



## MONITORAGGIO AMBIENTALE IMPIANTI DI FITODEPURAZIONE

A cura dell'ing. Massimo Sartorelli

Progettista e Direttore Lavori degli impianti

*(Ottobre 2014)*

### SOMMARIO

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>IMPIANTO DI FITOPEDODEPURAZIONE AL RIFUGIO TONOLINI.....</b>	<b>3</b>
2.1	BREVE DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO .....	3
2.2	IL CANTIERE .....	5
2.3	LO STATO DELLE OPERE .....	6
2.4	ESITO DELLA PRIMA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO.....	7
<b>3</b>	<b>IMPIANTO DI FITODEPURAZIONE ALLA DELLA CASA DEL PARCO DI CEVO.....</b>	<b>12</b>
3.1	BREVE DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO .....	12
3.2	IL CANTIERE .....	14
3.3	LO STATO DELLE OPERE .....	15
3.4	ESITO DELLA PRIMA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO.....	16

## **1 PREMESSA**

Il Parco dell'Adamello ha realizzato alla fine del 2013, in collaborazione con altri enti, due sistemi di depurazione delle acque con tecniche naturali al servizio:

- delle strutture del **Rifugio Tonolini del CAI, Comune di Sonico (BS)** alla quota di 2.430 m slm.
- delle strutture ricettive della **Casa del Parco, Comune di Cervo (BS)** alla quota di 1.100 m slm.

Si tratta di due impianti rispettivamente di fitopedodepurazione. Nel presente documento sono illustrati gli esiti del primo anno di funzionamento e l'evoluzione dei sistemi.

## 2 IMPIANTO DI FITOPEDODEPURAZIONE AL RIFUGIO TONOLINI

### 2.1 BREVE DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

L'intervento ha riguardato la realizzazione di un impianto di fito-pedo depurazione a servizio del Rifugio Tonolini, che è dotato di una struttura ricettiva formata da: zona ristoro, cucina, sala da pranzo, 2 bagni e dormitorio (34 posti letto).

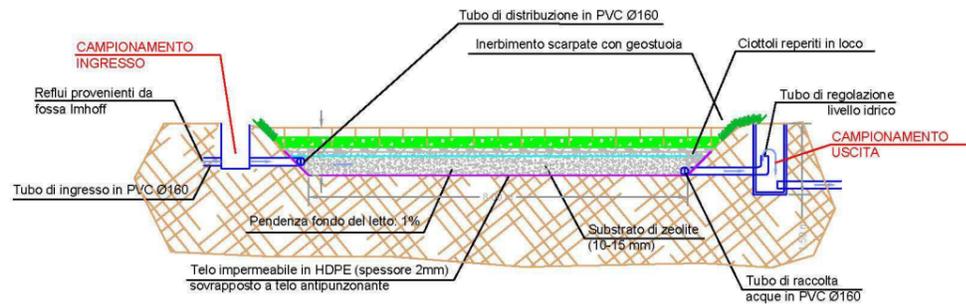
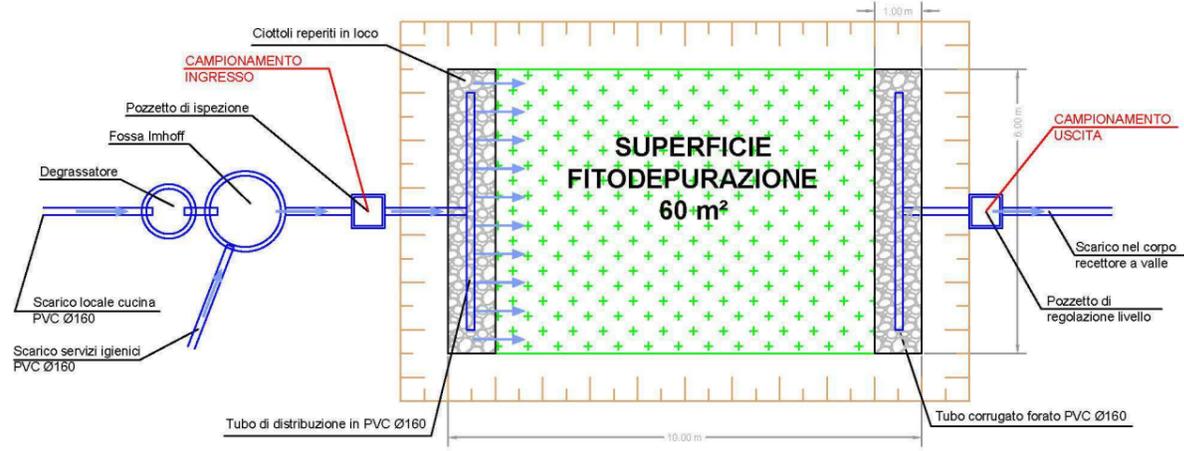
Considerando che la frequentazione del rifugio è stagionale (da giugno a settembre), ed in particolare è concentrata tra la metà di luglio e la metà di agosto, si è valutato come parametro di dimensionamento un numero **di 20 abitanti equivalenti**.

Le diverse fasi che costituiscono l'intero sistema depurativo sono riassumibili in:

- le acque reflue provenienti dai servizi igienici del rifugio e dalla cucina vengono convogliate, mediante condotta in pvc, all'interno di una vasca Imhoff (preceduta per il solo scarico della cucina da degrassatore/disolettatore) in cui avvengono i processi di **sedimentazione e digestione anaerobica fredda dei fanghi**.
- in uscita dal trattamento primario, le acque reflue (a cui è stata rimossa la frazione solida) vengono immesse nel **LETTO DI FITO-PEDO-DEPURAZIONE** (trattamento secondario) nella tipologia di un **flusso sub-superficiale orizzontale**, avente le seguenti caratteristiche:
  - larghezza del letto di 6 m;
  - lunghezza del letto di 10 m;
  - Area superficiale di 60 m<sup>2</sup>;
  - Un sistema di distribuzione del refluo lungo tutta la larghezza del letto con tubazione disperdente in PVC (diametro 160 mm);
  - Un sistema di raccolta dell'effluente costituita da una tubazione drenante perforata lungo la larghezza del letto (sul lato opposto rispetto alla distribuzione) e immersa in una zona drenante di materiale grossolano (formata da materiale inerte di granulometria compresa tra i 50-100 mm di diametro);
  - Impermeabilizzazione del fondo con manto sintetico dello spessore di 1,5 mm ( $K_s < 10^{-8}$  cm/s) per evitare la percolazione diretta nel suolo del refluo non ancora depurato; il manto è stato posato sopra un telo anti punzonante;
  - materiale di riempimento: **zeolite** (substrato attivo che permette di ridurre la superficie utile per abitante equivalente da 6/m<sup>2</sup> a 3/m<sup>2</sup>); l'impiego delle zeoliti permette di contenere le dimensioni dei bacini, elemento fondamentale per poter rendere fattibili gli interventi che in tutti i casi presentano situazioni limitanti nei confronti dello spazio disponibile.
  - strato superficiale di 25-30 cm formato da cotico erboso ed altre essenze autoctone tipiche dell'ambiente alpino, raccolte in zolla nelle aree circostanti l'impianto e reimpiantate in sito;
  - tempo di residenza medio dei reflui, calcolato in tempo secco, pari a circa 2-3 giorni;
  - sgrondo finale delle acque: le stesse vengono recapitate nel riale nei pressi dell'area di intervento tramite condotte in PVC da 160 mm di diametro.

## SCHEMA PLANIMETRICO IMPIANTO

LETTO DI FITODEPURAZIONE A FLUSSO SUB-SUPERFICIALE ORIZZONTALE - POSIZIONE DEI PUNTI DI CAMPIONAMENTO - SCALA 1 : 100



## 2.2 IL CANTIERE

Le operazioni di cantiere sono iniziate ma settembre e terminate ad ottobre 2013. Nella tabella seguente sono illustrate e descritte alcune fasi lavorative ben rappresentative dell'intervento.

*Operazione di posa dei trattamenti primari*



*Operazioni di scavo e livellamento dell'area*



*Posa del telo impermeabile e della zeolite*



*Posa della zeolite con l'impegno di elicottero*



*Posa della zeolite con l'impegno di elicottero*



*Posa cotico erboso e sistemazioni finali*



### 2.3 LO STATO DELLE OPERE

Il controllo dell'evoluzione del sistema assume un ruolo fondamentale nel funzionamento e nella gestione dell'impianto di fitodepurazione.

Le immagini seguenti fotografano (2014) lo stato del cotico erboso posato sopra lo strato di zeolite e le specie igrofile presenti.

*Vista del letto*



*Deschampsia caespitosa*



*Trichophorum caespitosum con Leontodon helveticus*



*Vista da valle*



*Rhododendri*



*Eriofori*



## 2.4 ESITO DELLA PRIMA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

La caratterizzazione delle acque e la verifica della funzionalità del sistema sono state effettuate nel mese di settembre 2014 (due prelievi: 4 e 24 settembre).

I campioni sono stati prelevati (vedi planimetrico dell'impianto alla pagina precedente e le foto sottoriportate):

- in ingresso al letto (a valle della Imhoff) [I];
- in uscita dal letto (pozzetto di controllo) [O];
- al rubinetto (acqua pulita) [W].

*Campionamento pozzetto uscita – 4 settembre 2014*



*Pozzetto ingresso – 4 settembre 2014*



*Confronto visivo campioni in ordine da SX [O] [I] [W] – 4 settembre 2014*



*Osservazione strato attivo di zeolite – 4 settembre 2014*



I risultati delle analisi chimiche effettuate nei due prelievi (riportate nella tabella seguente) hanno evidenziato:

- le concentrazioni in ingresso sono tipiche di uno scarico civile di sola origine fognaria (senza miscelazione con acque chiare);
- elevatissima percentuale di abbattimento dell'ammoniaca (> 90 %);

- buoni rendimenti depurativi per quanto riguarda l'abbattimento della sostanza organica, comprese tra il 55 % ed il 70 % sia per il BOD che per il COD.
- buoni rendimenti di rimozione del fosforo totale.

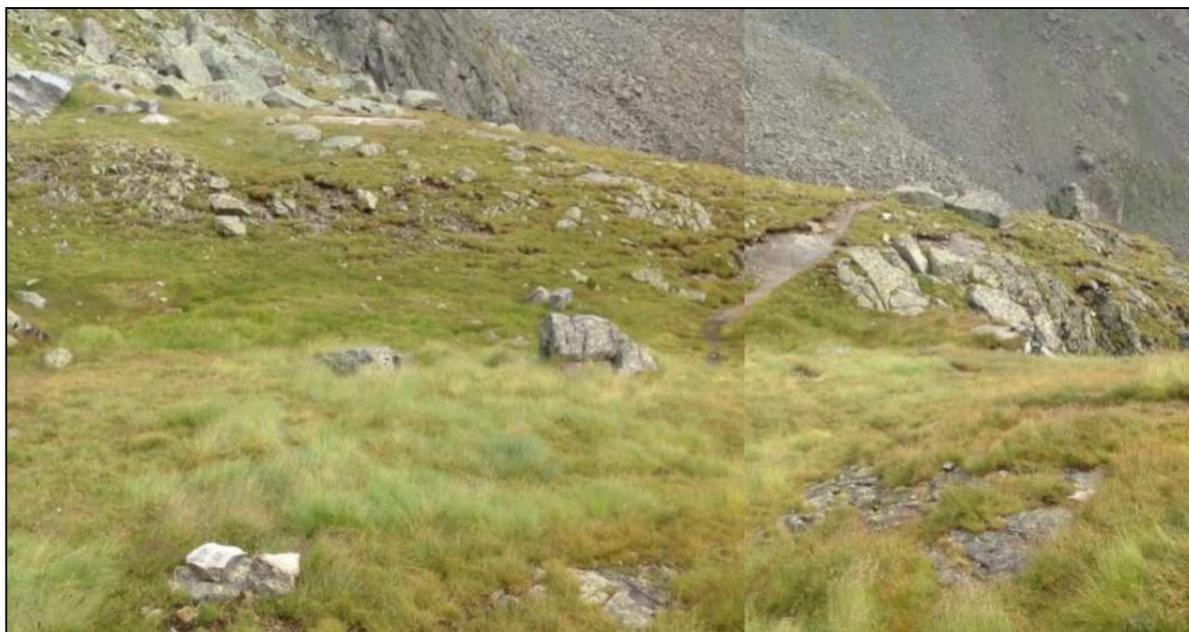
Si può ipotizzare nei prossimi anni un ulteriore miglioramento dell'efficienza per quanto riguarda la sostanza organica dovuto all'asestamento della flora batterica ed allo sviluppo sotterraneo dell'apparato radicale delle specie vegetali impiantate.

<b>Data prelievo</b>	<b>Codice stazione</b>	<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - N</b>	<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> -N</b>	<b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> - P (TP)</b>	<b>BOD</b>	<b>COD</b>
04/09/2014	Sorgente (acqua potabile)	0	0,166	0,009	0,09	1,4
04/09/2014	Pozzetto ingresso bacino di pedo-fitodepurazione (valle Imhoff)	16,401	0,903	16,39	228	653
04/09/2014	Pozzetto uscita bacino di pedo-fitodepurazione (scarico finale)	1,197	0,336	4,09	74	298
24/09/2014	Pozzetto ingresso bacino di pedo-fitodepurazione (valle Imhoff)	24,5	0,264	5,39	152,4	436
24/09/2014	Pozzetto uscita bacino di pedo-fitodepurazione (scarico finale)	0,54	0,234	3,27	63	134

---

## 2.5 Rilievo floristico sull'area di fitodepurazione presso rifugio Tonolini (rilievo del 24/09/2014) – a cura di Enzo Bona

---



Area prima dell'intervento

Posizione geografica: N. 46.09.00.8 – E. 10.26.25.5 - Quota: 2.430 m

Superficie: 100 mq ca. Copertura: 60 %

Sono stati effettuati 2 transetti ortogonali.

Transetto A - 9 m – Inclinazione nulla

Transetto B - 10 m. – Inclinazione 7 %

Sono stati inseriti in loco 4 picchetti per contrassegnare i punti inizio e fine del transetto in modo da rendere ripetibile il rilievo negli anni a venire.



Specie osservate: 17

Rilievo	da cm	a cm	Deschampsia caespitosa	Trichophorum caespitosum	Polygonum viviparum	Potentilla sp.	Homogyne alpina	Poa alpina	Ligusticum mutellina	Salix herbacea	Nardus stricta	Carex curvula	Taraxacum sp.	Rhododendron ferrugineum	Euphrasia sp.	Luzula sp.	Crepis aurea	Polygala alpestris	Phleum alpinum
A	0	30	x																
A	30	50	o	x															
A	50	100	o		o	o													
A	100	240		o															
A	240	250	x	x		o	o			o									
A	250	300		o		o	o												
A	300	350	x	o	o														
A	350	590		x															
A	590	700	o	x				o	o		o	o	o	o					
A	700	900	o																
B	0	30	o																
B	30	90	x	x															
B	90	300		x	o		o		o										
B	300	550	o		o			o											
B	550	660	o																
B	660	750	o	x	o	o	o		o	o					o	o			
B	750	1000	x	o				o									o	o	o

NB. x presenza in più esemplari – o presenza in non più di 3 esemplari

Considerazioni.

L'intervento in oggetto ha previsto la zollatura di cotici erbosi posti nelle adiacenze del rifugio di composizione floristica varia.

Verso il centro dell'area deputata alla fitodepurazione sono state posate le zolle provenienti da aree umide ed ai margini le zolle provenienti da aree maggiormente xeriche, sino al riposizionamento di buona parte della flora preesistente.

Tale metodo, vista l'elevata altitudine alla quale è posizionato l'impianto, prevede che sia la dinamica socio vegetazionale a selezionare, nel corso degli anni, le specie che risulteranno maggiormente adatte a colonizzare la superficie adibita a copertura delle zeoliti.

Pertanto, la prima valutazione del cotico allo stato non esprime, come era ampiamente prevedibile, la flora potenziale, ma la flora residua delle zolle che sono state trasferite in loco. *Carex curvula*, verosimilmente è destinata a soccombere, mentre si ipotizza l'aumento della presenza di *Eriophoro* e della *Deschampsia*.

---

### 3 IMPIANTO DI FITODEPURAZIONE A SERVIZIO DELLA CASA DEL PARCO DI CEVO

#### 3.1 BREVE DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

L'impianto di fitodepurazione è stato dimensionato per servire 50 A.E. risultanti dalle attività ricettive in essere alla Casa del Parco.

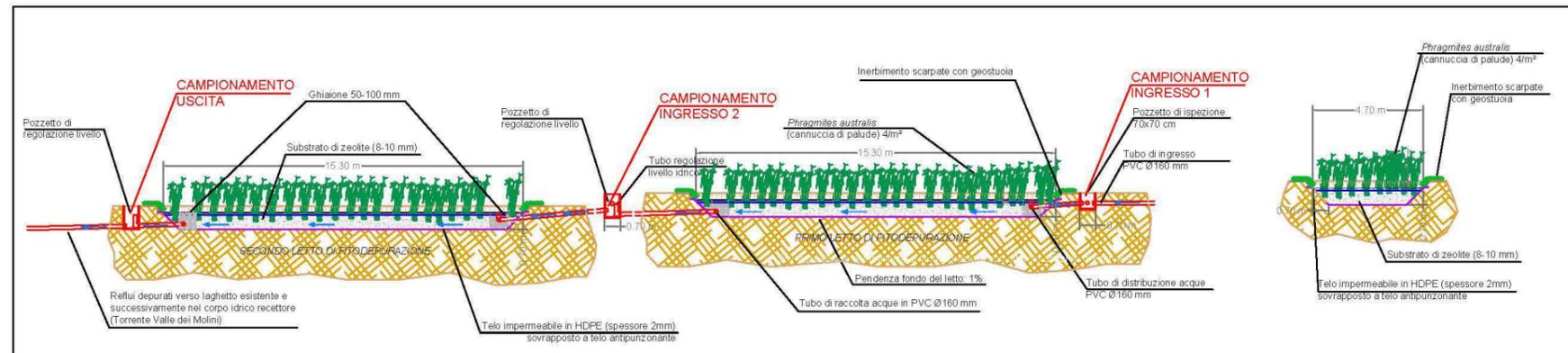
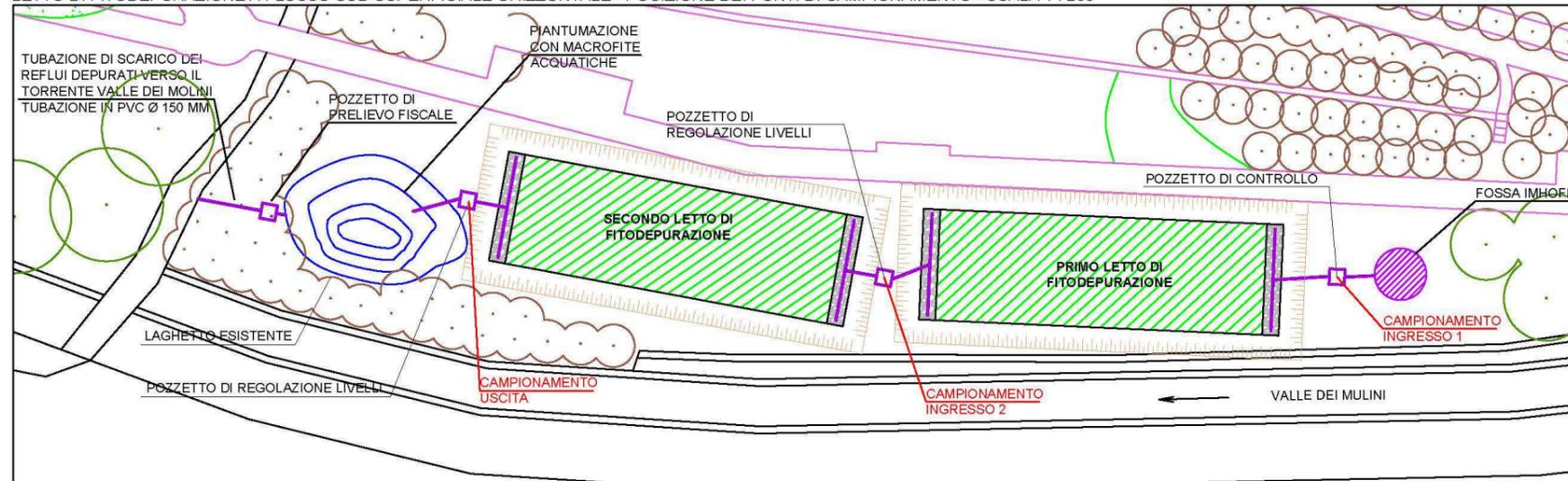
Le caratteristiche principali dell'impianto a due letti di fitodepurazione a flusso sub-superficiale orizzontale sono:

- nuova fossa Imhoff posizionata a monte dei due letti che integra quella già presente prima dell'intervento;
- due letti di fitodepurazione in serie formati da:
  - substrato di zeolite con diametro specifico 8-10 mm;
  - larghezza utile del letto: 15,30 m;
  - lunghezza utile del letto: 4,70 m;
  - superficie complessiva: 144 m<sup>2</sup> (72 X 2)
  - superficie specifica per A.E.: circa 3 m<sup>2</sup>/A.E.;
  - pendenza media del fondo: 1%;
  - profondità media del medium (zeolite): 70 cm.
  - sistema di distribuzione del refluo lungo tutta la larghezza del letto con tubazione disperdente in PVC (diametro 160 mm);
  - le tubazioni prevedono lo scarico superficiale in una zona di dispersione in materiale grossolano (formata da gabbionata con materiale inerte di granulometria compresa tra i 50-200 mm di diametro);
  - sistema di raccolta dell'effluente costituita da una tubazione drenante perforata lungo la larghezza del letto (sul lato opposto rispetto alla distribuzione) e immersa in una zona drenante di materiale grossolano (formata da materiale inerte di granulometria compresa tra i 50-100 mm di diametro);
  - impermeabilizzazione del fondo con manto sintetico dello spessore di 1,5 mm per evitare la percolazione diretta nel suolo del refluo non ancora depurato; il manto è posato sopra un telo anti punzonante;
  - tempo di residenza dei reflui, calcolato in tempo secco, è pari a circa 2 giorni;
  - specie vegetale impiegata: Cannuccia di palude (*Phragmites australis*).

Le acque depurate, raccolte nel pozzetto di regolazione dei livelli in uscita dal letto, vengono infine recapitate nel pozzetto di controllo e da qui inviate al corpo idrico recettore presente poco più a valle, il Torrente Valle dei Molini che scorre a lato dell'area di intervento.

Nell'immagine seguente è riportato lo schema dell'impianto con indicati i punti di prelievo dei campioni per il monitoraggio.

LETTO DI FITODEPURAZIONE A FLUSSO SUB-SUPERFICIALE ORIZZONTALE - POSIZIONE DEI PUNTI DI CAMPIONAMENTO - SCALA 1 : 200



### 3.2 IL CANTIERE

Le operazioni di cantiere sono terminate nel dicembre 2013.

Nella tabella seguente sono illustrate e descritte alcune fasi lavorative ben rappresentative dell'impianto di fitodepurazione.

*Operazione di scavo dei letti di fitodepurazione nell'area posta a valle della "Casa del Parco"*



*Posa fossa Imhoff*



*Posa zeolite, pozzetti e gabbionate*



*Sistemazione scarpate*



*Piantumazione cannuccie di palude*



---

### 3.3 LO STATO DELLE OPERE

Il controllo dell'evoluzione del sistema assume un ruolo fondamentale nel funzionamento e nella gestione degli impianti di fitodepurazione.

L'attecchimento del canneto e lo sviluppo omogeneo sul letto di fitodepurazione, richiedono indicativamente due stagioni vegetative, al termine delle quali si potrà valutare di procedere ad una ulteriore integrazione con nuova piantumazione che dovrà essere associata alla rimozione delle specie invasive che attualmente hanno già colonizzato i bacini.

Le immagini seguenti fotografano lo sviluppo del canneto avvenuto nella prima stagione vegetativa, da marzo a settembre.

*Sviluppo canneto primo letto – Luglio 2014*



*Sviluppo canneto secondo letto – Luglio 2014*



*Sviluppo canneto primo letto – settembre 2014*



*Sviluppo canneto secondo letto – settembre 2014*



---

### 3.4 ESITO DELLA PRIMA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

La caratterizzazione delle acque e la verifica della funzionalità del sistema sono state effettuate nel mese di settembre 2014 (4 settembre).

I campioni sono stati prelevati (vedi planimetrico dell'impianto e le foto sotto riportate):

- in ingresso al primo letto (a valle della Imhoff) [I];
- in uscita dal primo letto (tra primo e secondo letto) [C];
- in uscita dal secondo letto (pozzetto di controllo) [O].

*Campionamento pozzetto uscita primo letto – 4 settembre 2014*



*Confronto visivo da SX [O] [C] [I]  
– 4 settembre 2014*



*Campionamento pozzetto uscita secondo letto – 4 settembre 2014*



*Osservazione strato attivo di zeolite – 4 settembre 2014*



---

I risultati delle analisi chimiche effettuate (riportate nella tabella seguente) hanno evidenziato:

- le concentrazioni in ingresso sono tipiche di uno scarico civile di sola origine fognaria (senza miscelazione con acque chiare);
- elevatissima percentuale di abbattimento dell'ammoniaca (> 90 %);
- ottimi rendimenti depurativi per quanto riguarda l'abbattimento della sostanza organica; l'abbattimento supera il 90 % sia per il BOD che per il COD.
- buoni rendimenti di rimozione del fosforo totale.

Si può ipotizzare, nei prossimi anni, un ulteriore miglioramento dell'efficienza per quanto riguarda la sostanza organica dovuto allo sviluppo sotterraneo dell'apparato radicale della cannuccia (rizomi) che a pieno sviluppo raggiungerà il fondo del letto creando una vera e propria barriera filtrante.

Le sostanze assorbite potranno essere parzialmente rimosse procedendo al taglio invernale dei culmi di canna secchi.

<b>Data prelievo</b>	<b>Codice stazione</b>	<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - N</b>	<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> -N</b>	<b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> - P (TP)</b>	<b>BOD</b>	<b>COD</b>
04/09/2014	Pozzetto ingresso bacino 1 fitodepurazione (valle Imhoff)	4,716	0,22	3,66	203	529,9
04/09/2014	Pozzetto uscita bacino 1 fitodepurazione (ingresso bacino 2)	1,323	0,231	3,18	35	61,2
04/09/2014	Pozzetto uscita bacino 2 fitodepurazione (ingresso laghetto)	0,22	1,134	1,92	7,15	41,3