



## Università degli Studi di Padova Facoltà di Ingegneria Dipartimento di Processi Chimici dell'Ingegneria

### Laboratorio Analisi dei Sistemi Ambientali

## MONITORAGGIO DELLE CAVE DI SALZANO 2009 – 2010

### Sintesi Risultati

#### Introduzione

Le ex cave senili di Villetta di Salzano sono Sito d'Importanza Comunitaria (SIC) in relazione alla direttiva CEE 92/43 del 21/05/1992, cosiddetta direttiva "habitat" e Zona di Protezione Speciale (ZPS) in relazione alla direttiva CEE 79/409 del 02/04/1979, cosiddetta "direttiva uccelli".

All'interno degli interventi finanziati con la Legge 139/1992 III<sup>a</sup> fase per il disinquinamento della Laguna di Venezia, il Consorzio di Bonifica Acque Risorgive (ex Dese Sile) ha realizzato gli "Interventi di riqualificazione ambientale del bacino del Canale Scolmatore del fiume Marzenego e interventi sugli affluenti. Completamento Rio Roviego e sistemazione idraulica Rio Storto – Progetto Cave Villetta di Salzano: realizzazione di un ecosistema filtro". Le Cave Villetta di Salzano VE occupano una superficie di circa 65 ettari e sono comprese tra il fiume Marzenego e il Rio Roviego (figura 1); l'obiettivo principale degli interventi del Consorzio è stato la riduzione del carico inquinante (azoto totale, fosforo totale e solidi sospesi totali) sversato all'interno della Laguna di Venezia dai corsi d'acqua appartenenti al bacino scolante del fiume Marzenego, obiettivo da perseguire attraverso la riqualificazione ambientale delle Cave e la fitodepurazione delle acque superficiali. I criteri di progettazione dell'intervento si rifanno alle indicazioni contenute nel "Piano per la prevenzione dell'inquinamento ed il risanamento delle acque del bacino idrografico immediatamente sversante nella Laguna di Venezia" – Piano Direttore 2000. Per quanto riguarda i corsi d'acqua del Bacino Scolante nella Laguna, lo schema funzionale del Piano prevede la risagomatura degli alvei e, dove possibile, l'utilizzo di zone di espansione concentrate a lato dei corsi d'acqua stessi (come possono essere ad esempio le aree di cava dismesse) in modo da garantire maggiori superfici favorevoli alla fitodepurazione delle acque.

Gli obiettivi primari del progetto che ha interessato le Cave Villetta di Salzano sono stati:

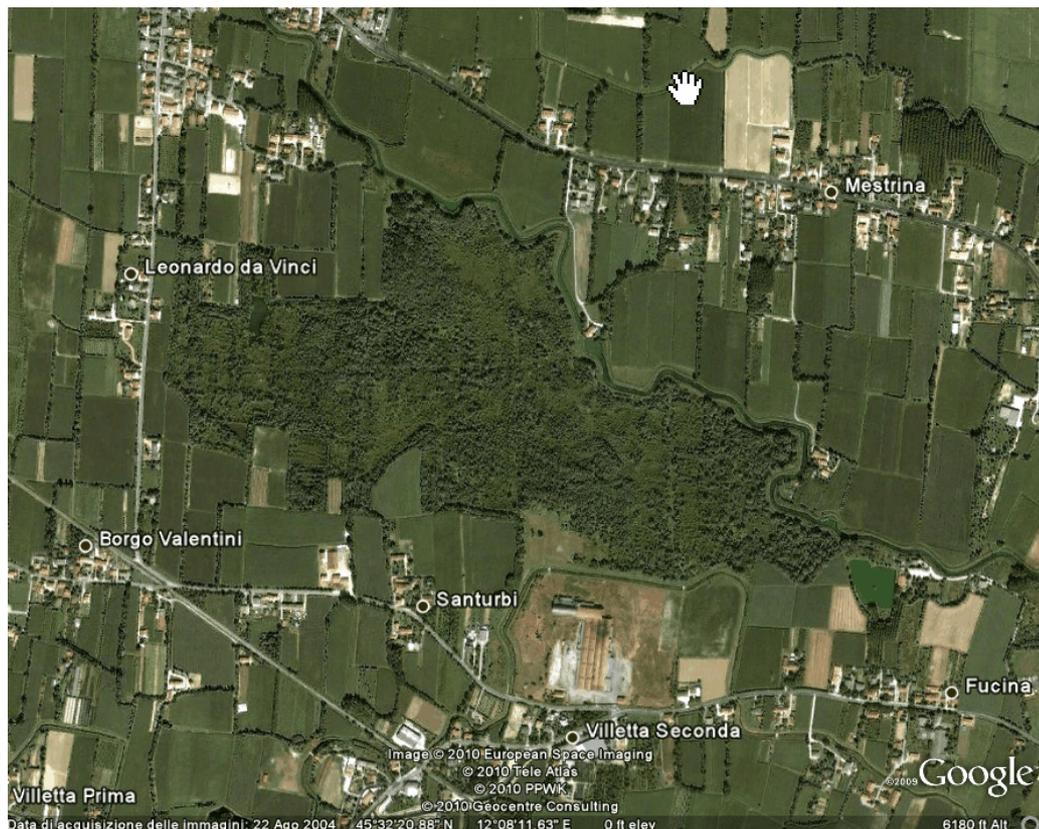
- La riduzione dei carichi di nutrienti sversati nella Laguna di Venezia, attraverso la realizzazione di un'area umida di fitodepurazione che permetta la derivazione e la



restituzione delle acque per gravità e garantisca tempi di ritenzione ottimali per l'abbattimento dei carichi di nutrienti,

- la riqualificazione ambientale dell'area di cava, migliorando la sua variabilità florofaunistica,
- la realizzazione di un impianto di facile gestione e manutenzione,
- la restituzione alla collettività di un'area polifunzionale fruibile al pubblico per scopi naturalistico-didattici e tecnico scientifici.

La soluzione progettuale più opportuna per gli obiettivi di Piano, era rappresentata dalla realizzazione di una area umida ricostruita (*constructed wetland*), ubicata all'interno delle ex cave di argilla di Salzano; trattandosi di un'area a elevata valenza ambientale (area SIC/ZPS) l'intervento di riqualificazione si è basato sulla formazione di ambienti umidi che potessero incrementare la biodiversità all'interno delle Cave, avendo cura di preservare le formazioni vegetali di pregio presenti.

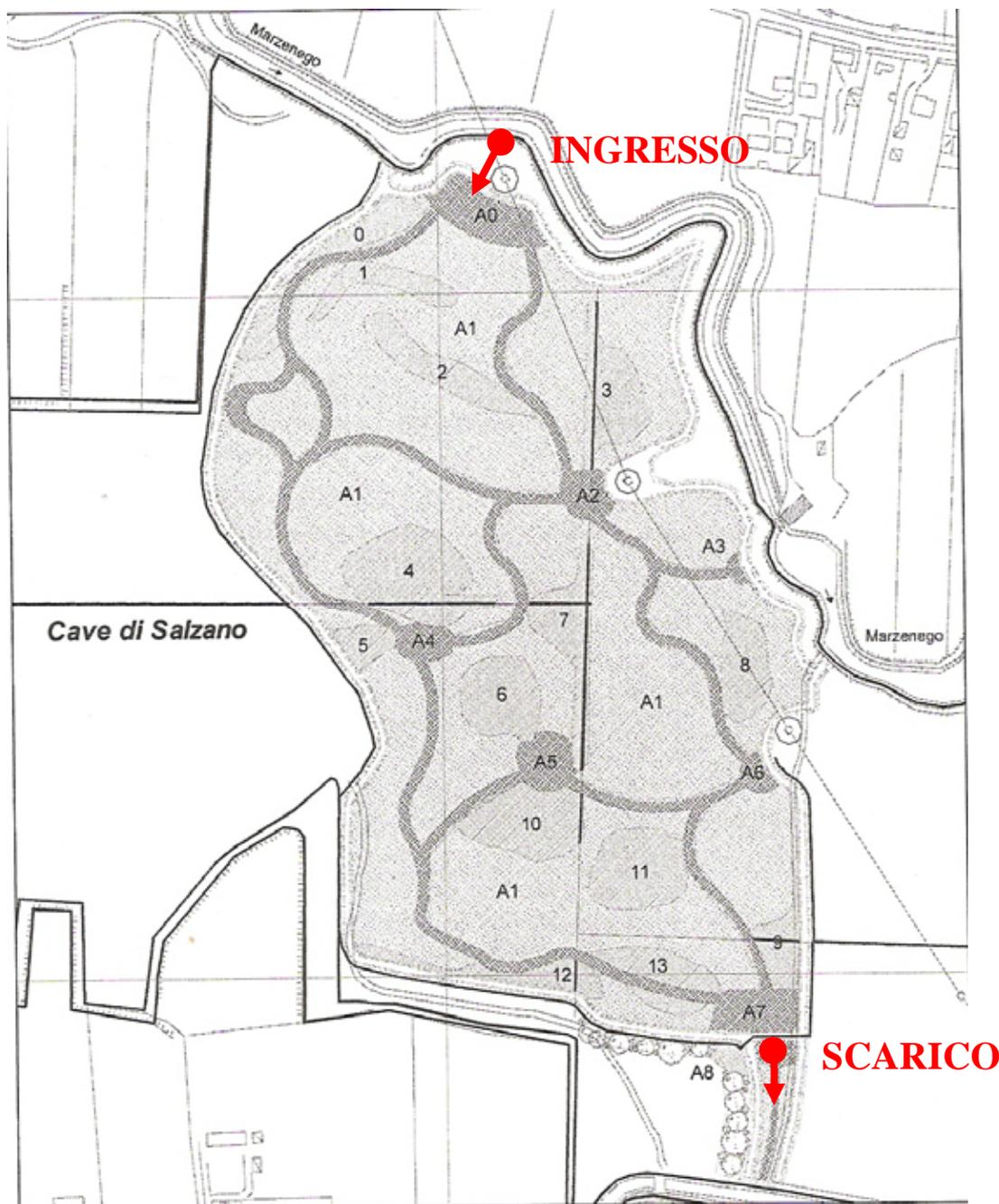


**Figura 1:** Foto aerea dell'area di cava fornita dal programma Google Earth

## UBICAZIONE DELL'AREA UMIDA DI SALZANO







**Figura 3:** Area umida “Ex cave Villetta” di Salzano (VE). Planimetria dopo gli interventi eseguiti con evidenziati il nuovo ingresso e il nuovo scarico.

## PROGRAMMA DI MONITORAGGIO

Il programma di monitoraggio dell’area umida ex cave di Salzano è stato progettato allo scopo di :



- Iniziare l'acquisizione di una serie storica di dati di qualità delle acque con cadenza mensile nelle stazioni di ingresso e di scarico;
- Verificare sperimentalmente che i tempi medi di residenza delle acque nelle condizioni di esercizio dell'impianto siano ottimali per i processi di fitodepurazione;
- Verificare sperimentalmente le rese di abbattimento degli inquinanti attraverso l'esecuzione di specifiche campagne di monitoraggio stagionali;
- Ottimizzare il programma di monitoraggio dell'impianto finalizzandolo allo studio della capacità fitodepurativa dell'area e allo studio del bilancio idrologico del sistema.

Gli ecosistemi ricostruiti cominciano la loro esistenza a partire da delle situazioni spesso notevolmente differenti dagli obiettivi dei progetti realizzativi; le ex cave di Salzano antecedentemente alla realizzazione del progetto del loro reinserimento nella rete idraulica del Consorzio di Bonifica Acque Risorgive si presentavano come un fitto bosco di vegetazione pioniera, relativamente omogeneo. Il disegno di progetto ha previsto la realizzazione ex novo di un sistema articolato di bassure, zone di ristagno e canali che favorissero la lenta distribuzione delle acque all'interno del bosco (figura 3), con lo scopo di:

- vivificare l'ecosistema;
- ottenere elevati tempi di residenza delle acque e ottimizzare le rese di fitodepurazione;
- garantire la migliore funzionalità dell'ecosistema;
- preservare e incrementare la biodiversità e il pregio naturalistico dell'area.

I processi che regolano lo sviluppo di questi ecosistemi ricostruiti sono naturali (fisici, chimici e biologici) e per una migliore resa degli interventi è preferibile evitare di perseguire in tempi brevi i risultati attesi, mirando piuttosto ad assecondare lo sviluppo spontaneo dell'ecosistema.

E' consigliabile quindi prevedere lo sviluppo graduale delle elofite e delle idrofite, per favorirne la maturazione e la diffusione nelle aree golenali, questo comporta il mantenimento dei livelli idrici a una quota di poco inferiore a quella di esercizio, per i primi due anni. In questo caso si osserva un regime di funzionamento con livelli e valori di portata più bassi nei primi anni, e un funzionamento a regime di portata ottimale alla maturazione dell'ecosistema.

Il programma di monitoraggio ha previsto la creazione di una serie storica di dati di qualità delle acque, in entrata ed in uscita dall'ecosistema, al fine di seguirne l'evoluzione nel lungo periodo, a questa attività sono state affiancate delle campagne di monitoraggio specifiche per determinare i tempi di residenza delle acque e le rese di abbattimento dei principali inquinanti nelle diverse



stagioni. Le serie di dati così ottenute permetteranno di seguire l'evoluzione del nuovo ecosistema dal tempo zero fino alla sua definitiva maturazione.

Il programma di monitoraggio di routine delle ex cave di Salzano è cominciato a partire da giugno 2009, mentre i monitoraggi specifici per i tempi di residenza delle acque e le rese di abbattimento dei nutrienti sono iniziati a partire da novembre 2009. Per tutto il periodo estivo e autunnale 2009 l'impianto è stato gestito con livelli idraulici e portate relativamente basse per permettere il miglior sviluppo della vegetazione palustre.

Questa la scaletta delle attività del primo anno di monitoraggio:

- 1- Giugno 2009 Inizio monitoraggio mensile di routine.
- 2- Novembre 2009 Determinazione sperimentale dei tempi di residenza delle acque.
- 3- Febbraio 2010 Monitoraggio rese impianto fitodepurazione: campagna invernale.
- 4- Aprile 2010 Monitoraggio rese impianto fitodepurazione: campagna primaverile.
- 5- Aprile 2010 Inizio utilizzo strumentazione misura e campionamento annessa all'impianto.
- 6- Luglio 2010 Monitoraggio rese impianto fitodepurazione: campagna estiva.
- 7- Settembre 2010 Monitoraggio rese impianto fitodepurazione: campagna autunnale.
- 8- Febbraio 2011 Presentazione rapporto finale delle attività primo anno di monitoraggio.

## **MONITORAGGIO DI ROUTINE**

A partire da giugno 2009 sono iniziate delle campagne di monitoraggio specifiche per la determinazione dei parametri chimici e chimico-fisici (Tabella 1) per le stazioni posizionate all'ingresso e allo scarico dell'area umida di Salzano. Nella tabella sono elencati due tipologie di parametri: la prima composta da parametri chimico fisici determinati direttamente in sito attraverso lo strumento multiprobe p4 della WTW e la seconda da parametri chimici determinati nei laboratori universitari del LASA sui campioni di acqua raccolti.



<b>Parametri chimico fisici</b>		
<b>T</b>	Temperatura acqua	<b>°C</b>
<b>pH</b>	Attività ioni idrogeno	
<b>Cond.El</b>	Conducibilità elettrica	<b>μS</b>
<b>Sal</b>	Salinità	<b>p.s.u.</b>
<b>D.O. conc</b>	Ossigeno disciolto	<b>mg/L</b>
<b>D.O.%</b>	Ossigeno disciolto	<b>% di sat.</b>

<b>Parametri chimici</b>		
<b>N.NH<sub>4</sub></b>	Azoto ammoniacale	<b>mg/L</b>
<b>N-NO<sub>2</sub></b>	Azoto nitroso	<b>mg/L</b>
<b>N-NO<sub>3</sub></b>	Azoto nitrico	<b>mg/L</b>
<b>T.D.I.N.</b>	Azoto totale inorganico disciolto	<b>mg/L</b>
<b>D.O.N.</b>	Azoto organico disciolto	<b>mg/L</b>
<b>T.D.N.</b>	Azoto totale disciolto	<b>mg/L</b>
<b>P.N.</b>	Azoto particolato	<b>mg/L</b>
<b>T.N.</b>	Azoto totale	<b>mg/L</b>
<b>P-PO<sub>4</sub></b>	Fosforo come ione ortofosfato	<b>mg/L</b>
<b>S.U.P.</b>	Fosforo solubile non reattivo	<b>mg/L</b>
<b>T.D.P.</b>	Fosforo totale disciolto	<b>mg/L</b>
<b>P.P.</b>	Fosforo particolato	<b>mg/L</b>
<b>T.P.</b>	Fosforo totale	<b>mg/L</b>
<b>S.S.T.</b>	Solidi sospesi totali	<b>mg/L</b>

**Tabella 1** Parametri chimici e chimico-fisici monitorati nelle stazioni dell'area umida di Salzano.

Questa attività di monitoraggio ha consentito di acquisire una serie storica di dati che diventerà preziosa nel lungo periodo, la campagna ha inoltre permesso ai ricercatori di prendere confidenza con le dinamiche dei parametri chimici specifiche di questo sistema e di ottimizzare le metodiche di campionamento e di analisi, adattandole quanto più possibile al caso studio in questione.

Nella tabella 2 sono riportate le date delle campagne di monitoraggio di routine effettuate.



<b>Campagne</b>	
<b>1</b>	23/06/2009
<b>2</b>	21/07/2009
<b>3</b>	26/08/2009
<b>4</b>	21/09/2009
<b>5</b>	20/10/2009
<b>6</b>	17/11/2009
<b>7</b>	01/12/2009
<b>8</b>	14/12/2009
<b>9</b>	11/01/2010
<b>10</b>	09/02/2010
<b>11</b>	23/03/2010
<b>12</b>	20/04/2010
<b>13</b>	18/05/2010
<b>14</b>	01/06/2010
<b>15</b>	29/06/2010

**Tabella 2** Elenco delle date dei monitoraggi effettuati

Nelle figure 4, 5, 6, 7, 8 e 9, riportate nelle pagine seguenti, sono rappresentati a titolo esemplificativo gli andamenti delle concentrazioni di azoto totale, di fosforo totale e solidi sospesi totali misurate durante le campagne di monitoraggio eseguite nelle due stazioni, con le relative rappresentazioni delle distribuzione statistiche tramite grafici del tipo scatole e baffi; nelle tabelle 3, 4 e 5 sono riassunti i valori minimi massimi e le medie delle principali forme di azoto e fosforo monitorate.



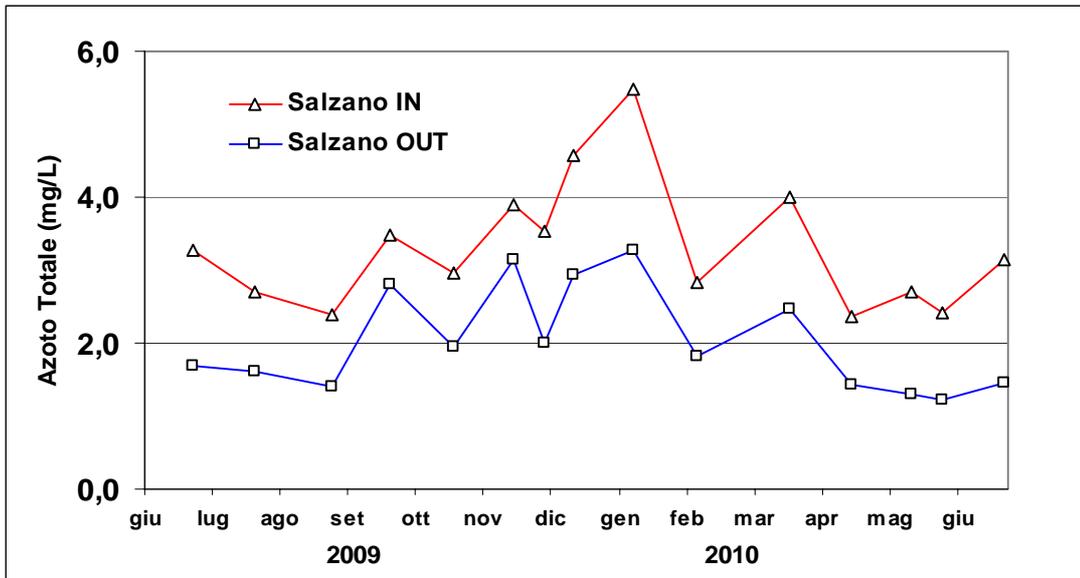


Figura 4 Andamento temporale delle concentrazioni di azoto totale nelle due stazioni monitorate.

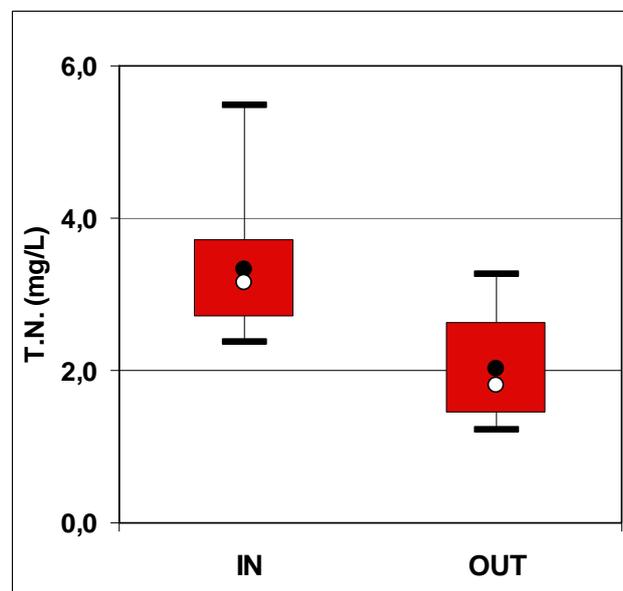


Figura 5 Distribuzione statistica dei dati di azoto totale (T.N.) delle due stazioni monitorate.

		N-NH <sub>4</sub>	N-NOX	T.N.	D.O.N	P.N.	T.N.
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
EX CAVE SALZANO	INGRESSO	minimo	0,01	1,1	2,4	0,2	2,4
		massimo	0,47	3,5	5,5	1,7	5,5
		media	0,11	2,1	3,3	0,8	3,3
SCARICO		minimo	< 0,01	< 0,1	1,2	0,1	1,2
		massimo	0,27	2,3	3,3	1,6	3,3
		media	0,05	1,0	2,0	0,6	2,0

Tabella 3 Valori minimi massimi e medie delle principali forme di azoto



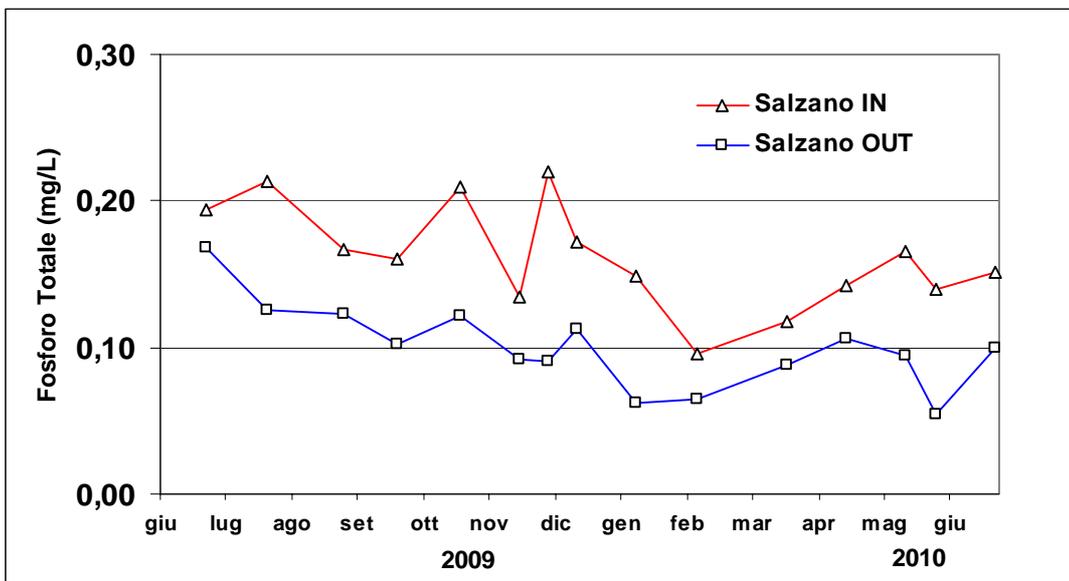


Figura 6 Andamento temporale delle concentrazioni di fosforo totale nelle due stazioni monitorate.

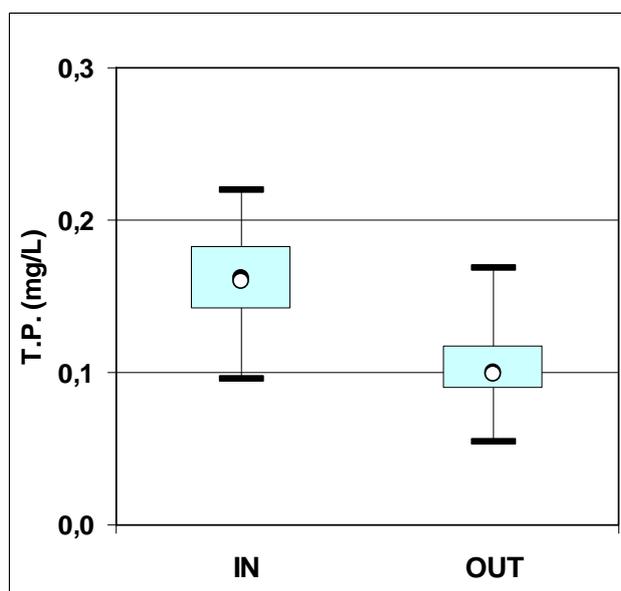
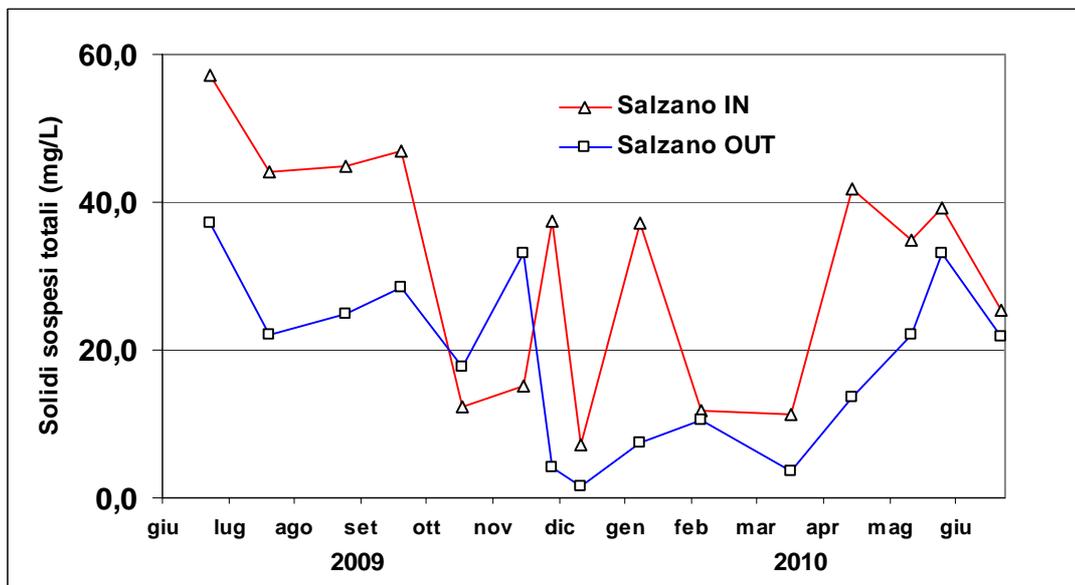


Figura 7 Distribuzione statistica dei dati di fosforo totale (T.P.) delle due stazioni monitorate.

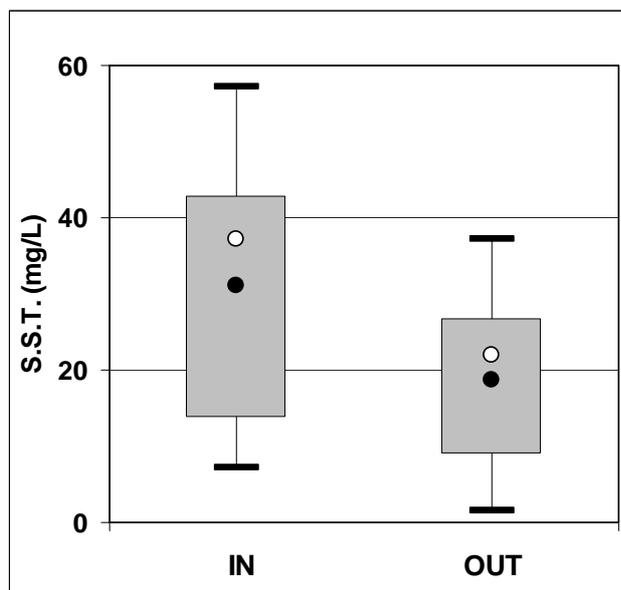
		P-PO <sub>4</sub>	S.U.P.	P.P.	T.P.	
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
EX CAVE SALZANO	INGRESSO	minimo	0,031	0,009	0,025	0,096
		massimo	0,090	0,107	0,120	0,220
		media	0,060	0,046	0,056	0,162
	SCARICO	minimo	0,007	0,002	0,026	0,055
		massimo	0,046	0,052	0,109	0,168
		media	0,027	0,024	0,050	0,100

Tabella 4 Valori minimi massimi e medie delle principali forme di fosforo.





**Figura 8** Andamento temporale delle concentrazioni dei Solidi Sospesi Totali nelle due stazioni monitorate.



**Figura 9** Distribuzione statistica a confronto dei dati di solidi sospesi totali (S.S.T.) delle due stazioni monitorate.

		S.S.T. mg/L
EX CAVE SALZANO	INGRESSO	minimo 7
		massimo 57
		media 31
EX CAVE SALZANO	SCARICO	minimo 2
		massimo 37
		media 19

**Tabella 5** Valori minimi massimi e medie dei solidi sospesi totali



La concentrazione di azoto totale, nelle acque in ingresso alle ex cave di Salzano provenienti dal fiume Marzenego, presenta un andamento di tipo stagionale (figura 4) con valori più alti durante il periodo invernale (5,5 mg/L al 01/10) e più bassi nel periodo estivo (2,5 mg/L al 06/10); la concentrazione dello stesso parametro nelle acque in uscita mostra un analogo andamento stagionale anche se attenuato per l'abbattimento di questo parametro da parte dell'ecosistema, con valori di picco di 3,3 mg/L (01/10) e valori minimi di 1,2 mg/L (06/10) sempre nei periodi estivi. I parametri fosforo totale e solidi sospesi totali non mostrano evidenza alcuna di andamenti stagionali poiché le loro concentrazioni risultano essere prevalentemente funzione dell'intensità degli eventi di deflusso legati alle precipitazioni nel bacino del fiume; le acque in ingresso alle ex cave di Salzano presentano valori massimi di fosforo totale durante il periodo invernale (0,22 mg/L 12/09) e valori minimi sempre nel periodo invernale (0,09 mg/L 02/10), mentre le acque in uscita mostrano variazioni dei valori del parametro fosforo totale meno marcate con valori di picco di 0,17 mg/L (06/09) e valori minimi di 0,06 mg/L (02/10). I valori di picco dei solidi sospesi in ingresso alle ex cave di Salzano sono decisamente influenzati dal regime idrologico del fiume Marzenego: le precipitazioni infatti aumentano le portate di questo fiume e anche il corrispondente trasporto solido; nel periodo monitorato sono stati riscontrati dei picchi di concentrazione di solidi sospesi totali di 57 mg/L (06/09) e dei valori minimi di 7 mg/L (12/09); il contenuto di solidi sospesi totali nelle acque in uscita dall'impianto non sono mai molto bassi a causa della elevata produttività primaria dell'area con valori massimi di 37 mg/L (05/10) e valori minimi di 2 mg/L (12/09). I dati del monitoraggio di routine rappresentano solo una parte della realtà relativa ai nutrienti in transito nelle ex-cave di Salzano; infatti un solo campionamento al mese difficilmente riesce a descrivere una serie di situazioni estreme ed anomale che, come nel caso delle piene del fiume Marzenego, si sviluppano in archi di tempo relativamente brevi (5-10 gg) e che possono quindi sfuggire ai campionamenti sistematici. La prima osservazione importante sui dati del monitoraggio di routine può essere fatta sulla qualità delle acque in ingresso dal fiume Marzenego: queste mostrano infatti chiaramente degli andamenti sia stagionali, per alcuni inquinanti come l'azoto, sia legati a eventi di deflusso a seguito di intense precipitazioni (come per il fosforo e i solidi sospesi totali), ma presentano sempre lungo tutto l'arco dell'anno delle concentrazioni significative. Si ricorda che per avere dei buoni risultati nelle rese di abbattimento è fondamentale la presenza di alcuni inquinanti specifici (azoto nitrico, fosforo come ione ortofosfato e solidi sospesi totali) in concentrazioni idonee durante tutto l'anno, e in particolar modo durante il periodo di maggiore attività della componente vegetale coinvolta nell'area umida ricostruita.



## VERIFICA DELLA CAPACITA' FITODEPURATIVA DELL'AREA

Nelle pagine successive verranno illustrati i risultati delle quattro campagne di monitoraggio effettuate ed elencate nella tabella 7.

	<b>Stagione</b>	<b>Data inizio</b>	<b>Data termine</b>
<b>1</b>	Inverno 2010	03-02-2010	14-02-2010
<b>2</b>	Primavera 2010	23-04-2010	05-05-2010
<b>3</b>	Estate 2010	09-07-2010	20-07-2010
<b>4</b>	Autunno 2010	01-10-2010	12-10-2010

**Tabella 7** Elenco campagne di monitoraggio effettuate

### Campagna invernale 2010

Data inizio campagna 03-02-2010 Data fine campagna 14-02-2010

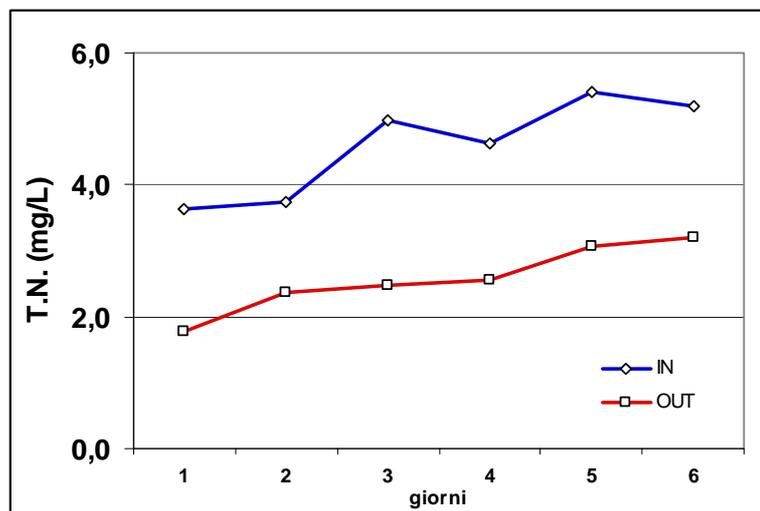
Portata media ingresso 33,5 L/s Portata media scarico 41,4 L/s Livello medio area 0,55 m

Nelle tabelle 8 e 9 sono riassunti tutti i dati delle analisi effettuate sui 12 campioni della campagna invernale, nelle figure 20, 21 e 22 sono rappresentati gli andamenti dei parametri azoto totale, fosforo totale e solidi sospesi totali, mentre nella tabella 10 sono riassunte le rese in % dei principali parametri monitorati

		<b>N-NH<sub>4</sub></b> mg/L	<b>N-NOX</b> mg/L	<b>T.D.I.N.</b> mg/L	<b>D.O.N</b> mg/L	<b>T.D.N.</b> mg/L	<b>P.N.</b> mg/L	<b>T.N.</b> mg/L
<b>INVERNO 2009</b>	IN1	0,07	2,7	2,7	0,8	3,5	0,1	3,6
	IN2	0,08	2,6	2,7	0,9	3,6	0,1	3,7
	IN3	0,13	2,2	2,3	1,2	3,5	1,4	5,0
	IN4	0,13	1,8	2,0	1,7	3,6	1,0	4,6
	IN5	0,12	3,4	3,5	1,3	4,8	0,6	5,4
	IN6	0,12	3,7	3,8	1,0	4,8	0,4	5,2
	OUT1	0,15	1,2	1,4	0,2	1,6	0,2	1,8
	OUT2	0,06	1,3	1,3	0,9	2,2	0,2	2,4
	OUT3	0,12	1,6	1,7	0,6	2,3	0,2	2,5
	OUT4	0,04	1,7	1,8	0,6	2,4	0,2	2,6
	OUT5	0,04	1,7	1,8	1,1	2,9	0,1	3,1
	OUT6	0,04	1,9	2,0	1,1	3,0	0,2	3,2

**Tabella 8** Risultati delle analisi dei principali parametri dell'azoto della campagna invernale

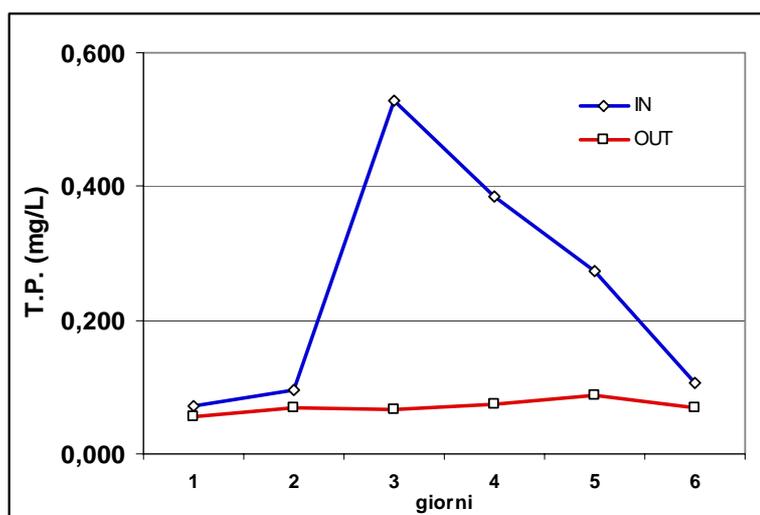




**Figura 20** Andamento a confronto delle concentrazioni di azoto totale all'ingresso e allo scarico delle ex cave di Salzano nella campagna invernale

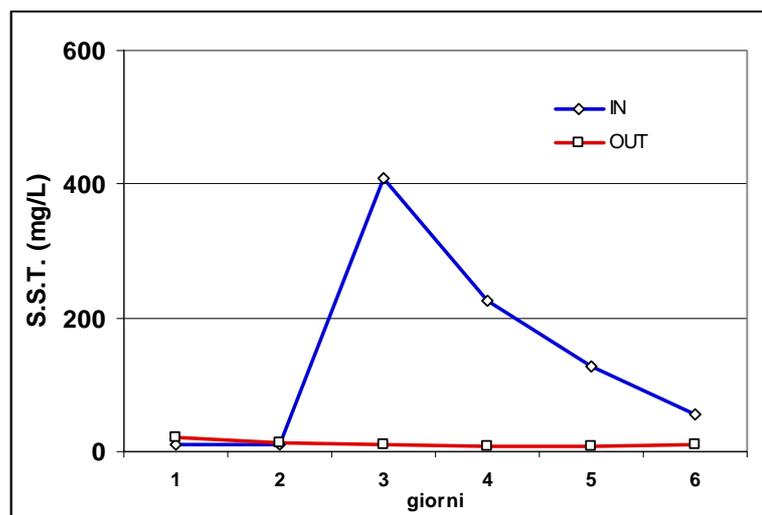
		P-PO <sub>4</sub> mg/L	S.U.P. mg/L	T.D.P. mg/L	P.P. mg/L	T.P. mg/L	S.S.T. mg/L
<b>INVERNO 2009</b>	IN1	0,035	0,017	0,051	0,020	0,072	11
	IN2	0,024	0,042	0,066	0,030	0,096	11
	IN3	0,068	0,122	0,190	0,338	0,528	408
	IN4	0,031	0,115	0,146	0,239	0,385	226
	IN5	0,061	0,056	0,117	0,155	0,272	128
	IN6	0,031	0,014	0,045	0,062	0,107	55
	OUT1	0,016	0,002	0,019	0,037	0,055	20
	OUT2	0,020	0,020	0,040	0,030	0,070	13
	OUT3	0,016	0,024	0,040	0,025	0,066	10
	OUT4	0,024	0,024	0,048	0,026	0,073	8
	OUT5	0,020	0,042	0,062	0,025	0,088	8
	OUT6	0,020	0,020	0,040	0,028	0,068	10

**Tabella 9** Risultati delle analisi dei principali parametri del fosforo e dei solidi sospesi totali della campagna invernale



**Figura 21** Andamento a confronto delle concentrazioni di fosforo totale all'ingresso e allo scarico delle ex cave di Salzano nella campagna invernale





**Figura 22** Andamento a confronto delle concentrazioni dei solidi sospesi totali all'ingresso e allo scarico delle ex cave di Salzano nella campagna invernale

	N-NH <sub>4</sub> + D.O.N. mg/L	N-NOX mg/L	T.N. mg/L	P-PO <sub>4</sub> mg/L	T.P. mg/L	S.S.T. mg/L
IN	1,3	2,7	4,6	0,042	0,243	140
OUT	0,8	1,6	2,6	0,019	0,070	11
RESA%	33,4	42,3	44,0	53,4	71,2	91,8

**Tabella 10** Rese di abbattimento dei principali inquinanti nella campagna invernale

La campagna invernale è stata eseguita dal 03 al 14 febbraio 2010; essa è stata caratterizzata da un incremento della portata del fiume Marzenego a seguito di precipitazioni.

Essendo la sezione di ingresso controllata da paratoie mobili l'incremento della portata del fiume non ha comportato un pari incremento delle portate in ingresso, ma ha portato due effetti evidenti:

- l'accumulo di detriti nello sgrigliatore all'ingresso; tutto ciò ha richiesto per il mantenimento di una portata costante all'ingresso dei frequenti interventi di pulizia straordinari con asportazione manuale dei detriti accumulati e temporanea apertura straordinaria della paratoia;
- la presenza di concentrazioni elevate di solidi sospesi totali e di fosforo totale nelle acque all'ingresso

Le rese di questa campagna nonostante il periodo invernale nel quale l'attività biologica di piante e microrganismi è ridotta, è più che soddisfacente con un abbattimento del 44% dell'azoto totale e del 71% di fosforo totale e 92% dei solidi sospesi totali.

Questa campagna esprime la potenzialità di questa tipologia di ecosistemi ricostruiti nell'abbattimento dei solidi sospesi totali e della frazione di fosforo ad esso associato, dalle figure 21



e 22 è bene evidente come anche le concentrazioni di solidi sospesi totali e di fosforo totale vengano interamente abbattute sfruttando i processi di sedimentazione.

### Campagna primaverile 2010

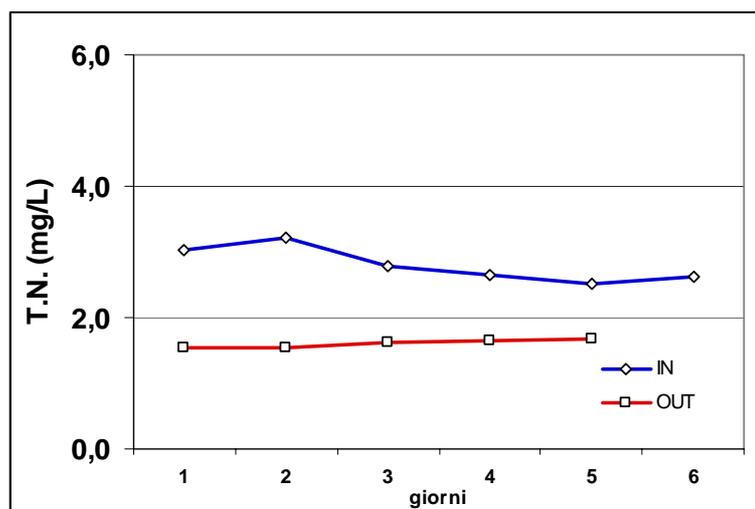
Data inizio campagna 23-04-2010 Data fine campagna 05-05-2010

Portata media ingresso 25,5 L/s Portata media scarico 36,2 L/s Livello medio area 0,59 m

Nelle tabelle 11 e 12 sono riassunti tutti i dati delle analisi effettuate sui 12 campioni della campagna primaverile, nelle figure 23, 24 e 25 sono rappresentati gli andamenti dei parametri azoto totale, fosforo totale e solidi sospesi totali, mentre nella tabella 13 sono riassunte le rese in % dei principali parametri monitorati

		N-NH <sub>4</sub> mg/L	N-NOX mg/L	T.D.I.N. mg/L	D.O.N mg/L	T.D.N. mg/L	P.N. mg/L	T.N. mg/L
<b>PRIMAVERA 2010</b>	IN1	0,05	1,74	1,8	0,8	2,6	0,4	3,0
	IN2	0,14	2,16	2,3	0,6	2,9	0,3	3,2
	IN3	0,02	1,87	1,9	0,8	2,7	0,1	2,8
	IN4	0,11	1,78	1,9	0,7	2,6	0,0	2,7
	IN5	0,11	1,74	1,9	0,6	2,4	0,1	2,5
	IN6	0,05	1,70	1,7	0,8	2,5	0,1	2,6
	OUT1	0,22	0,08	0,3	0,9	1,2	0,3	1,5
	OUT2	0,49	0,04	0,5	0,6	1,1	0,4	1,5
	OUT3	0,16	0,19	0,4	0,8	1,1	0,5	1,6
	OUT4	0,19	0,23	0,4	0,7	1,1	0,5	1,6
	OUT5	0,16	0,12	0,3	0,8	1,1	0,6	1,7

**Tabella 11** Risultati delle analisi dei principali parametri dell'azoto della campagna primaverile

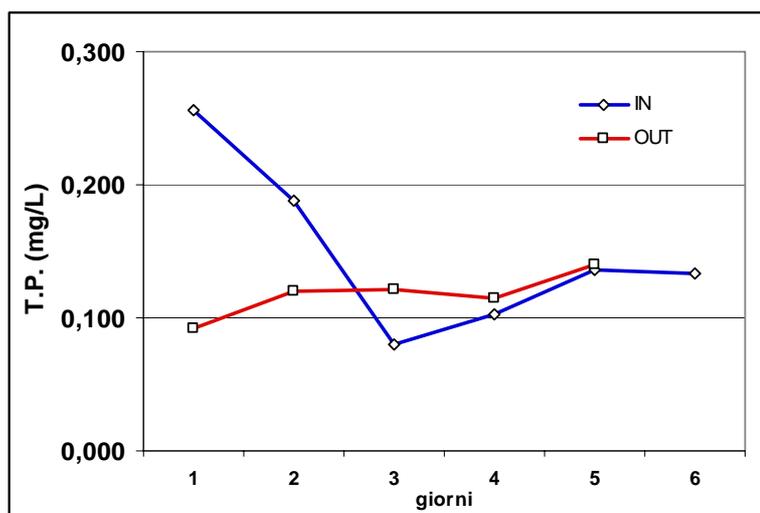


**Figura 23** Andamento delle concentrazioni di azoto totale all'ingresso e allo scarico delle ex cave di Salzano nella campagna primaverile

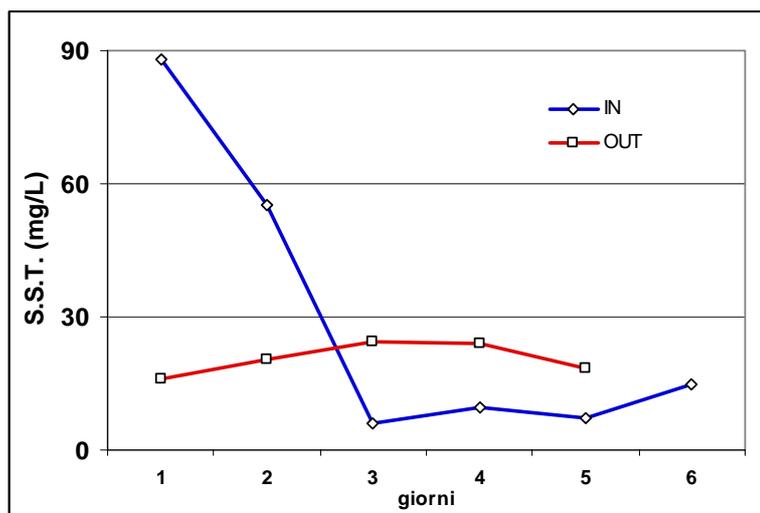


		P-PO <sub>4</sub>	S.U.P.	T.D.P.	P.P.	T.P.	S.S.T.
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
<b>PRIMAVERA 2010</b>	IN1	0,046	0,111	0,157	0,099	0,256	88
	IN2	0,050	0,075	0,124	0,064	0,188	55
	IN3	0,046	0,020	0,066	0,014	0,080	6
	IN4	0,035	0,064	0,099	0,004	0,103	10
	IN5	0,046	0,064	0,110	0,026	0,136	7
	IN6	0,042	0,064	0,106	0,027	0,133	15
	OUT1	0,020	0,028	0,048	0,044	0,092	16
	OUT2	0,024	0,042	0,066	0,054	0,120	20
	OUT3	0,020	0,031	0,051	0,070	0,122	24
	OUT4	0,024	0,024	0,048	0,067	0,115	24
	OUT5	0,027	0,046	0,073	0,067	0,141	18

**Tabella 12** Risultati delle analisi dei principali parametri del fosforo e dei solidi sospesi totali della campagna primaverile



**Figura 24** Andamento delle concentrazioni di fosforo totale all'ingresso e allo scarico delle ex cave di Salzano della campagna primaverile



**Figura 25** Andamento delle concentrazioni dei solidi sospesi totali all'ingresso e allo scarico delle ex cave di Salzano della campagna primaverile



	N-NH <sub>4</sub> + D.O.N. mg/L	N-NOX mg/L	T.N. mg/L	P-PO <sub>4</sub> mg/L	T.P. mg/L	S.S.T. mg/L
IN	0,8	1,8	2,8	0,044	0,149	30
OUT	1,0	0,1	1,6	0,023	0,118	21
RESA%	-24,1	92,8	42,6	47,9	21,0	31,7

**Tabella 13** Rese di abbattimento dei principali inquinanti nella campagna primaverile

La campagna primaverile è stata eseguita dal 23 aprile al 05 maggio 2010; essa è stata caratterizzata da un incremento della portata del fiume Marzenego a seguito di precipitazioni nei giorni immediatamente precedenti la campagna .

Essendo la sezione di ingresso controllata da paratoie mobili l'incremento della portata del fiume non ha comportato un pari incremento delle portate in ingresso, ma ha portato due effetti evidenti:

- l'accumulo di detriti nello sgrigliatore all'ingresso; tutto ciò ha richiesto per il mantenimento di una portata costante all'ingresso di due interventi di pulizia straordinari con asportazione manuale dei detriti accumulati e temporanea apertura straordinaria della paratoia nei primi due giorni della campagna primaverile;
- la presenza di concentrazioni elevate di solidi sospesi totali e di fosforo totale nelle acque all'ingresso nei primi due giorni della campagna.

Le rese di questa campagna effettuata nel tardo periodo primaverile evidenzia un soddisfacente attività biologica di piante e microrganismi, con un abbattimento del 93% dell'azoto ossidato e solamente del 21% di fosforo totale e 32 % dei solidi sospesi totali.

In questo periodo si nota come aumenti notevolmente la richiesta da parte dell'ecosistema nella frazione azotata mentre apparentemente si riduce l'abbattimento di fosforo totale e solidi sospesi totali. Tale scarso abbattimento non è altro che la sommatoria di un buon abbattimento legato alla sola sedimentazione che funziona sempre bene per le ridotte velocità delle acque nell'area umida con la elevata produttività primaria di questi ecosistemi. Infatti una parte dei nutrienti abbattuti vanno a formare biomassa vegetale come fitoplancton che viene determinata in uscita come nutriente associato al particolato; in questo caso più che di un abbattimento si tratta di una trasformazione catalizzata dalla matrice biologica.

I risultati di questa campagna mostrano sia l'abbattimento delle concentrazioni di azoto totale legato soprattutto all'assimilazione della frazione ossidata come rappresentato nella figura 23, sia il non abbattimento delle concentrazioni di fosforo totale e dei solidi sospesi totali, legato soprattutto alla trasformazione delle frazioni inorganiche in fitoplancton (figure 24 e 25).



## Campagna estiva 2010

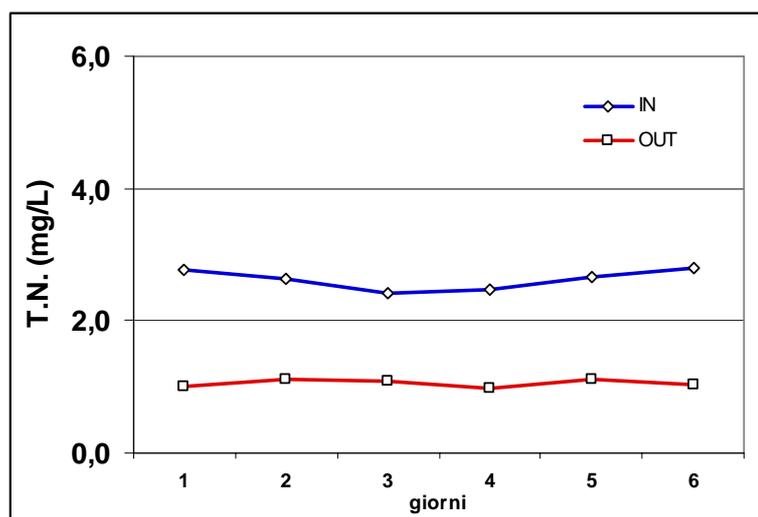
Data inizio campagna 09-07-2010 Data fine campagna 20-07-2010

Portata media ingresso 31,6 L/s Portata media scarico 43,4 L/s Livello medio area 0,71 m

Nelle tabelle 14 e 15 non riassunti tutti i dati delle analisi effettuate sui 12 campioni della campagna primaverile, nelle figure 26, 27 e 28 sono rappresentati gli andamenti dei parametri azoto totale, fosforo totale e solidi sospesi totali, mentre nella tabella 16 sono riassunte le rese in % dei principali parametri monitorati.

		N-NH <sub>4</sub> mg/L	N-NOX mg/L	T.D.I.N. mg/L	D.O.N mg/L	T.D.N. mg/L	P.N. mg/L	T.N. mg/L
<b>ESTATE 2010</b>	IN1	0,00	2,0	2,0	0,2	2,2	0,5	2,8
	IN2	0,00	2,2	2,2	0,1	2,3	0,3	2,6
	IN3	0,01	2,0	2,0	0,1	2,1	0,3	2,4
	IN4	0,01	2,0	2,0	0,1	2,1	0,4	2,5
	IN5	0,00	2,0	2,0	0,3	2,3	0,3	2,7
	IN6	0,00	2,0	2,0	0,4	2,5	0,3	2,8
	OUT1	0,02	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	1,0
	OUT2	0,06	0,1	0,2	0,6	0,8	0,3	1,1
	OUT3	0,07	0,1	0,1	0,6	0,8	0,3	1,1
	OUT4	0,07	0,1	0,1	0,5	0,6	0,3	1,0
	OUT5	0,07	0,1	0,2	0,6	0,8	0,3	1,1
	OUT6	0,03	0,1	0,1	0,5	0,6	0,4	1,0

**Tabella 14** Risultati delle analisi dei principali parametri dell'azoto della campagna estiva

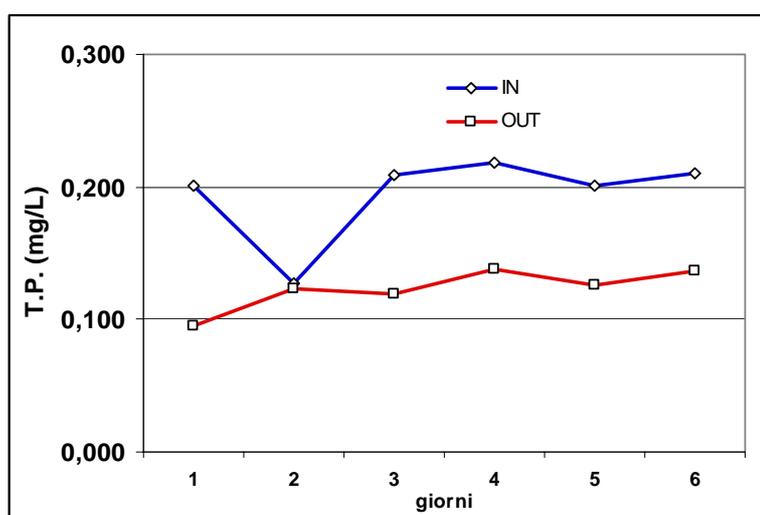


**Figura 26** Andamento a confronto delle concentrazioni di azoto totale all'ingresso e allo scarico delle ex cave di Salzano nella campagna estiva

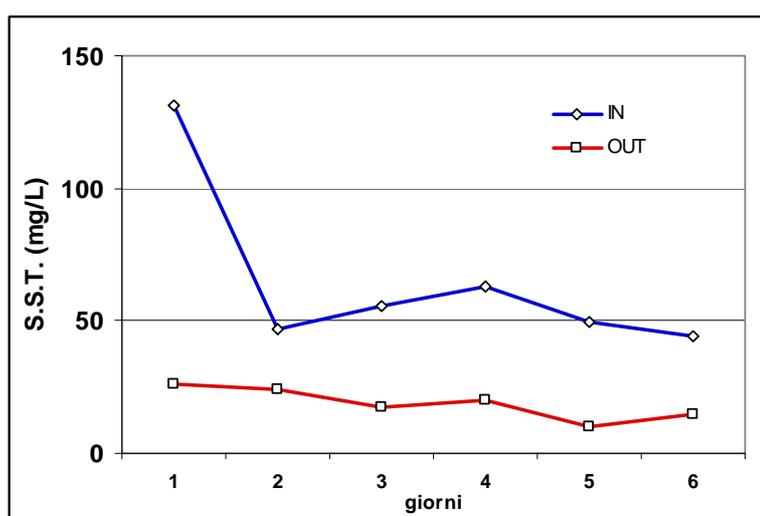


		P-PO <sub>4</sub>	S.U.P.	T.D.P.	P.P.	T.P.	S.S.T.
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
<b>ESTATE 2010</b>	IN1	0,080	0,088	0,168	0,083	0,252	131
	IN2	0,059	0,053	0,112	0,068	0,181	47
	IN3	0,054	0,088	0,142	0,077	0,220	56
	IN4	0,059	0,072	0,131	0,075	0,207	63
	IN5	0,075	0,063	0,139	0,066	0,205	50
	IN6	0,092	0,076	0,168	0,070	0,239	44
	OUT1	0,024	0,029	0,053	0,066	0,118	26
	OUT2	0,023	0,075	0,097	0,049	0,146	24
	OUT3	0,027	0,052	0,079	0,043	0,122	17
	OUT4	0,025	0,050	0,075	0,044	0,119	20
	OUT5	0,028	0,047	0,075	0,051	0,126	10
	OUT6	0,027	0,045	0,071	0,050	0,121	15

**Tabella 15** Risultati delle analisi dei principali parametri del fosforo e dei solidi sospesi totali della campagna estiva



**Figura 27** Andamento a confronto delle concentrazioni di fosforo totale all'ingresso e allo scarico delle ex cave di Salzano nella campagna estiva



**Figura 28** Andamento a confronto delle concentrazioni dei solidi sospesi totali all'ingresso e allo scarico delle ex cave di Salzano nella campagna estiva



	N-NH <sub>4</sub> + D.O.N. mg/L	N-NOX mg/L	T.N. mg/L	P-PO <sub>4</sub> mg/L	T.P. mg/L	S.S.T. mg/L
IN	0,2	2,0	2,6	0,070	0,217	65
OUT	0,6	0,1	1,1	0,026	0,125	19
RESA%	-157,7	94,4	59,8	63,2	42,3	71,2

**Tabella 16** Rese di abbattimento dei principali inquinanti nella campagna estiva

La campagna estiva è stata eseguita dal 09 al 20 luglio 2010; essa è stata caratterizzata da una costanza nelle portate del fiume Marzenego.

Portate costanti legate ad assenza di precipitazioni durante il periodo della campagna di monitoraggio hanno portato ad un migliore funzionamento della stazione all'ingresso soprattutto per lo scarso accumulo di detriti.

La campagna estiva ha evidenziato alcune peculiarità del sistema:

- le altissime rese di abbattimento della frazione azoto ossidato; per le sue caratteristiche il fiume Marzenego presenta anche nel periodo estivo concentrazioni significative di azoto ossidato (2,0 mg/L) che consentono alle ex-cave di Salzano di esprimere al meglio la loro potenzialità di abbattimento dei nutrienti azotati;
- come già si vedeva nella campagna primaverile l'area restituisce concentrazioni maggiori di azoto organico e ammoniacale legato al fatto che l'area è un ecosistema vivo e popolato di micro e macro organismi che trasformano i nutrienti in sostanza organica;

Le rese di questa campagna estiva sono ancora eccellenti per l'azoto ossidato con abbattimenti del 94% e più che soddisfacenti per il fosforo totale e i solidi sospesi totali (42% e 72 % rispettivamente) considerando anche la alta produttività fitoplanctonica del periodo.

La zona di prima espansione delle acque di alimentazione della ex cave di Salzano in questo periodo si presenta ricoperta di una fitta patina di fitoplancton agglomerato; infatti esso trova subito all'interno dell'area umida le migliori condizioni per il suo sviluppo, legate alla scarsa velocità di movimento delle acque.

A dispetto di questa crescita eccessiva di fitoplancton non sono comunque mai state rilevate manifestazioni di anossia legate alla sua decomposizione, si può quindi considerare il fenomeno come una delle fasi della normale evoluzione di questi ecosistemi e valutare la produzione di biomassa che ne consegue come una fonte di alimentazione importante per tutta la catena alimentare dell'ambiente acquatico. Gli abbattimenti specifici sono evidenziati nelle figure 26, 27 e 28.



## Campagna autunnale 2010

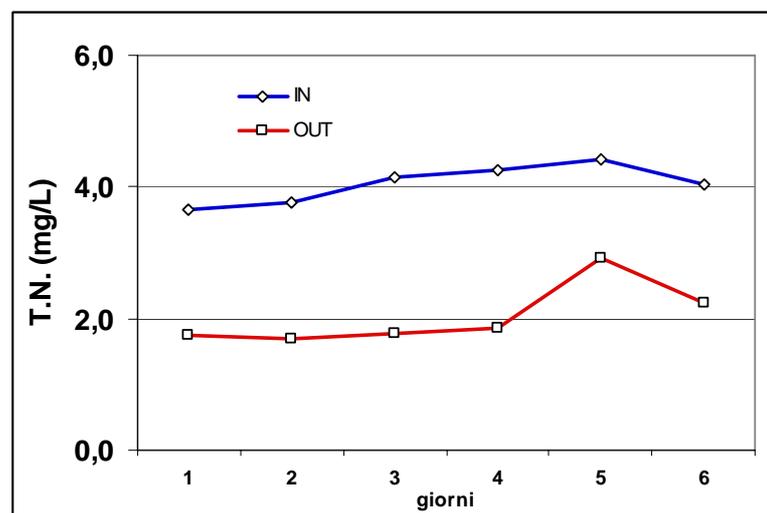
Data inizio campagna 01-10-2010 Data fine campagna 12-10-2010

Portata media ingresso 44,1 L/s Portata media scarico 50,6 L/s Livello medio area 0,89 m

Nelle tabelle 17 e 18 non riassunti tutti i dati delle analisi effettuate sui 12 campioni della campagna primaverile, nelle figure 29, 30, e 31 sono rappresentati gli andamenti dei parametri azoto totale, fosforo totale e solidi sospesi totali, mentre nella tabella 19 sono riassunte le rese in % dei principali parametri monitorati.

		N-NH <sub>4</sub> mg/L	N-NOX mg/L	T.D.I.N. mg/L	D.O.N mg/L	T.D.N. mg/L	P.N. mg/L	T.N. mg/L
AUTUNNO 2010	IN1	0,01	2,5	2,5	0,6	3,2	0,5	3,6
	IN2	0,01	2,8	2,8	0,7	3,5	0,2	3,8
	IN3	0,05	2,9	3,0	0,9	3,9	0,2	4,1
	IN4	0,01	3,2	3,3	0,6	3,9	0,4	4,3
	IN5	0,02	3,1	3,2	0,7	3,9	0,5	4,4
	IN6	0,04	2,9	2,9	0,7	3,7	0,4	4,0
	OUT1	0,02	0,8	0,8	0,5	1,4	0,4	1,8
	OUT2	0,06	0,3	0,3	1,1	1,4	0,3	1,7
	OUT3	0,05	0,8	0,9	0,5	1,4	0,4	1,8
	OUT4	0,03	0,8	0,9	0,6	1,5	0,4	1,9
	OUT5	0,01	0,7	0,7	1,7	2,5	0,5	2,9
	OUT6	0,01	1,0	1,0	0,6	1,6	0,6	2,2

**Tabella 17** Risultati delle analisi dei principali parametri dell'azoto della campagna autunnale

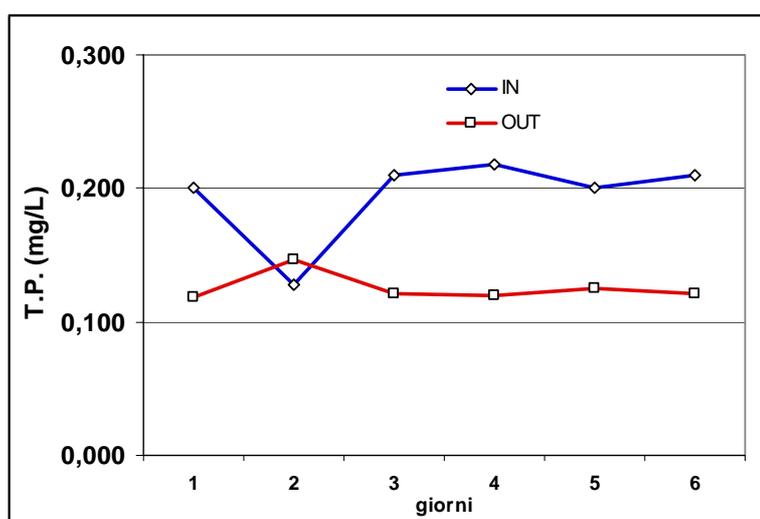


**Figura 29** Andamento a confronto delle concentrazioni di azoto totale all'ingresso e allo scarico delle ex cave di Salzano nella campagna autunnale

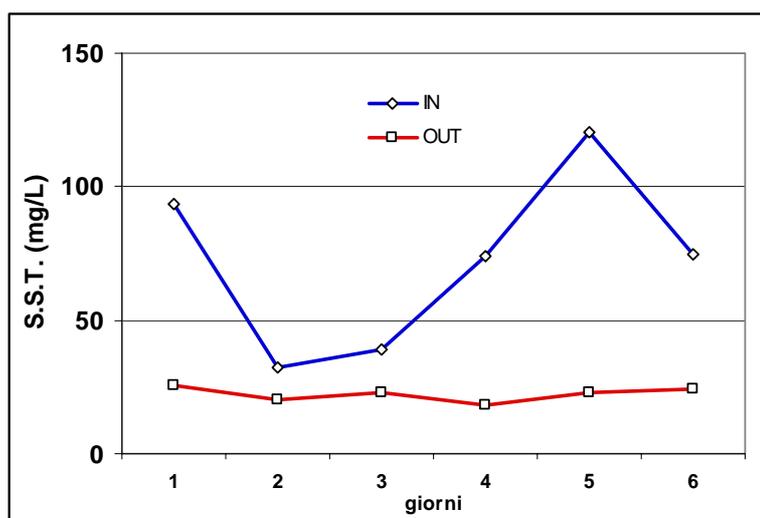


		P-PO <sub>4</sub>	S.U.P.	T.D.P.	P.P.	T.P.	S.S.T.
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
AUTUNNO 2010	IN1	0,042	0,067	0,109	0,092	0,201	94
	IN2	0,035	0,051	0,086	0,041	0,127	33
	IN3	0,113	0,051	0,165	0,045	0,209	39
	IN4	0,054	0,099	0,153	0,065	0,218	74
	IN5	0,071	0,037	0,109	0,092	0,200	121
	IN6	0,076	0,070	0,146	0,064	0,210	75
	OUT1	0,023	0,033	0,056	0,039	0,096	26
	OUT2	0,027	0,051	0,079	0,044	0,123	20
	OUT3	0,022	0,050	0,071	0,048	0,120	23
	OUT4	0,029	0,061	0,090	0,048	0,138	18
	OUT5	0,023	0,056	0,079	0,047	0,126	23
	OUT6	0,023	0,048	0,071	0,065	0,137	24

**Tabella 18** Risultati delle analisi dei principali parametri del fosforo e dei solidi sospesi totali della campagna autunnale



**Figura 30** Andamento a confronto delle concentrazioni di fosforo totale all'ingresso e allo scarico delle ex cave di Salzano nella campagna autunnale



**Figura 31** Andamento a confronto delle concentrazioni dei solidi sospesi totali all'ingresso e allo scarico delle ex cave di Salzano nella campagna estiva



	N-NH <sub>4</sub> + D.O.N. mg/L	N-NOX mg/L	T.N. mg/L	P-PO <sub>4</sub> mg/L	T.P. mg/L	S.S.T. mg/L
IN	0,8	2,9	4,0	0,065	0,194	72
OUT	0,9	0,7	2,0	0,025	0,123	22
RESA%	-15,8	74,8	49,5	62,4	36,7	69,2

**Tabella 19** Rese di abbattimento dei principali inquinanti nella campagna autunnale

La campagna autunnale è stata eseguita dal 01 al 12 ottobre 2010; essa è stata caratterizzata da un regime idraulico altalenante nelle portate del fiume Marzenego, il tutto legato a fenomeni di precipitazioni frequenti nel bacino del fiume.

Le portate non costanti di questo periodo hanno comunque creato pochi problemi soprattutto per l'assenza di grossi quantitativi di detriti trasportati dal fiume e quindi non ci sono stati fenomeni importanti di intasamento dello sgrigliatore alla sezione di ingresso.

La campagna autunnale è stata caratterizzata da:

- una buona costanza di funzionamento nel sistema per tutto il periodo di monitoraggio;
- buone rese di abbattimento nonostante il termine della stagione biologicamente attiva;
- il raggiungimento e mantenimento dei livelli di funzionamento a regime dell'area.

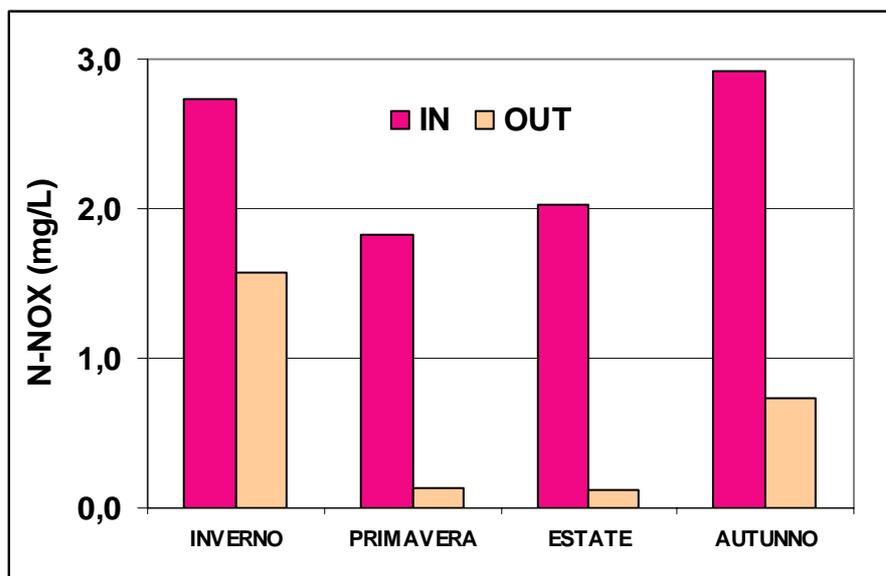
Le rese di questa campagna estiva sono ancora eccellenti per l'azoto ossidato con abbattimenti del 75% e più che soddisfacenti per il fosforo totale e i solidi sospesi totali (37% e 69% rispettivamente), considerando anche l'avvicinarsi della stagione fredda e poco produttiva. Gli abbattimenti specifici sono evidenziati nelle figure 29, 30 e 31.

### Confronto tra le campagne stagionali

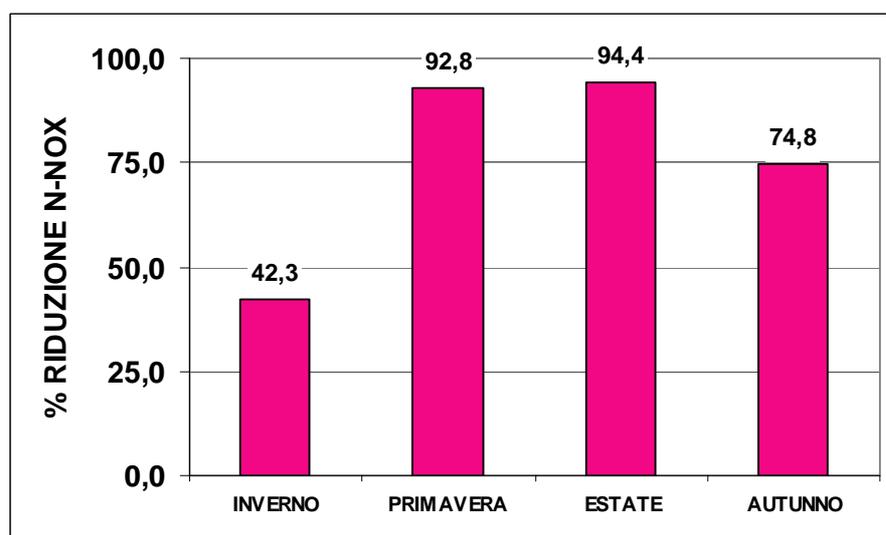
Nelle figure di seguito riportate verranno evidenziate a confronto le concentrazioni all'ingresso e allo scarico di ogni campagna effettuata e le corrispondenti rese in % calcolate a partire da questi dati di concentrazione. E' importante leggere sempre questi dati assieme per non interpretare erroneamente ad esempio alte percentuali calcolate su concentrazioni basse e viceversa. **Il dato andrebbe se possibile integrato come carico ma in questa fase della ricerca non è ancora del tutto possibile in quanto è ancora allo studio il bilancio idraulico dettagliato dell'area.**

Nella figura 32 sono rappresentate a confronto le concentrazioni in ingresso e allo scarico del parametro azoto ossidato e nella figura 33 sono invece rappresentate le rese di abbattimento di questo parametro.





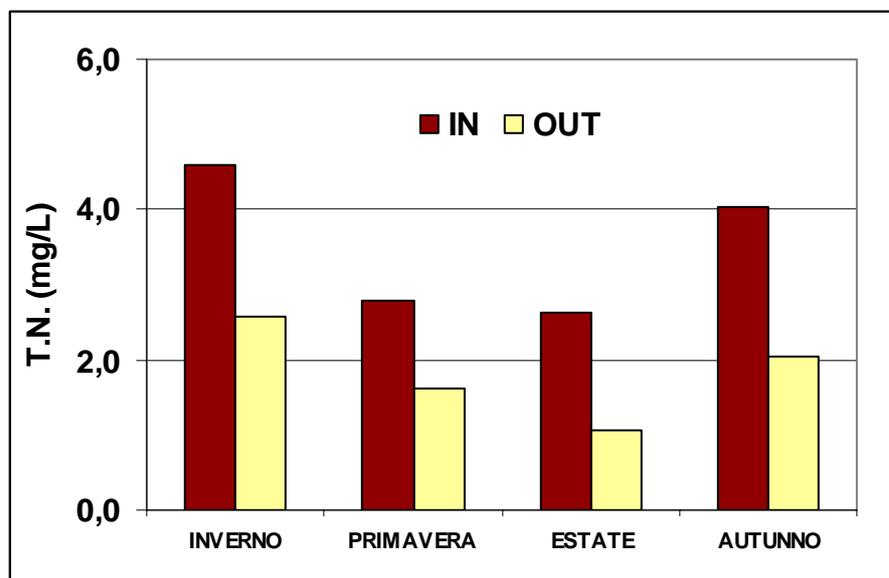
**Figura 32** Concentrazioni di azoto ossidato nelle varie campagne di monitoraggio.



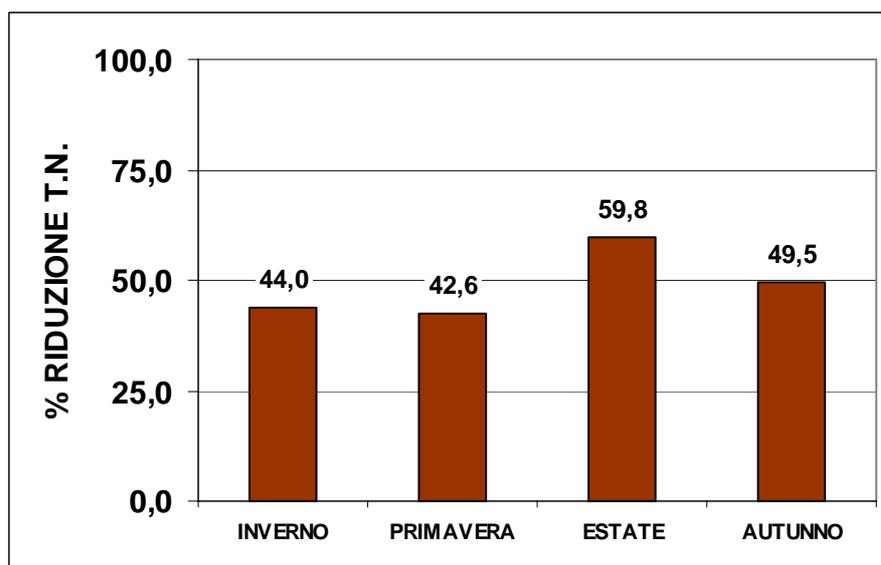
**Figura 33** Rese di abbattimento % per l'azoto ossidato nelle varie campagne di monitoraggio.

Nella figura 34 sono rappresentate a confronto le concentrazioni in ingresso e allo scarico del parametro azoto totale e nella figura 35 sono invece rappresentate le rese di abbattimento di questo parametro.





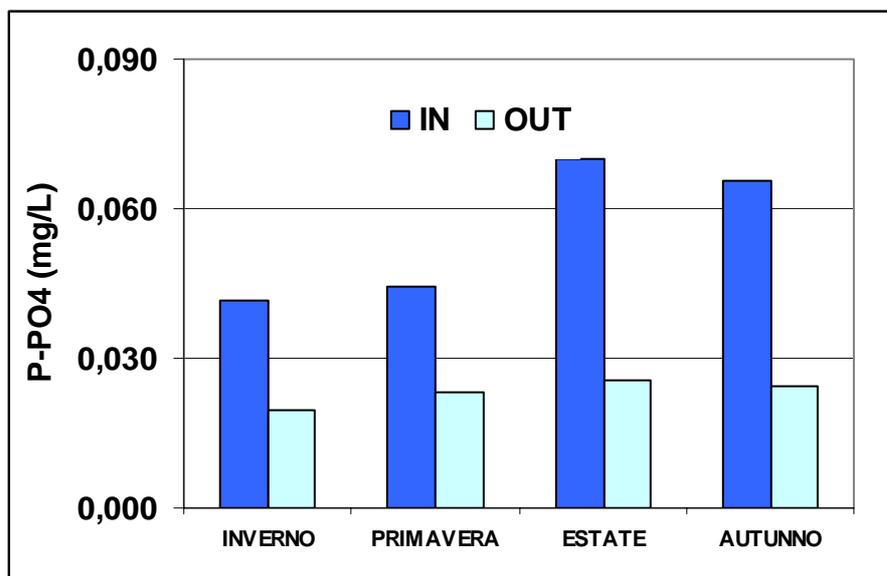
**Figura 34** Concentrazioni di azoto totale nelle varie campagne di monitoraggio.



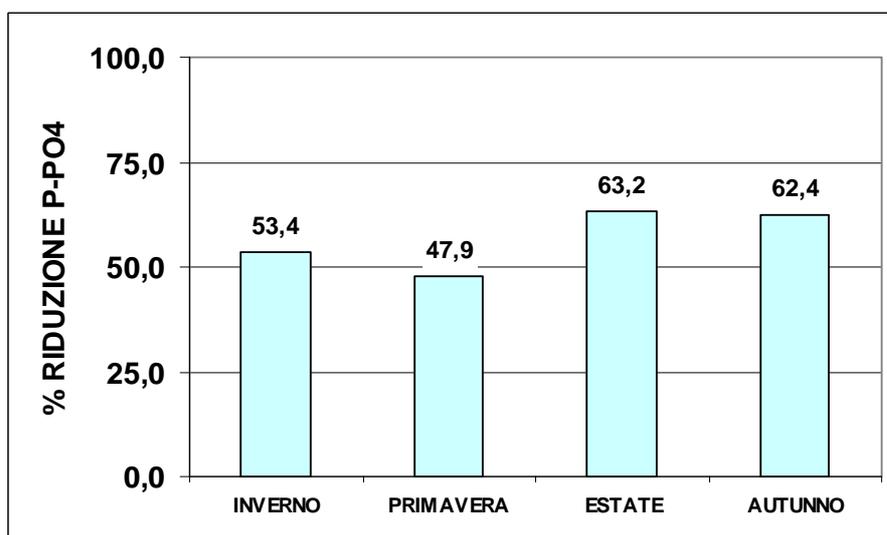
**Figura 35** Rese di abbattimento % per l'azoto totale nelle varie campagne di monitoraggio.

Nella figura 36 sono rappresentate a confronto le concentrazioni in ingresso e allo scarico del parametro fosforo come ione ortofosfato e nella figura 37 sono invece rappresentate le rese di abbattimento di questo parametro.





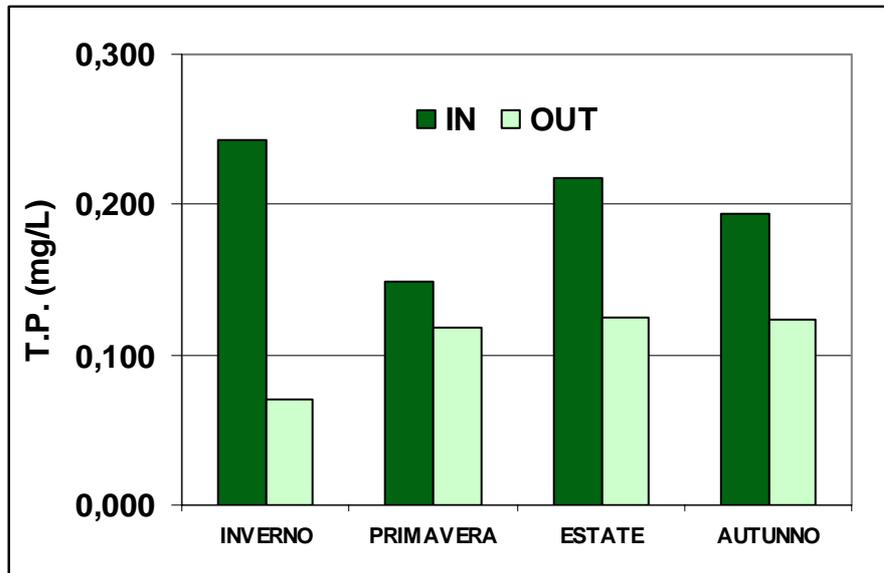
**Figura 36** Concentrazioni di fosforo come ione ortofosfato nelle varie campagne di monitoraggio.



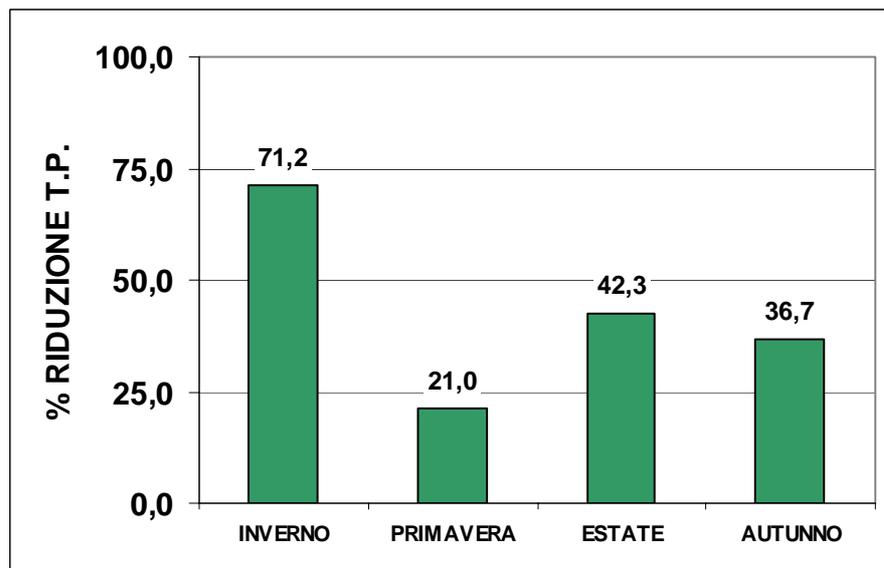
**Figura 37** Rese di abbattimento % per il fosforo come ione ortofosfato nelle varie campagne di monitoraggio effettuate nelle ex cave di Salzano.

Nella figura 38 sono rappresentate a confronto le concentrazioni in ingresso e allo scarico del parametro fosforo totale e nella figura 39 sono invece rappresentate le rese di abbattimento di questo parametro.





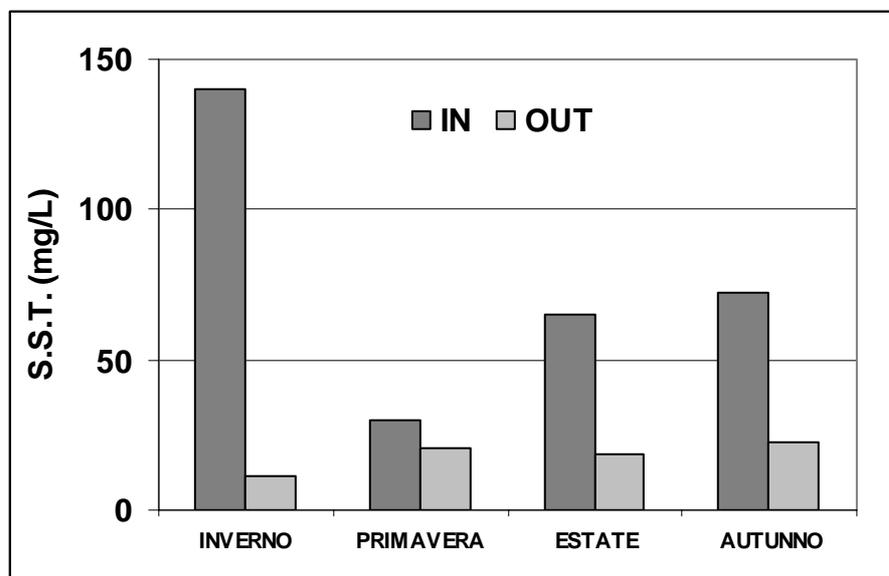
**Figura 38** Concentrazioni di fosforo totale nelle varie campagne di monitoraggio.



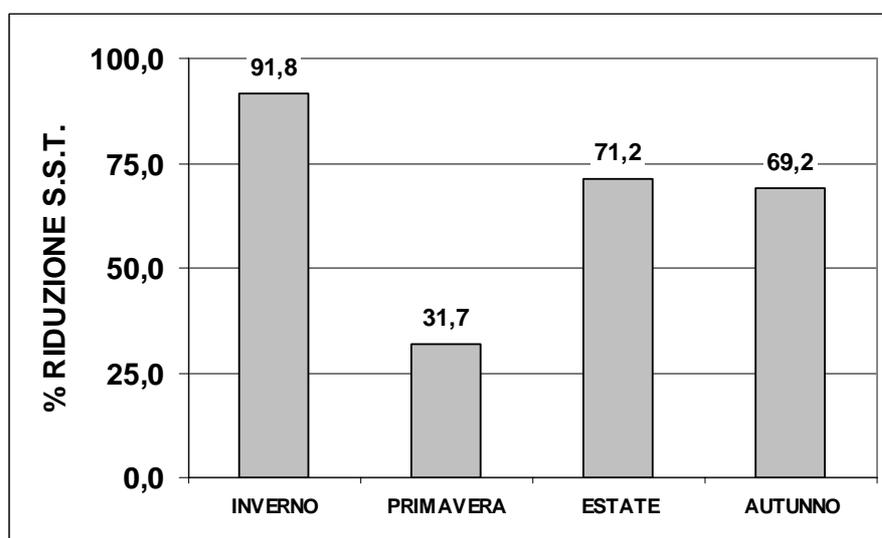
**Figura 39** Rese di abbattimento % per il fosforo totale nelle varie campagne di monitoraggio.

Nella figura 40 sono rappresentate a confronto le concentrazioni in ingresso e allo scarico del parametro solidi sospesi totali e nella figura 41 sono invece rappresentate le rese di abbattimento di questo parametro.





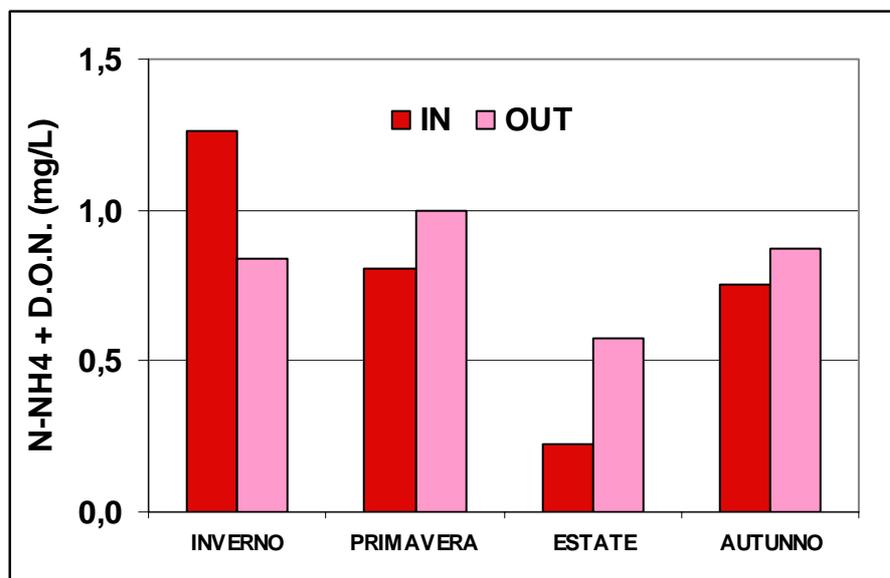
**Figura 40** Concentrazioni dei solidi sospesi totali nelle varie campagne di monitoraggio.



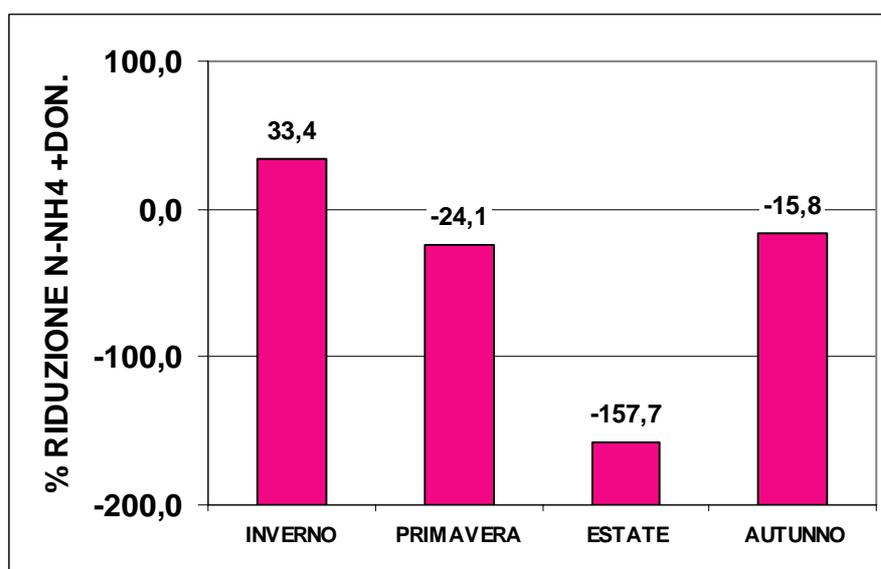
**Figura 41** Rese di abbattimento % per i solidi sospesi totali nelle varie campagne di monitoraggio.

Nella figura 42 sono rappresentate a confronto le concentrazioni in ingresso e allo scarico del parametro azoto ammoniacale + azoto organico disciolto e nella figura 43 sono invece rappresentate le rese di abbattimento di questo parametro.





**Figura 42** Concentrazioni di azoto ammoniacale + azoto organico disciolto nelle varie campagne di monitoraggio nelle ex cave di Salzano.



**Figura 43** Rese di abbattimento % per l'azoto ammoniacale + l'azoto organico disciolto nelle varie campagne di monitoraggio effettuate nelle ex cave di Salzano.

Nella tabella 20 sono riassunte le rese dei monitoraggi stagionali per tutti i parametri considerati.



		N-NH <sub>4</sub> + D.O.N. mg/L	N-NOX mg/L	T.N. mg/L	P-PO <sub>4</sub> mg/L	T.P. mg/L	S.S.T. mg/L
INVERNO 2010	IN	1,3	2,7	4,6	0,042	0,243	140
	OUT	0,8	1,6	2,6	0,019	0,070	11
	RESA%	33,4	42,3	44,0	53,4	71,2	91,8
PRIMAVERA 2010	IN	0,8	1,8	2,8	0,044	0,149	30
	OUT	1,0	0,1	1,6	0,023	0,118	21
	RESA%	-24,1	92,8	42,6	47,9	21,0	31,7
ESTATE 2010	IN	0,2	2,0	2,6	0,070	0,217	65
	OUT	0,6	0,1	1,1	0,026	0,125	19
	RESA%	-157,7	94,4	59,8	63,2	42,3	71,2
AUTUNNO 2010	IN	0,8	2,9	4,0	0,065	0,194	72
	OUT	0,9	0,7	2,0	0,025	0,123	22
	RESA%	-15,8	74,8	49,5	62,4	36,7	69,2
RESA % MINIMA		-157,7	42,3	42,6	47,9	21,0	31,7
RESA % MEDIA		-41,1	76,0	49,0	56,7	42,8	66,0
RESA % MASSIMA		33,4	94,4	59,8	63,2	71,2	91,8

**Tabella 20** Rese di abbattimento dei principali inquinanti in tutte le campagne effettuate

I risultati delle campagne stagionali risultano essere in linea con quanto previsto da letteratura e considerando che questo si configura come il primo vero anno di attività dell'area umida ex cave di Salzano i risultati appaiono molto soddisfacenti.

Emergono le seguenti considerazioni:

- il sistema ha elevate capacità di abbattimento delle forme ossidate dell'azoto durante le stagioni primaverili ed estive (> 90%) e una resa media del 76%;
- il sistema ha una buona capacità di abbattimento del fosforo come ortofosfato con valori medi abbastanza costanti nel tempo (57%);
- il sistema ha minore capacità di abbattimento delle frazioni azoto e fosforo totale rispetto alle corrispondenti frazioni ioniche azoto ossidato e fosforo come ione ortofosfato poiché una parte degli inquinanti in ingresso nell'area umida e in particolar modo la frazione organica non sedimentabile non sono metabolizzabili dall'ecosistema entro i tempi di residenza previsti;
- le frazioni associate al particolato (fosforo particolato e solidi sospesi totali) derivanti da eventi di piena del fiume Marzenego vengono sempre abbattute con percentuali elevate (70-90%) attraverso la loro sedimentazione;
- l'area umida si comporta come un grande organismo vivente e restituisce in uscita azoto organico e ammoniacale come residui del suo complesso metabolismo e sostanza particolata soprattutto fitoplancton legato alla produttività di queste acque ricche di nutrienti.



## OSSERVAZIONI GENERALI

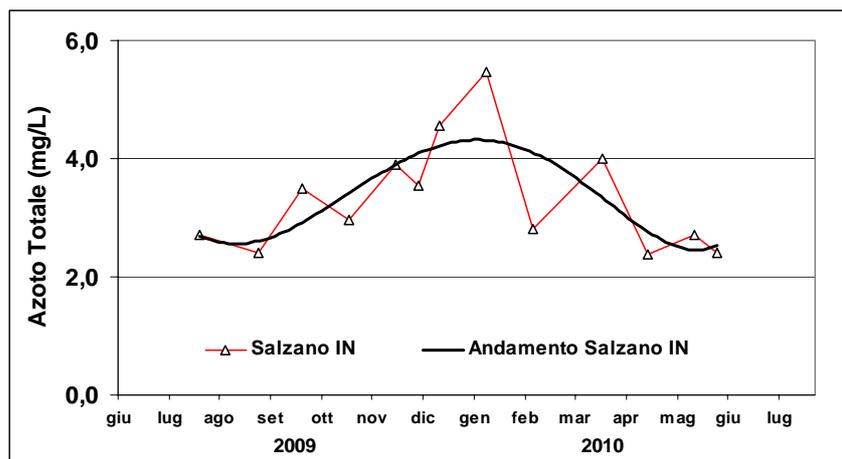
L'area umida ex cave di Salzano rappresenta un ecosistema importante dal punto di vista naturalistico (area S.I.C. e Z.P.S.) ed interessante dal punto di vista idraulico – chimico.

Innanzitutto ci troviamo di fronte ad un'area umida ricostruita che presenta una componente vegetale estremamente varia e articolata.

Partendo dal dato di fatto che quest'area già prima della connessione idraulica al fiume Marzenego presentava un notevole valore naturalistico, va considerato che essa non sarà mai gestita con l'unico obiettivo della fitodepurazione e che gli interventi di valorizzazione della vegetazione saranno sempre di tipo qualitativo, con il fine di creare un ecosistema che sia quanto più diversificato e articolato possibile, a discapito della formazione di ampi popolamenti monospecifici di piante a elevata capacità depurativa, come la *Phragmites australis*.

La rete idraulica presente risulta essere complessa, senza un unico percorso preferenziale ma con diverse diramazioni. La prima determinazione dei tempi di residenza effettuata ha dato un valore di 5,7 giorni.

**I risultati del monitoraggio di routine** mostrano innanzitutto che alcuni nutrienti in ingresso, ed in particolar modo l'azoto ossidato e di conseguenza anche l'azoto totale, hanno un andamento tipicamente stagionale come ben rappresentato nella figura 48, con valori elevati durante la stagione invernale e valori più ridotti durante il periodo estivo.



**Figura 49** Andamento stagionale della concentrazione di Azoto totale



Le frazioni del fosforo, il fosforo totale ed i solidi sospesi totali nelle acque in ingresso, hanno degli andamenti più caotici e non stagionali ma legati soprattutto al regime idrologico del fiume Marzenego; le precipitazioni nel bacino del fiume incrementano rapidamente la sua portata e in conseguenza al trasporto solido sono presenti nelle acque notevoli concentrazioni di solidi sospesi totali (S.S.T.) e fosforo legato alla frazione particolata (P.P.).

I risultati del monitoraggio di routine stimano una riduzione di circa il 40 % per i parametri azoto totale, fosforo totale e solidi sospesi totali; questi valori comunque sono solamente indicativi in quanto tutti i campioni del monitoraggio di routine sono stati raccolti contemporaneamente all'ingresso e allo scarico dell'area senza tenere conto dei tempi di residenza medi delle acque.

Le campagne di monitoraggio stagionali per la determinazione delle rese di abbattimento dei nutrienti hanno dato risultati più che positivi considerando che per questo ecosistema si tratta solamente del secondo anno e mezzo di attività dopo la sua realizzazione.

**I risultati delle campagne di monitoraggio stagionali** sono stati eccellenti considerando la giovane età dell'area. Sono stati stimanti i seguenti valori medi di riduzione:

- **76%** per quanto riguarda l'azoto ossidato;
- **49%** per quanto riguarda l'azoto totale;
- **57%** per quanto riguarda il fosforo come ione ortofosfato;
- **43 %** per quanto riguarda il fosforo totale;
- **66%** per quanto riguarda i solidi sospesi totali.

Sono stati misurati anche dei valori estremamente interessanti di abbattimenti di inquinanti quali il 93% di abbattimento dell'azoto ossidato durante le stagioni primaverili, il 92% di abbattimento dei solidi sospesi totali e il 72% di abbattimento del fosforo totale per sedimentazione durante la campagna di monitoraggio invernale.

