

APAT

AGENZIA PER LA PROTEZIONE  
DELL'AMBIENTE E SERVIZI TECNICI

SETTORE  
DANNO AMBIENTALE

TESI

“IL DANNO AMBIENTALE CONNESSO AI SISTEMI DI DEPURAZIONE”

RELATORE: ING. GIUSEPPE DI MARCO

STAGISTA: ING. LUCA CALISI

ANNO 2004-2005

# SOMMARIO

RIASSUNTO.....	4
CAPITOLO 1.....	5
INTRODUZIONE.....	5
CAPITOLO 2.....	7
2.1 IL DANNO AMBIENTALE.....	7
2.2 LA VALUTAZIONE DEL DANNO AMBIENTALE.....	9
2.3 QUADRO NORMATIVO DEGLI SCARICHI IDRICI.....	11
2.3.1 <i>Generalità</i> .....	11
2.3.2 <i>La Legge Merli</i> .....	12
2.3.3 <i>Il Decreto n. 152/99</i> .....	13
2.3.4 <i>Valori limite</i> .....	19
2.3.5 <i>Acque reflue urbane</i> .....	22
2.3.6 <i>Le sanzioni</i> .....	23
CAPITOLO 3.....	26
3.1 INTRODUZIONE.....	26
3.2 DESCRIZIONE DEI PRINCIPALI PROCESSI DI TRATTAMENTO NEGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE.....	26
<i>Pretrattamenti</i> .....	29
<i>Trattamenti Integrativi</i> .....	32

<i>Trattamenti Primari e Secondari</i> .....	33
<b>CAPITOLO 4</b> .....	<b>42</b>
<b>4.1 DATI DI PROGETTO</b> .....	44
<b>4.2 SCHEMI DI IMPIANTO</b> .....	46
<b>4.3 LE SCELTE PROGETTUALI</b> .....	49
<b>4.4 IL FOGLIO DI CALCOLO EXCEL</b> .....	52
<b>4.5 RISULTATI FINALI</b> .....	55
<b>4.6 CONCLUSIONI</b> .....	69
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>72</b>
<b>ALLEGATI</b> .....	<b>75</b>
<b>1. Computo metrico minimo: esempio</b> .....	75
<b>2. PROGETTO DI MASSIMA DI UN IMPIANTO DA ZOOTECCIA (6000 CAPI)</b>	<b>79</b>

## **RIASSUNTO**

In questo lavoro si è affrontato il problema di valutazione e quantificazione economica del danno ambientale originato da scarichi di reflui civili ed industriali assimilabili a domestici.

Simbolicamente l'analogia che si è utilizzata è quella di considerare un risarcimento da danno ambientale provocato da un refluo potenzialmente inquinante direttamente proporzionale al costo di costruzione e gestione di un ipotetico impianto di depurazione che riesca ad evitare il danno ambientale medesimo.

Nella prima parte del lavoro viene fatto un quadro generale delle normative storiche e vigenti in materia di Acque.

Nella seconda parte vengono affrontate ed approfondite le varie tecnologie moderne di depurazione maggiormente utilizzate e divise per tipologia (trattamenti primari, secondari, ecc..).

Infine nell'ultima parte vengono presentate le metodologie, le ipotesi di lavoro e gli schemi di funzionamento di depuratori di reflui civili e da zootecnia, le valutazioni di carattere economico effettuate sulla variazione dei parametri di funzionamento (dati di input, parametri di gestione) e le conclusioni.

# CAPITOLO 1

## INTRODUZIONE

Il presente lavoro ha come obiettivo quello di affrontare la tematica “Depurazione dei reflui e danno ambientale in relazione agli impianti di depurazione”. E’ nota la vastità dell’argomento, per cui si è volutamente centrata la trattazione sulla depurazione dei reflui di origine civile, domestica o assimilabile a domestica (D.Lgs. n.152 /99).

Partendo dal principio di risarcimento da danno ambientale introdotto dalla Legge n. 349 dell’ 8 Luglio 1986 “Istituzione del Ministero dell’Ambiente e norme in materia di danno ambientale”, l’idea di tale tesi è quella di quantificare economicamente un costo di risarcimento deducibile dal mancato funzionamento o dall’assenza totale di una depurazione dei reflui inquinanti. L’inadeguatezza di una depurazione che è causa di elevato impatto ambientale nelle varie matrici ambientali, è deducibile dalla natura stessa dell’affluente.

A tal riguardo, la Legge n. 152 del 1999 stabilisce dei limiti chimico-fisici dei reflui da rispettare per ogni matrice ambientale (scarico di reflui in aria, sottosuolo, superficiali, ecc.). Nel settore delle acque il danno ambientale causato da scarichi non a norma può essere riconosciuto, valutato e quantificato economicamente, considerando lo scenario “ottimale” e cioè quello di presenza o/e di adeguata depurazione della causa inquinante, con i costi che tale ipotesi comporterebbe<sup>1</sup>.

In questo contesto si è tentato di ricostruire tramite foglio di calcolo e per mezzo di letteratura di riferimento un impianto di depurazione tipo e, tramite dati di input, dimensionare costruttivamente e qualitativamente l’impianto stesso affinché possa assolvere alla funzione di abbattimento di un carico inquinante ipotetico.

Il modello dell’impianto di depurazione è stato reso più elastico possibile ed è stato utilizzato per valutare orientativamente l’effettivo costo di funzionamento per abitante equivalente, il costo di costruzione in funzione dell’affluente da trattare, il costo di gestione dell’ impianto stesso.

---

<sup>1</sup> Costo associato alla depurazione delle matrici inquinanti, indebito profitto per spese non sostenute.



## **CAPITOLO 2**

### **2.1 Il danno ambientale**

La legge n. 349 dell'8 luglio 1986 "Istituzione del Ministero dell'ambiente e norme in materia di danno ambientale" introduce in Italia il concetto di danno ambientale.

Per danno ambientale si intendono le conseguenze negative indotte nell'ambiente o su di una sua risorsa, considerata come componente unitaria (flora e fauna selvatica, aria, atmosfera, suolo, acqua, salubrità) o integrata (ecosistema/habitat/territorio) o valore ad esse riferito, da comportamento umano. In termini giuridici sono definite "danno ambientale" le conseguenze negative sull'ambiente indotte da un'attività, comportamento o pratica antropica che implicano una responsabilità civile e quindi un obbligo al risarcimento specifico o equivalente. Molte sono le attività antropiche che interferiscono negativamente con l'ambiente ma solo alcune di queste o parte delle conseguenze di queste danno luogo a danni risarcibili. E' poi frequente il caso in cui il danno ambientale non è "quantificabile", a causa delle molteplici matrici in cui un danno può manifestarsi ed a causa della complessità di valutazione intrinseca al danno stesso.

La responsabilità civile nei confronti del danno ambientale è uno degli strumenti introdotti per la tutela dell'ambiente, a livello nazionale (art. 18 L. 349/86) e comunitario (art. 174 del Trattato istitutivo della CE -Roma, 1957, Libro Bianco sulla responsabilità per danni all'ambiente - Bruxelles, 2000, Proposta di Direttiva in materia di prevenzione e riparazione del danno ambientale - Bruxelles, 2002).

Tale strumento stabilisce il principio del "chi inquina paga" ed ha come obiettivo quello di prevenire i danni ambientali rendendo più responsabili gli operatori che effettuano pratiche o comportamenti che sono causa di rischio per l'ambiente.

A tal riguardo, Il comma 1 dell'articolo 18 L. 349/86 stabilisce che "qualunque fatto doloso o colposo in violazione di disposizioni di legge o di provvedimenti adottati in base a legge che comprometta l'ambiente, ad esso arrecando danno, alterandolo, deteriorandolo o distruggendolo in tutto o in parte, obbliga l'autore del fatto al risarcimento nei confronti dello Stato".

Lo Strumento della responsabilità civile nei confronti del danno ambientale viene esercitato dal giudice ordinario nell'ambito di un procedimento penale o civile. Perché un danno ambientale possa essere risarcibile, necessita che:

- 1) il danno sia causato da un fatto doloso o colposo in violazione di una disposizione di legge o di provvedimenti adottati in base a una legge;
- 2) siano identificati gli autori del dolo;
- 3) il danno sia determinato e quantificato in termini di alterazione (modificazione, non necessariamente peggiorativa), deterioramento o distruzione totale o parziale dell'ambiente;
- 4) venga dimostrata la relazione causa effetto tra fatto doloso e danno ambientale;
- 5) lo Stato o un Ente territoriale competente, richieda al giudice un'azione di risarcimento nei confronti dello Stato.

Per lo Stato, la richiesta di risarcimento da danno ambientale viene promossa dal Ministero dell'Ambiente che è l'amministrazione centrale informata dalle Procure sui procedimenti giudiziari che implicano un danno ambientale, con l'invio di un Decreto di Citazione a Giudizio. Sulla base di queste informazioni, il Ministero può richiedere all'APAT, o ad un altro consulente tecnico di parte (CTP), una nota tecnico-giuridica sull'opportunità di procedere all'azione di risarcimento.

In particolare l'APAT presenta inizialmente al Ministero una relazione di tipo preliminare, diretta a fornire gli elementi utili a decidere in merito all'opportunità di procedere all'azione di risarcimento. Sulla base di questa valutazione il Ministero può avviare l'azione di risarcimento nell'ambito del procedimento giudiziale tramite l'Avvocatura Distrettuale dello Stato competente. In questa fase, APAT può essere ancora chiamata, sempre dal Ministero, a supportare l'azione di risarcimento, condotta dell'Avvocatura Distrettuale dello Stato, attraverso la Valutazione del danno ambientale connesso alla presunta compromissione dell'ambiente diretta a dimostrare gli effetti dei comportamenti illeciti sulle risorse ambientali ed a consentire la valutazione economica di tali effetti.

## **2.2 La valutazione del danno ambientale**

La Valutazione del danno ambientale è un'istruttoria tecnica, scientifica ed economica che concorre alla promozione dell'azione di risarcimento, da parte dello Stato nei confronti dei responsabili, di un danno all'ambiente a seguito di una violazione di legge.

L'istruttoria è composta da tre fasi distinte ed è finalizzata alla quantificazione del risarcimento:

- Determinazione del danno: fase in cui si accerta lo scenario di danno e gli effetti da esso causati alle risorse ambientali.
- Caratterizzazione del danno: valutazione del danno, in cui si accertano l'entità dei danni alle risorse ambientali in termini di perdita/riduzione della qualità e degli usi reali e potenziali a questi relativi.
- Quantificazione del risarcimento: fase della Valutazione del danno in cui si definiscono gli elementi tecnici ed economici che specificano la richiesta di risarcimento avanzata dallo Stato nei confronti dell'autore del danno.

### **2.2.1 La determinazione del danno ambientale**

Per determinazione del danno ambientale s'intende l'accertamento e la documentazione dello scenario di riferimento (termine di sorgente, vie di esposizione e bersagli) e degli effetti/conseguenze sulle diverse matrici ambientali riferibili alle specifiche e presunte violazioni contestate ai responsabili. E' necessario, inoltre, dimostrare le relazioni di causa-effetto tra scenario e danni arrecati alle diverse componenti ambientali.

### **2.2.2 La quantificazione del danno ambientale**

La possibilità di procedere alla quantificazione del danno ambientale passa attraverso la capacità di articolare il danno arrecato all'ambiente in alterazione, deterioramento o distruzione, parziale o totale, per tipo, valore, estensione, durata, ecc. delle risorse ambientali a seconda se si ha:

1. Alterazione
2. perdita di usabilità
3. Distruzione parziale
4. Distruzione totale.

## **La quantificazione del risarcimento**

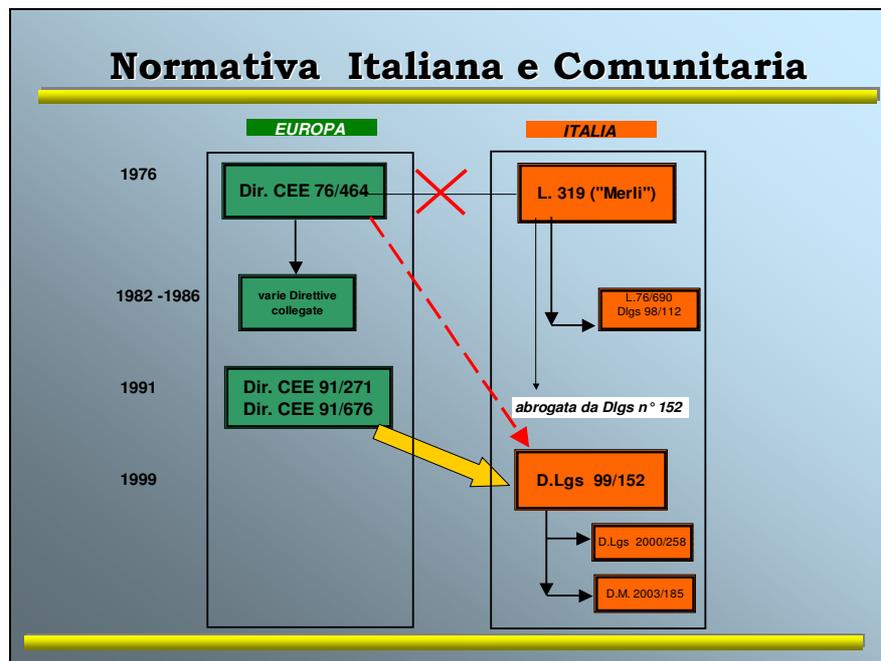
La quantificazione del risarcimento è finalizzata a raccogliere gli elementi tecnici ed economici utili allo Stato per avanzare la richiesta di risarcimento. La somma così ottenuta è utilizzata per il recupero economico dei danni ambientali (risarcimento per equivalente), oppure per il ripristino originario delle risorse ambientali danneggiate (risarcimento in forma specifica).

**E' in questo contesto che subentra l'utilità della presente tesi. Nel processo di quantificazione del risarcimento da danno ambientale in ogni matrice causato da industria o terzi, la valutazione di risarcimento presenta talvolta notevoli inconvenienti in quanto non è sempre facile stabilire dei valori "economici" su qualcosa che nella realtà non è un bene commercializzabile.**

## 2.3 Quadro normativo degli scarichi idrici

### 2.3.1 Generalità

Nel campo della depurazione in senso lato, la legge in vigore che governa i parametri di emissione degli scarichi idrici è il D.lgs. n.152/99. Storicamente tale decreto ( “Disposizioni sulla tutela delle acque dall’inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall’inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole”) va ad inserirsi in un contesto di necessità di “messa in linea” sotto il profilo ambientale dell’Italia con gli altri paesi dell’Unione Europea. Lo schema di seguito rappresenta un quadro storico delle normative in Italia antecedenti il D.Lgs. 152/99. Si esamineranno qui di seguito le sostanziali differenze tra la Legge “Merli” e l’attuale normativa, evidenziando in particolare gli aspetti che maggiormente si intersecano con la presente.



### **2.3.2 La legge Merli**

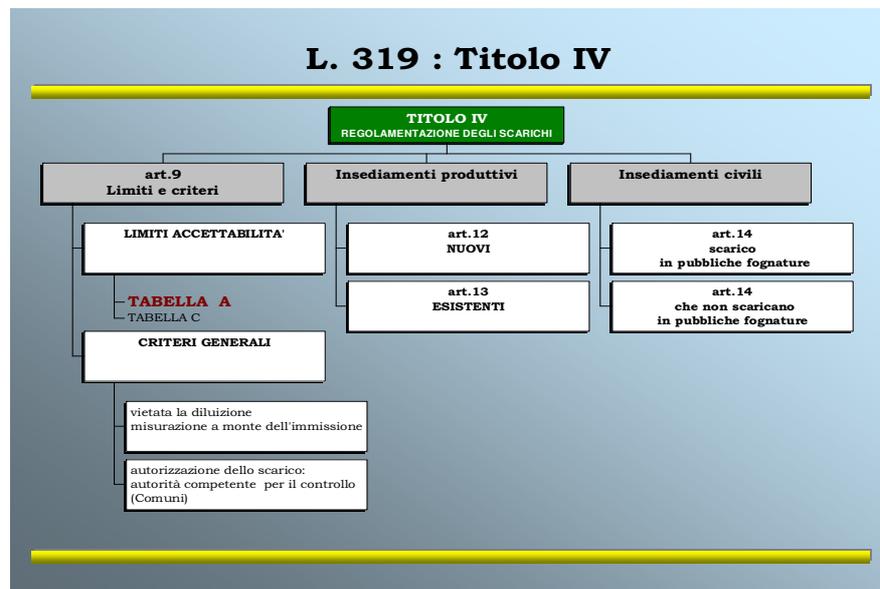
La Legge n. 319 /76 ha come ambito e finalità:

- la disciplina degli scarichi di qualsiasi tipo d'acqua, in fognature, sul suolo e nel sottosuolo;
- formulazione di criteri per l'utilizzo e lo scarico delle acque;
- organizzazione di nuovi servizi idrici di ogni tipologia;
- rilevamento sistematico e controllo sulle caratteristiche dei corpi idrici.

La legge stabilisce l'ambito di intervento e di funzionalità dello Stato, della Regione e delle singole province.

Ma la Legge "Merli" è soprattutto una legge che regola gli scarichi al fine di contenere l'inquinamento e l'uso sconsiderato di risorse essenziali. Gli articoli n.9÷15 e le tabelle allegate stabiliscono le regole ed i limiti che chiunque deve rispettare. Il principio della legge era quello di fissare i limiti di scarico in termini di concentrazioni massime ammissibili di una serie di inquinanti riportati nelle tabelle allegate(Tabella A,Tabella C).

Il principale difetto di questa legge fu quello di non considerare la compatibilità ambientale di un scarico in situazioni delicate o con già problemi di inquinamento imminente, con ovvie devastanti conseguenze. La legge tuttavia ha subito una serie di modifiche nel tempo che hanno migliorato le lacune iniziali (DPR 515/82, Legge n.183/89, Legge 172/95,...).

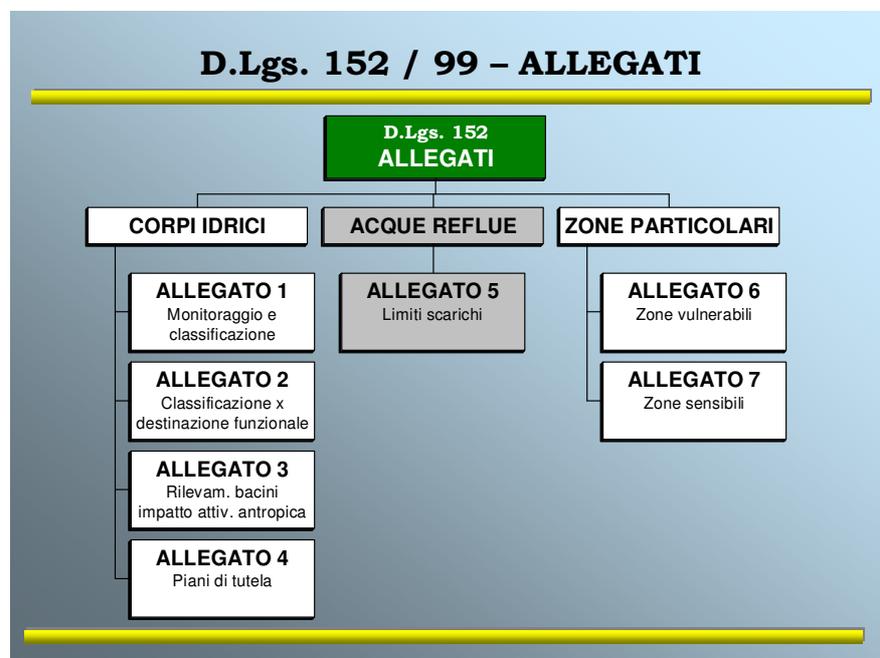


### 2.3.3 IL DECRETO Legge 152/99

Il Decreto 152/99 recepisce una lunga serie di direttive comunitarie in materia di acque ed ha assunto immediatamente un ruolo di primaria importanza in quanto con la sua emanazione in Italia sono state abrogate le seguenti norme:

- Legge 10 maggio 1976, n. 319;
- Legge 8 ottobre 1976, n. 690,
- Legge 24 dicembre 1979, n. 650;
- Legge 5/03/82, n. 62, di conversione in legge, con modif. del D.L 30/12/81, n. 801;
- Decreto del Presidente della Repubblica 3 luglio 1982, n. 515;
- Legge 25 luglio 1984, n. 81 di conversione in legge, con modificazioni, del D.L. 29 maggio 1984, n. 176;
- gli articoli 4 e 5 della legge 5 aprile 1990, n. 71 di conversione in legge, con modif. del D.L. 5/0290, n. 16;
- Decreto legislativo 25 gennaio, 1992, n. 130;
- Decreto legislativo 27 gennaio, 1992, n. 131;

- Decreto legislativo 27 gennaio, 1992, n. 132;
- Decreto legislativo 27 gennaio, 1992, n. 133;
- articolo 2, comma 1, della legge 6/12/93, n. 502, di conversione in legge, con modif. del D.L. 9/10/93, n. 408;
- articolo 9-bis della legge 20/12/96, n. 642, di conversione in legge, con modifi. Del D.L. 23/10/96, 552;
- Legge 17 maggio 1995, n. 172, di conversione in legge, con modificazioni, del D.L. 17/03/95, n. 79 .



Schema generale del D.lgs. 152/99

La nuova disciplina degli scarichi idrici si basa su due presupposti fondamentali:

- **tutti gli scarichi debbono essere autorizzati** (art. 45, comma 1) ;
- **tutti gli scarichi devono rispettare valori limite di emissione stabiliti in funzione degli obiettivi di qualità dei corpi idrici** (art. 28, comma 1).

L'art. 2 del Decreto riporta una serie di definizioni da applicarsi in materia di scarichi idrici tra le quali spiccano le nuove definizioni di acque di scarico, lasciate dalla "Merli" ad interpretazione di circostanza:

- 1) "**acque reflue domestiche**": acque reflue provenienti da insediamenti di tipo residenziale e da servizi e derivanti prevalentemente dal metabolismo umano e da attività domestiche;
- 2) "**acque reflue industriali**": qualsiasi tipo di acque reflue scaricate da edifici in cui si svolgono attività commerciali o industriali, diverse dalle acque reflue domestiche e dalle acque meteoriche di dilavamento;
- 3) "**acque reflue urbane**": acque reflue domestiche o il miscuglio di acque reflue civili, di acque reflue industriali ovvero meteoriche di dilavamento.

### **2.3.3.1 DISCIPLINA SECONDO il D.Lgs. N. 152/99**

Secondo il decreto vigente l'ammissibilità degli scarichi idrici nei possibili ricettori è disciplinata come segue:

#### **1. Scarichi in pubblica fognatura**

**Le acque reflue domestiche** e assimilate sono sempre ammesse, alla sola condizione di rispettare il regolamento del gestore dell'impianto di depurazione (art. 33, comma 2).

**Le acque reflue industriali** possono invece essere scaricate se rispettano i limiti di accettabilità ad eventuali ulteriori prescrizioni imposte nell'autorizzazione (art. 33, comma 1).

## **2. Scarichi in acque superficiali**

Sono ammessi a condizione di rispettare i valori limite di emissione (art. 31).

## **3. Scarichi sul suolo e negli strati superficiali del sottosuolo**

Sono vietati, con le seguenti eccezioni (art. 29. Comma 1):

- scarichi per i quali sia impossibile o eccessivamente oneroso il convogliamento in acque superficiali o in rete fognaria,
- scarichi provenienti dalla Lavorazione/lavaggio di rocce e minerali.

In via transitoria gli scarichi già autorizzati ai sensi della pre-vigente normativa, e non ricadenti nei casi sopra citati devono essere convogliati in rete fognaria in acque superficiali, ovvero destinati al riutilizzo **entro 3 anni** dall'entrata in vigore della nuova legge (art. 29 comma 2).

Qualora ciò risultasse impossibile, o eccessivamente oneroso, occorrerà adeguarsi ai limiti della tabella 4 entro 3 anni dall'entrata in vigore della legge, rispettando nelle more i limiti di tabella 3 o eventuali limiti regionali più restrittivi (art. 29 comma 3).

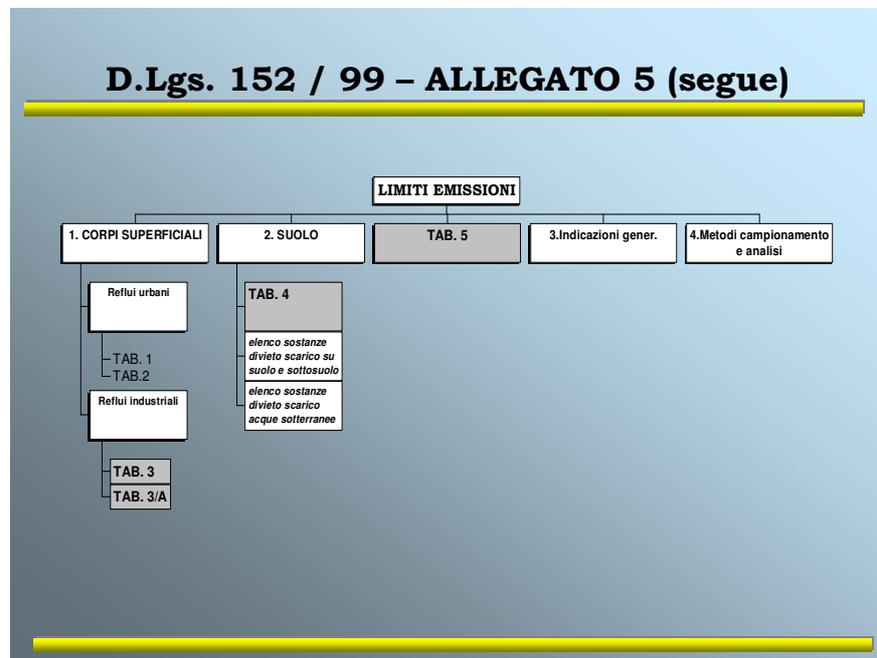
## **4. scarichi nel sottosuolo e nelle acque sotterranee:**

**Sono vietati** (art. 30 comma 1), con le seguenti eccezioni:

- scarico nella stessa falda di provenienza di acque utilizzate per usi geotermici, di infiltrazione di miniere e cave, pompate nel corso di lavori di ingegneria civile, di impianti di scambio termico (art. 30 comma 2),
- scarico in unità geologiche profonde di acque risultanti dall'estrazione di idrocarburi (art. 30 comma 3).

In via transitoria, gli scarichi già autorizzati ai sensi della previgente normativa e non ricadenti nei casi sopra citati, devono essere convogliati in acque superficiali, ovvero

destinati, ove possibile, al riciclo, al riutilizzo o all'utilizzazione agronomica **entro 3 anni** dall'entrata in vigore della nuova legge (art. comma 6).



## **5. Autorizzazione allo scarico**

Tutti gli scarichi devono essere preventivamente autorizzati (art. 45 comma 1), con la sola eccezione degli scarichi di acque reflue domestiche e assimilate in reti fognarie (art. 45 comma 4) i quali sono sempre ammessi.

Per insediamenti con scarichi di acque reflue domestiche ed assimilate che non recapitano in reti fognarie, il rilascio della concessione edilizia è comprensiva dell'autorizzazione allo scarico (art. 45 comma 4).

L'ente competente al rilascio delle autorizzazioni è il Comune per gli scarichi in pubblica fognatura e la Provincia, salvo diverse disposizioni regionali, per gli scarichi negli altri corpi ricettori (art. 45 comma 6).

Gli scarichi di acque reflue domestiche o equivalenti sono disciplinati dalla Regioni (art. 45 comma 3) che possono prevedere forme di rinnovo tacite delle autorizzazioni (art. 45 comma 7).

**Il decreto specifica finalmente un termine per il rilascio delle autorizzazioni (90 giorni); termine non previsto dalla Legge 319/76, e quindi lasciato alla definizione da parte delle singole amministrazioni.**

**L'autorizzazione è valida per 4 anni e il rinnovo deve essere chiesto un anno prima della scadenza.**

Se la richiesta di rinnovo è stata formulata entro tale termine, lo scarico può continuare anche in caso di ritardo dell'ente competente. Se invece lo scarico contiene le sostanze pericolose di cui alle tabelle 3/A e 5, il rinnovo deve essere concesso entro 6 mesi a decorrere dalla data di scadenza; in caso contrario lo scarico deve cessare (art. 45 comma 7).

**I titolari degli scarichi in essere, autorizzati alla data di entrata in vigore del decreto, provvedono a presentare l'istanza di autorizzazione come sopra indicato e comunque non oltre 4 anni da tale data (art. 62, comma 11).**

La domanda di autorizzazione per gli scarichi industriali deve indicare i dati qualitativi-quantitativi dello scarico, la quantità d'acqua prelevata annualmente, il corpo idrico ricettore, il punto di controllo, il sistema complessivo di scarico, l'eventuale sistema di misurazione delle portate, i mezzi tecnici impiegati nel processo produttivo e nei sistemi di scarico, i sistemi di depurazione (**art. 46 comma 1**).

Se lo scarico contiene sostanze della tabella 3/A, si deve inoltre indicare la capacità di produzione del singolo stabilimento ed il fabbisogno orario di acque per ogni specifico processo produttivo (art 46 comma 2).

### **2.3.4 Valori limite**

I valori limite possono essere espressi in concentrazione, in quantità massima per unità di tempo (Kg/mese) e come fattore di emissione (quantità di inquinante per materia prima o unità di prodotto).

I limiti in concentrazione di riferimento sono indicati dalla legge nell'allegato 5, traendoli quasi integralmente da quelli già previsti delle norme preesistenti, mentre i limiti di quantità, di nuova introduzione, dovranno essere stabiliti dalle Regioni (art. 28 comma 2) tenendo conto della pericolosità delle sostanze e delle migliori tecnologie disponibili.

**I limiti di concentrazione presentano le seguenti differenze rispetto alle Tabelle A e C della Legge 319/76:**

#### **A. Scarichi in pubblica fognatura**

La Tabella 3 riporta valori di concentrazione identici a quelli della tabella C della L. 319/76, con le seguenti eccezioni:

- i parametri "solidi sedimentabili", "metalli e non metalli tossici totali" non sono più riportati;
- sono sostituiti i parametri "cromo III" da "cromo totale", "oli minerali" da "idrocarburi totali" e "pesticidi clorurati" da "pesticidi totali", con identici valori limite;
- i parametri microbiologici "coliformi totali", "coliformi fecali" e "streptococchi totali" sono sostituiti dal parametro "Escherichia coli".
- il test di tossicità viene eseguito con modalità diverse da quelle previste in Tabella C della Legge "Merli".

#### **B. Scarichi in acque superficiali**

La Tabella 3 riporta valori di concentrazione identici a quelli della tabella A della L. 319/76, con le seguenti eccezioni:

- i parametri "solidi sedimentabili" e "metalli e non metalli tossici totali" non sono più riportati;
- sono sostituiti i parametri "cromo III" da "cromo totale", "oli minerali" da "idrocarburi totali" e "pesticidi clorurati" da "pesticidi totali" con identici valori;
- i parametri microbiologici "coliformi totali", "coliformi fecali" e "streptococchi totali" sono sostituiti dal parametro "Escherichia coli";
- il test di tossicità viene eseguito con modalità diverse da quelle previste in Tabella A della "Merli".

### **C. Scarichi sul suolo**

La Tabella 4 dell' allegato riporta i valori limite di concentrazione per scarichi sul suolo, non previsti dalla precedente normativa. E' stabilito il divieto di scaricare sul suolo le sostanze riportate al punto 2.1 dell'allegato 5.

### **D. Scarichi nel sottosuolo**

Non sono definiti valori limite considerata la particolare tipologia di scarichi ammessi. In ogni caso non si possono scaricare le sostanze indicate al punto 2.1 dell'allegato 5.

I limiti dell'allegato 5 hanno soltanto valore di riferimento, in quanto le Regioni, per gli scarichi in acque superficiali e sul suolo, e gli enti gestori, per gli scarichi in reti fognarie, possono stabilire limiti diversi o nuovi parametri (art. 28 comma 2, art. 33 comma 1).

Tali limiti possono essere maggiori o minori di quelli riportati nel decreto, con l'eccezione dei parametri delle tabelle 3/A e 5, per i quali non sono ammessi limiti meno restrittivi in caso di scarico in acque superficiali o in fognatura (possibili deroghe sono previste nelle note alla Tabella) (art. 28 comma 2).

**Rispetto alla Legge 319/76 la nuova norma adotta un approccio flessibile sui limiti, attribuendo ai valori riportati nella legge un valore di mero riferimento, ampiamente modificabile da parte degli enti locali competenti.**

## **Scarichi di sostanze pericolose**

L'autorità competente può prescrivere che scarichi parziali contenenti cadmio, cromo esavalente, mercurio, idrocarburi, composti organici alogenati e pesticidi fosforiti, subiscano un trattamento particolare prima della confluenza nello scarico generale (art. 28 comma 4).

E' vietata la diluizione con acque di raffreddamento e lavaggio degli scarichi contenenti arsenico, cadmio, cromo, mercurio, nichel, piombo, rame, selenio e zinco "prima del trattamento degli scarichi parziali stessi per adeguarli ai limiti previsti dal presente decreto" (art 28 comma 5).

L'autorità competente può prescrivere che scarichi parziali contenenti le sostanze delle tabelle 3/A e 5 (allegata) siano trattate come rifiuti, escludendone quindi il convogliamento nello scarico generale (art. 34 comma 3).

## **Acque di prima pioggia e di dilavamento di aree esterne**

Le Regioni possono disciplinare i casi in cui le acque di prima pioggia (non definite dalla legge) e di dilavamento di aree esterne, non recapitanti in reti fognarie, debbano essere convogliate e trattate.

La disposizione si applica a "particolari stabilimenti nei quali vi sia il rischio di deposizione di sostanze pericolose sulle superfici impermeabili scoperte" (art. 39 comma 1).

## **Trattamento di Rifiuti costituiti da acque reflue**

Rifiuti costituiti da acque reflue domestiche o industriali possono essere trattati presso impianti pubblici di depurazione acque purché questi ultimi siano debitamente autorizzati ai sensi della nuova legge, siano rispettati i limiti per gli scarichi in fognatura e i rifiuti provengano dallo stesso ambito territoriale ottimale di cui alla Legge 36/94.

La normativa sui rifiuti si applica comunque al produttore e al trasportatore mentre il gestore dell'impianto è soggetto al solo obbligo di tenuta del registro di carico e scarico (art. 36).

Viene così risolta un'altra questione molto controversa, stabilendo che il gestore dell'impianto pubblico che riceve i reflui a mezzo autobotte non necessita di un'autorizzazione come smaltitore di rifiuti, a patto che siano rispettate determinate condizioni .

### **Adeguamento alle nuove disposizioni**

I titolari di scarichi esistenti devono adeguarsi entro 3 anni alle disposizioni specifiche del decreto (art. 62, comma 11) .

### **2.3.5 ACQUE REFLUE URBANE**

Il D.Lgs 152/99 introduce grandi cambiamenti nelle modalità di gestione dei depuratori delle acque reflue urbane in quanto di passa dalla rigidità della Tabella A delle Legge 319/76 a concetti quali "*... % di riduzione dei parametri in ingresso..*", al "*numero di campioni, ammessi su base annua, la cui media giornaliera può superare i limiti tabellari...* " *i campioni che risultano non conformi affinché lo scarico si considerato in regola*".

I limiti che i gestori di impianti di acque reflue urbane sono tenuti a rispettare sono riferiti soltanto al parametro COD, al parametro BOD<sub>5</sub> ed al parametro Solidi sospesi.

Gli impianti situati nelle "aree sensibili" sono inoltre tenuti a rispettare un limite per l'Azoto totale ed il Fosforo totale.

### 2.3.6 LE SANZIONI

Le sanzioni penali ed amministrative previste dal nuovo T.U. sulle acque sono contenute nel Titolo V (artt. 54÷61); in tutto 8 articoli che vanno a "sostituire" i 16 articoli contenuti nei seguenti provvedimenti (tutti ovviamente abrogati dal nuovo T.U):

- Legge n° 319/76 (artt. 21, 22, 23, 23 bis, 24 e 24 bis),
- D. Lgs n° 130/92 (artt. 12 e 14),
- D.Lgs n° 131/92 (art. 7),
- D. Lgs n° 132/92 (artt. 18 e 19),
- D Lgs n° 133/92 (artt. 13, 14 e 18),
- D. L. n° 552/96 (art. 9 bis, comma 6)

Dei complessivi 8 articoli dedicati alle sanzioni esamineremo quelli che contengono le disposizioni più rilevanti da un punto di vista sostanziale.

In particolare l'art. 54 e il 59 da un lato individua i comportamenti illeciti sanzionati dal T.U (penali e amministrativi) mentre gli artt. 58, 60 e 61 disciplinano la tematica della bonifica e del risarcimento del danno arrecato all'ambiente a seguito di eventi di inquinamento (o di pericolo di inquinamento). Il commento agli artt. 54 e 59 è riportato nella tabella allegata nella quale sono descritti i possibili reati e la relativa entità della pena.

L'ordine scelto per l'esposizione delle varie fattispecie è quello riportato nell'art. 59 (Sanzioni penali), in quanto è in tale articolo che si rintracciano la maggior parte delle violazioni in materia di scarichi di acque reflue industriali. Le sanzioni previste dall'articolo 59 per le violazioni inerenti gli scarichi industriali non si discostano molto da quelle previgenti quanto a entità delle pene. Il nuovo sistema sanzionatorio è, in realtà, estremamente più severo in quanto prevede che:

1. alcuni reati (che in precedenza erano puniti "a pena alternativa" dell'arresto o ammenda) sono ora puniti "a pena congiunta" (arresto e ammenda o a sola pena detentiva (solo arresto) ( art. 59 comma 3 e 59 comma 5);

2. viene espressamente prevista la punibilità della non meglio specificata "immissione occasionale" vedi, in particolare art. 59 comma 5 e art. 54 comma 1;
3. viene apparentemente ribaltata l'impostazione data dall'art. 17 del D.Lgs. 22/97 (Ronchi) alla problematica delle bonifiche vedi artt. 58, 60, e 61, in relazione a quanto evidenziato al punto 1.



## **CAPITOLO 3**

### **Impianti di depurazione Industriali e Civili**

#### **3.1 Introduzione**

Nel presente capitolo verranno descritti schematicamente e brevemente la tipologia degli impianti di depurazione esistenti, nonché i tipi di utilizzo più comuni, le varie fasi di trattamento e le tecniche maggiormente diffuse in Italia per il raggiungimento della depurazione di reflui in funzione della loro origine (urbani, industriali, misti). Vengono inoltre illustrate per ogni fase di trattamento le formule tecniche per il dimensionamento “biologico-fisico” e quindi “strutturale” dei principali processi depurativi. Ci si soffermerà maggiormente sui processi biologici e sui trattamenti depurativi delle acque “urbane” per la ragione comune che difficile è individuare, sezionare, e fare una casistica standard che comprenda un trattamento comune per tutti i reflui industriali. Per una trattazione più esauriente dell’argomento, si rimanda alla letteratura specifica.

#### **3.2 Descrizione dei principali Processi di trattamento negli impianti di Depurazione**

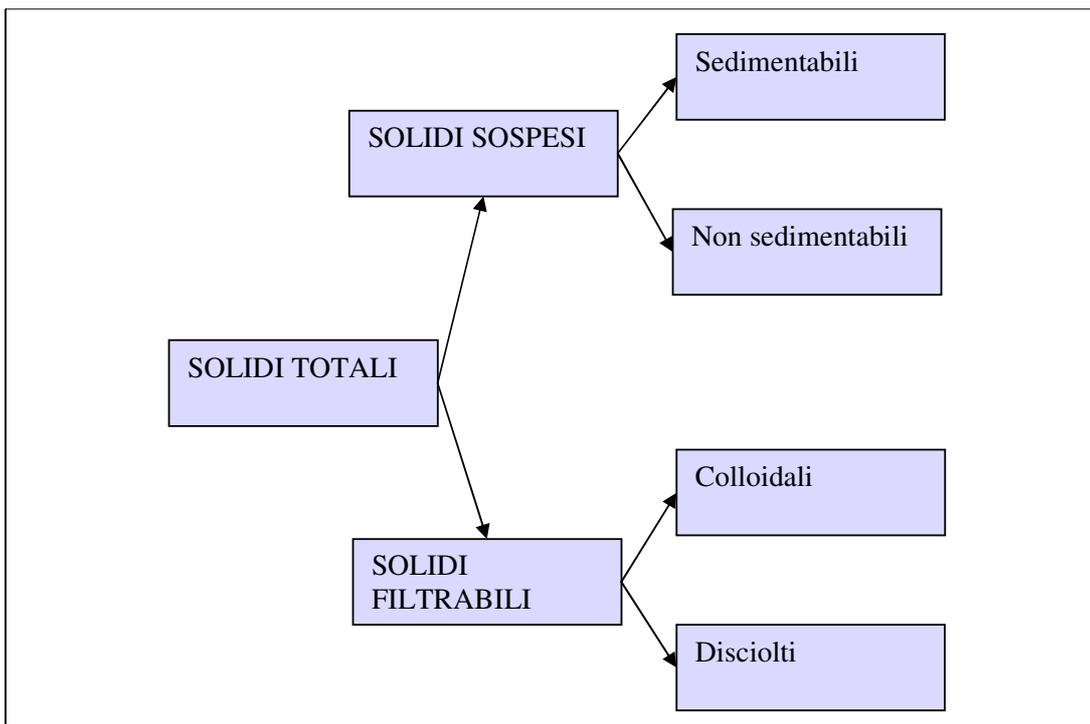
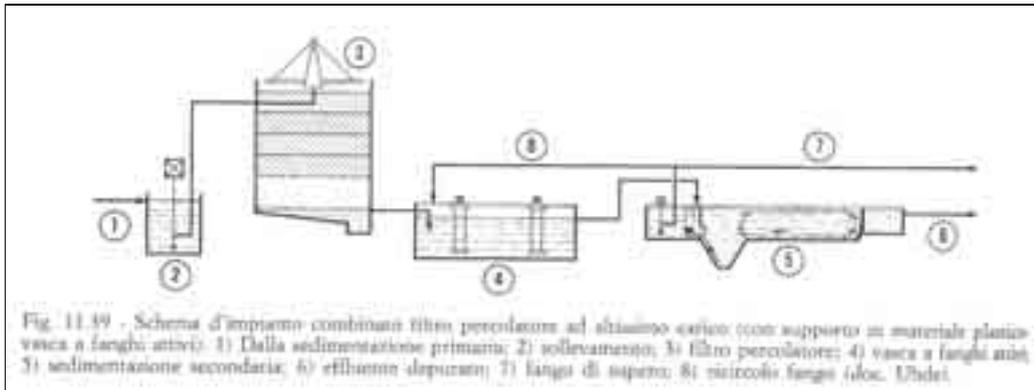
La depurazione di un particolare tipo di refluo è legata alla natura dello stesso. Questo significa che la scelta progettuale sul trattamento da effettuare o quale processo sia da preferire ad un altro a seconda della circostanza, è strettamente legata alle caratteristiche fisiche, biologiche e chimiche del refluo in esame.

Dal punto di vista operativo, i parametri importanti di dimensionamento di un impianto di depurazione sono:

1. Carico idraulico dell’affluente,
2. Carico organico come Bod5 (Biochemical demand Oxygen), COD ( chemical demand Oxygen)....,
3. Carico dei solidi sospesi.

Per qualsiasi liquame può essere fatta una classificazione dei solidi presenti in soluzione. Lo schema di seguito riporta i vari tipi di solidi presenti (in percentuali variabili) in un

refluo in funzione della sua provenienza. **Il trattamento dei reflui si può immaginare come un processo sequenziale in cui a mano a mano ogni categoria dei solidi presenti deve essere “abbattuta” in concentrazione.**



Per affrontare una serie di scelte di trattamento più specifiche è inoltre necessario caratterizzare i reflui in funzione delle sostanze presenti e delle relative concentrazioni.

La caratterizzazione viene operativamente effettuata per mezzo di campionamenti di refluo in sito e successiva analisi chimica tramite delle metodologie standardizzate e classificate. Il risultato dell'analisi è riportato sottoforma di un elenco di caratteristiche chimico-fisiche.

### **Caratteristiche generali**

Un refluo è classificabile a seconda del suo odore, colore, temperatura, viscosità, ecc.

### **Caratteristiche chimiche**

Analizzando il campione di un refluo in laboratorio, si può risalire ai tipi di inquinanti presenti, alle concentrazioni e alla “storia” del liquame stesso.

Tra le sostanze presenti in un liquame civile-industriale, certamente le seguenti sono le più comunemente diffuse:

- Azoto Organico
- Ammoniaca disciolta e allo stato gassoso
- Nitrati e Nitriti
- Sostanze organiche disciolte( misurati come BOD<sup>2</sup> e COD<sup>3</sup>)
- Fosfati
- Tensioattivi
- Oli e Grassi.

### **Caratteristiche biologiche**

Nei reflui civili sono reperibili popolazioni ben miscelate di microrganismi (batteri, funghi, alghe...): sono gli stessi microrganismi che in condizioni favorevoli sono utilizzati nei processi depurativi biologici anaerobi ed aerobi.

---

<sup>2</sup> BOD: Domanda Biologica di Ossigeno, cioè quantità di ossigeno richiesta per la stabilizzazione biologica della sostanza organica ossidabile, cioè il carbonio biodegradabile presente nel refluo.

<sup>3</sup> COD: Domanda Chimica di Ossigeno.

## **Pretrattamenti**

### **Sfioratore a monte dell' impianto**

Nel caso di sistema unitario o qualora sia necessario evitare portate di pioggia fortemente diluite, a monte di un impianto di depurazione è previsto l'utilizzo di uno scaricatore di piena, con portata di taglio multiplo di una portata di tempo secco di affluente all'impianto. Poiché le acque di prima pioggia hanno portate molto elevate, non tutte le acque vengono trattate.

I parametri rappresentativi dello sfioratore sono:

- Coefficiente di diluizione  $Cd=1+m$ ,  $m = \frac{Qp}{Qi}$  ;
- Portata media  $Qi$  di acque nere;
- $Q_{tot} = Qp + Qi$
- $Qp$  è la portata eccedente la  $Qi$ .

Gli sfioratori di piena entrano di norma in funzione per portate eccedenti  $3\div 6 Qi$ .

E' stato visto che per impianti di depurazione civile di dimensione ridotta (1000÷3000 ab. equivalente) è preferibile utilizzare in caso di portate miste:

- Elevati rapporti  $Cd$  e quindi portate totali da trattare elevate rispetto alle ordinarie, onde evitare di "scaricare" all'effluente portate inquinanti.
- Si adottano adeguate capacità di compensazione nell'impianto in modo da diminuire le punte di portata nera.

### **Grigliatura e triturazione**

I liquami variano per composizione e concentrazione, ma secondo il regime idraulico presente, possono trasportare in sospensione una notevole quantità di solidi di dimensioni grossolane.

Una parte dei solidi trasportati è rimossa nella fase di trattamento di grigliatura e triturazione. La fase di grigliatura è molto importante perché:

- Evita problematiche dovute al passaggio di corpi estranei pericolosi per i macchinari (Sistemi di sollevamento, di raschiatura, ecc...),
- Rimuove le sostanze grossolane organiche ed inorganiche operando una prima fase di rimozione fisica.

La grigliatura può essere di tipo grossolano (con barre distanziate di qualche cm) o fine (barre distanziate di 1-2 cm).

Lungo la canaletta della fase di grigliatura la velocità del flusso del liquame è limitata a valori compresi tra 0,8m/s e 1,2 m/s. Le scelte progettuali ricadono:

- Nella scelta dell'automazione della griglia per l'autopulizia della stessa.
- Nelle dimensioni delle canalette di trasporto del liquame.
- Nel sistema di stoccaggio della mondiglia.

Alla fase di grigliatura può essere sostituito un trituratore. Il trituratore tuttavia viene utilizzato per insediamenti medio-grandi.

La setacciatura è una fase successiva alle precedenti e viene effettuata con l'utilizzo di reti metalliche autopulenti con dimensione delle aperture dell'ordine del millimetro.

Il vantaggio di questa operazione è di ottenere un primo abbattimento del BOD<sub>5</sub> eventualmente presente nei reflui dell'ordine del 10-20% .

### **Dissabbiamento e disoleatura**

Il dissabbiamento è utilizzato per abbattere le sabbie ed i solidi sospesi sedimentabili presenti nei reflui, i quali sono spesso causa di notevoli inconvenienti negli impianti di depurazione e nei sistemi idrici in generale. Il dissabbiamento costituisce sempre una fase assai delicata nel trattamento dei liquami, in quanto deve provvedere ad una separazione differenziata dei solidi: non deve catturare troppe sostanze sospese (altrimenti oltre alla sabbia si accumulerebbero nella vasca anche sostanze putrescibili) né troppo poche, altrimenti si verrebbe meno alla funzione per cui il dissabbiatore è stato costruito. Il dissabbiatore viene utilizzato spesso anche per il processo di disoleatura dei reflui. Gli effetti della presenza di oli e grassi è molto negativa nel campo della depurazione, perché

la loro presenza inibisce il processo di depurazione biologica. In particolare, in un impianto a fanghi attivi, l'effetto di ingenti quantità di Oli e grassi causa:

- Variazioni di densità del fiocco di fango e malfunzionamento della flocculazione;
- Lo scambio di ossigeno con l'atmosfera;
- La formazione di schiuma dannosa.

Tali processi sono spesso corredate di dispositivi di insufflazione di aria e di apparati meccanici di rimozione e allontanamento delle sostanze rimosse.



**Sistema di grigliatura e raccolta mondiglia**

## **Trattamenti Integrativi**

### **La preaerazione**

La preaerazione è utilizzata negli impianti medio-grandi dotati anche di una fase di sedimentazione primaria. E' previsto un processo di insufflazione di aria dal basso per arricchire il liquame di ossigeno disciolto ed evitare così fasi settiche, per preparare alla preflocculazione i reflui e per abbattere gas disciolti presenti nei liquami (strippaggio). Tale processo non provvede all'abbattimento del BOD presente, poiché normalmente le concentrazioni di lavoro di ossigeno rimangono ben al di sotto dei valori richiesti per tale rimozione. I Tempi di detenzione per tale processo si aggirano nell'ordine dell'ora, con consumi di aria che sono dell'ordine di  $0,6 \div 1,2 \text{ mc/mc}$  di liquame trattato, con profondità di insufflazione di  $3,5 \div 4 \text{ m}$ .

### **L'equalizzazione**

Nell'eventualità di presenza di elevate variazioni, nell'arco della giornata, di carico idraulico e organico nei liquami, è sempre opportuno predisporre una fase di equalizzazione dei reflui. L'adozione di tale fase comporta una spesa minore di costruzione e quindi un notevole vantaggio economico e di funzionamento generale dell'impianto, dovendo dimensionare gli impianti sui carichi idraulici di punta e medi e concentrazioni massime di inquinanti nei liquami. In particolare con l'adozione del processo di equalizzazione si avrebbe:

- L'omogeneità generale del liquame che comporterebbe minori volumi delle vasche di sedimentazione;
- Un re-dimensionamento di tutte le fasi successive alla presente;
- Maggiore robustezza dell'impianto generale nei confronti di sostanze tossiche, grazie all'effetto ammortizzante della fase di equalizzazione.

Il dimensionamento di tale fase è di solito fatto solo dal punto di vista idraulico, ed in un secondo momento si valuta la compensazione del carico organico entrante, anche perché la compensazione delle portate comporta anche una compensazione dei carichi organici ed inquinanti. Di solito la fase di equalizzazione è supportata di un sistema completo di sollevamento dei reflui.

## **La disinfezione e la clorazione**

L'obiettivo della disinfezione è la riduzione sensibile dei pericoli di malattie e di inquinamento da sostanze dannose per la salute dell'ambiente e dell'uomo. A seconda dei casi le sostanze più utilizzate per tale fase sono: cloro e derivati, bromo, ozono, sali d'argento, raggi ultravioletti, radiazioni ionizzanti.

Il cloro e suoi derivati sono tra i più utilizzati per ridurre la presenza nell'effluente di batteri e virus pericolosi; è facilmente reperibile (come ad esempio il composto NaClO) ed economicamente vantaggioso. La fase di disinfezione è normalmente disposta a valle dei trattamenti secondari ed il suo dimensionamento è funzione delle portate entranti, del tempo di contatto minimo cloro-liquame, e del cloro residuo ammissibile nell'effluente. Il dosaggio delle sostanze viene regolato da un sistema automatizzato con controllo delle concentrazione sul liquame e pompa alternata per l'immissione delle sostanze disinfettanti. Le sostanze utilizzate sono vendute in serbatoi di stoccaggio standardizzati. Costruttivamente un impianto di clorazione/disinfezione è caratterizzato principalmente da una prima vaschetta di miscelazione completa veloce, da un canale a forma di serpentina che ha lo scopo di allungare i tempi di contatto refluo- composto disinfettante, e da uno stramazzo finale. I tempi di detenzione minimi previsti sono dell'ordine dei 20 minuti.

## **Trattamenti Primari e Secondari**

### **La sedimentazione**

Il principio di funzionamento della sedimentazione sia primaria che secondaria è molto semplice: la forza gravitazionale separa le sostanze sedimentabili dal resto. Perché tale processo abbia un buon funzionamento, la vasca di sedimentazione deve:

- Avere un sufficiente tempo di detenzione,

- Fornire un carico idraulico superficiale non elevato.

Nelle acque di rifiuto si possono distinguere due grandi categorie di solidi sedimentabili: particelle granulose discrete che sedimentano individualmente, particelle “fiocose” che tendono ad agglomerarsi.

Nel caso di particelle granulose in condizione di regime laminare del flusso, vale la legge di Stokes:

$$V_s = \frac{g}{18} (\gamma_s - \gamma_a) \frac{D^2}{\mu} (cm/s)^4,$$

con g accelerazione di gravità, D diametro della particella,  $\mu$  viscosità del mezzo,  $\gamma_s - \gamma_a$  differenza delle densità sostanza-liquame.

In condizioni di regime turbolento vale la seguente:

$$V_s = \sqrt{k \left( \frac{\gamma_s - \gamma_a}{\gamma_a} \right) D},$$

con k costante tabellata in letteratura.

Nel caso di sedimentazione di particelle fiocose, oltre alle velocità di sedimentazione, entra in gioco anche il tempo di detenzione, a causa delle dimensioni e delle densità delle particelle che variano nel tempo e perché entrano in gioco altri fattori, quali, ad esempio, ricircoli programmati di fango, concentrazione degli stessi, ecc.

Sia per flusso ascensionale che orizzontale, è possibile definire il carico idraulico ascensionale  $C_{is}$ <sup>5</sup>, parametro caratteristico del presente processo, insieme al tempo di detenzione t:

$$C_{is} = \frac{Q(mc/h)}{Sup.vasca(mq)}.$$

Perché un processo di sedimentazione sia efficace è necessario che:

- Siano mantenute basse le velocità in gioco, soprattutto nei processi secondari, altrimenti subentra il rischio di fuga di fango e sedimenti nell’effluente,
- Che siano scelti opportuni tempi di detenzione in funzione delle portate dei liquami entranti e del carico organico.

<sup>4</sup>  $V_s$  è la velocità di sedimentazione variabile con le condizioni al contorno.

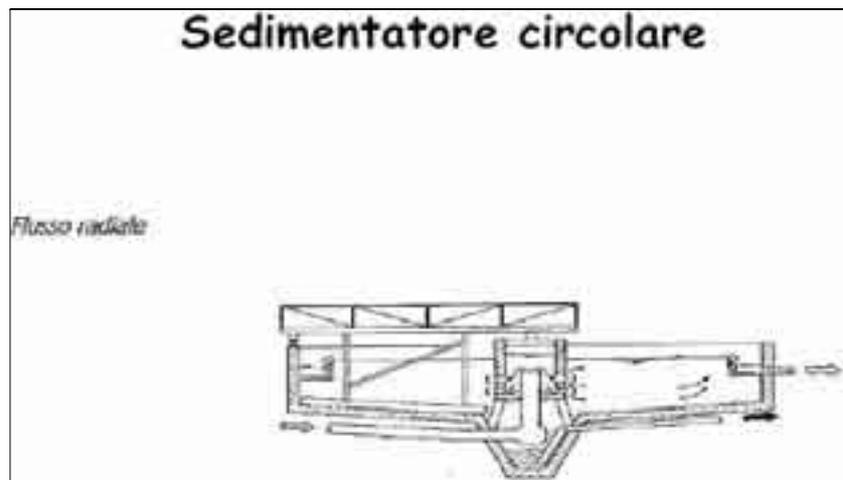
<sup>5</sup>  $C_{is}$  ha le dimensioni fisiche di una velocità, ed è un parametro sia per sedimentatori radiali che longitudinali.

- Che siano assicurate altezze liquide di lavoro almeno di 2,5 metri,
- Che il sedimentatore sia corredato di organi di pulizia efficaci ( rastrelli di fondo e laterali,ecc.),
- Che lo stramazzo per il deflusso del supernatante sia dimensionato ad arte per le portate in gioco,
- Che ci sia un organismo di raccolta ed allontanamento di fanghi sedimentati efficiente ed “elastico” idraulicamente.

Di particolare interesse è che in prossimità di tali processi, oltre alla rimozione delle sostanze sedimentabili, nella realtà avviene anche un abbattimento abbastanza spinto del BOD presente, dell'ordine del 20÷30% del totale, come anche dei solidi totali sospesi.



**Foto di repertorio**



**Sezione tipica di un sedimentatore**

### **Trattamento biologico dei Liquami**

La depurazione biologica ai fanghi attivi, di largo uso nel campo civile ed industriale, ha radici storiche non recenti ma ancora oggi risulta essere una scelta vincente nel settore della depurazione delle acque reflue, perlomeno per i liquami con concentrazioni organiche prevalenti sul resto. Con la sedimentazione primaria si è completato il trattamento primario dei reflui, e si entra così nel campo di trattamento secondario dei liquami. I reflui, privi della maggior parte delle sostanze sedimentabili ma ancora carichi di sostanze sospese organiche e non, sono inviati alla fase ossidativa, ove avvengono trattamenti di intensa aerazione artificiale. Nelle cosiddette vasche di aerazione si instaurano complessi processi fisici, chimici e soprattutto biologici: si sviluppa innanzitutto una ossidazione chimica di composti riducenti quali idrogeno solforato, solfuri e solfiti, aldeidi (fase di richiesta immediata di ossigeno). Poi, con processi fisici e biologici, intervengono i microrganismi precostituiti nella vasca di aerazione in concentrazioni elevatissime che, grazie ad una loro proprietà agglomerante ed alla loro tendenza a costituire “fiocchi di fango”, causano un processo di adsorbimento e flocculazione delle sostanze presenti nel refluo, sia sospese che colloidali. Infine, per il proprio sviluppo, i microrganismi utilizzano una parte delle sostanze solubili presenti nei reflui.

Ne risulta un netto incremento della massa batterica e della quantità di fiocchi generata, e una rimozione di sostanze non sedimentabili adsorbite e “digerite” che, grazie a tale processo ossidativo, sono rese sedimentabili. Si può ragionevolmente asserire che

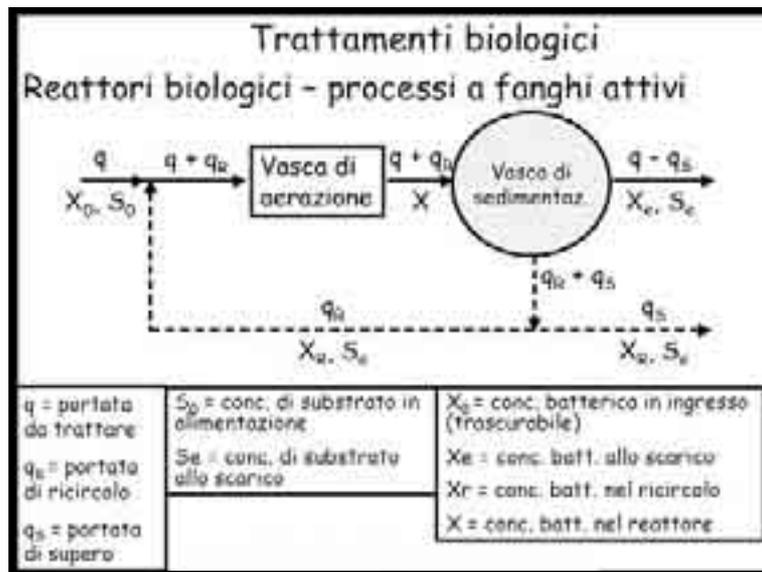
caratteristica dei trattamenti secondari biologici è quindi proprio quello di riuscire a “bloccare” sostanze organiche disciolte con rendimenti depurativi elevati.

L’ossigeno che viene fornito artificialmente tramite vari macchinari (turbine, insufflatori d’aria...) è utilizzato dai microrganismi per lo sviluppo dei processi di assimilazione e degradazione della sostanza organica presente, che possono essere tanto più spinti quanto più sono lunghi i tempi di aerazione. Le alte concentrazioni microbiche presenti nelle vasche, sono rese possibili tramite il continuo ricircolo dei fanghi raccolti alla sedimentazione finale: tale meccanismo fa sì che, essendo i liquami entranti continuamente mescolati con microrganismi già perfettamente efficienti, le reazioni biologiche naturali siano molto più accelerate. Quindi, segreto del buon funzionamento della depurazione biologica ai fanghi attivi è proprio il principio del ricircolo dei fanghi in testa alla vasca di aerazione. Naturalmente la concentrazione della cosiddetta miscela aerata nella vasca di aerazione andrebbe gradualmente aumentando, se non si procedesse all’allontanamento periodico del fango in eccesso (fango di supero).

#### Tipologie di impianti a fanghi attivi

Per limitare i costi di costruzione e per rendere tali impianti versatili anche per carichi ridotti, sono stati realizzati diversi schemi di impianto, i cui meccanismi di funzionamento rimangono sostanzialmente identici. Tra i molteplici schemi si ricordano:

- Lo schema classico, caratterizzato da una fase di stabilizzazione in fossa Imhoff del liquame o da una sedimentazione primaria, da una vasca di aerazione, da sedimentazione secondaria, da un trattamento fanghi con disidratazione e smaltimento;
- Lo schema semplificato, diverso dal precedente per la stabilizzazione del fango in fase aerobica e per la mancanza della sedimentazione primaria;
- Lo schema ad aerazione prolungata caratterizzata da una sola fase di ossidazione e di sedimentazione secondaria con ricircolo del fango in testa e stabilizzazione del fango legata ai lunghi tempi di detenzione;
- L’impianto a contatto-stabilizzazione.



Schema di funzionamento di impianto a fanghi attivi

Parametri di progettazione e gestione della Vasca di aerazione

Un parametro che definisce il grado di sviluppo della massa attiva e quindi la capacità di una vasca a digerire il carico organico entrante è il fattore di carico organico  $F_c$ , inteso come rapporto tra la quantità di cibo fornita alla massa di microrganismi in un certo intervallo di tempo e la massa stessa, cioè:

$$F_c = \frac{KgBOD5}{KgSSMA * giorni} ,$$

con SSMA sigla che sta per “Solidi Sospesi Totali nella Miscela Aerata”.

Il fattore di carico organico definisce in modo univoco anche la tipologia di funzionamento prescelta per vasca di aerazione e quindi per l'intero impianto biologico: è un parametro che può essere fissato a priori dal progettista e costituisce anche un elemento di controllo durante la fase di gestione dell'impianto.

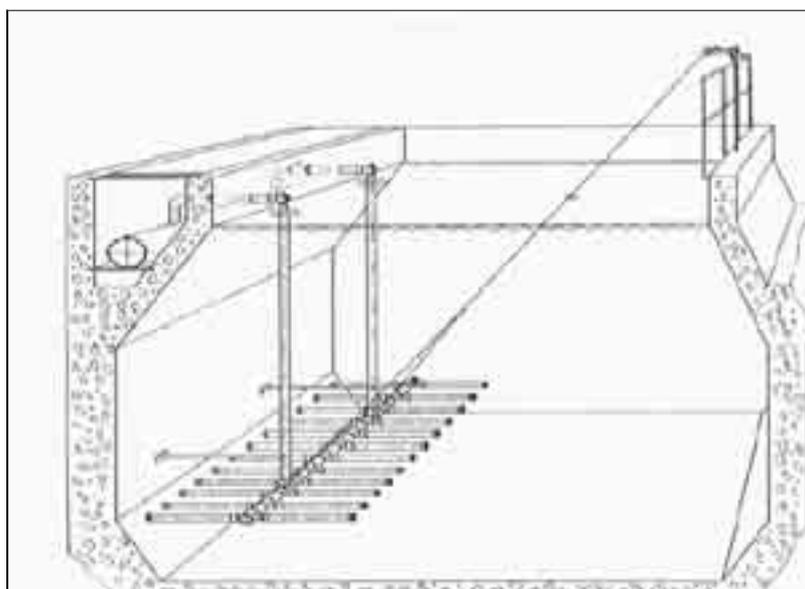
Un altro parametro progettuale è la concentrazione dei fanghi attivi in vasca  $C_a$  (Kg/mc). Correlato ai precedenti è il fattore di carico volumetrico  $F_{cv}$  definito come “il carico di sostanze organiche biodegradabili (misurato in kg di BOD5) che viene applicato al giorno al volume unitario della vasca di aerazione dell'impianto”, che è un parametro utilizzato spesso per stabilire operativamente la qualità dei fanghi.

$$F_{cv} = F_c * C_a .$$

Qui di seguito viene riportata una tabella reperita in letteratura che mette in evidenza come il fattore di carico organico dipenda dalla modalità prescelta di funzionamento a regime.

Tabella di riferimento<sup>6</sup>

TIPO DI IMPIANTO	FATTORE $F_{cv}$			
	(Kg BOD5/mc*giorno)			
	senza sed. Primaria		con sed. Primaria	
Aerazione prolungata	0,1	0,75	-	-
A basso carico	1	1,5	0,7	1,05
A medio carico	1,5	2,5	1,05	1,75
Ad alto carico	-	-	1,75	>2,3

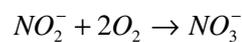
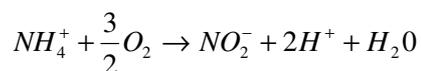


**Schema di impianto di insufflazione d'aria**

<sup>6</sup> Rif.: Luigi Masotti, Depurazione delle acque, Calderini.

## Nitrificazione

Per processo di nitrificazione si intende l'ossidazione biologica dei composti dell'azoto. L'ossidazione avviene prevalentemente ad opera di particolari batteri autotrofi o chemiolitotrofi. Per tali batteri il carbonio inorganico è la sola fonte di carbonio, mentre l'energia necessaria all'accrescimento viene prelevata dall'ossidazione dell'ammoniaca a nitrito e da nitrito a nitrato. Le specie batteriche più importanti nel campo della nitrificazione appartengono ai generi *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*. Il processo di nitrificazione è rappresentato dalle seguenti reazioni:



Perché le trasformazioni avvengano in maniera ottimale, hanno bisogno di una ben specifica alcalinità e di una concentrazione dell'ossigeno disciolto mai inferiore ad 1÷2 mg/l.

La vasca di nitrificazione può essere la stessa della fase di aerazione ed in tal caso si parla di processo combinato, oppure uno scatolare adiacente alla fase di digestione (nitrificazione separata).

## Denitrificazione

La denitrificazione è un processo di riduzione biologica dell'azoto nitrico e nitroso con conseguente formazione di azoto gassoso. Il processo è schematizzabile tramite la seguente reazione tipo:



Normalmente il processo di denitrificazione avviene in ambiente anossico, pertanto non c'è bisogno di fornire aria insufflata come nel caso della nitrificazione e digestione.

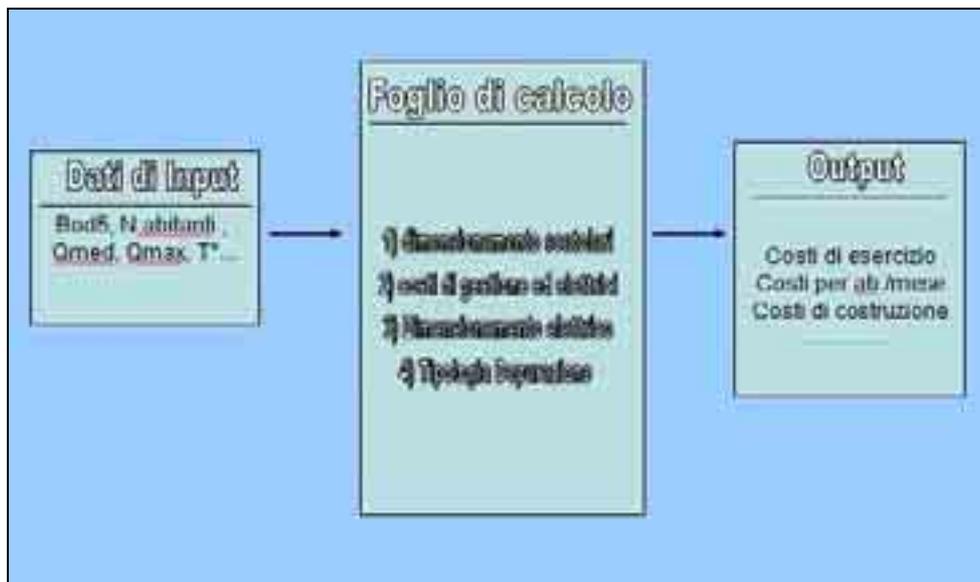


## CAPITOLO 4

Nel presente capitolo viene descritto il progetto di valutazione dei costi di costruzione e gestione di un impianto atto ad assolvere la funzione di depurazione richiesta.

Il progetto di valutazione impianto è stato modellato tramite foglio di calcolo EXCEL e tramite letteratura di riferimento specifica (riportata nella Bibliografia).

Lo schema riportato qui di seguito chiarisce i semplici concetti utilizzati per il compimento della ricerca.



Per dare una omogeneità ai dati ed alle valutazioni, si è dovuto procedere tramite una serie di semplificazioni. In particolare si sono fatte le seguenti ipotesi restrittive iniziali:

1. Si trattano impianti di depurazione biologica (civile e da zootecnia).
2. Si è considerato un computo metrico minimo comune per i tipi di impianti trattati, al di là della loro capacità ed estensione.
3. Si considera una suddivisione di scelte progettuali in funzione dei carichi inquinanti.

Una prima classificazione è stata fatta in funzione di due parametri principali:

$F_c$  = fattore di carico organico;

$C_a$  = concentrazione del fango nelle vasche dell'impianto.

Le scelte progettuali sono legate a seconda del carico inquinante<sup>7</sup> (basso, medio, alto).

4. Si considera che il refluo segua uno schema tipo predeterminato (diagramma di flussi fissati).
5. Ogni fase di processo è dimensionata attraverso i dati estrapolati dalle fasi precedenti.
6. I valori di uscita dell'effluente dovranno rispettare i limiti imposti dalla normativa di riferimento, riportati nell'Allegato 5 del D.lgs. n.152 /99 (Scarico in acque superficiali per impianti di Depurazione civile, Scarico in fognatura per impianti da zootecnia, ecc...).
7. Ogni fase del processo avrà delle ipotesi iniziali di funzionamento, legate alle scelte progettuali che devono di norma essere fatte dal progettista, variabili da caso a caso. Alcune delle ipotesi saranno riportate nel presente testo, insieme alle motivazioni delle scelte.
8. Si fanno delle ipotesi semplificative riguardo alla:
  - Costruzione dell'impianto
  - Funzionamento impianto
  - Gestione impianto.

---

<sup>7</sup> In linea di massima si può considerare un refluo con  $Bod_5$  inferiore a 200 mg/l come a basso-medio carico inquinante. Carichi inquinanti con  $Bod_5$  maggiori di 1500-2000 mg/l sono da attribuirsi a carichi industriali e zootecnici.

9. Si considera che il liquame da trattare sia di tipo “urbano” o assimilabile a domestico.
10. Reattori considerati nei processi a comportamento CFSTR.
11. Area di costruzione ipotetica di andamento pianeggiante.
12. Vita media di impianto di 20-25 anni.
13. Trasporto fanghi tramite autospurgo e smaltimento in discarica situata ad una distanza fissa per tutti i casi.
14. Il sistema fognario a disposizione sia di tipo:
  - Misto nel caso di depurazione civile,
  - Separato negli altri casi.

#### **4.1 Dati di progetto**

I parametri di progetto che sono stati considerati nel presente lavoro possono essere divisi in categorie. Qui di seguito sono riportate una serie di tabelle riassuntive. Il segno “v” riportato indica un valore reso aleatorio o comunque variabile a seconda dei casi, mentre il segno “-” indica la presenza di sottovoci. Si rimanda al foglio di calcolo Excel allegato al presente lavoro per l’elenco completo dei dati utilizzati.

#### Parametri chimico-fisici

<b>Parametri chimico-fisici</b>	
N.abitanti	v
Carico idraulico	v mc /abxgiorno
Carico organico specifico	v kg.BOD5/abxgiorno
Carico specifico azoto	v kg.N/abxgiorno
Portata media	v mc/h
Portata massima	v mc/h

### Parametri generici

<b>Parametri generici</b>		
Costo elettrico unitario	0,12	kwh/euro
Costo calcestruzzo	60	euro /mc
Costo barre		euro /kg
Costo smaltimento fanghi minimo	0,70	euro /kg
Costi di riferimento	-	euro
Costi reagenti	-	euro
Potenze specifiche	-	KW/mc

### Parametri fisici

<b>Parametri fisici</b>		
Temperatura liquame	18	°C
Densità liquame	-	Kg/mc
Pressione	1	atm
Altezza s.l.m	0	m

### Parametri e dati dipendenti

Sono una serie di parametri raccolti da letteratura di riferimento oppure dedotti dai parametri di ingresso.

## **4.2 Schemi di impianto**

Per dare una maggiore elasticità alle valutazioni del lavoro presente, si sono considerati una serie di schemi di funzionamento di impianto tipo di depurazione.

Tali schemi rispecchiano la realtà media italiana, ovvero impianti di depurazione biologica che normalmente asservono zone urbane e zone agricole.

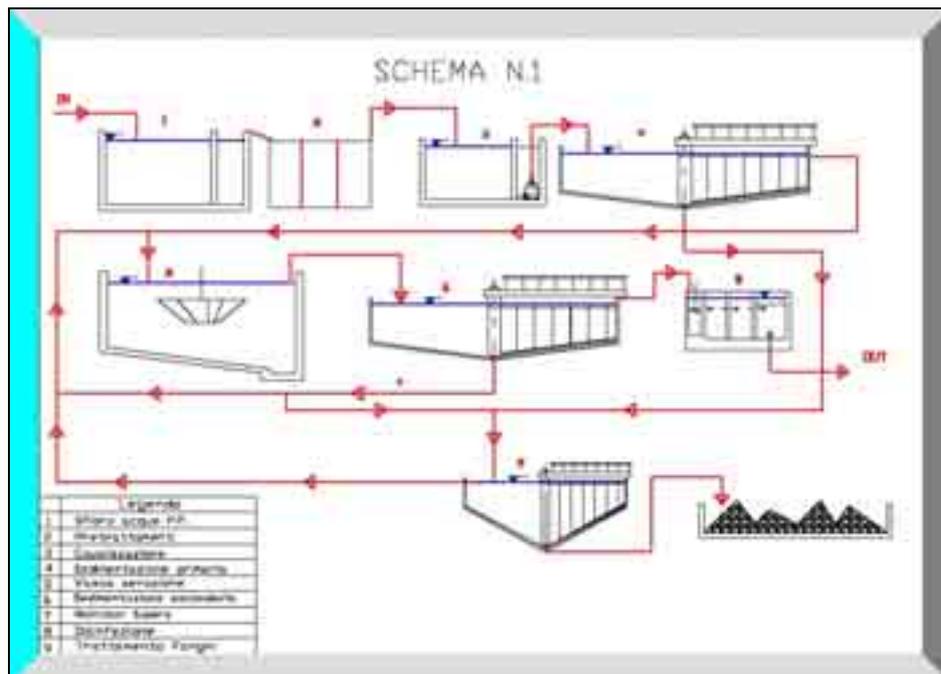
Un'altra diversificazione, intrinseca agli schemi, è la scelta di funzionamento dell'impianto tipo, a parità di diagramma di flusso; variando una serie di parametri è infatti possibile far lavorare uno stesso sistema in modalità diverse (aerazione prolungata, basso carico, alto carico).

### Schema di impianto n.1

Il sistema di depurazione è costituito dalle seguenti fasi:

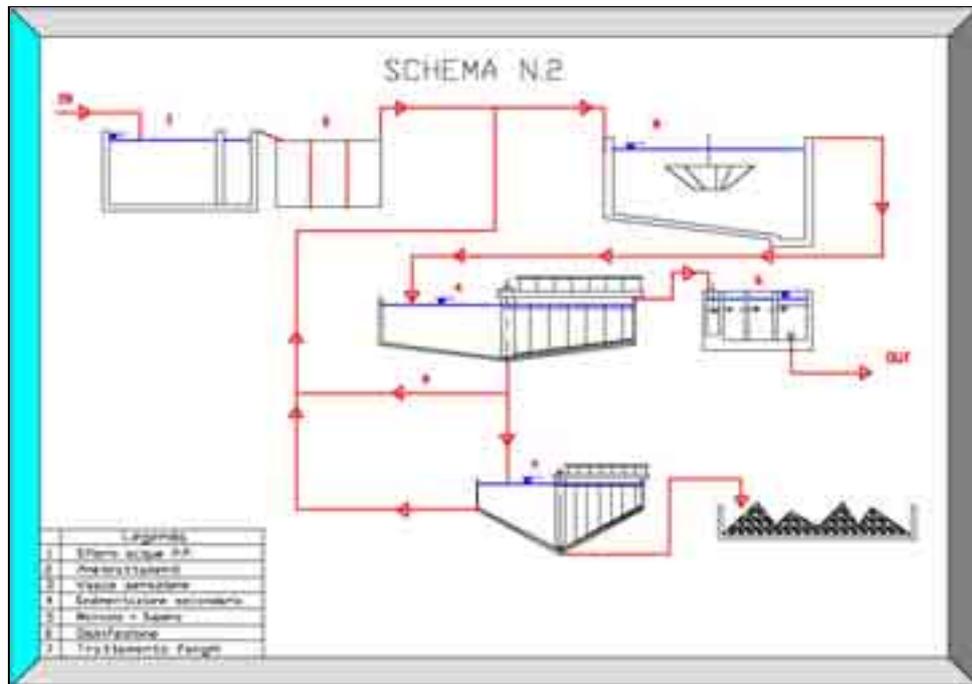
1. Sfiore delle acque di prima pioggia,
2. Pretrattamento reflui: grigliatura grossolana e fine, dissabbiamento e disoleatura,
3. Equalizzazione delle portate dei carichi,
4. Sedimentazione primaria,
5. Vasca di aerazione,
6. Sedimentazione secondaria,
7. Ricircolo fango e spillamento fango di supero,
8. Trattamento di disinfezione dei reflui,
9. Trattamento dei fanghi (stabilizzazione ed ispessimento).

Il dimensionamento e i calcoli verranno effettuati in funzione della Q equalizzata. L'adozione della fase di equalizzazione comporta notevoli vantaggi perché ha una azione di compensazione verso l'arrivo dei carichi tossici, perché "equalizza", cioè livella le punte di carico idraulico ed organico, assicurando tra l'altro, anche una maggiore robustezza chimico-fisica dell'impianto stesso.



### Schema di impianto n.2

Il diagramma di flusso presente differisce dallo schema precedente solo per la mancanza di una fase di equalizzazione e per la mancanza della sedimentazione primaria. Lo schema è di norma chiamato in Letteratura specifica "Schema semplificato" o, in determinate condizioni al contorno, "sistema ad aerazione prolungata".



### Schema di impianto n.3

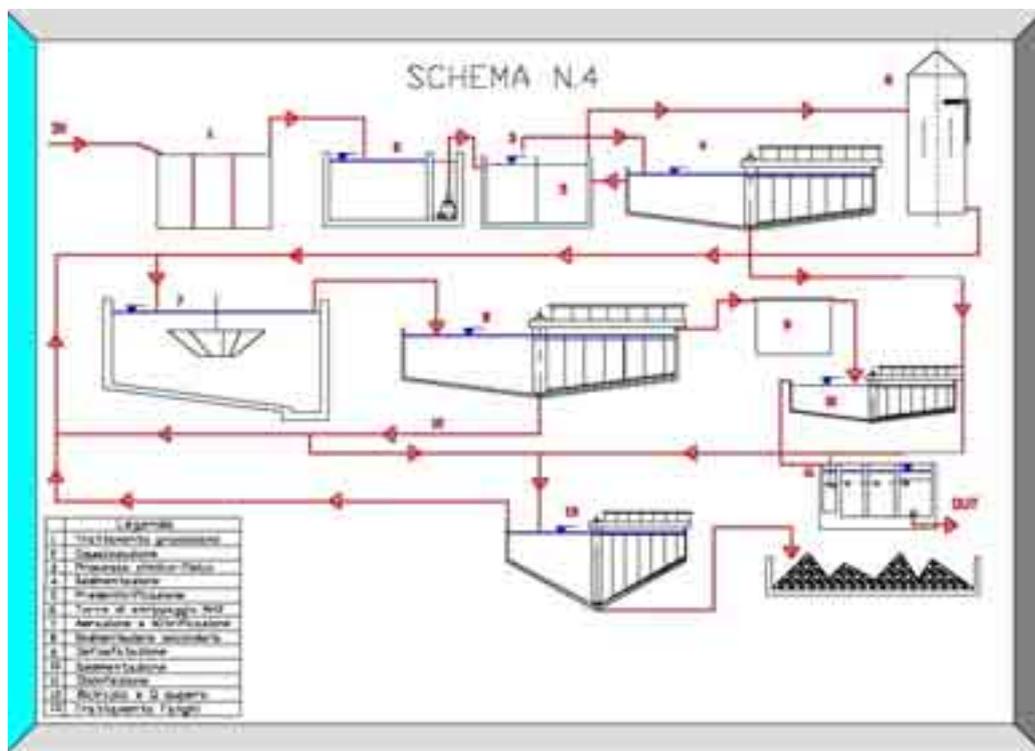
Il diagramma di flusso presente differisce dallo schema n.1 per l'assenza di una sedimentazione primaria.

### Schema di impianto n.4

Il diagramma di flusso dello schema n.4 viene utilizzato spesso nel campo della zootecnia, e per tale motivo viene affrontato, in questa sede, come caso a parte rispetto agli impianti di tipo civile. La fase di equalizzazione è particolarmente indicata nel caso di alti carichi inquinanti accompagnati da portate ridotte (scenario che risulta rappresentativo degli allevamenti intensivi e casi simili).

Da segnalare la presenza del processo di nitrificazione di tipo combinato, di una predenitrificazione, di un processo chimico - fisico di abbattimento inquinanti e di un processo di defosfatizzazione chimico-fisica. Inoltre, poiché il problema principale di tali tipologie di impianti è l'elevata concentrazione di ammoniaca entrante, si è prevista

l'installazione di una torre di stripping dell'ammoniaca. Di seguito si riporta il diagramma descritto.



### 4.3 Le scelte progettuali

Per ogni fase della depurazione si è imposta la scelta della migliore tecnologia da adottare, o quantomeno di considerare tecnologie più adatte al caso in esame (popolazione da asservire, concentrazione inquinanti, temperature stagionali,...). Il criterio progettuale eseguito quindi è stato quello di ammettere:

- 1) La scelta di minore costo tra le possibili;
- 2) La scelta più comune tra le possibili.

Le scelte macroscopiche divise per fasi di processo, sono riportate di seguito.

### Fase di sfioro

La portata che deve essere sfiorata a monte dell'impianto deve essere quella eccedente la portata massima che può trattare l'impianto. Di solito la portata massima viene presa 3÷6 volte la portata media o di tempo secco.

### Pretrattamento

La disoleatura e il dissabbiamento si ammette che avvengano nella stessa vasca.

### Sollevamento ed equalizzazione

Negli schemi di impianto che riportano la fase di equalizzazione si è valutato un dimensionamento della vasca di equalizzazione con il metodo della "compensazione delle portate idrauliche".

### Sedimentazione primaria

Il fango che si depositerà sul fondo verrà mandato a trattamento di ispessimento. Si considera mediamente che l'abbattimento di BOD5 per questa fase è dell'ordine del 30% e che quindi contribuisce molto sull'abbattimento della massa organica.

### Portata di Supero

La portata di supero del fango viene in tutti i casi prelevata direttamente dalla portata di ricircolo del fango (ricircolo proveniente dalla vasca di sedimentazione secondaria).

### Portata di ricircolo

La portata di ricircolo ha un ruolo molto importante negli impianti di depurazione. In particolare, da tale portata dipende la qualità e l'ispessimento della massa attiva, l'età del fango, ecc...

### Linea trattamento fanghi

Tra le molteplici tecnologie disponibili si presuppone di trattare il fango con:

- 1) Stoccaggio ed ispessimento del fango (pre-ispessimento);

- 2) Stabilizzazione biologica;
- 3) Ulteriore ispessimento e disidratazione tramite centrifugazione, nastropressa,...;
- 4) Smaltimento dei fanghi tramite trasporto (autobotti di media dimensione).

Per i piccoli e medi impianti il tipo di smaltimento più utilizzato è quello del trasporto in autobotte e smaltimento del liquame. Esiste tuttavia anche lo smaltimento dei solidi (dopo disidratazione in situ ed incenerimento del fango). I costi relativi al trasporto ed allo smaltimento sono proporzionali al peso dei fanghi residui.

Nel caso di grandi impianti, tali costi si ammortizzano in scelte diverse (per esempio tramite il compostaggio in situ del fango).

#### Nitrificazione

Il processo di nitrificazione avviene spontaneamente anche nei processi depurativi civili, ammesso che siano considerati dei tempi di detenzione abbastanza lunghi. La scelta progettuale adottata è di considerare la nitrificazione combinata, cioè un processo che avviene fisicamente nella vasca di aerazione dell'impianto.

#### Predenitrificazione

La valutazione delle dimensioni della vasca di predenitrificazione per ottenere l'abbattimento richiesto sono legate alla concentrazione dei nitrati presenti. Tale processo avviene in uno scatolare isolato dall'ambiente esterno.

#### Clorazione finale

La clorazione viene riportata su tutti gli schemi. Il reattivo che viene utilizzato mediamente è il NaClO (ipoclorito di sodio) al 12% per piccoli e medi impianti, al 15% per grandi impianti.

#### Defosfatazione

La defosfatazione avviene in parte durante la denitrificazione, nella sedimentazione primaria e secondaria (in minima parte) e nella vasca di digestione. Normalmente nei

reflui civili le concentrazioni di fosforo (P) sono basse e quindi la stessa depurazione biologica assolve il problema della defosfatazione. Caso particolare tuttavia è quello che si presenta nel caso di scarichi in aree sensibili o nel caso si superi i limiti imposti dalla normativa italiana ( $P < 10 \text{ mg/l}$  in fognatura). In tal caso è necessario una fase di defosfatazione a parte. Nel caso della zootecnia, dove invece i carichi di fosforo sono molto maggiori, è necessario intervenire con un processo di precipitazione chimico-fisica tramite l'utilizzo di composti ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ <sup>8</sup>, calce,  $\text{FeCl}_3$ ...). Per lo schema di impianto n. 4 si introdurrà un processo di defosfatazione di tipo terziario, ovvero post-precipitazione, situato a valle dei processi ossidativi. La scelta è obbligata dal maggiore rendimento di rimozione che si ha in tal caso (rendimenti  $> 95\%$ ).

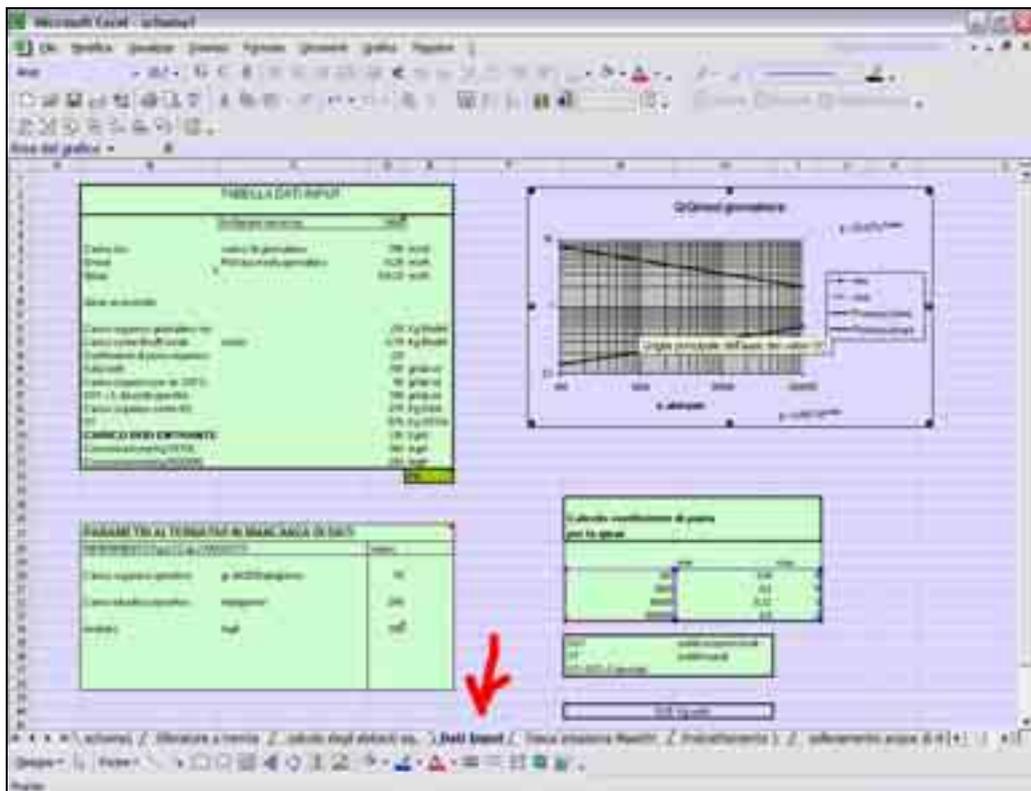
#### **4.4 Il foglio di calcolo Excel**

Per poter fare delle valutazioni qualitative e quantitative più veritiere si è pensato di progettare ex novo un impianto di depurazione tipo, avvalendosi di un foglio di calcolo elaborato tramite il programma Excel XP della Microsoft. Tutte le funzioni ed i processi utilizzati sono stati ereditati da Letteratura di riferimento specifica. Il foglio di calcolo creato è stato reso il più elastico possibile per essere in grado di elaborare tutti i processi prescelti al variare dei parametri progettuali fondamentali. Il principio del progetto, come si è accennato in precedenza, è stato quello di fare uso di dati di input generici per poter dimensionare strutturalmente e quindi economicamente l'impianto in questione. Tra i parametri richiesti per il dimensionamento si ricordano: parametri chimici, parametri fisici, popolazione asservita, carichi idraulici ed organici per abitante equivalente, curva di distribuzione dei carichi giornaliera, ecc.

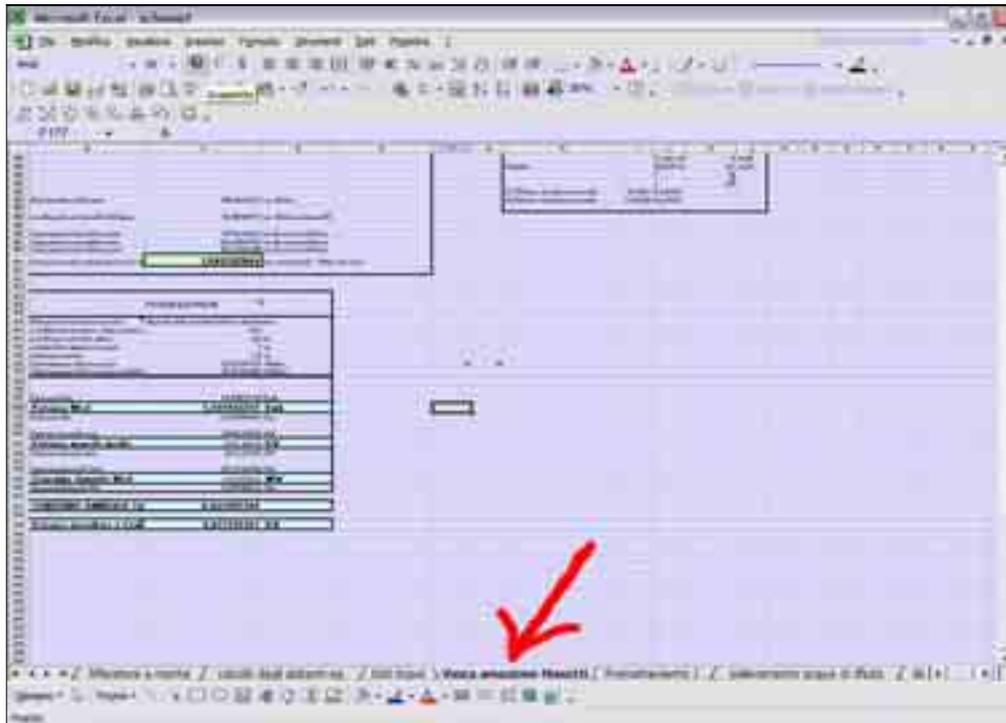
Il foglio di calcolo è stato poi "adeguato" ad hoc per il tipo di schema prescelto (schema n.1, schema n.2, ...) a seconda della regola dell'arte odierna, ovvero a seconda del funzionamento a regime dell'impianto, che a sua volta è direttamente correlato ai parametri prestabiliti ed ad una serie di scelte che spettano al progettista.

---

<sup>8</sup> Tra i vari composti sembra essere uno dei più utilizzati a causa del facile reperimento.



Particolare Foglio Excel creato: Dati input e calcoli



**Particolare del Foglio di calcolo Excel: Calcoli vasca aerazione Masotti**

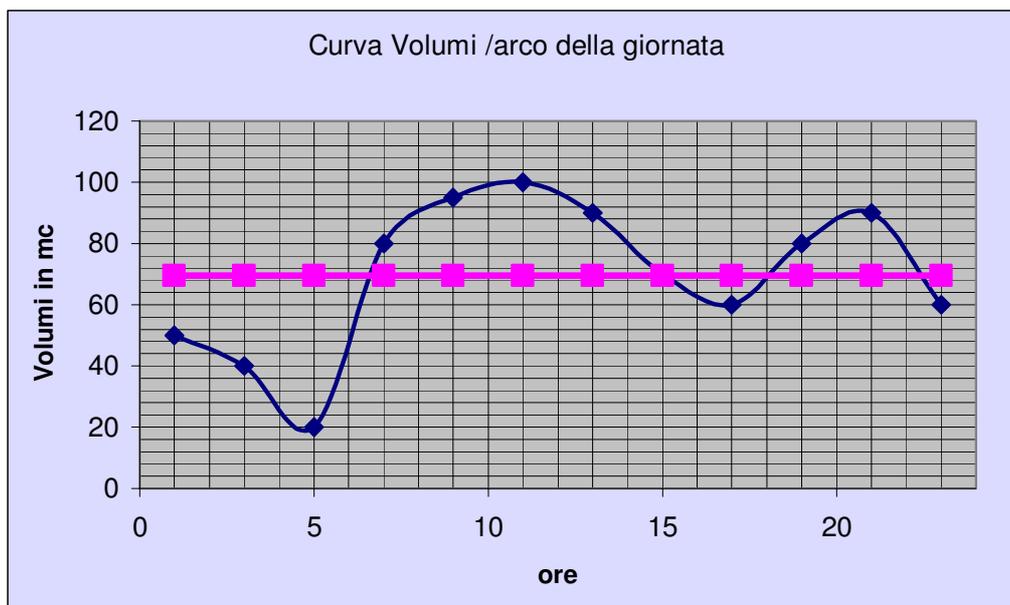
Ogni fase del processo provvede al trattamento dei dati estrapolati dalla precedente fase ed il risultato è dato sottoforma di dimensioni dello scolare di processo, di concentrazioni residue e di portate uscenti. I costi finali sono valutati grazie a costi unitari noti da prezzari ed aggiornati al 2004-2005. Inoltre, la maggior parte dei costi unitari è stata ricavata dall'esperienza in ambiente lavorativo: ci si riferisce in particolare ai costi di smaltimento e trasporto fanghi, costi di gestione per abitante, costi di utilizzazione dell'energia elettrica.

## 4.5 Risultati finali

Di seguito vengono fornite sotto forma di grafici e tabelle le valutazioni dei costi di massima per ogni tipologia di impianto. Ad i costi totali composti dalle voci costo di costruzione e costo di gestione, vanno aggiunti i costi di impiantistica di varia natura, presi in questa sede come simili in tutti i casi esaminati, sebbene l'ipotesi sia abbastanza semplificativa. E' stato quindi redatto un computo metrico minimo dell'impiantistica necessaria per un impianto di depurazione, allo scopo di dare un'idea dell'entità e del peso sui costi finali. Il computo è stato allegato al presente lavoro. Il programma utilizzato per la redazione del computo metrico parziale è il BUILD COST 3.0 Ver. 2004 della MAGGIOLI EDITORE.

Per gli schemi aventi la fase di equalizzazione si è previsto di utilizzare una curva di distribuzione dei carichi idraulici giornaliera relazionata alla popolazione asservita.

Qui di seguito è riportata la curva di distribuzione corrispondente ad una popolazione di 3000 abitanti con carico specifico di 200-250 litri/ ab. giorno.



Si suppone che la compensazione dei carichi organici segua la compensazione dei carichi idraulici. Altri dati di interesse saranno riportati insieme ai risultati dei singoli schemi.

Si è considerato un apporto medio dei carichi organici (Bod5/abitante \*giorno) comune per gli schemi di impianto civile.

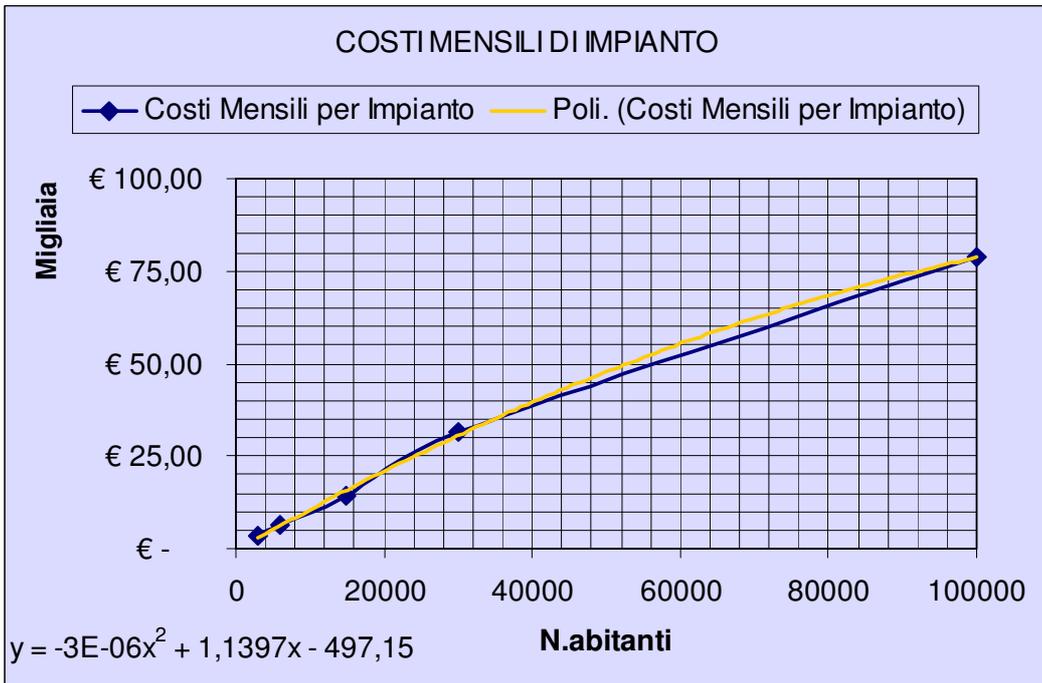
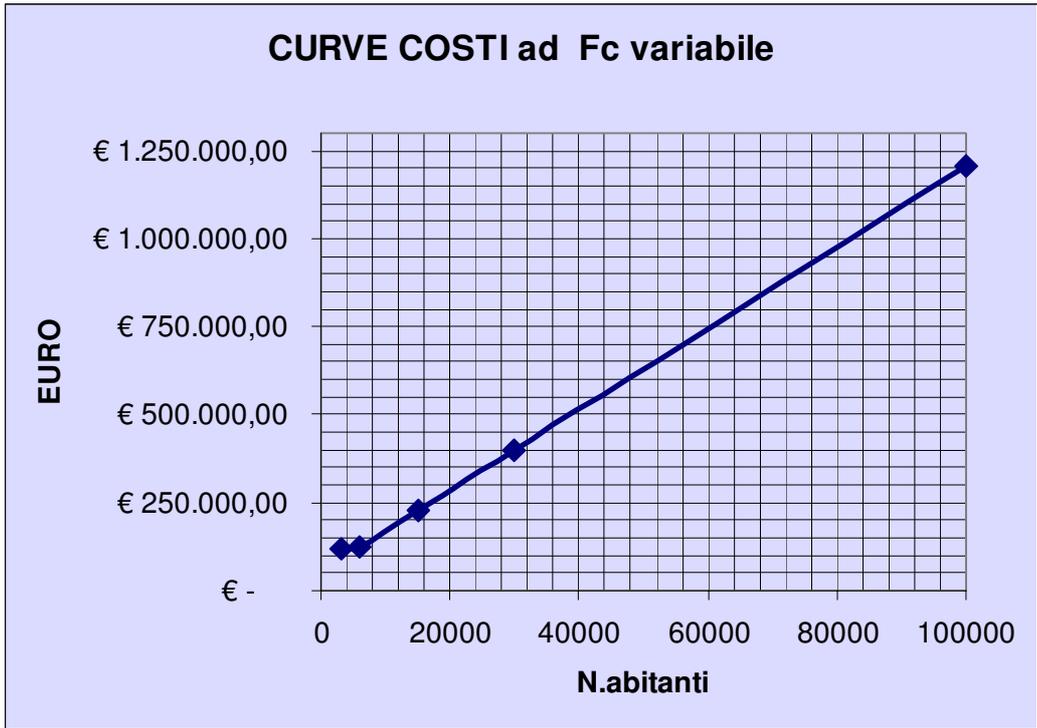
Infine, i costi totali sono stati distribuiti per un arco di vita medio dell'impianto di depurazione, considerata in questa sede di circa 22 anni.

### **Risultati schema impianto n.1**

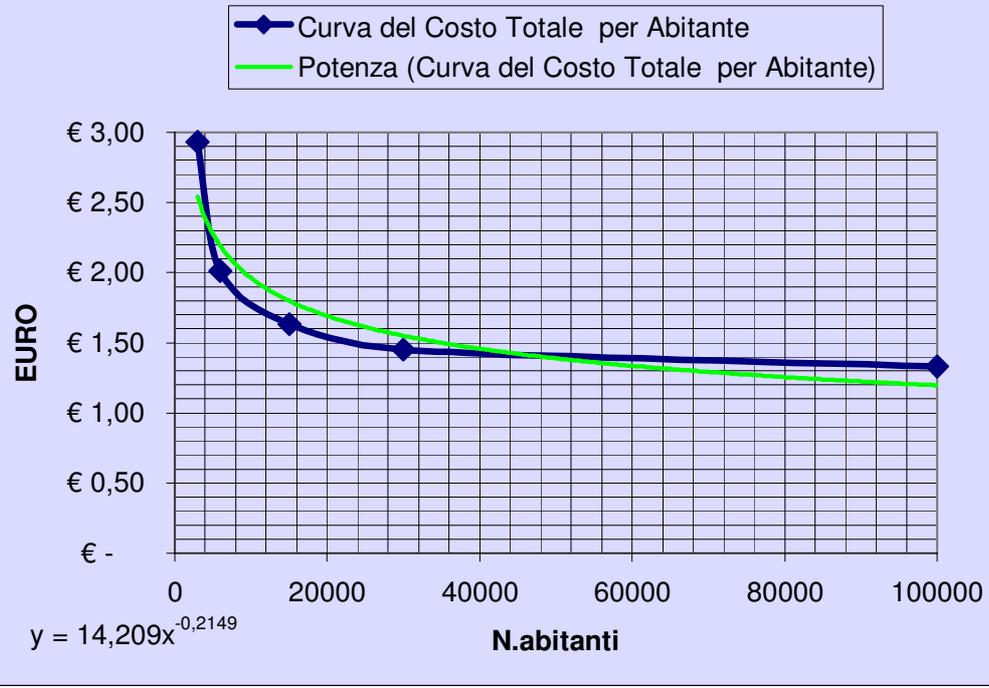
Tale schema risulta utilizzato per impianti di depurazione medio-grandi a causa dell'elevato costo iniziale. I rendimenti depurativi e la completezza del trattamento delle acque lo rende particolarmente indicato nel caso di scarico diretto in fiume.

N abitanti	FC	CA(Kg/mc)	costi costruzione		costi manutenzione mensili	
3000	0,08	4	€	116.694,88	€	3.473,09
6000	0,08	4	€	125.641,38	€	6.329,04
15000	0,22	3,5	€	228.354,83	€	14.418,49
30000	0,22	3,5	€	396.950,23	€	31.222,03
100000	0,5	3,5	€	1.205.582,36	€	78.653,55

N abitanti	FC	costo per AB.eq		Costo TOT AB.EQ		α ricircolo
3000	0,08	€	1,16	€	2,93	0,50
6000	0,08	€	1,05	€	2,01	0,50
15000	0,22	€	0,96	€	1,63	0,50
30000	0,22	€	0,95	€	1,45	0,60
100000	0,5	€	0,79	€	1,33	0,60



### COSTO AB.EQUIVALENTE/N.ABITANTI ASSERVITI

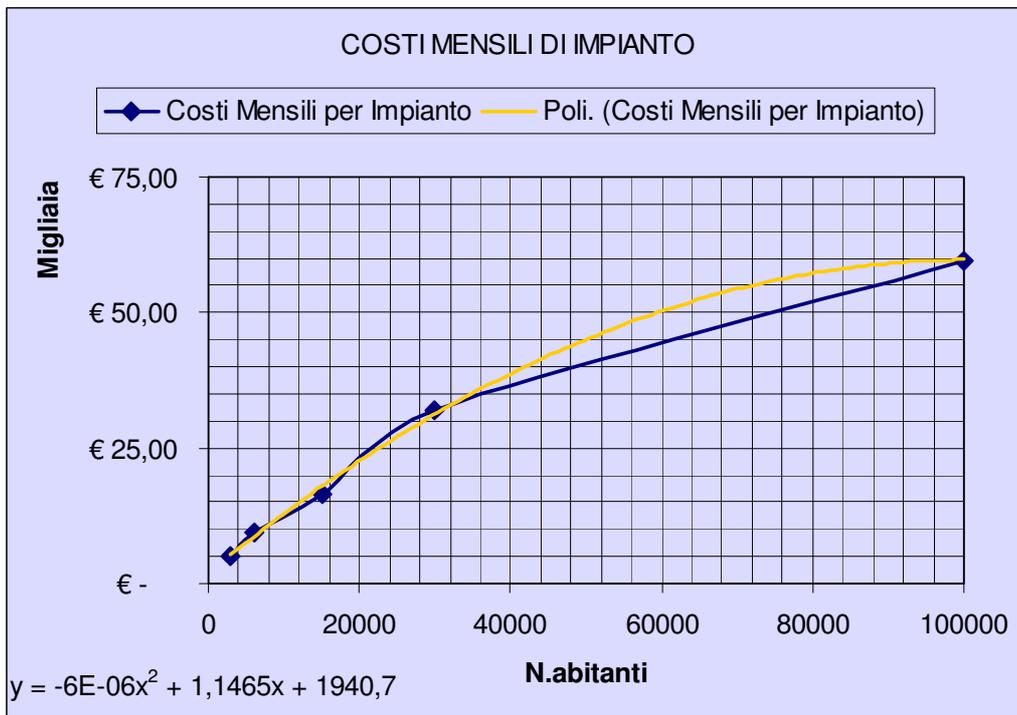
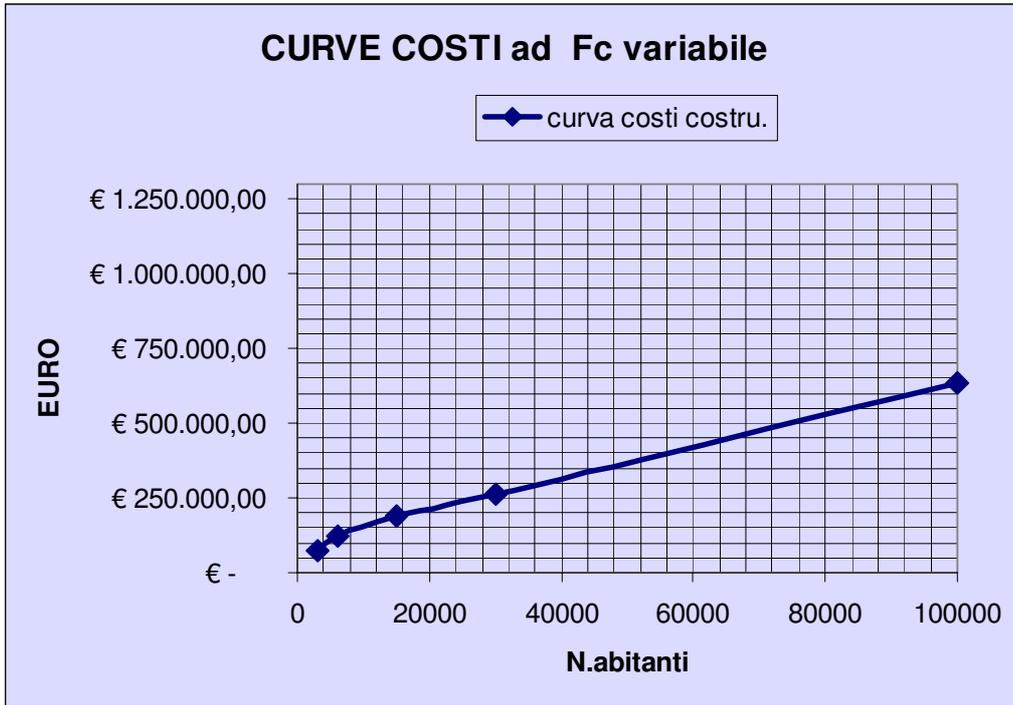


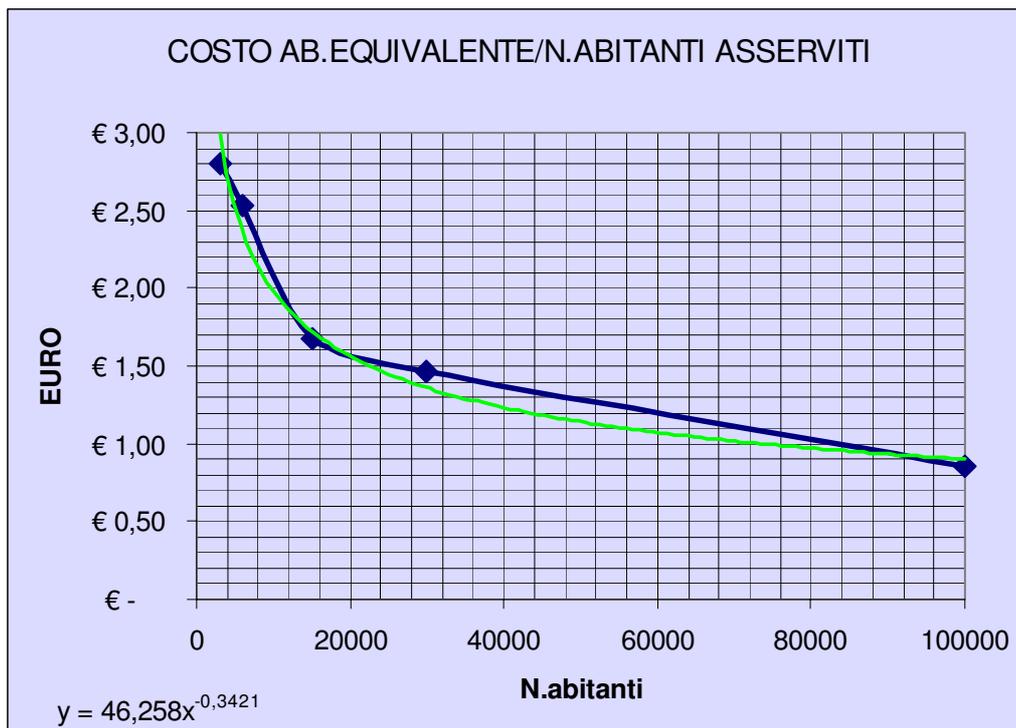
### Risultati schema impianto n.2

Tale tipologia di impianto (schema semplificato) è utilizzato per impianti civili medio piccoli e nel caso di trattamento non molto spinto. Per fattori di carico organico (Fc) bassi si ha un evidente vantaggio nella stabilizzazione del fango (che avviene già in fase di aerazione) e un minore produzione di fango da smaltire. Per ogni simulazione si è ritenuto opportuno agire sul ricircolo dei fanghi ( $\alpha$  ricircolo) e sulla portata di supero per “riequilibrare” il sistema.

N abitanti	FC	CA(Kg/mc)	costi costruzione		costi manutenzione mensili	
3000	0,08	4	€	72.205,44	€	5.184,71
6000	0,08	4	€	124.636,58	€	9.558,77
15000	0,22	3,5	€	189.562,77	€	16.486,11
30000	0,22	3,5	€	260.611,42	€	31.817,80
100000	0,5	3,5	€	989.548,50	€	61.843,05

N abitanti	FC	Costo per AB.eq	Costo TOT AB.EQ	$\alpha$ ricircolo	Q supero(%)
3000	0,08	€ 1,73	€ 2,80	0,50	0,61
6000	0,08	€ 1,59	€ 2,53	0,50	0,65
15000	0,22	€ 1,10	€ 1,67	0,40	0,32
30000	0,22	€ 1,06	€ 1,46	0,40	0,32
100000	0,5	€ 0,62	€ 1,09	0,60	0,29



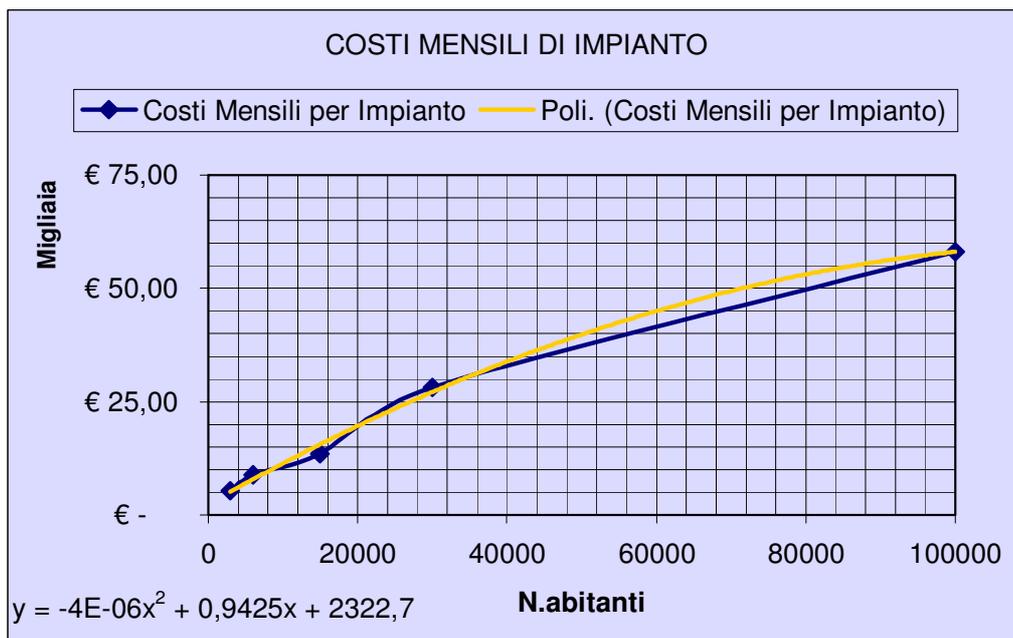
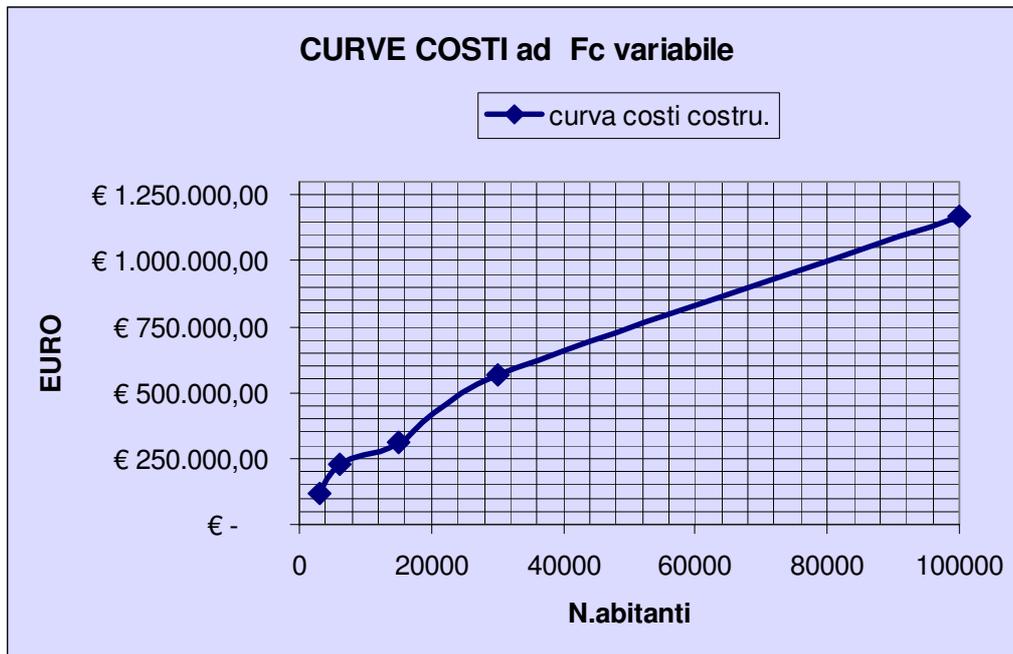


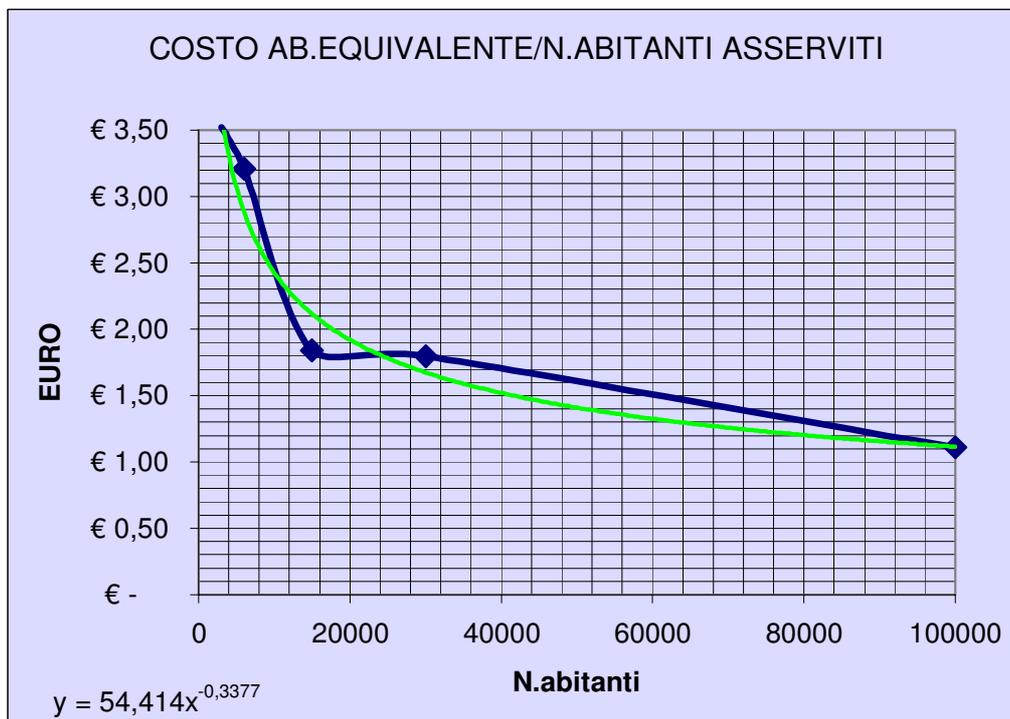
### Risultati schema impianto n.3

Dai risultati riportati qui di seguito risulta non conveniente adottare un tale schema di impianto piuttosto che lo schema completo. La spiegazione è che i minori costi di costruzione sono ricompensati da maggiori costi di smaltimento.

N abitanti	FC	CA(Kg/mc)	costi costruzione	costi manutenzione mensili
3000	0,08	4	€ 116.234,75	€ 5.277,23
6000	0,08	4	€ 230.100,75	€ 8.799,00
15000	0,22	3,5	€ 309.042,41	€ 13.564,86
30000	0,22	3,5	€ 568.503,73	€ 28.087,58
100000	0,5	3,5	€ 1.165.538,66	€ 58.052,82

N abitanti	FC	costo per AB.eq	Costo TOT AB.EQ	Q supero %	α ricircolo
3000	0,08	€ 1,76	€ 3,52	0,52	0,50
6000	0,08	€ 1,47	€ 3,21	0,36	0,50
15000	0,22	€ 0,90	€ 1,84	0,17	0,40
30000	0,22	€ 0,94	€ 1,80	0,22	0,50
100000	0,5	€ 0,58	€ 1,11	0,09	0,50





### Risultati schema impianto n.4

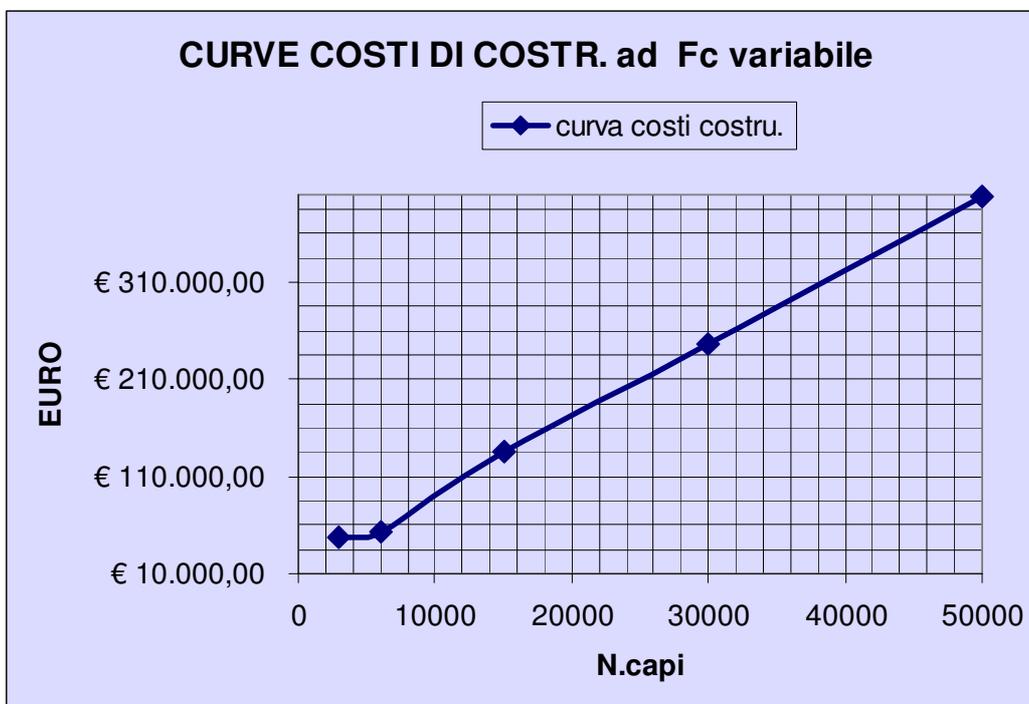
Come si è premesso precedentemente, lo schema di impianto qui affrontato è adatto all'utilizzo in impianti di depurazione industriali (allevamento intensivo). Si affrontano in tale sede due casi distinti, differenti per specie animale ma simili per la qualità dei reflui da trattare.

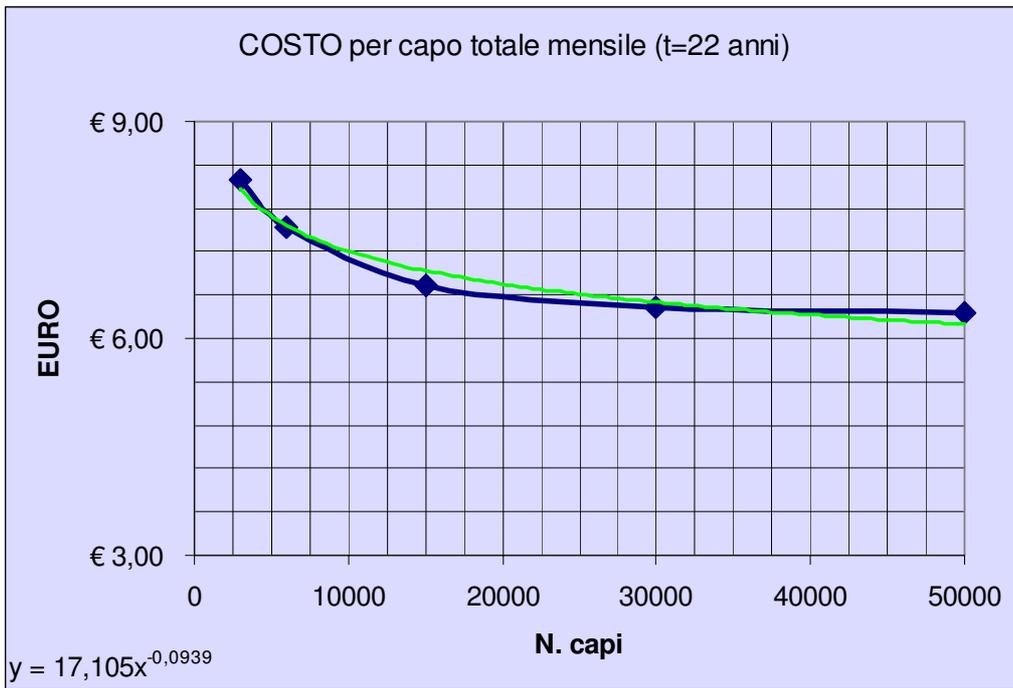
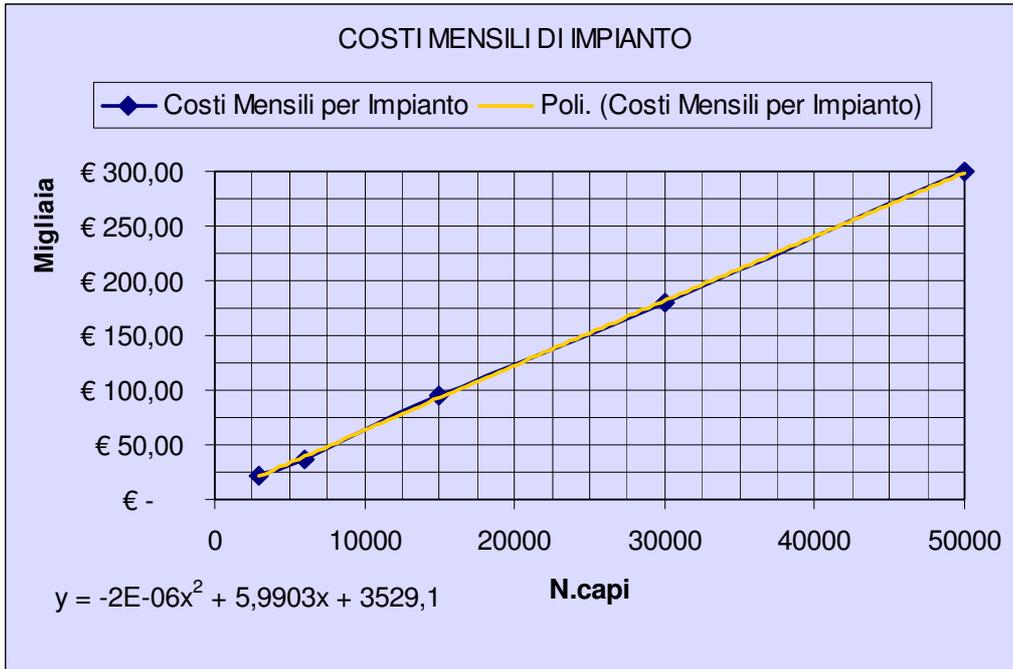
#### A. Allevamento intensivo suini

		Allevamento		
SUINI		N	P	K
Peso medio (tonnellate)	0,1	kg/t peso vivo*anno		
		170	45	90
Produzione giornaliera/capo		0,04657534	0,012329	0,024658
concentrazione	mg/l	3105,02283	821,9178	1643,836

N capi	FC	CA(Kg/mc)	costi costruzione		costi manutenzione mensili	
3000	0,25	4	€	46.804,56	€	22.453,45
6000	0,25	4	€	61.862,44	€	41.023,58
15000	0,25	4	€	135.834,74	€	94.958,82
30000	0,22	3,5	€	245.423,81	€	180.805,55
50000	0,35	3,5	€	397.724,40	€	299.235,09

N capi	FC	Costo per capo (mensile)	Costo TOT per capo (mensile)	Q Supero (%)	α ricircolo
3000	0,15	€ 7,48	€ 8,19	10,66	0,55
6000	0,25	€ 6,99	€ 7,54	5,33	0,55
15000	0,25	€ 6,33	€ 6,74	5,33	0,55
30000	0,3	€ 6,03	€ 6,44	5,00	0,50
50000	0,35	€ 5,98	€ 6,35	4,80	0,50



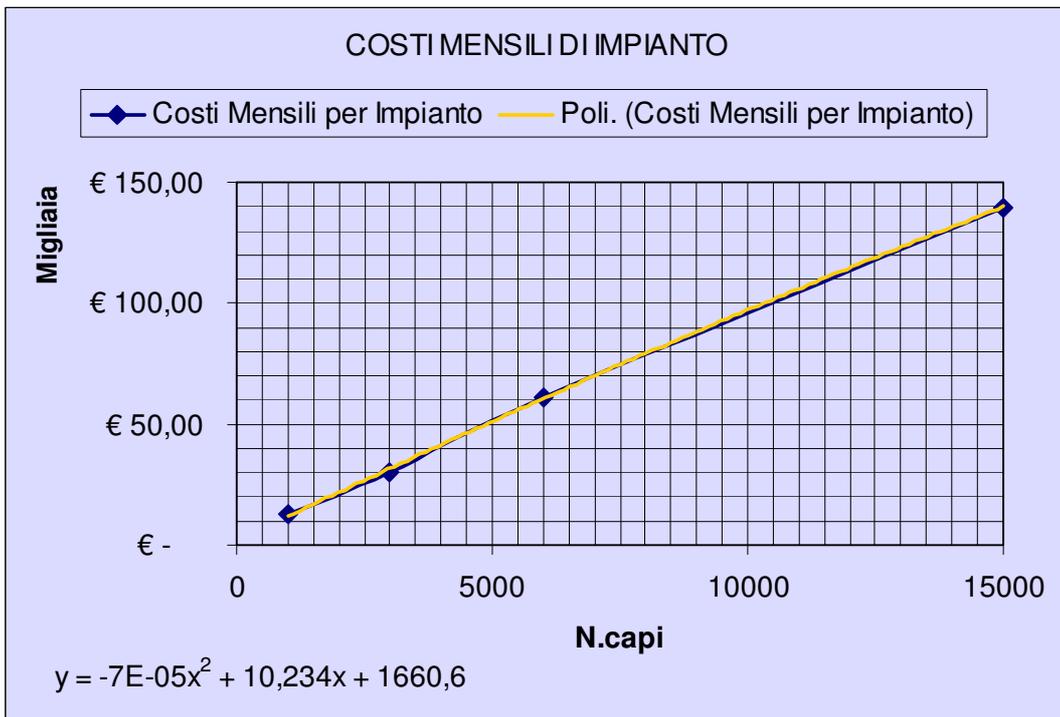
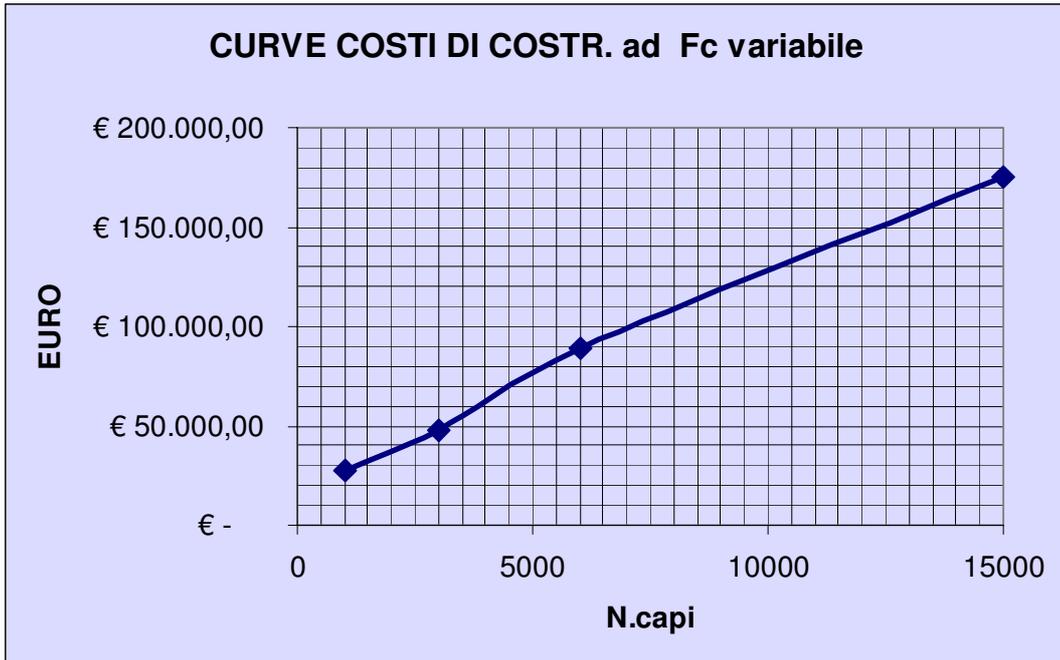


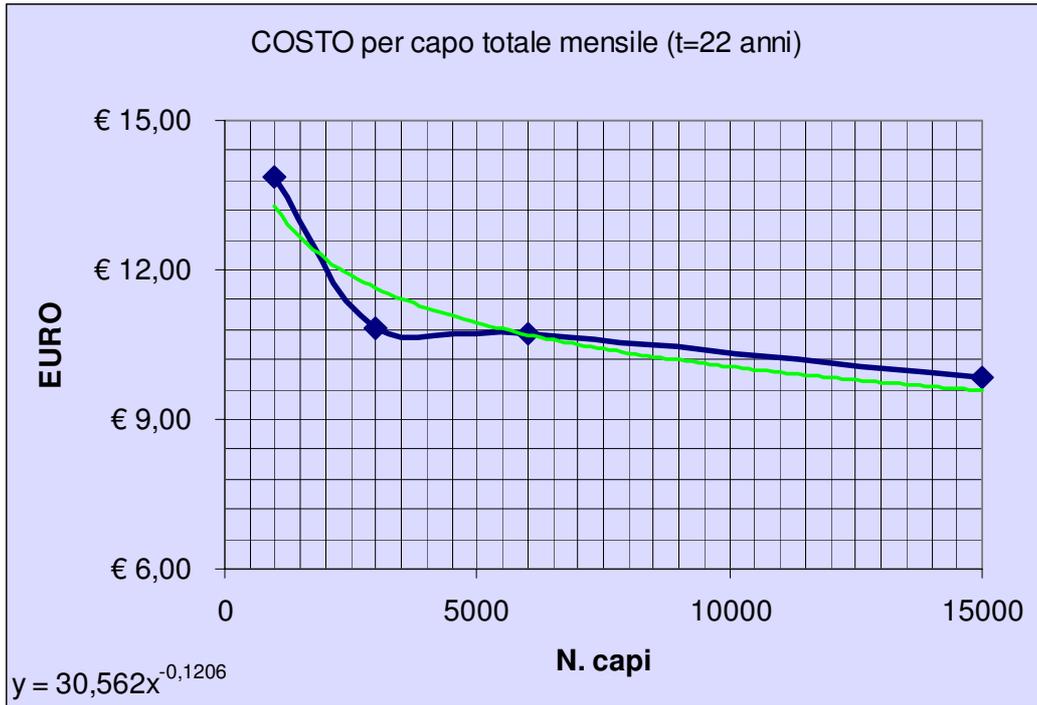
## B. Allevamento intensivo vitelli

Allevamento					
VITELLI(6 mesi-18 mesi)		N	P	K	
		kg/t peso vivo*anno			
peso medio (tonnellate)	0,15	180	54	90	
Produzione giornaliera/capo		0,074 kg/giorno	0,022192 kg/giorno	0,036986 kg/giorno	
concentrazione	mg/l	2465,75342	739,726	1232,877 mg/l	

N capi	FC	CA(Kg/mc)	costi costruzione		costi manutenzione mensili	
1000	0,25	4	€	27.857,32	€	12.587,76
3000	0,25	4	€	48.078,55	€	30.271,05
6000	0,25	4	€	88.942,09	€	61.403,08
15000	0,22	3,5	€	174.797,10	€	139.775,20

N capi	FC	Costo per capo (mensile)	Costo TOT per capo (mensile)	Q Supero (%)	α ricircolo
1000	0,15	€ 12,59	€ 13,85	8,00	0,55
3000	0,15	€ 10,09	€ 10,82	3,00	0,55
6000	0,25	€ 10,04	€ 10,73	6,60	0,55
15000	0,25	€ 9,32	€ 9,85	2,50	0,50

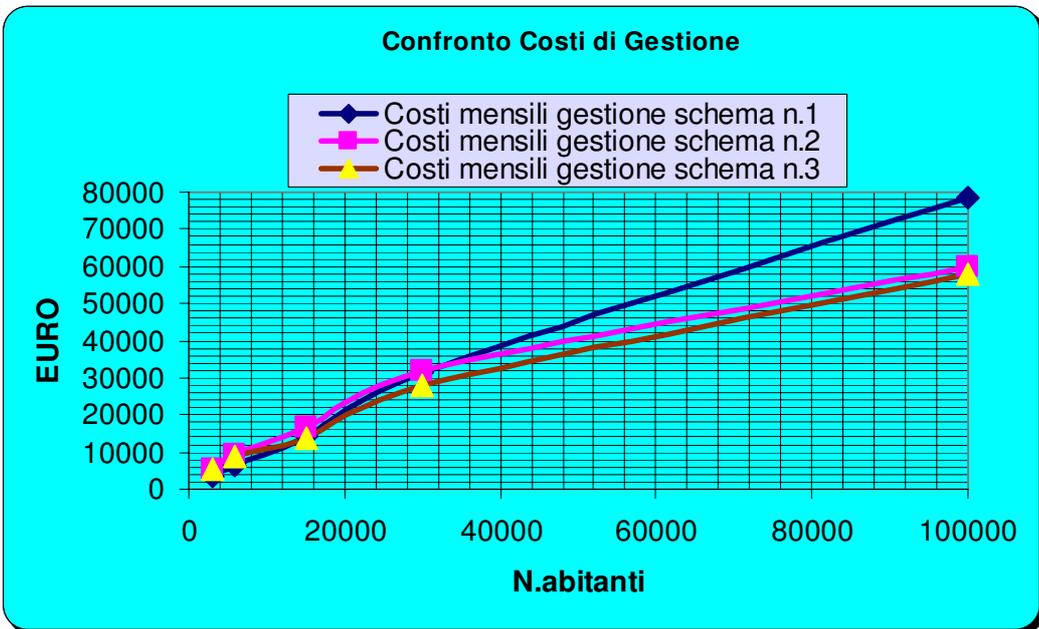
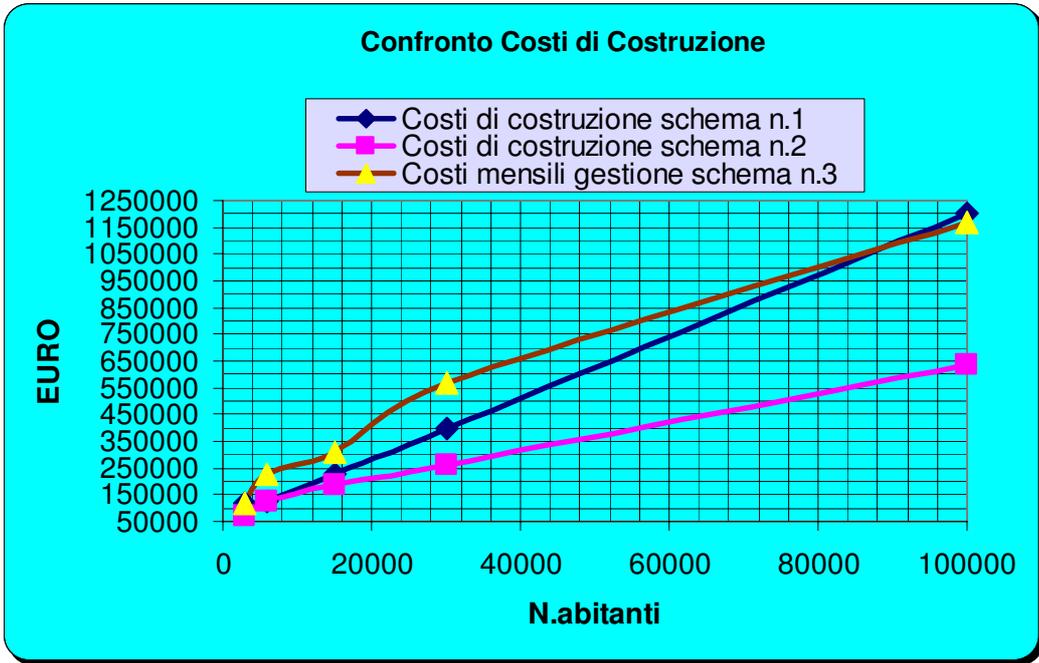


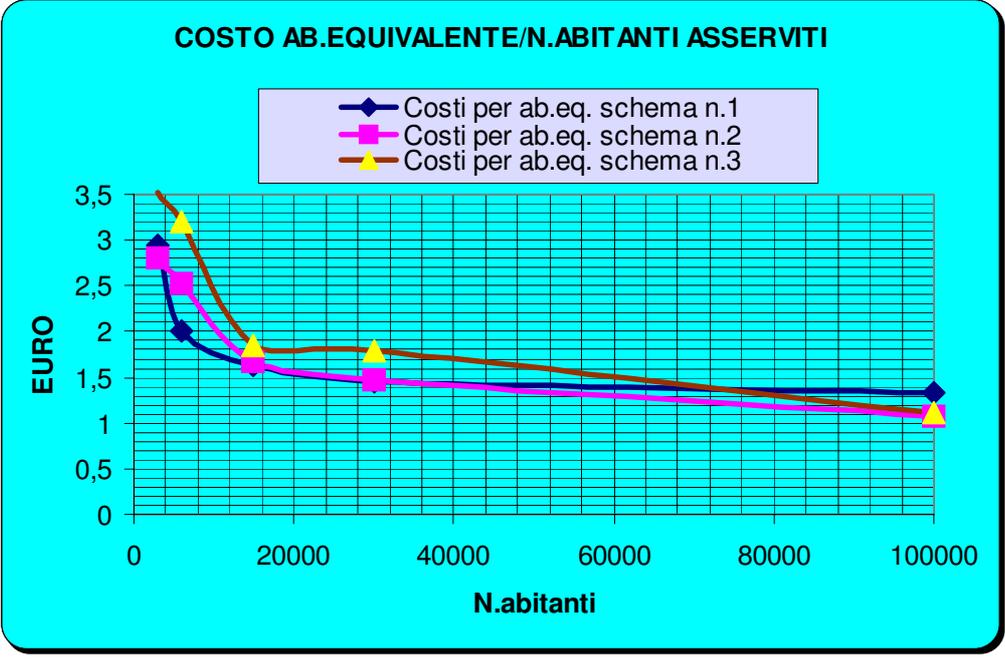


## 4.6 Conclusioni

Dall'analisi dei costi totali di un impianto di depurazione per trattamento di reflui con carico prevalentemente organico, risulta che:

- I costi di costruzione e di impiantistica iniziali più elevati per impianti di depurazione civile, sono ricompensati dai minori costi di gestione e smaltimento. In particolare, le fasi di equalizzazione dei carichi e di sfioro delle acque di prima pioggia, permettono un migliore funzionamento del trattamento completo dell'impianto, durante l'intero anno solare;
- I costi di costruzione sono, in tutti i casi affrontati, proporzionali alla popolazione asservita, oscillando tra funzioni ad andamento lineare e parabolico;
- I costi di gestione crescono con la popolazione asservita, con funzioni ad andamento parabolico;
- La maggior parte dei costi di gestione di un impianto di trattamento di liquami con ingenti carichi organici (Carbonio, Azoto, Potassio) è da imputare ai costi elettrici per l'insufflazione di aria e per la digestione aerobica.
- Nel caso impianti progettati per trattare reflui con inquinanti altamente concentrati, oltre al processo ai fanghi attivi, è necessario, ai fini del pieno rispetto dei limiti imposti dalle normative, affiancare alla linea trattamento comune, una serie di processi più efficienti, sebbene questa scelta comporti un maggiore costo impiantistico e di gestione ( costi aggiuntivi di smaltimento fanghi nel processo chimico-fisico, costo reagenti chimici, linea di trattamento aria, torrette di strippaggio,...).





## **BIBLIOGRAFIA**

- **Renato Vismara: Depurazione biologica. Teoria e processi. Hoepli, Milano.**
- **Luigi Masotti: Depurazione delle Acque. Tecniche ed impianti per il trattamento delle acque di rifiuto. Calderini.**
- **Mario Beccari, Roberto Passino, Roberto Ramadori, Renato Vismara: Rimozione di Azoto e Fosforo dai liquami. Hoepli.**
- **Elisa Elampe, Adriano Bernardi, Maurizio Bategazzore, Ivo Riccardi - Dipartimento di Cuneo: Smaltimento di Liquami Zootecnici in Maira.**
- **Programma informatico: Denitro-gest , a cura di Renato Vismara.**
- **Decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152 e successive modifiche ed integrazioni**
- **Legge n. 349 dell' 8 Luglio 1986 "Istituzione del Ministero dell'Ambiente e norme in materia di danno ambientale"**
- **Wastewater Technology fact sheet, Trickling Filters: United States Environmental Protection Agency Office of Water Washington, D.C., EPA 832-F-00-014 September 2000**

- **IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control), Reference Document on Best Available Techniques for Intensive Rearing of Poultry and Pigs, July 2003.**
  
- **Computo metrico edilizia, BUILD COST 3.0 2004, Maggioli Editore.**
  
- **MICROSOFT EXCEL XP.**
  
- **Materiale didattico, appunti e schemi forniti dall' Ingegnere Pesciatelli.**

## **ALTRE FONTI DI INFORMAZIONE**

- [WWW.ACEA.IT](http://WWW.ACEA.IT)
- [WWW.OPPO.IT](http://WWW.OPPO.IT)
- [WWW.ROBUSCHI.IT](http://WWW.ROBUSCHI.IT)
- [WWW.RETEAMBIENTE.IT](http://WWW.RETEAMBIENTE.IT)
- [WWW.APAT.IT](http://WWW.APAT.IT)
- [WWW.ARPA.IT](http://WWW.ARPA.IT)

# ALLEGATI

## 1. Computo metrico minimo

COMPTONTE CALESTRA  
PROGETTO Impiego

n.	codice	descrizione	espressione numerica	um.	quantità	prezzo unitario	importo
1	MO	MANO D'OPERA					
	MO 01	MANO D'OPERA					
	MO 01 01	PERIURE LAVORI					
	MO 01 01 01	Installazione di 07 lampadine fluorescenti					
			000,00 =				
			Totale MO 01 01 01	04	300,00	22,50 €	14.100,00 €
<b>Totale MO - MANO D'OPERA</b>							<b>14.100,00 €</b>
4	MT	MATERIE					
	MT 01	MATERIE PER IMPIANTI ELETTRICI (MONTAGGIAMENTO, CONDIZIONAMENTO, VERIFICA) (SME)					
	MT 25 11	CONDOTTI					
	MT 25 11 01	Condotti flessibili in PVC con spesse pareti di grosso diametro con filetti					
MT 25 11 01 01	50x100x100 mm						
			300,00 x (7,00) =				
			Totale MT 25 11 01 01	01	300,00	5,25 €	1.575,00 €
5	MT 25 11 01 01	50x100x100 mm					
			300,00 x (7,00) =				
			Totale MT 25 11 01 01	01	150,00	3,37 €	501,00 €
	MT 26	MATERIE PER IMPIANTI ELETTRICI (MONTAGGIAMENTO, CONDIZIONAMENTO, VERIFICA) (SME)					
MT 26 01	VALVOLE E SERRAMENTI						
MT 26 01 01	Tracce di profilo a staffa PFA 16, con maniglia a leva, per interruttori						
MT 26 01 01 01	1"						
			70,00 =				
			Totale MT 26 01 01 01	01	70,00	14,55 €	1.018,50 €
6	MT 26 01 01	APPARECCHI SANITARI					
	MT 26 01 01 01	Levato idropulente a cassetto in ceramica verniciata					
	MT 26 01 01 01 01	50 x 40 cm					
			1,00 =				
			Totale MT 26 01 01 01 01	01	1,00	140,00 €	140,00 €
7	MT 26 01 01 01	50x40 in ceramica verniciata					
	MT 26 01 01 01 01	50x40					
			1,00 =				
			Totale MT 26 01 01 01 01	01	1,00	106,47 €	106,47 €
8	MT 26 01 01 01	Tracce di profilo a staffa per interruttori a leva					
	MT 26 01 01 01 01	50 x 40 cm					
			1,00 =				
			Totale MT 26 01 01 01 01	01	1,00	147,00 €	147,00 €
9	MT 26 01 01 01	Condotti per sistemi di illuminazione a cassetto					
	MT 26 01 01 01 01	50x100					
			1,00 =				
			Totale MT 26 01 01 01 01	01	1,00	113,00 €	113,00 €
10	MT 26 01 01	CONDOTTI					
	MT 26 01 01 01	Condotti a parete spessi con maniglia per interruttori a leva					
	MT 26 01 01 01 01	50x40					
			1,00 =				
			Totale MT 26 01 01 01 01	01	1,00	24,00 €	24,00 €
11	MT 26 01 01 01	Gruppi esterni per esterni, compresi di fondazione e tubazioni di argonazione con					
	MT 26 01 01 01 01	50x40					
			1,00 =				
			Totale MT 26 01 01 01 01	01	1,00	140,00 €	140,00 €
MT 27	MATERIE PER IMPIANTI ELETTRICI (SME)						

\*) Prezzo medio di mercato al momento di compilare il computo metrico minimo.  
\*\*) Prezzo medio di mercato al momento di compilare il computo metrico minimo.

888244 var. 3.0 - Progettazione per opere edili - Maggioli  
spa s.r.l. - progettazione, direzione e direzione - Milano

COMPTONTE CALESTRA - Pagina 4

COMPTONER CALIBRATA  
FOCUSTO invariato

R.	codice	descrizione	espressione numerica	um	quantità	PREZZO unitario	importo
	MT 2754	<b>ILLUMINAZIONE CIVILE, INDUSTRIALE E STRADALE</b>					
	MT 2754-02	Lampadina alogena con base a baiole tipo MR16 alogena a tungstenio di base a baiole, modello standard con attacco a baiole in ceramica					
11	MT 2754-02-00	potenza 2 x 35 W con modalità di montaggio a baiole a baiole standard	0,09 +				
			Totale MT 2754-02-00	0	1,00	340,00 €	340,00 €
12	MT 2754-02-00	potenza 2 x 40 W (7 di luce equivalente T8)	0,09 +				
			Totale MT 2754-02-00	0	1,00	350,00 €	350,00 €
	MT 2754-03	Lampadina alogena a baiole standard di base a baiole standard alogena a tungstenio di base a baiole, attacco a baiole, attacco standard					
13	MT 2754-03-00	potenza 2 x 40 W (7 di luce equivalente T8)	0,09 +				
			Totale MT 2754-03-00	0	1,00	350,00 €	350,00 €
	MT 2754-04	Lampadina alogena a baiole standard di base a baiole standard alogena a tungstenio di base a baiole, attacco a baiole, attacco standard					
14	MT 2754-04-01	con lampadina alogena a baiole standard di base a baiole standard alogena a tungstenio di base a baiole, attacco a baiole, attacco standard	0,09 +				
			Totale MT 2754-04-01	0	1,00	350,00 €	350,00 €
15	MT 2754-04-02	con lampadina alogena a baiole standard di base a baiole standard alogena a tungstenio di base a baiole, attacco a baiole, attacco standard	0,09 +				
			Totale MT 2754-04-02	0	1,00	350,00 €	350,00 €
	MT 2755	<b>ILLUMINAZIONE DI EMERGENZA</b>					
	MT 2755-01	Modulo di illuminazione di emergenza alogena a tungstenio di base a baiole, attacco a baiole, attacco standard, attacco a baiole, attacco standard					
16	MT 2755-01-01	2 x 16 W Standard con base a baiole T8	1,00 + 1,00 +				
			Totale MT 2755-01-01	0	1,00	170,00 €	170,00 €
	MT 2756	<b>ARMATORI DI TAVOLA E PROTEZIONE ANTISCOPPIO</b>					
	MT 2756-02	Armatore di tavola, per lampadine alogene a tungstenio di base a baiole, attacco a baiole, attacco standard, attacco a baiole, attacco standard					
17	MT 2756-02-00	di montaggio a baiole 118 1,02 2,2 mm	1,00 + (0,00) + 15,00 + (0,00) +				
			Totale MT 2756-02-00	0	15,04	0,00 €	150,00 €
	MT 2756-04	Armatore di tavola, per lampadine alogene a tungstenio di base a baiole, attacco a baiole, attacco standard, attacco a baiole, attacco standard					
18	MT 2756-04-00	di montaggio a baiole 118 1,02 2,2 mm e 118 1,02 2,2 mm	15,00 + (0,00) +				
			Totale MT 2756-04-00	0	15,04	0,00 €	150,00 €
	MT 2756-11	Armatore di tavola, per lampadine alogene a tungstenio di base a baiole, attacco a baiole, attacco standard, attacco a baiole, attacco standard					
19	MT 2756-11-01	per il montaggio a baiole standard di base a baiole standard alogena a tungstenio di base a baiole, attacco a baiole, attacco standard, attacco a baiole, attacco standard	10,00 +				
			Totale MT 2756-11-01	0	15,04	150,00 €	1.642,00 €

01 Prezzo stabilito in base al progetto di progetto  
02 Montaggio in cantiere escluso

Autoservizi S.p.A. - P.zza Alinari 10 - 00144 Roma  
www.autoservizi.it - info@autoservizi.it - 06 4781111

COMPTONER CALIBRATA - Foglio 1



SCRITTURE CALCOLO

PROGETTO: *spazio*

N.	codice	descrizione	espressione numerica	um	quantità	prezzo unitario	importo
MT 2000		<b>APPARTELLAZIONE INIZIO E FINE</b>					
MT 2000 01		Centrali di rivelazione incendi installate per mezzo di centrali analitiche centralizzate o in periferia, in grado di gestire un numero minimo di quattro zone di rilevazione, alla quale può essere collegata la segnalazione da un massimo di 64 rilevatori a di zona. Il segnale per allarme viene allacciato, sempre, a un sistema di allarme, sistema di allarme, centraline, segnalazione pubblica ed altre attività, purché non interferisca, oltre il servizio, della zona.					
27	MT 2000 01 01	fino a 30 zone	1,00 +				
			Totale MT 2000 01 01	h	1,00	2782794	2782794
MT 2000		<b>ESTINTORE SEGNALITICO</b>					
MT 2000 01		Estintore a cartucce a polvere polverizzata per classi di fuoco A, B e C, compresi di manometro, pompatore, manometro ed ogni altro accessorio					
28	MT 2000 01 04	estintore classe ABC - 20BC (12 kg)	0,00 +				
			Totale MT 2000 01 04	h	0,00	90004	90004
MT 2000 06		Carichi di rilevamento a parete a muro o su supporti (senza installazione) standardizzati (regole d'installazione, istruzioni) e rilevatori					
29	MT 2000 06 01	carichi L x H = 170 x 170 mm, rilevatori di classe 10-10	0,00 +				
			Totale MT 2000 06 01	h	0,00	7004	70004
<b>Totale MT - MATERIALI</b>							<b>3682798</b>
OC		<b>OPERE COMPLETE</b>					
OC 26		<b>APPARATI FISSI (RISCALDAMENTO, CONDIZIONAMENTO E VENTILAZIONE)</b>					
OC 26 00		<b>UNITA' DI TRATTAMENTO ARIA</b>					
OC 26 00 01		Unità termoverifera per soffitti (da 100 a 1.000 mc), complete di sistema ventilato-scoperto a motore elettrico, sistema di controllo ed espulsione e l'impianto, compresi relativi e collegamenti					
36	OC 26 00 01 01	unità ventilata con soffitto a 1 reggio	1,00 +				
			Totale OC 26 00 01 01	h	1,00	94004	94004
37	OC 26 00 01 02	termostati	1,00 +				
			Totale OC 26 00 01 02	h	1,00	3004	3004
38	OC 26 00 01 03	regolatore velocità ventole	1,00 +				
			Totale OC 26 00 01 03	h	1,00	07004	07004
OC 27		<b>APPARATI ELETTRICI E GEOMETRI</b>					
OC 27 00		<b>CABINE DI TRASFORMAZIONE</b>					
OC 27 00 01		Trasformatore olio in cabina, tensione primaria fino a 24 kV, tensione secondaria da 0,4/0,23 kV, commutatori a vuoto e 1 x 1,2 kV, per filo nudo sezione CILINDRO 2019					
39	OC 27 00 01 01	1 cab 400 1.200 kVA 10 anni vita	1,00 +				
			Totale OC 27 00 01 01	h	1,00	1100004	1100004
<b>Totale OC - OPERE COMPLETE</b>							<b>1200004</b>
<b>TOTALE GENERALE</b>							<b>4879478</b>
<b>IMPORTO DEI LAVORI SOGGETTO A RIBASSO</b>							<b>4879478</b>
<b>CANONI PER LA SICUREZZA</b>							<b>0,00</b>

(1) Prezzo stabilito dagli appalti di progetto

(2) Prezzo unitario di integrazione analitica

BuioCost ver. 3.0 - Przzi Mensili per opere ed. - Roma  
 ver. 9.11 - progettazione civile, edilizia e sicurezza - Milano

COMPUTO METRICO ESTIMATIVO - Pagina 9

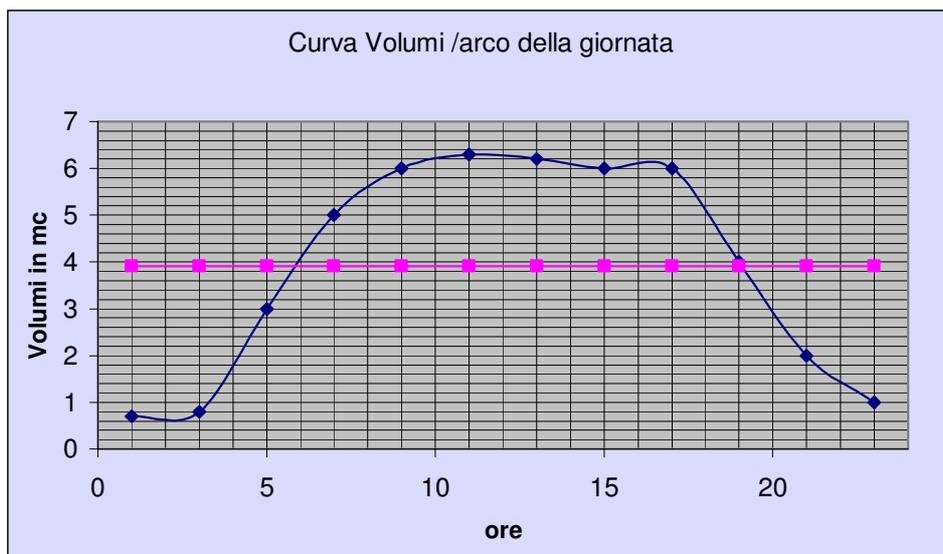
## 2. Progetto di massima di un impianto da zootecnia (6000 capi)

TABELLA DATI INPUT		
Numero complessivo di capi	<b>6000</b>	
	valori	unità
Carico idraulico tot.al giorno	90	mc/d
Q med	3,75	mc/h
<b>Specie</b>	<b>suini</b>	
Carico organico giornaliero tot.	1440	Kg Bod/d
Carico come Bod5 totale(oraria)	60	Kg Bod/h
S.disciolti	300	gr/capo*d
Carico organico per ab. (SST)	270	gr/capo*d
SST + S. disciolti specifici	570	gr/capo*d
Carico organico come SS	1620	Kg SS/d
ST	3420	Kg SST/d
<b>CARICO BOD ENTRANTE</b>	<b>1440</b>	<b>Kg/d</b>
Concentrazione(mg SST/l)	18000	mg/l
Concentrazione(mg BOD5/l)	16000	mg/l

Allevamento				
SPECIE: SUINI		N	P	K
		kg/t peso vivo*anno		
		170	45	90
<b>tab.6 Allegato 5 D.lgs.152/99</b>		113,3333		
Produzione giornaliera/1 suino	Kg/d	0,046575	0,012329	0,024658
peso suino in tonnellate	0,1			0,1
concentrazione	mg/l	3105,023	821,9178	1643,836

## Dimensionamento FASE DI EQUALIZZAZIONE

Periodo	Vol.liq.affluente in vasca (m <sup>3</sup> )	Vol.liq.defluente in vasca (m <sup>3</sup> ) in 2 ore	Volume invasato entrante - uscente	istante(ora)	volume in vasca (mc)	volume effettivo in vasca
						(imponendo un istante di vasca vuota) (mc)
0-2	1,40	7,83	-6,43	0	0,00	14,50
2-4	1,60	7,83	-6,23	2	-6,43	8,07
4-6	6,00	7,83	-1,83	4	-12,67	1,83
6-8	10,00	7,83	2,17	6	-14,50	0,00
8-10	12,00	7,83	4,17	8	-12,33	2,17
10-12	12,60	7,83	4,77	10	-8,17	6,33
12-14	12,40	7,83	4,57	12	-3,40	11,10
14-16	12,00	7,83	4,17	14	1,17	15,67
16-18	12,00	7,83	4,17	16	5,33	19,83
18-20	8,00	7,83	0,17	18	9,50	24,00
20-22	4,00	7,83	-3,83	20	9,67	24,17
22-24	2,00	7,83	-5,83	22	5,83	20,33
-	-	-	-	24	0,00	14,50



<b>Calcolo della fase di digestione</b>		
<b>Dati</b>		
Immersione ipotizzata h	3,5	metri
T	10	gradi C°
P	1	ATMOSFERA
Ce (Ossigeno disciolto)	2	mg/l
Cls(20 °C)	9,2	mg/l
a (coefficiente di riduzione)	0,7	-
K (rendimento ossigenazione)	0,55	-
capacità di trasferimento dell'aria	12	%
gruppi di diffusori	1	-
Aria insufflata dal basso	28,0	gr. O2/mc
rendimento	5,5	%
rendimento aria insuffl dal basso	15,3	gr. O2/mc aria insuffl.
<b>RISULTATI (frazione carboniosa e nitrificazione)</b>		
Portata specifica media per la vasca	13,6	mc aria insuffl. ora/mc di vasca
Potenza media	56,77	KWH
Consumo specifico energia analitico	13,77	Wh/mc
profondità colonna d'acqua	3,00	m
Consumo aria insufflata media	4122,89	mc/h aria insufflata
<b>Parametri vasca aerazione e nitrificazione</b>		
Fattore di carico organico Fc	0,25	-
Fattore di carico Volumetrico Fcv	1	-
Ca	4	KgSS/mc
Tempo di detenzione (idraulico)	3,36	giorni
VOLUME VASCA	305	mc
VOL VASCA Pro Capo	50	Litri
indice produzione di fango l	0,22	unità
rendimento depurativo η	0,9	
Qsupero	0,2	Mc/h
ETA' analitica del fango	21	giorni
Kf analitica	0,05	giorni-1
Ricircolo rapporto liquame α	0,5	-
Qr=	1,875	mc/h
Cr	11250	formula di verifica
Csi	12500	mg/l
SVI	80	ml/g
<b>Utilizzazione di aeratori (aria insufflata)</b>		
Oc max totale(compresa nitrificazione)	124,0640327	Kg.O2/h
Oc min totale	5,04	Kg.O2/h
oc med(con N)	63,24161634	Kg.O2/h

Strippaggio Ammoniaca		
Alcalinità (mgCaCO3/l)		300 700
ph		8 12
consumo CA(OH)2		700   mg/l
kg/giorno CA(OH)2		63 Kg/d
Rapporto		
G/L	2,22	moli aria/moli acqua
Temperatura	10	gradi °C
R	2864,94	mc aria/mc acqua
R'in sicurezza	3437,93	mc aria/mc acqua
Q aria insufflata	12892,22	mc/h
Volume colonna di stripping		
	11,25	mc
Altezza	3,35	m
Area base	3,35	m*m
Raggio	1,03	m
rimozione Azoto		
	2918,72	mg/l
N rimanente(NO3,NO2)		
	186,30	mg/l

Carico organico specifico		240	gr bod5/capi *d
Carico specifico Azoto		46,57	gr. N (TKN)/capi *d
Carico giorno BOD5 entrante alla predenitrificazione		302,4	Kg/d
Carico giorno TKN		279,45	Kg/d
T	17	20	°c
C. idraulico giornaliero	90		mc/g.
Carico idr.			
Orario	3,75		mc/h
N. capi	6000		
Li(uscita sed.prim.)	3360	mg/l	come Bod5
Li(azoto)	2795	mg/l	TKN
V denitrific.	1519,48	Mc	
<b>t det.</b>	16,9	giorni	

<b>Costruzione scatolari</b>		
1'	Cabina elettrica	3.500,00 €
1	Pre-denitrificazione	29.959,02 €
2	Equalizzazione	2.066,12 €
3	Sed. primaria	813,43 €
4	Aerazione-Nitro	15.120,00 €
5	Sed. secondaria	3.608,61 €
6	Clorazione	850,51 €
7	Vasche ispessimento	4.392,66 €
8	Defosfatazione	4.392,66 €
9	Torre strippaggio e chimico fisico	1.088,14 €
	<b>TOT (costi C.A.)</b>	<b>65.791,14 €</b>
<b>Costi all'anno</b>		
1	Reagenti	€ 17.081,35
2	Elettrici medi	€ 325.570,66
3	Manutenzione ed operai	€ 23.040,00
4	Smaltimento fango	€ 77.732,27
5	Man.straordinaria	€ 8.000,00
6	Trasp. Fanghi	€ 35.827,24
7	Clorazione	€ 91,49
8	Costi rimozione fosforo	€ 5.503,56
	<b>TOTALE manutenzione(mensile)</b>	<b>€ 41.070,55</b>
	Costo capo/mese	€ 6,85
	Costo costruzione/ per capo	€ 10,97
	Vita struttura (anni)	22
	Costo tot per capo	€ 7,34

<b>Volume effettivo scolarari</b>		<b>Mc</b>
1	Equalizzazione	201,39
2	Dissabbiamento	25,00
3	Chimico fisico	13,25
4	Strippaggio	11,25
5	Sedimentazione Primaria	27,20
6	Predenitrificazione	1519,49
7	Vasca aerazione-nitrificazione combinata	302,40
8	Sedimentazione Secondaria	42,05
9	Defosfatazione	30,00
10	Clorazione	10,88
11	Ispessimento	109,30

<b>Costo Fanghi smaltimento</b>	
da digestione ed ispessimento	€ 21.745,15
da processo chimico fisico	€ 25.401,60
per precipitazione generale	€ 1.814,40
per precipitazione da defosfatazione con reagenti	€ 11.689,77
per precipitazione da innalzamento PH (dopo stripping)	€ -
<b>Costo reagenti in totale</b>	
Fe(Cl)3	€ 5.256,00
Ca(OH)2	€ 1.478,25
Al2(SO4)3	€ 10.347,10
<b>Trasporto fanghi</b>	
da digestione ed ispessimento	€ 2.047,24
da processo chimico fisico	€ 4.782,96
per precipitazione da defosfatazione con reagenti	€ 2.201,11
per precipitazione generale	€ 341,64