoleatura areate. L'insufflazione di aria compressa nella vasca favorisce la flottazione in superficie di oli e grassi. La soluzione impiantistica più in uso è combinare la dissabbiatura areata con la sgrassatura-disoleatura; si realizzano vasche areate dotate di una zona di calma laterale in cui possono raccogliersi gli oli e i grassi portati in superficie dal moto a spirale indotto dall'areazione. Essi vengono raccolti o per tracimazione in canalette laterali alle vasche o con spatole di raccolta montate su carroponete va e vieni.

2.2.4 Equalizzazione

L'equalizzazione è un trattamento integrativo che prevede lo stoccaggio di parte del refluo in ingresso al fine di fornire ai trattamenti biologici successivi una portata costante. Le punte improvvise di carico e di concentrazioni di inquinanti infatti possono compromettere il funzionamento dei comparti biologici inibendo la microfauna addetta alla depurazione. La realizzazione dell'equalizzazione può essere effettuata in linea o laterale.

EQUALIZZAZIONE IN LINEA: la vasca viene collocata dopo i trattamenti di grigliatura, dissabbiatura-disoleatura e prima del sollevamento. Il liquame viene immesso nella vasca di equalizzazione, necessariamente a livello variabile, e un sistema automatico di controllo garantisce una portata uscente costante.

EQUALIZZAZIONE LATERALE: in questa soluzione solo la portata eccedente la media sfiora nelle vasche di equalizzazione da cui viene sollevata solo quando l'afflusso di acqua è inferiore alla media giornaliera. In questa soluzione si sollevano meno volumi e quindi il costo energetico è più limitato, ma non vengono compensati gli altri parametri caratteristici

del liquame. Infatti tutte le portate inferiori alla media vanno direttamente ai trattamenti successivi senza alcuna miscelazione con altre acque.

Per evitare la sedimentazione dei solidi sospesi del refluo, le vasche stesse devono essere dotate di dispositivi di agitazione e miscelazione per aerazione; tale soluzione serve anche per far sopravvivere i microorganismi nel tempo di detenzione della vasca.

Il vantaggio principale dell'equalizzazione è la diminuzione dei volumi delle vasche e della potenzialità dei macchinari: così infatti i trattamenti successivi possono essere dimensionati sulla portata media anziché sulla massima.

2.3 Trattamenti secondari

I trattamenti secondari sono basati su processi biologici operati da una popolazione batterica che per i suoi processi vitali di crescita e sviluppo cellulare utilizza sostanze nutritive (carbonio, azoto e fosforo contenute) nel refluo. I batteri vivono agglomerati in fiocchi gelatinosi detti fanghi attivi, che nei reattori biologici sono mantenuti miscelati con il refluo da trattare, quindi possono essere separati dall'acqua depurata con una decantazione.

2.3.1 Ossidazione biologica

I reattori biologici sono costituiti da vasche di ossidazione aerate nelle quali confluiscono con continuità i liquami da depurare. Nelle vasche di ossidazione sono presenti i fanghi attivi che degradano la sostanza organica in soluzione e in sospensione (attraverso una preventiva azione di idrolisi, assimilandola e trasformandola parte in energia e prodotti delle reazioni energetiche (CO_2 , H_2O) e parte in nuove cellule batteriche. Dalle vasche di ossidazione esce una sospensione di fanghi attivi e acque depurate detta anche mixed-liquor, che nei successivi sedimentatori finali viene separata in fanghi addensati e acque chiarificate. I fanghi addensati vengono riciclati alle vasche di ossidazione per mantenere la concentrazione necessaria al processo. La massa di fanghi attivi cresce proporzionalmente alla quantità di sostanza organica rimossa; ne segue che per mantenere la concentrazione dei fanghi costante è necessario asportare periodicamente una parte dei fanghi attivi medesimi (fanghi di supero).

L'ossigeno necessario alle attività batteriche viene fornito artificialmente attraverso sistemi meccanici, insufflazione dell'aria e in alcuni casi insufflazione di ossigeno puro.

FATTORE DI CARICO DEL FANGO

Un parametro che caratterizza bene il grado di sviluppo dei microrganismi e quindi il grado di elaborazione delle sostanze nutritive che arrivano con i liquami è il *fattore di carico organico* F_c inteso come rapporto tra la quantità di cibo fornita alla massa di microrganismi in un certo tempo e la massa di microrganismi stessi. Genericamente esso è esprimibile con :

$$F_c = \frac{f}{m \cdot t}$$

dove

F_c è il fattore di carico del fango; si misura in $\text{kg}_{\text{BOD}}/\text{kg}_{\text{SSV}} \cdot \text{d}$;

f è la quantità di cibo fornita (carico di BOD che perviene nel tempo t);

m è la massa di microrganismi (massa totale di solidi sospesi nella vasca di aerazione);

t è il tempo in cui viene applicato il carico F_c .

Il "cibo" dei microrganismi è la frazione organica del refluo ossidabile biologicamente e si determina analiticamente con il parametro BOD_5 . La definizione di massa totale dei microrganismi depuranti richiede una precisazione; infatti solo una parte dei solidi sospesi presenti nella vasca di aerazione è costituita da microrganismi vivi e quindi in grado di svolgere processi biologici depurativi. Tale situazione è ben visualizzata in figura 2.1.

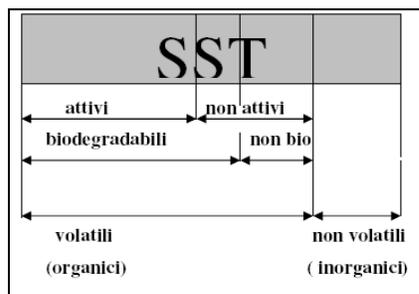


Fig. 2.1-classificazione dei solidi sospesi totali

Convenzionalmente i microorganismi vivi sono individuati come solidi sospesi volatili nonostante sia una approssimazione per eccesso che comprende anche parti del fango non attive biologicamente.

L'espressione del fattore del carico del fango risulta quindi modificata come:

$$F_c = \frac{Q \cdot [BOD_{in}]}{V \cdot [SSV]}$$

dove

$Q \cdot [BOD_{in}]$ è il prodotto della portata influente alla vasca per la concentrazione di BOD in ingresso. Tale prodotto indica il carico nutritivo organico che perviene ai microorganismi nel tempo considerato e si misura in Kg_{BOD}/d ;

$V \cdot [SSV]$ è il prodotto del volume della vasca di ossidazione per la concentrazione di solidi sospesi volatili in vasca e indica la biomassa presente; si misura in kg_{SSV} .

In base al valore del fattore di carico F_c gli impianti si dividono in:

- Aerazione prolungata : F_c da 0,02 a 0,15 $kg_{BOD}/kg_{SSV} \cdot d$
- A basso carico : F_c da 0,2 a 0,3 $kg_{BOD}/kg_{SSV} \cdot d$
- A medio carico : F_c da 0,3 a 0,5 $kg_{BOD}/kg_{SSV} \cdot d$
- Ad alto carico : F_c da 0,6 in su $kg_{BOD}/kg_{SSV} \cdot d$

Per come è stato definito, si vede che se il fattore di carico è basso si è in presenza di poco cibo e/o tanti batteri che rallentano la crescita. Al contrario un F_c alto è sinonimo di elevata quantità di cibo in presenza di pochi batteri, che sono spinti verso una crescita logaritmica.

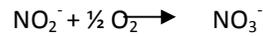
2.3.2 Nitrificazione

I composti organici azotati (polipeptidi, proteine, urea) vengono trasformati in azoto ammoniacale mediante l'azione enzimatica di idrolisi che avviene anche in fognatura. La nitrificazione dell'azoto ammoniacale avviene ad opera di batteri autotrofi chemio-sintetici del genere *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*; essi traggono l'energia necessaria per loro funzioni vitali dall'ossidazione dell'ammoniaca anziché dall'ossidazione di un composto organico. L'ossidazione dell'ammoniaca avviene in due fasi ben distinte:

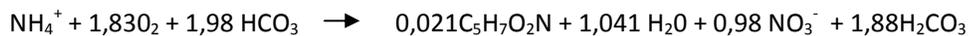
- **nitrosazione**, cioè formazione di azoto nitroso NO_2^- , ad opera di batteri Nitrosomonas, secondo la reazione:



- **nitrificazione**, cioè formazione di azoto nitrico NO_3^- , ad opera di batteri Nitrobacter:



Parte dell'azoto è richiesta per la sintesi batterica sia dei Nitrosomonas che dei Nitrobacter. Inoltre per la sintesi è necessario anche carbonio inorganico derivante dai bicarbonati contenuti nell'acqua. La reazione biochimica complessiva è la seguente:



Dalle reazioni biochimiche descritte si deduce che:

- l'ossidazione dell'ammoniaca avviene con un consumo di circa 4,6 kg O_2 per ogni kg di azoto ossidato, quindi la nitrificazione può avvenire solo con un'adeguata quantità di ossigeno e concentrazione di almeno 2 mg/l O_2 ;
- la nitrificazione produce acidità poiché viene consumato calcio carbonato CaCO_3 con conseguente abbassamento del pH; quindi un pH acido inibisce la crescita della flora batterica nitrificante, secondo la seguente espressione:

$$\mu = \mu_{\max} [1 - 0,833 (7,2 - \text{pH})]$$

μ è la velocità di crescita

μ_{\max} è la velocità di crescita al pH ottimale

La velocità di nitrificazione è dipendente dalla temperatura secondo la relazione:

$$v = v_{\max(20^\circ\text{C})} \cdot \phi^{T-20}$$

dove:

- $v_{\max(20^\circ\text{C})}$ è la velocità massima di nitrificazione a 20°C e si esprime in $\text{Kg}_\text{N}/\text{Kg}_{\text{SSN}} \cdot \text{d}$;
- ϕ è il fattore di correzione della temperatura, vale 1,12 ed è adimensionale;
- T è la temperatura in $^\circ\text{C}$.

2.3.3 Denitrificazione

La denitrificazione biologica dell'azoto è operata da batteri eterotrofi facoltativi, *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Archromobacter*, *Bacillus*, *Spirillus*, abbondantemente presenti nelle fasi biologiche ossidative; questi batteri, posti in condizioni di mancanza di ossigeno (anossia), possono utilizzare l'O₂ dei nitrati per l'ossidazione biologica della sostanza organica liberando l'azoto gassoso N₂. Poiché in presenza di O₂ atmosferico i batteri denitrificanti utilizzano più facilmente questa forma di ossigeno rispetto all'ossigeno dell'NO₃⁻, la denitrificazione può avvenire solo in assenza di ossigeno atmosferico disciolto (anossia) e quindi deve essere realizzata in una vasca separata dall'ossidazione, oppure interrompendo per una durata adeguata l'aerazione delle vasche di ossidazione.

Lo schema stechiometrico delle reazioni energetiche e di sintesi del processo è diviso in :

- Reazione dissimilatoria che ha come prodotto energia, azoto molecolare, anidride carbonica e acqua



- Reazione di sintesi con formazione di nuovi batteri



La maggior parte dell'azoto è rimosso dalla denitrificazione dissimilatoria (anche più del 90%) mentre è basso il contributo della sintesi (dal 4 al 10%).

I batteri denitrificanti sono eterotrofi, quindi hanno bisogno di una fonte organica di carbonio, che può essere costituita da liquame grezzo, composti organici facilmente degradabili dosati dall'esterno (metanolo o glucosio) oppure sostanza cellulare dei batteri medesimi (carbonio endogeno). La velocità di denitrificazione dipende dalla fonte di carbonio organico disponibile e dalla temperatura nelle vasche (fig. 2.2). La quantità di BOD necessaria per denitrificare 1 kg di azoto nitrico è circa 3.5 – 4.5 kg.

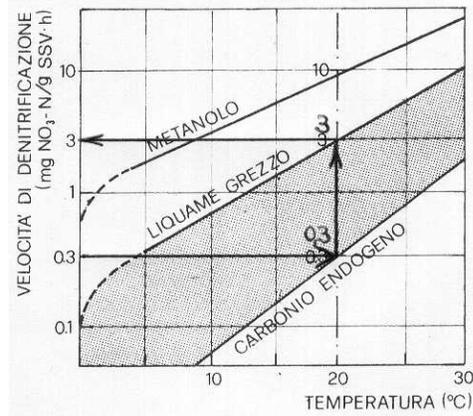


Fig.2.2 – Diagramma velocità di denitrificazione in funzione della temperatura per diverse fonti di substrato carbonioso.

Si nota che a 20°C la velocità di denitrificazione con il liquame grezzo) è 10 volte superiore alla velocità con carbonio endogeno; pertanto per ottenere elevate velocità di denitrificazione è necessario miscelare i nitrati con il liquame grezzo.

SCHEMI IMPIANTISTICI PER LA DENITRIFICAZIONE

Gli schemi impiantistici con cui può essere realizzata la denitrificazione sono i seguenti:

- *pre-denitrificazione*: in questo schema di processo i fanghi di ricircolo (che contengono i nitrati prodotti nell'ossidazione) e una quantità di torbida aerata proveniente direttamente dalla vasca di ossidazione vengono inviati nella vasca di denitrificazione; questa soluzione, molto utilizzata, presenta il vantaggio che il liquame fresco è molto carico di BOD₅ e quindi la velocità di denitrificazione è alta.
- *Post-denitrificazione*: questo schema prevede la denitrificazione in coda alla nitrificazione. Potrebbe sembrare lo schema di processo più logico per rispettare la sequenza nitrificazione-denitrificazione, però presenta il grave inconveniente che la denitrificazione avviene in presenza di solo carbonio endogeno e quindi con velocità molto basse. Si può ovviare a questo inconveniente deviando una frazione della portata di liquame grezzo direttamente alla post-denitrificazione o dosando sostanza organica rapidamente biodegradabile dall'esterno (ma con maggiori costi).

- *Denitrificazione in simultanea*: è un processo in cui la denitrificazione viene realizzata nella stessa vasca di ossidazione-nitrificazione, alternando fasi di aerazione con fasi di anossia, così che la flora batterica denitrificante, in mancanza di ossigeno disciolto, utilizza l'O₂ legato ai nitrati.

L'esperienza indica che lo schema di processo più adatto alla denitrificazione di reflui urbani è quello della *pre-denitrificazione*.

2.3.4 Sedimentazione

Nella sedimentazione si sfrutta la forza di gravità per separare l'acqua dalle particelle sedimentabili, caratterizzate da un peso specifico maggiore e quindi in grado di depositarsi sul fondo di una vasca in un tempo di alcune ore. La sedimentazione deve ottenere:

- la separazione dei fanghi attivi dall'acqua depurata che sarà poi scaricata;
- l'addensamento del fango attivo a concentrazioni tali da poter essere facilmente pompato in testa al comparto biologico (ricircolo) o estratto (supero).

I parametri più importanti della fase di sedimentazione sono:

- Il *tempo di detenzione*; ovvero il tempo di permanenza nella vasca di sedimentazione del refluo uscente dallo stadio di ossidazione biologica. Tale tempo dovrà essere sufficiente per la buona separazione dei fiocchi di fango dall'effluente depurato;
- Il *carico idraulico superficiale* :

$$C_{is} = \frac{Q}{A}$$

inteso come rapporto fra la portata di liquame Q e la superficie della vasca A e quindi misurato in m³/m²h. Il valore di riferimento per il carico idraulico superficiale è 0,5-0,6 m³/m²h per le portate medie, mentre deve mantenersi inferiore a 1 m³/m²h per le portate di punta.

- Il *carico superficiale dei solidi sospesi*:

$$P_{SS} = \frac{(Q + Q_R) \cdot SST_{OX}}{A}$$

dove Q_R è la portata media oraria di ricircolo del fango (m^3/h) e SST_{ox} è la concentrazione dei solidi sospesi totali in vasca (kg_{SST}/m^3). Tale parametro si misura in kg_{SS}/m^2h ; per la corretta sedimentazione è bene che il suo valore si mantenga inferiore a $6 kg_{SS}/m^2h$.

La fase di sedimentazione è molto delicata poiché mal sopporta le punte di carico idrauliche. Ogni diverso valore della portata in arrivo comporta in breve tempo una proporzionale variazione della velocità ascensionale del liquido nella vasca; quindi le punte idrauliche potrebbero determinare il sollevamento del fango depositato sul fondo della vasca e quindi la sua fuoriuscita dalla stessa.

2.4 Trattamenti terziari

2.4.1 Disinfezione

La disinfezione serve ad abbattere i batteri patogeni nell'effluente depurato e può avvenire tramite più sistemi:

- clorazione: Il cloro è il disinfettante più usato nei trattamenti di disinfezione. Esso può essere impiegato sotto forma di ipoclorito di sodio, biossido di cloro, cloroammine, cloro liquido o gassoso. Il cloro gassoso viene disciolto in acqua dove si dismuta in acido ipocloroso (un potente germicida) e acido cloridrico.
- Ozonizzazione: è una tecnica di disinfezione delle acque che impiega ozono (O_3), un gas prodotto mediante scariche elettriche ad alto voltaggio in una apposita camera in cui viene fatto passare un flusso d'aria o di ossigeno. L'ozono ha elevata efficacia nei confronti di batteri e virus.
- Raggi UV: si sfrutta l'azione battericida dei raggi UV emessi per mezzo di lampade a vapori di mercurio. L'efficacia massima la si ha mediante l'uso di lunghezza d'onda (λ) intorno ai 250 nm e con una densità di flusso radiativo di almeno $6000 \mu W/cm^2$. Poiché le lampade usate normalmente perdono efficacia nel corso del tempo si usano lampade con densità di flusso molto superiore. I raggi UV hanno un potere biocida elevatissimo nei confronti di batteri, spore, virus, funghi.
- Trattamento con acido peracetico. L'acido peracetico $CH_3CO-O-OH$ è un potente biocidi e viene prodotto per reazione fra perossido d'idrogeno e anidride acetica. È

particolarmente instabile pertanto viene commercializzato in soluzioni al 5% o 15% pronto per essere solubilizzato nelle acque da depurare.

2.5 Linea fanghi

I fanghi estratti dal fondo dei sedimentatori sono ancora ricchi d'acqua e sostanze putrescibili. La linea fanghi deve provvedere quindi alla riduzione sia dell'acqua sia della sostanza organica contenuta nei fanghi; in tal modo si riduce il volume del fango e si mineralizza la sostanza organica lì contenuta. Le acque provenienti dalle fasi di trattamento della linea fanghi sono rimandate in testa all'impianto assieme al refluo civile in ingresso e con esso depurate.

2.5.1 Ispessimento

In questa fase il fango deve essere ulteriormente concentrato. Alcune tecniche di ispessimento fanghi sono:

ISPESSIMENTO PER GRAVITA' : il fango viene fatto sedimentare in vasche a fondo inclinato. Il surnatante che stramazza in superficie è riavviato in testa all'impianto perché ricco di sostanze inquinanti mentre il fango sul fondo è inviato alla successiva fase di stabilizzazione. Il fango è mantenuto debolmente miscelato da un carro a pettini che favorisce la separazione tra l'acqua e le particelle di fango. Inoltre permette di liberare le bolle di azoto e biogas che possono formarsi e che possono ostacolare la sedimentazione facendo flottare il fango.

ISPESSIMENTO DINAMICO : in questo caso il fango è condizionato con una soluzione di polielettrolita. Un corretto condizionamento del fango facilita la flocculazione e quindi la formazione di fiocchi di grandi dimensioni facilmente filtrabili. La separazione dell'acqua dal fango avviene per gravità filtrando il fango su una tela drenante. L'acqua attraversa la tela ed il fango addensato è trattenuto sulla stessa. Gli ispessitori dinamici si dividono in due tipologie:

- Ispessitori a tavola piana
- Ispessitori a tamburo rotante

Gi ispersori a tamburo rotante sono consigliati per portate fino a 80 m³/h oltre le quali l'ispessitore a tavola piana è più adatto. Gli ispersori dinamici sono adatti a trattare fanghi con concentrazione minima di 0,4 %. La percentuale di solidi in uscita può variare dal 5 al 7%. La miscelazione del fango nell'ispessimento con tamburo rotante avviene mediante rotazione continua del tamburo stesso. Nell'ispessimento con tavola piana, il fango viene "rivoltato" mediante rostri fissati sopra la tela drenante. La maggior efficacia della miscelazione continua rispetto all'azione dei rostri fa sì che si possa ottenere generalmente una migliore concentrazione del fango ispessito con tamburo rotante.

2.5.2 Stabilizzazione

Obiettivo della stabilizzazione dei fanghi è:

- Ottenere un fango non più putrescibile, cioè biologicamente quasi inattivo;
- Ottenere un fango facilmente disidratabile ;
- Ridurre la carica batterica presente nel fango.

La stabilizzazione del fango può avvenire per via chimica (con dosaggi di calce e cloro) e per via biologica con un processo aerobico od anaerobico (stabilizzazione o digestione).

Nella stabilizzazione biologica si ottiene anche una riduzione sostanziale dei solidi sospesi presenti nel fango. Il grado di stabilizzazione è tanto più spinto quanto maggiore è la riduzione operata sulla quantità di solidi sospesi volatili originariamente presenti nel fango.

Il grado di riduzione degli SSV dipende da due parametri fondamentali:

- *Tempo* di permanenza del fango nella fase di digestione (età del fango)
- *Temperatura* alla quale si sviluppano i processi

Per quanto riguarda il primo parametro, normalmente si hanno età del fango comprese fra 15 e 40 giorni. Per quanto concerne la temperatura possono essere individuate tre zone :

- Zona criofila con temperatura sotto i 10°C
- Zona mesofila con temperatura fra i 10 e i 40 °C
- Zona termofila con temperatura oltre i 40°C fino anche a 60°C.

Il grado di abbattimento dei solidi sospesi volatili è migliore all'aumentare del prodotto tra temperatura ed età del fango: maggiore è la temperatura, minore può essere l'età del fango e quindi il tempo necessario per la digestione (che si traduce in minori volumi delle opere).

DIGESTIONE ANAEROBICA

Le sostanze organiche presenti nel fango, in mancanza di un sufficiente apporto di ossigeno, diventano sede di processi riduttivi anaerobici che portano a una progressiva stabilizzazione. Tali processi vengono fatti avvenire in vasche chiuse, dette digestori anaerobici, entro le quali le reazioni biologiche si sviluppano al di fuori del contatto con l'atmosfera. In questo ambiente privo di ossigeno disciolto, microorganismi di tipo facoltativo ed anaerobico prelevano l'ossigeno occorrente per i processi di nutrizione e di sviluppo dalla massa delle sostanze organiche biodegradabili presenti nel fango, inducendo una effettiva riduzione biologica. Avviene infatti la trasformazione dei composti a base di zolfo in idrogeno solforato e mercaptani, dei composti azotati in ammoniaca e dei carboidrati in metano ed anidride carbonica.

Risultato della digestione anaerobica è la produzione di biogas; esso è una miscela di gas con il 60-70% di metano, il 23-30% di anidride carbonica e il 2-5% di azoto e altri gas. Il biogas è caratterizzato da un buon potere calorifico e rappresenta circa il 90% dell'energia originariamente presente nelle sostanze organiche biodegradabili del fango.

Il metano in particolare, essendo poco solubile in acqua, si libera facilmente dal fango e si accumula nella parte superiore del digestore; da qui può essere utilizzato per scaldare il digestore stesso accelerando quindi i processi biologici di stabilizzazione a abbreviando i tempi di digestione oppure può essere accumulato in un gasometro per successivi utilizzi.

La conduzione del digestore avviene normalmente in campo mesofilo (32-38°C) anche se non mancano applicazioni in campo termofilo (50-60°C) nelle quali si raggiunge una stabilizzazione più rapida del fango ma con aumentati costi di esercizio. Infatti la dispersione termica del digestore è assai elevata e il mantenimento di temperature in campo termofilo è energeticamente molto dispendioso.

2.5.3 Disidratazione

Al fine di ridurre i costi di smaltimento è necessario ridurre ulteriormente i volumi del fango digerito e quindi asportare l'acqua in esso ancora presente. Si procede quindi ad una disidratazione meccanica del fango in modo da ottenere fango "palabile", cioè maneggiabile con pale meccaniche. Si ritiene un fango "palabile" quando presenta tenore in acqua non superiore al 75-80% a seconda delle sue specifiche caratteristiche fisiche. Generalmente il

fango digerito, ancora ricco di sostanze colloidali che sfavoriscono la disidratazione, viene condizionato con sostanze che favoriscono la separazione dell'acqua dal fango quali i polielettroliti organici. L'acqua ottenuta in questa fase viene recuperata e rimandata in testa all'impianto.

La disidratazione è realizzata mediante apposite apparecchiature come:

- *Filtri a vuoto* dove il fango viene messo a contatto con una tela filtrante avvolta su un tamburo orizzontale, l'acqua a causa della depressione viene aspirata mentre il fango è trattenuto dalla tela;
- *Filtropresse* : più usate negli anni '80, agiscono a 12-15 atmosfere di pressione; il fango è immesso all'interno di piastre rivestite da delle tele filtranti semipermeabili, le piastre vengono messe in azione e la pressione esercitata riesce a rimuovere l'acqua, si formano pannelli di fango che a fine ciclo vengono staccati (si ottiene il 30-35% di secco);
- *Nastropresse* : Il fango viene trasportato fra due nastri che per l'azione di molti rulli sono compressi tanto che si riesce a togliere l'acqua dal fango (si ottiene il 21-23% di secco);
- *Centrifughe* : sfruttano la forza centrifuga impressa al fango dal tamburo centrale per separare l'acqua dai fiocchi di fango che si depositano sulle pareti (si ottiene il 24-27% di secco).

Capitolo 3

DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO DI PESCHIERA DEL GARDA

3.1 INTRODUZIONE

In questo capitolo verrà descritto tecnicamente l'impianto di Peschiera del Garda a seguito dei lavori di adeguamento idraulico e di miglioramento della qualità dello scarico effettuati nel 2005-2006. Tali lavori, così come quelli ulteriori ora in fase di progetto, sono finalizzati al rispetto delle prescrizioni idrauliche previste dal PIANO REGIONALE DI RISANAMENTO DELLE ACQUE (P.R.R.A) della Regione Veneto; ciò avviene adeguando l'impianto in modo che possa sopportare punte di portata triple rispetto alla media. Al fine di gestire tali portate si è quindi resa necessaria la realizzazione di un ulteriore sollevamento del refluo dalla rete fognaria ai trattamenti successivi, di due ulteriori vasche di ossidazione biologica e di sedimentazione (linea 6). Sempre per permettere la gestione di portate elevate, le vasche che prima erano adibite a sedimentazione primaria sono state convertite in bacini di stoccaggio. Inoltre le linee di trattamento biologico aerobico esistenti sono state sottoposte a modifiche così da poter conseguire i limiti di depurazione previsti dal DLGS 152/99 e successive modificazioni ed integrazioni per lo scarico in aree sensibili.

3.2 DATI DI PROGETTO

In tabella 3.1. sono riportati i dati di progetto per l'impianto oggetto dello studio. I parametri sono diversi per il periodo estivo e per quello invernale perché la zona del lago di Garda è una zona di intensa attività turistica, quindi si registrano variazioni notevoli di portate e concentrazioni di inquinanti tra i periodi di villeggiatura e i mesi invernali, come sarà meglio precisato nel capitolo 4.

Tabella 3.1 parametri di progetto dell'impianto di Peschiera del Garda

	unità di misura	ESTATE	INVERNO
portata media in ingresso	m ³ /h	5000	3100
portata in tempo di pioggia al biologico	m ³ /h	8250	8250
portata massima influente	m ³ /h	9792	9792
BOD in ingresso	mg/l	165	100
COD in ingresso	mg/l	358	217
TKN in ingresso	mg/l	33	20
Abitanti Equivalenti		330000	124000

Inoltre sono importanti ai fini della verifica funzionale le seguenti informazioni:

- il sistema di fognatura è di tipo misto;
- È presente il sistema di By-pass, che entra in funzione se la portata massima in ingresso all'impianto è superiore alla massima trattabile nel comparto biologico e cioè 8.250 m³/h. La portata di by-pass, in parte proveniente dal primo sollevamento e in parte dal secondo, viene scaricata direttamente nel Mincio.

3.3 LIMITI ALLO SCARICO

I limiti allo scarico cui è soggetto l'impianto sono riportati nella tabella 3.2.

Tabella 3.2 limiti allo scarico

Parametri inquinanti	Unità di misura	Limiti di progetto	Limiti per aree sensibili
BOD ₅	mg/l	< 25 ⁽²⁾	25
COD	mg/l	< 125 ⁽²⁾	125
Azoto totale ⁽¹⁾	mg/l	< 9	10
N-NH ₄	mg/l	< 1	-
N-NO ₂	mg/l	< 0,6	-
N-NO ₃	mg/l	< 7	-
TKN	mg/l	< 1	-
P	mg/l	< 1 ⁽³⁾	1
SS	mg/l	< 25 ⁽²⁾	35

⁽¹⁾ Per azoto totale si intende la somma TKN + N-NO₃ + N-NO₂

⁽²⁾ Senza la futura filtrazione terziaria

⁽³⁾ Dopo la futura defosfatazione chimica e filtrazione terziaria.

3.4 GENERALITÀ ,SCHEMA A BLOCCHI E PLANIMETRIA DELL'IMPIANTO

L'impianto di depurazione si trova in località Paradiso di sotto in Peschiera del Garda e si estende per circa 843 ettari lungo l'argine del fiume Mincio.

L'impianto di Peschiera del Garda tratta i reflui fognari della parte veronese e bresciana del lago di Garda per un ammontare di 330.000 Abitanti Equivalenti secondo i dati di progetto; inoltre esso raccoglie i reflui del comune di Valeggio sul Mincio. Le portate provenienti dalle due sponde del lago e dal comune di Valeggio si uniscono in località Pioppi al fine di ottenere un unico ingresso all'impianto.

All'interno del depuratore di Peschiera è presente un impianto di trattamento rifiuti liquidi (I.T.R.) che si articola in due sezioni connesse: la prima è la stazione di pretrattamento biologico ad ossigeno puro per rifiuti non pericolosi; la seconda è una stazione di trattamento chimico-fisico per percolati industriali e altri rifiuti.

Viene di seguito riportato in figura 3.1 lo schema a blocchi dell'impianto che riassume le tre linee di trattamento presenti, e cioè:

- *Impianto trattamento* rifiuti (I.T.R) dove vengono trattati rifiuti liquidi per conto terzi;
- *Linea acque*, dove vengono tratti i reflui civili con un processo depurativo biologico a fanghi attivi;
- *Linea fanghi*, dove viene trattato il fango di supero estratto dai sedimentatori.

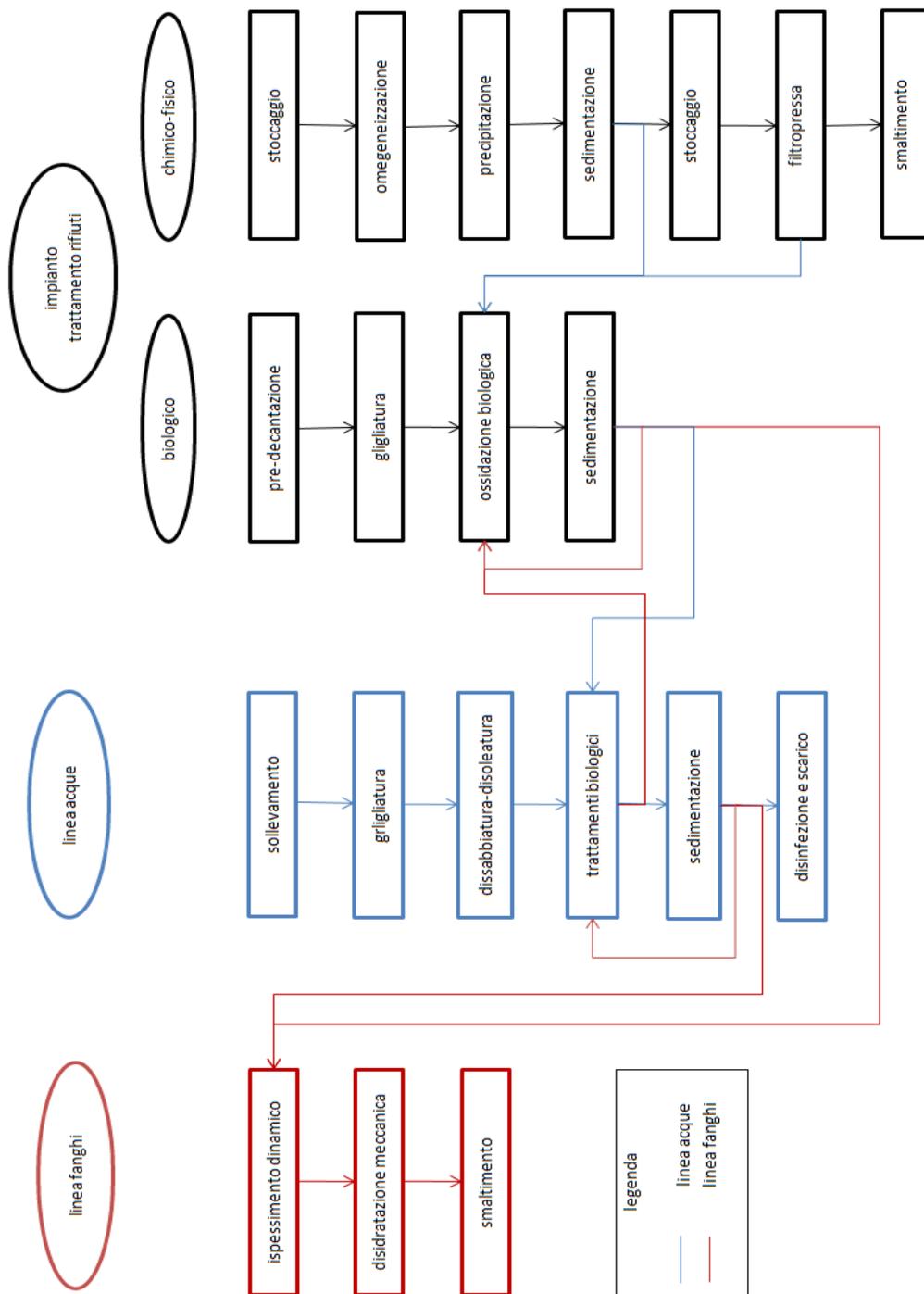


Figura 3.1 schema a blocchi dei processi in impianto

3.5 LINEA ACQUE

3.5.1 *Sollevarmento*

Le stazioni di sollevamento sono due. La costruzione della seconda stazione si è resa necessaria per trattare una portata superiore a quella precedente. Il liquame raccolto dalle condotte fognarie circum-lacuali confluisce all'impianto attraverso una conduttura unica. Essa sfocia in un pozzetto ripartitore che suddivide così la portata totale ai due distinti sollevamenti. All'ingresso di ogni singola stazione di sollevamento è posta una griglia grossolana a pulizia manuale per eliminare oggetti ingombranti che potrebbero danneggiare le apparecchiature dell'impianto; il liquame è successivamente sollevato con pompe e inviato alla grigliatura fine. Sono indicati in tabella 3.3 i dati tecnici specifici per ogni sollevamento.

Tabella 3.3 caratteristiche delle stazioni di sollevamento

	unità di misura	vecchio sollevamento	nuovo sollevamento
n° pompe		7	5
Q max del sollevamento	l/s	1300	1300
Q media del sollevamento	l/s	800-1000	800-1000
Q max per pompa	m ³ /h	972	815
prevalenza per pompa	m di H ₂ O	10	9,70

3.5.2 *Grigliatura fine*

Questo trattamento ha la funzione di rimuovere gli oggetti di dimensioni minori non rimossi dalla griglia grossolana. Le griglie utilizzate in ambedue i sollevamenti sono del tipo a gradini; il materiale raccolto viene spostato verso l'alto di gradino in gradino e quindi, tramite una coclea, viene inviato in un compattatore; i solidi compattati sono scaricati in un cassone che verrà smaltito in discarica come rifiuto solido. La spaziatura tra le lamella di tutte le griglie è pari a 3 mm.

Nella stazione di sollevamento nuova sono presenti due griglie, nella stazione vecchia sono presenti 5 griglie delle quali 2 trattano il refluo dopo il sollevamento, le altre 3 griglie trattano la portata di by-pass di questa stazione. Il refluo grigliato (eccetto la frazione che va al by-pass) è avviato alla dissabbiatura-disoleatura.

3.5.3 *Dissabbiatura-disoleatura e biofiltri*

In questa fase sono rimosse dal liquame le sabbie, i grassi e gli oli. Anche qui si hanno due stazioni di dissabbiatura-disoleatura parallele e del tutto simili. La dissabbiatura è di tipo aerato: si insuffla nella vasca aria compressa per mezzo di tubi porosi, le sabbie sedimentano sul fondo mentre i grassi e gli oli sono spinti in superficie verso una zona di calma laterale, separata dal dissabbiatore da una lama verticale. Il materiale organico del liquame si mantiene invece in sospensione. L'estrazione delle sabbie è effettuata mediante carro dissabbiatore "va e vieni" munito di pompe sommergibili e comandato da un timer pausa-lavoro. La miscela di acqua-sabbia estratta con le pompe sommergibili è inviata in una canaletta che corre lungo un fianco del dissabbiatore, e da qui confluisce per gravità nel classificatore sabbie a coclea. I grassi e le sostanze galleggianti sono asportati mediante una raschia di superficie sul carro va e vieni, che li fa confluire in un pozzetto di raccolta e rilancio, da cui sono prelevate periodicamente mediante autospurgo.

Per evitare la diffusione di odori molesti i canali di grigliatura e le unità dei dissabbiatori sono chiusi superiormente mediante pannelli in vetroresina; la copertura è dotata di bocchelli di aspirazione per il collegamento ai biofiltri. Questi sono costituiti da vasche in calcestruzzo armato riempite con materiale organico filtrante attraverso cui viene fatta fluire l'aria aspirata dai dissabbiatori. Il biofiltro contiene un supporto costituito da pezzi di quercia triturati, e materiale filtrante costituito da una miscela di torba (70%) e erica (30%). All'interno del biofiltro si instaurano microrganismi come batteri e miceti che degradano biologicamente le molecole odorigene presenti nell'aria; questi trattamenti biologici possono avvenire solo se il biofiltro è mantenuto a valori ottimali di umidità: per questo motivo è installato un impianto di umidificazione della massa filtrante con appositi ugelli collegati alla rete di acqua tecnica del depuratore. L'acqua di percolazione prodotta dal biofiltro, anche in occasione di precipitazioni, viene raccolta sul fondo e quindi avviata al trattamento nell'impianto di depurazione.

Vengono riportate in tabella 3.4 le caratteristiche tecniche delle unità di dissabbiatura-disoleatura e dei biofiltri.

Tabella 3.4 caratteristiche tecniche delle unità di dissabbiatura-disoleatura e dei biofiltri.

	unità di misura	vecchio sollevamento	Nuovo sollevamento	biofiltri
Altezza	m	2,6	3	1,9
larghezza	m	2,8	3,8	5,4
lunghezza	m	20	30,5	8,4
superficie	m ²	114	235	45,3
volume	m ³	296,4	705	86

3.5.4 *vasche di laminazione*

Le tre vasche che prima dei lavori di adeguamento erano adibite a sedimentazione primaria ora fungono da vasche di stoccaggio-laminazione. Lo stoccaggio di refluo è fondamentale al fine di mantenere un ingresso costante al comparto biologico. Le prime vasche due raccolgono il refluo in eccesso rispetto alla portata massima trattabile al biologico proveniente dalla dissabbiatura, fino al riempimento delle vasche stesse. La terza vasca invece raccoglie i fanghi che provengono dall'ispessimento dinamico.

In tabella 3.5 sono riportati i dati tecnici delle tre vasche di laminazione.

Tabella 3.5 parametri dimensionali delle vasche di laminazione

	unità di misura	
n° unità (circolari)		3
diametro	m	32
profondità allo stramazzo	m	3,46
profondità al centro	m	4,5
superficie utile per unità	m ²	733
volume utile per unità	m ³	3400

3.5.5 *Trattamenti biologici*

Con trattamenti biologici si intendono la fase di rimozione del carbonio e della frazione azotata ovvero le fasi di denitrificazione, nitrificazione e ossidazione ad opera del fango attivo. Tali trattamenti avvengono in sei vasche circolari con flusso a canale e nocciolo centrale. In figura 3.2 è visualizzato lo schema generico dei flussi all'interno di una vasca.

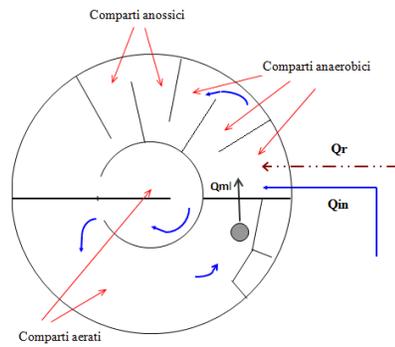
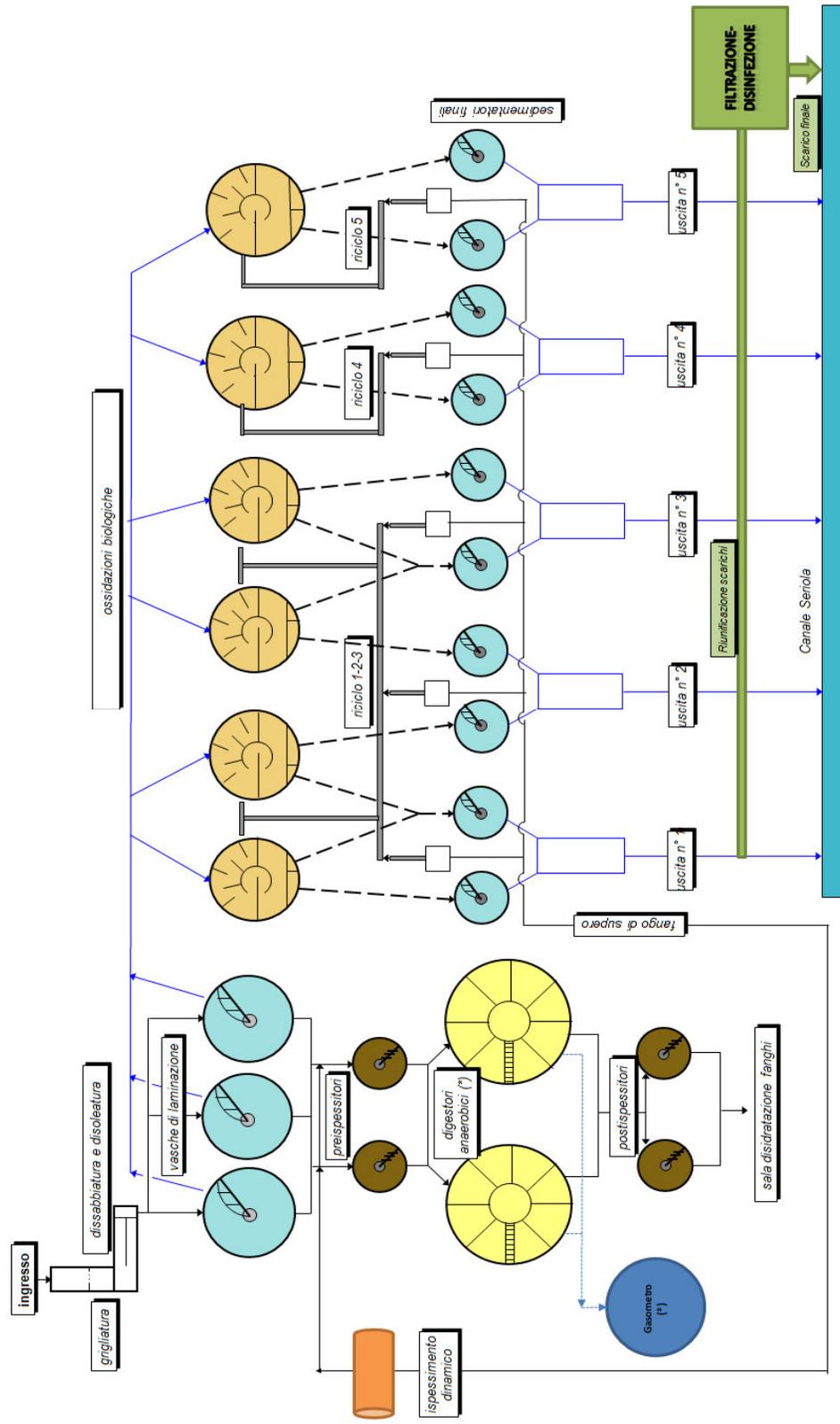


Figura 3.2 schema flussi di una generica vasca di ossidazione

Il refluo di rete fognaria (Q_{in}) entra e attraversa prima le zone anaerobiche e anossiche dove avvengono la defosfatazione e la denitrificazione; successivamente entra nelle zone areate in cui avvengono l'ossidazione e la nitrificazione. Nelle zone anaerobiche e anossiche il fango attivo è mantenuto miscelato attraverso mixer sommersi, mentre in quelle aerobiche c'è un'intensa miscelazione dovuta all'aria insufflata per il processo.

La torbida uscente dalle sei vasche di ossidazione viene separata dall'acqua chiarificata in 10 sedimentatori. Per facilitare le operazioni di manutenzione di un singolo sedimentatore mantenendo in funzione gli altri, le portate di torbida uscenti dagli stramazzi delle vasche di ossidazione sono ripartite nel seguente modo:

- Per ciascuna delle prime 4 vasche la portata Q è ripartita in due flussi secondo le proporzioni di $2/3$ e $1/3$; ogni sedimentatore può ricevere $2/3 Q$, quindi per trattare tutta la torbida delle 4 vasche (pari a $4Q$) sono necessari 6 sedimentatori; i collegamenti idraulici sono rappresentati in figura 3.3.
- Per ciascuna delle altre due vasche la portata Q' è ripartita in due flussi secondo le proporzioni di $1/2$ e $1/2$; ogni sedimentatore ad esse collegato può ricevere $1/2 Q'$ e quindi per trattare tutta la torbida delle ultime 2 vasche di ossidazione servono 4 sedimentatori (vedi figura 3.3)



■ INTERVENTI IN CORSO DI PROSSIMA REALIZZAZIONE
 (*) ATTUALMENTE NON IN FUNZIONE

Figura 3.3 flussi di impianto

Per mantenere costante la concentrazione di biomassa nelle vasche di ossidazione è necessario riciclare il fango dal fondo dei sedimentatori in testa alle vasche (Q_r in figura 3.2). Inoltre in tutte le vasche sono presenti pompe sommerse per riciclare la torbida aerata dal fondo del comparto aerato in quello anossico (vedi figura 3.2, Q_{ml}): questo serve per portare i nitrati prodotti dai batteri nitrificanti a contatto con i batteri denitrificanti. Per le prime 5 vasche l'immissione dell'aria avviene attraverso setti porosi in quarzite, mentre per l'ultima con piattelli a membrana diffusiva. Si riportano in tabella 3.6 i dati tecnici per le rispettive 6 vasche di ossidazione.

Tabella 3.6 parametri di progetto delle 6 vasche

	unità di misura	ossidazione da 1 a 4		ossidazione numero 5		ossidazione numero 6	
volume denitrificazione	m^3	1125		1472		2142	
volume ossidazione -nitrificazione	m^3	3295		4526		5108	
n° compressori		4+2R		1+1R		1+1R	
potenza dei compressori	Kw	110		110		200	
portata max compressori	Nm^3/h	6300		6300		7000	
		estate	inverno	estate	inverno	estate	inverno
Velocità di nitrificazione di progetto	kg_{BOD}/kg_{SSVd}	0,16	0,062	0,16	0,062	0,16	0,062
velocità di denitrificazione di progetto	$g_N/kg_{SSN}\cdot h$	46,8	15,1	46,8	15,1	46,8	15,1

Le prime due ossidazioni ricevono l'aria da tre compressori: uno è tenuto di riserva mentre gli altri due pompano l'aria in un tubo di mandata che si suddivide in due derivazioni. Così avviene per la terza e la quarta ossidazione, mentre la quinta e la sesta ossidazione utilizzano due compressori ciascuna, dei quali uno di riserva.

3.5.6 *Sedimentazione finale*

Nei sedimentatori finali viene decantato il fango attivo proveniente dalle ossidazioni; sul fondo si separa il fango addensato mentre il surnatante stramazza e si avvia all'uscita. La lama raschiafango convoglia il fango verso il centro del sedimentatore: da lì parte una tubazione che porta il fango verso il pozzetto di riciclo.

Il fango in eccesso (di supero) dovuto alla crescita batterica è allontanato dal sistema e avviato alla linea fanghi. Sono presenti cinque pozzetti di riciclo, uno per ogni coppia di sedimentatori; in ciascuno di essi ci sono tre pompe di riciclo di cui una è di riserva.

Come anticipato ci sono 6 sedimentatori per le prime 4 ossidazioni e due sedimentatori per ciascuna delle ultime due ossidazioni, per un totale di 10 vasche di sedimentazione, come si può osservare meglio dallo schema dei flussi di impianto (fig3.3). In tabella 3.7 vengono presentate le caratteristiche tecniche dei singoli sedimentatori

Tabella 3.7 caratteristiche tecniche dei sedimentatori

	unità di misura	sedimentatori da 1 a 8	sedimentatori 9 e 10
flusso solido ammissibile	Kg/m ² /h	6,5	6,5
velocità ascensionale ammessa in tempo di pioggia	m/h	1	1
diametro	m	32	35,4
superficie unitaria installata	m ²	799	984
profondità media	m	2,33	3,97
volume unitario installato	m ³	1862	3907

3.5.7 *Disinfezione e scarico*

Nell'impianto di Peschiera sono presenti cinque uscite, una per ogni coppia di sedimentatori finali: il surnatante che stramazza dai sedimentatori è convogliato verso un pozzetto di raccolta e poi può eventualmente subire la disinfezione. Sono presenti infatti quattro vasche a setti per il contatto del liquame con il disinfettante prescelto (ipoclorito di sodio) del volume di 200 m³ ciascuna. La disinfezione ha la funzione di abbattere la carica batterica presente e di eliminare eventuali organismi patogeni. Attualmente le vasche sono by-passate da una condotta esterna che manda il liquame depurato al canale Seriola.

Il canale Seriola è un corso d'acqua che scorre a tratti intubato, a tratti in un manufatto cementizio a sezione trapezia e a tratti in un alveo naturale; esso, provenendo da Peschiera, raccoglie anche le acque di sgrondo della campagna che si estende a Nord e ad Ovest del Depuratore e sbocca nel fiume Mincio dopo lo sbarramento di Salionze, a circa 2 km a valle del Depuratore. La portata propria del canale è strettamente connessa alla consistenza delle precipitazioni meteoriche. Eccezionalmente, in caso di forte pioggia, quando il canale Seriola rischia di allagare l'impianto e gli insediamenti abitativi a valle, gli scarichi vengono effettuati direttamente nel fiume Mincio.

3.6 LINEA FANGHI

La linea fanghi attuale è formata da una stazione di ispessimento dinamico e dalla stazione di disidratazione del fango ispessito. Nello schema dei flussi di fig.3.3 compare anche la digestione anaerobica con relativi pre e post-ispessimenti. Il digestore anaerobico non è in funzione a causa di un incidente avvenuto nel 1997 . Le vasche di pre e post ispessimento vengono utilizzate come vasche di stoccaggio del fango dopo l'ispessimento dinamico.

3.6.1 *Ispessimento dinamico*

Il fango di supero estratto dal fondo dei sedimentatori viene miscelato con polielettroliti cationici i quali favoriscono la flocculazione e quindi l'addensamento del fango. In seguito questa miscela viene inviata all'interno di una centrifuga inclinata che per effetto della rotazione e della gravità separa ulteriormente il fango dall'acqua. Il fango in uscita dall'ispessitore ha una concentrazione di 35 g/l. L'acqua così ottenuta viene rimandata in testa all'impianto.

Successivamente, come anticipato, il fango ispessito viene stoccato nella terza vasca di laminazione e nella vasca di post-ispessimento. Qui è aerato per evitare la sedimentazione e quindi difficile pompaggio. Dalla vasca di post-ispessimento il fango viene infine pompato alla stazione di disidratazione meccanica.

In tabella 3.8 vengono esposte le caratteristiche delle vasche di post-ispessimento.

Tabella 3.8 caratteristiche delle vasche di post-ispessimento

	unità di misura	
n° unità		2
diametro	m	10
superficie utile per unità	m ²	78
volume utile per unità	m ³	250

3.6.2 *Disidratazione meccanica*

Si tratta di un'ulteriore fase di rimozione dell'acqua mediante spremitura fisica del fango ispessito. L'impianto esistente dispone di due filtropresse da 114 piastre da mm 1200 x mm 1200 ciascuna, e di due centrifughe a tamburo da 3250 giri/min.

Le filtropresse lavorano in discontinuo mentre le centrifughe in continuo.

Nelle filtropresse il fango entra e si distribuisce tra le piastre allineate orizzontalmente faccia a faccia; in seguito le piastre vengono compresse, e le tele semipermeabili lasciano passare solo l'acqua che viene raccolta in un canale di scolo e inviata in testa all'impianto. Infine, separate le piastre, il fango rimasto adeso alle tele in lamine dello spessore di circa 1-2 cm, viene rimosso manualmente. Le lamine di fango ottenute vengono convogliate all'interno di un cassone di stoccaggio per essere poi trasportate allo smaltimento in discarica. Il fango alimentato alle filtropresse, che può avere un contenuto in sostanza secca variabile tra il 2,5 e il 3,5% viene preventivamente condizionato con polielettroliti cationici solidi nella quantità di circa 5,32 Kg per tonnellata di SST. Il tenore di sostanza secca del fango dopo la disidratazione varia tra il 20% e il 35%.

Le centrifughe sfruttano la forza centrifuga impressa al fango dal tamburo centrale per separare l'acqua dai fiocchi di fango che si depositano sulle pareti. Sopra questo strato di fango si forma uno strato d'acqua, più leggera, che viene raccolta e mandata in testa all'impianto. Internamente una coclea direziona il fango verso una estremità.

Anche il fango alimentato alle centrifughe viene condizionato con polielettroliti cationici. Il dosaggio però è diverso rispetto alle filtropresse e prevede 30-35 kg di una emulsione al 40-45% di sostanza attiva per tonnellata di SST da trattare. Il tenore di sostanza secca del fango dopo la disidratazione varia tra il 20% e il 35%.

Giornalmente vengono trattati 700-800 m³ di fango ispessito e vengono mediamente prodotte 70 tonnellate al giorno di fango disidratato.

3.7 IMPIANTO TRATTAMENTO RIFIUTI

All'interno dell'area del depuratore di Peschiera, come anticipato, esiste un impianto di trattamento rifiuti liquidi speciali non pericolosi e non tossici nocivi ritirati conto terzi.

L'impianto di trattamento rifiuti è costituito da:

- Una sezione di trattamento di tipo chimico-fisico, che ha lo scopo di rimuovere dai rifiuti trattati i metalli pesanti non eliminabili significativamente per via biologica. L'impianto chimico fisico è a semplice stadio in continuo con tre reattori di contatto e relativa sedimentazione;
- Una sezione di trattamento biologico.

L'impianto è autorizzato a trattare al massimo 90.000 m³ annui di rifiuti liquidi.

Principalmente in impianto sono trattati rifiuti liquidi provenienti da: fosse settiche, percolati di compostaggio e discarica, residui delle pulizie stradali e delle fognature.

Lo scarico dell'impianto di trattamento è convogliato nell'impianto di depurazione delle acque reflue urbane. In tabella 3.9 sono esposte le caratteristiche che il refluo deve avere in uscita dall'impianto di trattamento rifiuti per poter essere convogliato all'impianto di depurazione.

Tabella 3.9 parametri richiesti per il refluo in uscita I.T.R

Parametro	u.m.	Limite
pH		5,5 – 13
SST	mg/l	300
BOD ₅	mg/l	20.000
COD	mg/l	35.000
Alluminio	mg/l	10
Boro	mg/l	20
Ferro	mg/l	100
Manganese	mg/l	100
Stagno	mg/l	5
Solfuri (come H ₂ S)	mg/l	100
Solfiti (come SO ₃)	mg/l	100
Solfati (come SO ₄)	mg/l	20.000
Cloruri	mg/l	5.000
Fluoruri	mg/l	100
Oli minerali	mg/l	10
Solventi clorurati	mg/l	2
Pesticidi clorurati	mg/l	0,05
Pesticidi fosforati	mg/l	0,1

Fosforo totale (come P)	mg/l	900
Azoto ammoniacale (come N)	mg/l	6.000
Azoto nitroso (come N)	mg/l	10
Azoto nitrico (come N)	mg/l	2.000
Grassi e oli animali e vegetali	mg/l	150
Tensioattivi totali	mg/l	200
Aldeidi totali	mg/l	2
Arsenico	mg/l	0,5
Cadmio	mg/l	0,02
Cromo totale	mg/l	4
Cromo VI	mg/l	0,2
Mercurio	mg/l	0,005
Nichel	mg/l	4
Piombo	mg/l	0,3
Rame	mg/l	0,4
Zinco	mg/l	1
Fenoli	mg/l	1
Solventi organici aromatici	mg/l	0,4
Solventi organici azotati	mg/l	0,2

3.7.1 *Reparto chimico-fisico*

Per quanto attiene la sezione chimico-fisica dell'impianto la portata di progetto è di 12 m³/h con 288 m³/d di portata giornaliera massima. Tale reparto si compone delle seguenti fasi :

Stoccaggio rifiuti

Dopo essere stati ricevuti secondo le modalità previste dalla specifica procedura operativa i rifiuti vengono stoccati in una vasca in c.a. da 3.000 m³ dotata di copertura in alluminio e di sfiati muniti di filtri a carbone attivo; inoltre i rifiuti vengono stoccati in cinque serbatoi in vetroresina da 60 m³ ognuno (diametro 3 m - altezza 9,35 m) dotati di sfiato con filtro a carbone attivo. I serbatoi sono installati all'interno di un bacino di contenimento opportunamente dimensionato per evitare che eventuali versamenti accidentali di rifiuti possano interessare l'area circostante.

Omogeneizzazione

I rifiuti, prima di giungere al trattamento chimico fisico, vengono miscelati ed omogeneizzati in un apposito serbatoio in vetroresina da 60 m³. La sezione ha lo scopo di uniformare le loro caratteristiche chimico fisiche e migliorare in modo significativo l'efficienza del trattamento successivo.

Reattori di precipitazione

I rifiuti, miscelati ed omogeneizzati, sono dosati tramite pompa a portata regolabile all'impianto di trattamento chimico fisico.

L'impianto di trattamento chimico fisico è costituito da quattro reattori nel primo dei quali avviene, se necessario, la destabilizzazione dei complessi metallici mediante acidificazione a pH 6 con dosaggio di acido solforico e aggiunta di cloruro ferrico. Nel secondo reattore vengono precipitati gli idrossidi metallici nel campo di pH 9 – 10 con dosaggio di soda o latte di calce; nel terzo reattore di flocculazione viene dosato cloruro ferrico. Il quarto reattore (post flocculazione) può essere utilizzato per condizionare i fanghi e migliorare la fase sedimentazione con il dosaggio di polielettrolita. I reattori sono chiusi e mantenuti sotto aspirazione al fine di evitare emissioni dirette in atmosfera; inoltre sono installati in apposito bacino di contenimento per evitare che eventuali versamenti accidentali di rifiuti possano interessare l'area circostante.

Sedimentazione

I rifiuti trattati, unitamente ai fanghi formati a seguito della precipitazione dei metalli pesanti, sono quindi convogliati a gravità alla successiva fase di sedimentazione, costituita da un sedimentatore in vetroresina a pacco lamellare ad elementi troncoconici sovrapposti installato nel medesimo bacino di contenimento dei serbatoi di stoccaggio, dove avviene la separazione dei fiocchi di fango dalle acque. Le acque chiarificate che sfiorano sulla superficie del sedimentatore sono rilanciate tramite pompa sommersa alla sezione biologica.

Il sedimentatore è dotato di coperchio e lo spazio compreso tra il coperchio stesso e il pelo libero del liquido è mantenuto in depressione da apposito sistema di aspirazione e trattamento aria. L'aria aspirata è successivamente trattata in torri di abbattimento ad umido a doppio stadio.

Stoccaggio fanghi chimici

I fanghi provenienti dalla fase di sedimentazione del chimico-fisico sono accumulati in due serbatoi di stoccaggio per la successiva fase di disidratazione mediante filtropressa.

La linea di stoccaggio fanghi è costituita da due serbatoi di stoccaggio in vetroresina da 60 m³, installati nel medesimo bacino di contenimento dei serbatoi di stoccaggio rifiuti. Per evitare eventuali fenomeni di putrefazione e migliorare le caratteristiche di filtrazione i fanghi possono essere condizionati con calce dosata direttamente nei serbatoi di accumulo.

Filtropressa

I fanghi accumulati nei serbatoi di stoccaggio sono inviati alla filtropressa a piastre per essere disidratati, previo condizionamento con polielettrolita. I fanghi chimici disidratati prodotti sono raccolti nel container, posizionato sotto la filtropressa e periodicamente avviati allo smaltimento in discarica.

Le acque filtrate sono mandate alla sezione biologica dell'impianto di trattamento rifiuti.

La filtropressa è dotata di carter di copertura e l'aria viene aspirata e trattata in torri di abbattimento ad umido a doppio stadio.

3.7.2 Reparto biologico

Grigliatura e dissabbiatura

In questa fase avviene lo scarico, la grigliatura e dissabbiatura dei rifiuti.

Sono presenti due griglie fini con spaziatura di 3 mm a funzionamento automatizzato: il materiale asportato viene scaricato tramite una coclea in un cassone e quindi portato in discarica. Le griglie sono verticali a pettine autopulente.

Successivamente i liquami passano nel dissabbiatore interrato tipo Pista a base circolare con diametro di 2,1 m: le sabbie si separano sul fondo dove una pompa provvede ad asportarle e a trasferirle in un cassone per il loro smaltimento in discarica.

Il liquame viene quindi sollevato da due pompe con portata unitaria di 90 m³/h per essere trasferito alla vasca di ossidazione biologica.

Letto di essiccamento

Il letto di essiccamento è costituito da una vasca in calcestruzzo nella quale possono essere scaricate le sabbie che sono rimaste all'interno delle autobotti che conferiscono rifiuti.

Il fondo della vasca è inclinato in modo da convogliare le acque di drenaggio delle sabbie nei canali di scolo posti alle estremità della vasca stessa. Le acque di drenaggio delle sabbie depositate nel letto sono inviate alla sezione di grigliatura e dissabbiatura. Periodicamente, al raggiungimento di un valore di secco ottimale, le sabbie contenute nel letto sono inviate allo smaltimento presso discariche autorizzate.

Ossidazione biologica

Questa fase è costituita da un reattore biologico a fanghi attivi ad ossigeno puro.

Il reattore biologico è alimentato da:

- Scarico in uscita dalla sezione chimico-fisica;
- Rifiuti compatibili scaricati direttamente;
- Ricircolo dei fanghi addensati sul fondo del sedimentatore a pacchi lamellari;
- Inoculo fango di supero dall'impianto di depurazione (secondo necessità).

Il processo avviene in una vasca circolare completamente miscelata con un volume utile di circa 700 m³. In essa avviene la degradazione di una buona parte della sostanza organica presente nei reflui. La miscelazione è garantita da una elettropompa centrifuga che ricircola il liquame e lo manda in pressione in un miscelatore dove è messo in contatto con l'ossigeno puro; la miscela viene inviata a due eiettori che fanno uscire il liquame ad alta velocità. Il dosaggio dell'ossigeno puro nella vasca è automatico e dipende dalla concentrazione di ossigeno disciolto rilevata da una sonda interna.

La concentrazione della biomassa all'interno della vasca di ossidazione biologica viene mantenuta costante tramite il ricircolo dei fanghi addensati sul fondo dal sedimentatore a pacchi lamellari. E' altresì prevista la possibilità di caricare fanghi di inoculo provenienti dal depuratore delle acque reflue urbane.

Il mixed liquor del reattore biologico viene quindi inviato al sedimentatore a pacchi lamellari. Il reattore è dotato di una copertura in vetroresina a tenuta che impedisce il fuoriuscire di emissioni odorigene.

Sedimentatore a pacchi lamellari

Il mixed liquor in uscita dal reattore biologico ad ossigeno puro viene preliminarmente sottoposto a trattamento di triturazione al fine di sminuzzare finemente eventuali filamenti e corpi estranei che potrebbero compromettere la funzionalità del sedimentatore a pacchi lamellari. I pacchi lamellari utilizzati nel sedimentatore lavorano in contro-corrente, cioè acqua e fango si muovono in senso opposto: le acque surnatanti risalgono in superficie mentre i fanghi precipitano sul fondo del sedimentatore.

Dal sedimentatore a pacchi lamellari fuoriescono due flussi: le acque surnatanti, che confluiscono in una vasca di rilancio delle acque trattate, ed i fanghi, addensati sul fondo del sedimentatore, che verranno a seconda delle necessità operative, riciccolati al reattore biologico, oppure inviati alla disidratazione dell'impianto di depurazione delle acque reflue urbane. Tutte le vasche sono dotate di coperture in vetroresina a tenuta che impediscono il fuoriuscire di emissioni odorigene.

Capitolo 4

ANALISI DEL FUNZIONAMENTO - ANNO 2009

4.1 Introduzione

Obiettivo di questo capitolo è effettuare un'analisi del funzionamento dell'impianto di depurazione di Peschiera del Garda durante l'anno 2009 e determinare quindi l'effettiva capacità depurativa rispetto a quella di progetto. Per questo studio è stato necessario acquisire le portate giornaliere dell'impianto, le concentrazioni dei principali inquinanti in ingresso e in uscita, le concentrazioni di ossigeno e di fango attivo nelle vasche, la portata e la concentrazione di fango nel ricircolo, la portata del fango di supero. In particolare sarà presa in esame la 6^a linea depurativa dell'impianto; essa è quella di più recente costruzione e quindi il reperimento dei suoi dati di funzionamento è agevole. Per le altre linee invece è difficile reperire i valori di alcuni importanti parametri.

I dati e le analisi sono differenziati in due periodi, ossia:

- Alta stagione: dal 1/04/'09 al 30/09/'09;
- Bassa stagione: dal 1/10/'09 al 31/03/'09.

Questa suddivisione è giustificata con il fatto che il lago di Garda è una zona di intensa densità turistica, quindi le portate ed i carichi inquinanti presentano un aumento rilevante nel periodo estivo per l'afflusso di turisti rispetto alla bassa stagione.

4.2 Portate trattate in impianto

Nel *grafico 4.1* sono visualizzate le portate medie giornaliere per ogni mese del 2009; tali dati comprendono anche i rifiuti liquidi pretrattati provenienti dall'apposita sezione dell'impianto e addizionati alla portata principale dopo la stazione di dissabbiatura. Dal punto di vista idraulico i rifiuti liquidi pretrattati sono circa lo 0,24% della portata totale in ingresso alle vasche di ossidazione. Le misurazioni sono state effettuate sulle tubazioni in ingresso con misuratori a induzione magnetica, sulle uscite con misuratori a ultrasuoni. In *tab. 4.1* sono riportate le portate giornaliere minime, medie e massime per ogni mese del 2009.

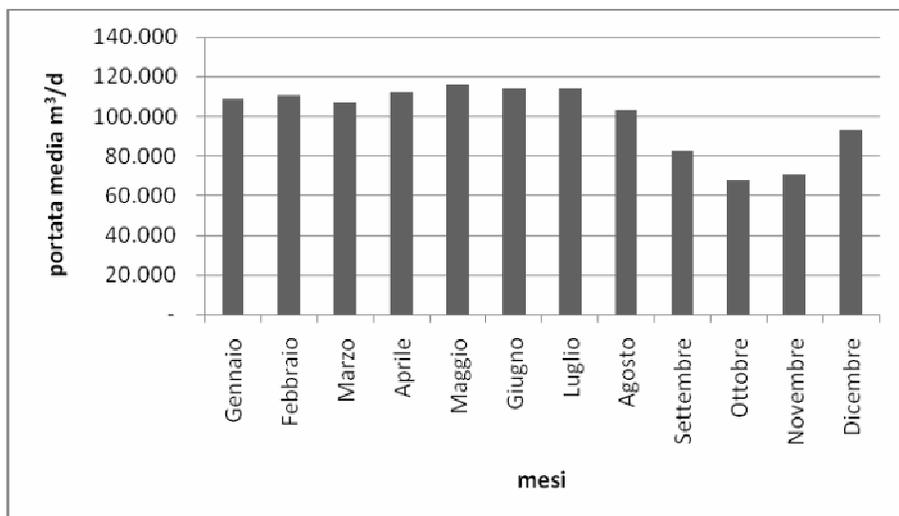


Grafico 4.1 portate giornaliere medie mensili.

Tabella 4.1 portate mensili 2009

2009	Q trattata			
	Q _{max}	Q _{med}	Q _{min}	Q _{tot}
	m ³ /d	m ³ /d	m ³ /d	m ³ /mese
Gennaio	123.400	108.848	94.100	3.374.300
Febbraio	128.400	110.614	97.100	3.097.200
Marzo	141.142	107.003	89.195	3.317.100
Aprile	127.793	112.102	89.498	3.331.328
Maggio	127.800	116.229	97.400	3.603.109
Giugno	126.000	114.016	105.100	3.420.491
Luglio	123.200	114.257	106.036	3.541.974
Agosto	119.700	103.079	91.800	3.195.454
Settembre	102.600	82.857	70.000	2.485.700
Ottobre	98.200	67.771	57.700	2.100.911
Novembre	98.200	70.967	53.800	2.129.000
Dicembre	123.300	92.855	69.400	2.878.500

L'andamento delle portate in generale risponde a quello di una località con turismo prevalentemente estivo; va però osservato il picco di portata del mese di marzo dovuto all'aumentata densità turistica causata dalle feste pasquali. Inoltre durante il periodo marzo-aprile si hanno avute abbondanti precipitazioni meteoriche.

Sulla base dei dati precedenti sono state calcolate le portate medie giornaliere e orarie del periodo di bassa stagione e del periodo di alta stagione; esse sono riportate in tab. 4.2

Tabella 4.2 portate medie giornaliere ed orarie.

	Bass stag.	Alta stag.
m ³ /d	93000	107000
m ³ /h	3800	4460

Il numero effettivo di abitanti equivalenti su base idraulica si calcola utilizzando un apporto idrico giornaliero pro-capite pari a 250 l /d. Si ottiene quindi :

- Bassa stagione : 372000 ab.eq ;
- Alta stagione : 428000 ab.eq.

Nella fase di progettazione sono stati considerati come base di calcolo :

- 300000 ab.eq per il periodo invernale;
- 480000 ab.eq per il periodo estivo;

Si vede quindi che l'impianto idraulicamente può sopportare efficacemente le portate date dalla stagione turistica mantenendo anche un buon margine per le punte di pioggia.

4.3 Concentrazioni degli inquinanti in ingresso e in uscita all'impianto

Vengono di seguito riportati nei grafici 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 gli andamenti in ingresso e in uscita delle concentrazioni di COD, azoto ammoniacale, azoto totale e solidi sospesi totali.

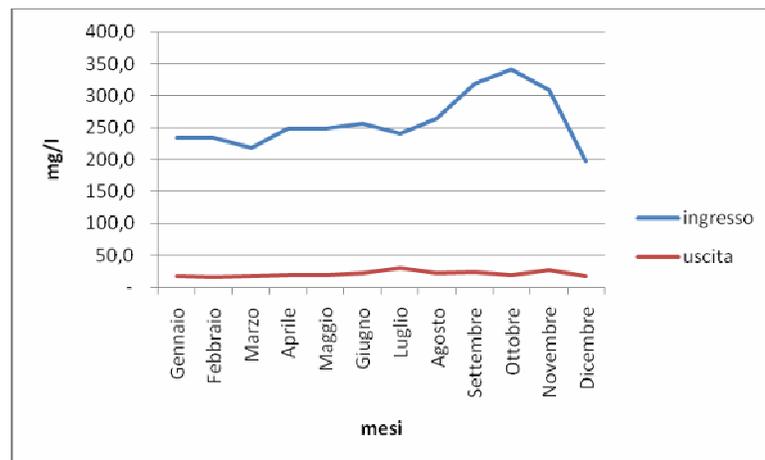


Grafico 4.2 andamento della concentrazione media del COD

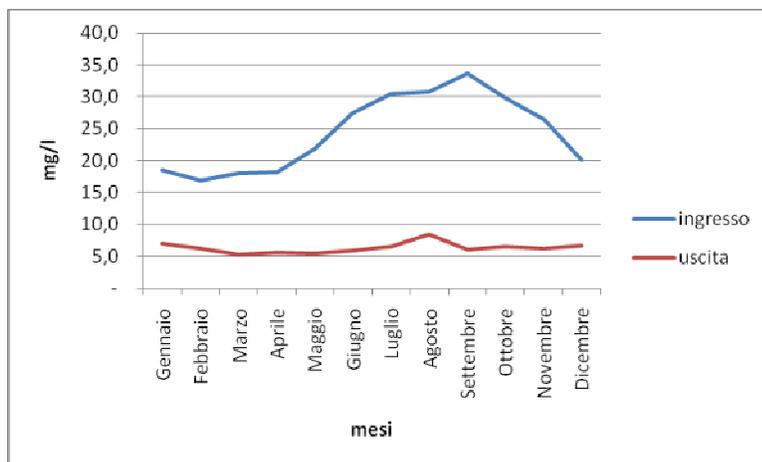


Grafico 4.3 andamento della concentrazione media dell'azoto totale

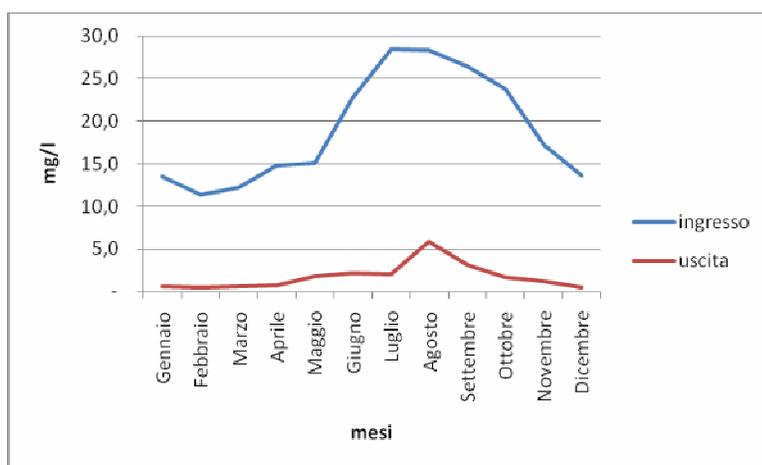


Grafico 4.4 andamento della concentrazione media dell'azoto ammoniacale

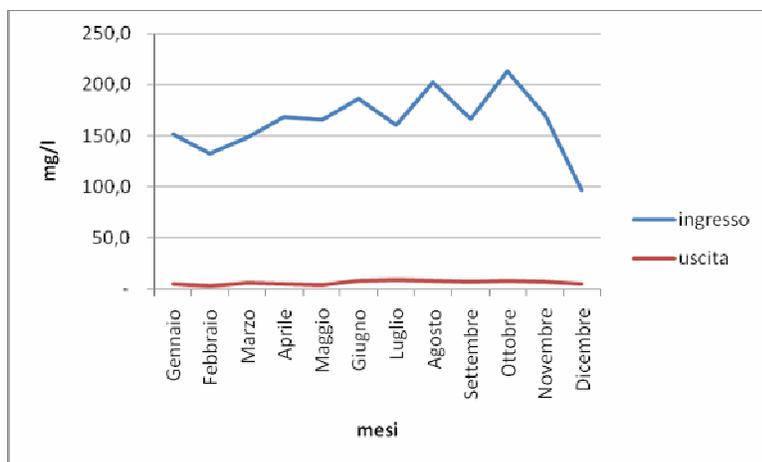


Grafico 4.5 andamento della concentrazione media dei solidi sospesi totali

Possiamo notare dai grafici precedenti che, anche a fronte delle punte di carico elevate dei mesi di settembre-ottobre-novembre, l'impianto ha mantenuto un funzionamento stabile e ha sempre rispettato in uscita i limiti di legge, pari rispettivamente a 125 mg/l per il COD, 10 mg/l per l'azoto totale, 3 mg/l per l'azoto ammoniacale e 35 mg/l per i solidi sospesi. Si riportano in tab. 4.3 i dati medi delle concentrazioni degli inquinanti nei 2 periodi d'indagine.

Tabella 4. 1 concentrazioni medie in ingresso e uscita nei due periodi.

	INGRESSO		USCITA	
	Bassa stagione	Alta stagione	Bassa stagione	Alta stagione
COD(mg/l)	256	263	19	23
BOD(mg/l)	89	121	4	5
N _{tot} (mg/l)	22	27	6,3	6,4
NH ₄ ⁺ (mg/l)	15,3	22,6	0,8	2,6
SST(mg/l)	132	174	6	7

Dai dati riportati nella tabella si possono fare alcune osservazioni:

- Il rapporto COD/BOD in ingresso nella bassa stagione è 2,8, nell'alta stagione è 2,1; ciò indica un refluo adatto al trattamento biologico. I rapporti COD/BOD in uscita compresi tra 4,6 e 4,8 indicano un elevato livello di rimozione della sostanza organica dal refluo.
- Il rapporto BOD/N in ingresso, compreso tra 4,0 in bassa stagione e 4,5 in alta stagione, indica una quantità di sostanza organica in ingresso sufficiente alla rimozione dell'azoto con la predenitrificazione.

4.4 Carichi inquinanti in ingresso e in uscita all'impianto

Vengono ora calcolati i carichi inquinanti in ingresso e uscita e le rese di abbattimento; i carichi sono stati calcolati moltiplicando le portate medie ottenute al paragrafo 4.1 per le concentrazioni medie degli inquinanti in tab.4.3. I risultati sono riportati in tab. 4.4 e 4.5.

Tabella 4. 2 carichi inquinanti e rese di rimozione nella bassa stagione.

	ingresso	uscita	carico abbattuto	resa %
COD (KgCOD/d)	23817	1785	22032	92,5
BOD (KgBOD/d)	8335	392	7943	95,3
SST (KgSST/d)	12276	558	11718	95,4
N _{TOT} (KgN/d)	2008	586	1422	70,8
NH ₄ ⁺ (KgNH ₄ /d)	1423	74	1348	94,7

Tabella 4. 3 carichi inquinanti e rese di rimozione nell'alta stagione.

	INGRESSO	USCITA	Carico abbattuto	Resa %
COD (KgCOD/d)	28162	2439	25722	91,3
BOD (KgBOD/d)	12954	537	12417	95,8
SST (KgSST/d)	18693	738	17954	96
N _{TOT} (KgN/d)	2900	685	2215	76,3
NH ₄ ⁺ (KgNH ₄ /d)	2418	278	2140	88,5

Dai carichi in ingresso calcolati si determina il numero di abitanti equivalenti effettivi utilizzando le quantità pro-capite standard: 120 g_{COD}/d, 60 g_{BOD}/d, 12 g_N/d. I risultati sono riportati per i due periodi considerati in tab. 4.6.

tabella 4. 4 abitanti equivalenti teorici

abitanti equivalenti relativi a:	Bassa stagione	Alta stagione
BOD	138926	215900
COD	198475	234684
azoto totale	167333	241666

Dato che gli abitanti equivalenti di progetto sono 300000 per la bassa stagione e 480000 per l'alta stagione, l'impianto risulta ampiamente sovradimensionato per i carichi attuali.

4.5 Dati relativi alla 6^a linea dell'impianto

Vengono di seguito riportati i dati di funzionamento della 6^a linea dell'impianto; sulla base di questi dati saranno poi calcolati i principali parametri impiantistici e le massime capacità depurative delle vasche. Anche qui i dati sono divisi nei due periodi di indagine. In tabella 4.7 sono riportati i parametri funzionali e idraulici rilevanti per la 6^a linea.

Tabella 4.7 parametri funzionali ed idraulici della 6^a linea

	Bassa stagione	Alta stagione
Q ingresso impianto(m ³ /d)	93000	107090
Q ingresso linea 6(m ³ /d)	28450	31160
Q ingresso linea 6 (% sulla portata totale)(m ³ /d)	31	29
Q _{supero} impianto(m ³ /d)	1410	1890
Q _{supero} linea 6(m ³ /d)	493	548
Q _R (ricircolo linea 6)(m ³ /d)	25262	28717
DO (O ₂ disciolto in vasca di ossidazione) (mg/l)	3,8	1,5
Temperatura media (°C)	14	21
Volume vasca m ³ ossidazione (V _{ox}) (m ³)	5108	
Volume vasca di denitrificazione (V _{den.})(m ³)	2142	

Dove :

- Q ingresso impianto è la portata totale in ingresso impianto;
- Q ingresso linea 6 è la portata in ingresso alla linea 6;
- Q_{supero} impianto è la portata di fango estratta dal fondo dei sedimentatori e inviata alla linea fanghi riferita all'intero impianto;
- Q_{supero} linea 6 è la portata di supero relativa alla linea 6. Poiché non sono disponibili le portate di supero estratte dai singoli sedimentatori ma solo la portata di supero totale d'impianto, la portata di supero della 6^a linea è stata calcolata ipotizzando che tutte le linee producano quantità di fango proporzionali alle rispettive portate in ingresso; pertanto la portata di supero della linea 6 in bassa stagione è il 31% della portata di supero totale, mentre in alta stagione è il 29% della portata di supero totale.
- Q_R è la portata di ricircolo di fango addensato dal fondo del sedimentatore alla vasca di denitrificazione;
- DO è la concentrazione di ossigeno disciolto nella vasca di ossidazione.

Nella tabella 4.8 vengono riportate le concentrazioni medie degli inquinanti nei due periodi, nella tabella 4.9 sono riportati i valori dei solidi sospesi in ingresso, in uscita e nelle vasche relativi alla linea 6.

Tabella 4.8 concentrazioni medie degli inquinanti monitorati nella 6^a linea

	Ingresso		Uscita	
	Bassa stagione	Alta stagione	Bassa stagione	Alta stagione
NH ₄ ⁺ (mg/l)	10,3	18,1	0,8	3,2
N(NO ₂) (mg/l)	0,15	0,11	0,2	0,2
N(NO ₃) (mg/l)	1,32	0,8	3,1	2,4
TKN(mg/l)	14,5	21	2,7	3,7
COD(mg/l)	256	263	19	23
BOD(mg/l)	56	90	5,5	8,5
SST(mg/l)	151	160	9	22

Tabella 4.9 Concentrazioni solidi sospesi 6^a linea

	Interno vasca ox		Ricircolo fango	
	Bassa stag.	Alta stag.	Bassa stag.	Alta stag.
SST(mg/l)	5600	5000	10500	10000
SSV/SST (%)	73%	75%		
SSV(mg/l)	4000	3800		

Infine, moltiplicando le concentrazioni di inquinanti riportate in tabella 4.8 per le portate medie, si ottengono i carichi inquinanti per la linea 6 riportati in tabella 4.10 e 4.11.

Tabella 4.10 carichi inquinanti della 6^a linea in bassa stagione

	Bassa stagione		Carico abbattuto	Resa %
	ingresso	Uscita		
BOD (Kg _{BOD} /d)	2544	156	2387	94%
COD (Kg _{COD} /d)	7286	700	6585	90%
SST (Kg _{SST} /d)	4302	256	4046	94%
TKN(Kg _N /d)	442	79	327	82%
NH ₄ ⁺ (Kg _{NH4} /d)	292	24	268	91%
NO _x N (Kg _{NH4} /d)	Produzione netta: 52		-	

Tabella 4.11 carichi inquinanti della 6^a linea in alta stagione

	Alta stagione		carico abbattuto	Resa %
	ingresso	Uscita		
BOD(Kg _{BOD} /d)	3666	271	3395	92%
COD(Kg _{COD} /d)	7970	1244	6726	84%
SST(Kg _{SST} /d)	4966	685	4282	86%
TKN(Kg _N /d)	656	117	540	82%
NH ₄ ⁺ (Kg _{NH4} /d)	566	102	464	82%
NO _x N(Kg _N /d)	Produzione netta: 53		-	

Le rese in entrambi i periodi sono sufficienti a mantenere le concentrazioni di inquinanti al di sotto dei limiti di legge; va però osservato nell'alta stagione, in cui i carichi trattati sono maggiori, le rese sono più basse di quelle della bassa stagione.

4.5 Calcolo della capacità depurativa della 6ª linea

In questo paragrafo si riporta il calcolo della capacità di ossidazione, nitrificazione e denitrificazione della linea 6 per verificare se le vasche sono sovradimensionate o sovraccaricate. Anche in questo caso l'analisi sarà effettuata nei due distinti periodi (bassa e alta stagione).

4.5.1 Capacità ossidante

La capacità di ossidazione C_{ox} (kg_{BOD}/d) si calcola con la seguente relazione

$$C_{ox} = F_c \cdot SSV_{ox} \cdot V_{ox}$$

Come carico del fango F_c si assume $0,19 kg_{BOD}/kg_{SSVd}$ in alta stagione e $0,12 kg_{BOD}/kg_{SSVd}$ in bassa stagione valore più prudenziale per la minore temperatura; SSV_{ox} è la concentrazione di biomassa pari a $4,0 kg_{SSV}/m^3$ in bassa stagione e $3,8 kg_{SSV}/m^3$ in alta stagione, valori misurati in impianto e V_{ox} è il volume della vasca di ossidazione pari a $5108 m^3$.

Si può ora calcolare la capacità ossidante della vasca nei due periodi:

- Bassa stagione : $C_{ox} = 0,12 \cdot 4,0 \cdot 5108 = 2513 kg_{BOD}/d$;
- Alta stagione : $C_{ox} = 0,19 \cdot 3,8 \cdot 5108 = 3678 kg_{BOD}/d$.

Il valore così calcolato deve essere poi confrontato con il carico di BOD trattato in vasca. Se risulta maggiore l'impianto ha una capacità residua, altrimenti è sovraccaricato.

Il carico di BOD trattato in ossidazione è ottenuto sottraendo al BOD totale in ingresso il BOD scaricato in uscita (nel rispetto del limite) e quello utilizzato nella fase di denitrificazione:

$$BOD_{ossidato} = BOD_{in} - BOD_{out} - BOD_{denitro}$$

Nelle condizioni effettive il carico di BOD in ingresso è pari a $2544 kg_{BOD}/d$ in bassa stagione e $3666 kg_{BOD}/d$ in alta stagione; il carico di BOD in uscita è pari a $156 kg_{BOD}/d$ in bassa stagione e $271 kg_{BOD}/d$ in alta stagione. Il carico di BOD abbattuto in denitrificazione si stima

supponendo in prima approssimazione che la denitrificazione abbatta il 30% del BOD che entra nel comparto biologico (da verificare al paragrafo 4.5.3). Con tali ipotesi è ora possibile calcolare il carico di BOD ossidato e confrontarlo con la capacità ossidante, si ottiene :

- Bassa stagione : **BOD ossidato** = $2544 - 156 - 0,30 \cdot 2544 = 1624 \text{ Kg}_{\text{BOD}}/\text{d}$;
- Alta stagione : **BOD ossidato** = $3666 - 271 - 0,30 \cdot 3666 = 2280 \text{ Kg}_{\text{BOD}}/\text{d}$.

Si riportano in tab.4.12 i risultati appena ottenuti:

tabella 4. 12 capacità ossidativa vs carico BOD trattato

	capacità ossidativa KgBOD/d	BOD ossidato KgBOD/d
bassa stagione	2513	1624
alta stagione	3678	2280

Osservando i dati ottenuti si nota che la vasca di ossidazione ha un buona capacità residua pari rispettivamente al 36% in inverno e al 38% in estate.

4.5.2 capacità nitrificante

La capacità di nitrificazione [$\text{Kg}_\text{N}/\text{d}$] si calcola con la seguente formula:

$$N_{\text{nitri}} = v_{\text{nitr}} \cdot f \cdot [\text{SSV}_{\text{ox}}] \cdot V_{\text{nitri}}$$

dove:

- f è la frazione batterica nitrificante e vale $0,05 \text{ kg}_{\text{SSN}}/\text{kg}_{\text{SSV}}$;
- SSV_{ox} è la concentrazione di solidi sospesi volatili nella vasca di ossidazione, pari a $4.0 \text{ kg}_{\text{SSV}}/\text{m}^3$ in bassa stagione e $3.8 \text{ kg}_{\text{SSV}}/\text{m}^3$ in alta stagione;
- V_{nitro} è il volume della vasca di nitrificazione, pari a quello della vasca di ossidazione.
- v_{nitr} è la velocità di nitrificazione, si esprime in $[\text{Kg}_\text{N}/\text{Kg}_{\text{SSN}} \cdot \text{d}]$ e si calcola con la seguente relazione :

$$v_{\text{nitr}} = v_{\text{max}(20^\circ\text{C})} \cdot \varphi^{(T-20)} \cdot \frac{[\text{O}_2]}{[\text{O}_2] + 1}$$

$v_{\max(20^{\circ}\text{C})}$ è la velocità massima di nitrificazione a 20°C: 70g_N/kg_{SSN}·h (1,68 kg_N/kg_{SSN}·d);

[O₂] è la concentrazione di ossigeno disciolto in vasca di ossidazione e vale 3,8 mg/l in bassa stagione e 1,5 mg/l in alta stagione;

φ è il fattore di correzione della temperatura e vale 1,12 (adimensionale);

T è la temperatura media del periodo considerato e vale 14°C in bassa stagione, 21°C in alta stagione;

La velocità di nitrificazione in bassa stagione e in alta stagione è quindi pari a:

- Bassa stagione : $v_{\text{nitr}} = 1,68 \cdot 1,12^{(14-20)} \cdot \frac{3,83}{3,83+1} = 0,67 \text{ } 0,67 \text{ kg}_N/\text{kg}_{\text{SSN}} \cdot \text{d}$;
- Alta stagione : $v_{\text{nitr}} = 1,68 \cdot 1,12^{(21-20)} \cdot \frac{1,54}{1,54+1} = 1,14 \text{ kg}_N/\text{kg}_{\text{SSN}} \cdot \text{d}$.

La capacità nitrificante nei due periodi è pertanto pari a :

- Bassa stagione : $N_{\text{nitro}} = 0,67 \cdot (0,05 \cdot 4,0) \cdot 5108 = 684 \text{ Kg}_N/\text{d}$;
- Alta stagione: $N_{\text{nitro}} = 1,14 \cdot (0,05 \cdot 3,8) \cdot 5108 = 1102 \text{ Kg}_N/\text{d}$.

Sarà necessario confrontare tale risultato con il dato del carico di azoto trattato in vasca di ossidazione e verificare se c'è una capacità residua. Il carico azotato trattato in vasca è dato dalla differenza tra l'azoto totale in ingresso meno l'azoto totale in uscita e quello assorbito per la sintesi batterica :

$$N_{\text{nitrificato}} = N_{\text{tot ing}} - N_{\text{tot out}} - N_{\text{assimilato}}$$

dove:

- $N_{\text{tot ing}}$ è il carico di azoto totale in ingresso alla linea 6, ossia 442 kg_N/d in bassa stagione e 656 kg_N/d in alta stagione;
- $N_{\text{tot out}}$ è il carico di azoto ammoniacale scaricato in uscita; si assume che in uscita il TKN coincida con l'azoto ammoniacale per l'idrolisi dell'azoto organico, quindi il valore è $24 \cdot 14 / 18 = 19 \text{ kg}_N/\text{d}$ in bassa stagione e $102 \cdot 14 / 18 = 79 \text{ kg}_N/\text{d}$ in alta stagione;
- $N_{\text{assimilato}}$ è pari al 5% del BOD rimosso, ossia 119 kg_N/d in bassa stagione e 169 kg_N/d in alta stagione.

Da questi dati si calcola l'azoto nitrificato nei due periodi, ossia:

- Bassa stagione : $N_{\text{nitrificato}} = 442 - 19 - 119 = 304 \text{ Kg}_N/\text{d}$;
- Alta stagione : $N_{\text{nitrificato}} = 656 - 79 - 169 = 408 \text{ Kg}_N/\text{d}$.

I valori ottenuti sono riassunti in tab.4.13 :

tabella 4. 13 capacità nitrificante vs carico N trattato

	Capacità nitrificante N_{nitro} Kg_N/d	Azoto nitrificato Kg_N/d
Bassa stagione	684	304
Alta stagione	1102	408

Si può notare che la capacità nitrificante della vasca supera abbondantemente l'effettiva quantità di azoto nitrificato, quindi la linea 6 dell'impianto ha un'elevata capacità residua per la nitrificazione.

4.5.3 capacità denitrificante

La capacità denitrificante ha espressione analitica simile all'espressione per la capacità nitrificante e medesima unità di misura [Kg_N/d], e si calcola con la relazione:

$$N_{\text{denitro}} = v_{\text{denitr}} \cdot [SSV_{\text{ox}}] \cdot V_{\text{denitro}}$$

dove :

- $[SSV_{\text{ox}}]$ è la concentrazione dei solidi sospesi volatili nella vasca di ossidazione, pari a quella nella vasca di denitrificazione, e vale $4.0 \text{ kg}_{\text{SSV}}/\text{m}^3$ in bassa stagione e $3.8 \text{ kg}_{\text{SSV}}/\text{m}^3$ in alta stagione;
- V_{denitro} è il volume della vasca di denitrificazione, pari a 2142 m^3 .
- v_{denitr} è la velocità di denitrificazione. Si esprime in [$\text{Kg}_N/\text{Kg}_{\text{SSV}}\cdot\text{d}$]; essa a sua volta ha la seguente espressione analitica :

$$v_{\text{denitr}} = v_{\text{max}(20^\circ\text{C})} \cdot \phi^{(T-20)} \quad (\text{rel. 5.7})$$

$v_{\text{max}(20^\circ\text{C})}$ è la velocità massima di denitrificazione a 20°C e vale $3 \text{ g}_N/\text{kg}_{\text{SSV}}\cdot\text{h}$ ossia $0,072 \text{ kg}_N/\text{kg}_{\text{SSV}}\cdot\text{d}$;

ϕ è il fattore di correzione della temperatura e vale 1,08 (adimensionale);

T è la temperatura media del periodo considerato e vale 14°C in bassa stagione, 21°C in alta stagione;

Da questi dati si calcola la velocità di denitrificazione e quindi la capacità di denitrificazione della vasca anossica nei due periodi, ossia:

- Bassa stagione : $V_{denitr} = 0,072 \cdot 1,08^{(14-20)} = 0,045 \text{ kg}_N/\text{kg}_{SSV} \cdot \text{d}$;
- Alta stagione : $V_{denitr} = 0,072 \cdot 1,08^{(20-20)} = 0,077 \text{ Kg}_N/\text{Kg}_{SSV} \cdot \text{d}$.

La capacità denitrificante è pertanto :

- Bassa stagione : $N_{denitro} = 0,045 \cdot 4,0 \cdot 2142 = 396 \text{ Kg}_N/\text{d}$;
- Alta stagione : $N_{denitro} = 0,077 \cdot 3,8 \cdot 2142 = 624 \text{ Kg}_N/\text{d}$.

E' necessario ora confrontare questi valori con l'effettiva quantità di azoto denitrificato. Questo si calcola come differenza tra l'azoto nitrificato prima calcolato e le produzioni nette di nitriti e nitrati (uscita – ingresso) :

$$N_{denitrificato} = N_{nitrificato} - \Delta NO_x N$$

L'azoto nitrificato è già stato calcolato prima e vale 304 kg_N/d in bassa stagione e 408 kg_N/d in alta stagione. La produzione netta di nitriti e nitrati nei due periodi è rispettivamente pari a 52 kg_N/d e 53 kg_N/d; pertanto l'azoto denitrificato sarà pari a:

- Bassa stagione : $N_{denitrificato} = 304 - 52 = 252 \text{ kg}_N/\text{d}$;
- Alta stagione : $N_{denitrificato} = 408 - 53 = 355 \text{ kg}_N/\text{d}$.

Riassumiamo i valori ottenuti in tab.4.14 :

tabella 4. 14 capacità denitrificante vs carico N trattato

	Capacità nitrificante $N_{denitro}$ Kg _N /d	Azoto nitrificato Kg _N /d
Bassa stagione	396	252
Alta stagione	624	355

Si può notare che la vasca anossica ha una notevole capacità residua in entrambi i periodi. Essendo ora noto l'azoto denitrificato, è possibile verificare l'ipotesi fatta al paragrafo 4.5.1 sulla quantità di BOD utilizzata nella fase di denitrificazione. Assumendo che per ridurre 1 kg di azoto nitrico si consumino 2,5 kg BOD, si ricaverà:

- Bassa stagione : $BOD_{denitro} = 2,5 \cdot 252 = 630 \text{ kg}_{BOD}/d$;
- Alta stagione : $BOD_{denitro} = 2,5 \cdot 355 = 888 \text{ kg}_{BOD}/d$.

Noto che il BOD in ingresso è pari a 2544 kg/d nella bassa stagione e 3666 kg/d nell'alta stagione, le quantità consumate per la denitrificazione sono pari al 25% circa dei carichi in ingresso; data la lieve differenza si può considerare soddisfatta l'approssimazione iniziale.

4.6 Calcolo della capacità limite del sedimentatore finale

In questo paragrafo si calcoleranno i parametri idraulici del sedimentatore finale della 6ª linea durante il 2009, in particolare saranno determinati il carico idraulico superficiale ed il carico superficiale dei solidi sospesi, ricavabili dalle seguenti relazioni :

$$C_{is} = \frac{Q}{A}$$

$$P_{SS} = \frac{(Q + Q_R) \cdot SST_{OX}}{A}$$

dove :

- C_{is} è il carico idraulico superficiale (o velocità ascensionale) in m^3/m^2h ;
- Q è la portata media oraria in ingresso alla linea 6 in m^3/h e vale 1185 m^3/h in bassa stagione e 1298 m^3/h in alta stagione;
- A è l'area totale del sedimentatore della linea 6 e vale 1968 m^2 ;
- P_{SS} è il carico superficiale dei solidi sospesi e si misura in kg_{SS}/m^2h ;
- Q_R è la portata media oraria di ricircolo del fango e vale 1052 m^3/h in bassa stagione e 1196 m^3/h in alta stagione;
- SST_{ox} è la concentrazione dei solidi sospesi totali in vasca, ossia 4.0 kg_{SST}/m^3 in bassa stagione e 3.8 kg_{SST}/m^3 in alta stagione.

Il calcolo verrà effettuato con i dati medi dei due periodi caratteristici d'indagine e con i dati del giorno 29/03/2009, in cui si è registrato il picco massimo di portata influente alla vasca di ossidazione (1436 m³/h in ingresso, 1398 m³/h come ricircolo del fango).

Pertanto il carico idraulico superficiale assume questi valori :

- Bassa stagione : $C_{is} = 0,60 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$;
- Alta stagione : $C_{is} = 0,66 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$;
- 29/03/2009 : $C_{is} = 0,73 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$.

I valori del carico idraulico superficiale si sono mantenuti al di sotto del valore massimo suggerito (1 m³/m²h) anche durante la punta del 29 marzo; ciò indica che il fango ha il tempo di sedimentare correttamente.

Similmente per il carico superficiale dei solidi sospesi risulta:

- Bassa stagione : $P_{SS} = 6,4 \text{ kg}_{SS}/\text{m}^2\text{h}$;
- Alta stagione : $P_{SS} = 6,4 \text{ kg}_{SS}/\text{m}^2\text{h}$;
- 29/03/2009 : $P_{SS} = 6,9 \text{ kg}_{SS}/\text{m}^2\text{h}$.

Si vede che il valore del carico superficiale è superiore al valore suggerito 6 Kg_{SS}/m²h; quindi il sedimentatore potrebbe avere problemi qualora la qualità del fango peggiorasse causa bulking o altre anomalie.

4.7 Calcolo dell'età del fango

L'età del fango si calcola come rapporto tra la quantità di biomassa presente nel comparto biologico e la quantità di biomassa estratta giornalmente come fango di supero e trascinata con l'effluente, ossia:

$$E = \frac{(V_{DEN} + V_{OX}) \cdot [SST]_{OX}}{Q_{supero} \cdot [SST]_R + Q \cdot [SST]_{out}}$$

dove:

- E è l'età del fango [d];
- V_{OX} è il volume della vasca di ossidazione e vale 5108 m³ ;
- V_{DEN} è il volume della vasca di denitrificazione e vale 2142 m³;
- [SST]_{OX} è la concentrazione di solidi sospesi nella vasca di ossidazione e vale 5,6 kg_{SST}/m³ in bassa stagione e 5,0 kg_{SST}/m³ in alta stagione;

- Q_{supero} è la portata di supero della 6^a linea e vale 493 m³/d in bassa stagione e 548 m³/d in alta stagione;
- $[SST]_R$ è la concentrazione di solidi sospesi nel supero, uguale alla concentrazione nel ricircolo e pari a 10,5 kg_{SST}/m³ in bassa stagione e 10,0 kg_{SST}/m³ in alta stagione;
- Q è la portata in ingresso alla linea 6 e vale 28450 m³/d in bassa stagione e 31160 m³/d in alta stagione;
- $[SST]_{\text{out}}$ è la concentrazione dei solidi sospesi allo scarico e vale 9 mg_{SST}/l in bassa stagione e 22 mg_{SST}/l in alta stagione.

Si ricava quindi che l'età del fango per la 6^a linea è pari a 6 d nell'alta stagione e 7 d nella bassa stagione; questi valori sono sufficienti a svolgere la nitrificazione e la denitrificazione ma non a stabilizzare il fango, che quindi viene trattato nell'apposita linea.

CONCLUSIONI

L'impianto di depurazione di Peschiera del Garda, come visto, è stato dimensionato per 480.000 abitanti equivalenti in alta stagione e 300.000 nella bassa stagione. La portata media rilevata in alta stagione è $107.000 \text{ m}^3/\text{d}$ mentre per la bassa stagione è $93.000 \text{ m}^3/\text{d}$; quindi idraulicamente l'impianto risulta sottodimensionato del 20% nel periodo invernale mentre è sovradimensionato del 10% nel periodo estivo. I carichi inquinanti effettivamente trattati sono $8335 \text{ kg}_{\text{BOD}}/\text{d}$ nella bassa stagione e $12954 \text{ kg}_{\text{BOD}}/\text{d}$ nell'alta; $2008 \text{ kg}_{\text{TKN}}/\text{d}$ nella bassa stagione e $2900 \text{ kg}_{\text{TKN}}/\text{d}$ nell'alta; pertanto per i carichi inquinanti l'impianto risulta ampiamente sovradimensionato (50% sul BOD e 53% sul TKN).

Le rese di abbattimento, pur a fronte di notevoli variazioni di carico fra l'alta stagione a la bassa stagione, presentano soltanto lievi oscillazioni; ciò indica che l'impianto risponde ottimamente all'aumento della portata nel periodo estivo. Le rese medie sono circa del 95% per il BOD in tutte e due le stagioni; per la rimozione dell'azoto si ha una resa del 70% nella bassa stagione e del 76% nell'alta.

E' stata effettuata al verifica di funzionamento della 6^a linea dell'impianto. I carichi effettivi che essa ha ricevuto sono stati: in bassa stagione $2544 \text{ Kg}_{\text{BOD}}/\text{d}$ e $442 \text{ Kg}_{\text{N}}/\text{d}$ mentre in alta stagione $3666 \text{ Kg}_{\text{BOD}}/\text{d}$ e $656 \text{ Kg}_{\text{N}}/\text{d}$.

Le massime capacità di trattamento della linea, calcolate con l'attuale concentrazione media di fango attivo ($5 \text{ kgSS}/\text{m}^3$) sono le seguenti: per l'ossidazione $2513 \text{ kg}_{\text{BOD}}/\text{d}$ in bassa stagione e $3678 \text{ kg}_{\text{BOD}}/\text{d}$ nell'alta stagione, per la nitrificazione $2756 \text{ Kg}_{\text{N}}/\text{d}$ in bassa stagione e $1102 \text{ Kg}_{\text{N}}/\text{d}$ nell'alta stagione, per la denitrificazione $396 \text{ Kg}_{\text{N}}/\text{d}$ in bassa stagione e $624 \text{ Kg}_{\text{N}}/\text{d}$ nell'alta.

La linea presenta quindi una buona capacità residua: riguardo la capacità nitrificante è del 90% in bassa stagione e del 63% nell'alt; per la capacità denitrificante è del 37% in bassa stagione e del 43% nell'alta. Il reparto di ossidazione presenta mediamente nelle due stagioni un 37% di capacità residua.

La verifica del sedimentatore della linea 6 ha dimostrato che i parametri idraulici sono entro i limiti suggeriti per quanto riguarda il carico idraulico superficiale che anche in caso di punta

si mantiene bene sotto il valore unitario; il carico superficiale dei solidi sospesi invece supera di poco il valore consigliato di $6 \text{ kg}_{\text{SS}}/\text{m}^2\text{h}$ arrivando a $6,9 \text{ kg}_{\text{SS}}/\text{m}^2\text{h}$ nell'evento di punta.

Sono attualmente in progetto il ripristino della digestione anaerobica dei fanghi di supero, il ripristino della disinfezione finale e la realizzazione della defosfatazione chimica.

BIBLIOGRAFIA

1. **Decreto Legislativo Governo 03/04/2006 n.152**, Gazzetta Ufficiale Supplemento Ordinario n.96 del 14/04/2006.
2. Regione Veneto: delibera della giunta regionale del 29 dicembre 2004,n. 4453: “Piano di Tutela delle Acque(D.Lgs. 152/99).
3. Comune di Peschiera del Garda:relazioen tecnica specialistica: **interventi di adeguamento idraulico e di miglioramento della qualità dello scarico**. Progettisti: Dott. Ing. Mario Giacomelli,Dott. Ing. Erika Fumaneri.
4. L. Falletti L.Conte :”Piccoli impianti di depurazione :normative nazionali e regionali a confronto”; I A Ingegneria Ambientale vol. XXXVII n.9 settembre 2008.
5. L. Masotti, **Depurazione delle acque** – tecniche di impianti per il trattamento delle acque di rifiuto, edizioni Calderoni, Bologna 2005.
6. R. Vismara, **Depurazione biologica: teoria e procesi**, edizioni Ulrico Hoepli, Milano 1998.
7. G. Scaltriti, **Dispense del corso di trattamento effluenti inquinanti liquidi**.
8. Relazioni tecniche e dati storici forniti dal gestore dell’impianto.