

# *Impianti di fitodepurazione a macrofite emergenti a flusso subsuperficiale orizzontale e verticale: l'esperienza Agac*

## *1. Introduzione*

Negli ultimi decenni e particolarmente negli anni '90, è cresciuto fortemente nel mondo l'interesse sui sistemi naturali di depurazione.

Tra questi sistemi quelli di fitodepurazione sono i più adottati in Europa e nel nord America.

In Italia fino ad oggi vi è stato uno scarso interesse a queste soluzioni per il trattamento delle acque reflue, ed un numero estremamente esiguo di applicazione sono state realizzate.

Solo recentemente si nota una inversione di tendenza verso sistemi naturali di rimozione degli inquinanti.

Gli impianti di fitodepurazione sono caratterizzati dagli stessi processi biologici, fisici, chimici di rimozione delle sostanze inquinanti che si hanno negli impianti tradizionali a fanghi attivi.

In essi però la presenza di piante acquatiche (macrofite galleggianti, sommerse o radicate) gioca un ruolo importante sia di tipo diretto che indiretto.

In questi impianti vengono creati artificialmente degli ecosistemi naturali in cui le piante acquatiche trovano le condizioni ideali di sviluppo e colonizzazione.

Esistono essenzialmente quattro tipologie di sistemi di fitodepurazione, esse sono:

- sistemi con macrofite galleggianti;
- sistemi con macrofite sommerse;
- sistemi con macrofite emergenti a flusso superficiale (SF);

- sistemi con macrofite emergenti a flusso subsuperficiale orizzontale o verticale (SSF).

Da esse possono derivare diverse varianti; inoltre l'applicazione di queste soluzioni può avvenire in modo integrato, ovvero ponendo in sequenza alcune di queste tipologie al fine di sfruttare positivamente le possibili sinergie (sistemi ibridi).

I pregi di queste tecnologie sono essenzialmente:

- ridotti o nulli consumi energetici;
- semplicità gestionale;
- buon inserimento ambientale;
- limitate quantità di biomasse di risulta;
- costi gestionali molto inferiori rispetto agli impianti tradizionali.

I limiti maggiori sono invece:

- necessità di superfici unitarie più elevate rispetto agli impianti tradizionali;
- performance non sempre stabili ed elevate su alcuni inquinanti (nutrienti);
- pressoché nulla regolazione e gestione del processo naturale di depurazione;
- costi di costruzione unitari generalmente maggiori rispetto agli impianti tradizionali;
- eventuali problemi di odori e insetti nei bacini a flusso libero.

Questi impianti trovano nell'applicazione su piccola scala un campo molto interessante di impiego: il trattamento delle acque reflue prodotte da piccole comunità rappresenta un importante problema ambientale, soprattutto nelle zone a minore densità abitativa o in quelle geograficamente meno

accessibili, per le quali la centralizzazione della depurazione non è tecnicamente ed economicamente realizzabile.

Attualmente nel nostro territorio provinciale sono in funzione oltre un centinaio di vasche Imhoff, di cui peraltro è nota la bassa efficienza depurativa, e numerosi piccoli centri abitativi non presentano alcun tipo di trattamento dei reflui.

Queste valutazioni hanno spinto AGAC a sperimentare l'efficacia di impianti a flusso subsuperficiale con macrofite emergenti.

## 2. Esperienza di AGAC

Attualmente l'esperienza di AGAC nell'ambito di sistemi di fitodepurazione in progetto o già realizzati è riassunta in tabella 1.

In particolare verranno analizzati due impianti a differente tipologia costruttiva:

- SSF a flusso orizzontale a Lugo (Baiso)
- SSF a flusso verticale a Ienza (Canossa)

### *Impianto SSF a flusso orizzontale di Lugo (Baiso)*

L'impianto di depurazione di Lugo di Baiso è al servizio della frazione omonima e si trova in prossimità del fiume Secchia nella zona pre-appenninica della Provincia di Reggio Emilia.

Il sistema di fitodepurazione adottato è del tipo a flusso orizzontale sub-superficiale con macrofite radicate emergenti (SF),

ed è posto a valle di una fossa tipo Imhoff preesistente.

I dati progettuali dell'impianto SF sono i seguenti:

- potenzialità : 50 a.e.
- portata idraulica : 10 m<sup>3</sup>/d
- carico organico : 2,7 Kg BOD<sub>5</sub>/d

L'impianto si sviluppa secondo il seguente schema di flusso:

- vasca Imhoff
- scaricatore di piena
- pozzetti di ripartizione alle tre vasche SSF
- 3 vasche SSF poste in parallelo
- pozzetto di raccolta finale delle acque trattate.

Dato il carattere sperimentale di questo impianto, sono state realizzate nel 1993 due vasche SSF funzionanti in parallelo che differiscono per le dimensioni geometriche, per il materiale inerte di riempimento utilizzato e di conseguenza anche per i tempi di residenza idraulica; alla fine del 1997 si è proceduto all'ampliamento dell'impianto attraverso la realizzazione di una terza vasca.

Il dimensionamento dei bacini SF è stato effettuato ipotizzando un funzionamento di tipo plug-flow con cinetica di rimozione del BOD<sub>5</sub> del 1° ordine (REED *et al.*, 1988).

Per quanto riguarda le altre scelte progettuali ci si è avvalsi delle indicazioni riportate da vari autori (EPA, 1993; ATV 1989; Reed *et al.*, 1988; WPCF, 1989).

In particolare il medium di riempimento, proveniente da frantoi della zona, è costituito da miscele di materiale inerte lavato di piccola pezzatura: 2-10 mm per la vasca A e 4-10 mm per le vasche B e C.

Tab. 1 - Impianti di fitodepurazione AGAC.

| Località                    | Potenzialità A.E. | Tipologia di impianto    | Condizioni attuali        |
|-----------------------------|-------------------|--------------------------|---------------------------|
| <i>Lugo (Baiso)</i>         | 50                | SSF a flusso orizzontale | in funzione dal 1994      |
| <i>Tresinaro (Baiso)</i>    | 50                | SSF a flusso orizzontale | di prossima realizzazione |
| <i>Tabiano (Viano)</i>      | 100               | SSF a flusso orizzontale | di prossima realizzazione |
| <i>Villa (Vezzano s.C.)</i> | 60                | SSF a flusso verticale   | in fase di progettazione  |
| <i>Ienza (Canossa)</i>      | 20                | SSF a flusso verticale   | di prossima realizzazione |

Nelle tre vasche il rapporto lunghezza/larghezza è pari a 2; l'altezza del medium di crescita è di 0,8 m.

Le vasche sono state impermeabilizzate con un manto di HDPE di 2 mm di spessore protetto da tessuto non tessuto sia superiormente che inferiormente.

Tab. 2 - Parametri progettuali

| Indici                  | vasca | vasca | vasca |
|-------------------------|-------|-------|-------|
|                         | A     | B     | C     |
| Area superficiale(mq)   | 57    | 39    | 145   |
| Profondità media (m)    | 0.8   | 0.8   | 0.8   |
| Gradiente idraulico (%) | 1     | 1     | 1     |

In tabella 2 sono riportati i parametri progettuali utilizzati per il dimensionamento; mentre in figura 1 è riportato lo schema planimetrico dell'impianto di depurazione. Nelle zone di ingresso e di uscita vi è uno strato di 1 m di larghezza costituito da materiale inerte con granulometria grossolana con funzione di area di distribuzione e raccolta dei flussi.

In particolare l'alimentazione avviene tramite canalette superficiali poste trasversalmente alle vasche, mentre il liquame depurato viene raccolto da tubazioni forate poste trasversalmente sul fondo delle vasche nella parte terminale.

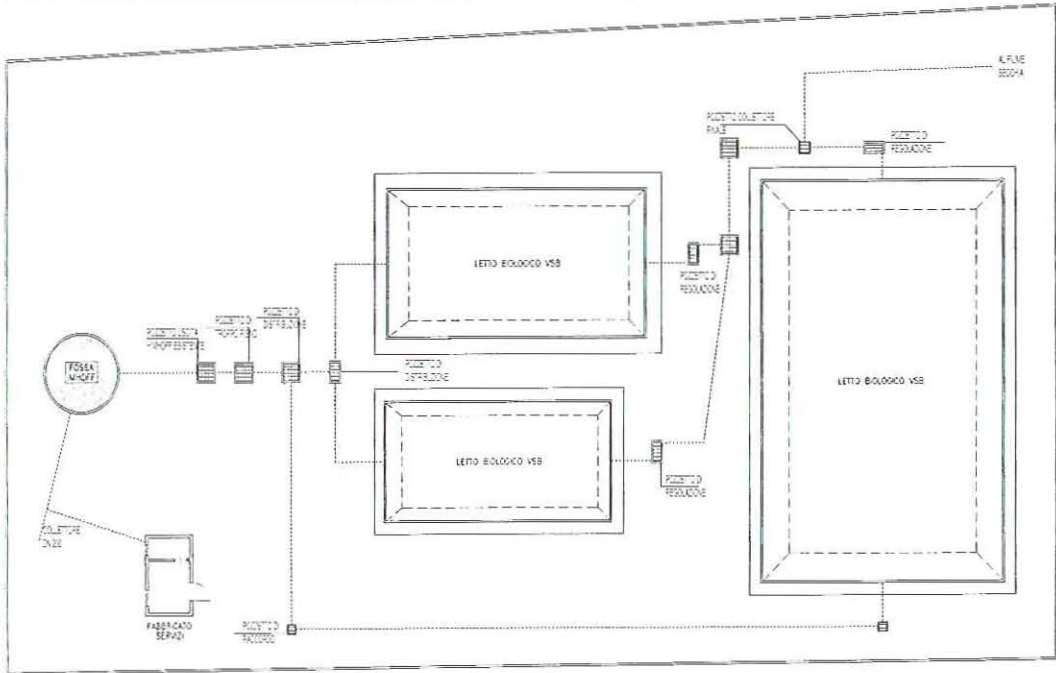
La macrofita impiegata è la cannuccia di palude (*Phragmites australis*) che si trova abbondantemente in loco.

Questa essenza vegetale, come tutte le macrofite radicate emergenti, cresce sviluppando un denso intreccio di rizomi e di radici che, attraversando in senso verticale ed orizzontale il medium di crescita, contribuisce a migliorarne le caratteristiche idrauliche (COOPER, 1993).

La piantumazione di *Phragmites australis* è stata effettuata nelle vasche A e B nel novembre 1993 attraverso la posa di 4-5 rizomi per metro quadrato ad una profondità di 20-30 cm dalla superficie del medium di crescita. Nella vasca C si è invece proceduto alla messa a dimora di piantine di *Phragmites* a radice nuda nel marzo 1998.

Dal 1994 fino ad oggi sono stati condotti controlli chimico-fisici e microbiologici nei

Fig. 1 - Impianto di fitodepurazione in località Lugo (Comune di Baiso).



punti di ingresso della fossa Imhoff, di ingresso e di uscita delle vasche SSF si è effettuato un controllo quindicinale fino al 1996 e mensile dal 1997 ad oggi dei seguenti parametri: temperatura, pH, potenziale redox, ossigeno disciolto, COD, BOD<sub>5</sub>, fosforo totale, ammoniaca, solidi sospesi.

Altri parametri analitici (metalli pesanti, tensioattivi, batteriologia) sono stati rilevati con frequenza mensile o inferiore.

Lungo il profilo longitudinale delle vasche nei tubi di drenaggio si è effettuato un controllo mensile sui principali parametri: temperatura, pH, potenziale redox, conducibilità specifica, COD, solidi sospesi, fosforo totale, ammoniaca.

Tab. 3 - Vasche A e B - Dati gennaio 1994-giugno 1998.

| Parametri                  | Ingresso  | Uscita    | Uscita    |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Parametri                  | fitodep.  | vasca A   | vasca B   |
| <b>Portata (mc/g)</b>      |           |           |           |
| val. medio (n)             | 44.9(91)  |           |           |
| dev. st.                   | 41.15     |           |           |
| <b>BOD (mg/l)</b>          |           |           |           |
| val. medio (n)             | 72.0(82)  | 42.6(82)  | 41.6(82)  |
| dev. st.                   | 48.75     | 29.99     | 29.96     |
| % abb.                     |           | 40.8      | 42.2      |
| <b>COD (mg/l)</b>          |           |           |           |
| val. medio (n)             | 204.9(93) | 116.0(93) | 114.8(93) |
| dev. st.                   | 133.7     | 63.27     | 63.9      |
| % abb.                     |           | 43.4      | 44.0      |
| <b>Solidi</b>              |           |           |           |
| sosp. tot. (mg/l)          |           |           |           |
| val. medio (n)             | 69.5(93)  | 18.1(93)  | 19.7(93)  |
| dev. st.                   | 47.81     | 11.45     | 14.84     |
| % abb.                     |           | 74.0      | 71.7      |
| <b>Fosforo tot. (mg/l)</b> |           |           |           |
| val. medio (n)             | 3.6(92)   | 3.1(93)   | 2.8 (93)  |
| dev. st.                   | 2.46      | 2.73      | 2.26      |
| % abb.                     |           | 13.2      | 21.3      |
| <b>Ammoniaca (mg/l)</b>    |           |           |           |
| val. medio (n)             | 38.8(93)  | 35.9(93)  | 35.9(93)  |
| dev. st.                   | 26.22     | 22.46     | 22.5      |
| % abb.                     |           | 7.5       | 7.5       |

Dall'esame dei dati delle vasche A e B (tab. 3) emerge che l'impianto presenta migliori performance nell'abbattimento dei solidi sospesi e della carica microbica piuttosto che della sostanza organica; la rimozione degli inquinanti avviene attraverso processi fisici di sedimentazione e filtrazione, piuttosto che per processi biologici legati all'attività dei microrganismi adesi agli inerti ed alle radici delle piante.

Il liquame trattato è infatti caratterizzato da una debole forza e, congiuntamente da un forte sovraccarico idraulico. La portata reale riscontrata all'impianto è risultata essere superiore alle attese; in particolare il valore medio di 40 mc/d è risultato essere assai superiore ai valori progettuali. L'eccessivo flusso idrico, imputabile all'ingresso nel reticolo fognario di acque bianche di drenaggio, ha determinato uno sbilanciamento tra carico organico e carico idrico, una riduzione del tempo di ritenzione, con prevedibili conseguenze negative sull'efficienza dell'impianto.

Inoltre l'impianto, assoggettato ad un sovraccarico idraulico ed organico presenta un fenomeno di intasamento dei letti con progressiva diminuzione degli spazi vuoti del medium di riempimento e variazione della permeabilità iniziale. A tal proposito sono state realizzate, in collaborazione con la Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Trento, verifiche di tipo idraulico con tracciante (Litio carbonato) con lo scopo di definire il valore dell'HRT reale e le caratteristiche dinamiche del flusso attraverso il substrato.

Al fine di pervenire ad un miglioramento della funzionalità dell'impianto si è proceduto, come già accennato, all'ampliamento

Tab. 4 - Impianto di Lugo: rendimenti (gennaio 98-ottobre 98).

|              | vasca A | vasca B | vasca C |
|--------------|---------|---------|---------|
| BOD          | 52.53   | 55.73   | 77.24   |
| COD          | 57.93   | 54.74   | 69.08   |
| mst          | 75.64   | 79,89   | 79.96   |
| ammoniaca    | 0.28    | 2.24    | 23.56   |
| fosforo tot. | -       | 0.93    | 67.75   |

dell'impianto stesso attraverso la costruzione della vasca C.

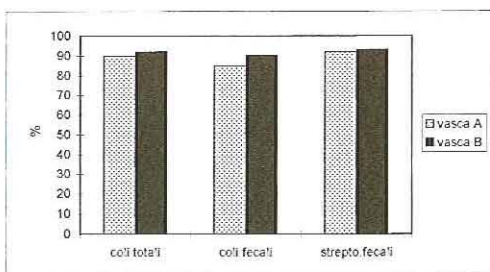
In tabella 4 sono mostrati i rendimenti dell'anno in corso per le vasche di fitodepurazione considerate separatamente comprensivi anche della vasca C.

La vasca C mostra rendimenti interessanti relativamente all'abbattimento del carico organico, soprattutto BOD (77%); l'abbattimento dell'MST (80%) è comparabile ai valori, peraltro piuttosto elevati, delle vasche preesistenti.

Migliori sono anche le performance relative ai nutrienti:

24% NH<sub>4</sub>

68% Fosforo tot.



Rendimenti medi dei parametri microbiologici.

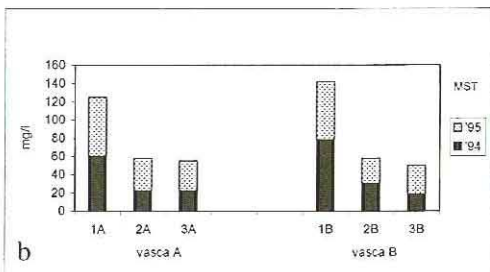
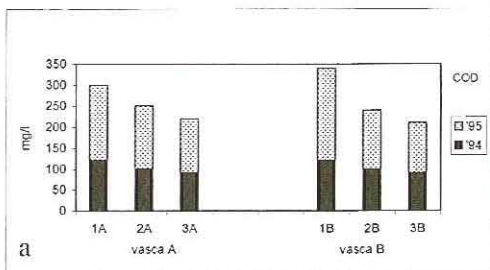


Fig. 2 - Impianto di fitodepurazione: valore medio annuale dei pozzetti di drenaggio.

Tali risultati, soggetti alle condizioni di "rodaggio" dell'impianto, dovranno essere verificati nei prossimi anni.

Lungo il profilo longitudinale delle vasche nei tubi di drenaggio si è effettuato un controllo mensile per i primi anni sui principali parametri: temperatura, pH, potenziale redox, conducibilità specifica, COD, solidi sospesi, fosforo totale, ammoniaca. Lungo il profilo longitudinale delle vasche (fig. 2), l'abbattimento dei solidi sospesi totali è risultato particolarmente significativo nei primi metri del letto, come citato in bibliografia (EPA, 1993).

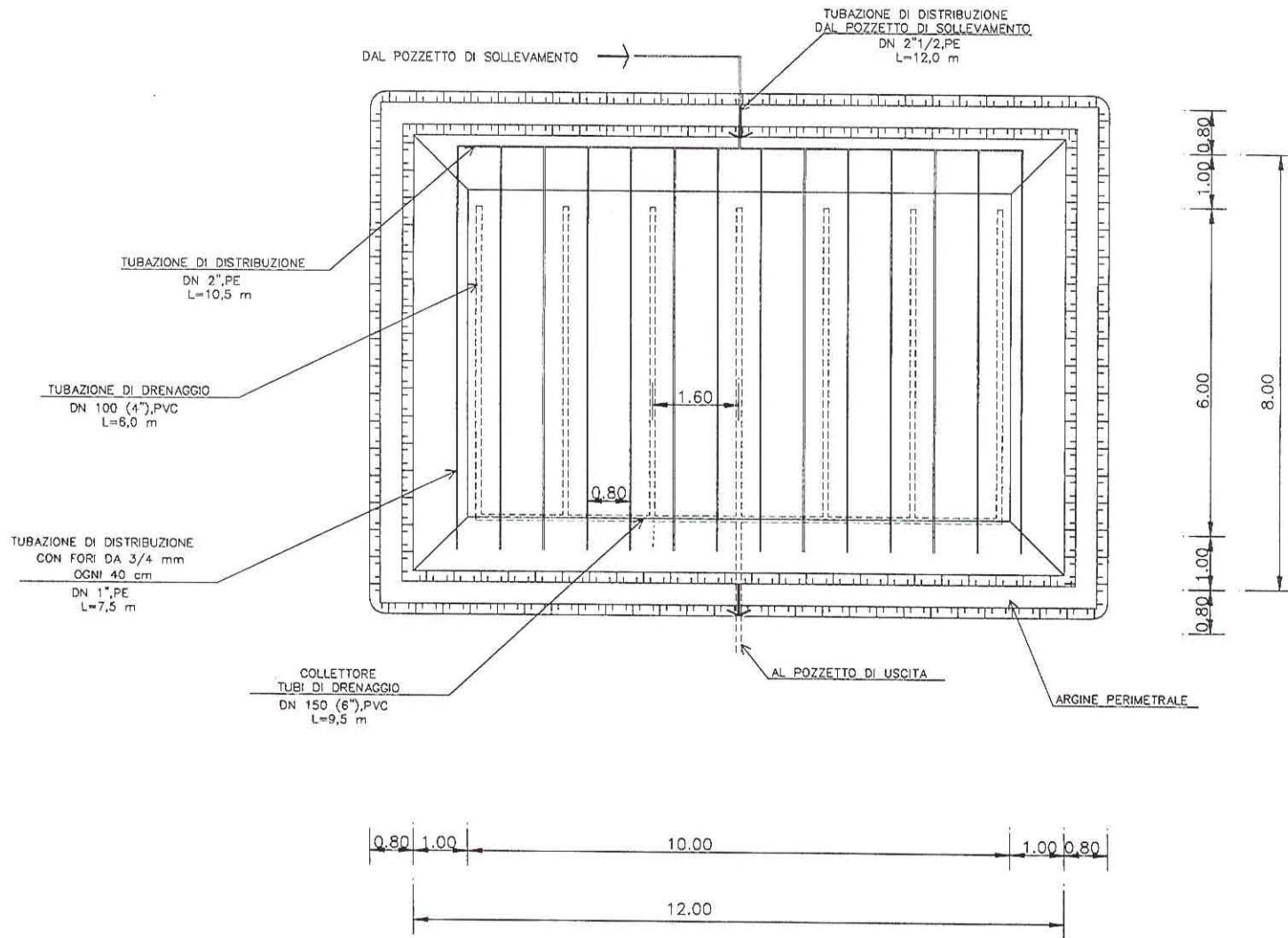
Lo stesso fenomeno, seppure con minore evidenza, si manifesta anche per l'abbattimento del carico organico complessivo.

Le analisi sui tensioattivi e sui metalli pesanti, presentando modestissime concentrazioni iniziali, non hanno evidenziato particolari efficienze depurative.

#### Impianto SSF a flusso verticale di Ienza (Canossa)

Il trattamento di fitodepurazione mediante idrofite emergenti a flusso verticale è caratterizzato dalla discontinuità del flusso che avviene per periodica percolazione attraverso il medium. Il substrato subisce un'alternanza di condizioni di saturazione e di esposizione all'atmosfera: durante il periodo di caricamento l'aria è spinta fuori dal substrato e durante il periodo di riposo l'aria è trascinata negli spazi vuoti del medium, incrementando in tal modo l'ossigenazione del substrato stesso. Questo regime operativo fornisce condizioni alternate di ossidazione e riduzione, stimolando così sequenziali processi di nitrificazione e denitrificazione ed adsorbimento del fosforo. Dai dati bibliografici questo sistema fornisce interessanti performance rispetto ai Solidi sospesi, BOD, ammonio e fosforo.

L'impianto in oggetto, attualmente in fase progettuale, serve l'abitato di Ienza (Comune di Canossa). I reflui della suddetta frazione, di natura esclusivamente civile, presentano un carico inquinante di circa 20A.E. e sono soggetti ad un trattamento



22 Fig. 3.

primario costituito da fosse Imhoff.

Lo schema di flusso dell'impianto sarà:

- vasche Imhoff (esistenti)
- pozzetto di sollevamento
- vasca VF
- pozzetto di ispezione
- scarico acque trattate

Le acque reflue, già soggette a trattamento primario nella esistente vasca Imhoff posta a qualche decina di metri dalla vasca in costruzione, vengono convogliate in un pozzetto a qualche metro dalla vasca rettangolare; da qui sono poi sollevate tramite elettropompa sommersa e distribuite in vasca.

L'impianto avrà un funzionamento intermittente per consentire al medium un adeguato periodo di riposo (almeno di 6h) con conseguente ossigenazione dello stesso.

La superficie necessaria, desunta da analisi bibliografiche, sarà di 3 mq/AE

La vasca, a geometria rettangolare, avrà una dimensione a livello di PC di 12x8m, una profondità di 1,25m (da PC) e scarpate degradanti inclinate di 45° circa.

Il medium di riempimento sarà costituito superiormente da uno strato di 80 cm di ghiaia a granulometria 4-8 mm e da uno strato di fondo di 20 cm a granulometria 16-30 mm.

La scelta di utilizzare inerte con granulometria grossolana, escludendo l'impiego di sabbia, deriva dalla necessità di eludere il più possibile il rischio di intasamento del medium, che comprometterebbe irreversi-

bilmente il funzionamento del sistema VF.

Le vasche Imhoff, infatti, non garantiscono un buon pretrattamento del liquame e conseguentemente potrebbero determinare un eccesso di carico solido nel refluo di ingresso alla vasca di fitodepurazione.

Per consentire una omogenea distribuzione delle acque nel medium si realizzerà una rete a "pettine" disposta in modo che le tubazioni terminali (da 1") risultino parallele al lato corto della vasca (fig. 3).

Il collettore da cui esse si suddividono (da 2"), è invece parallelo al lato lungo.

I vari rami di distribuzione da 1" (dotati di fori da 3-4 mm ogni 40 cm) saranno posti a interasse di 80 cm e coperti da uno strato di ghiaia.

Il drenaggio dell'intero sistema sarà costituito da otto tubazioni di diametro 100 mm disposte sul fondo della vasca (il fondo della vasca pertanto sarà realizzato con pendenza 1%), parallelamente alle tubazioni superficiali di distribuzione da 1" ma sfalsate rispetto a queste ultime e intervalate ogni 1,60 m. Esse convoglieranno in un unico collettore di raccolta che confluirà le acque in un pozzetto di ispezione nelle immediate vicinanze della vasca. In tale pozzetto sarà inoltre collocato un sifone mobile che consentirà la regolazione del livello piezometrico in vasca.

**Dott.ssa Annamaria Salsi**

AGAC (Azienda Gas Acqua Consorziale)  
Via Gastinelli, 30 - Reggio Emilia

## BIBLIOGRAFIA

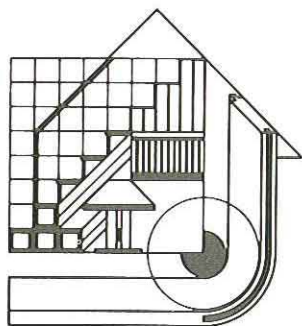
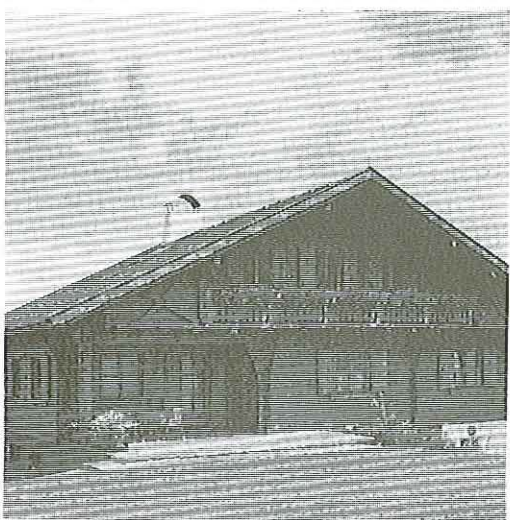
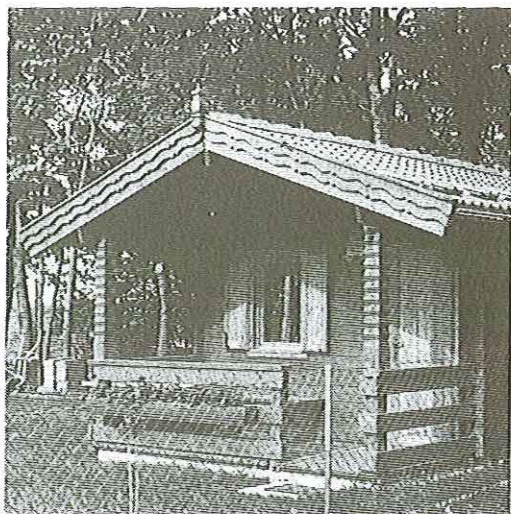
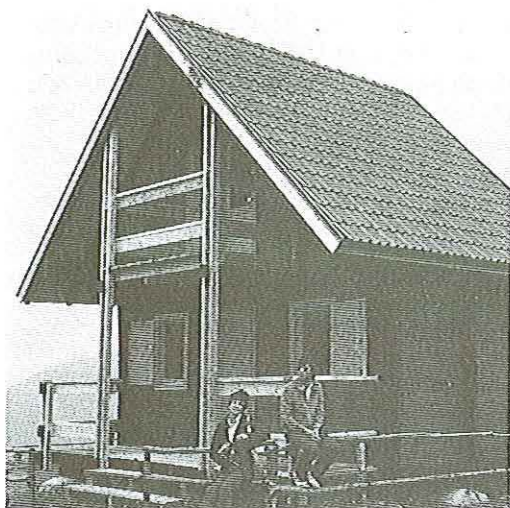
ATV, 1989 - *Plant based treatment systems for domestic sewage.*

COOPER P.F., 1993 - *The use Reed Bed System to the European design and operations guidelines for Reed Bed Treatment Systems.* In Moshiri G.A., 1993. *Constructed wetlands for water quality improvement.* Lewis Publishers, Inc., 1993, 21, 203-128.

EPA, 1993 - *Subsurface flow constructed wetlands for wastewater treatment.* EPA 832-R-93-001, U.S. EPA Office of Water (WH547).

REED S.C., Middlebrooks E.J., Crites R.W., 1988 - *Natural system for waste management and treatment.* McGraw-Hill Book Company, 1988, 6, 164-202.

WPCF, 1989 - *Plant based treatment systems for domestic sewage.*



*F.lli Anzelini*

38013 FONDO (Trento) - Via Merano, 52 - Tel. 0463/831114 - Fax 0463/832625