

MONITORAGGIO DEGLI IMPIANTI DI FITODEPURAZIONE E DEGLI ECOSISTEMI

ACQUATICI DEL PARCO PINETA DI APPIANO GENTILE E TRADATE.

Attività svolte nel triennio 2010/2011/2012

- Relazione a cura di Laura Sartori -

INDICE

1. Premessa.....	2
2. Obiettivi	3
3. Metodi	6
4. Risultati	9
4.1 L'impianto di fitodepurazione di Pianbosco.....	9
4.2 L'impianto di fitodepurazione di Castelnuovo Bozzente	14
4.3 Monitoraggio del torrente Antiga e dell'impianto di fitodepurazione di Limido Comasco	17
4.4 Analisi ecosistemica delle aree umide del Parco Pineta	20
4.4.1 <i>Analisi del potenziale ecologico del SIC di Castelnuovo Bozzente</i>	23
4.5 Analisi dell'ittiofauna presente in alcune delle aree umide considerate.....	25
4.6 Analisi della popolazione anfibia.....	27
5. Attività svolte nel 2012/2013.....	30
6. Conclusioni	32
Allegato I.....	34
Allegato II	36

1. Premessa

Gli **ambienti umidi** svolgono un ruolo importante per il contributo che apportano al **patrimonio di diversità della biosfera**, fornendo le condizioni ideali per il completamento del ciclo biologico di innumerevoli specie vegetali e animali; essi inoltre contribuiscono al corretto funzionamento dei meccanismi che regolano gli ecosistemi grazie al contenimento delle ondate di piena fluviali, al miglioramento delle qualità delle acque per la loro azione filtrante, all'alimentazione delle falde acquifere e a diverse altre azioni riequilibratrici.

La protezione delle zone umide è quindi di grande importanza perché si tratta di ambienti **intrinsecamente fragili** e quindi **vulnerabili**, soggetti a una vasta gamma di pressioni determinate soprattutto dalle attività antropiche che si svolgono nelle aree circostanti e dai conseguenti impatti, aggravati anche dai cambiamenti climatici globali.

L'inserimento di ambienti umidi artificiali viene spesso utilizzato come misura mitigativa per tutelare gli ecosistemi acquatici e per **compensare la perdita di habitat**, che provoca la conseguente perdita di biodiversità. Le aree umide artificiali creano **nuove risorse ecologiche**, soprattutto in quei territori caratterizzati da scarsità di risorse idriche. Questi tipi di interventi possono avere scopi differenti: possono essere **utili per il trattamento di acque reflue** oppure possono essere inseriti come **elementi naturalistici nella rete ecologica locale**. Alla prima categoria appartengono i lagunaggi facenti parte di sistemi di fitodepurazione, inseriti con lo scopo principale di mitigare le criticità correlate alla presenza di scarichi fognari non trattati. Questi interventi apportano al territorio in cui si inseriscono un notevole valore per la società, sia per la loro importanza ambientale ed ecologica, sia per il loro significato didattico e ricreativo.

In questo contesto si colloca l'attività di **monitoraggio ambientale** promossa dal Parco Pineta di Appiano Gentile e Tradate e finanziata da Fondazione CARIPLO, che va contestualizzato nel quadro più ampio dello studio delle dinamiche ecosistemiche proprie degli ambienti d'acqua dolce dell'area. Il progetto, condotto sotto la supervisione scientifica dell'unità di ricerca di Ecologia Applicata dell'Università degli Studi di Milano-Bicocca (UNIMIB) coordinata dalla dottoressa Valeria Mezzanotte, si propone di **valutare** da un lato **l'efficacia degli interventi** attuati dall'Ente Parco (pozze artificiali e impianti di fitodepurazione) **e il loro effetto sulla biodiversità dell'area**, anche nella prospettiva più ampia della rete ecologica regionale; dall'altro si propone di comprendere appieno le dinamiche ecologiche preesistenti, nonché le principali alterazioni presenti, per fornire indicazioni riguardanti le possibili azioni necessarie a migliorare ulteriormente gli interventi programmati e/o realizzati.

2. Obiettivi

La valutazione dell'efficacia degli interventi riguardanti la fitodepurazione, sia in termini di qualità delle acque che di dinamiche ecosistemiche, costituisce il punto centrale del presente progetto. Oggetto di studio sono dunque **l'impianto di fitodepurazione sito nel comune di Venegono Inferiore** in località Pianbosco e **l'impianto realizzato nel comune di Castelnuovo Bozzente**, i cui corpi idrici recettori sono rispettivamente il Torrente Fontanile di Tradate e il Rio Riolo (affluente del Torrente Fontanile). E' stato inoltre svolto il monitoraggio del **torrente Antiga** nel comune di Limido Comasco, dove è previsto l'inserimento futuro di un ulteriore impianto di fitodepurazione a valle dell'impianto di depurazione tradizionale già presente. L'ubicazione degli impianti e dei corsi d'acqua considerati all'interno del territorio del Parco è rappresentata in figura 1.

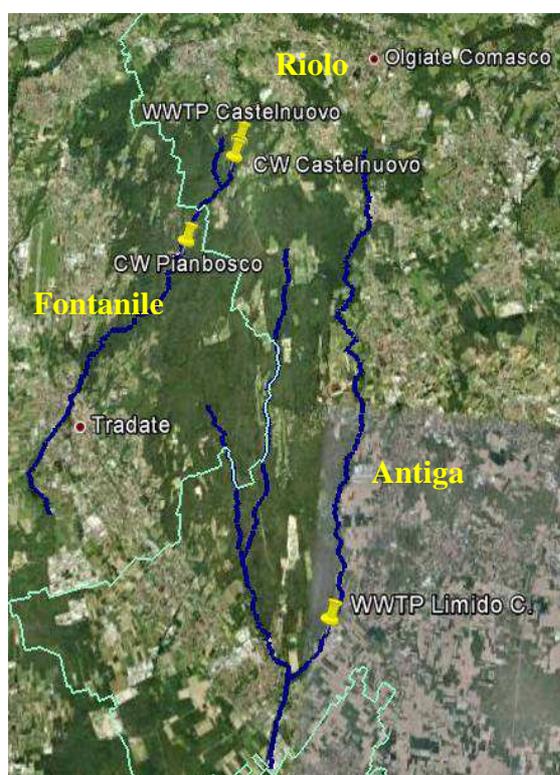


Figura 1 – Torrenti Antiga, Fontanile e Rio Riolo, con l'ubicazione degli impianti considerati (CW = impianti di fitodepurazione; WWTP = depuratori tradizionali).

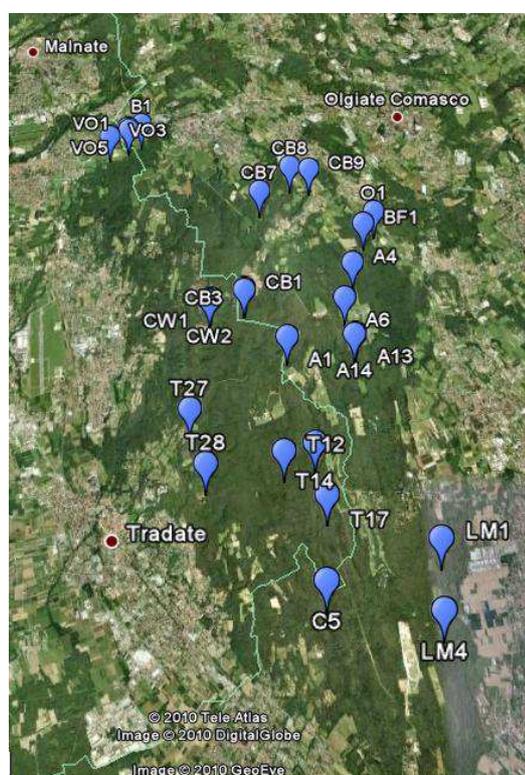


Figura 2 – Localizzazione delle 24 aree umide considerate nel territorio del Parco Pineta.

Le **osservazioni sito-specifiche** sono state **contestualizzate all'interno di una visione più ampia**, che riguardi lo studio delle complesse relazioni che intercorrono tra la biodiversità e le caratteristiche dei diversi ecosistemi acquatici (torrenti, rogge, stagni, acquitrini) del territorio, le dinamiche intercorrenti e la presenza dell'uomo, intesa sia come agente perturbativo che come promotrice di interventi di riqualificazione e gestione.

A tal proposito, oltre alle attività riguardanti gli impianti di fitodepurazione, sono state selezionate **24 aree umide** seminaturali e artificiali distribuite all'interno del territorio del Parco (figura 2). L'elenco dettagliato delle aree umide considerate e la loro ubicazione è riportato in tabella 1.

Tabella 1 – Elenco delle aree umide considerate e loro ubicazione.

<i>Sigla</i>	<i>Nome</i>	<i>Comune</i>
A1 A4 A6 A14	Roncamocc Pozza cascina Fontana Prato cascina Fontana Tarantola	Appiano Gentile (CO)
B1	S. Siro	Binago (CO)
BF1	Cà Bianca	Beregazzo con Figliaro (CO)
C5	Pozza Carbonate	Carbonate (CO)
CB1 (SIC) CB3 (SIC) CB7 CB8 CB9	Castelnuovo tagliafuoco Castelnuovo tagliafuoco Pozza depuratore Castelnuovo Farera Digaa	Castelnuovo Bozzente (CO)
CW1 CW2	Stagno fitodepurazione Pianbosco II vasca fitodepurazione Pianbosco	Venegono Inf. (VA)
LM1 LM4	Ronco Gendana Restina piccolo	Lurago Marinone (CO)
T12 T14 T17 T27 T28	Sassi grande Proverbio tritoni Proverbio Pozza Tradate Pozza Scorpione	Tradate (VA)
VO1 VO4 VO5	Fosso Zocca Fosso Zocca Fosso Zocca	Vedano Olona (VA)

In generale, lo studio ha compreso le seguenti attività:

1. Inquadramento generale della biodiversità tassonomica e funzionale di ciascun ecosistema.
2. Definizione delle caratteristiche ambientali di tali ecosistemi (con particolare riferimento alla qualità delle acque, ai regimi idraulici e alla morfologia) e delle perturbazioni agenti.
3. Analisi delle dinamiche ecosistemiche delle popolazioni biologiche (ittiofauna, anfibi invertebrati, macrofite) a fini conservazionistici.
4. Valutazione dell'efficacia di inserimento per i previsti interventi di riqualificazione ambientale (stato di fatto, realizzazione ed effetti)
5. Determinazione di ulteriori, possibili interventi di riqualificazione di ecosistemi compromessi e/o scomparsi.
6. Progettazione mirata di neoecosistemi.

Gli obiettivi del progetto, le modalità con cui si è operato per raggiungerli e i risultati attesi sono sintetizzati in tabella 2.

Tabella 2 – Sintesi degli obiettivi del progetto.

OBIETTIVO	MODALITA' OPERATIVE	RISULTATI ATTESI
Monitoraggio impianto Pianbosco	<ul style="list-style-type: none"> - analisi chimico-fisiche delle acque - campionamento fauna macroinvertebrata 	Verificare l'efficienza di abbattimento del carico inquinante nelle varie fasi del processo.
Monitoraggio impianto Castelnuovo Bozzente	<ul style="list-style-type: none"> - analisi chimico-fisiche delle acque - campionamento fauna macroinvertebrata 	Verificare l'efficienza di abbattimento del carico inquinante e il ruolo dell'impianto come "ecosistema- filtro".
Inquadramento torrente Antiga	<ul style="list-style-type: none"> - analisi chimico-fisiche delle acque - rilievi idromorfologici - campionamento fauna macroinvertebrata 	Definire lo stato ecologico del torrente, prima dell'inserimento degli interventi previsti.
Monitoraggio delle aree umide del Parco Pineta	<ul style="list-style-type: none"> - analisi chimico-fisiche delle acque - campionamento fauna macroinvertebrata - osservazioni e riconoscimento macrofite - osservazioni popolazione anfibia - censimento ittiofauna 	<p>Definire le caratteristiche ambientali delle aree umide del Parco, il loro stato ecologico e la biodiversità ad esse associata.</p> <p>Effettuare un confronto tra le aree umide naturali e quelle artificiali, per valutare il ruolo ecologico di queste ultime.</p> <p>Raccogliere informazioni utili per la conservazione delle aree umide esistenti e per la progettazione di nuovi ecosistemi.</p>

3. Metodi

Il raggiungimento dei sopraccitati obiettivi prevede la suddivisione delle attività in varie fasi, con l'utilizzo di procedure differenti che comprendono **attività svolte sul campo** (figure 3 e 4), **attività di laboratorio** e la **rielaborazione dei dati** ottenuti.

Nel biennio 2010-2011 è stata svolta la fase di campionamento e raccolta dei dati, che sono stati rielaborati e ulteriormente approfonditi nel corso del terzo anno di attività. In particolare, per ogni area umida considerata, sono state svolte le seguenti fasi di lavoro:

- Valutazione della funzionalità e dell'**efficienza degli impianti di fitodepurazione** realizzati a Pianbosco e a Castelnuovo Bozzente tramite **analisi chimico-fisiche delle acque** (con frequenza mensile).
- **Caratterizzazione chimico-fisica** delle acque delle **aree umide** considerate.
- Osservazioni sul campo e **riconoscimento tassonomico di macrofite e comunità vegetali riparie** (con frequenza trimestrale).
- **Prelievi di macrobenthos** sul campo con retino, installazione e recupero di substrati artificiali e riconoscimento con stereo microscopio (con frequenza trimestrale).
- **Riconoscimento tassonomico di ittiofauna**, tramite elettropesca.
- Osservazioni sul campo e riconoscimento tassonomico di **anfibi** (con frequenza semestrale).
- Determinazione dei **parametri idromorfologici** dei tratti di torrente considerati (con frequenza trimestrale).

Di seguito vengono riportate in breve le procedure utilizzate per il rilevamento dei parametri chimico-fisici delle acque, per il monitoraggio della fauna macroinvertebrata nei torrenti e nelle aree umide, per il campionamento di fauna macroinvertebrata tramite substrati artificiali, per i rilievi idromorfologici e per il censimento dell'ittiofauna (tabella 3).

La tabella 4 riporta un riepilogo sintetico del lavoro svolto nel corso del biennio 2010/2011 (numero di campionamenti effettuati, numero di campioni prelevati e analizzati, ore di attività svolte sul campo, ore di attività svolte in laboratorio); tale riepilogo più approfondito e associato a una stima dei costi è riportato al paragrafo 5 (pagina 29).



Figura 3 – Misurazione della concentrazione di ossigeno disciolto in una delle aree umide.



Figura 4 – Campionamento di fauna macroinvertebrata.

Tabella 3 – Procedure e fasi di lavoro applicate nelle varie attività di monitoraggio

ATTIVITA'	FREQUENZA	FASI di LAVORO
Rilevamento dei parametri chimico-fisici delle acque	mensile	<ol style="list-style-type: none"> 1. Determinazione di ossigeno disciolto e temperatura delle acque, tramite sonda 2. Prelievo del campione 3. Trasporto in laboratorio 4. Analisi per la determinazione di pH, conducibilità e delle concentrazioni di azoto totale, azoto ammoniacale, fosforo totale, COD e carica batterica (metodiche IRSA-CNR) 5. Elaborazione dei dati
Monitoraggio fauna macrobentonica nei torrenti	trimestrale	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificazione di diversi microhabitat all'interno del sito di campionamento 2. Campionamento tramite retino in ognuno dei microhabitat individuati (vengono effettuate 5 repliche per ogni sito di campionamento) 3. Separazione degli organismi campionati da detrito e substrato 4. Conservazione in formaldeide al 4% 5. Trasporto in laboratorio 6. Riconoscimento tassonomico tramite stereomicroscopio 180x 7. Archiviazione ed elaborazione dei dati
Monitoraggio fauna macrobentonica nelle aree umide	trimestrale	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificazione dei diversi microhabitat all'interno del sito di campionamento 2. Campionamento tramite retino in ognuno dei microhabitat individuati 3. Separazione degli organismi campionati da detrito e substrato 4. Conservazione in formaldeide al 4% 5. Trasporto in laboratorio 6. Riconoscimento tassonomico tramite stereomicroscopio 180x 7. Archiviazione ed elaborazione dei dati
Campionamento fauna macrobentonica tramite substrati artificiali	una volta	<ol style="list-style-type: none"> 1. Assemblaggio dei substrati multipiastra (78) 2. Posizionamento dei substrati in diversi microhabitat di ciascuna area umida (10 substrati nelle aree umide più grandi, 5 nelle pozze più piccole) 3. Recupero dei substrati dopo 6 settimane di immersione 4. Smontaggio dei substrati per prelevare i macroinvertebrati campionati 5. Conservazione degli organismi in formaldeide al 4% 6. Trasporto in laboratorio 7. Riconoscimento tassonomico tramite stereomicroscopio 180x 8. Archiviazione ed elaborazione dei dati

Tabella 3 (continuazione) – Procedure e fasi di lavoro applicate nelle varie attività di monitoraggio

ATTIVITA'	FREQUENZA	FASI
Rilievi idromorfologici e di portata nei torrenti	trimestrale	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rilievi e misurazioni effettuati in sito tramite sonda 2. Elaborazione dei dati
Censimento dell'ittiofauna nelle aree umide	una volta	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cattura tramite l'utilizzo di elettrostorditore a spalla, in ogni habitat presente nell'area umida 2. Riconoscimento tassonomico di tutti gli individui catturati 3. Misurazione del peso dei primi 20 individui catturati di ogni specie; misurazione della lunghezza di tutti gli individui catturati 4. Immersione degli individui in acqua per completare la fase di risveglio 5. Rilascio degli individui catturati 6. Elaborazione dei dati

Tabella 4 – Riepilogo sintetico del lavoro svolto nel biennio 2010/2011

		n. campionamenti o rilievi	n. campioni/ campionamento	n. campioni totali	ore di lavoro sul campo	ore di laboratorio
Rilevamento dei parametri chimico-fisici delle acque	Fitodepurazione Pianbosco	20	4	80	20	160
	Fitodepurazione Castelnuovo B.	6	4	24	6	48
	Torrenti Castelnuovo B.	13	4	52	13	104
	Torrente Antiga	13	2	26	13	104
	Aree umide	2	6	12	16	16
Monitoraggio fauna macrobentonica ambienti acquatici	Fitodepurazioni	3	22	66	96	96
	Fitodepurazioni	11	2	22	44	88
	Torrenti Castelnuovo B.	3	25	75	24	48
	Torrente Antiga	3	5	15	12	12
	Aree umide	2	6	12	32	48
Rilievi idromorfologici negli ambienti acquatici	Tramite substrati artificiali	3	22	66	198	264
	Rilievi nei torrenti di Castelnuovo B.	1	68	68	32	68
	Rilievi nel torrente Antiga	3	4	12	12	3
	Campionamento ittiofauna aree umide	3	2	6	6	3
		1	4	4	16	6

4. Risultati

4.1 L'impianto di fitodepurazione di Pianbosco

Si tratta di un sistema combinato di trattamenti primari e secondari, dimensionato per servire 150 a.e. (abitanti equivalenti), che riceve le acque nere dell'abitato di Pianbosco. I trattamenti primari prevedono una grigliatura meccanica, al quale seguono i processi di sedimentazione primaria e digestione anaerobica fredda del refluo all'interno di una vasca Imhoff. Successivamente il refluo viene condotto ai trattamenti secondari, che consistono in una prima vasca a flusso sub-superficiale orizzontale (dove sono ubicate le macrofite) a cui segue una vasca a flusso superficiale. I reflui depurati vengono poi immessi nello stagno artificiale (figura 5) situato a valle dell'impianto di trattamento secondario mediante tubazione sotterranea. Tale zona è costituita da due pozze di circa 100 m² ciascuna ed intercomunicanti. All'uscita dal secondo ambiente una tubazione di scarico recapita le acque depurate direttamente nell'alveo del Torrente Fontanile di Tradate.

Il **monitoraggio dell'impianto** è stato effettuato con lo scopo di **valutare la sua efficienza di abbattimento di azoto totale e ammoniacale (N tot e NH₄), fosforo (P tot), COD e carica batterica (*E. coli*)**. Sono stati anche monitorati i parametri di pH, temperatura (T), ossigeno disciolto (OD) e conducibilità (cond.).

I **campioni** per le analisi sono stati **prelevati mensilmente in quattro punti significativi del processo** che permettessero di valutare la rimozione progressiva degli inquinanti e l'efficienza del processo di fitodepurazione, oltre che la caratterizzazione degli ambienti umidi destinati all'affinamento. Tali punti sono ubicati in ingresso all'impianto dopo i trattamenti preliminari, all'uscita della vasca a flusso sub-superficiale orizzontale, all'uscita della vasca a flusso superficiale (stagno) e all'uscita dell'impianto (recapito nel corpo idrico recettore), secondo lo schema riportato in figura 6.

Sulle due vasche a flusso superficiale (seconda vasca e stagno) è stata svolta anche un'**indagine biologica** (osservazione e riconoscimento delle macrofite acquatiche presenti; campionamenti di macroinvertebrati tramite retino e substrati artificiali; osservazione di anfibi) al fine di determinarne lo stato ecologico, in relazione alle caratteristiche chimico-fisiche delle acque.



Figura 5 – Stagno artificiale facente parte dell'impianto di fitodepurazione di Pianbosco

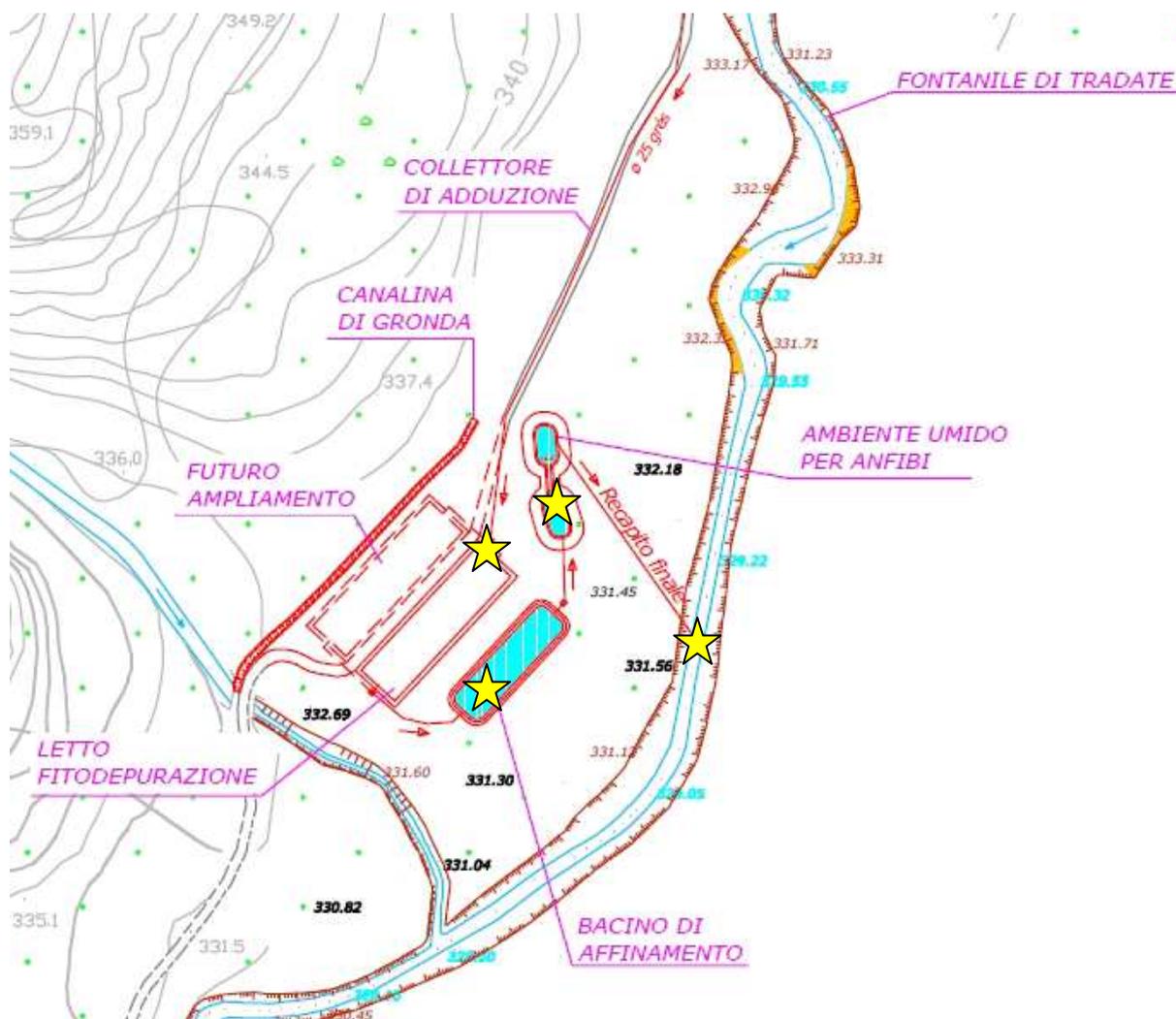


Figura 6 – Planimetria dell’impianto di fitodepurazione sito in località Pianbosco; i quattro punti di campionamento sono indicati dalle stelle gialle.

Il **monitoraggio dell’impianto** in oggetto è stato svolto **a partire dal 2008**, anno in cui è stato avviato l’impianto stesso. Le analisi chimico-fisiche svolte mensilmente hanno permesso di valutare l’efficienza di abbattimento del carico inquinante lungo il processo di fitodepurazione, effettuando anche dei confronti sulle medie annuali. Vengono di seguito riportati i grafici corrispondenti all’abbattimento medio percentuale del carico inquinante calcolato negli anni 2008 (figura 7), 2009 (figura 8) e durante il biennio 2010/2011 (figura 9). I grafici proposti permettono un confronto immediato dell’andamento dell’impianto nell’ultimo periodo di monitoraggio rispetto a quanto osservato in passato.

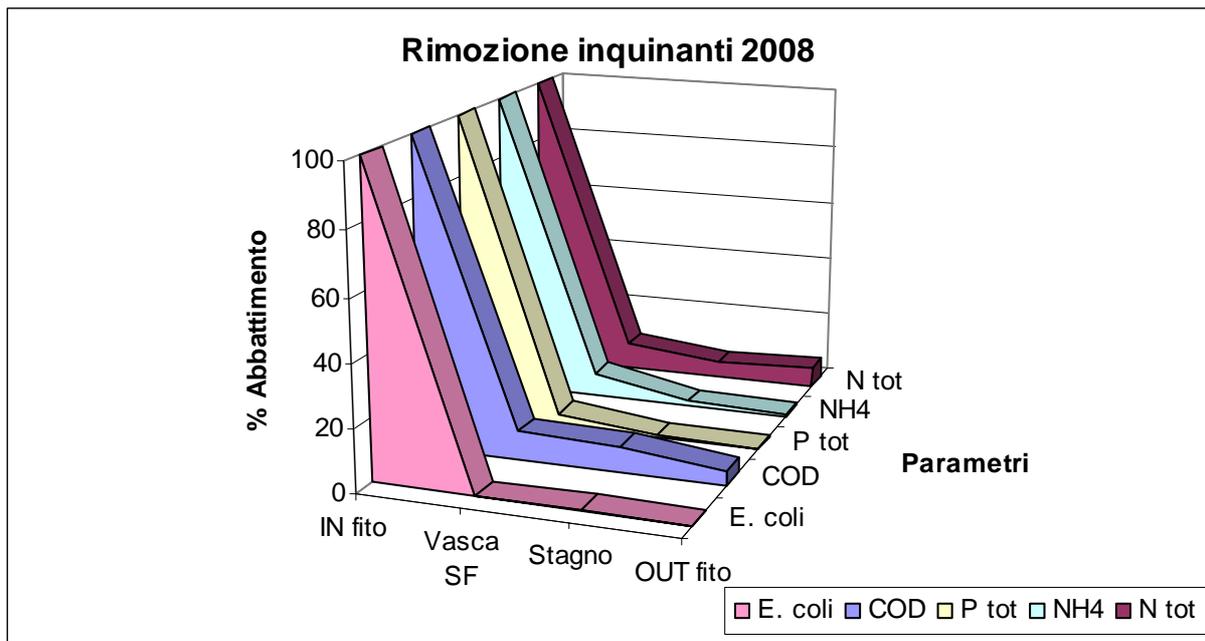


Figura 7 – Abbattimento % medio del carico inquinante da parte dell’impianto di Pianbosco nell’anno 2008.

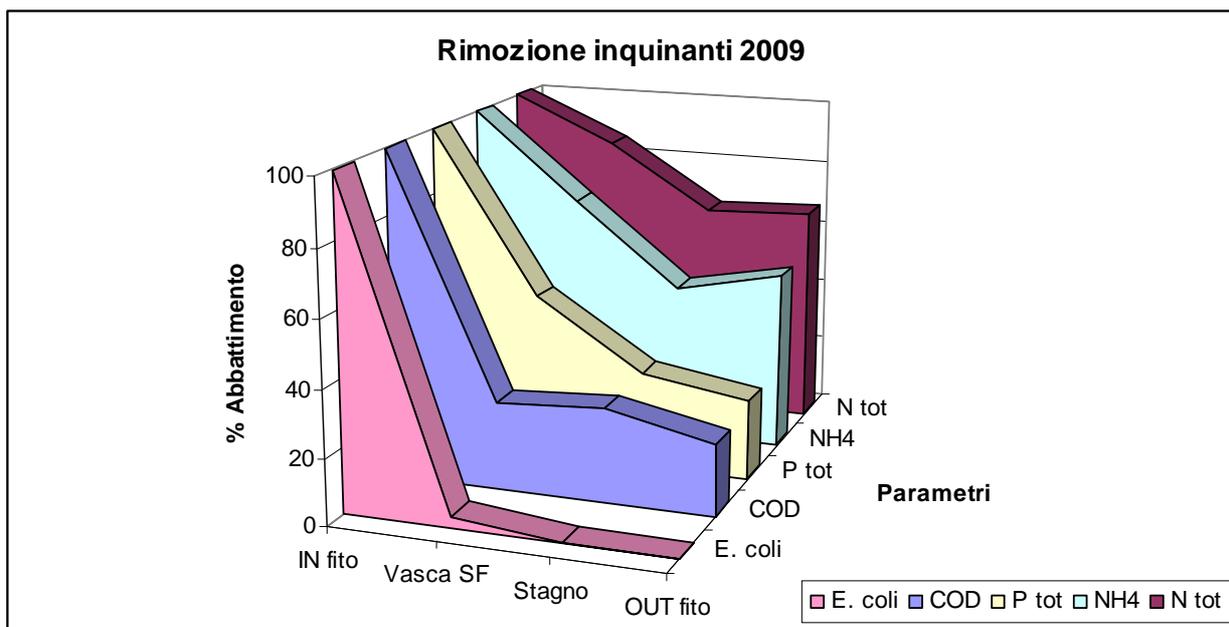


Figura 8 – Abbattimento % medio del carico inquinante da parte dell’impianto di Pianbosco nell’anno 2009

Come si può osservare dai grafici (figure 7 e 8), **al primo anno di vita dell’impianto (2008) corrisponde una migliore efficienza nell’abbattimento del carico inquinante**, dovuta al fatto che nelle prime fasi di assestamento **non tutti gli scarichi fognari erano stati ancora collettati**; il carico in ingresso, che era inferiore rispetto a quello attuale, era sottoposto a un maggiore tempo di ritenzione nella vasca a flusso sub-superficiale orizzontale, responsabile di gran parte del processo depurativo.

Nelle fasi successive all’avviamento, le due vasche a flusso superficiale sono state interessate da una massiccia **colonizzazione da parte di *Lemna sp.*** (lenticchia d’acqua), una piccola macrofita acquatica che prolifera nei ristagni di acqua dolce, formando densi tappeti galleggianti. La proliferazione nelle vasche dell’impianto è dovuta alla loro costante esposizione solare e al flusso esiguo in ingresso. *Lemna*, in quanto macrofita acquatica, contribuisce al processo depurativo,

partecipando alla rimozione di azoto e fosforo. La sua presenza ha però comportato una variazione nelle caratteristiche di ombreggiatura e ossigenazione delle acque; la grande quantità di *Lemna* in decomposizione accumulata sul fondo delle vasche ha provocato l'instaurarsi di condizioni fortemente riducenti, con liberazione di nutrienti, sostanza organica disciolta e conseguente formazione di condizioni anossiche.

A ciò si è aggiunto il **collettamento di ulteriori scarichi fognari** all'impianto e un ulteriore rallentamento del flusso tra le vasche, in seguito alla decisione di chiudere temporaneamente il collegamento tra la vasca a flusso superficiale e lo stagno finale per favorire e accelerare la crescita delle macrofite acquatiche in questi due ambienti.

Da ultimo, ma non per questo meno importante, nel 2009 episodiche ma **intense precipitazioni** hanno comportato l'adduzione all'impianto di ingenti quantità di acque meteoriche, con fenomeni di trasporto solido dovuti alla natura argillosa dei suoli nell'area. Ciò ha comportato problemi alla vasca Imhoff e assestamenti della conducibilità idraulica e delle condizioni ossido-riducenti nell'impianto appena realizzato.

La concomitanza di vari fattori ha, dunque, causato un **peggioramento nell'efficienza di rimozione nel 2009**, soprattutto per quanto riguarda il carico di **azoto totale e ammoniacale**.

Nei primi due anni di attività **risulta comunque buono l'abbattimento di COD e ottimo l'abbattimento della carica batterica**, che viene ridotta di diversi ordini di grandezza.

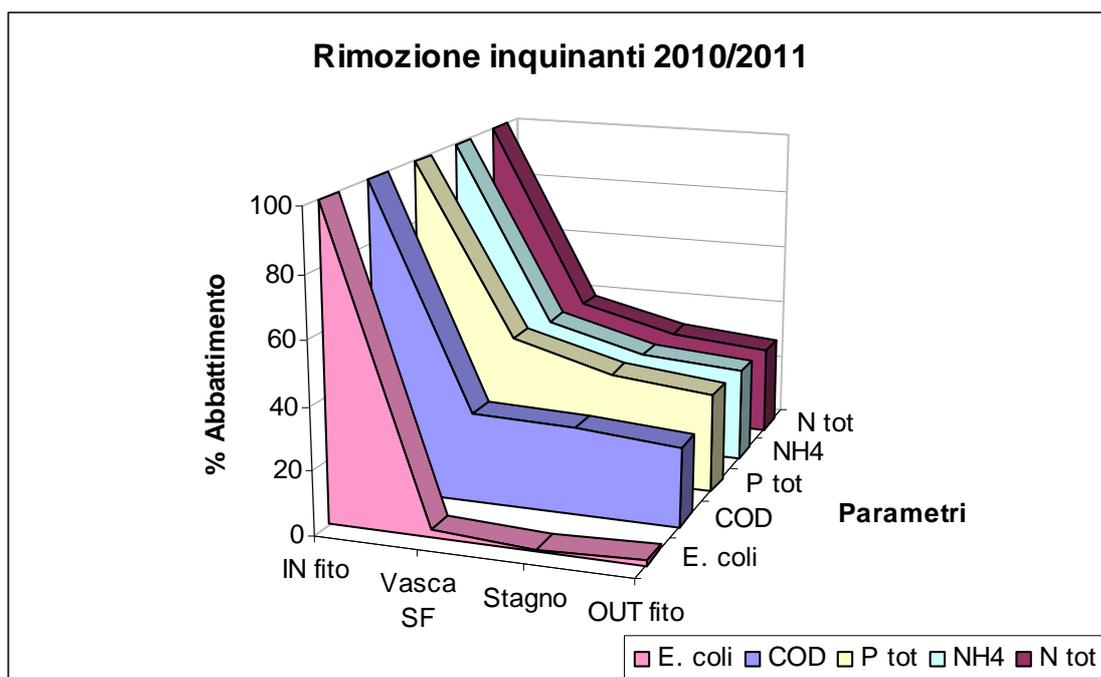


Figura 9 – Abbattimento % medio del carico inquinante da parte dell'impianto di Pianbosco nel biennio 2010/2011

Nel biennio 2010/2011 si è assistito a un **miglioramento nel rendimento dell'impianto**, che si è assestato sui valori di abbattimento riscontrabili in letteratura, talvolta oltrepassandoli e offrendo rendimenti superiori. L'efficienza di abbattimento del carico inquinante (figura 9) risulta incrementata rispetto al 2009, pur continuando a sussistere la presenza di *Lemna*.

Considerando le concentrazioni del carico inquinante misurate in ingresso e quelle misurate in uscita, sono stati calcolati **abbattimenti di circa il 70% per azoto totale, azoto ammoniacale e fosforo totale, del 75% per il COD e del 98% per la carica batterica**. Tali rendimenti fanno sì che lo scarico finale nel corpo idrico recettore rispetti tutti i limiti di legge, secondo quanto fissato dal regolamento regionale 24 marzo 2006 – n.3 e dal d. lgs. 152/06 per gli impianti di trattamento a servizio di agglomerati con una popolazione inferiore a 2000 a.e..

La fauna macroinvertebrata campionata stagionalmente nel periodo che va dal 2008 al 2011 tramite retino e substrati artificiali, **rispecchia l'andamento generale dei parametri chimico-fisici delle acque** e risente dei fattori che nel tempo hanno causato variazioni nelle condizioni della vasca a flusso superficiale e dello stagno finale. Infatti, durante il primo anno di indagine, in concomitanza delle migliori condizioni chimico-fisiche, la comunità presentava un elevato livello di biodiversità in entrambi i lagunaggi, confrontabile con altre aree umide naturali e artificiali campionate nel territorio del Parco. Durante il 2009, a seguito del peggioramento qualitativo delle acque dovuto all'incremento della quantità di reflui collettati e al presentarsi di condizioni di anossia, le comunità biologiche sono risultate essere più povere e destrutturate, fino al minimo livello di aprile 2009. Ciò da un lato ha confermato che, dal punto di vista della morfologia, **il progetto degli stagni di lagunaggio è utile ai fini dell'incremento della biodiversità locale**, ma allo stesso tempo ha evidenziato come **tali risultati possano essere raggiunti solo se la depurazione delle acque nell'impianto avviene con adeguata efficienza.**

La biodiversità nei lagunaggi artificiali può essere tutelata o incrementata ponendo attenzione alle variabili ambientali che li caratterizzano, come per esempio la vegetazione presente (aumento delle superfici occupate da macrofite emergenti e sommerse) o la percentuale di acqua libera, fattori che si sono mostrati determinanti per la presenza di alcuni *taxa* (in particolare alcune specie di Odonati e gli Eterotteri). Ciò è stato dimostrato dall'impianto di fitodepurazione in analisi, che nel periodo di indagine ha presentato, oltre a un peggioramento delle condizioni chimico-fisiche, un notevole impoverimento della comunità di macroinvertebrati dovuto anche alla presenza massiccia di *Lemna*, che ha colonizzato lo stagno e la vasca a flusso superficiale, riducendo sensibilmente l'ossigenazione, la porzione di acqua libera, la disponibilità di habitat differenti e contestualmente portando le vasche in condizioni riducenti con incremento dei valori di azoto ammoniacale. A fini progettuali e gestionali, è auspicabile porre particolare attenzione al **contenimento di Lemna**: ciò è ottenibile in diversi modi, tra cui l'incremento (anche contenuto) del flusso idrico e l'aumento dell'ombreggiatura. Anche la sua rimozione periodica potrebbe essere una soluzione applicabile per evitare il continuo accumulo di vegetazione in decomposizione sul fondo e, di conseguenza, migliorare l'efficienza di abbattimento del carico di azoto allo scarico finale dell'impianto. Risultati, criticità e suggerimenti sono stati riportati in modo sintetico in tabella 5.

I risultati ottenuti possono essere sfruttati a scopo progettuale nella realizzazione di aree umide artificiali o a scopo conservazionistico per la tutela di quelle già esistenti.

Tramite una scelta oculata della posizione in cui inserire l'area umida, della vegetazione in essa impiantata, delle sue caratteristiche morfologiche, può derivare un habitat rilevante per il ciclo vitale di numerosi organismi e che si inserisce in modo significativo nella rete ecologica locale.

In particolare, l'inserimento di aree umide artificiali nell'ambito di impianti di fitodepurazione è utile non solo come ulteriore fase di affinamento nel processo di depurazione ma anche per scopi naturalistici e di incremento della biodiversità.

Tabella 5 – Sintesi dei risultati e delle criticità emersi dal monitoraggio dell'impianto di fitodepurazione di Pianbosco.

Obiettivo	Risultati	Criticità	Suggerimenti
Valutazione dell'efficienza dell'impianto	Buona rimozione del carico inquinante nelle varie fasi del processo	- Condizioni riducenti e anossia, dovute alla presenza massiccia di <i>Lemna</i> . - Aumento del carico di azoto.	- Applicare un protocollo di rimozione periodica della <i>Lemna</i> . - Incrementare il flusso.
Valutazione del valore ecologico dell'impianto	Buon livello di biodiversità nelle prime fasi dopo l'avviamento	Impoverimento della comunità macrobentonica e anfibia in relazione al peggioramento della qualità delle acque	- Favorire l'ombreggiatura delle vasche.

4.2 L'impianto di fitodepurazione di Castelnuovo Bozzente

Si tratta di un impianto costituito da due vasche a flusso superficiale, inserito come trattamento terziario a valle dello scarico del depuratore consortile tradizionale presente, dimensionato per 800 a.e.. L'impianto di fitodepurazione è operativo da aprile 2011.

La prima fase del monitoraggio ha avuto quindi come obiettivo **l'inquadramento idrologico, biologico ed ecologico del corpo idrico recettore dello scarico** proveniente dal depuratore tradizionale (Rio Riolo) e la sua immissione nel Torrente Fontanile di Tradate.

Sono stati stabiliti **4 punti di campionamento** (a monte e a valle dello scarico; a monte e a valle della confluenza con il Torrente Fontanile), secondo lo schema riportato nella figura 10 (i punti di campionamento sono rappresentati dalle lettere A, B, C, D).

Le **analisi chimico-fisiche delle acque** sono state **svolte mensilmente** durante il primo anno di attività; la medie dei parametri analizzati sono riportati in tabella 6.

Tabella 6 – Media \pm deviaz. standard dei parametri chimico-fisici nei quattro punti di campionamento.

	Sito A	Sito B	Sito C	Sito D
OD (mg/L)	11,29 \pm 1,50	9,36 \pm 2,27	11,48 \pm 1,90	10,75 \pm 1,08
OD %	96,5 \pm 1,3	88,1 \pm 10,0	101,6 \pm 10,5	99,1 \pm 4,5
T (°C)	6,6 \pm 4,1	11,4 \pm 6,4	7,9 \pm 3,6	9,5 \pm 3,6
cond (μS/cm)	123 \pm 4	388 \pm 225	180 \pm 115	231 \pm 51
pH	7,35 \pm 0,19	7,49 \pm 0,19	8,00 \pm 0,29	7,77 \pm 0,20
P tot (mg/L)	0,024 \pm 0,02	1,298 \pm 1,33	0,080 \pm 0,28	0,236 \pm 0,22
N tot (mg/L)	3,627 \pm 0,47	10,610 \pm 8,03	3,529 \pm 0,56	4,491 \pm 1,37
NH₄ (mg/L)	0,021 \pm 0,02	0,178 \pm 0,32	0,011 \pm 0,04	0,156 \pm 0,24
COD (mg/L)	3,5 \pm 3,1	8,0 \pm 5,1	2,1 \pm 1,4	3,0 \pm 3,1
E. coli (UFC/100 ml)	2,4*10 ³ \pm 2,7*10 ³	9,1*10 ³ \pm 11,2*10 ³	0,8*10 ³ \pm 3,5*10 ³	6,8*10 ³ \pm 6,5*10 ³



Figura 10 – Ubicazione dei siti di campionamento prima dell'inserimento dell'impianto di fitodepurazione (WWTP = depuratore consortile tradizionale di Castelnuovo Bozzente).

La qualità delle acque risulta peggiore a valle dello scarico del depuratore (sito B), mentre risente della miscelazione con acque più pulite a valle della confluenza con il torrente Fontanile (sito D).

La comunità macroinvertebrata presente risente delle condizioni chimico-fisiche e idrologiche dei corpi idrici. Per questo sono visibili delle differenze nella composizione delle comunità a monte e a valle dello scarico così come a monte e a valle della confluenza. Di seguito sono riportati dei grafici che presentano la composizione (a livello di ordine) delle comunità nei quattro siti campionati, durante la stagione primaverile del 2010 (figura 11).

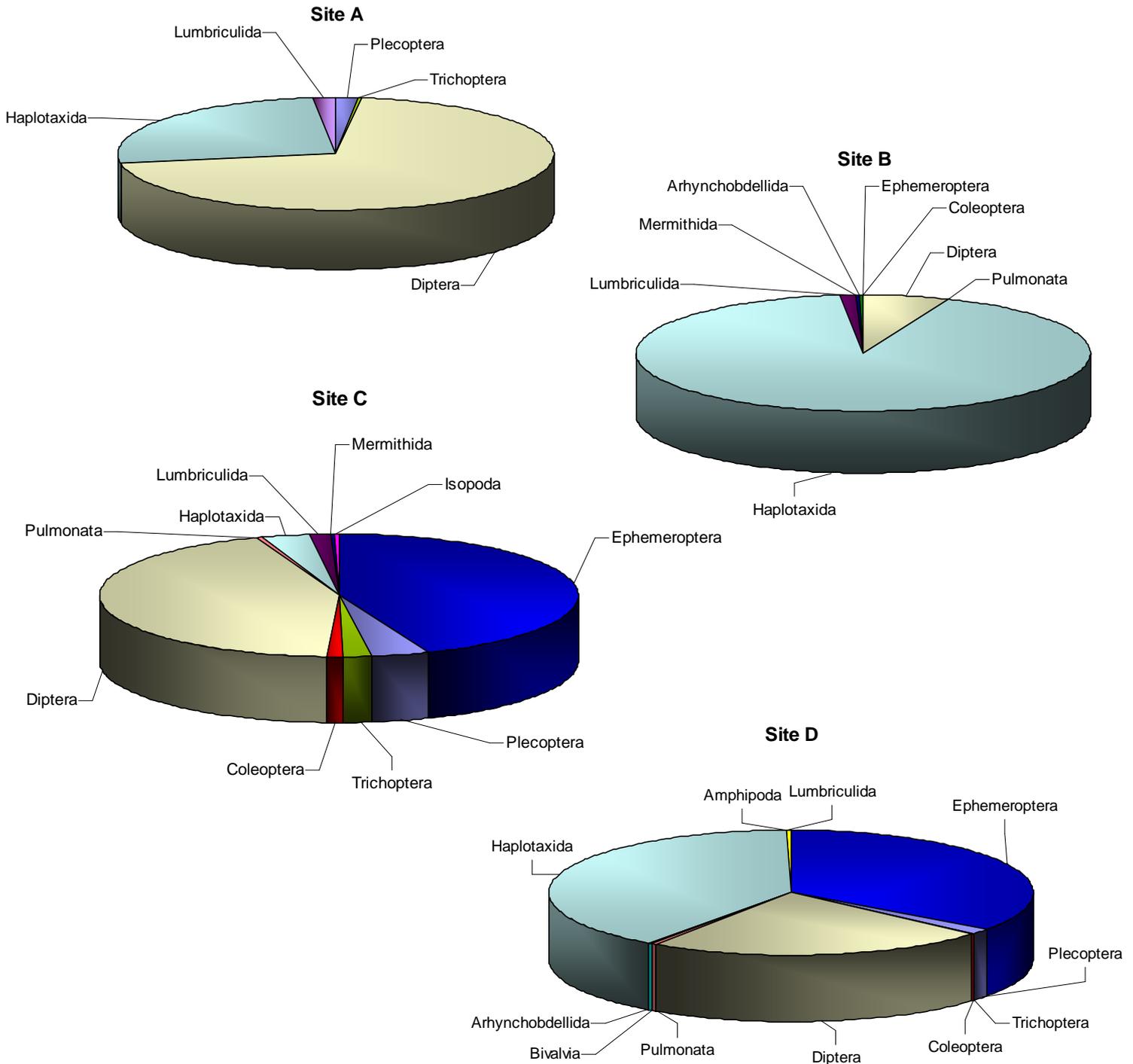


Figura 11 – Composizione della comunità macroinvertebrata nei 4 siti di campionamento di Castelnuovo B.

La comunità macroinvertebrata risulta essere più semplificata e destrutturata nei siti A e B; nel sito A ciò è dovuto alla natura effimera del corso d'acqua, che si presenta asciutto per gran parte dell'anno; nel sito B invece la comunità risente delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque, che peggiorano in relazione alla presenza dello scarico del depuratore. Il sito C presenta invece una comunità più complessa, grazie alla natura inalterata del corso d'acqua in quel tratto. Nel sito D, a valle della confluenza, la comunità riflette gli effetti della miscelazione delle acque del Riolo e del Fontanile, presentando così una situazione intermedia rispetto ai siti B e C.

Da aprile 2011 è stato avviato l'impianto di fitodepurazione inserito a valle dello scarico del depuratore tradizionale e a monte della confluenza tra Rio Riolo e Torrente Fontanile. A partire da quel momento, l'attenzione è stata posta sul funzionamento dell'impianto stesso, per valutarne **l'efficienza di rimozione del carico inquinante** in arrivo dallo scarico del depuratore tradizionale. Analogamente a quanto fatto per l'impianto di Pianbosco, i campioni per le analisi chimico-fisiche delle acque sono stati prelevati lungo il processo fitodepurativo in tre punti: nel primo bacino (indicato in tabella 7 con Fito CB 1), nel secondo bacino (Fito CB 2) e allo scarico finale nel Rio Riolo (Fito CB 3). I valori medi delle analisi effettuate mensilmente da aprile 2010 sono riportate di seguito in tabella 7.

Tabella 7 - Media \pm deviaz. standard dei parametri chimico-fisici nei tre punti di campionamento dell'impianto di fitodepurazione di Castelnuovo B.

	Fito CB 1	Fito CB 2	Fito CB 3
OD (mg/L)	5,95 \pm 0,29	4,84 \pm 2,62	6,24 \pm 1,14
OD %	69,6 \pm 3,3	58,1 \pm 38,0	72,9 \pm 23,3
T (°C)	20,9 \pm 4,9	20,2 \pm 7,0	20,0 \pm 7,1
cond (μS/cm)	700 \pm 127	694 \pm 127	691 \pm 120
pH	7,88 \pm 0,12	7,79 \pm 0,09	7,87 \pm 0,10
P tot (mg/L)	2,572 \pm 0,834	2,988 \pm 1,052	2,974 \pm 1,009
N tot (mg/L)	14,920 \pm 7,807	14,407 \pm 5,415	15,667 \pm 5,361
NH₄ (mg/L)	0,207 \pm 0,234	0,404 \pm 0,260	0,373 \pm 0,331
COD (mg/L)	13,0 \pm 3,6	11,7 \pm 1,2	12,7 \pm 2,5
E. coli (UFC/100 ml)	12,7*10 ³ \pm 14,1*10 ³	4,5*10 ³ \pm 5,2*10 ³	3,2*10 ³ \pm 4,2*10 ³

Come si può notare dai risultati riportati in tabella 7, **non sono ancora visibili differenze significative nella qualità chimico-fisica del refluo lungo il processo fitodepurativo**; ciò è dovuto al fatto che l'impianto in analisi sta ancora attraversando una **fase di assestamento**, in cui non è ancora completata la crescita dell'apparato radicale delle macrofite indispensabili allo svolgimento del processo. Proprio per favorire la crescita delle macrofite, nei primi mesi di avviamento dell'impianto le paratoie di collegamento tra un bacino e l'altro erano state abbassate, determinando così un passaggio rapido del refluo dal primo al secondo bacino artificiale; la rapidità del flusso non consentiva il giusto tempo di ritenzione nei due bacini, tempo necessario affinché la comunità microbica svolga in modo efficiente il processo depurativo. A partire dal mese di ottobre 2011 le paratoie sono state alzate, rallentando così il flusso; ci si aspetta che questo intervento migliori l'efficienza di rimozione del carico inquinante, che dovrebbe essere osservabile nei prossimi mesi di monitoraggio. **Nel 2012** oltre al monitoraggio mensile dei parametri chimico-fisici delle acque, **verranno svolte in parallelo anche indagini biologiche sulla comunità macrobentonica** presente nei due bacini artificiali (campionamento tramite retino), per approfondire la caratterizzazione dell'impianto, inteso come ecosistema artificiale. Primi risultati, criticità e suggerimenti sono riportati in modo schematico in tabella 8.

Tabella 8-Sintesi dei risultati e delle criticità emersi dal monitoraggio dell'impianto di fitodepurazione di Castelnuovo B

Obiettivo	Risultati	Criticità	Suggerimenti
Valutazione dell'efficienza dell'impianto	Fase di assestamento; non ancora evidente una efficiente rimozione del carico inquinante nelle varie fasi del processo	Flusso rapido tra la prima e la seconda vasca	-Rallentare il flusso del refluo, per consentire un aumento del tempo di ritenzione nelle vasche.
Valutazione del valore ecologico dell'impianto	Non disponibili; le informazioni verranno acquisite durante il terzo anno di lavoro	Nessuna criticità riscontrata	- Favorire la crescita e la densità delle macrofite

4.3 Monitoraggio del torrente Antiga e dell'impianto di fitodepurazione di Limido Comasco



Figura 12 – Torrente Antiga presso Limido Comasco.

Il tratto del **torrente Antiga** (figura 12) a valle del depuratore tradizionale di Limido Comasco è stato **monitorato dal punto di vista chimico-fisico, idrologico e biologico** durante tutto il periodo di studio; ciò al fine di inquadrare la situazione del corpo idrico recettore in vista del futuro inserimento di un impianto di fitodepurazione che svolga le funzioni di un ecosistema-filtro posto tra lo scarico del depuratore e l'ambiente fluviale.

I campioni per le analisi chimico-fisiche sono stati prelevati mensilmente a valle dello scarico del depuratore tradizionale e a monte dello stesso, qualora fosse possibile; a monte, infatti, il torrente risulta essere effimero e asciutto per gran parte dell'anno.

I campionamenti di fauna macroinvertebrata sono stati prelevati stagionalmente solo a valle dello scarico del depuratore, poiché per la natura effimera del torrente a monte dello scarico non si sono mai verificate le condizioni adatte all'instaurarsi di una comunità macrobentonica.

Dalle analisi chimico-fisiche risultano **alte concentrazioni di azoto totale** e un'**elevata carica batterica a valle dello scarico del depuratore**. **L'inserimento di un sistema di fitodepurazione che faccia da filtro tra il depuratore e il torrente potrebbe giovare all'intero ecosistema fluviale**, che attualmente non presenta una buona qualità chimico-fisica ed ecologica.

La comunità macrobentonica che è stata rinvenuta rispecchia la scadente qualità chimico-fisica delle acque e si presenta particolarmente destrutturata; la quasi totalità degli organismi campionati fa parte di gruppi tassonomici di scarso pregio ecologico e particolarmente resistenti a un carico inquinante anche elevato (prevalentemente insetti appartenenti alla famiglia dei ditteri e oligocheti appartenenti all'ordine Haplotaxida).

A titolo di esempio, viene riportato un grafico (figura 13) che rappresenta la composizione primaverile della comunità di macroinvertebrati campionata nel torrente Antiga a valle del

depuratore. I campionamenti effettuati in altri periodi dell'anno hanno presentato un andamento simile nella composizione della comunità macroinvertebrata.

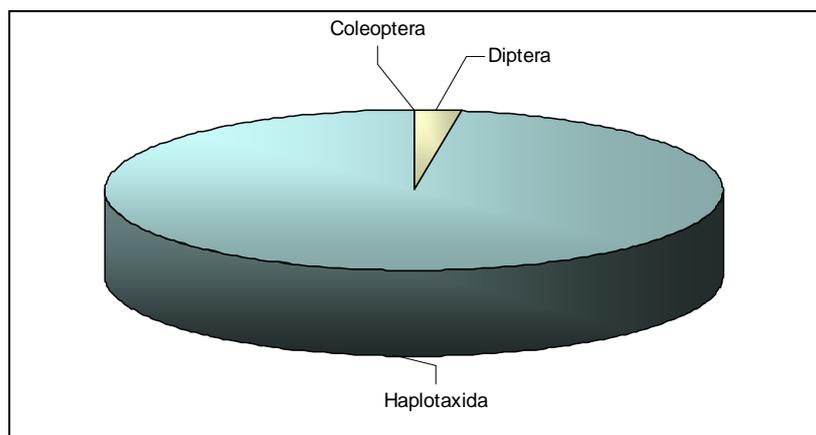


Figura 13 – Composizione primaverile della comunità di macroinvertebrati nel torrente Antiga a valle del depuratore di Limido Comasco (2011).

Il monitoraggio chimico-fisico e biologico del torrente è proseguito anche nel corso del 2012, finché non è stato realizzato e avviato il sistema di lagunaggi previsto dai progetti dell'Ente Parco; tale sistema comprende tre vasche di affinamento a flusso superficiale poste a valle dello scarico del depuratore tradizionale di Limido Comasco.

L'impianto di fitodepurazione è stato ultimato e definitivamente avviato nel mese di giugno 2013. Nello stesso mese è iniziata l'**attività di monitoraggio**, al fine di verificare fin dalle prime fasi di funzionamento quale sia l'efficienza dell'impianto, per poterne valutare in futuro il rendimento nel tempo.

Si auspica la continuazione del monitoraggio su orizzonti temporali più ampi, analogamente a quanto fatto per gli impianti di fitodepurazione di Pianbosco e Castelnuovo Bozzente, per poter valutare se l'impianto in analisi apporti dei miglioramenti allo stato ecologico del torrente Antiga nel tratto considerato, oltre che contribuire all'affinamento del refluo trattato.

In tabella 9 sono riportati i valori delle analisi chimico fisiche svolte sul refluo trattato dall'impianto di fitodepurazione nei primi due mesi di monitoraggio (giugno e luglio 2013). I campioni sono stati prelevati in ingresso e in uscita da ogni vasca, al fine di valutare il rendimento di ogni singola fase del processo. In tabella 9 i quattro punti di campionamenti sono così indicati:

- LIM 1 = scarico depuratore tradizionale = ingresso prima vasca
- LIM 2 = uscita prima vasca = ingresso seconda vasca
- LIM 3 = uscita seconda vasca = ingresso terza vasca
- LIM 4 = scarico finale dell'impianto di fitodepurazione (scarico nel torrente Antiga).

La comunità vegetale (macrofite acquatiche) piantumata nelle vasche risulta essere ancora poco sviluppata; nonostante ciò è stato possibile osservare una prima colonizzazione delle vasche da parte di macroinvertebrati acquatici (in particolare libellule), anfibi e uccelli, che fin dalle prime fasi hanno sfruttato la disponibilità di risorsa idrica.

Ci si aspetta di osservare dei cambiamenti nei rendimenti di depurazione considerando orizzonti temporali più ampi, che saranno necessari alla comunità vegetale per svilupparsi adeguatamente e

raggiungere una condizione di equilibrio. Tale condizione dovrebbe consentire anche l'instaurarsi di una comunità animale più strutturata e complessa, tipica degli ambienti umidi.

Tabella 9 – Parametri chimico-fisici rilevati nei 4 punti di campionamento dell'impianto di fitodepurazione di Limido Comasco (giugno e luglio 2013).

	OD (mg/L)	OD %	T (°C)	Cond (µS/cm)	pH	P tot (mg/L)	N tot (mg/L)	N-NH4 (mg/L)	COD (mg/L)	E. coli (UFC/100 ml)
Giugno 2013										
LIM 1	8.57	102.7	22.5	704	7.69	2.825	14.900	0.365	30	700
LIM 2	8.11	96.3	22.0	704	7.84	2.020	13.510	0.180	28	200
LIM 3	8.45	100.3	22.1	698	7.87	1.140	11.170	0.465	31	100
LIM 4	8.29	100.7	23.3	723	7.91	1.120	11.830	0.650	32	100
Antiga*	7.84	94.8	23.0	715	7.89	1.240	11.470	0.670	32	300
Luglio 2013										
LIM 1	7.67	100.7	27.4	775	7.59	2.135	13.200	0.325	32	250
LIM 2	8.13	103.3	25.5	771	7.61	2.175	13.400	0.315	31	1000
LIM 3	7.80	101.7	26.9	877	7.66	1.860	13.900	0.415	34	1243
LIM 4	8.35	110.3	27.7	878	7.70	1.815	14.000	0.320	35	15

* Torrente Antiga campionato più a valle dello scarico.

Non è stato possibile un confronto con le condizioni chimico-fisiche del torrente Antiga a monte dello scarico in quanto il tratto a monte nel periodo considerato risultava essere in secca.

Nel mese di giugno 2013, in corrispondenza del campionamento chimico-fisico, è stato effettuato anche il campionamento biologico (macroinvertebrati) nel tratto di torrente Antiga già considerato negli anni precedenti, dove è presente lo scarico dell'impianto di fitodepurazione, che si sostituisce al vecchio scarico del depuratore tradizionale. I dati raccolti permetteranno un confronto tra lo stato ecologico attuale del torrente con quello rilevato in passato, oltre che una valutazione sito-specifica in relazione al funzionamento dell'impianto di fitodepurazione come processo di affinamento del refluo scaricato nel torrente Antiga.

4.4 Analisi ecosistemica delle aree umide del Parco Pineta

All'attività di monitoraggio finora descritta è stata affiancata un'indagine mirata alla **caratterizzazione più generale delle aree umide distribuite all'interno del territorio del Parco**, su cui si avevano scarse informazioni pregresse. Come già anticipato nell'inquadramento, **ne sono state scelte 24** di diversa dimensione e origine, due delle quali facenti parte dell'impianto di fitodepurazione di Pianbosco. Il set di ecosistemi considerato comprende stagni e pozze seminaturali e artificiali (alcuni esempi sono riportati nella figure 14 a,b,c). Di quest'ultima categoria fanno parte i lagunaggi (vasca a flusso superficiale e stagno) dell'impianto di fitodepurazione di Pianbosco e alcuni degli stagni costruiti dal Parco con l'intento di inserire nel territorio ecosistemi utili alla popolazione anfibia.



Figura 14 a,b,c – Esempi di aree umide seminaturali e artificiali (da destra: stagno Proverbio a Tradate, pozza in località Digaa a Castelnuovo Bozzente, stagno dell'impianto di fitodepurazione di Pianbosco).

L'analisi di questi ecosistemi ha previsto:

- La definizione delle **variabili morfologiche** di ogni area umida (dimensioni, profondità, caratteristiche delle rive e del fondale, esposizione solare).
- L'osservazione e il riconoscimento tassonomico delle **macrofite acquatiche** e delle **specie riparie** presenti.
- La **caratterizzazione chimico-fisica** delle acque.
- La determinazione della **fauna macrobentonica** presente.
- La caratterizzazione della **comunità vertebrata** presente (osservazione di anfibi; caratterizzazione dell'ittiofauna tramite elettropesca).

La definizione dei parametri e delle variabili sopraccitate è stata svolta **stagionalmente**; tale indagine consente di **valutare la biodiversità associata a questi ambienti**, anche in relazione a cambiamenti stagionali delle variabili ambientali, e di effettuare dei confronti tra ecosistemi seminaturali ed ecosistemi artificiali (tra cui anche le vasche degli impianti di fitodepurazione).

La biodiversità di ciascuna area umida è stata stimata attraverso il calcolo di vari indici; nelle tabelle 10 e 11 sono stati riportati il numero di individui campionati nelle stagioni estiva e autunnale del 2010, il numero di *taxa* (*Taxa Richness*) e l'indice di Shannon calcolati per ciascuna area umida in entrambe le stagioni. Nelle tabelle sono stati evidenziati i valori più alti (maggiori di 10 per il numero di *taxa* e maggiori di 2,00 per l'indice di Shannon) che sono indicatori di una maggiore biodiversità. I valori di entrambi gli indicatori sono stati aggregati per stilare una classifica delle aree umide con la biodiversità maggiore. In rosso sono indicate le aree umide in cui sono presenti predatori vertebrati (ittiofauna ed erpetofauna). In generale, **i valori di biodiversità risultano maggiori nella stagione autunnale rispetto a quella estiva**, durante la quale le condizioni ambientali che caratterizzano le zone umide risultano essere più estreme (in alcuni casi, si sono verificate condizioni di siccità correlate alle esigue dimensioni delle pozze). L'area umida con la biodiversità più alta è risultata essere **in estate la pozza realizzata dal Parco a Tradate**, mentre **in autunno lo stagno Roncamocc**. Anche gli ecosistemi artificiali più recenti (come T28 e CB8) presentano buoni livelli di biodiversità.

Tabella 10 - Biodiversità delle aree umide espressa come numero di *taxa* e indice di Shannon (estate 2010)

Sigla	Nome	Superficie (m ²)	Classifica biodiversità	N. individui campionati	N. <i>taxa</i>	Indice di Shannon
T27	Pozza Tradate	48	1	140	15	2.94
VO5	Fosso Zocca	3	2	122	17	2.45
CB7	Pozza Casteln. B.	40	3	181	12	2.86
A1	Roncamocc	200	4	258	14	2.45
CW2	Il vasca fito	306	5	74	11	2.81
T28	Pozza Scorpione	48	6	133	12	2.42
VO4	Fosso Zocca	20	7	341	13	1.76
CW1	Stagno fito	105	8	485	13	1.5
C5	Pozza Carbonate	40	9	139	10	1.97
CB8	Pozza Farera	40	10	1094	13	1.26
T12	Sassi grande	30	11	475	13	1.25
A4	Pozza C.na Fontana	18	12	106	7	1.66
CB9	Pozza Digaa	5	13	179	9	1.19
T17	Proverbio	200	14	216	7	1.23
CB1 (SIC)	Pozza SIC	2	15	129	7	1.13
CB3 (SIC)	Pozza SIC	2	16	319	6	1.21
BF1	Cà Bianca	1600	17	39	4	1.45
LM4	Restina piccolo	70	18	259	6	0.96
A14	Tarantola	5	19	16	3	1.37
A6	Prato C.na Fontana	25	20	283	6	0.84
B1	S. Siro	300	21	45	3	1.09
T14	Proverbio tritoni	35	22	74	4	0.52
LM1	Ronco Gendana	15	23	0	0	0
VO1	Fosso Zocca	48	24	0	0	0

Tabella 11 - Biodiversità delle aree umide espressa come numero di *taxa* e indice di Shannon (autunno 2010)

Sigla	Nome	Superficie (m ²)	Classifica biodiversità	N. individui campionati	N. <i>taxa</i>	Indice di Shannon
A1	Roncamocc	200	1	105	17	3.6
CW1	Stagno fito	105	2	1239	18	2.75
LM4	Restina piccolo	70	3	98	16	3.06
VO5	Fosso Zocca	3	4	190	15	2.77
VO4	Fosso Zocca	20	5	208	16	2.43
CB7	Pozza Casteln. B.	40	6	611	17	1.84
CW2	Il vasca fito	306	7	725	14	2.07
B1	S. Siro	300	8	25	9	2.93
T28	Pozza Scorpione	48	9	264	12	2.19
CB8	Pozza Farera	40	10	451	11	2.37
T17	Proverbio	200	11	111	10	2.26
T12	Sassi grande	30	12	91	10	2.24
C5	Pozza Carbonate	40	13	124	8	2.39
CB1 (SIC)	Pozza SIC	2	14	92	9	1.77
LM1	Ronco Gendana	15	15	358	7	2.04
A4	Pozza C.na Fontana	18	16	29	6	2.04
T27	Pozza Tradate	48	17	86	8	1.54
BF1	Cà Bianca	1600	18	7	5	2.13
A6	Prato C.na Fontana	25	19	148	6	1.78
A14	Tarantola	5	20	116	7	1.26
VO1	Fosso Zocca	48	21	343	5	1.41
T14	Proverbio tritoni	35	22	110	5	1.34
CB3 (SIC)	Pozza SIC	2	23	137	5	0.81
CB9	Pozza Digaa	5	24	183	5	0.57

L'analisi dei dati raccolti mostra come siano numerose le variabili ambientali che possono influire sulla ricchezza in *taxa* e sull'abbondanza relativa della fauna invertebrata, con una diversificazione notevole tra aree umide diverse e, all'interno dello stesso stagno, tra i differenti microambienti.

Attraverso l'indagine svolta è stato possibile ampliare le conoscenze sulla fauna invertebrata nelle principali aree umide del Parco Pineta, rinvenendo un totale di 90 *taxa* riconosciuti a livello di famiglia, genere o specie (l'elenco è riportato nell'allegato I) che testimoniano l'elevato grado di biodiversità che le caratterizza. Le zone umide campionate, sia seminaturali sia artificiali, presentano livelli anche molto differenti di biodiversità, ma, in generale, si sono potuti verificare l'elevato contributo delle aree umide alla biodiversità complessiva del Parco e l'utilità degli interventi artificiali realizzati dall'Ente. Le comunità più ricche in specie e meglio strutturate, infatti, sono state rinvenute nello stagno di Roncamocc, che presenta un elevato numero di microhabitat disponibili, ma anche nelle pozze artificiali di Castelnuovo (CB7) e Tradate (T27).

Anche nei lagunaggi dell'impianto di fitodepurazione è stata registrata una elevata biodiversità nella seconda vasca durante il campionamento estivo e nello stagno posto a valle dell'impianto durante il campionamento autunnale. Ciò ha confermato che, dal punto di vista della morfologia, il progetto degli stagni di lagunaggio è utile ai fini dell'incremento della biodiversità locale.

Dai primi risultati si può dedurre che, **indipendentemente dall'origine semi-naturale o artificiale, tutte le aree umide sono perfettamente confrontabili dal punto di vista della biodiversità**, in alcuni casi rivelatasi addirittura superiore in queste ultime.

La qualità delle acque e la natura delle aree umide considerate sono, infatti, risultate poco incidenti sulla ricchezza della comunità biologica presente rispetto al **numero di microhabitat** caratterizzanti le diverse aree umide; è stato possibile osservare che, in generale, la biodiversità tende ad aumentare al crescere della quantità di microhabitat presenti, mediata dalle dimensioni della relativa area umida. Un **fattore limitante** sembra essere la presenza di una forte **pressione predatoria** da parte dell'**ittiofauna** e dell'**erpetofauna** presenti. E' quindi possibile affermare che **sia le vasche dell'impianto di fitodepurazione, sia le pozze realizzate dal Parco in vista del progetto di tutela degli anfibi sono in grado di alla concorrere alla qualità della rete ecologica locale, contribuendo all'aumento della biodiversità complessiva del Parco.**

I risultati ottenuti possono dunque essere sfruttati a scopo progettuale nella realizzazione di aree umide artificiali o a scopo conservazionistico per la tutela di quelle già esistenti.

Tramite una scelta oculata della posizione in cui inserire l'area umida, della vegetazione in essa impiantata, delle sue caratteristiche morfologiche, può derivare un habitat rilevante per il ciclo vitale di numerosi organismi e che si inserisce in modo significativo nella rete ecologica locale. Nella progettazione di nuove aree umide è, quindi, consigliabile indirizzare e concentrare gli sforzi sulla diversificazione e sull'incremento del numero di microhabitat attraverso la piantumazione di macrofite acquatiche, il controllo delle popolazioni delle specie vegetali più infestanti, la naturalizzazione della morfologia dei bacini tramite la creazione di rive più sinuose e dolcemente digradanti, l'aumento della superficie e della profondità.

In particolare, **l'inserimento di aree umide artificiali nell'ambito di impianti di fitodepurazione è utile non solo come ulteriore fase di affinamento nel processo di depurazione ma anche per scopi naturalistici e di incremento della biodiversità.**

4.4.1 Analisi del potenziale ecologico del SIC di Castelnuovo Bozzente

Tra le aree umide selezionate per l'analisi ecosistemica, sono comprese le due pozze (identificate come CB1 e CB3 nella mappatura effettuata dal Parco) situate nel comune di Castelnuovo Bozzente e comprese nella porzione di territorio delimitata come SIC (figure 15 e 16).

Su richiesta dell'Ente Parco è stata effettuata un'indagine più approfondita delle due pozze, al fine di valutarne lo stato ecologico e la connessione con le altre aree umide circostanti, per la stesura del piano di gestione territoriale dell'intero SIC.



Figura 15 – Pozza CB1



Figura 16 – Pozza CB3

I campionamenti di macroinvertebrati nelle due pozze hanno messo in evidenza come **le due aree umide considerate non siano caratterizzate da elevati valori di biodiversità**. Ciò è dovuto principalmente alle loro **dimensioni molto limitate** (entrambe con una superficie pari a circa 2 m²) e alle conseguenti caratteristiche morfologiche (scarsità di habitat differenziati), e in parte alle caratteristiche chimico-fisiche delle loro acque (ambiente in condizioni riducenti, povero di ossigeno e con elevate concentrazioni di azoto ammoniacale di origine naturale) dovute alla presenza di abbondante detrito vegetale in decomposizione. Tali condizioni non permettono lo sviluppo di una comunità biologica complessa e ben strutturata, se paragonata alle comunità presenti in altri ambienti umidi del Parco.

Entrambe le comunità di macroinvertebrati sono principalmente costituite da Ditteri chironomidi e Oligocheti (con abbondanze relative molto elevate), la cui presenza preponderante è la causa principale del basso livello di biodiversità. E' bene tuttavia rilevare come la presenza di due generi di Odonati (*Aeshna* e *Anax*) e di un esemplare del genere di Efemerotteri *Cloeon*, nella pozza CB1, siano elementi di interesse per pozze di dimensioni così contenute.

Per quanto riguarda gli anfibi, sono state rilevate ovature di Rana dalmatina (*Rana dalmatina*) sia nella pozza CB1 che nella vicina pozza CB3. Il numero di ovature è inferiore a quello rilevato nella maggioranza delle altre aree umide campionate all'interno del Parco, ma è estremamente consistente in termini di densità, data la limitata superficie delle due pozze. Non sono state osservate ovature di Rospo comune (*Bufo bufo*) o di altri Anuri. Per quel che riguarda gli Urodeli, è stato osservato un esemplare giovane di Tritone (*Triturus carnifex*) nella pozza CB3.

Il SIC è **circondato da corpi idrici e aree umide**, molte delle quali sono sufficientemente vicine da poter garantire uno **scambio di popolazioni**, sia per quel che riguarda la maggior parte degli invertebrati che gli anfibi, con eventuali aree umide presenti o introdotte *ex novo* all'interno del SIC stesso e che presentino habitat favorevoli.

L'areale e la capacità di dispersione delle popolazioni di volta in volta valutabili varia in funzione di numerosissimi fattori, tra i quali l'autoecologia della specie, le dinamiche della popolazione nell'ambiente di partenza, gli habitat e gli ostacoli presenti lungo il percorso di dispersione, le possibili interazioni con altre comunità biologiche. A fini dimostrativi, è stato analizzato il

potenziale di colonizzazione offerto dagli ambienti umidi presenti in un raggio di 1.5 km dal SIC (figura 17). Le aree umide campionate in tale raggio sono state 14, di cui 3 sono pozze realizzate dal Parco per la riproduzione degli anfibi e 2 sono vasche destinate alla fitodepurazione. Si rinvencono, inoltre, alcuni torrenti che presentano portate significative almeno stagionalmente.

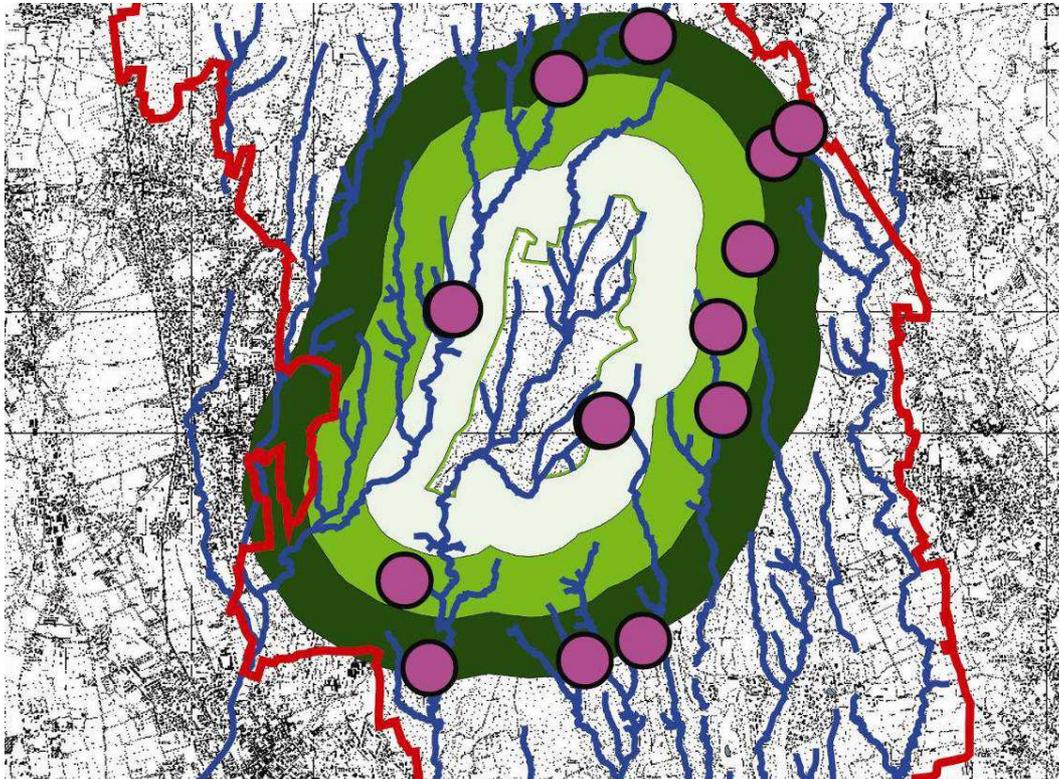


Figura 17 – Aree umide e reticolo idrografico rinvenibili in un raggio di 1.5 km dal SIC (I puntini viola rappresentano le aree umide, le zone verdi sono fasce ampie 500 m ciascuna intorno al SIC, la linea rossa rappresenta il confine del Parco Pineta).

Negli ambienti umidi compresi **nella fascia di 1,5 km che circonda il SIC sono stati rinvenuti elementi di notevole interesse** sia per quel che riguarda le popolazioni di anfibi, sia per quel che riguarda la comunità macroinvertebrata. E' stata accertata la presenza di Urodeli, sia tritoni (rinvenuti in 3 aree umide, tutte a sud del SIC) che salamandre (rinvenute in un'area umida a est del SIC e in vari corsi d'acqua a nord). La presenza di occasionali adulti e di numerosissime ovature di Anuri (*Rana dalmatina*, *Rospo comune* e *Rana verde* – *Rana synclepton esculenta*) è stata accertata nella quasi totalità delle aree umide.

In base ai dati analizzati, è possibile affermare che, **dal punto di vista degli ecosistemi umidi, il SIC offre una limitata disponibilità di habitat** (a causa dell'esiguo numero di zone umide e della loro piccola dimensione). Ciò nonostante, all'interno del SIC è stata rinvenuta la presenza del Tritone crestato, specie di interesse comunitario associata agli ambienti umidi. L'analisi degli ambienti umidi presenti nelle vicinanze del SIC, inoltre, consente di definire il SIC come una porzione di un areale più ampio in cui vivono popolazioni più numerose dello stesso Tritone crestato, e individua un potenziale di biodiversità ragguardevole sia per quel che riguarda gli anfibi che i macroinvertebrati, con particolare riferimento agli Odonati.

4.5 Analisi dell'ittiofauna presente in alcune delle aree umide considerate

Al fine di rilevare la presenza di variabili che potessero influenzare le comunità di macroinvertebrati, durante il campionamento autunnale è stata svolta un'ulteriore opera di **monitoraggio** volta a valutare la **presenza di ittiofauna** all'interno delle aree umide segnalate dal Parco.

Il metodo di cattura impiegato è quello basato sulla **pesca elettrica**; la scelta di tale tecnica è stata effettuata con lo scopo di arrecare il minimo danno agli organismi.

Le procedure e l'equipaggiamento differiscono a seconda della profondità dell'acqua e del sito di campionamento: nelle aree umide campionate, data l'esigua profondità, la pesca elettrica è stata svolta immergendosi in acqua mediante l'impiego di un elettrostorditore a spalla; la selezione di onde DC (corrente diretta) o PDC (corrente diretta a impulsi) dipende dalla conducibilità dell'acqua, dalle dimensioni del bacino e dalle specie ittiche attese: date le variazioni nella conducibilità misurata e nelle dimensioni delle aree umide campionate, si sono alternati entrambi i metodi. Le operazioni sono state svolte in maniera da coprire tutti gli habitat presenti, dalle buche ai tronchi d'albero, dalla vegetazione al centro della raccolta d'acqua, muovendovi l'anodo e catturando gli esemplari dei pesci storditi mediante l'impiego di un retino.

La squadra di lavoro era composta da quattro operatori, di cui uno addetto al trasporto dell'elettrostorditore a spalla (figura 18), un secondo addetto all'azionamento del catodo rappresentato da un coppo immanicato, un terzo alla cattura dei pesci storditi e il quarto alla raccolta dei dati relativi a lunghezza e peso a riva (figura 19).

Tutti gli individui catturati sono stati quindi riconosciuti e misurati. L'identificazione è avvenuta fino a livello di specie basandosi sui caratteri morfologici; la misurazione della lunghezza è stata effettuata su tutti i pesci catturati mentre i dati relativi al peso sono stati raccolti solamente per i primi 20 esemplari in modo da abbreviare i tempi per il rilievo dei dati sul campo e per le operazioni di manipolazione dei soggetti catturati così da preservarne il più possibile la salute.

Durante la fase di raccolta dati gli individui sono stati posti all'interno di mastelli di plastica adeguatamente ossigenati in modo da garantirne la sopravvivenza.

I pesci catturati, una volta identificati e misurati, sono stati posti all'interno di una rete immersa in acqua per completare la fase di risveglio prima di essere rilasciati in ambiente.

Da rilievi effettuati nel Parco in passato, risulta la presenza di pesci nelle aree umide di Cà Bianca, Proverbio e Roncamocc; dai rilievi effettuati sul campo tramite elettropesca durante il presente lavoro di monitoraggio, lo stagno Roncamocc è risultato privo di individui, mentre è stata accertata la presenza di pesci negli stagni di **San Siro** e **Restina piccolo**, oltre che nei già citati **Cà Bianca** e **Proverbio**. Si tratta per lo più di popolazioni immesse nell'ecosistema dall'uomo con lo scopo di favorire la pesca abusiva nelle aree umide.

Dai rilevamenti effettuati sono state rinvenute le specie riportate di seguito in tabella 12.

Tabella 12 - Ittiofauna rilevata durante i campionamenti effettuati mediante elettropesca.

ORDINE	FAMIGLIA	GENERE	SPECIE	NOME COMUNE	PROVENIENZA
Cypriniformes	Cyprinidae	<i>Scardinius</i>	<i>erythrophthalmus</i>	Scardola	Autoctono
		<i>Carassius</i>	<i>sp.</i>	Carassio	Alloctono
		<i>Rutilus</i>	<i>erythrophthalmus</i>	Triotto	Autoctono
		<i>Leuciscus</i>	<i>cephalus</i>	Cavedano	Autoctono
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Gambusia</i>	<i>holbrooki</i>	Gambusia	Alloctono
Perciformes	Centrarchidae	<i>Lepomis</i>	<i>gibbosus</i>	Persico sole	Alloctono
		<i>Micropterus</i>	<i>salmoides</i>	Persico trota	Alloctono
Siluriformes	Ictaluridae	<i>Ameiurus</i>	<i>melas</i>	Pesce gatto	Alloctono

Dai dati raccolti durante il presente lavoro emergono delle differenze rispetto a rilievi analoghi svolti dal Parco in passato, sebbene le comunità ittiche risultino sempre composte prevalentemente da specie alloctone introdotte dall'uomo. Come già detto, la presenza di ittiofauna risulta essere un fattore limitante per l'instaurarsi di un buon livello di biodiversità per le comunità macrobentoniche; ciò è risultato particolarmente evidente durante la stagione estiva.

Nell'**allegato II** sono stati riportati i **dati specifici di ciascuna area umida campionata** (specie rinvenute e, per ciascuna specie, il numero di individui, la lunghezza media e il peso medio). La raccolta dei dati relativi a lunghezza e peso nasce dalla necessità di considerare alcuni aspetti popolazionistici, quali ad esempio la struttura in classi di età. La finalità è quella di rappresentare la struttura demografica delle popolazioni che compongono le comunità ittiche con lo scopo di valutarne la capacità di riproduzione e il mantenimento della stessa popolazione. Lo studio della struttura demografica delle popolazioni ittiche attraverso l'analisi delle lunghezze è una prassi molto diffusa negli studi di dinamica di popolazione. Questo metodo si basa sul presupposto che tutti gli individui di una determinata popolazione di una specie ittica si riproducono nello stesso momento e si accrescono con la medesima velocità; ne consegue che i pesci di una medesima età teoricamente presentano la stessa lunghezza e quindi, misurando un campione sufficientemente consistente, dovrebbe essere possibile osservare dei gruppi di numerosi individui, ognuno dei quali con una determinata lunghezza, corrispondenti ciascuno ad una certa classe d'età.



Figura 18 – Elettrostorditore a spalla



Figura 19 – Fase di cattura dell'ittiofauna

4.6 Analisi della popolazione anfibia

Con lo scopo di valutare l'influenza esercitata dalla pressione predatoria sulle comunità di macroinvertebrati rinvenute nelle aree umide, durante i campionamenti effettuati è stata posta particolare attenzione anche al **rilevamento della presenza di anfibi**; ne è stata rilevata la presenza sia attraverso osservazione diretta sia attraverso l'ascolto del canto. La presenza di individui è stata distinta in numero di ovature osservate e in presenza/assenza di adulti, categoria che comprende tutti gli stadi rimanenti del ciclo vitale, dal girino all'adulto.

Dai rilievi effettuati dal Parco negli anni passati è stata accertata la presenza delle specie riportate nelle tabelle 13 e 14.

Tabella 13 - Specie di urodela rinvenute all'interno del territorio del Parco

URODELI			
Famiglia	Genere	Specie	Nome comune
Salamandridae	<i>Salamandra</i>	<i>salamandra</i>	Salamandra pezzata
Salamandridae	<i>Triturus</i>	<i>carnifex</i>	Tritone crestato
		<i>vulgaris</i>	Tritone punteggiato

Tabella 14 - Specie di anuri rinvenute all'interno del territorio del Parco

ANURI			
Famiglia	Genere	Specie	Nome comune
Pelobatidae	<i>Plelobates</i>	<i>fuscus</i>	Pelobate fosco
Bufo	<i>Bufo</i>	<i>bufo</i>	Rospo comune
Hylidae	<i>Hyla</i>	<i>intermedia</i>	Raganella italiana
Ranidae	<i>Rana</i>	<i>dalmatina</i>	Rana agile
		<i>synklepton esculenta</i>	Rana Verde

I dati riportati di presenza di anuri e urodela (conteggio delle ovature osservate in ogni area umida e osservazione degli adulti) sono stati rappresentati attraverso delle mappe che meglio rappresentano la distribuzione degli anfibi nelle diverse aree umide considerate (Figure 20, 21, 22).

E' necessario segnalare che le salamandre tendono a vivere preferenzialmente presso i corsi d'acqua, quindi l'areale riportato in figura 21 si riferisce esclusivamente al rilevamento limitato alle aree umide campionate.

Nel corso del terzo anno di lavoro si cercherà di confrontare lo stato attuale della distribuzione della popolazione anfibia all'interno del territorio del Parco con quanto rilevato in passato, anche in relazione alla composizione della popolazione macrobentonica rilevata nelle varie aree umide; inoltre si cercherà di approfondire la conoscenza sulle comunità anfibe e la loro relazione con la qualità ecologica degli stagni in analisi, al fine di valutare quali interventi risultino più adeguati per la conservazione e la tutela di tali comunità.

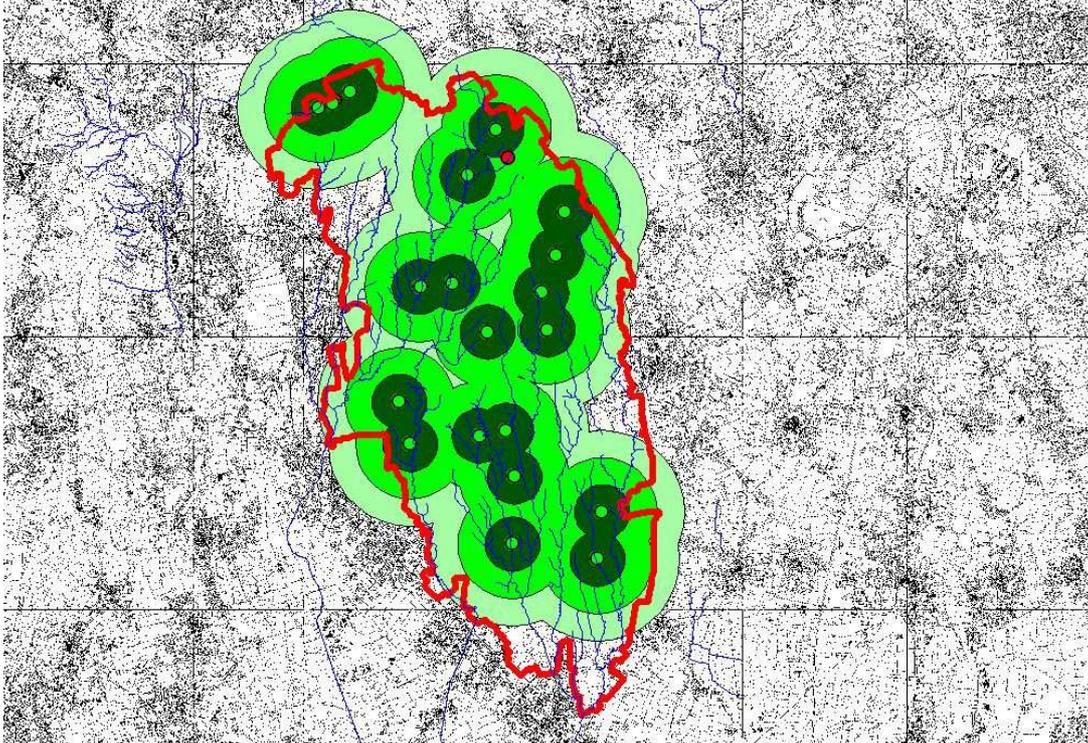


Figura 20 – Mappa di presenza degli anuri.

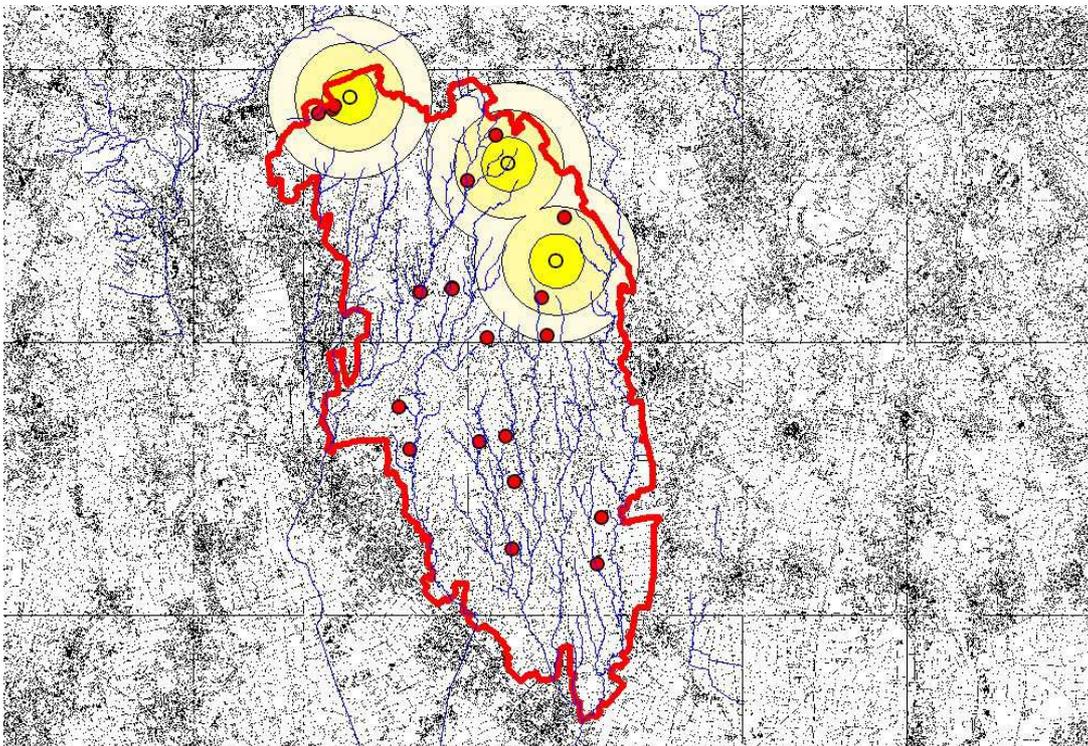


Figura 21 – Mappa di presenza delle salamandre.

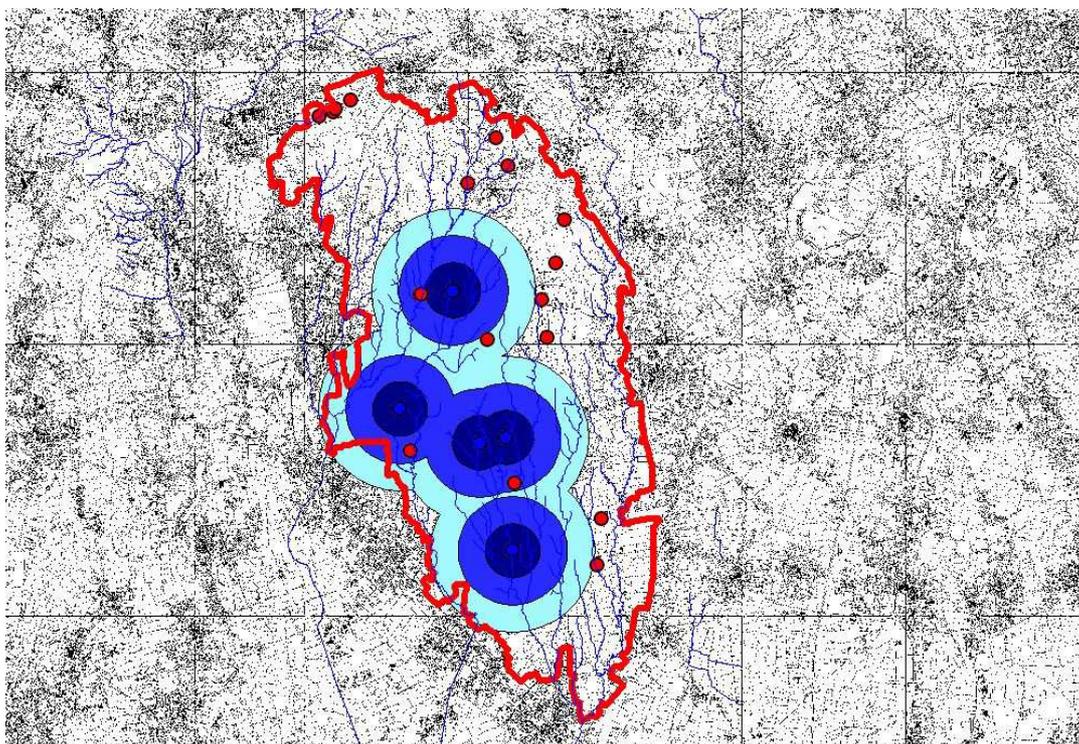


Figura 22 – Mappa di presenza dei tritoni.

5. Attività svolte nel 2012/2013

Nel corso del terzo anno di attività è **proseguita l'attività di monitoraggio degli impianti di fitodepurazione** di Venegono Inferiore – località Pianbosco e di Castelnuovo Bozzente ed è **cominciato il monitoraggio dell'impianto di fitodepurazione di Limido Comasco**, come descritto nel paragrafo 4.3 della presente relazione. Le analisi chimico-fisiche del refluo trattato dagli impianti sono state svolte con cadenza mensile, **per valutare l'efficienza del processo in periodi successivi alla fase di avviamento** e per poter valutare il rendimento dell'impianto anche a lungo termine.

In particolare, **per quanto riguarda l'impianto di Pianbosco** di cui sono disponibili dati a partire dal 2008, è stato possibile effettuare un'analisi su un orizzonte temporale più ampio del rendimento dell'impianto nell'abbattimento di ogni singolo parametro considerato, effettuando anche un **confronto tra la stagione autunno-invernale e la stagione vegetativa**. La maggiore rimozione del carico inquinante e l'abbattimento della carica batterica vengono svolti principalmente dalla vasca a flusso sub superficiale orizzontale, che si dimostra essere la principale responsabile del trattamento sia nella stagione vegetativa, sia in quella di quiescenza invernale. Il parametro che in media viene rimosso con maggiore efficienza risulta essere la carica batterica (*Escherichia coli*), che risulta essere sempre superiore al 98% in entrambe le stagioni considerate. Tale risultato è in accordo con quanto si riscontra in letteratura per impianti simili. Per gli altri parametri considerati si riportano le rimozioni medie percentuali estive e invernali delle singole fasi di trattamento dell'impianto di Pianbosco (SSF = prima vasca a flusso sub-superficiale; SF = seconda vasca a flusso superficiale) e dell'intero trattamento di fitodepurazione, calcolate per il periodo di indagine 2008-2012 (Figura 23 a, b, c, d).

Figura 23 a – Rimozione % stagionale di N tot nell'impianto di Pianbosco (SSF = prima vasca; SF = seconda vasca; TOT = rimozione totale dell'impianto).

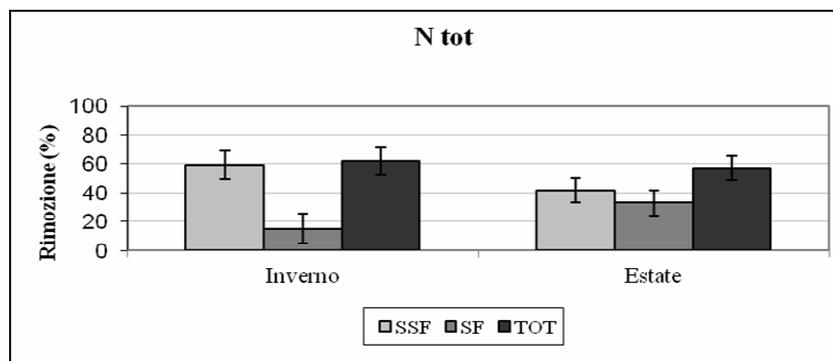


Figura 23 b – Rimozione % stagionale di N ammoniacale nell'impianto di Pianbosco (SSF = prima vasca; SF = seconda vasca; TOT = rimozione totale dell'impianto).

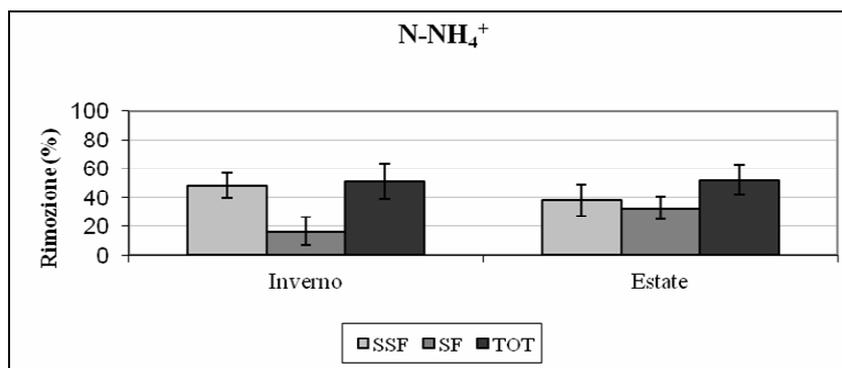


Figura 23 c – Rimozione % stagionale di P tot nell’impianto di Pianbosco (SSF = prima vasca; SF = seconda vasca; TOT = rimozione totale dell’impianto).

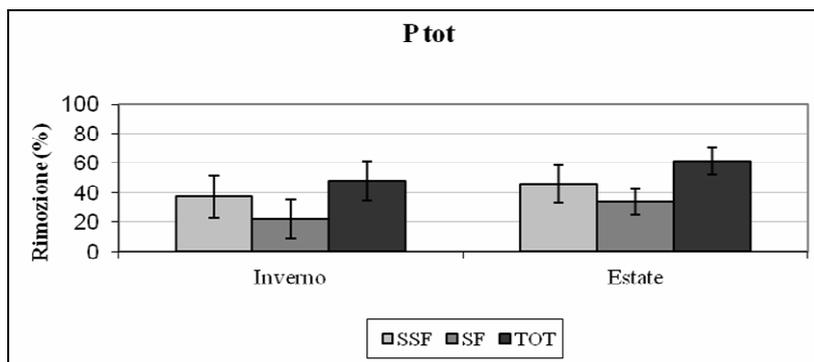
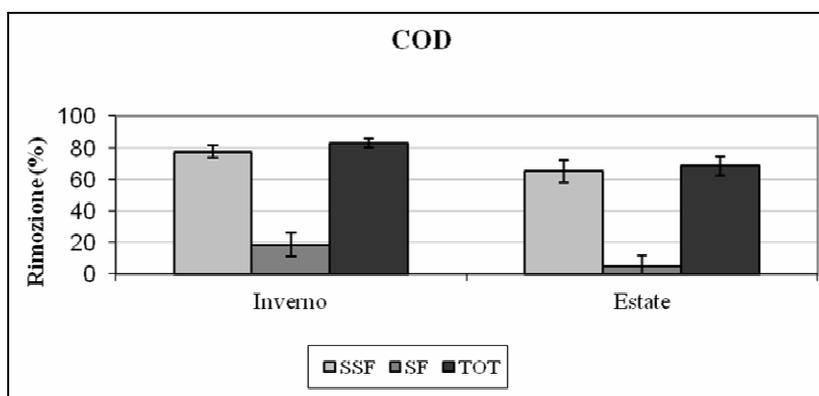


Figura 23 d – Rimozione % stagionale di COD nell’impianto di Pianbosco (SSF = prima vasca; SF = seconda vasca; TOT = rimozione totale dell’impianto).



I dati raccolti sulla biodiversità nei lagunaggi degli impianti di fitodepurazione e nelle 24 aree umide del Parco considerate nell’arco del triennio di attività sono stati rielaborati al fine di valutare su scala locale quale sia il contributo degli impianti considerati e di altri interventi artificiali realizzati dal Parco alla biodiversità complessiva.

I dati raccolti permettono infatti di valutare quanto le variabili ambientali caratteristiche di ciascuna area umida considerata siano correlate alla biodiversità in esse presente.

È noto da letteratura come la comunità macroinvertebrata sia particolarmente sensibile alla qualità chimico-fisica ed ecologica dell’habitat; per tali motivi l’analisi della composizione delle singole comunità macrobentoniche consente di valutare il livello di biodiversità associato a ciascuno degli habitat considerati. Nel corso del terzo anno di attività, i dati raccolti nel biennio 2012/2011 sono stati rielaborati con lo scopo di effettuare **considerazioni a scala territoriale più ampia**.

In particolare, considerando la distanza relativa tra le varie aree umide e la capacità di dispersione di ogni gruppo tassonomico che compone le comunità macrobentoniche, **è stato possibile valutare quanto le aree umide considerate siano ecologicamente interconnesse tra loro**.

È stato effettuato un **confronto stagionale della composizione della comunità macroinvertebrata tra diverse categorie di stagni**, che sono stati suddivisi in naturali/semi naturali, artificiali (gli stagni costruiti dal Parco) e i lagunaggi degli impianti di fitodepurazione. È emerso che, nonostante il livello di biodiversità delle diverse categorie di habitat sia confrontabile, la composizione delle singole popolazioni di ciascuna area umida risulta differente, soprattutto in relazione alle variabili ambientali presenti e alla permanenza dell’acqua nel bacino nell’arco dell’anno (idroperiodo). Le capacità di dispersione dei diversi taxa di macroinvertebrati, oltre alla

loro capacità di resistenza a periodi sfavorevoli di siccità, determina la permanenza all'interno di un bacino o lo "spostamento" delle specie verso altre aree umide all'interno del Parco, delineando così le caratteristiche di ogni singola comunità. Le peculiarità degli interventi realizzati risultano dunque di fondamentale importanza in quanto contribuiscono a influenzare tale processo.

Le considerazioni derivanti dall'attività svolta nell'arco del terzo anno, qui presentate in modo parziale, ribadiscono e approfondiscono quanto già ipotizzato dopo i primi due anni di monitoraggio, e possono essere utilizzate dall'Ente Parco nell'ambito della gestione e valorizzazione della risorsa idrica, della conservazione e tutela della biodiversità, e nella pianificazione dell'inserimento di ulteriori ecosistemi artificiali.

6. Conclusioni

Il lavoro di monitoraggio svolto nel triennio ha consentito di valutare l'efficacia degli interventi realizzati dal Parco Pineta nell'ambito della depurazione di reflui urbani tramite sistemi di fitodepurazione. Laddove il tempo necessario all'asestamento e al raggiungimento dell'attività a pieno regime sia già trascorso (impianto di Pianbosco), **tali sistemi stanno dimostrando buone capacità di abbattimento del carico inquinante** (che nel caso dell'impianto di Pianbosco sono all'incirca dell'ordine del 70%), permettendo così di mitigare le criticità derivanti dalla presenza di reflui non trattati all'interno dell'area protetta e inserendosi positivamente nel contesto territoriale locale. È stato possibile verificare, inoltre, che **i lagunaggi facenti parte degli impianti oggetto di studio apportano anche un valore ecologico**, inserendosi come ecosistemi utili nella rete ecologica locale. Tali lagunaggi, infatti, presentano livelli di biodiversità confrontabili con quelli rilevati in altre aree umide seminaturali e artificiali del Parco, ospitando comunità animali e vegetali tipiche di questi ambienti; l'inserimento di aree umide artificiali nell'ambito di impianti di fitodepurazione è quindi utile non solo come ulteriore fase di affinamento nel processo di depurazione ma anche per scopi naturalistici e di incremento della biodiversità. In tal senso, sono anche state definite migliorie di tipo gestionale, quale una più efficace attività di contenimento delle macrofite flottanti del genere *Lemna*.

In un territorio caratterizzato da scarsità di risorsa idrica, l'inserimento di ecosistemi acquatici crea una risorsa ecologica rilevante non solo per la fauna macroinvertebrata e anfibia, ma anche per comunità di vertebrati superiori.

Oltre alla valenza ecologica, **gli impianti di fitodepurazione** realizzati rappresentano un'importante **risorsa per la società**, per lo sfruttamento didattico e ricreativo che ne può derivare. A tale scopo, gli impianti sono stati valorizzati dal Parco ponendoli al centro di percorsi didattici specifici, a cui si è contribuito con le informazioni raccolte durante il lavoro svolto e partecipando alle attività di educazione ambientale.

In generale, il monitoraggio svolto sul set di aree umide selezionate, ha permesso di approfondire le conoscenze di questi ambienti, di cui si avevano poche informazioni pregresse. Tramite le attività di campo e le analisi di laboratorio è stato possibile definire le caratteristiche ambientali che caratterizzano ogni ecosistema, valutandone anche l'importanza in relazione alla biodiversità correlata; i **risultati** ottenuti possono dunque essere sfruttati a **scopo progettuale nella realizzazione di aree umide artificiali** o a **scopo conservazionistico per la tutela di quelle già esistenti**.

Inoltre, i campionamenti di **fauna macroinvertebrata** hanno permesso di stilare una **check-list** dei gruppi tassonomici presenti nel Parco; tutte le informazioni raccolte potranno essere valorizzate tramite una pubblicazione dedicata, che possa essere sfruttata per scopi didattici e divulgativi.

Nel corso dell'attività di ricerca è stata prodotta una **tesi di dottorato in Scienze Ambientali** dal titolo "Effects of habitat management and restoration on freshwater ecosystem population dynamics", oltre alle seguenti pubblicazioni, presentate a congressi nazionali e internazionali:

- "Analysis of macroinvertebrate life strategies and dispersal processes among wetlands in a natural park", XXII Congresso della Società Italiana di Ecologia, Alessandria, 10-13 settembre 2012.
- "Analysis of macroinvertebrate assemblages in natural and artificial wetlands: implication for restoration efforts", XXI Congresso della Società Italiana di Ecologia, Palermo, 2 – 6 ottobre 2011.
- "Macroinvertebrate biodiversity and habitat availability: relationship in a natural park". VII Incontro dei dottorandi in Scienze Ecologiche. Scuola superiore S. Chiara. Siena. 11 – 13 maggio 2011.
- "Ecological value of constructed wetlands in a Natural Park". Acts of the IWA World Water Congress, Montreal, Canada, 19-24 settembre 2010.
- "Caratteristiche ecologiche degli ambienti umidi nel Parco Pineta di Appiano Gentile e Tradate". Poster per il Parco Pineta in occasione della giornata "Obiettivo H₂O" dedicata all'acqua, 28 marzo 2010.

Allegato I

Gruppi tassonomici di macroinvertebrati campionati nelle 24 aree umide considerate.

CLASSE	ORDINE	FAMIGLIA	GENERE	SPECIE			
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Cloeon</i> <i>Baetis</i>				
		Plecoptera	Siphonuridae	<i>Siphonurus</i>	<i>lacustris</i>		
			Nemouridae	<i>Nemoura</i>			
	Trichoptera	Trichoptera	Taeniopterygidae	<i>Brachyptera</i>			
			Polycentropodidae				
			Leptoceridae				
			Sericostomatidae				
			Hydropsychidae				
			Limnephilidae				
			Phryganeidae				
			Brachycentridae				
			Coleoptera	Coleoptera	Dytiscidae	<i>Dytiscus</i> <i>Dytiscus</i> <i>Dytiscus</i>	<i>agabus</i> <i>noterus</i>
					Haliplidae		
	Helodidae						
	Hydraenidae						
	Hydrophilidae						
	Hygrobiidae						
	Limnebiidae						
	Sphaeridiidae						
	Silphidae						
	Sialidae						
	Megaloptera Odonata	Megaloptera Odonata	Aeshnidae				
			Aeshnidae	<i>Aeshna</i>	<i>isosceles</i>		
			Aeshnidae	<i>Anax</i>	<i>imperator</i>		
			Coenagrionidae	<i>Coenagrion</i> <i>Coenagrion</i>	<i>puella</i>		
			Coenagrionidae	<i>Ischnura</i> <i>Ischnura</i>	<i>elegans</i>		
			Cordulegasteridae	<i>Cordulegaster</i> <i>Cordulegaster</i>	<i>boltonii</i> <i>viridis</i>		
			Lestidae	<i>Lestes</i>			
			Libellulidae	<i>Orthetrum</i>			
			Libellulidae	<i>Sympetrum</i>			
			Libellulidae	<i>Libellula</i>	<i>depressa</i>		
	Diptera	Diptera	Athericidae	<i>Atherix</i>			
			Ceratopogonidae				
Chaoboridae							
Chironomidae							
Culicidae							
Dixidae							
Dolichopodidae							
Empididae							
Limonidae							
Muscidae			<i>Lispe</i>				
Psychodidae							
Sciomyzidae							
Simuliidae							
Stratiomyidae							
Tabanidae							
Tipulidae							

CLASSE	ORDINE	FAMIGLIA	GENERE	SPECIE		
Insecta	Eteroptera	Hydrometridae	<i>Hydrometra</i>			
		Gerridae	<i>Gerris</i>			
		Nepidae	<i>Nepa</i>			
		Nepidae	<i>Ranatra</i>			
		Notonectidae	<i>Notonecta</i>			
		Veliidae	<i>Velia</i>			
		Veliidae	<i>Microvelia</i>			
		Mesoveliidae	<i>Mesovelia</i>			
		Corixidae	<i>Corixina</i>			
		Pleidae	<i>Plea</i>	<i>minutissima</i>		
		Naucoridae	<i>Naucoris</i>			
		Lepidoptera	Crambidae	<i>Paraponyx</i>	<i>stagnata</i>	
			Crambidae	<i>Nymphula</i>		
			Crambidae	<i>Cataclysta</i>	<i>lemnata</i>	
Crambidae	<i>Acentria</i>					
Gastropoda	Prosobranchia	Bithyniidae	<i>Bithynia</i>			
		Pulmonata				
	Pulmonata	Ancylidae	<i>Ancylus</i>	<i>fluviatilis</i>		
		Lymnaeidae	<i>Lymnaea</i>			
		Physidae	<i>Physa</i>			
		Physidae	<i>Aplexa</i>	<i>hypnorum</i>		
		Planorbidae	<i>Gyraulus</i>			
		Planorbidae	<i>Planorbis</i>			
		Acroloxidae	<i>Acroloxis</i>	<i>lacustris</i>		
		Pisidiidae	<i>Pisidium</i>			
Bivalvia	Veneroida					
	Clitellata-Hirudinea	Arhynchobdellida				
		Erpobdellidae	<i>Dina</i>			
		Erpobdellidae	<i>Erpobdella</i>			
Erpobdellidae		<i>Helobdella</i>				
Clitellata-Oligochaeta	Haplotaxida	Haemopidae	<i>Haemopsis</i>	<i>sanguisuga</i>		
		Tubificidae				
		Naididae				
		Enchytraeidae				
		Lumbricidae				
		Haplotaxidae				
		Lumbriculida	Lumbriculidae			
			Mermithida			
			Amphipoda	Mermithidae		
				Niphargidae		
Malacostraca	Decapoda	Cambaridae	<i>Procambarus</i>	<i>clarkii</i>		
	Isopoda	Asellidae	<i>Asellus</i>	<i>aquaticus</i>		

Allegato II

Dati relativi all'Ittiofauna rinvenuta tramite elettropesca in ciascuna area umida
(media \pm dev. standard; tra parentesi sono riportati i valori minimi e massimi di lunghezza e peso).

- *Cà Bianca*

NOME COMUNE	N° INDIVIDUI	LUNGHEZZA MEDIA (cm)	PESO MEDIO (g)
Persico sole	337	4.9 \pm 0.9 (2.5 - 9.0)	3.0 \pm 2.1 (0.0 - 11.0)
Scardola	23	8.7 \pm 0.7 (8.0 - 10.0)	7.3 \pm 1.8 (5.0 - 10.0)
Carassio	5	25.9 \pm 1.2 (24.0 - 27.0)	385.2 \pm 4.5 (320.0 - 425.0)
Pesce gatto	1	10	13

- *Proverbio*

NOME COMUNE	N° INDIVIDUI	LUNGHEZZA MEDIA (cm)	PESO MEDIO (g)
Scardola	244	8.4 \pm 1.5 (3.0 - 16.0)	11.7 \pm 11.9 (0.0 - 67.0)
Carassio	5	20.4 \pm 5.6 (13.5 - 29.0)	214.2 \pm 246.0 (40.0 - 648.0)

- *Restina piccolo*

NOME COMUNE	N° INDIVIDUI	LUNGHEZZA MEDIA (cm)	PESO MEDIO (g)
Scardola	17	13.3 \pm 1.5 (11.0 - 15.5)	32.0 \pm 10.9 (19.0 - 52.0)
Boccalone	3	15.5 \pm 0.5 (15.0 - 16.0)	43.3 \pm 2.9 (40.0 - 45.0)
Gambusia	2	8.5 \pm 0.0 (8.5 - 8.5)	7.0 \pm 0.0 (7.0 - 7.0)
Carassio	3	17.8 \pm 0.3 (17.5 - 18.0)	111.0 \pm 9.5 (101.0 - 120.0)
Pesce gatto	1	21	134
Cavedano	1	23,5	132

- *San Siro*

NOME COMUNE	N° INDIVIDUI	LUNGHEZZA MEDIA (cm)	PESO MEDIO (g)
Scardola	607	9.0 ± 2.6 (2.0 - 21.0)	17.8 ± 25.1 (0.0 - 125.0)
Persico sole	80	6.9 ± 1.4 (4.0 - 10.0)	7.1 ± 3.5 (2.0 - 16.0)
Boccalone	1	42	1262
Triotto	12	13.63 ± 2.51 (11.00 - 16.50)	32.9 ± 18.7 (6.0 - 58.0)
Cavedano	1	39	538