



**fondazione
cariplo**

BANDO 2005 – Gestione sostenibile delle acque: promuovere forme di gestione integrata e partecipata delle acque superficiali



**TRATTAMENTO MEDIANTE FITODEPURAZIONE PER L’AFFINAMENTO DELLE
ACQUE DEPURATE E PER LA SALVAGUARDIA AMBIENTALE DEL CORPO IDRICO
RECETTORE: SPERIMENTAZIONE A SCALA PILOTA E APPLICAZIONE
PROGETTUALE PER UNA GESTIONE INTEGRATA E PARTECIPATA**

***Allegato 3
Prove idrauliche preliminari
Impianto pilota di fitodepurazione Livescia***

A cura di: Consorzio del Parco Lura, DIAR Politecnico di Milano, DISAT Università degli Studi di Milano Bicocca, Lariana Depur, Comune di Guanzate, Comune di Bulgarograsso



Prove idrauliche preliminari – impianto pilota di fitodepurazione Livescia

Sergio Canobbio, Valeria Mezzanotte, Alessandro De Paoli

Nei giorni 25-09-2007, 02-10-2007 e 03-10-2007 sono state condotte le prove necessarie a testare le caratteristiche idrauliche delle vasche dell'impianto pilota di fitodepurazione ubicato presso l'impianto di depurazione Livescia. L'impianto consta di due setti in parallelo, di seguito definiti come VASCA 1 (vasca posizionata a ovest, lato vasca di calcestruzzo) e VASCA 2 (posizionata a est, lato recettore roggia Livescia), come da figura 1.

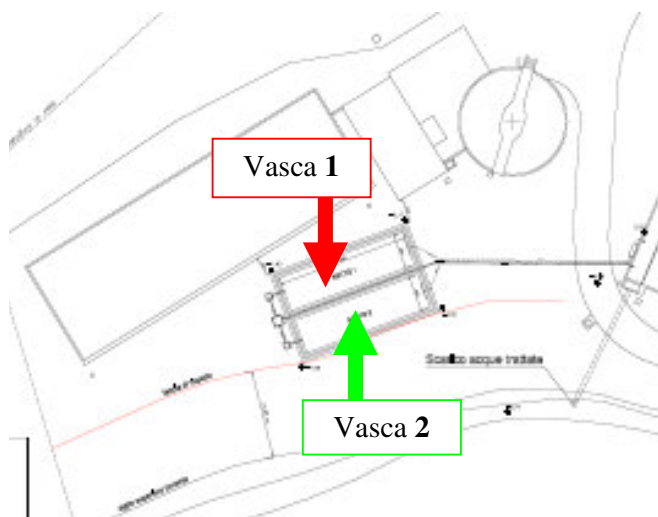


Figura 1 – Ubicazione dei due setti dell'impianto.

Entrambe le vasche sono state riempite con una matrice ghiaiosa, che si differenzia per le dimensioni granulometriche. La ghiaia è caratterizzata da dimensioni maggiori (20 mm) nella vasca 1, mentre presenta una granulometria più fine e irregolare (5-10 mm) nella vasca 2. In entrambe le vasche, in base ai dati di letteratura, la conduttività idraulica (K_f) attesa del substrato a ghiaia dovrebbe essere compresa tra 10^{-3} m/s e 10^{-2} m/s.

Ciascun setto è stato dotato di due zone, una presso l'ingresso del refluo sottoposto al trattamento e una nelle immediate vicinanze della presa del tubo di uscita, in cui la

ghiaia presenta diametri maggiori (fino a 50 mm e oltre), onde evitare possibili intasamenti. In tali aree la Kf dovrebbe arrivare a 0.1 m/s, garantendo un deflusso più rapido dell'acqua attraverso gli interstizi della matrice.

Al fine di testare la capacità di invaso delle vasche ed il loro corretto funzionamento dal punto di vista idraulico, esse sono state alimentate con una portata d'acqua nota, pari a 1000 l/h, ossia la massima capacità della pompa in ingresso. Le verifiche condotte preliminarmente sul campo hanno evidenziato che la portata effettiva in mandata della pompa era pari a 1000 l/h per la vasca 2 e 900 l/h per la vasca 1. Questa differenza è stata registrata e se ne è tenuto conto nelle elaborazioni successive.

Prova n. 1 – 25 settembre 2007

Condizioni di partenza

Entrambe le vasche presentavano un parziale riempimento, sul fondo, degli interstizi della matrice da parte di acque presumibilmente di origine meteorica. Le altezze dell'acqua già presente nelle vasche sono state calcolate utilizzando un'asta idrometrica collocata nei tubi di scarico posti nei pozzetti in fondo alle vasche. I tubi, benché inclinabili per consentire il raggiungimento di diverse altezze da parte dell'acqua nelle vasche, sono stati posizionati perpendicolarmente al terreno per tutta la durata delle prove. L'altezza dell'acqua nelle due vasche era inizialmente pari a 32 cm nella vasca 1 ed a 36 cm nella vasca 2. Tale altezza, benché superiore ad un terzo dell'altezza totale delle vasche (che da progetto è di 80 cm), rappresenta una porzione molto minore del volume invasabile, a causa della forma trapezoidale delle vasche data dagli argini inclinati delle stesse.

E' stata rilevata la conducibilità elettrica delle acque presenti nelle vasche. L'acqua delle vasche 1 e 2 presentava all'inizio della prova una conducibilità, rispettivamente, di 1184 uS/cm e di 555 uS/cm. Quest'ultimo dato è del tutto compatibile con le caratteristiche tipiche delle acque meteoriche, mentre la conducibilità della vasca 1 appare più elevata e lascia supporre un mescolamento tra le acque meteoriche e le acque di alimentazione provenienti dall'effluente dell'impianto Livescia (la cui conducibilità, all'inizio delle prove, è stata rilevata pari 1927 uS/cm ed è rimasta pressoché costante per tutta la giornata). La conducibilità dell'acqua delle vasche,

rilevata più volte durante la giornata, si è alzata in entrambe confermando l'avvenuto mescolamento di acqua già presente all'interno con l'effluente dell'impianto Livenessia. L'immissione degli effluenti provenienti dall'impianto è iniziata alle ore 9.30, con la pompa al massimo della sua capacità e con una portata pari a 900 l/h per la vasca 1 e a 1000 l/h per la vasca 2.

Altezze idrometriche osservate

Vengono di seguito riportati i rilevamenti eseguiti durante la giornata (tabella 1; figure 2 e 3).

Tabella 1 – Confronto tra il tempo della sperimentazione e le altezze idrometriche rilevate. Si ricordi che l'acqua invasata è pari a 900 l ogni 60 minuti nella vasca 1 e a 1000 l ogni 60 minuti nella vasca 2.

<i>tempo</i>	<i>h idrometrica vasca 1</i>	<i>tempo</i>	<i>h idrometrica vasca 2</i>
0	32	0	36
30	35	30	40
60	42	60	45
135	50	135	52
270	63	270	66
300	66	300	69
330	68	330	72
360	70	360	74
390	73	390	76
420	74.5	420	79
450	75.5	450	83
480	79	480	85
510	80	510	85*
540	81	540	88*

*sfioro dell'acqua sopra la matrice

L'acqua contenuta nella vasca 2 ha raggiunto la superficie della matrice ghiaiosa, iniziando a sfiorare in alcuni punti leggermente più depressi degli altri, intorno alle ore 18.00 con un'altezza idrometrica di 85 cm. Alle ore 18.30 la prova è stata sospesa all'altezza di 88 cm e il battente idrico che aveva ricoperto per buona parte la matrice ghiaiosa.

La vasca 1, alla sospensione della prova alle ore 18.30, non presentava una matrice del tutto satura. Il battente idrico era collocato a circa 3 cm sotto la superficie della ghiaia, corrispondente ad un'altezza idrometrica rilevata pari a 81 cm. E' apparso evidente come la velocità di invaso della vasca 1 abbia rallentato sensibilmente

all'approssimarsi della saturazione della matrice: il volume definito dall'altezza idrometrica superiore a 75 cm ha richiesto un tempo (e quindi un volume d'acqua) decisamente superiore alle aspettative. In seguito, è stato rilevato un parziale danneggiamento della copertura impermeabilizzante della vasca 1, il quale ha sicuramente influito sull'operatività della parte sommitale della vasca stessa. Non è stato possibile continuare la prova il giorno successivo, nonostante ciò fosse stato programmato, a causa delle avverse condizioni meteorologiche.

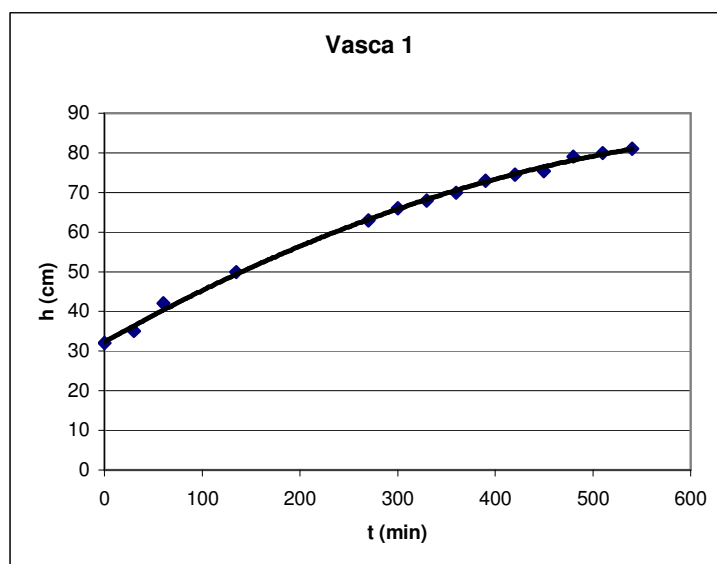


Figura 2 – Relazione tra tempo di alimentazione e altezze idrometriche nella vasca 1

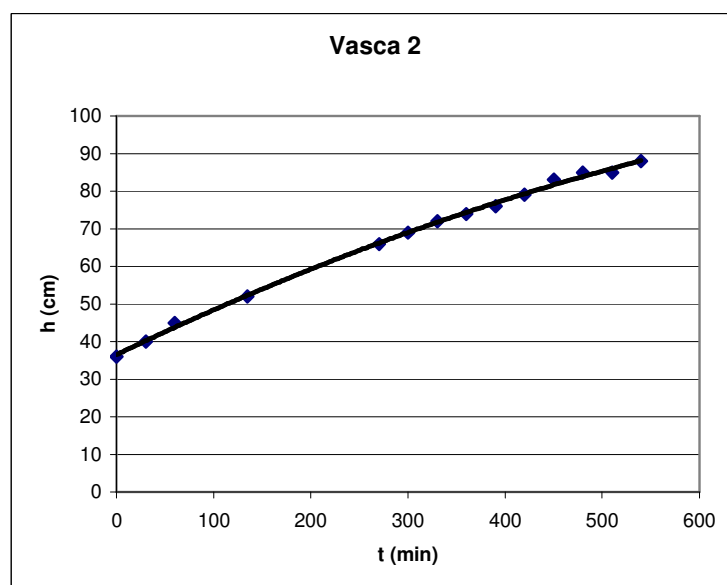


Figura 3 – Relazione tra tempo di alimentazione e altezze idrometriche nella vasca 2

Prova n. 2 – 2 e 3 ottobre 2007

Condizioni di partenza

La prova dei giorni 2 e 3 ottobre è stata compiuta con il duplice scopo di (1) portare a saturazione (con battente idrico libero) la vasca 2, obiettivo non raggiunto nella prova precedente, e (2) acquisire ulteriori dati, possibilmente variando le portate in ingresso. Le condizioni di partenza della prova nel corso del giorno 2 ottobre erano analoghe a quelle del 25 settembre, con dell'acqua (mista di precipitazioni e della prova precedente) tale per cui nella vasca 1 l'altezza idrometrica era pari a 18 cm e nella vasca 2 a 39 cm. La prova si è protratta dalle ore 10.15 alle ore 18.30 del 2-10, ed è stata continuata, valutando anche la perdita d'acqua dalle vasche a pompa ferma nel corso della notte, il giorno 3-10 dalle ore 9.00 alle ore 18.00.

Altezze idrometriche osservate

Vengono di seguito riportati i rilevamenti eseguiti durante le due giornate (tabella 2).

Tabella 2 – Confronto tra il tempo della sperimentazione e le altezze idrometriche rilevate nei giorni 2 e 3 ottobre.

2-10-2007

<i>tempo</i>	<i>h idrometrica vasca 1</i>	<i>tempo</i>	<i>h idrometrica vasca 2</i>
0	18	0	39
15	19	15	41
30	38	30	44
60	41	60	47.5
90	44	90	50.5
120	49	120	54
150	52.5	150	56
180	54	180	60
210	57	210	62.5
240	59	240	66
270	62.5	270	67.5
300	63.5	300	71
330	67.5	330	74
360	69.5	360	75
390	72	390	79
420	74.5	420	80
450	76	450	83.5*
480	76	480	84.5*
Q = 900 l/s		Q = 1000 l/s	

*sfioro dell'acqua sopra la matrice

3-10-2007

<i>tempo</i>	<i>h idrometrica vasca 1</i>	<i>tempo</i>	<i>h idrometrica vasca 2</i>
0	63	0	74
30	65	30	76
60	68	60	78
90	69	90	79
120	72	120	82
150	74	150	85*
180	74	180	85*
210	77	210	87*
240	79	240	87.5*
270	80	270	90*
300	82	300	=
330	83	330	=
360	83.5	360	=
390	85	390	=
420	88*	420	=
450	88.5*	450	=
480	92*	480	=
540	92*	540	=
Q = 800 l/s		Q = 800 l/s	

*sfioro dell'acqua sopra la matrice

= battente idrico libero sopra la matrice

Al termine della prima giornata di sperimentazione, la vasca 2 ha raggiunto le stesse condizioni ottenute durante la prova precedente (riempimento pressoché completo della matrice), mentre non è stato possibile saturare la vasca 1, sia a causa della maggior lentezza di carico, sia per le condizioni di partenza (minor acqua presente nella vasca alla partenza della prova).

Durante la notte, la vasca 1 ha perso 13 cm di battente idrico, mentre la vasca 2 ne ha persi 9.5.

Il giorno successivo, la vasca 2 ha raggiunto abbastanza rapidamente le condizioni di saturazione del substrato e, successivamente, con lo sfioro del battente idrico oltre la matrice, la prova è stata interrotta (dato il raggiungimento dell'obiettivo). La vasca 1, che è leggermente più profonda della 2, ha cominciato a sfiorare sopra alcune zone della matrice solo verso la fine del secondo giorno.

Le misurazioni ottenute con le due diverse portate in ingresso sono state confrontate e sono visibili in figura 4 e 5.

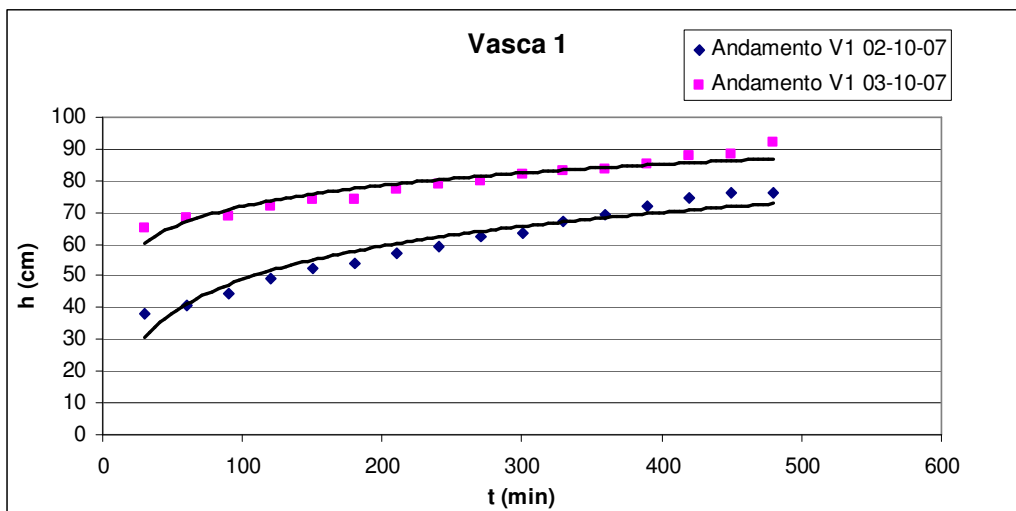


Figura 4 – Relazione tra tempo di alimentazione e altezze idrometriche nella vasca 1, con portate in ingresso differenti (2-10 = 900 l/s; 3/10 = 800 l/s).

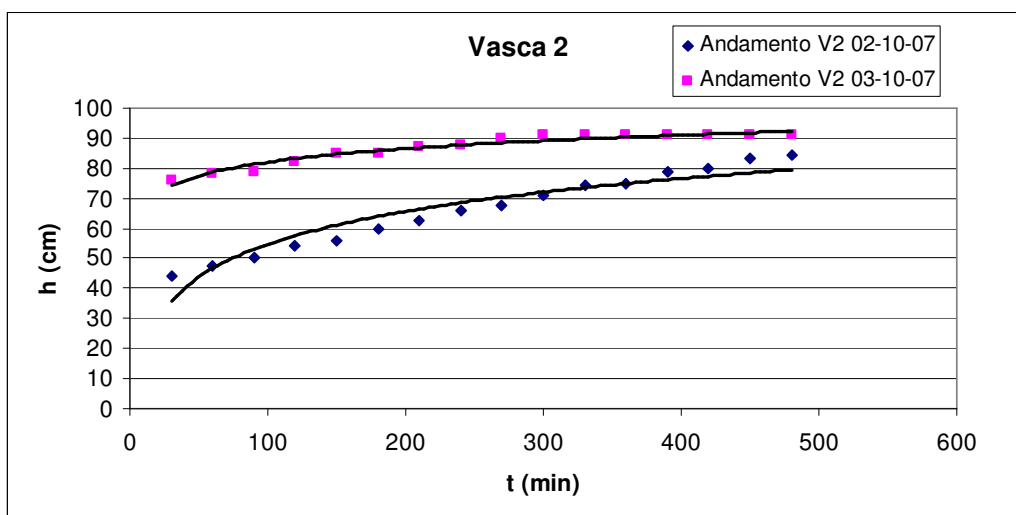


Figura 5 - Relazione tra tempo di alimentazione e altezze idrometriche nella vasca 2, con portate in ingresso differenti (2-10 = 1000 l/s; 3/10 = 800 l/s).

In base ai riscontri avuti dalle prove effettuate, si è deciso di intervenire ulteriormente sulla vasca 1, alla ricerca di eventuali danni al telo impermeabilizzante. Come già accennato in precedenza, si è rinvenuta una falla nella parte finale della vasca, presso il tubo di uscita, e si provveduto alla riparazione. Da alcune prove estemporanee condotte successivamente alla riparazione, si è potuto osservare che l'operatività della vasca 1 è migliorata, avvicinandosi a quella della vasca 2. Tale riscontro sarà oggetto di verifica nei primi mesi del 2008.

Conclusioni

Sulla base dei dati acquisiti, è stato possibile effettuare alcune elaborazioni. Di seguito sono riportate le indicazioni ottenute per la vasca 2, in attesa di ulteriori verifiche atte a validare i dati ottenuti per la vasca 1.

1) Le curve di relazione tra tempo e altezze idrometriche sono risultate ben strutturate, con un r^2 sempre superiore a 0.95. Ciò a permesso di ricostruire anche la relazione esistente tra l'altezza idrometrica e il tempo necessario all'invaso per quella parte basale di vasca che, all'inizio delle varie prove, era già occupata da acque di diversa provenienza.

2) E' stato possibile determinare il volume invasabile nella vasca, mediante l'interpolazione delle tre variabili tempo, portata e altezza idrometrica. Il volume complessivo di acqua invasabile nella vasca 2 è risultato essere pari a 12,350 m3. La relazione tra altezze idrometriche e volume invasato è mostrata in figura 6.

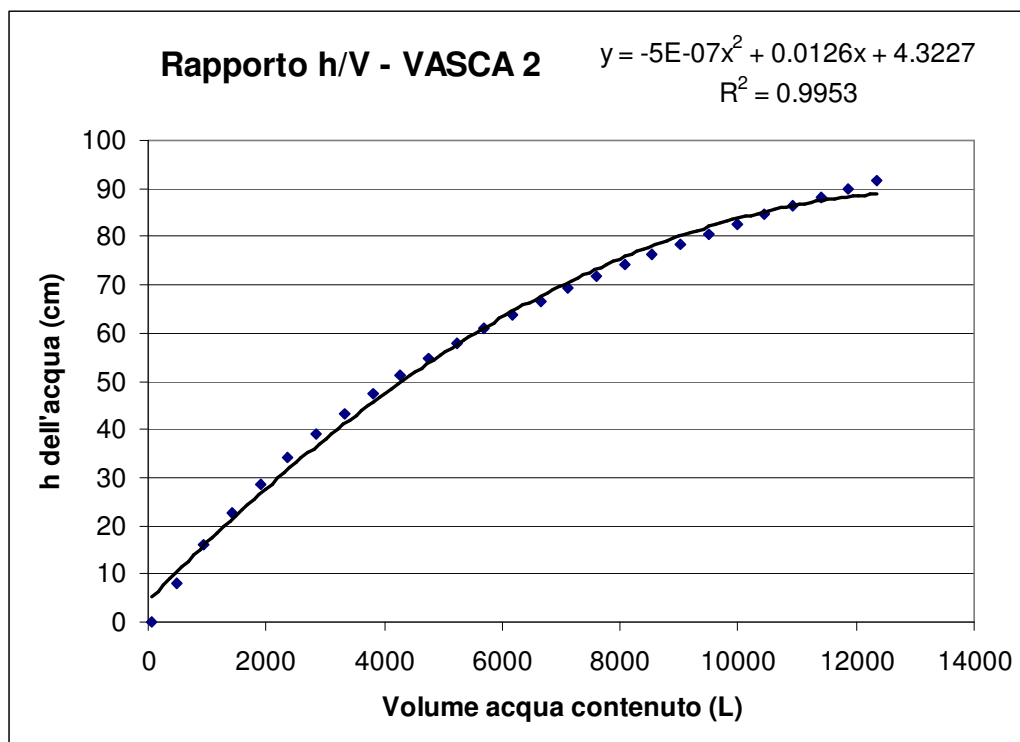


Figura 6 – Relazione tra altezze idrometriche della vasca 2 e corrispondente volume invasato.

3) Sulla base dei dati elaborati al punto precedente, e utilizzando le osservazioni sul campo relative alle portate di 1000 l/s e 800 l/s per il controllo e la validazione delle curve, è stato possibile calcolare il tempo di residenza dell'acqua nella vasca per diverse portate in ingresso, come mostrato in figura 7 e 8.

Ai fini dei trattamenti fitodepurativi, che, secondo letteratura, necessitano di un tempo di residenza dell'acqua nelle vasche non inferiore a 3 giorni, la portata in ingresso più idonea a garantire il corretto ed efficace funzionamento dell'impianto è compresa tra 200 e 150 l/s.

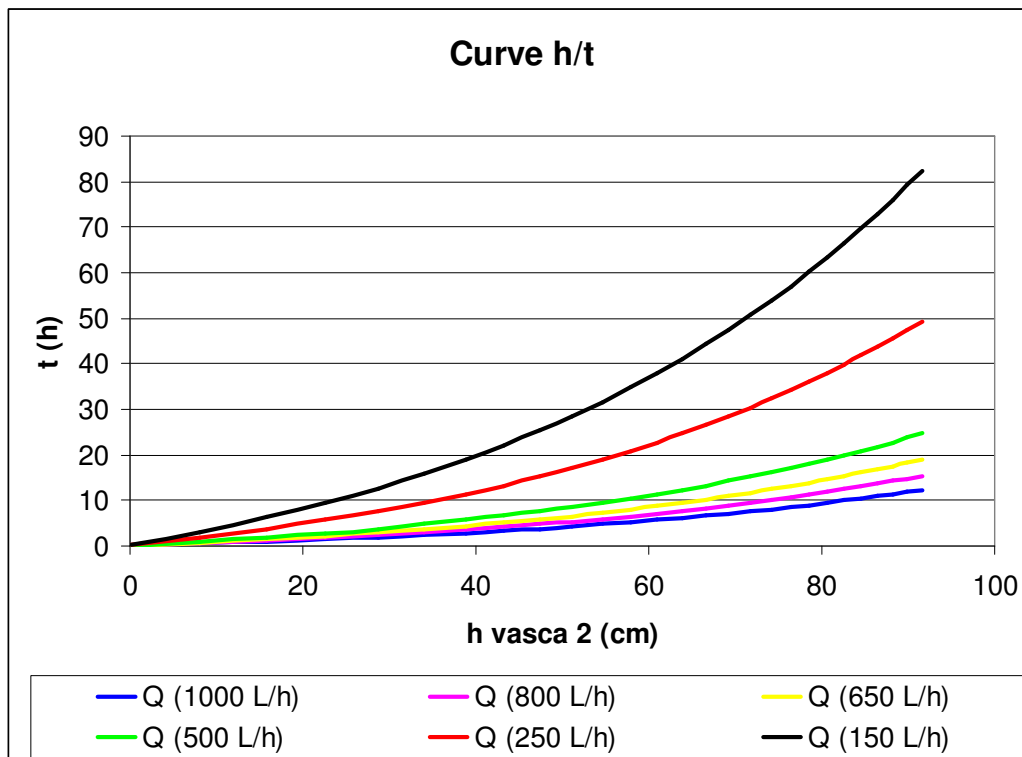


Figura 7 – Relazione tra altezze idrometriche e tempo di immissione dell'acqua per diverse portate in ingresso all'impianto di fitodepurazione.

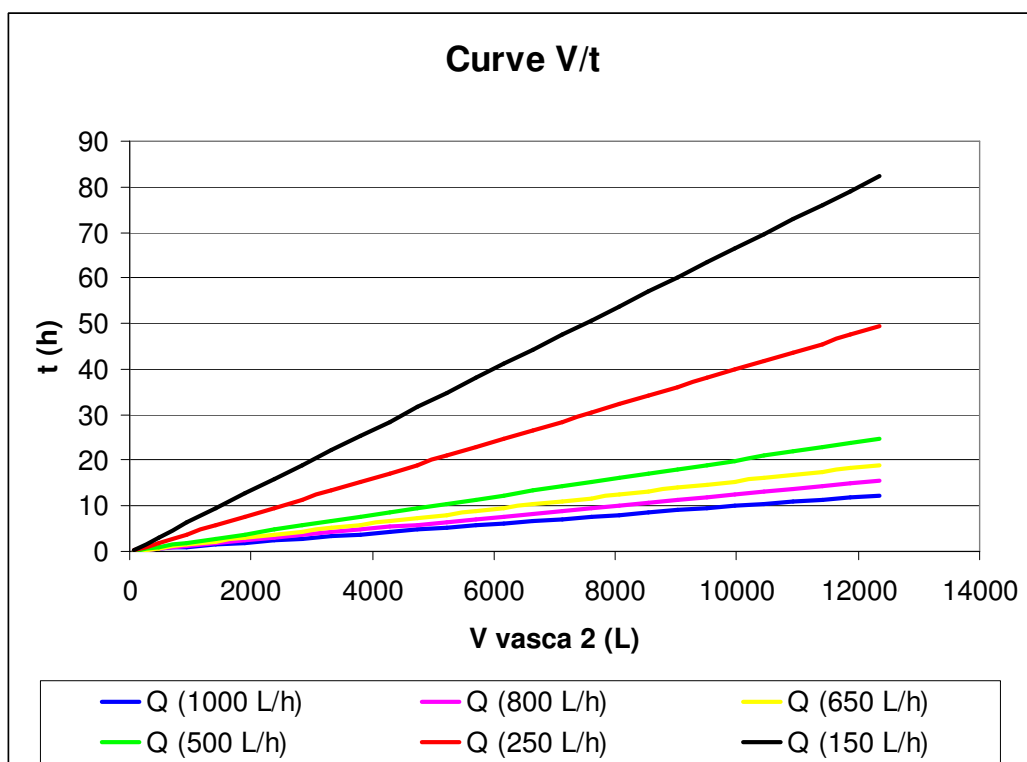


Figura 8 – Relazione tra tempo di residenza e volume invasato per diverse portate in ingresso all'impianto di fitodepurazione.



Figura 9 – Riempimento della vasca 1 durante la prova del 25 settembre 2007.



Figura 10 – Affioramento dell'acqua dalla matrice ghiaiosa nella vasca 1 ormai satura.