

UNIVERSITA' DI BOLOGNA

SCUOLA DI SCIENZE

Corso di laurea magistrale in *Analisi e gestione dell'ambiente*

**STATO ECOLOGICO DI PUNTE ALBERETE E VALLE
MANDRIOLE: POPOLAMENTI MACROZOOBENTONICI E
CHIMICA DELLE ACQUE**

Tesi di laurea in

METODI ECOLOGICI PER L'ANALISI E LA GESTIONE DELL'AMBIENTE

Relatore

Prof. Andrea Pasteris

Presentata da

Riccardo Beltrami

Correlatore

Prof. Enrico Dinelli

III sessione

Anno Accademico 2012 /2013

SOMMARIO

1 INTRODUZIONE	1
1.1 Il valore delle zone umide interne e i servizi ecosistemici.....	1
1.2 Gli stagni temporanei	4
1.3 Le zone umide nella normativa europea	5
1.4 Le zone umide del ravennate indagate dallo studio: inquadramento storico e naturalistico	7
1.4.1 Inquadramento storico.....	7
1.4.2 Vincoli e tutele	9
1.4.3 Inquadramento naturalistico.....	12
1.4.3.1 Punte Alberete e Valle Mandriole.....	12
1.4.3.1.1 Ubicazione, idrologia e morfologia.....	12
1.5.3.2 La pineta storica di San Vitale	21
2 OBIETTIVI	25
3 I MACROINVERTEBRATI BENTONICI	26
3.1 Definizione	26
3.2 Ruolo nell'ecosistema delle zone umide.....	26
3.3 Ruolo nel biomonitoraggio e nella definizione della qualità ecologica.....	27
3.4 Descrizione dei principali gruppi presenti negli ambienti lentic italiani	28
3.4.1 Oligocheti	28
3.4.2 Gasteropodi	28
3.4.2.1 Famiglia Ancyliidae	29
3.4.2.2 Famiglia Physidae	29
3.4.2.3 Famiglia Planorbidae	30
3.4.3 Crostacei.....	30
3.4.3.1 Isopoda	30

3.4.3.2 Anfipoda	30
3.4.3.3 Mysidiacea.....	31
3.4.3.4 Decapoda	31
3.4.5 Insetti	32
3.4.5.1 Efemerotteri	32
3.4.5.2 Odonati	33
3.4.5.3 Eterotteri	35
3.4.5.4 Ditteri.....	37
3.4.5.4 Coleotteri	41
4 MATERIALI E METODI	43
4.1 Punti di campionamento	43
4.2 Campionamento e analisi del macrobenthos	45
4.3 Campionamento e analisi dell'acqua.....	46
4.4 Analisi statistiche.....	47
4.4.1 Disegno di campionamento	47
4.4.1.1 Impatto vs controllo.....	48
4.4.1.2 Sito.....	49
4.4.1.3 Periodo.....	49
4.4.1.4 Punto di campionamento	50
4.4.1.5 Data.....	50
4.4.2 Analisi statistica multivariata	52
4.4.3 Analisi grafica.....	57
4.4.4 Analisi SIMPER	57
4.4.5 Indici di diversità.....	57
5 RISULTATI.....	59
5.1 Macrozoobenthos.....	59

5.1.1 Campioni sulla vegetazione	59
5.1.1.1 Analisi dell'impatto.....	70
5.1.2 CAMPIONI SUL SEDIMENTO	75
5.1.2.1 Analisi di impatto	84
5.2 ACQUE	87
5.2.1 Analisi statistiche	97
6 DISCUSSIONE.....	103
7 CONCLUSIONI.....	113
Bibliografia.....	114

1 INTRODUZIONE

1.1 Il valore delle zone umide interne e i servizi ecosistemici

Una buona definizione di zona umida riconosciuta e largamente condivisa a livello internazionale (Turner *et al.* 2000) è quella fornita dalla Convenzione di Ramsar del 1971 (art. 1.1), ovvero: “...*distese di paludi e di acquitrini, di torbiere o di acque naturali o artificiali, permanenti o temporanei, dove l’acqua è stagnante o corrente, dolce, salmastra o salata, ivi comprese distese di acqua marina la cui profondità, a marea bassa non superi i sei metri*”. Le zone umide sono aree in cui l’acqua è il fattore dominante che regola l’ambiente e la vita di piante ed animali che in esso vivono (Ramsar Convention Secretariat, 2013). A seconda del tipo di regime idrologico (Maltby *et al.*, 2011) e della grande variabilità intrinseca degli ambienti che possono rientrare nella definizione, le zone umide costituiscono aree estremamente ricche in termini di diversità di habitat e di diversità biologica (Moss 2000; Dudgeon *et al.* 2005) e sono tra gli ambienti più produttivi del mondo (Ramsar Convention Secretariat, 2013). Le zone umide possono inoltre costituire habitat unici in grado di ospitare specie particolarmente adatte a vivere in questi tipologie di ambienti (Milton, 1988). In particolare, le zone umide rivestono un ruolo estremamente importante per la riproduzione, sosta e svernamento degli uccelli acquatici (Tiner, 1984; The Ramsar Convention) ed oltre 5% delle specie di uccelli esistenti è strettamente legata ad ambienti di acqua dolce (Dehorter *et al.*, 2008). Oltre agli uccelli, le zone umide sono importanti per la sopravvivenza di anfibi, rettili e invertebrati (Tiner, 1984).

L’importanza delle zone umide è stata più volte evidenziata nel corso degli ultimi quarant’anni in relazione alla quantità di servizi ecosistemici che esse sono in grado di fornire (es, Tiner, 1984; Postel e Carpenter, 1997; Barbier, 2011; Maltby *et al.* 2011), intendendo come servizi ecosistemici tutta quella serie di servizi forniti dagli ecosistemi che sono in grado di contribuire al benessere umano (Barbier, 2011). I principali servizi derivano dalla molteplice funzione che possono rivestire le zone umide in ambito ambientale, in particolare agiscono regolando i flussi idrici e il ciclo idrologico con conseguente mitigazione di eventi estremi di siccità o piovosità, sequestrando CO₂ e quindi regolando gli effetti dei mutamenti climatici attraverso la produzione primaria, depurando

l'acqua e ospitando innumerevoli specie animali e vegetali in grado di fornire cibo e materie prime, ma non solo, le zone umide rivestono anche un importante ruolo paesaggistico che può fornire benefici estetici, spirituali, culturali ed economici (Barbier, 2011). In Tabella 1 vengono riassunti i servizi ecosistemici citati.

Tabella 1. *I principali servizi ecosistemici forniti dalle zone umide (tratto da Barbier, 2011)*

Funzione dell'ecosistema	Servizi ecosistemici generati
<i>Stabilizza i sedimenti</i>	<i>Controllo dell'erosione</i>
<i>Regola e controlla dei flussi d'acqua</i>	<i>Protezione dagli allagamenti</i>
<i>Ricarica e scarica gli acquiferi</i>	<i>Immagazzinamento idrico</i>
<i>Sottrazione di nutrienti ed inquinanti dall'acqua</i>	<i>Depurazione delle acque</i>
<i>Provvede alla produzione primaria</i>	<i>Sequestro di CO₂</i>
<i>Regola e stabilizza il clima</i>	<i>Mantenimento di temperatura e precipitazioni</i>
<i>Produzione in termini biologici e di diversità</i>	<i>Produzione di cibo e materie prime</i>
<i>Fornisce ambienti idonei per la riproduzione delle specie</i>	<i>Mantenimento di attività venatoria e di pesca</i>
<i>Genera paesaggi di alto valore naturalistico</i>	<i>Turismo, attività ricreative, educazione, ricerca</i>
<i>Genera paesaggi di valore storico, estetico e spirituale</i>	<i>Cultura, religione, spiritualità</i>

Nonostante la loro grande importanza, nel corso dei secoli le zone umide presenti sul nostro pianeta si sono ridotte notevolmente di estensione in seguito alle attività antropiche (Maltby, 1986). La crescita economica avvenuta nei paesi sviluppati ha portato ad un maggior consumo di zone umide, che vengono viste spesso come aree sacrificabili da destinare ad attività di sfruttamento agricolo laddove la protezione e la salvaguardia di questi luoghi è vista come un “lusso” che non ci si può permettere (Maltby et al 2011). Oltre alla distruzione dell'habitat per scopi agricoli o industriali, le zone umide sono

soggette a diversi tipi di minacce e di pressioni antropiche dirette, come l'alterazione del ciclo idrologico attraverso un sovra sfruttamento della risorsa idrica, l'introduzione di specie aliene e la contaminazione dell'acqua ad opera di inquinanti (Dudgeon et al 2005, Postel e Carpenter, 1997) oppure pressioni indirette come gli effetti dei cambiamenti climatici (Postel e Carpenter, 1997). Queste pressioni possono generare impatti significativi sulla salute degli ecosistemi palustri e ciò potrebbe causare gravi conseguenze non solo sul comparto ambientale, ma anche sulla qualità della vita umana (Convention on biological diversity, 2010).

Nel corso degli ultimi quarant'anni la comunità internazionale ha riconosciuto l'effettivo valore delle zone umide e la conseguente necessità di far fronte alle problematiche e alle pressioni esterne che ne minacciano gli equilibri interni. Le necessità di attuare obiettivi di conservazione impone una cooperazione a livello internazionale tra i paesi, questo in parte perché i confini delle zone umide non rispecchiano i confini politici degli stati, ma anche perché gli impatti antropici possono avvenire a considerevole distanza dall'area umida e comprometterla comunque, mentre la conservazione di particolare specie di uccelli migratori presuppone necessariamente una collaborazione a livello internazionale (Ramsar Convention Secretariat, 2013). La Convenzione di Ramsar del 1971 "*Convenzione relativa alle zone umide di importanza internazionale soprattutto come habitat degli uccelli acquatici*" rappresenta dunque una pietra miliare storica (Maltby et al 2011) per la tutela della zone umide a livello internazionale, ed è molto importante poiché prevede la tutela degli ecosistemi acquatici e delle specie floristiche e faunistiche legate proprio a questo tipo di ambienti (in particolare gli uccelli). Inoltre la Convenzione prevede che le Parti realizzino inventari di zone umide naturali, semi-naturali o artificiali, riconosciute importanti per la tutela della biodiversità, (D'Antoni et al, 2011). La Convenzione di Ramsar ha costituito il punto di partenza per tutta una serie di convezioni ed accordi internazionali successivi in merito alla tutela delle zone umide:

- Convenzione Ramsar (Iran, 1971), recepita con D.P.R. del 13 marzo 1976 n. 448 (G.U. 3 luglio 1976, n. 173, S.O.)
- Convenzione per la protezione del Mar Mediterraneo dai rischi dell'inquinamento, o Convenzione di Barcellona (1976)
- Convenzione sulla Conservazione delle Specie Migratrici degli Animali Selvatici, o CMS (Bonn, 1979)

- Convenzione per la conservazione della vita selvatica e dei suoi biotopi in Europa (Convenzione di Berna, 1979)
- MEDWET – Mediterranean Wetland Initiative, in applicazione della Convenzione di Ramsar (Grado, 1991)
- Convenzione Diversità Biologica (Rio de Janeiro, 1992)
- AEWA - Agreement on the Conservation of African-Eurasian Migratory Waterbirds in applicazione della Convenzione di Bonn (Aia, 1999)

In seguito all'applicazione dei piani ed obiettivi degli accordi internazionali, negli ultimi decenni si è assistito ad un aumento significativo delle aree umide protette, ma parallelamente se ne sta registrando anche un progressivo declino in termini di biodiversità, (Convention on biological diversity, 2010).

La conservazione di queste aree è quindi estremamente importante e occorre disporre di strumenti adeguati in grado di evidenziare le minacce più significative e che consentano quindi di intervenire efficacemente sui problemi.

1.2 Gli stagni temporanei

La convenzione di Ramsar annovera tra le zone umide anche quelle aree che sono sommerse temporaneamente. Recenti studi (Williams et al, 2004, Biggs et al, 2005) hanno messo in evidenza l'importanza dal punto di vista ecologico e conservazionistico che rivestono gli specchi d'acqua temporanei come stagni e piccole zone umide. Dagli studi è emerso come questi habitat, estremamente eterogenei tra loro, siano dal punto di vista ecologico significativamente diversi da specchi d'acqua permanenti in quanto in grado di supportare un grado di biodiversità acquatica spesso maggiore, oltre che specie rare particolarmente adattate a vivere in condizioni di presenza e assenza di acqua. Inoltre, un altro ruolo fondamentale degli stagni temporanei è a scala paesaggistica, data la loro capacità di favorire la connettività tra i vari habitat (Merriam, 1991). Date quindi le loro molteplici funzioni, questi ambienti rivestono un ruolo strategico nei piani di conservazione in quanto possono facilmente essere creati senza l'ausilio di grossi investimenti e vengono facilmente colonizzati dalle specie viventi (Céréghino et al, 2007).

1.3 Le zone umide nella normativa europea

L'importanza delle zone umide viene riconosciuta anche a livello europeo mediante tutta una serie di direttive finalizzate alla protezione ed alla conservazione di questi ambienti, intendendo come conservazione un complesso di misure necessarie per mantenere o ripristinare gli habitat naturali e le popolazioni di specie di fauna e flora selvatiche in uno stato soddisfacente (*Direttiva 92/43/CEE*).

La legislazione europea in materia di tutela delle zone umide ha come punto di partenza la Direttiva "Uccelli" 79/409/CEE (ora 2009/147/CE), la quale riconosce l'importanza delle zone umide ai fini conservazionistici per le specie di uccelli migratori. La direttiva invita indirettamente gli stati membri ad adottare un regime generale di protezione degli ambienti naturali mediante l'istituzione di Zone di Protezione Speciale (ZPS) atte a realizzare gli obiettivi della Direttiva.

La Direttiva "Habitat" 92/43/CEE, emanata successivamente, introduce invece direttamente la necessità di tutelare *habitat di interesse comunitario* ovvero quegli habitat di notevole interesse per la loro tipicità e che rischiano di scomparire nella loro area di ripartizione naturale (art.1 Direttiva 92/43/CEE). Una lista di questi habitat è fornita in allegato I con chiaro riferimento anche ad habitat paludosi o di zone umide. Tra gli habitat di interesse comunitario vengono inoltre individuati alcuni *habitat prioritari*, ovvero habitat naturali che rischiano di scomparire e per la cui conservazione la Comunità ha una responsabilità particolare a causa della loro importanza (art.1 Direttiva 92/43/CEE). Di seguito la lista degli habitat di interesse comunitario, con evidenziati in grassetto gli habitat prioritari:

- Acque oligotrofe a bassissimo contenuto minerale delle pianure sabbiose (*Littorelletalia uniflorae*)
- Acque oligotrofe a bassissimo contenuto minerale su terreni generalmente sabbiosi del Mediterraneo occidentale con *Isoetes* spp.
- Acque stagnanti, da oligotrofe a mesotrofe, con vegetazione dei *Littorelletea uniflorae* e/o degli *Isoëto-Nanojuncetea*
- Acque oligomesotrofe calcaree con vegetazione bentica di *Chara* spp.
- Laghi eutrofici naturali con vegetazione del tipo *Magnopotamion* *Hydrocharition*
- Laghi e stagni distrofici naturali

- **Stagni temporanei mediterranei**
- **Turlough**
- Laghetti di dolina di rocce gessose
- **Formazioni transilvaniche di loto nelle sorgenti calde**

Oltre alla tutela degli habitat, la direttiva intende tutelare direttamente le forme di vita animali e vegetali introducendo il concetto di *specie di interesse comunitario* e di *specie prioritaria* (art.1 Direttiva 92/43/CEE)

La direttiva inoltre istituisce la rete Natura 2000, una rete di siti protetti composti dalle ZPS (Zone di Protezione Speciale) definite dalla Direttiva “Uccelli” e dai SIC (Siti di Importanza Comunitaria), ovvero aree in grado di contribuire significativamente alla conservazione degli habitat elencati in allegato I alla Direttiva e delle specie animali e vegetali presenti in allegato II della Direttiva. La rete ha lo scopo di combattere la frammentazione degli habitat e quindi consentire un interconnessione tra di essi e deve *“garantire il mantenimento ovvero, all'occorrenza, il ripristino, in uno stato di conservazione soddisfacente, dei tipi di habitat naturali e degli habitat delle specie interessate nella loro area di ripartizione naturale.”*(art.3 Direttiva 92/43/CEE)

In una zona umida lo stato della biodiversità (e quindi di conservazione) dipende anche dalla qualità dell'acqua (Postel e Carpenter, 1997). La Direttiva quadro sulle Acque (*Water Framework Directive 2000/60/CE*) stabilisce il quadro di riferimento per la politica comunitaria in materia di acque (interne, di transizione, costiere e sotterranee) per una gestione sostenibile a livello di bacino dei corpi idrici, degli ecosistemi associati e delle zone umide direttamente dipendenti da questi, con lo scopo di raggiungere entro il 2015 uno stato ecologico delle acque buono. La WFD inoltre prevede che gli stati membri identifichino delle aree protette per ogni bacino idrografico inserendole in appositi registri, includendo anche i SIC e i ZPS (Art. 6 Direttiva 2000/60/CE) e quindi integrando gli obiettivi di conservazione delle direttive 92/43/CEE e 79/409/CEE. Su queste zone vengono stabiliti degli obiettivi e viene istituito un programma di monitoraggio ambientale quale strumento di verifica e tutela, che tenga conto sia degli aspetti fisico-chimici della qualità dell'acqua che quelli ecologici.

1.4 Le zone umide del ravennate indagate dallo studio: inquadramento storico e naturalistico

1.4.1 Inquadramento storico

Dal punto di vista storico, il territorio ravennate è sempre stato interessato dalla presenza di vaste aree paludose generate dalla natura dinamica della morfologia del territorio stesso, fortemente influenzata dal fenomeno della progradazione costiera (Bondesan et al, 1995). Tale avanzamento della linea di costa ad opera del sedimento trasportato in gran parte dai fiumi appenninici e dal Po ha generato nel corso dei secoli l'attuale territorio costiero della provincia di Ravenna e, contemporaneamente, i fenomeni di subsidenza e di eustatismo hanno poi mantenuto parte di questo territorio al di sotto del livello del mare, favorendo la formazione di ampi complessi vallivi di acqua sia dolce che salmastra (Bondesan et al, 1995, Buscaroli et al, 2011). Le zone paludose erano estese non solo sulla zona costiera, ma finanche nei territori più interni della pianura bolognese, specialmente a sud del Po di Primaro (oggi Reno), come ampiamente documentato dalle cartografie di varie epoche storiche (Fabbri et al, 1987). A causa di una sempre crescente richiesta di terreni agricoli, durante il corso dei secoli si sono susseguiti diversi interventi di bonifica che hanno prosciugato gran parte dei complessi vallivi, trasformando radicalmente l'aspetto paesaggistico e culturale del territorio (Fabbri et al, 1987).

Punte Alberete e Valle Mandriole, assieme alla limitrofa Bassa del Bardello, rappresentano ciò che rimane oggi degli antichi complessi vallivi d'acqua dolce della pianura ravennate (Lazzari, 1994). L'origine dei due biotopi di Punte Alberete e Valle Mandriole, oggetto di studio di questa tesi, si fa risalire tradizionalmente al 1839 durante un eccezionale evento di piena che provocò la rottura degli argini del fiume Lamone presso la località di Ammonite (RA), e che causò l'allagamento di quasi 8000 ha di terreni nei territori a nord e a ovest di Ravenna (Lazzari, 1994). Il governo pontificio successivamente decise di trasformare l'area inondata in una immensa "cassa di colmata" del fiume Lamone con l'intento di procedere alla bonifica dei suddetti territori. Per oltre un secolo, le acque di piena del fiume Lamone vennero immesse nell'estesa palude, in attesa che depositassero i sedimenti appenninici, che pian piano andavano ad interrirla generando così nuovi terreni agricoli. Agli inizi degli anni 60 del Novecento, degli 8000 ha originali di palude ne

rimanevano circa 570 distribuiti tra Punte Alberete, Valle Mandriole e la limitrofa Bassa del Bardello (Lazzari, 1994). È in questo periodo che alcuni attivisti ambientali, riconosciuta *ante litteram* il valore ambientale ed ecologico delle zone paludose, riuscirono ad impedirne il definitivo riempimento per colmata interrompendo le operazioni di bonifica. In seguito alle battaglie ambientaliste, nel 1968 la zona di Punte Alberete fu dichiarata *oasi di protezione faunistica* mentre per Valle Mandriole occorrerà aspettare fino al 1977 quando, entrambe le zone umide, furono istituite “*zone umide di importanza internazionale*” tutelate ai sensi della Convenzione di Ramsar (Lazzari, 1994).

A partire dal 1968 iniziarono gli interventi di gestione mirati al mantenimento della zona di Punte Alberete, destinata inevitabilmente ad interrarsi per fenomeni di colmata naturale (Lazzari, 1994). Per risolvere il problema, nel 1972 il Genio Civile di Ravenna imbrigliò definitivamente il corso del Lamone tra due argini e lo rettificò a mare, impedendo così che i sedimenti appenninici del fiume potessero depositarsi nelle valli (Lazzari, 1994) e separando definitivamente le due zone umide così come le si possono osservare oggi.

Oltre a Punte Alberete e Valle Mandriole, questa trattazione prende in considerazione un'ulteriore piccola zona umida a carattere temporaneo presente all'interno della Pineta storica di San Vitale, un antico complesso forestale adiacente alle due zone umide sopracitate. Si tratta di un piccolo stagno di modeste dimensioni sviluppatosi in corrispondenza di una bassura interdunale la cui presenza è legata probabilmente all'intensità delle precipitazioni. L'antica pineta di San Vitale rappresenta quello che rimane oggi di un antico e molto esteso complesso forestale presente sul territorio ravennate fin dal primo medioevo, composto prevalentemente da Pino domestico (*Pinus pinea*) (Fabbri, 1998). In figura 1 viene rappresentata una panoramica generale delle aree oggetto di studio.

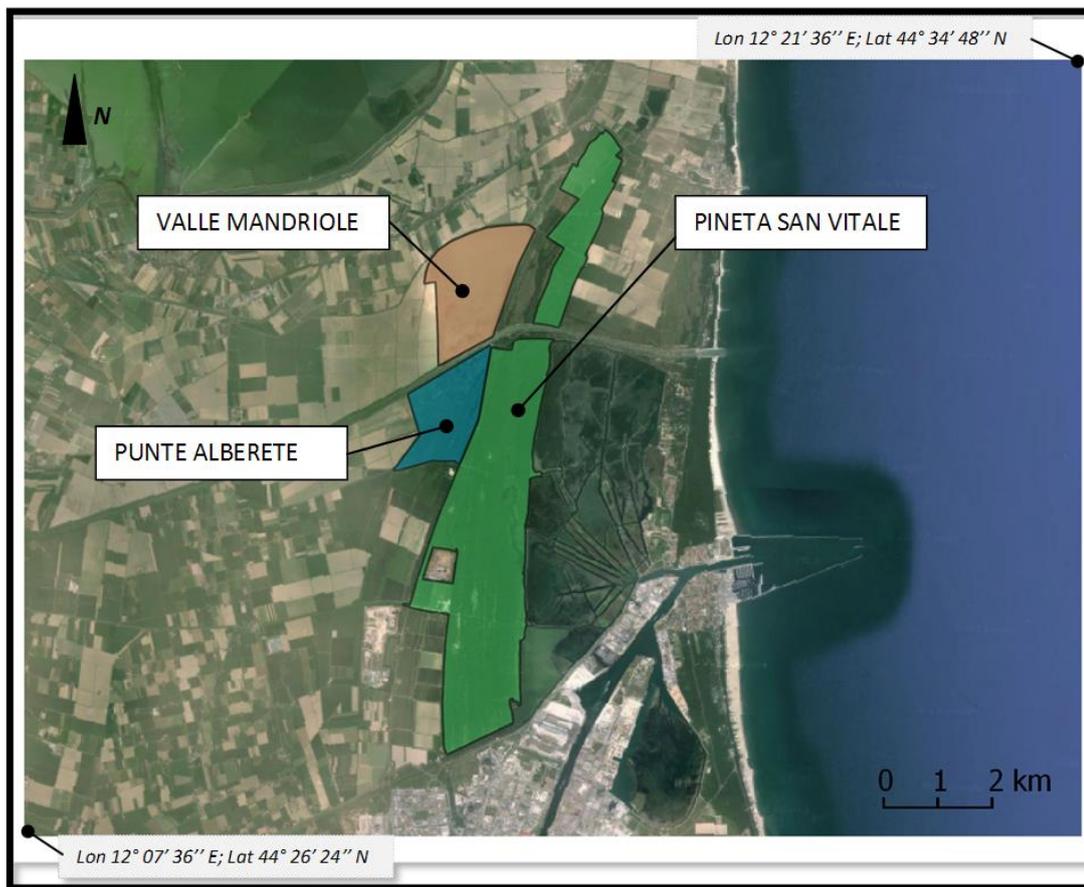


Figura 1. *Panoramica delle aree indagate dallo studio.*

1.4.2 Vincoli e tutele

Vengono di seguito descritti alcuni dei più importanti vincoli e tutele a cui sono soggetti i siti oggetto di studio. Uno dei primi vincoli posti su entrambe le zone umide di Punta Alberete e Valle Mandriole è stato quello di “*zone umide di importanza internazionale*” in quanto inserite all’interno della zona Ramsar denominata “Punta Alberete e Valle Mandriole” (480 ha) istituita con D.M. 09/05/1977, pubblicato sulla GU n. 211 del 03/08/1977. Punta Alberete era già stata sottoposta a vincolo paesaggistico nel 1968, all’atto della creazione dell’oasi, secondo la legge N. 1497 del giugno 1939, come poi successivamente anche Valle Mandriole (www.parcodeltadelpo.it). Con l’istituzione nel 1988 del Parco del Delta del Po mediante la L.R. 27/88, le due zone umide sono state incluse nel 1991 nella stazione del parco denominata “Pineta S. Vitale e Piallasse di Ravenna” e ricadono interamente in un’oasi di protezione (508 ha) in zona B del Parco (www.parcodeltadelpo.it) (fig. 2)

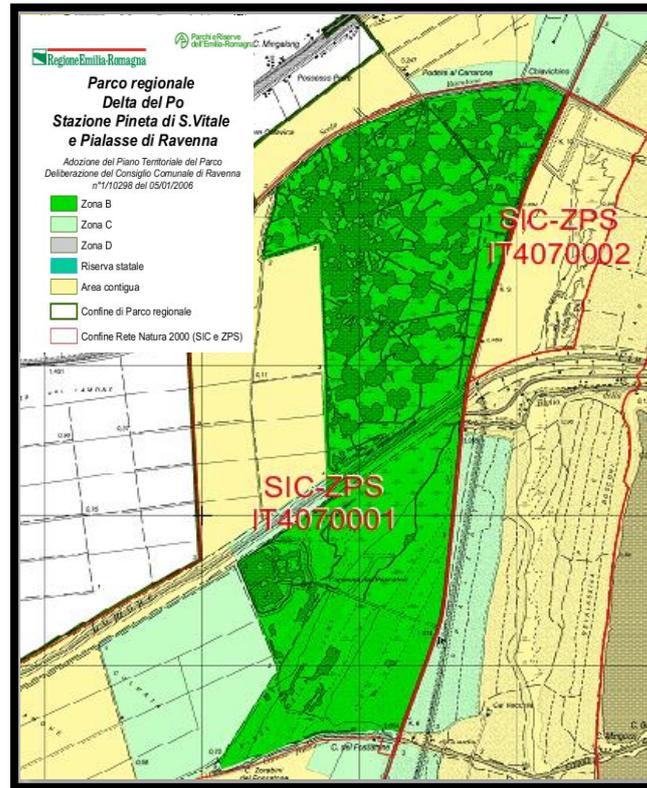


Figura 2. Stralcio della zonizzazione del parco del delta del Po dal piano territoriale adottato con deliberazione del consiglio comunale di Ravenna n°1/10298 del 05/01/2006

Con l’emanazione da parte dell’unione europea della direttiva “Habitat” 92/43/CEE, le due zone umide sono state inserite all’interno della Rete Natura 2000 nel sito SIC-ZPS IT 4070001 “Punte Alberete, Valle Mandriole”.

Il sito è stato definitivamente designato SIC in seguito all’approvazione della Commissione Europea in data 10/01/11 del documento “Elenco dei Siti di Importanza Comunitaria per la regione biogeografica continentale, ai sensi della Direttiva 92/43/CEE” emanato con D.M. 02/08/10, all’interno della quale ricadono tutti i SIC della regione Emilia-Romagna.

Il sito è stato definitivamente designato ZPS attraverso il Decreto Ministeriale ““Elenco delle Zone di Protezione Speciale (ZPS), classificate ai sensi della direttiva 79/409/CEE”, emanato dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio in data 05.07.2007.

Il SIC-ZPS IT4070001 ricade quasi interamente all’interno del Parco del Delta del Po ed oltre Punte Alberete e Valle Mandriole, include parte dei terreni bonificati ad ovest delle valli e la parte terminale del corso del fiume Lamone.

Il terzo sito indagato ricade interamente all'interno della Pineta di San Vitale. La Pineta di San Vitale è inserita nel perimetro del Parco del Delta del Po definito dalla L.R. 27/1988. Il Piano Territoriale di Stazione adottato con del. C.C. 279/23841 del 14/05/1991 classifica il sito come Zona "Pre-Parco", ad eccezione di alcune aree limitrofe alla SS 309 (Zona C). Il sito è inoltre vincolato ai sensi della Legge 431 del 08/08/1985 e della L. 1497/1939; è sottoposta quindi alle disposizioni di cui al D.L. 490/1999. L'area è inoltre sottoposta a vincolo idrogeologico R.D. 3267/23. E' SIC-ZPS (IT4070003 – "Pineta di San Vitale e Bassa del Pirottole") ai sensi della DIR 79/409 CEE e della DIR 92/43/CEE (<http://www.parcodeltapo.it>).

Adiacente ai siti indagati è presente anche il sito SIC-ZPS IT4070002 "Bardello", un rarissimo esempio di prateria umida, periodicamente allagata, alternata a dossi sabbiosi con prati xerici e boscaglia e a bassure acquitrinose con canneto. L'area del sito è di circa cento ettari ed ospita dieci habitat di interesse comunitario di cui quattro prioritari (<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/parchi-natura2000/rete-natura-2000/siti/ravenna>). In figura 3 vengono rappresentati i confini dei SIC-ZPS in cui sono incluse le aree oggetto di studio.

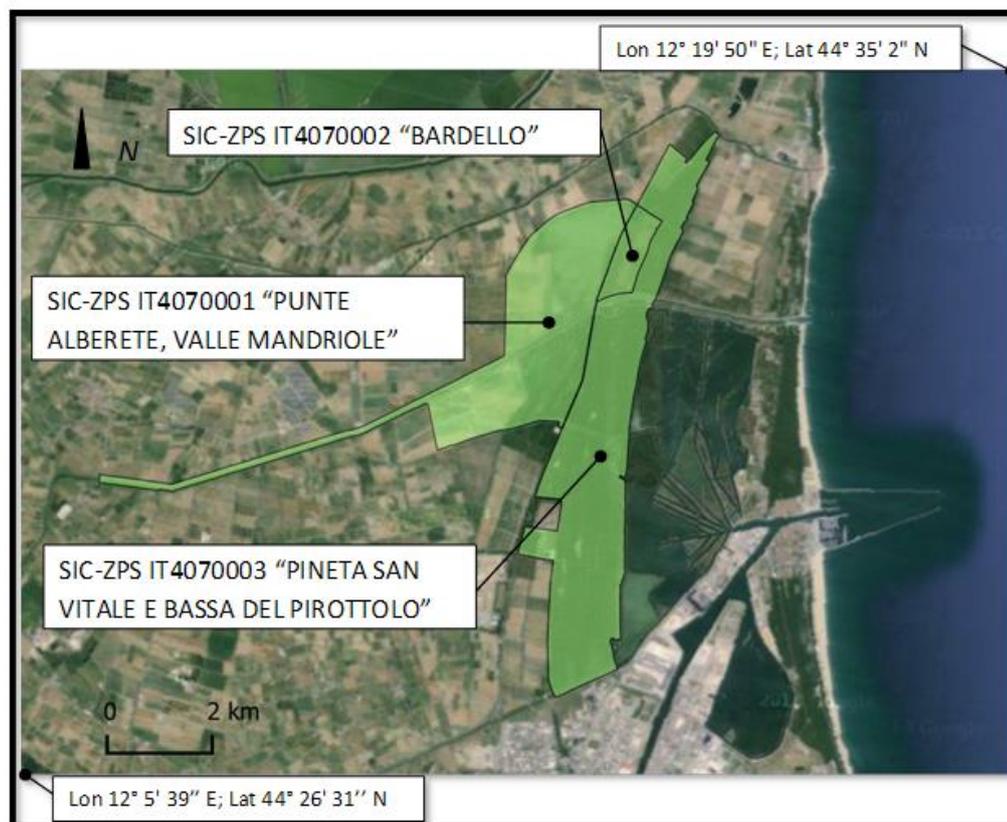


Figura 3. I confini dei SIC-ZPS all'interno dei quali ricadono le aree oggetto di studio e il limitrofo SIC-ZPS IT4070002 "Bardello"

1.4.3 Inquadramento naturalistico

1.4.3.1 Punte Alberete e Valle Mandriole

1.4.3.1.1 Ubicazione, idrologia e morfologia

Il biotopo di Punte Alberete si estende per circa 186 ettari, è situato a circa 10 Km a nord della città di Ravenna ed è confinante a nord con il corso del fiume Lamone, ad est con la strada statale SS309 Romea, a sud con il corso del canale Fossatone mentre ad ovest con i terreni bonificati dell'antica cassa di colmata del fiume Lamone appartenenti oggi alla cooperativa braccianti di Sant'Alberto. Il sito è principalmente costituito da un bosco igrofilo con alternanza di "chiari", ovvero zone depresse sommerse prive di vegetazione arborea, ed aree a vegetazione elofila a seconda della disponibilità idrica presente, la quale guida la formazione di microambienti adatti allo sviluppo delle diverse fitocenosi (<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/parchi-natura2000/rete-natura-2000/siti/ravenna>). Il mosaico creato dall'alternanza di zone boscate e zone depresse sommerse crea condizioni per lo sviluppo di numerosi habitat rari e minacciati. Il formulario natura 2000 del sito annovera tra gli habitat di interesse comunitario:

- 91F0 - *Foreste miste riparie di grandi fiumi a Quercus robur, Ulmus laevis Ulmus minor, Fraxinus excelsior Fraxinus angustifolia (Ulmenion minoris)*
- 92A0 - *Foreste a galleria di Salix alba Populus alba*
- 3130 - *Acque stagnanti, da oligotrofe a mesotrofe, con vegetazione dei Littorelletea uniflorae/o degli Isoëto-Nanojuncetea*
- 3150 *Laghi eutrofici naturali con vegetazione del Magnopotamiono Hydrocharition*
- 3170* *Stagni temporanei mediterranei*
- 91E0* - *Foreste alluvionali di Alnus glutinosae e Fraxinus excelsior*
- 7210* - *Paludi calcaree con Cladium mariscus e specie del Caricion davallianae*

di cui gli ultimi tre elencati rappresentano habitat prioritari. Il sito è molto importante poiché ospita superfici molto estese dell'habitat 91E0.

Essendo stata isolata dal fiume Lamone, l'area necessita di sistemi artificiali per essere alimentata. L'approvvigionamento idrico di Punte Alberete è dunque affidato ad una chiavica posta sulla sponda destra del Lamone, situata in prossimità del confine nord-ovest

del sito, che consente di portare acqua nel canale Carrarino che costeggia la porzione ovest del biotopo. Il fiume Lamone riceve nei pressi di Russi anche parte delle acque del Canale Emiliano Romagnolo (CER) provenienti dal Po con contributi variabili a seconda della stagione. Tramite un partitore posto immediatamente a monte della zona umida l'acqua proveniente dal Lamone può essere immessa nel canale perimetrale ovest e da qui nel Canale Fossatone per poi alimentare Punta Alberete tramite una chiavica posta sulla sponda sinistra dello stesso, a monte del ponte sulla SS Romea. Da qui un complesso sistema di canali sub lagunari porta l'acqua verso nord fino allo scarico posto sul canale Taglio a nord-est del sito (Studio Silva, 2012)(Fig 4).

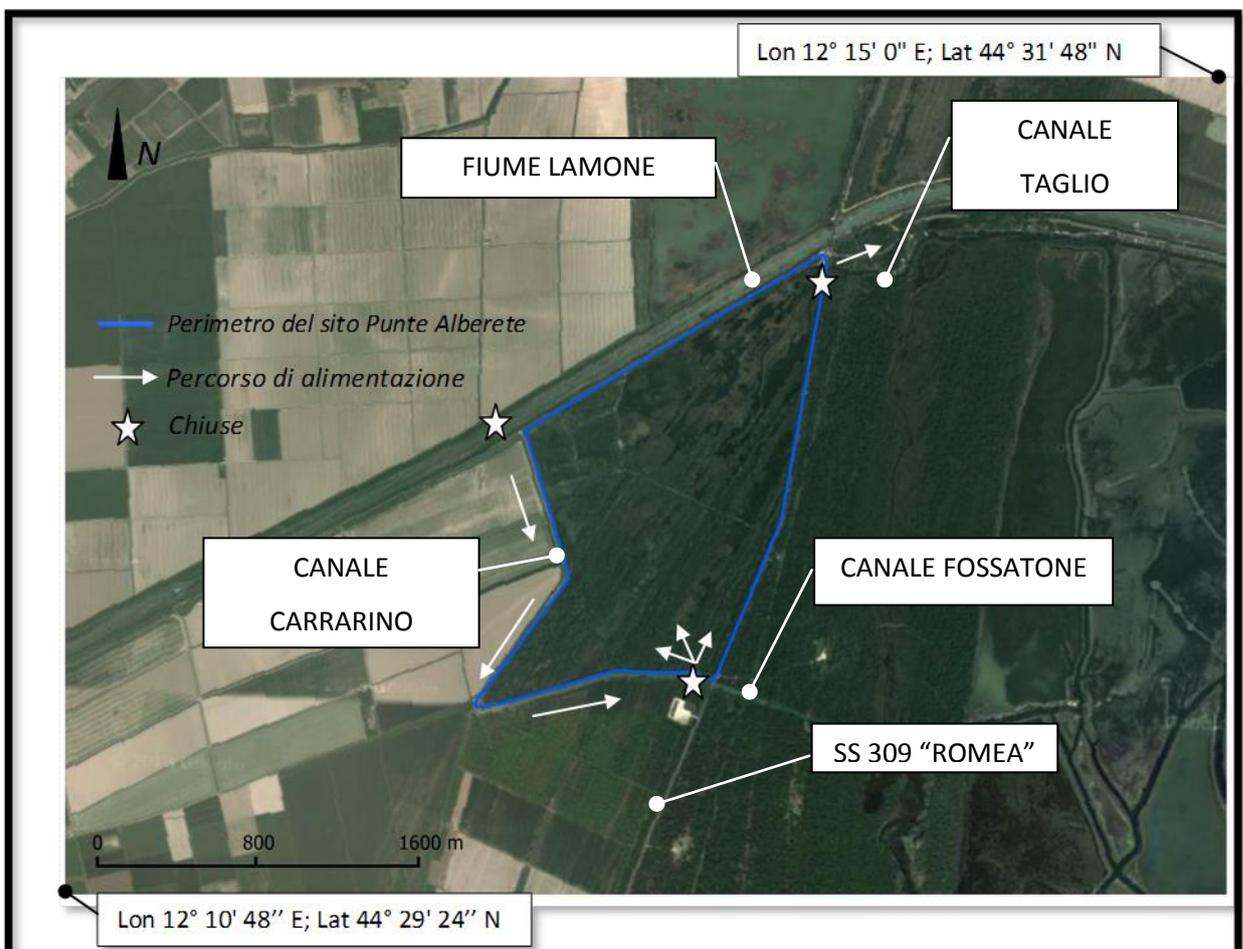


Figura 4. Confini del sito di Punta Alberete e circolazione idrica

Il livello idrico del biotopo segue un andamento stagionale con livelli minimi nei mesi estivi di luglio e agosto (Fig.5)(fonte www.larcapuntealberete.it), quando vengono effettuati sfalci della vegetazione per rallentare l'interramento della valle (Lazzari, 1994)

Fig. 2 - Livelli idrici Punta Alberete, medie mensili 2010 – 2011 – 2012

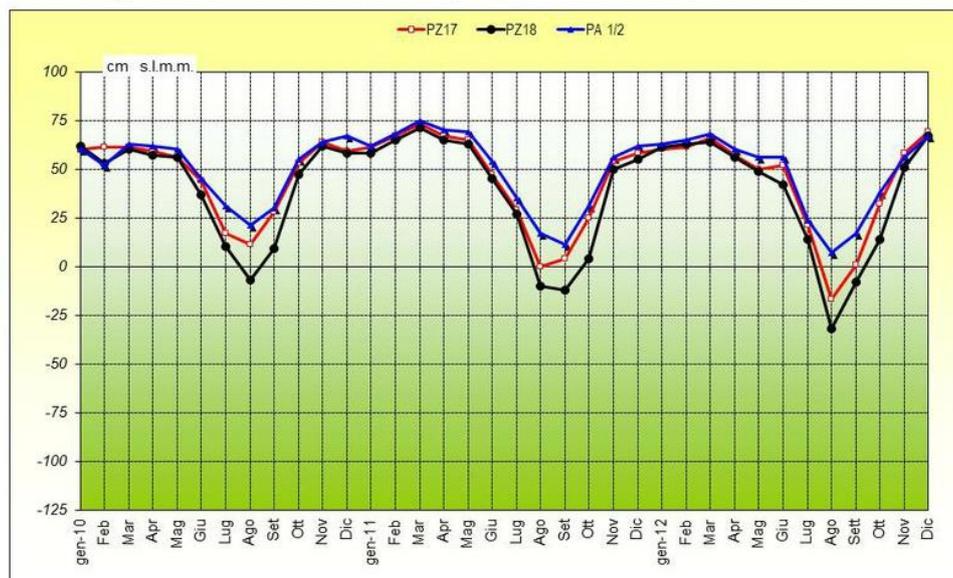


Figura 5. Andamento stagionale del livello dell'acqua nel biotopo di punta alberete

Il complesso insiste su un territorio geologicamente caratterizzato dalla successione di antichi cordoni dunali con decorrenza parallela alla linea di costa (Lazzari, 1994), testimoni del fenomeno di progradazione costiera avvenuta nei millenni passati. Questo tipo di morfologia crea un'alternanza di zone sopraelevate, dette “staggi”, e zone relativamente depresse, dette “buche” e rende ragione della grande variabilità idrica del biotopo con conseguente variabilità delle situazioni vegetazionali che è possibile riscontrarvi (Lazzari, 1994). Gli interventi di gestione sono da sempre mirati al mantenimento dell'habitat palustre in modo da contrastare la naturale evoluzione di questo tipo di biotopo verso facies più boschive. I lavori di regimazione, il controllo continuo dei livelli e della qualità delle acque, gli annuali interventi di sfalcio sulla vegetazione emergente sono ritenuti quindi necessari per conservare queste zone (Lazzari, 1994).

Valle Mandriole, localmente detta Valle della Canna, si trova poco più a nord di Punta Alberete e si estende per circa 240 ettari. Confina a Nord con il canale Rivalone, ad est con la strada statale 309 Romea, a Sud con il Fiume Lamone e ad ovest con le aree agricole ottenute dalla bonifica per colmata. Questo biotopo ha un aspetto di valle aperta in ragione della maggior profondità dell'acqua, con presenza di ampi popolamenti elofitici e in certe porzioni perimetrali anche di formazioni boschive, dunque diverso per aspetto dalla zona di Punta Alberete come apprezzabile anche da rilevamento satellitare. Il sito comprende

alcuni habitat di interesse comunitario (<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/parchi-natura2000/rete-natura-2000/siti/ravenna>).

3130 - Acque stagnanti, da oligotrofe a mesotrofe, con vegetazione dei Littorelletea uniflorae e/o Isoëto-Nanojuncetea

3150 - Laghi eutrofici naturali con vegetazione del Magnopotamioni Hydrocharition

3270 - Fiumi con argini melmosi con vegetazione del Chenopodium rubrip.p e Bidention p.p.

3170* - Stagni temporanei mediterranei

Il livello idrico della valle può essere regolato da una chiavica posta in zona nord-est che immette acqua proveniente direttamente dal fiume Reno mediante un tubo interrato. Dallo stesso punto, durante le operazioni di svuotamento, le acque della valle vengono scaricate nello scolo Rivalone (Fig. 6).

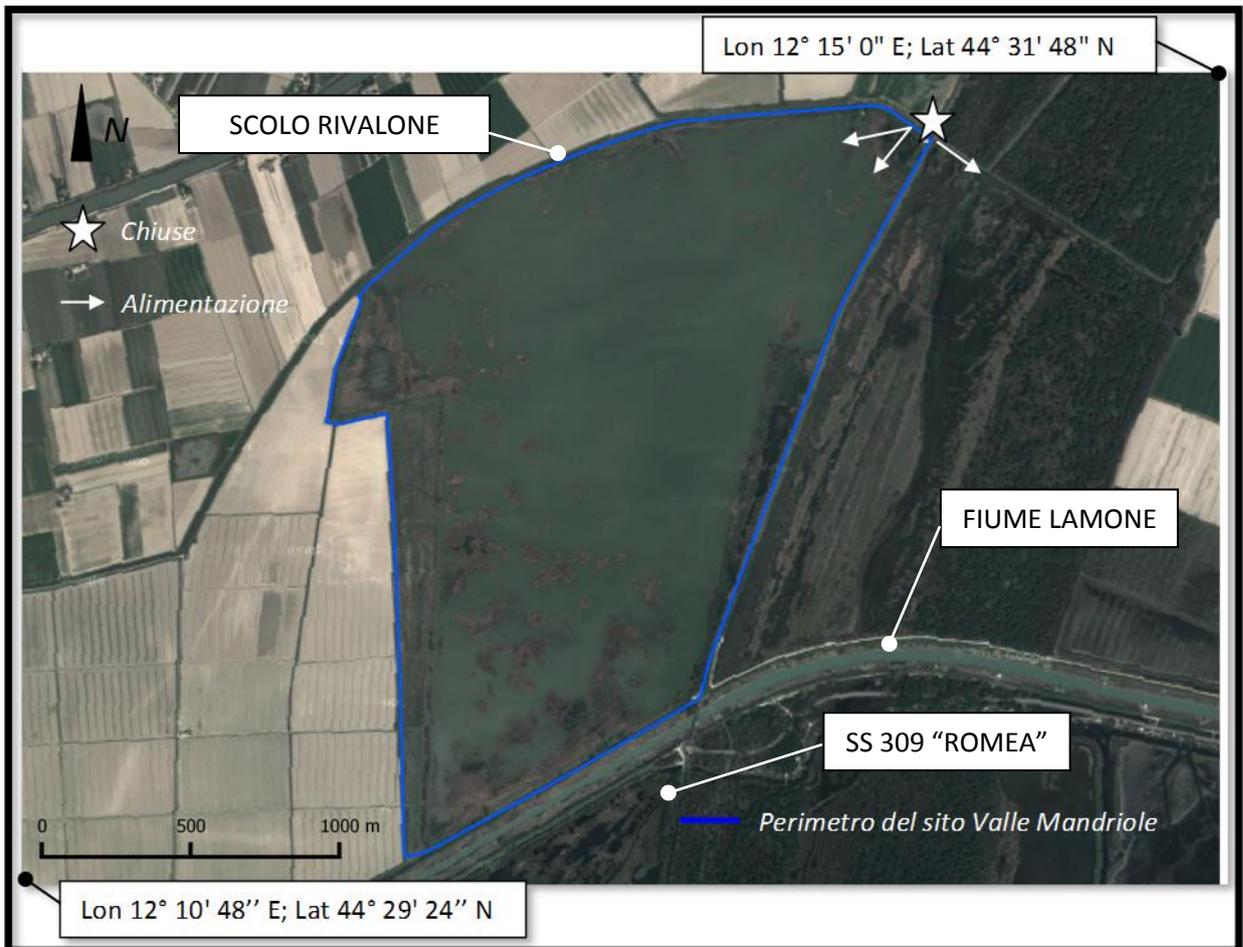


Figura 6. Confini del sito di Valle Mandriole e circolazione idrica

Dal punto di vista morfologico, Valle Mandriole ha perduto le originali caratteristiche batimetriche. Lavori di movimento terra ne hanno regolarizzato il fondale, che si presenta come un piano inclinato che degrada verso nord. L'aspetto della valle è stato influenzato anche dall'elevato livello idrico mantenuto in quanto, per diversi anni, l'invaso ha svolto funzione di riserva idrica per l'acquedotto di Ravenna, prelevando acqua dal fiume Reno (www.parcodeltapo.it).

Negli ultimi 10 anni la valle veniva ricaricata nel periodo settembre/ottobre fino a raggiungere la quota di circa + 0,80 sul livello m.m., per compensare il notevole abbassamento del livello dell'acqua nei mesi estivi dovuto all'evapo-traspirazione.

Tale gestione però ha portato ad un deperimento delle cenosi vegetali presenti, per cui nel 2011 si è attivato un piano di gestione mirato al ripristino della funzionalità dell'ambiente vallivo. Per prima cosa si è effettuato un prosciugamento completo della valle durante la stagione estiva al fine di consentire la mineralizzazione del fondale e lo sfalcio della vegetazione. Questo tipo di intervento, effettuato anche negli anni successivi, è stato accompagnato nel 2013 da un riescavo dei canali sublagunari, oramai interrati, con lo scopo di favorire la circolazione delle acque e creare rifugio per la fauna ittica (Comune di Ravenna, 2012).

Nonostante gli interventi di gestione, da a circa 10 anni le due zone presentano stati di alterazione ambientale causati dalla presenza di specie animali alloctone come ad esempio la nutria (*Myocastor coypus*) e il gambero della Louisiana (*Procambarus clarkii*), da un costante aumento della torbidità dell'acqua, da episodi acuti di intrusione marina e da un costante affioramento di falda salata nelle porzioni prossimali al fiume Lamone e al Canale Taglio della Baiona. Il problema della torbidità sembra essere associato, in base alle prime osservazioni effettuate sul sedimento del Lamone raccolto al partitore di Punte Alberete, alla presenza di polisaccaridi provenienti da un malfunzionamento dell'impianto di depurazione di Faenza e /o di Russi, conseguente ad una sovrapproduzione di voluminose mucillagini mal sedimentabili e sversamento di queste nel fiume Lamone. La bassissima portata del fiume nel periodo estivo limiterebbe la possibilità di diluire adeguatamente i composti che presentano un comportamento adesivo nei confronti dei vegetali ed anche

degli animali, causando potenzialmente fenomeni di anossia oltre che di elevata torbidità (Studio Silva, 2012).

1.4.3.1.2 Aspetti vegetazionali

La distribuzione delle specie vegetali in entrambe le valli è regolata da molti fattori quali ad esempio fattori climatici, edafici, topografici, biotici ma anche, di notevole importanza, è l'effetto dell'azione antropica (Merloni, 1994). Tutto ciò concorre all'evoluzione della componente vegetazionale all'interno di un determinato ecosistema. La vegetazione delle Punte è influenzata principalmente dal livello idrico che è responsabile del tipo di habitat e quindi delle diverse associazioni vegetali presenti (Merloni, 1994) anche se, negli ultimi 10 anni, la presenza di specie alloctone e azioni antropiche indirette ne hanno profondamente modificato gli assetti.

Vegetazione di idrofite natanti e sommerse

Sono associazioni vegetali costituite da piante non radicate al fondo e quindi libere di fluttuare. Questo tipo di vegetazione è quasi completamente scomparso da Punte Alberete a causa di eventi di salinizzazione delle acque ed aumento di torbidità, ed era principalmente costituita da popolamenti di piccole pleustofite galleggianti formanti associazioni dell'ordine *Lemnetalia* come lenticchia d'acqua (*Lemna minor*), lenticchia di palude (*Spirodela polyrrhiza*), lenticchia d'acqua spugnosa (*Lemna gibba*), lenticchia d'acqua spatolata (*Lemna trisulca*), le felci *Azolla sp* e erba pesce (*Salvinia natans*), riccia (*Riccia fluitans*) e da idrofite sommerse come ceratofillo comune (*Ceratophyllum demersum*). Sono riscontrate delle piccole stazioni monospecifiche di *Lemna minor* a Valle Mandriole (Studio Silva, 2012).

Vegetazione di idrofite radicanti

Questo tipo di vegetazione, rappresentato da piante acquatiche radicate al fondo, in associazione con le idrofite natanti e sommerse, crea habitat definiti lamineti che sono spesso molto ricchi e diversificati e in grado di ospitare numerosi organismi animali che qui trovano rifugio e nutrimento (Merloni, 1994), comprese rare specie di uccelli che qui nidificano. Nonostante la loro importanza, queste associazioni hanno subito un forte

riduzione soprattutto a causa della presenza di specie alloctone come nutria (*Myocastor coypus*) e gambero della Louisiana (*Procambarus clarkii*) che si nutrono dei germogli di queste piante. Originariamente era possibile riscontrare lamineti composti da ninfea comune (*Nymphaea alba*) e poligono anfibio (*Persicaria amphibia*), oppure da popolamenti quasi interamente sommersi con brasca increspata (*Potamogeton crispus*), brasca comune (*Potamogeton natans*), Erba tinca (*Potamogeton lucens*), Millefoglio d'acqua comune (*Myriophyllum spicatum*), Ranocchia maggiore (*Najas marina*). In generale sono popolamenti ascrivibili all'ordine *Potametalia*.

Attualmente questo tipo di cenosi è riscontrabile occasionalmente nella sola Punta Alberete con popolamenti monospecifici di *Persicaria amphibia* mentre invece è diffusa *Ludwigia peploides*, specie alloctona subtropicale in rapida espansione (Studio Silva, 2012).

Vegetazione elofitica e dei prati umidi

Le cenosi di elofite sono composte da piante che, pur essendo radicate al suolo, vivono prevalentemente con le radici e le gemme ricoperte da acqua, mentre restano aeree foglie e fiori. Queste formazioni possono estendersi per decine di ettari dando origine spesso a compagini monospecifiche che offrono rifugio ed occasione di nidificazione a diverse specie di uccelli acquatici (Merloni, 1994). In caso di associazioni monospecifiche è possibile distinguere tra canneti (*Phragmitetum australis*) che si sviluppano in condizioni di acque non troppo profonde e riscontrabili sia in Valle Mandriole che a Punta Alberete, tifeti (*Typhetum angustifoliae*) quasi totalmente scomparsi da entrambi i biotopi, cladieti (*Mariscetum serrati*) e infine scirpeti (*Scirpetum lacustris*), sparangieti (*Sparganietum erecti*) presenti solo a Punta Alberete (Studio Silva, 2012).

Vegetazione arbustiva

Sono presenti associazioni vegetali composte da biancospino comune (*Crataegus monogyna*), prugnolo (*Prunus spinosa*), spino cervino (*Rhamnus catharticus*), olmo campestre (*Ulmus minor*) (arbustivo), sanguinello (*Cornus sanguinea*), sambuco (*Sambucus nigra*), vitalba (*Clematis vitalba*), evonimo (*Euonymus europaeus*), Rosa sp., pero selvatico (*Pyrus paraste*) e rovo (*Rubus ulmifolius*), associazioni riconducibili all'ordine *Prunetalia spinosae*.

Rilevante è la presenza di estese formazioni di Salice cenerino (*Salix cinerea*) a Punte Alberete, che assume carattere invasivo dove presente e che concorre al processo di interrimento della valle (Studio Silva, 2012).

Boschi paludosi

Il bosco igrofilo costituisce da un punto di vista dinamico lo stadio successivo ai popolamenti elofitici, in grado di insediarsi dopo il completo interrimento delle zone inondate (Merloni, 1994), ed è la caratteristica formazione vegetale di Punte Alberete. Le specie presenti in questo tipo di associazione riconducibile all'ordine *Cladio-Fraxinetum oxycarpae* sono frassino meridionale (*Fraxinus oxycarpa*), a cui si affiancano in minor misura frangola (*Frangula alnus*), pioppo bianco (*Populus albae*), pioppo grigio (*Populus canescens*), salice bianco (*Salix alba*), olmo campestre (*Ulmus minor*), ontano nero (*Alnus glutinosa*) e farnia (*Quercus robur*). Le associazioni a *Cladio-Fraxinetum oxycarpae* sono esclusive di Punte Alberete, mentre è presente in entrambi i biotopi una formazione boscosa a predominanza di *Salix alba* (Studio Silva, 2012).

Boschi termofili di caducifoglie

Nelle zone ad est confinanti con la statale Romea SS 309, in corrispondenza di paleodune più sopraelevate, è possibile riscontrare anche il bosco termofilo riconducibile all'aggruppamento *Quercus robur* e *Quercus pubescens*, con specie presenti quali farnia (*Quercus robur*) e olmo campestre (*Ulmus minor*) (Studio Silva, 2012).

1.4.3.1.3 Aspetti faunistici

Lo studio della cenosi faunistiche nei due biotopi è un presupposto fondamentale per poterne effettuare una corretta gestione ed evidenziarne le criticità di conservazione. Le due paludi ospitano innumerevoli specie animali appartenenti a diversi *taxa*.

Invertebrofauna

Tra gli phylum dei Molluschi sono presenti specie di Gasteropodi appartenenti ai generi *Physa* e *Vivipara* che sono raschiatori di patine algali e *Planorbis* che invece sono attivi divoratori di vegetazione acquatica (Senni, 1994). Tra i Bivalvi si riscontra in particolare la specie *Unio mancus*, abitatore dei fondali fangosi (Senni, 1994).

Tra i Crostacei segnati sono l'alloctono gambero della Louisiana (*Procambarus clarkii*) e l'autoctono gamberetto d'acqua dolce (*Palaemonetes antennarius*).

La classe degli Insetti è rappresentata dall'ordine degli Odonati con specie appartenenti ad esempio ai generi *Lestes*, *Libellula*, *Platycnemis*, *Coenagrion*. L'ordine dei Coleotteri è molto bene rappresentato con diverse specie adattate sia alla vita acquatica (*Ditiscidae*, *Hydrophilidae*) ed alla vita terrestre (*Carabidae*, *Cerambycidae*). Sono inoltre presenti insetti appartenenti all'ordine degli *Hemiptera* sia acquatici che terrestri, *Ephemeroptera* e *Lepidoptera*. (Studio Silva, 2012).

Ittiofauna

Tra i pesci si riscontrano specie tipicamente presenti in tratti dei fiumi a lento scorrimento (Senni, 1994) sia autoctone che alloctone quali Ciprinidae come ciprino dorato (*Carassius auratus*), alborella (*Alburnus alburnus alborella*), carpa comune (*Cyprinus carpio*) oltre a anguilla (*Anguilla anguilla*) e siluro (*Silurus glanis*). Altre specie non più segnalate per i siti sono il luccio (*Esox lucius*) e la tinca (*Tinca tinca*). Presenti 2 specie di interesse comunitario: il Cobite comune (*Cobitis taenia*) e il raro Cobite mascherato (*Cobitis larvata*) (Studio Silva, 2012; <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/parchi-natura2000/rete-natura-2000/siti/ravenna>).

Erpetofauna

Tra i rettili di particolare interesse viene segnalata la presenza di testuggine palustre europea (*Emys orbicularis*), specie di interesse comunitario che nei due biotopi ha uno dei siti riproduttivi più importanti a livello nazionale. Sono presenti ancora tra i rettili il saettone (*Zamenis longissimus*), mentre tra gli anfibi si ricorda l'importante presenza della rana di Lataste (*Rana latastei*) e Tritone crestato italiano (*Triturus carnifex*), entrambe specie di interesse comunitario, oltre a specie più comuni come la raganella (*Hyla arborea*) e la rana verde (*Rana esculenta*) (Studio Silva, 2012; <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/parchi-natura2000/rete-natura-2000/siti/ravenna>).

Avifauna

I due biotopi di Punte Alberete e Valle Mandriole costituiscono ecosistemi fondamentali per la vita, la riproduzione e la sopravvivenza di innumerevoli specie ornitiche legate alla

vita acquatica. In particolare Punte Alberete ospita colonie miste di rari ciconiformi e pelecaniformi nidificanti come cormorano (*Phalacrocorax carbo*), marangone minore (*Phalacrocorax pygmaeus*), nitticora (*Nycticorax nycticorax*), sgarza ciuffetto (*Ardeola ralloides*), garzetta (*Egretta garzetta*), airone bianco maggiore (*Ardea alba*), airone cenerino (*Ardea cinerea*) mentre Valle mandriole, oltre alle precedenti specie ospita anche airone rosso (*Ardea purpurea*), mignattaio (*Plegadis falcinellus*), spatola (*Platalea leucorodia*), airone guardabuoi (*Bubulcus ibis*) (Costa et al 2009). Si riscontra anche la presenza di anatidi nidificanti come moretta tabaccata (*Aythya nyroca*), moriglione (*Aythya ferina*) e canapiglia (*Anas strepera*) oltre a diversi tra rallidi e podicipedidi. (Costa et al, 2009). Non più segnalata la presenza di mignattino piombato (*Chlidonias hybridus*) in seguito alla scomparsa dei lamineti in entrambi i siti (Costa et al, 2009). Oltre agli uccelli acquatici, i due siti ospitano anche diverse specie di passeriformi come rigogolo (*Oriolus oriolus*), averla piccola (*Lanius collurio*) e moltissimi altri (Costa et al 2009). Il sito conta 33 specie di interesse comunitario.

Teriofauna

Tra i mammiferi si annoverano specie di interesse comunitario come il barbastrello (*Barbastella barbastellus*) ma anche la puzzola (*Mustela putorius*) e il serotino comune (*Eptesicus serotinus*) (Studio Silva, 2012; <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/parchi-natura2000/rete-natura-2000/siti/ravenna>).

1.5.3.2 La pineta storica di San Vitale

1.5.3.2.1 Ubicazione, idrologia e morfologia

La pineta San Vitale costituisce il residuo più settentrionale e di maggiori dimensioni dell'antica pineta di Ravenna ed ha una estensione di circa 1200 ettari (<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/parchi-natura2000/rete-natura-2000/siti/ravenna>)(Fig 7). Confina a est con la pialassa della Baiona, a nord indicativamente con il corso del canale destra Reno, ad ovest con la SS 309 Romea e a sud con la zona portuale di Ravenna.

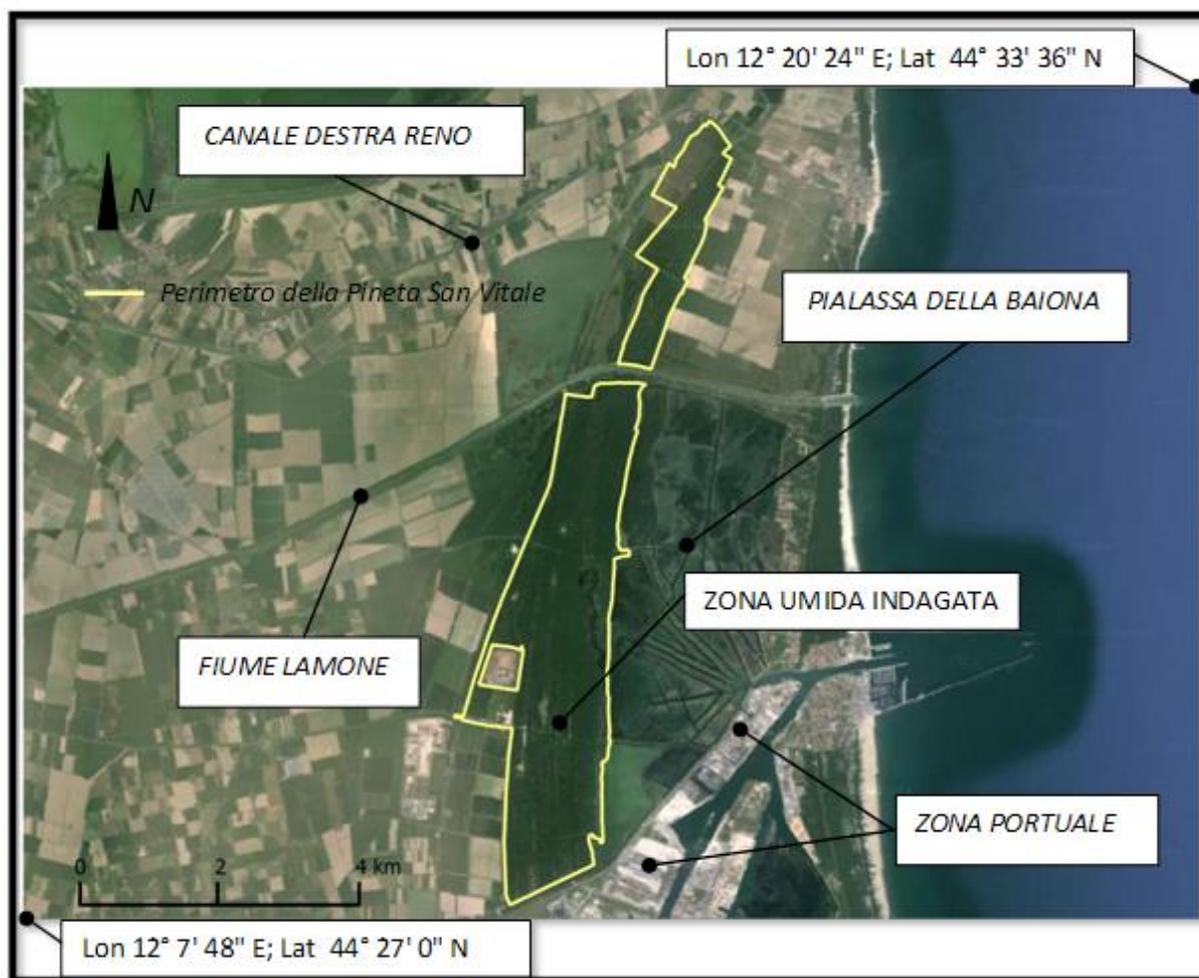


Figura 7. Inquadramento territoriale della pineta di San Vitale

Il litorale ravennate è stato da sempre interessato dalla presenza di formazioni boschive con caratteristiche floristiche però diverse da quelle dell'attuale pineta, che è costituita prevalentemente da Pino domestico (*Pinus pinea*), specie importata probabilmente dal bacino del mediterraneo nord-occidentale per la produzione del pinolo e faticosamente naturalizzata nel territorio ravennate mediante continua gestione (Fabbri, 1998). La coltivazione del Pino domestico sulle coste ravennate è documentata almeno a partire dal XIII secolo e raggiunge il massimo sviluppo nel XVIII secolo quando, sotto la gestione dei monaci delle abbazie ravennate, la pineta si estendeva ininterrottamente come una cintura costiera di 7000 ha (contro i circa 2000 di oggi) dalle zone limitrofe al corso del Po di Primaro a nord (oggi Reno) fino al corso del fiume Savio a sud (Fabbri, 1998). Durante gli ultimi trecento anni la pineta ha subito una notevole riduzione di estensione in seguito ad eventi storici come le due guerre mondiali e le trasformazioni sociali ed economiche che hanno imposto notevoli cambiamenti alla destinazione d'uso del suolo (Fabbri, 1998)

L'area della pineta è di grande interesse naturalistico in quanto ricca di bassure umide con presenza di acqua permanente o temporanea, alternate a "staggi" derivati dagli antichi cordoni dunosi su cui il bosco è imposto, ed inoltre è attraversata da numerosi canali di bonifica, dal corso del fiume Lamone e dalla Bassa del Pirottolo a nord, depressione di acque dolci e salmastre (Formulario Natura 2000 del sito IT4070003).

1.5.3.2.2 Aspetti vegetazionali

La pineta si presenta come un bosco misto suddivisibile in due comunità vegetali principali sovrapposte all'impianto artificiale di pino domestico, comunità che coprono oltre il 70% della superficie dell'area, collegate da comunità di transizione: un bosco xerofilo con leccio (*Quercus ilex*), ilatro sottile (*Phyllirea angustifolia*), pungitopo (*Ruscus aculeatus*) e un bosco igrofilo dominato da pioppo bianco (*Populus alba*), frassino meridionale (*Fraxinus oxycarpa*) e farnia (*Quercus robur*) (<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/parchi-natura2000/rete-natura-2000/siti/ravenna>).

Come indicato dal Formulario Natura 2000 del sito in oggetto, la restante superficie è coperta da Pascoli inondati mediterranei (*Juncetalia maritimi*), laghi eutrofici naturali con vegetazione del tipo *Magnopotamion* o *Hydrocharition* e Praterie mediterranee con piante erbacee alte e giunchi (*Molinion-Holoschoenion*).

1.5.3.2.3 Aspetti faunistici

Invertebratofauna

Sono presenti 5 specie di Insetti di interesse comunitario: i Lepidotteri *Eriogaster catax*, *Euplagia quadripunctaria*, specie prioritaria, e *Lycaena dispar* ed i Coleotteri legati agli ambienti forestali *Cerambyx cerdo* e *Lucanus cervus*. Tra le specie rare e minacciate presenti figurano i Coleotteri *Paederus melanurus* e *Carabus chlathratus antonellii* legati ad ambienti palustri (<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/parchi-natura2000/rete-natura-2000/siti/ravenna>).

Ittiofauna

L'ittiofauna comprende 2 specie di interesse comunitario: il nono (*Aphanius fasciatus*) e il ghiozzetto di laguna (*Padogobius panizzae*), comuni nella Bassa del Pirottolo e nelle bassure con acque permanenti salmastre (<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/parchi-natura2000/rete-natura-2000/siti/ravenna>).

Erpetofauna

Per i rettili è segnalata una specie di interesse comunitario: la testuggine palustre europea (*Emys orbicularis*). Presenti 2 specie di anfibi di interesse comunitario: il tritone crestato italiano (*Triturus carnifex*) e la rana di Lataste (*Rana latastei*) (<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/parchi-natura2000/rete-natura-2000/siti/ravenna>).

Avifauna

Sono note 13 specie di interesse comunitario di cui 6 nidificanti legate agli ambienti forestali e di ecotono quali succiacapre (*Caprimulgus europaeus*) e averla piccola (*Lanius collurio*), o agli ambienti palustri quali cavaliere d'Italia (*Himantopus himantopus*) e Tarabusino (*Ixobrychus minutus*), nidificanti in corrispondenza della Bassa del Pirottolo, e la colonia di garzetta (*Egretta garzetta*) su pini domestici. Altri ardeidi e ciconiformi come la sgarza ciuffetto (*Ardeola rallide*), airone bianco maggiore (*Ardea alba*), Nitticora (*Nycticorax nycticorax*), limicoli quali combattente (*Philomachus pugnax*), piro piro boschereccio (*Tringa glareola*) e rapaci tra cui falco di palude (*Circus aeruginosus*), albanella reale (*Circus cyaneus*) e albanella minore (*Circus pygargus*) frequentano l'area quale sito di sosta e alimentazione (<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/parchi-natura2000/rete-natura-2000/siti/ravenna>).

Teriofauna

Sono presenti specie rare e minacciate di chiroterri tra cui rinolofo minore (*Rhinolophus hipposideros*), e di interesse comunitario, nottola gigante (*Nyctalus lasiopterus*), pipistrello albolimbato (*Pipistrellus kuhli*), vespertilio di Daubenton (*Myotis daubentoni*), pipistrello di Nathusius (*Pipistrellus nathusii*), orecchione meridionale (*Plecotus austriacus*). E' presente anche la puzzola (*Mustela putorius*) (<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/parchi-natura2000/rete-natura-2000/siti/ravenna>).

2 OBIETTIVI

Lo scopo di questo studio è stato quello descrivere la condizione attuale delle comunità macrobentoniche delle zone umide d'acqua dolce ravennati di Punte Alberete, Valle Mandriole e di un piccolo stagno temporaneo presente all'interno della Pineta storica di San Vitale, per fornire un contributo alla definizione dello stato ecologico di questi corpi idrici. Le ultime analisi condotte a riguardo sono riferibili ad un lavoro di tesi del Dott. Filippo Zanni risalente al 1998, relativo alle sole zone umide di Punte Alberete e Valle Mandriole, attraverso il quale è stato possibile effettuare anche confronti temporali sui dati per valutare l'evoluzione delle comunità oggetto di studio negli ultimi anni. Sono stati effettuati anche confronti spaziali tra le varie aree indagate per identificare, per quanto possibile, gli effetti della gestione attuata sulle aree naturali in questione. In particolare, il lavoro si è concentrato nel valutare i possibili effetti determinati sulle comunità macrobentoniche dal prosciugamento attuato nel periodo estivo nella zona sud di Valle Mandriole. Parallelamente al campionamento degli organismi macrobentonici è stato effettuato anche un campionamento dell'acqua in tutti i siti di individuati, con lo scopo di analizzare e controllare i parametri chimici che maggiormente possono influire sulle comunità oggetto di studio.

3 I MACROINVERTEBRATI BENTONICI

3.1 Definizione

Il termine macroinvertebrati bentonici (o macrobenthos) fa riferimento ad organismi animali adattati a compiere almeno parte del proprio ciclo vitale su diverse tipologie di substrato presente in habitat acquatico (sedimento, piante sommerse, macrofite) e che raramente si presentano di dimensioni inferiori al millimetro. Fanno parte di questo grande raggruppamento ad esempio alcuni ordini di insetti, gasteropodi, anellidi, bivalvi, crostacei e, meno comunemente, anche briozoi, poriferi e cnidari. (Provincia Autonoma di Trento, 1988).

3.2 Ruolo nell'ecosistema delle zone umide

I macroinvertebrati bentonici prendono parte significativamente al processo di trasformazione della sostanza organica, contribuendo così al ciclo energetico e dei nutrienti dell'ecosistema (Hammer, 1992). Gli adattamenti alla vita acquatica sono molto eterogenei, si possono infatti distinguere organismi predatori, erbivori o detritivori a seconda della natura del cibo assimilato. In riferimento alle modalità di nutrizione si possono invece distinguere organismi frantumatori, che sminuzzano la sostanza organica sia viva che morta in maniera grossolana, i pascolatori o raschiatori, che raschiano dalla superficie di piante e pietre il substrato biologico vivo, od ancora i filtratori, in grado di catturare detrito organico in sospensione (Tachet et al, 2004).

Un altro ruolo fondamentale che rivestono i macroinvertebrati bentonici è quello di primaria fonte di cibo per gli organismi al vertice della catena alimentare. Ad esempio, le larve acquatiche di molti insetti sono una preziosa fonte di cibo per pesci, uccelli, mammiferi e rettili (Hammer, 1992).

3.3 Ruolo nel biomonitoraggio e nella definizione della qualità ecologica

Per le loro caratteristiche, i macroinvertebrati bentonici sono tra gli organismi maggiormente utilizzati nel biomonitoraggio, inteso come l'utilizzo sistematico delle risposte biologiche al fine di comprendere i cambiamenti che possono avvenire nei sistemi ambientali, ottenendo così le informazioni necessarie per attuare piani di gestione e di miglioramento della qualità ambientale (Rosenberg et al, 1993). Il macrobenthos può essere utilizzato per la valutazione di alcuni impatti ambientali, ad esempio confrontando i dati prima e dopo lo sversamento di sostanze tossiche in acqua, per verificare, attraverso un monitoraggio a lungo termine, l'efficacia delle misure di conservazione intraprese su un ecosistema acquatico oppure per stabilire il raggiungimento di determinati standard di qualità dell'acqua (Rosenberg et al, 1993). A confermarne il ruolo chiave riguardo a quest'ultimo punto, anche la direttiva europea 2000/60/CE inserisce i macroinvertebrati bentonici tra gli organismi che concorrono alla definizione della qualità ecologica dei corpi idrici superficiali. A seconda delle applicazioni, le informazioni relative ai sistemi ambientali in esame si possono ricercare valutando diversi tipi di risposte biologiche degli organismi, ad esempio attraverso studi in campo genetico e fisiologico, applicando test di tossicità o di bioaccumulo, ma anche, come nel caso di questa trattazione, con indagini di tipo ecologico, ad esempio studiando la variazione di alcuni parametri relativi alla composizione della comunità o alla variazione del numero di individui presenti nella popolazione oggetto di studio (Rosenberg et al, 1993).

Le ragioni per cui i macroinvertebrati bentonici vengono ampiamente utilizzati sono in larga misura legate alla loro biologia. Innanzitutto possono definirsi organismi ubiquitari e di conseguenza è possibile utilizzarli per valutare gli effetti di una perturbazione ambientale in molte tipologie di habitat acquatici (Rosenberg et al, 1993). L'elevato numero di specie presenti offre un ampio spettro di risposte agli stress ambientali. La loro natura sedentaria consente di compiere studi sugli effetti spaziali dei possibili disturbi ambientali, mentre i loro cicli vitali relativamente lunghi consentono invece di effettuare anche confronti temporali a lungo termine. Inoltre, le tecniche di campionamento solitamente non prevedono l'impiego di strumentazioni costose (Rosenberg et al, 1993).

Per contro, i macroinvertebrati bentonici non sono in grado di rispondere a tutti gli impatti e il loro utilizzo impone un corposo disegno di campionamento con un elevato numero di campioni per ottenere risultati precisi (Rosenberg et al, 1993)

3.4 Descrizione dei principali gruppi presenti negli ambienti lentic italiani

3.4.1 Oligocheti

La classe degli oligochaeta appartiene al phylum degli anellidi, ed è rappresentata da vermi cilindrici a simmetria bilaterale con il corpo suddiviso in numerosi metameri. Ognuno di questi metameri presenta di norma quattro ciuffi di setole che hanno funzione principalmente locomotoria. Il riconoscimento a livello di famiglia per questa classe di animali è solitamente piuttosto complesso in quanto i caratteri non equivoci per la determinazione sono i genitali, che si differenziano solo in periodo riproduttivo.

Gli oligocheti colonizzano diversi habitat d'acqua dolce, ad esempio fondi melmosi e sabbiosi o fondi duri con ciottoli e pietre. Alcune delle famiglie presenti in Italia mostrano una spiccata resistenza agli ambienti con elevati tassi di inquinanti organici (es Tubificidae, Lumbriculidae) oltre che vari adattamenti ad ambienti salmastri (Campaioli et al, 1994).

3.4.2 Gasteropodi

I Gastropoda costituiscono la classe più numerosa del phylum dei Mollusca. Le specie d'acqua dolce appartengono a due sottoclassi, Prosobranchia e i Pulmonata. I gasteropodi acquatici sono muniti di conchiglia calcarea la cui forma è importante per la determinazione della famiglia o del genere. L'accrescimento della conchiglia è in relazione all'attività metabolica dell'animale che può subire rallentamenti o pause in funzione dei fattori ambientali. Tutti i gasteropodi si nutrono principalmente di materiale vegetale, detrito o microrganismi incrostanti che vengono assunti per mezzo dell'apparato boccale raschiatore. I polmonati acquatici sono ermafroditi e il ciclo biologico si compie in un anno

e dopo l'ovodeposizione gli adulti muoiono. I prosobranchi sono invece a sessi separati e presentano cicli vitali più vari. I gasteropodi si possono trovare in quasi tutti gli ambienti d'acqua dolce preferibilmente lenticoli o a lento scorrimento.

In generale i gasteropodi sono considerati organismi abbastanza tolleranti nei confronti di avverse condizioni ambientali anche se non esistono vere e proprie specie indicatrici di qualità ambientale. Al contrario dei prosobranchi, i polmonati hanno buona capacità di movimento e possono vivere anche in condizioni semiacquatiche, per cui, secondo alcuni autori, questi organismi sono in grado di disperdersi più rapidamente e colonizzare una maggior quantità di ambienti in cui i parametri ambientali possono essere i più diversi, caratteristica che li rende maggiormente tolleranti alle avverse condizioni ambientali rispetto ai prosobranchi. (Campaioli et al, 1994). Al di sotto di valori di pH pari a 5.5 i molluschi stentano a colonizzare l'ambiente, mentre sono favoriti da una buona concentrazione di carbonato di calcio, che utilizzano per la costruzione della conchiglia. Sono tolleranti ad elevate escursioni termiche, a periodi di prosciugamento ed anche a condizioni eutrofiche che possono invece costituire situazioni favorevoli, dato che i molluschi possono sfruttare la presenza di detrito organico come fonte di cibo (Girod et al, 1980)

3.4.2.1 Famiglia Ancyliidae

Una sola specie presente in Italia, *Ancylus fluviatilis* e solitamente si ritrova in corsi d'acqua a notevole velocità di corrente dove si fissa su massi o ciottoli, adattamento riscontrabile anche nella forma della conchiglia (Campaioli et al, 1994). Si possono rinvenire inoltre in ambienti stagnanti e sono in grado di tollerare valori di salinità fino al 5 per mille (Girod et al, 1980).

3.4.2.2 Famiglia Physidae

Sono polmonati che presentano una conchiglia sinistrorsa e fragile. In Italia sono presenti due generi, di cui il genere *Physa* si ritrova spesso in acque ferme di stagni e paludi, anche in presenza di forti carichi di inquinanti (Campaioli et al, 1994).

3.4.2.3 Famiglia Planorbidae

Presentano una conchiglia avvolta in una spirale piana ed in Italia sono presenti sette generi. In particolare il genere *Planorbis* è riscontrabile in acque ferme tra la vegetazione (Campaioli et al, 1994).

3.4.3 Crostacei

I Crustacea sono artropodi in larga prevalenza acquatici, sia marini sia d'acqua dolce. Sono formati da un corpo suddiviso in tre regioni (capo, torace e addome) e caratterizzati dalla presenza di due paia di antenne. Gli arti anteriori possono essere modificati in chele più o meno sviluppate con funzione di presa. L'addome terminante con una struttura chiamata telson talvolta separata in due lobi, presenta nella parte inferiore diverse appendici che servono per il nuoto, la respirazione o la difesa. In molti crostacei è presente il carapace, uno scudo dorsale che ricopre del tutto o in parte il torace. (Campaioli et al, 1994).

3.4.3.1 Isopoda

L'ordine degli Isopoda conta in Italia una sola famiglia (Asellidae) strettamente d'acqua dolce. Si distinguono per il corpo depresso dorsoventralmente e sette paia di pereopodi tutti uguali tra loro. Il telson è fuso con il sesto segmento addominale. Si tratta di specie detritivore distribuite principalmente in ambienti lentici anche in presenza di inquinamento organico (Campaioli et al, 1994).

3.4.3.2 Anfipoda

Gli anfipodi sono privi di carapace e presentano arti superiori privi di chele. La caratteristica principale è la presenza delle prime quattro paia di appendici toraciche dirette in avanti con unghie terminali rivolte all'indietro, mentre nelle rimanenti tre paia accade il contrario. Si nutrono di detrito organico particellato sia animale che vegetale (Campaioli et al, 1994).

3.4.3.2.1 Famiglia Gammaridae

Questa famiglia comprende due generi che racchiudono le specie di anfipodi più importanti delle cenosi d'acqua dolce italiana: *Gammarus* e *Echinogammarus*. I primi sono diffusi in sorgenti, torrenti e nei fiumi dell'Italia nord orientale. Gli *Echinogammarus* sono considerati più tolleranti ad ambienti inquinati rispetto ai *Gammarus* (Campaioli et al, 1994).

3.4.3.3 Mysidiacea

Sono un ordine di crostacei dall'aspetto di gamberetto provvisti di carapace. Sono quasi tutti animali marini ma in Italia è presente una specie eurialina, *Diamysis bahirensis* che può essere rinvenuta anche in ambiente d'acqua dolce (Campaioli et al, 1994).

3.4.3.4 Decapoda

Sono un ordine di crostacei malacostraci che presentano un ampio carapace saldato dorsalmente al cefalotorace e che lo ricopre lateralmente. Il primo paio di pereiopodi è munito di chela per l'assunzione del cibo. Alcune specie sono litofaghe, altre detritivore ed altre ancora carnivore. (Campaioli et al, 1994).

3.4.3.4.1 Famiglia Palaemonidae

Annovera specie dall'aspetto di gamberetto con carapace allungato frontalmente a formare un rostro. Specie più nota è *Palaemonetes antennarius*, diffusa in ambienti lentici e in tratti terminali dei fiumi (Campaioli et al, 1994).

3.4.3.4.2 Famiglia Cambaridae

La sola specie rinvenuta durante questo studio appartenente a questa famiglia è l'alloctono Gambero della Louisiana (*Procambarus clarkii*), introdotto dall'America in Europa a scopo alimentare e successivamente diffusosi nei corsi d'acqua soprattutto del nord Italia. La diffusione in natura è stata facilitata dall'abitudine di commercializzare la specie in

vivo, sia a scopo ornamentale (acquari) che per allevamento. Il Gambero della Louisiana predilige le acque calde, ha uno sviluppo molto rapido ed è presente anche dove l'acqua può mancare per periodi prolungati. Ha buona tolleranza alle variazioni del livello di salinità, agli inquinanti e alle condizioni di bassa concentrazione di ossigeno disciolto. La sua caratteristica principale è l'eccezionale voracità; gli adulti si cibano principalmente di macrofite mentre i giovani prediligono i macroinvertebrati, ma anche girini e piccoli pesci. L'assenza di predatori naturali unita alla grande capacità di adattamento di questa specie hanno causato negli ecosistemi delle zone umide gravi crisi ambientali, soprattutto legate alla progressiva scomparsa delle macrofite acquatiche, delle comunità macrobentoniche e degli anfibi, oltre all'aumento della torbidità dell'acqua dovuta all'attività costante di scavo delle tane (Pederzani et al, 2006).

3.4.5 Insetti

Gli insetti costituiscono la più vasta classe del regno animale e, sebbene la maggior parte delle specie siano prettamente terrestri, molti sono gli ordini di insetti che si sono adattati interamente o per una parte rilevante del loro ciclo vitale alla vita acquatica.

3.4.5.1 Efemerotteri

Gli ephemeroptera sono un ordine di insetti di piccole dimensioni a metamorfosi incompleta che vivono nell'acqua allo stadio larvale e fuori dall'acqua allo stadio adulto. Il nome dell'ordine deriva dalla brevità della vita immaginale (stadio adulto) che può andare dalle dodici ore ad eccezionalmente qualche settimana. Lo stadio adulto viene raggiunto attraverso una serie di mute a partire dallo stadio più giovanile, detto neanide, che non presenta abbozzi alari, passando poi per le ninfe dotate di pteroteche ed infine, unici tra tutti gli insetti, ad uno stadio subimmaginale che precede lo sviluppo completo. Le ninfe si presentano con un capo, tre segmenti toracici dotati di zampe articolate e dieci segmenti addominali recanti le tracheobranchie di cui quello caudale è provvisto lunghi cerci articolati. Generalmente le larve, munite di apparato boccale trituratore, si nutrono di alghe o detrito vegetale, anche se occasionalmente possono anche predare piccoli invertebrati. Gli adulti presentano ali anteriori molto sviluppate e posteriori quasi o totalmente assenti e

spesso hanno un apparato boccale involuto che non consente all'animale di nutrirsi, ragion per cui la fase adulta è raggiunta esclusivamente per l'accoppiamento che avviene al di fuori dell'acqua (Campaioli et al, 1994).

In generale questi insetti colonizzano una varietà notevole di acque dolci, da correnti a stagnanti, e costituiscono importante fonte di cibo per i pesci (Campaioli et al, 1994). Nel complesso la presenza di efemerotteri è indicatrice di buona qualità ambientale anche se alcune specie del genere *Baetis*, ad esempio, tollerano forti concentrazioni di inquinanti (Provincia Autonoma di Trento, 1988).

3.4.5.1.1 Famiglia Betidae

La famiglia dei Betidae viene considerata globalmente capace di tollerare livelli relativamente alti di inquinamento organico e conta cinque generi nelle acque italiane.

Le specie appartenenti al genere *Baetis* sono ottime nuotatrici e generalmente sono più legate ad ambienti reofili mentre le specie del genere *Cloeon* sono maggiormente legate ad ambienti palustri di pianura (Campaioli et al, 1994).

3.4.5.2 Odonati

Gli odonati (o libellule) sono insetti eterometaboli di medie o grandi dimensioni con ninfe acquatiche.

Gli adulti sono ottimi volatori e sono in grado di predare altri insetti in volo, hanno colorazioni vivaci e sono dotati di apparato boccale masticatore con mandibole molto forti. Dopo la deposizione delle uova in acqua da parte dell'adulto, lo sviluppo embrionale richiede diverse settimane e lo stadio finale è raggiunto attraverso numerose mute (Campaioli et al, 1994). Tutti gli odonati hanno larve predatrici distinguibili da tutte quelle degli altri insetti per l'apparato boccale raptatorio detto maschera, con la quale l'insetto cattura le prede che possono essere ciliati, rotiferi, oligocheti, crostacei e altri insetti (Provincia Autonoma di Trento, 1988).

L'ordine è diviso in due sottordini, gli zigotteri e gli anisotteri. Gli zigotteri sono caratterizzati da larve slanciate con addome sottile terminante in tre lamelle tracheobranchiali affusolate, mentre gli adulti, chiamati comunemente damigelle, hanno

costituzione esile e ali a riposo poste lungo l'addome. Gli anisotteri invece hanno larve più tozze prive di lamelle tracheobranchiali e negli adulti la struttura è più robusta con ali tenute distese lateralmente al corpo (Provincia Autonoma di Trento, 1988). Gli zigotteri sono associati maggiormente a zone ricche di vegetazione rispetto agli anisotteri (Carchini, 1983).

Solitamente questi insetti prediligono acque ferme o poco correnti ricche di vegetazione, e si collocano in situazioni intermedie essendo assenti sia in acque molto oligotrofiche sia in acque con forte presenza di inquinanti organici. I fattori limitanti per la loro diffusione sono il ciclo idrologico, che deve essere compatibile con lo sviluppo delle larve, il contenuto salino e di sostanza organica e la presenza di prede e predatori (Carchini, 1983)

3.4.5.2.1 Sottordine Zygoptera

3.4.5.2.1.1 Famiglia Lestidae

Famiglia che conta in Italia tre generi tra cui *Sympecma* e *Lestes*. Entrambi i generi colonizzano principalmente acque ferme anche salmastre. La deposizione delle uova avviene in vegetali erbacei o legnosi flottanti. Tutte le specie del genere *Lestes* hanno diapausa invernale allo stadio di uovo e rapido sviluppo primaverile, fatto che consente loro di colonizzare anche habitat temporanei. (Campaoli et al, 1994)

3.4.5.2.1.2 Famiglia Platycnemididae

Un solo genere in Italia con una sola specie *Platycnemis pennipes* che colonizza principalmente acque ferme ma ben ossigenate (Campaoli et al, 1994).

3.4.5.2.1.3 Famiglia Coenagrionidae

Famiglia molto estesa che conta otto generi in Italia con caratteristiche ecologiche distinte. Le zone paludose sono principalmente colonizzate dai generi *Ceriagrion* e *Ischnura* (Campaoli et al, 1994).

3.4.5.2.2 Sottordine Anisoptera

3.4.5.2.2.1 Famiglia Aeshnidae

Larve di grandi dimensioni, nuotano rapidamente con vigorose emissioni di acqua dal retto e sono dotate di una robusta maschera che consente loro di predare anche piccoli vertebrati. Cinque generi in Italia colonizzanti principalmente acque stagnanti o a bassa correnti (Campaoli et al, 1994)

3.4.5.2.2.2 Famiglia Libellulidae

È la famiglia dominante per numero di specie tra gli anisotteri italiani (undici generi) e colonizza principalmente acque ferme, spesso temporanee, grazie a cicli vitali univoltini (una sola generazione l'anno) (Campaoli et al, 1994).

3.4.5.3 Eterotteri

Gli eterotteri (o cimici) sono insetti eterometaboli con apparato boccale formato da un rostro succhiatore. Nell'adulto le ali anteriori sono trasformate in emielitre. Non sono rari, tra gli eterotteri acquatici, i casi in cui le ali sono totalmente assenti (forme attere), ed inoltre lo sviluppo delle ali può essere diverso anche all'interno della stessa specie (polimorfismo alare).

Anche in questo caso, la forma adulta è raggiunta attraverso mute intermedie (solitamente cinque) attraversando stadi piuttosto simili alla forma immaginale. Il regime alimentare è piuttosto vario, normalmente gli eterotteri acquatici sono predatori (es. famiglia Notonectidae) ma ci sono anche famiglie i cui gli individui sono invece fitofagi (es. Hebridae).

Gli eterotteri acquatici si possono suddividere in due grandi raggruppamenti, i Gerromorfi e i Nepomorfi. I Gerromorfi (o cimici semiacquatiche) sono dotati di una particolare frangia di peli idrofughi nella parte terminale delle zampe che consente loro di pattinare sull'acqua ma non sono in grado di immergersi. I nepomorfi invece sono eterotteri che sono completamente adattati alla vita acquatica, hanno zampe anteriori solitamente robuste di cui si servono per catturare le prede, e zampe posteriori con frange di peli che utilizzano per il nuoto.

Gli eterotteri si possono trovare in qualsiasi ambiente acquatico ma principalmente in quelli a lento scorrimento, stagni, paludi e fossi (Campaioli et al, 1994). In condizioni di diminuzione della quantità di acqua, di un aumento di popolazione o di inquinamento, alcuni eterotteri, soprattutto quelli appartenenti alla famiglia dei Corixidae, sono in grado di compiere migrazioni. Un aumento di temperatura può portare ad un corrispettivo aumento del metabolismo e quindi spingere gli esemplari a spostarsi verso corpi d'acqua che presentano migliori condizioni ambientali (Tamanini, 1979)

3.4.5.3.1 Famiglia Hebridae

Sono eterotteri molto piccoli, che vivono ai margini delle paludi, dove siano presenti strisce di sabbia o di terreno (Tamanini, 1979), presenti con il solo genere *Hebrus* e che si possono rinvenire facilmente anche presso paludi o piccole raccolte d'acqua. Sono in grado di vivere sia sulla terraferma che in acqua e si cibano preferenzialmente di sfagni (Campaioli et al, 1994).

3.4.5.3.2 Famiglia Mesovelidae

In Italia sono presenti con il solo genere *Mesovelis* e sono eterotteri di piccole dimensioni in grado di muoversi rapidamente sull'acqua. Predano ditteri e altri insetti (Campaioli et al, 1994). Si trovano principalmente in specchi d'acqua tranquilli ricchi di vegetazione (Tamanini, 1979)

3.4.5.3.3 Famiglia Corixidae

Sono eterotteri dal corpo appiattito e allungato, i tarsi delle zampe anteriori sono costituiti da robuste pale utilizzate per la raccolta del nutrimento. La maggior parte dei Corixidae italiani presenta sulle emielitre una livrea nerastra ricoperta da fitte striature. Si rinvenno in ambienti diversi, anche effimeri ed evitano solo corsi d'acqua a veloce scorrimento. In Italia sono presenti otto generi di cui *Cymatia*, *Corixa*, *Hesperocorixa* e *Sigara* sono rinvenibili in stagni o paludi anche salmastre. (Campaioli et al, 1994).

3.4.5.3.4 Famiglia Pleidae

In Italia è presente una sola specie appartenente al genere *Plea*. Si presenta con un corpo piccolo e convesso, il terzo di paio di zampe viene utilizzato per il nuoto, che avviene con il ventre rivolto verso l'altro. Si può trovare in acque ferme e limpide, ricche di vegetazione, dove si nutre di piccoli crostacei cladoceri (Campaioli et al, 1994).

3.4.5.3.5 Famiglia Notonectidae

Sono eterotteri molto robusti con il corpo affusolato. Come nel genere *Plea*, anche questi eterotteri sfruttano le lunghe zampe posteriori per la propulsione in acqua e nuotano a ventre all'insù. Sono anche buoni volatori e si nutrono di insetti, crostacei, avannotti e girini. Due generi presenti in Italia, *Notonecta* e *Anisops* (Campaioli et al, 1994).

3.4.5.3.6 Famiglia Naucoridae

Sono eterotteri caratteristici, con corpo ovale e schiacciato. Due generi presenti in Italia di cui *Naucoris* presenta le tibie anteriori arcuate per afferrare prede in movimento (Campaioli et al, 1994).

3.4.5.4 Ditteri

I ditteri sono insetti olometaboli diffusi in tutto il mondo e sono in grado di colonizzare qualsiasi tipo di ambiente, ad eccezione delle distese oceaniche. In particolare i ditteri acquatici si possono rinvenire in acque dolci correnti o ferme, in acque salmastre e marine e in qualsiasi raccolta d'acqua temporanea. Gli adulti di quest'ordine conducono vita aerea ma, per molte famiglie, lo sviluppo degli stadi preimmaginali è legato parzialmente o totalmente all'ambiente acquatico. Gli adulti, a differenza degli altri insetti, presentano solo un paio d'ali anteriori, mentre quelle posteriori sono trasformate in bilancieri per stabilizzare il volo.

La deposizione delle uova avviene direttamente sul substrato sommerso oppure vengono lasciate cadere in acqua dagli adulti in volo. Tutte le larve di quest'ordine sono prive di zampe articolate ma possono comunque presentare pseudopodi, che spesso per la loro

morfologia e posizione rappresentano una caratteristica diagnostica ai fini della determinazione. Le forme larvali possono essere molto diverse tra loro a seconda della famiglia, ad esempio possono presentare un capo distinto dal torace (es. Chironomidae) oppure no (es. Tipulidae) od essere subcilindriche o appiattite.

Le larve sono estremamente differenziate anche per le modalità di alimentazione (raschiatrici, trituratrici, filtratrici), appartengono a tutti i ruoli trofici (erbivori, detritivori e carnivori) e si possono rinvenire nella colonna d'acqua, nei sedimenti o tra la vegetazione.

L'accrescimento larvale in genere avviene in quattro stadi seguito dallo stadio di pupa, che può essere mobile oppure immobile a seconda della famiglia. Le pupe mature compiono la metamorfosi o in acqua o nelle immediate vicinanze di essa. (Campaioli et al, 1994). Le larve delle specie che respirano direttamente l'ossigeno atmosferico sono in grado di sopravvivere anche in corpi d'acqua fortemente soggetti ad inquinamento organico, come ad esempio i Chironomidae (Rivosecchi, 1984).

Solitamente i ditteri non sono considerati buoni indicatori della qualità ambientale (Campaioli et al, 1994).

3.4.2.4.1 Famiglia Chaoboridae

Larva dalla forma caratteristica di medie dimensioni (9-14 mm) dotata di antenne raptatorie e di segmenti toracici fusi tra loro. Si rinvencono principalmente in ambienti lentici. In Italia presente il solo genere *Chaoborus* (Campaioli et al, 1994).

3.4.5.4.2 Famiglia Culicidae

Larve di piccole dimensioni con capo molto grande e possono presentare un sifone respiratorio a livello dei segmenti posteriori. Le femmine adulte sono ematofaghe (ad esempio le classiche zanzare). Tipicamente si rinvencono in ambienti lentici e raramente in zone a lento scorrimento. (Campaioli et al, 1994).

3.4.5.4.3 Famiglia Chironomidae

Le larve sono di dimensioni variabili (dai 3 ai 30 mm), presentano una caspula cefalica ben distinta dal resto del corpo e tipicamente presentano pseudopodi sia anteriori che posteriori. L'alimentazione è costituita per la maggior parte delle specie da alghe raschiate dai substrati. I Chironomidae sono la più vasta famiglia di ditteri e, data la grande differenziazione delle esigenze ecologiche delle specie, sono spesso utilizzati come indicatori biologici di inquinamento. Alcune specie sono particolarmente resistenti e proliferano anche in condizioni anossiche. (Campaioli et al, 1994).

3.4.5.4.4 Famiglia Ceratopogonidae

Famiglia morfologicamente molto eterogenea, si presenta in quattro forme principali. I certaopogonidi "genuini" tipicamente presentano capo ipognato ben distinto dal torace ed è possibile rinvenirli in stagni, marcite ed acque debolmente correnti. I certopogonidi "intermedi" invece presentano capo prognato mentre quelli "vermiformi" hanno larve eucefale con capo prognato molto piccolo e l'aspetto generale filiforme, rinvenibili principalmente in stagni e paludi. L'ultima tipologia, i "musciformi", hanno larve acefale con corpo sottile e si ritrovano anch'esse in corpi d'acqua stagnanti o debolmente correnti. . (Campaioli et al, 1994).

3.4.5.4.5 Famiglia Limonidae

Le larve sono di piccole dimensioni e solitamente di colore giallo pallido, in generale capo completo piccolo e molto allungato anche se la morfologia è piuttosto variabile. Si rinvencono principalmente nei sedimenti umidi sommersi di stagni e paludi dove si nutrono di alghe detrito o di altri animali. . (Campaioli et al, 1994).

3.4.5.4.6 Famiglia Tabanidae

Larve di media grandezza (10-20 mm) di forma affusolata, emicefale. Tegumento membranoso e con caratteristiche strie longitudinale. Gli adulti sono ematofagi. Lo sviluppo larvale solitamente avviene per la prima parte in acqua e successivamente in

terreni umidi (larve semiacquatiche), per cui è possibile rinvenirle in prossimità delle rive di qualsiasi raccolta d'acqua (Campaioli et al, 1994).). La famiglia è legata principalmente a zone forestali umide con pozze temporanee e pinete costiere (Rivosecchi, 1984).

3.4.5.4.7 Famiglia Stratiomyidae

La famiglia presenta larve di medie dimensioni (10-15 mm), appiattite dorsoventralmente. La capsula cefalica è ben evidente, il tegumento è molto ispessito e fortemente sclerificato mentre sono assenti i pseudopodi. Le larve sono filtratrici e microfaghe. La maggior parte delle specie ha larve terrestri che si sviluppano in terreni umidi oppure in liquidi organici nei cavi degli alberi, raramente si hanno forme acquatiche o semiacquatiche. Gli adulti hanno aspetto muscifforme (Campaioli et al, 1994). Viene considerata una famiglia piuttosto resistente all'inquinamento (Rivosecchi, 1984).

3.4.5.4.8 Famiglia Sciomyzidae

Le larve sono di piccole dimensioni (2-7 mm) e fusiformi, il capo è indistinto dal resto del corpo il quale presenta un tegumento membranoso cosparso di pieghe cutanee. Le larve sono predatrici oppure parassite di molluschi terrestri o acquatici, per cui è frequente trovarle in associazione con essi in acque prevalentemente ferme (Campaioli et al, 1994).

3.4.5.4.9 Famiglia Ephydriidae

Le larve di questa famiglia sono di piccole o medie dimensioni (6-13 mm), fusiformi e con capo indistinto dal resto del corpo. Sono evidenti gli pseudopodi sull'addome e l'ultimo urite allungato a formare un sifone dotato di due tronchi tracheali. L'aspetto delle pupe è caratteristico in quanto dotate di un incavo che gli consente di rimanere agganciate alla vegetazione. La famiglia comprende larve sia terrestri che acquatiche, queste ultime rinvenibili principalmente all'interno di piante acquatiche in raccolte d'acqua ferme, anche salmastre o cloacali (Campaioli et al, 1994).

3.4.5.4.10 Famiglia Muscidae

Le larve sono di medie dimensioni (8-17 mm) con capsula cefalica incompleta e capo indistinguibile ma con uncini mandibolari ben sviluppati. Il genere *Lispe* è facilmente rinvenibile in stagni o acque ferme di paludi, dove si nutre attivamente, sia allo stadio larvale che di adulto, di invertebrati come Culicidae e Chironomidae (Campaioli et al, 1994).

3.4.5.4 Coleotteri

I coleotteri costituiscono l'ordine animale con il maggior numero di specie. Sono insetti olometaboli, con tegumenti fortemente sclerificati negli adulti. La caratteristica comune per tutte le specie di quest'ordine è la trasformazione del primo paio d'ali in elitre che ricoprono il secondo paio d'ali. Si possono trovare diverse forme d'adattamento alla vita acquatica. Le larve, diverse dagli adulti per struttura come in tutti gli insetti olometaboli, sono genericamente subcilindriche con capo ben sviluppato, con tre paia di zampe dotate di quattro o cinque articoli. Le larve solitamente respirano l'ossigeno disciolto in acqua, mentre gli adulti sono in grado trattenere bolle d'aria, ad esempio, sotto le elitre. L'apparato boccale è di tipo masticatorio e può essere modificato a seconda del regime alimentare che è diverso per ogni famiglia. L'impupamento dei coleotteri acquatici avviene comunque al di fuori dell'acqua, anche se spesso vicina ad essa o in ambiente molto umidi. I coleotteri colonizzano tutti gli ambienti acquatici sia lotici che lentici, anche salmastri o ipersalati. (Campaioli et al, 1994).

3.4.5.4.1 Famiglia Haliplidae

Le larve acquatiche hanno forma allungata con capo globoso munito di mandibole corte e robuste. Il corpo costituito da 9-10 segmenti è solitamente cosparso di lunghi filamenti e raramente si presenta nudo. Gli adulti sono ottimi nuotatori, di forma ovale globosa con capo ben sporgente dal torace. Sia larve che adulti si nutrono di alghe filamentose presenti in stagni e paludi con acqua limpida. (Campaioli et al, 1994).

3.4.5.4.2 Famiglia Dytiscidae

Sono coleotteri di dimensioni variabili (da 1 a 50 mm). Le larve presentano un capo spesso appiattito con mandibole assai sviluppate e zampe formate da cinque segmenti munite di due unghie terminali. Gli adulti sono estremamente adattati alla vita acquatica, con zampe posteriori modificate a funzione natatoria, capo profondamente infossato nel torace e corpo idrodinamico. Sia larve che adulti sono voraci predatori ed è possibile rinvenirli in svariati tipi di ambiente, anche se prediligono acque stagnanti sia dolci che salmastre con abbondante vegetazione. (Campaioli et al, 1994).

3.4.5.4.3 Famiglia Hydrophilidae

Le larve possono presentarsi di aspetto vario, con capo solitamente appiattito e mandibole robuste. Gli adulti sono di dimensioni variabili (tra 1 e 50 mm) con capo globoso spesso infossato nel torace. Gli adulti sono onnivori ma principalmente litofagi, mentre le larve sono carnivore. Gli Hydrophilidae colonizzano perlopiù acque dolci stagnanti anche se non mancano gli adattamenti ad ambienti salmastri, comunque abbondanti in habitat ricchi di vegetazione. (Campaioli et al, 1994).

4 MATERIALI E METODI

4.1 Punti di campionamento

Per ognuno dei siti indagati sono stati individuati un numero di punti di campionamento idonei a perseguire gli scopi della trattazione e rappresentativi dell'ambiente naturale considerato, compatibilmente con i tempi e le risorse a disposizione. Tutti i punti sono stati individuati in prossimità di canneti di cannuccia di palude (*Phragmites australis*) ad eccezione dello stagno in pineta dove la specie non è presente, in modo da mantenere le condizioni al contorno (habitat) le più omogenee possibili e permettere così un confronto più solido dei dati. Per Valle Mandriole sono stati definiti quattro punti di campionamento, due nella zona nord (VM1, VM2, Fig.8) e due nella zona sud (VM3, VM4), in modo tale da poter confrontare i due siti prima e dopo il prosciugamento estivo della zona meridionale, considerando quindi la zona nord come sito di controllo.

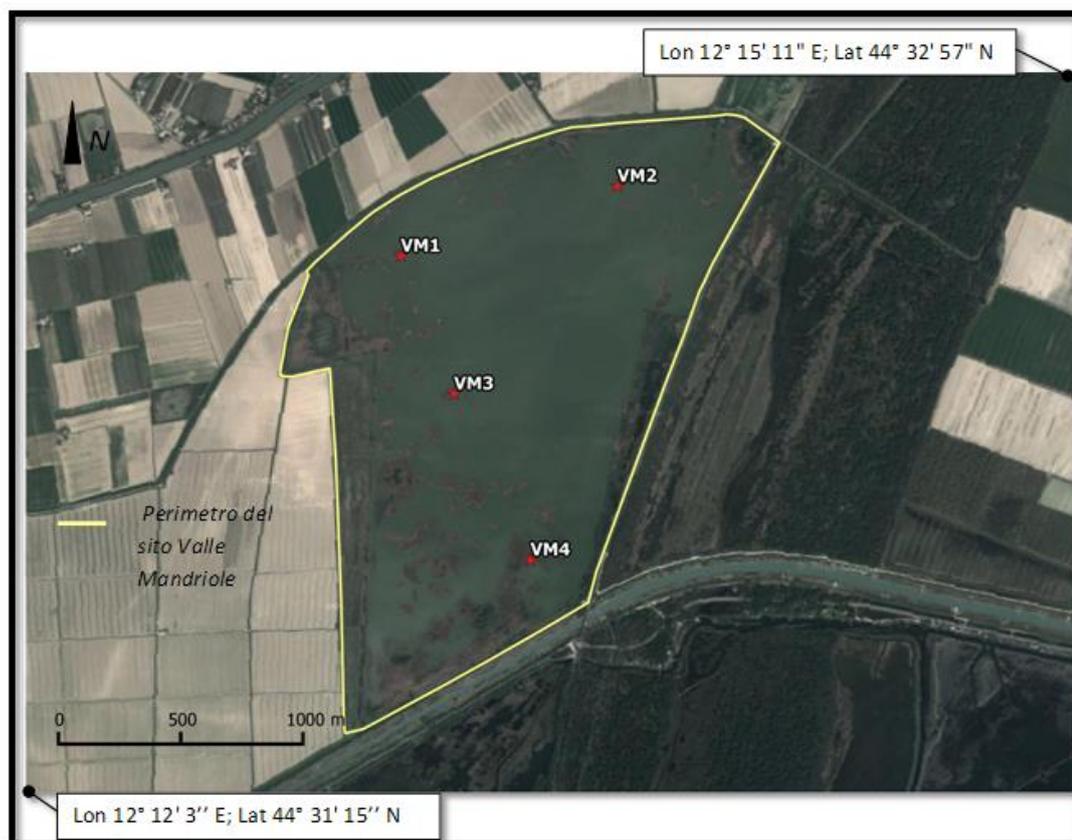


Figura 8. *Punti di campionamento in Valle Mandriole*

Su Punte Alberete sono stati definite due coppie di punti di campionamento in due chiari, uno a sud (PS1, PS2, Fig. 9) e l'altro a nord del biotopo (PN1, PN2), entrambi considerati siti di controllo ai fini della valutazione dell'impatto del prosciugamento estivo di Valle Mandriole. Nei siti di controllo considerati è mantenuto sempre un certo livello idrico, seppur minimo durante i periodi estivi.

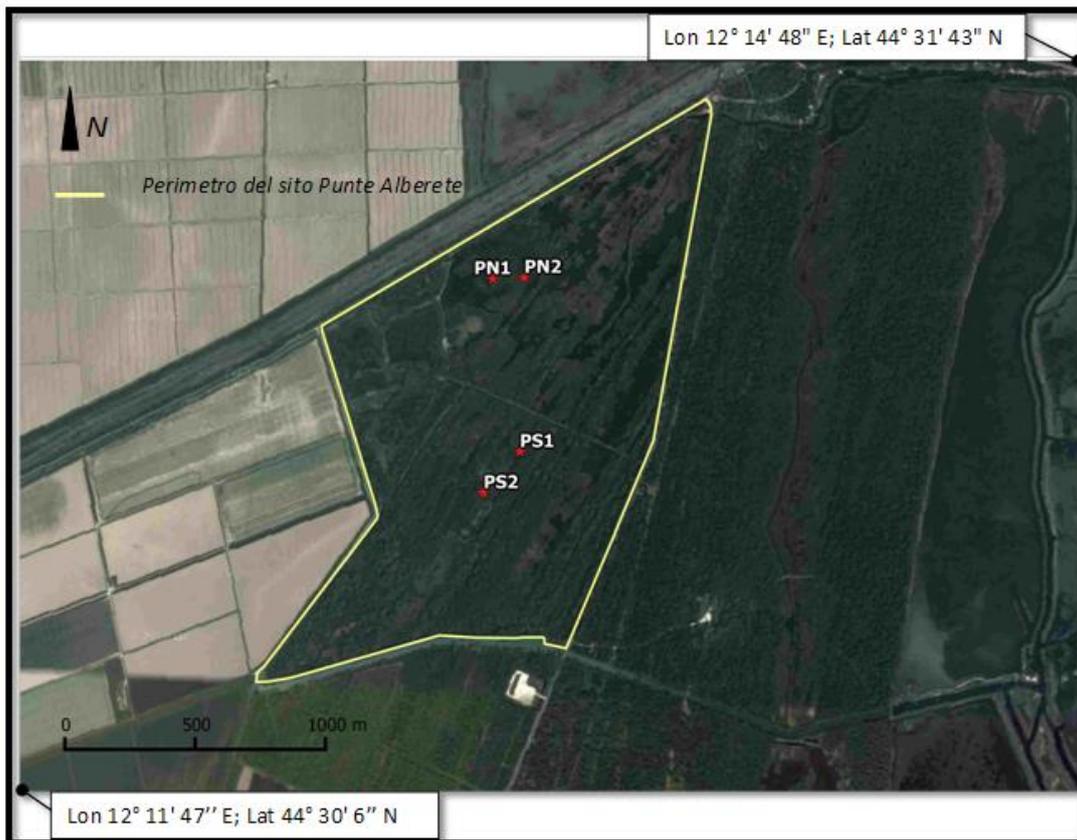


Figura 9. *Punti di campionamento a Punte Alberete*

Per lo stagno presente in Pineta San Vitale sono stati definiti due punti di campionamento (PI1, PI2, Fig. 10). I punti, essendo assente la cannuccia di palude, sono stati individuati nei pressi di canneti di tifa (*Typha latifolia*). Al fine di rendere più solida l'analisi statistica di valutazione di impatto, lo stagno è stato inserito come sito di controllo nonostante presenti caratteristiche ambientali che si differenziano in parte da quelle di Punte Alberete e Valle Mandriole, come ad esempio acque più saline e fitocenosi diverse. Tale scelta, inoltre, è stata giustificata dal fatto che, più in generale, la limitata presenza di zone umide

limitrofe al sito impattato riduce notevolmente la possibilità di selezionare siti di controllo ideali, ovvero con caratteristiche ambientali del tutto simili al sito impattato.

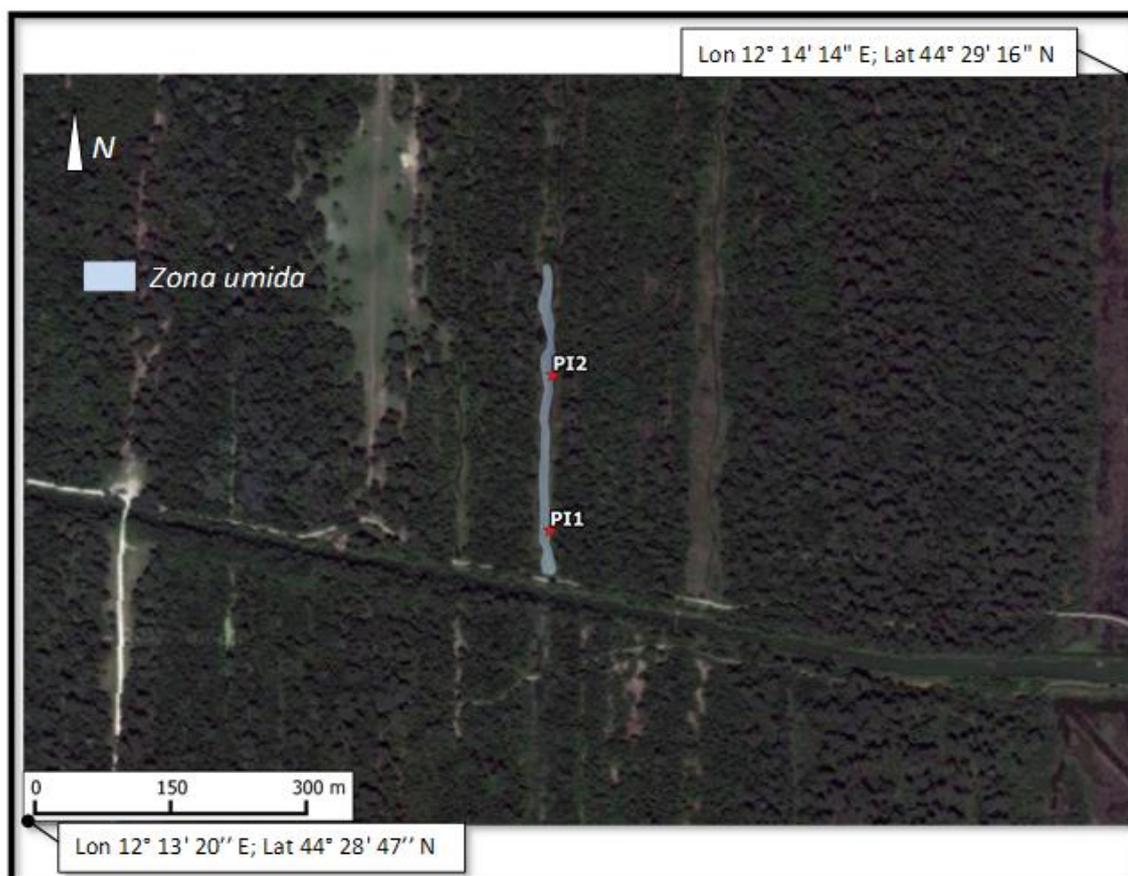


Figura 10. *Punti di campionamento in Pineta San Vitale*

Tutti e dieci i punti sono stati campionati due volte prima del periodo estivo, a maggio e a giugno, e due volte dopo, nei mesi di ottobre e novembre. Per accedere alle aree naturali è stata utilizzata una barca a remi con la quale è stato possibile raggiungere i vari siti campionati.

4.2 Campionamento e analisi del macrobenthos

Il campionamento del macrobenthos è stato di tipo semiquantitativo ed è stato eseguito separatamente sul sedimento e sulla vegetazione, in modo da ottenere un quadro più rappresentativo delle comunità oggetto di studio. Per quanto riguarda il sedimento, è stata prelevata una singola bennata per ogni punto utilizzando una benna tipo Ponar con apertura

155x175 mm (0.027 m²). Sulle canne invece si è utilizzato un retino immanicato con apertura 210x210 mm e maglie da 0,5 mm. Il campionamento col retino è stato eseguito per una durata di due minuti in ogni punto, raschiando la superficie immersa degli steli delle canne dalla porzione basale verso l'alto. Entrambe i tipi di campioni, appena raccolti, sono stati setacciati sul posto con un retino conico con maglie da 0,5 mm e poi immediatamente riposti in barattoli di plastica e fissati con formaldeide al 10% per conservare gli animali raccolti. In laboratorio i campioni sono poi stati sciacquati sotto cappa su un setaccio con maglie da 0.5 mm per eliminare la formaldeide e tutto il materiale minuto (sedimento, detrito vegetale). I campioni così ripuliti sono stati trattati con colorante rosa bengala per facilitare l'operazione di sorting e successivamente analizzati allo stereomicroscopio. La determinazione degli animali trovati è stata fatta con il supporto di chiavi dicotomiche proposte dai manuali Atlante per il riconoscimento dei macroinvertebrati dei corsi d'acqua (Provincia Autonoma di Trento, 1988), Introduzione allo studio dei macroinvertebrati di acqua dolce (Tachet et al, 2004) e Manuale per il riconoscimento dei macroinvertebrati delle acque dolci italiane (Campaioli et al, 1994). Gli organismi sono stati determinati al livello tassonomico di famiglia, ad eccezione degli oligocheti che sono stati riconosciuti solo a livello di classe. Gli organismi rinvenuti sono stati poi conservati in alcool etilico all'80% in provette Eppendorf. Sono stati raccolti 40 campioni di sedimento e 40 campioni sulla vegetazione per un totale di 80 campioni.

4.3 Campionamento e analisi dell'acqua

Il campionamento dell'acqua è stato effettuato su ogni punto prelevandone una bottiglia da 2 litri, avendo particolarmente cura che non rimanesse aria all'interno. Le bottiglie sono state conservate in frigo portatili in modo da mantenere la temperatura dell'acqua e limitare il più possibile l'esposizione alla luce, entrambi fattori che possono favorire reazioni chimiche. In laboratorio, entro 24 ore dal campionamento, sono state effettuate le analisi chimiche con uno spettrofotometro Hach modello DREL/2010 per determinare le concentrazioni di solfati (SO₄²⁻), nitrati (NO₃⁻), nitriti (NO₂⁻), azoto ammoniacale (NH₄⁺) e fosfati (PO₄³⁻). Prima di essere analizzati allo spettrofotometro, i campioni sono stati filtrati utilizzando un filtro di cellulosa da 0.45 µm per eliminare il particolato sospeso in acqua che poteva compromettere la lettura dello strumento.

Oltre alle analisi chimiche, sono stati analizzati anche i solidi sospesi filtrando un volume noto di campione utilizzando dei filtri Whatman in microfibra di vetro tipo GF/F preventivamente essiccati in stufa e pesati. Successivamente il filtro è stato nuovamente essiccato a 105°C per eliminare l'acqua per una durata di 3 ore, sufficiente per portare i filtri a peso costante e pesato quindi nuovamente per determinare la quantità in peso dei solidi presenti. I filtri sono poi stati messi in muffola a 500°C per 4 ore e pesati con lo scopo di determinare la parte volatile dei solidi presenti.

In campo è stata utilizzata una sonda multiparametrica PCD 650 per misurare temperatura, conduttività, pH ed eH sia in superficie sia sul fondo, ed una sonda OX22 Aqualytic per misurare l'ossigeno disciolto e la pressione atmosferica. Sono stati inoltre misurate la profondità con un'asta graduata e l'alcalinità mediante un kit Aquamerck 1.11109. Anche le misure sul campo sono state effettuate per ogni punto di campionamento

4.4 Analisi statistiche

Le analisi statistiche sono state effettuate separatamente per i campioni di sedimento, per quelli raccolti sulla vegetazione e per i dati sulle acque, tutte utilizzando lo stesso disegno di campionamento ed utilizzando il software PRIMER.

4.4.1 Disegno di campionamento

Il disegno di campionamento utilizzato è stato progettato in base all'esigenza di verificare la presenza del potenziale impatto ambientale associato al prosciugamento della zona meridionale di Valle Mandriole. Usualmente l'espressione impatto ambientale ha una connotazione negativa e indica un danno agli ecosistemi. Nel caso di questo studio però sono possibili sia effetti negativi che effetti positivi. I dati sono stati analizzati con un disegno di tipo Beyond-BACI (Underwood 1992, 1994), secondo le indicazioni fornite da Anderson et al. (2008) per l'analisi dei disegni asimmetrici. Il metodo prevede di confrontare il sito impattato (Valle Mandriole sud) con più siti di controllo, prima e dopo la messa in secca estiva. Un semplice confronto di come variano le caratteristiche del sito potenzialmente impattato tra prima e dopo un evento non è infatti sufficiente a spiegare se la variazione osservata è effettivamente causata dall'evento stesso o semplicemente ad

oscillazioni naturali di carattere stagionale, che sono particolarmente riscontrabili quando si lavora con presenza e abbondanza di organismi (variazioni legate al ciclo vitale). I siti di controllo (non influenzati dall'evento considerato) hanno lo scopo di monitorare le variazioni naturali nelle comunità. Infatti, se si riscontrano variazioni significative di abbondanza tra prima e dopo l'evento sul sito impattato, ma queste sono paragonabili a quelle presenti nei siti di controllo, non è possibile affermare che sia avvenuto un impatto, e viceversa. In totale sono stati individuati quattro siti di controllo identificati come Valle Mandriole nord (VMN), Punte Alberete nord (PN), Punte Alberete sud (PS) e lo stagno della pineta (PI), e un sito impattato Valle Mandriole sud (VMS). Su ciascuno dei cinque siti è stata identificata una coppia di punti sulla quale sono stati eseguiti i campionamenti. L'evento potenzialmente impattante è rappresentato dal prosciugamento estivo della zona meridionale di Valle Mandriole e quindi i campionamenti sono stati svolti in ciascuno dei due momenti, prima e dopo il periodo estivo. Per ciascun periodo sono stati eseguiti due campionamenti in date differenti come replica temporale all'interno del periodo: un campionamento a maggio ed uno a giugno rappresentativi del periodo pre-prosciugamento; uno ad ottobre ed uno a novembre rappresentativi del periodo post-prosciugamento.

Il disegno così strutturato conta cinque fattori:

- *ImpattovsControllo*
- *Sito*
- *Periodo*
- *Punto*
- *Data*

4.4.1.1 Impatto vs controllo

Si tratta di un fattore che comprende due livelli, uno che racchiude il solo sito impattato (VMS) ed uno che racchiude tutti i siti di controllo. Questo tipo di fattore è considerato fisso, in quanto sono stati osservati tutti i livelli possibili o comunque rilevanti per il problema in esame.

Livelli:

- *impatto*
- *controllo*

4.4.1.2 Sito

Il fattore comprende cinque livelli rappresentati dai cinque siti sopra individuati. Si tratta di un fattore random, in quanto, almeno ipoteticamente, sono possibili e rilevanti altri livelli, cioè altri siti, in particolare altri siti di controllo, ma ne sono stati scelti solo alcuni. Il numero di livelli effettivamente considerati, non è fissato dal problema in esame, ma viene scelto in base a considerazioni sullo sforzo richiesto. In altre parole i siti effettivamente studiati rappresentano un campione casuale di un insieme più grande.

Ciascuno dei livelli del fattore sito è riferito ad un solo livello del fattore impatto vs controllo, cioè il fattore sito si dice “nested” nel fattore impatto vs controllo, formalmente scritto come Sito(impatto vs controllo).). In altre parole: ciascun sito può essere solo di impatto o di controllo:

Livelli:

- *VMS, impatto*
- *VMN, controllo*
- *PN, controllo*
- *PS, controllo*
- *PI, controllo*

4.4.1.3 Periodo

Il fattore periodo presenta due livelli, riferiti al prosciugamento della porzione meridionale di Valle Mandriole:

- *prima*
- *dopo*

Il fattore è fisso ed ortogonale al fattore impatto vs controllo; questo significa che ciascun livello del fattore impatto vs controllo è presente in ciascun livello del fattore periodo. Ad

esempio, il livello CONTROLLO è presente sia PRIMA che DOPO l'evento di prosciugamento.

4.4.1.4 Punto di campionamento

Il fattore punto è presente con dieci livelli:

VM1 VM2 VM3 VM4 PN1 PN2 PS1 PS2 P11 P12

ciascuno corrispondente ai punti di campionamento individuati. Il fattore è random ed è nested nel fattore sito, ovvero Punto(Sito(impatto vs controllo)).

4.4.1.5 Data

Il fattore Data è presente con quattro livelli corrispondenti alle quattro date di campionamento:

- *A, maggio 2013*
- *B, giugno 2013*
- *C, ottobre 2013*
- *D, novembre 2013*

Il fattore è random ed è nested nel periodo (Data(Periodo)).

Il disegno di campionamento è stato riassunto in Tab. 2.

Tabella 2. Schematizzazione del disegno di campionamento di tipo *Beyond-BACI* adottato con indicazione dei codici utilizzati per indicare i singoli campioni.

<i>Impatto vs Controllo</i>	<i>Sito</i>	<i>Punto</i>	<i>Prima</i>		<i>Dopo</i>	
			<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
<i>Impatto</i>	<i>VMS</i>	<i>VM3</i>	<i>VM3A</i>	<i>VM3B</i>	<i>VM3C</i>	<i>VM3D</i>
		<i>VM4</i>	<i>VM4A</i>	<i>VM4B</i>	<i>VM4C</i>	<i>VM4D</i>
<i>Controllo</i>	<i>VMN</i>	<i>VM1</i>	<i>VM1A</i>	<i>VM1B</i>	<i>VM1C</i>	<i>VM1D</i>
		<i>VM2</i>	<i>VM2A</i>	<i>VM2B</i>	<i>VM2C</i>	<i>VM2D</i>
	<i>PN</i>	<i>PN1</i>	<i>PN1A</i>	<i>PN1B</i>	<i>PN1C</i>	<i>PN1D</i>
		<i>PN2</i>	<i>PN2A</i>	<i>PN2B</i>	<i>PN2C</i>	<i>PN2D</i>
	<i>PS</i>	<i>PS1</i>	<i>PS1A</i>	<i>PS1B</i>	<i>PS1C</i>	<i>PS1D</i>
		<i>PS2</i>	<i>PS2A</i>	<i>PS2B</i>	<i>PS2C</i>	<i>PS2D</i>
	<i>PI</i>	<i>PI1</i>	<i>PI1A</i>	<i>PI1B</i>	<i>PI1C</i>	<i>PI1D</i>
		<i>PI2</i>	<i>PI2A</i>	<i>PI2B</i>	<i>PI2C</i>	<i>PI2D</i>

Occorre sottolineare che, per ragioni di tempo e di mole di lavoro prevista, non sono state effettuate repliche del campione sullo stesso punto per una stessa data, ovvero è stato prelevato un solo campione per tipo (benthos sulle canne, benthos sul sedimento ed acqua) per ogni data su ogni punto. Le differenze nel set di dati si possono riscontrare a vari livelli, dal punto di vista temporale tra le date, o più in generale tra i due periodi, oppure dal punto di vista spaziale tra i vari punti o tra i vari siti. La valutazione dell'impatto non si deve limitare però al solo confronto tra i livelli della stessa tipologia; ad esempio non è possibile identificare un impatto valutando singolarmente il solo fattore periodo, perché come già detto potrebbe essere del tutto normale che vi siano dei cambiamenti nelle comunità macrobentoniche con il cambiamento della stagione. Piuttosto, è necessario verificare se il sito ipoteticamente impattato presenta delle variazioni che si differenziano significativamente dalle variazioni nei siti di controllo. In altre parole occorre valutare la significatività delle interazioni tra i vari livelli per definire il possibile impatto. In particolare indicano la presenza di impatto le interazioni:

- impatto vs. controllo X periodo;
- impatto vs. controllo X data(periodo)

4.4.2 Analisi statistica multivariata

Per quanto riguarda i dati sul popolamento macrobentonico, ad ogni punto di campionamento è associata una quantità di variabili pari al numero di taxa trovati nella totalità dei campioni per ogni tipologia di campione, dunque un set di dati a più variabili. Analogamente, per quanto riguarda le acque, ad ogni punto di campionamento sono associate più variabili, ognuna rappresentata da una caratteristica chimica. Per verificare quindi la significatività delle differenze riscontrate tra i vari livelli, come test di statistica multivariata è stata applicata la PERMANOVA (Anderson et al. 2008).

La tipologia di test statistico scelto lavora sulla matrice di similarità calcolata sulle variabili tra i vari punti di campionamento. La prima fase è stata quella di costruire una matrice di dati per ognuna dei insiemi di dati (bentos della vegetazione, bentos del sedimento, chimica delle acque) comprendente tutti i punti di campionamento presi in tutte le date, in modo da ottenere la totalità dei dati in un'unica tabella. La matrice quindi conta quaranta casi (dieci punti di campionamento presi in quattro date) disposti in righe, e le variabili, in numero diverso a seconda del data set, disposte in colonne. Prima di costruire la matrice di similarità, è stato necessario trattare preliminarmente le variabili in modo da ottenere dei set di dati più idonei ad essere poi successivamente interpretati. Per i campioni di bentos si è osservato che alcuni taxa, come gli oligocheti, erano presenti in numero molto maggiore rispetto agli altri, anche di uno o due ordini di grandezza, per cui ad ogni variabile è stata applicata la radice quadrata per compattare il più possibile il range di variazione dei dati e ridurre il peso dei taxa più abbondanti rispetto a quelli considerati più rari, presenti con pochissimi individui. L'utilità di questo trattamento si riscontra in fase di calcolo della matrice delle distanze, in quanto abbondanze molto elevate di un singolo taxa possono rendere meno influente il contributo delle specie più rare, rischiando di andare a definire la differenza tra i punti solo sulla base del singolo taxa più abbondante (Clarke et al., 2001). Per la matrice dei dati sull'acqua è stato sufficiente applicare una standardizzazione in modo da rendere confrontabili variabili con diversa unità di misura. La matrice di similarità, o delle distanze, calcolata a partire dalla matrice dati, mette in relazione i diversi punti di campionamento tra loro e valuta a coppie quanto essi siano simili (o distanti) sulla base delle variabili considerate.

Per i set di dati sul benthos, è stata utilizzata la dissimilarità di Bray-Curtis:

$$d_{12} = \frac{\sum_{i=1}^p |y_{i1} - y_{i2}|}{\sum_{i=1}^p (y_{i1} + y_{i2})}$$

La similarità è calcolata come 1 meno la dissimilarità di Bray-Curtis:

$$S_{12} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^p |y_{i1} - y_{i2}|}{\sum_{i=1}^p (y_{i1} + y_{i2})}$$

dove y_{i1} è il valore della variabile i -esima (abbondanza di oligocheti, ad esempio) per il campione 1. Il valore raggiunge il valore minimo 0 se i due punti sono totalmente differenti tra loro, ovvero se non hanno nessuna variabile con un valore diverso da zero in comune (ad esempio, se in VM3 si sono trovati solo oligocheti, mentre in VM2 solo Chironomidae). Viceversa se tutte le variabili sono presenti nei due punti con lo stesso valore in un punto e nell'altro la similarità raggiungerà il valore massimo. Dalla formula è evidente come i taxa più abbondanti influiscano molto sul valore della similarità.

Per i dati sulle acque è stata invece utilizzata la distanza euclidea.

La matrice di similarità viene fatta confrontando a coppie ciascun punto ed avrà sulle righe e sulle colonne i quaranta punti della matrice originale

Successivamente alla costruzione della matrice di similarità è stato applicato il test statistico PERMANOVA (Anderson et al, 2008) sui tre set di dati sulla base del disegno di campionamento definito precedentemente.

Occorre stabilire se le differenze che si osservano nel set di dati sono dovute alla sola variabilità casuale oppure anche dall'influenza dei fattori che sono stati ipotizzati nel disegno di campionamento. In un caso univariato classico, per confrontare i campioni l'idea è quella di considerare le singole osservazioni che compongono il set di dati come distanza da un valore centrale che è rappresentato dalla media dei valori di tutto il set di dati (ANOVA). Lo scarto dell'osservazione dal valore medio generale è formato dal contributo della variabilità casuale (o residua) sempre presente, sommato al contributo dei vari fattori considerati. Con un solo fattore A con a livelli, ad esempio, ogni osservazione

del set di dati x_{ij} è esprimibile come lo scostamento da una media generale μ dovuto all'effetto del livello i -esimo fattore A e alla variabilità residua ε :

$$x_{ij} = \bar{x} + A_i + \varepsilon_{ij}$$

Sulla base di questo concetto è possibile scomporre la distanza della singola osservazione dalla media generale come la distanza della singola osservazione dalla media delle osservazioni fatta sul livello i -esimo del fattore A sommata alla distanza della stessa media dalla media generale di tutte le osservazioni:

$$X_{ij} - \bar{X}_{..} = (X_{ij} - \bar{X}_{i.}) + (\bar{X}_{i.} - \bar{X}_{..})$$

I quadrati di queste distanze sommati tra loro definiscono la somma dei quadrati totali (SS o devianza totale).

$$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_{..})^2 = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_{i.})^2 + \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n (\bar{X}_{i.} - \bar{X}_{..})^2$$

Lo scopo è partizionare la variabilità del sistema in modo da poter esprimere formalmente il contributo di ogni fattore ed essere in grado quindi di valutarne singolarmente gli effetti. La variabilità totale in questo caso è espressa dalla somma della variabilità delle osservazioni all'interno del fattore A sommata alla variabilità delle medie di ogni livello del fattore A rispetto alla media totale. Una volta effettuata la partizione, il test mira a verificare l'ipotesi nulla, ovvero che non vi siano differenze alcune tra i vari livelli dei fattori, e che le differenze osservate (in termini di medie della variabile tra i vari livelli) siano imputabili solamente alla variabilità residua. Ogni somma di quadrati divisa per i gradi di libertà fornisce un'indicazione di quella che è la varianza delle osservazioni, ovvero una media dei quadrati delle distanze (MS). La significatività del contributo dei vari fattori alla variabilità del sistema è calcolata con la statistica F, che rappresenta il rapporto tra la media dei quadrati che si vuole identificare come significativa (tra livelli del

fattore), rispetto alla media dei quadrati residua. Più il rapporto è elevato e più significa che il fattore introduce un effetto sui dati in grado di aumentare la loro variabilità rispetto a quella casuale (residua). La distribuzione della statistica F in condizioni di ipotesi nulla vera è nota ed è definita dai gradi di libertà del numeratore e del denominatore del rapporto. Il rapporto F calcolato deve quindi essere confrontato con il valore di F definito dal livello di significatività con cui si vuole valutare la statistica. Il valore della significatività è un valore di probabilità scelto a priori (solitamente il 5%) e determina univocamente il valore numerico di F di riferimento per una determinata distribuzione. L'ipotesi nulla non viene accettata in caso in cui il valore del rapporto risulti superiore al valore limite di F, in altre parole se esistono poche probabilità di trovare un valore superiore a F di riferimento in caso di ipotesi nulla vera. Ciò significa che l'ipotesi nulla viene rifiutata per tutti i valori che hanno una probabilità di essere osservati pari o inferiore al 5% in caso di ipotesi nulla vera. Concettualmente infatti, ogni fattore può influire sulla variabilità dei dati

Analogamente al caso univariato, nel caso multivariato l'idea di base è la stessa ma la distanza delle osservazioni è intesa come distanza euclidea da un centroide nello spazio multidimensionale. La distanza euclidea dei punti dal centroide totale è intesa come distanza tra le osservazioni e il centroide del gruppo più la distanza del centroide del gruppo dal centroide di tutti i dati.

In questo caso è possibile affermare che la somma dei quadrati delle distanze del singolo campione dal centroide generale è uguale alla somma dei quadrati delle distanze di ogni campione dal centroide del proprio gruppo più la somma dei quadrati delle distanze dei gruppi dal centroide generale. Spesso però non è semplice in ecologia definire la distanza dal centroide dei dati, per cui si utilizza il teorema di Huygens, che definisce la somma delle distanze al quadrato dei punti dal loro centroide pari alla somma delle distanze al quadrato calcolata tra ogni punto diviso il numero di punti.

Tale formulazione è valida nello spazio euclideo ed è possibile applicarla anche con altri tipi di distanze, come quella di Bray-Curtis, più indicata per la trattazione di dati ecologici.

Anche in questo caso si compie una partizione della somma dei quadrati partendo dalla matrice delle distanze. Si avrà che la somma dei quadrati totale SS sarà pari alla somma totale delle distanze d_{ij} al quadrato tra ciascun punto diviso il numero di punti:

$$SS_T = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N d^2_{ij}$$

Sulla base dello stesso concetto si ottengono le somme delle distanze al quadrato calcolate per ogni fattore definito dal disegno di campionamento e quella residua.

Una volta partizionata la varianza, anche per il test PERMANOVA si calcola il valore di statistica pseudo-F che vale, ad esempio per il caso ad un solo fattore:

$$F = \frac{SS_A / (a - 1)}{SS_{res} / (N - a)}$$

Dove a è il numero di livelli del fattore A e N il numero di campioni.

A differenza della statistica F, la statistica *pseudo-F* non ha una distribuzione nota in caso di ipotesi nulla vera, e per ottenerla si effettuano delle permutazioni sulla matrice dei dati. L'idea della permutazione è che se è vero che non c'è nessun effetto dei fattori (ipotesi nulla vera) allora ogni osservazione presente può essere associata a un qualsiasi altro livello di un qualsiasi fattore del disegno di campionamento, senza per questo modificare il risultato. Per ogni permutazione effettuata si calcola la statistica *pseudo-F*, chiamata *pseudo-F^π*, che ha una distribuzione di frequenza discreta e definita dal numero di permutazioni effettuate. Il valore della probabilità ottenuta da confrontare con il livello di significatività vale:

$$P = \frac{(\text{Numero di } F^\pi \geq F) + 1}{(\text{Numero totale di } F^\pi) + 1}$$

In questa trattazione è stata applicata una PERMANOVA utilizzando un livello di significatività del 5% con un totale di 9999 permutazioni sulla matrice dati.

4.4.3 Analisi grafica

A supporto dell'analisi multivariata dei dati, è stato effettuato anche un Non Metric *Multi Dimensional Scaling* (MDS). Si tratta di un metodo di ordinamento che, a partire dalle matrici delle distanze, fornisce una mappa su spazio bidimensionale o tridimensionale del data set di punti tramite degli algoritmi iterativi che ordinano i punti sul grafico in modo da rispettarne il più fedelmente possibile le dissimilarità tra campioni presenti nella matrice. La veridicità dell'approssimazione con cui il metodo rappresenta lo spazio multivariato su un piano è fornita dal valore del coefficiente di stress r . Alti valori di r indicano una bassa corrispondenza tra la rappresentazione grafica sul piano (o lo spazio tridimensionale) e la matrice di distanze. Valori di $r < 0,05$ assicurano un'ottima rappresentazione dei punti sul grafico, così come generalmente valori compresi tra 0,05 e 0,1 forniscono ancora un buon grado di interpretazione. Con valori di stress al di sotto di 0,2 occorre interpretare il grafico di ordinamento con maggiore attenzione, avendo cura di non dare troppa importanza ai dettagli che potrebbero essere fuorvianti. Valori di r superiori a 0,3 non garantiscono la veridicità della rappresentazione. (Clarke et al., 2001)

4.4.4 Analisi SIMPER

L'analisi SIMPER (*similarity percentage*) mostra il contributo di ogni specie (o di altre variabili) alla similarità o alla distanza osservata tra i campioni e consente di identificare le specie che sono più importanti nel definire i valori di similarità osservata e nel determinare le differenze tra gruppi di campioni, per esempio definiti sulla base dei fattori del disegno di campionamento. In questa trattazione l'analisi SIMPER è stata applicata per completare ed aiutare ad interpretare le informazioni fornite dal plot MDS. (Clarke et al., 2001)

4.4.5 Indici di diversità

Oltre alle variabili di abbondanza, per i cinque siti trattati è stato anche valutato l'impatto del prosciugamento estivo sulla diversità delle comunità macrobentoniche, ovvero sul numero di specie presenti (ricchezza) e sul modo in cui gli individui si ripartiscono tra le specie (evenness). Come variabile è stato utilizzato l'indice di Shannon-Weiner che è calcolato, per ciascun campione come:

$$H' = - \sum_i p_i \log_2 p_i$$

dove p_i è pari a N_i/N , ovvero il numero di individui della specie i -esima in rapporto al numero totale di individui appartenenti a tutte le specie rinvenute nel campione. A parità di numero di specie, l'indice di Shannon-Weiner raggiunge il valore massimo H_{\max} se tutte le specie sono equamente ripartite, ovvero p_i è uguale per tutte le specie, mentre tende a 0 in caso in cui una specie domini nettamente sulle altre. L'indice di Pielou è il rapporto tra H' e H_{\max} e rende conto della evenness.

5 RISULTATI

5.1 Macrozoobenthos

5.1.1 Campioni sulla vegetazione

Una prima rappresentazione dei dati è stata fatta utilizzando un grafico MDS realizzato a partire dalla matrice di similarità calcolata su tutti i taxa (Fig. 11):

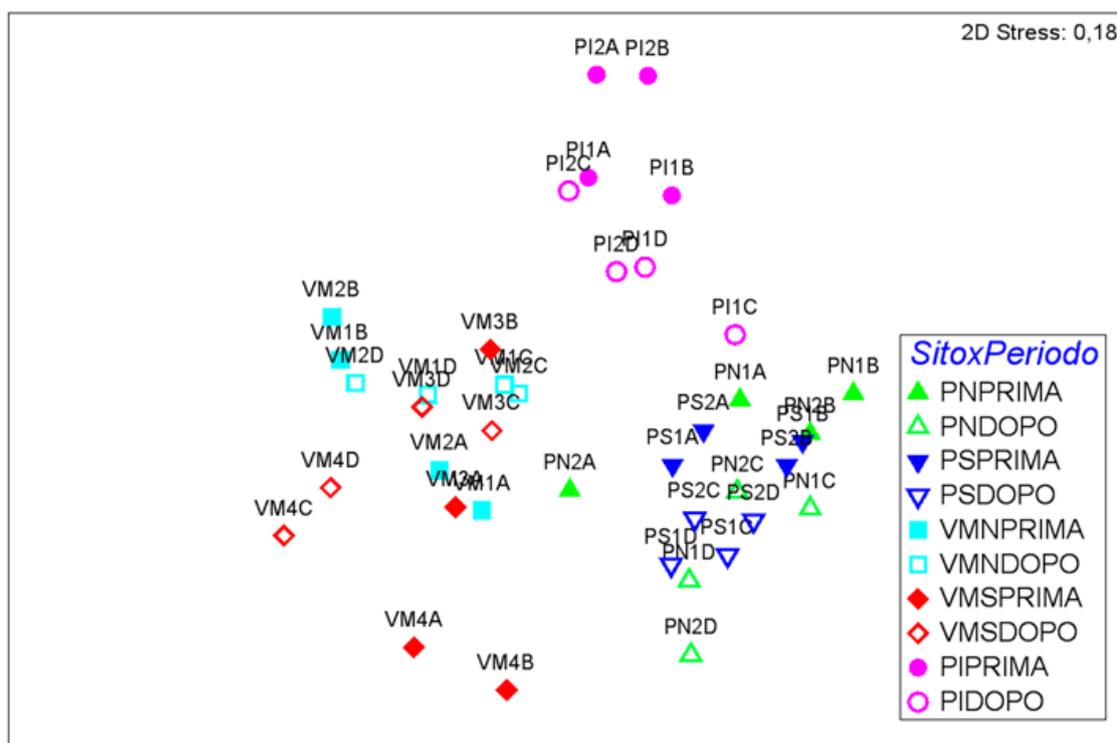


Figura 11. Grafico MDS basato sull'abbondanza delle famiglie di macroinvertebrati bentonici nei campioni raccolti sulla vegetazione emergente (dissimilarità di Bray-Curtis).

Nel grafico MDS sono evidenziati i siti campionati e il periodo in cui sono stati campionati. Il coefficiente di stress, pari a 0,18, indica che la rappresentazione non è completamente affidabile a livello di dettagli grafici, ma comunque è accettabile per trarre conclusioni generali sui punti in questione. Dall'analisi grafica si evince che, dal punto di vista del popolamento del macrozoobenthos sulla vegetazione, le tre aree (Punte Alberete, Valle Mandriole e lo stagno in pineta) sono piuttosto distinte le une dalle altre, ovvero non vi è sovrapposizione dei punti. I popolamenti dei due siti campionati a Valle Mandriole sono invece piuttosto simili tra loro, visto che i punti che ne rappresentano i campioni sono

in buona parte sovrapposti nel piano di ordinamento. Questo vale a maggior ragione per i due siti di Punte Alberete. All'interno dei tre gruppi definiti si distinguono i punti sulla base del fattore periodo, ed è possibile individuare la tendenza per Punte Alberete e per la pineta ad avere popolamenti macrozoobentonici differenti nel periodo dopo il prosciugamento rispetto a quello precedente, anche se la separazione è meno evidente rispetto a quella riferita alle tre aree studiate. Lo stesso non si può dire per Valle Mandriole che invece mostra una più marcata sovrapposizione dei punti relativi ai due diversi periodi. È stato possibile evidenziare le variabili, e quindi i taxa, che maggiormente influenzano le differenze tra i siti utilizzando un'analisi SIMPER a partire dalla matrice delle distanze. Le differenze tra le tre aree campionate possono essere stabilite confrontando la totalità dei siti di ciascuna di esse indipendentemente dal periodo in modo da stabilire quali sono le variabili che più influenzano la dispersione dei punti sul grafico MDS. La presenza di oligocheti relativamente abbondante a Punte Alberete rispetto a Valle Mandriole è la variabile che concorre in modo preponderante a separare le due aree di studio, che risultano particolarmente differenti (Tab. 3). A distinguere ulteriormente le due aree dal punto di vista del popolamento macrozoobentonico è la significativa presenza in Valle Mandriole degli efemerotteri appartenenti alla famiglia dei Baetidae, che sono quasi assenti nel sito di Punte Alberete.

Tabella 3. Risultato dell'applicazione dei SIMPER al confronto tra i popolamenti di macroinvertebrati bentonici associati alla vegetazione emergente di Punte Alberete e di Valle Mandriole. I valori di abbondanza sono espressi come numero di individui raccolti in un minuto di campionamento. Dissimilarità media 81,7%.

Famiglia	Abbondanza media		Contributo alla dissimilarità di Bray-Curtis (%)	Contributo cumulato (%)
	Punte Alberete	Valle Mandriole		
Oligochaeta	155,3	1,6	42,3	42,3
Baetidae	0,08	4,6	9,4	55,7
Cambaridae	0,4	2,6	7,3	63,0
Corixidae	4,9	0,8	7,1	70,1
Gammaridae	5,5	0,5	6,7	76,8

Tabella 4. Risultato dell'applicazione dei SIMPER al confronto tra i popolamenti di macroinvertebrati bentonici associati alla vegetazione emergente di Punta Alberete e dello stagno della Pineta S. Vitale. I valori di abbondanza sono espressi come numero di individui raccolti in un minuto di campionamento. Dissimilarità media 81,6%.

Famiglia	Abbondanza media		Contributo alla dissimilarità di Bray-Curtis (%)	Contributo cumulato (%)
	Punte Alberete	Stagno Pineta		
Physidae	0,03	81,5	15,6	15,6
Oligochaeta	155,3	20,4	14,9	30,5
Baetidae	0,08	74,0	10,7	41,2
Chironomidae	1,1	87,8	9,1	50,3
Dytiscidae	0,0	9,0	5,9	56,2
Corixidae	4,9	7,7	4,5	60,6
Coenagrionidae	0,1	24,3	4,2	64,8
Pleidae	0,0	6,4	3,9	68,7
Stratiomyidae	0,0	4,1	3,5	72,2
Hydrophilidae	0,06	2,4	3,0	75,2

La dissimilarità media tra Punta Alberete e la pineta è influenzata principalmente dalla presenza in quest'ultima area dei gasteropodi della famiglia dei Physidae, molto poco presenti invece a Punta Alberete. A differenziare ulteriormente le aree sono i Baetidae che sono presenti in numero molto elevato in pineta e gli oligocheti che sono invece dominanti a Punta Alberete (Tab. 4). In generale la differenza tra le due aree è attribuibile al contributo di tutte le specie che sono state campionate in pineta e che invece risultano assenti da Punta Alberete, come Pleidae (eterotteri) dei Dytiscidae (coleotteri).

Analogamente a quanto detto riguardo al confronto tra la pineta e Punta Alberete, tra Valle Mandriole e la pineta è possibile riscontrare una differenza piuttosto marcata imputabile ad un maggior quantitativo di specie trovate per la pineta, con contributi alla dissimilarità media piuttosto distribuiti (Tab. 5). Anche qui, comunque, il contributo maggiore alla dissimilarità media è attribuito ai gasteropodi della famiglia dei Physidae e ai Chironomidae (ditteri), taxa entrambi presenti soprattutto in pineta.

Tabella 5. Risultato dell'applicazione dei SIMPER al confronto tra i popolamenti di macroinvertebrati bentonici associati alla vegetazione emergente di Valle Mandriole e dello stagno della Pineta S. Vitale I valori di abbondanza sono espressi come numero di individui raccolti in un minuto di campionamento. Dissimilarità media 84,2%.

Famiglia	Abbondanza media		Contributo alla dissimilarità di Bray-Curtis (%)	Contributo cumulato (%)
	Valle Mandriole	Stagno Pineta		
Physidae	0,3	81,5	16,9	16,9
Chironomidae	0,3	87,8	10,2	27,1
Baetidae	4,6	74,0	9,6	36,7
Oligochaeta	1,6	20,4	8,8	45,4
Dytiscidae	0,0	9,0	6,6	52,0
Corixidae	0,8	7,7	5,0	57,0
Pleidae	0,0	6,4	4,4	61,4
Coenagrionidae	0,0	24,3	4,3	65,6
Stratiomyidae	0,0	4,1	3,9	69,5
Hydrophilidae	0,03	2,4	3,3	72,8
Chaoboridae	0,0	7,1	3,1	75,9

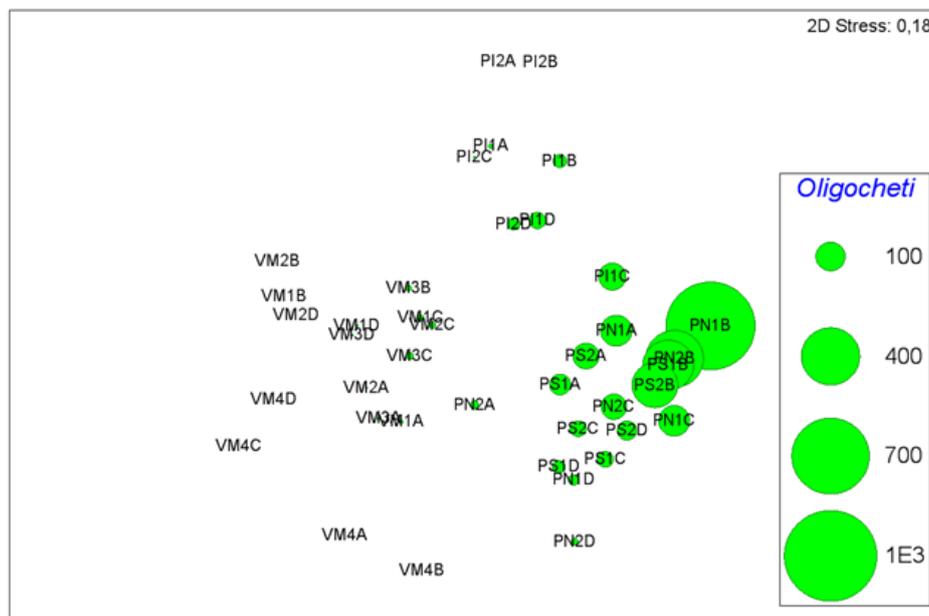


Figura 12. Grafico a bolle dell'abbondanza di oligocheti, sovrapposto al diagramma MDS basato sull'abbondanza delle famiglie di macroinvertebrati bentonici nei campioni raccolti sulla vegetazione emergente. I valori della legenda rappresentano il numero di individui raccolti in un minuto di campionamento.

I confronti tra i tre siti fanno emergere il ruolo fondamentale degli oligocheti nel separare nettamente Punta Alberete dalle altre due zone. Associando ai punti del grafico MDS il valore dell'abbondanza di oligocheti, è possibile osservare come questa tenda in generale a crescere spostandosi da sinistra verso destra nel piano di ordinamento e assuma valori più elevati per i punti di Punta Alberete (Fig. 12).

L'abbondanza di Physidae (Fig. 13), Chironomidae (Fig. 14) e di Betidae (Fig. 15) sono variabili che incidono invece sulla separazione del sito pineta dagli altri siti, quindi tendono ad assumere valori più elevati muovendosi dal basso verso l'alto nel grafico. In misura minore, anche l'abbondanza di altri ditteri come Stratiomyidae (ditteri) o Coenagrionidae (odonati) concorre a definire la separazione del sito PI.

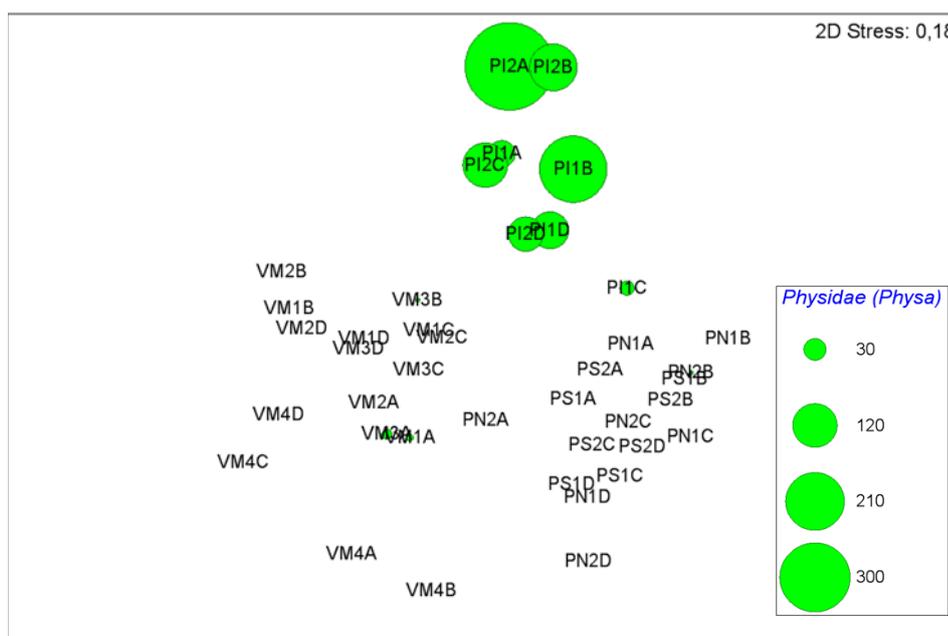


Figura 13. Grafico a bolle dell'abbondanza di Physidae, sovrapposto al diagramma MDS basato sull'abbondanza delle famiglie di macroinvertebrati bentonici nei campioni raccolti sulla vegetazione emergente. I valori della legenda rappresentano il numero di individui raccolti in un minuto di campionamento.

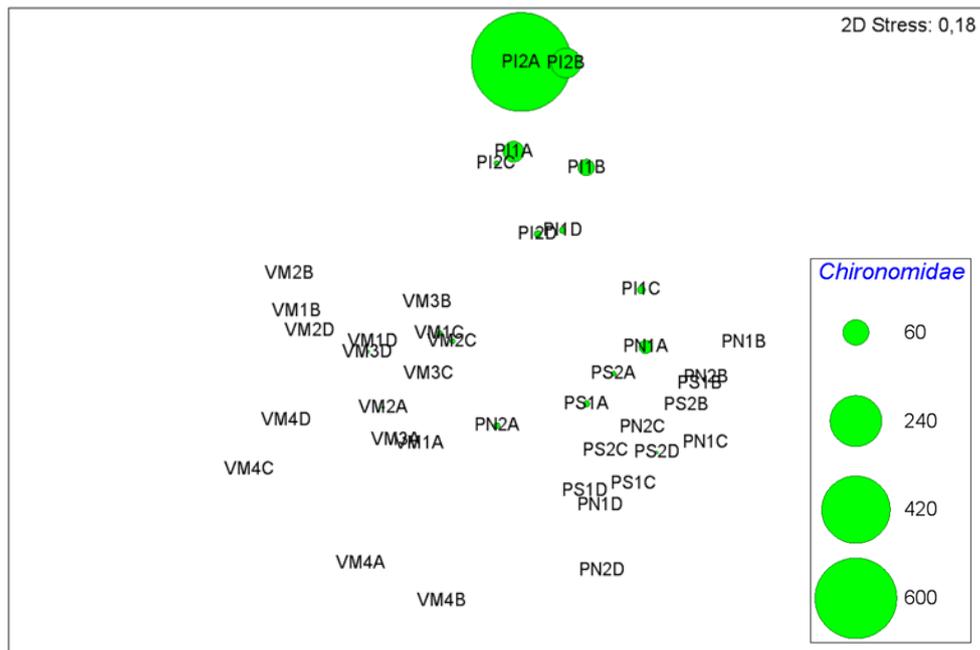


Figura 14. Grafico a bolle dell'abbondanza di Chironomidae, sovrapposto al diagramma MDS basato sull'abbondanza delle famiglie di macroinvertebrati bentonici nei campioni raccolti sulla vegetazione emergente. I valori della legenda rappresentano il numero di individui raccolti in un minuto di campionamento.

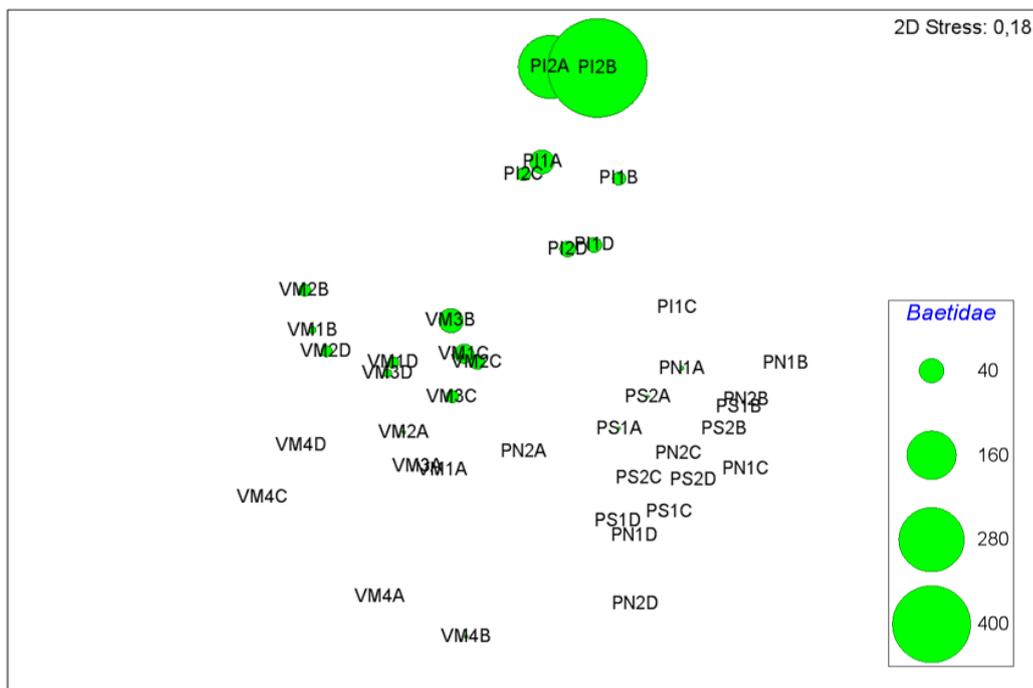


Figura 15. Grafico a bolle dell'abbondanza di Baetidae, sovrapposto al diagramma MDS basato sull'abbondanza delle famiglie di macroinvertebrati bentonici nei campioni raccolti sulla vegetazione emergente. I valori della legenda rappresentano il numero di individui raccolti in un minuto di campionamento

Per ogni area sono stati identificate le differenze esistenti tra prima e dopo il periodo estivo. Di seguito sono proposti i set di dati relativi a Punte Alberete (Tab. 6):

Tabella 6. *Abbondanza delle famiglie di macroinvertebrati bentonici, espressa in individui per minuto di campionamento, nei campioni raccolti sulla vegetazione emergente nell'area di Punte Alberete prima e dopo il periodo estivo.*

	<u>Prima</u>								<u>Dopo</u>							
	PN1	PN1	PN2	PN2	PS1	PS1	PS2	PS2	PN1	PN1	PN2	PN2	PS1	PS1	PS2	PS2
	A	B	A	B	A	B	A	B	C	D	C	D	C	D	C	D
<i>Chironomidae</i>	10,3	0	2,33	0	2,33	0	1,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5
<i>Chaoboridae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stratiomyidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Limoniidae</i>	0	0	0,33	0	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Culicidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sciomyzidae</i>	1	0	0	0	0	0	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Muscidae</i>	0	0	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratopogonidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ephydriidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tabanidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tipulidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dytiscidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hydrophilidae</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Haliplidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corixidae</i>	4	30	1,33	5	2	4	22,7	7	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Hebridae</i>	0,33	0	0	0	0	0	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Naucoridae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pleidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mesovelidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Notonectidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0
<i>Baetidae</i>	0,67	0	0	0	0,33	0	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lestidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Platycnemididae</i>	0	3,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Libellulidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coenagrionidae</i>	0	0,5	0	0,5	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0,5	0
<i>Aeshnidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Physidae (Physa)</i>	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Planorbidae (Planorbis)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ancylidae</i>	0,33	0	0	0,5	0,67	4,5	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Asellidae</i>	0,33	0	3	1	3,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gammaridae</i>	0	0	1,33	0	5,33	51,5	12,3	14	0	0	0	0	0,5	2,5	0	0
<i>Palaemonidae</i>	0	0	0	0	0	1	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0
<i>Misidiacei</i>	0	0	0	0	1,67	0	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cambaridae</i>	0	1	1	0	0	0,5	1,67	0,5	0	0	1	0	0	0	0,5	0
<i>Trichoniscidae</i>	0	0	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0
<i>Oligochaeta</i>	117	937	8,33	396	52,7	307	80,7	249	115	13,5	78	5,5	30,5	20	30,5	45

Tra prima e dopo l'estate si registra per il sito PN una riduzione piuttosto marcata dell'abbondanza media di oligocheti e Corixidae, che determina principalmente la

separazione tra i due periodi, anche se comunque il valore di dissimilarità media non è particolarmente elevato (Tab. 7).

Tabella 7. Risultato dell'applicazione dei SIMPER al confronto tra i popolamenti di macroinvertebrati bentonici associati alla vegetazione emergente del sito PN (Punte Alberete nord) prima e dopo il periodo estivo. Le abbondanze sono espresse come numero di individui raccolti per minuto di campionamento. Dissimilarità media 62,5%.

Famiglia	Abbondanza media		Contributo alla dissimilarità di Bray-Curtis (%)	Contributo cumulato (%)
	PN Prima	PN Dopo		
Oligochaeta	364,5	52,9	52,9	52,9
Corixidae	10,1	0,3	11,5	64,4
Chironomidae	3,2	0,0	8,2	72,6
Asellidae	1,1	0,0	6,1	78,7

Anche per il sito PS la riduzione di oligocheti e Corixidae, in aggiunta a quella dei Gammaridae, determina significativamente la differenza tra prima e dopo il periodo estivo, ma anche in questo caso in generale non risulta esserci una elevata dissimilarità a separare i due gruppi di punti (Tab. 8).

Tabella 8. Risultato dell'applicazione dei SIMPER al confronto tra i popolamenti di macroinvertebrati bentonici associati alla vegetazione emergente del sito PS (Punte Alberete nord) prima e dopo il periodo estivo. Le abbondanze sono espresse come numero di individui raccolti per minuto di campionamento. Dissimilarità media 56,0%.

Famiglia	Abbondanza media		Contributo alla dissimilarità di Bray-Curtis (%)	Contributo cumulato (%)
	PS Prima	PS Dopo		
Oligochaeta	172,2	31,5	36,9	36,9
Gammaridae	20,8	0,8	19,7	56,6
Corixidae	8,9	0,3	14,1	70,8
Ancylidae	1,5	0,0	5,1	75,9

Il set di dati relativo a Valle Mandriole è presentato in Tabella 9:

Tabella 9. *Abbondanza delle famiglie di macroinvertebrati bentonici, espressa in individui per minuto di campionamento, nei campioni raccolti sulla vegetazione emergente nell'area di Valle Mandriole*

	<u>Prima</u>								<u>Dopo</u>							
	VM1	VM1	VM2	VM2	VM3	VM3	VM4	VM4	VM1	VM1	VM2	VM2	VM3	VM3	VM4	VM4
	A	B	A	B	A	B	A	B	C	D	C	D	C	D	C	D
<i>Chironomidae</i>	0	0	0,5	0	0	0	0	0	1,5	0	1,5	0	0	0,5	0	0
<i>Chaoboridae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stratiomyidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Limoniidae</i>	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Culicidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sciomyzidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Muscidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratopogonidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ephydriidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tabanidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tipulidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dytiscidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hydrophilidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0
<i>Halplidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corixidae</i>	0	0	1	0	0	1	0,5	10	0	0	0	0	0	0	0	0,5
<i>Hebridae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Naucoridae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pleidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mesovelidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Notonectidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Baetidae</i>	0	2	0,5	5,5	0	23	0	0,5	14,5	5	8,5	5	6	2,5	0	0
<i>Lestidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Platycnemididae</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Libellulidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coenagrionidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aeshnidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Physidae (Physa)</i>	1,5	0	0	0	3	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Planorbidae (Planorbis)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ancylidae</i>	0	0,5	0	0	0	2,5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Asellidae</i>	3,5	0	0,5	0	3,5	0,5	3	0	1,5	3	0	0,5	3,5	0,5	0,5	1
<i>Gammaridae</i>	1	0,5	0	0	0	0	3,5	2,5	0	0,5	0	0,5	0	0	0	0
<i>Palaemonidae</i>	0	0,5	0	1,5	0	4,5	0	0	0	3	0	0	0	1	0	1
<i>Misidiacei</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cambaridae</i>	2,5	1,5	0,5	1	1	2	0	0	2,5	2	4	3	5	0,5	16	0,5
<i>Trichoniscidae</i>	0	0	0	0	0	0	3,5	0	0	0	0,5	0	1,5	0	3	0
<i>Oligochaeta</i>	2	0	0,5	0	1,5	4	0	0	4,5	1	5	0	5,5	1	0	0

Il sito VMN non presenta differenze marcate tra prima e dopo il periodo estivo e quelle presenti sono determinante principalmente da un aumento dell'abbondanza media di Betidae, oligocheti e Asellidae (Tab. 10)

Tabella 10. Risultato dell'applicazione dei SIMPER al confronto tra i popolamenti di macroinvertebrati bentonici associati alla vegetazione emergente del sito VMN (Valle Mandriole nord) prima e dopo il periodo estivo. Le abbondanze sono espresse come numero di individui raccolti per minuto di campionamento. Dissimilarità media 51,4%.

Famiglia	Abbondanza media		Contributo alla dissimilarità di Bray-Curtis (%)	Contributo cumulato (%)
	VMN Prima	VMN Dopo		
Baetidae	2,0	8,3	23,1	23,1
Oligochaeta	0,6	2,6	15,5	38,6
Asellidae	1,0	1,3	11,6	50,2
Palaemonidae	0,5	0,8	9,7	59,9
Cambaridae	1,4	2,9	8,7	68,6
Chironomidae	0,1	0,8	8,3	76,9

Il sito VMS invece presenta differenze decisamente più marcate tra prime e dopo il periodo estivo rispetto a VMN, imputabili principalmente all'aumento di abbondanza media di cambaridi ed ad una riduzione generale di Baetidae, Corixidae e Gammaridae (Tab. 11)

Tabella 11. Risultato dell'applicazione dei SIMPER al confronto tra i popolamenti di macroinvertebrati bentonici associati alla vegetazione emergente del sito VMS (Valle Mandriole sud) prima e dopo il periodo estivo. Le abbondanze sono espresse come numero di individui raccolti per minuto di campionamento. Dissimilarità media 70,6%.

Famiglia	Abbondanza media		Contributo alla dissimilarità di Bray-Curtis (%)	Contributo cumulato (%)
	VMS Prima	VMS Dopo		
Cambaridae	0,8	5,5	15,8	15,8
Baetidae	5,9	2,1	14,1	30,0
Corixidae	2,9	0,1	12,4	42,3
Gammaridae	1,5	0,0	10,2	52,6
Oligochaeta	1,4	1,6	9,1	61,7
Trichoniscidae	0,9	1,1	8,5	70,2
Asellidae	1,8	1,4	8,4	78,6

La popolazione macrobentonica sulle canne di Valle Mandriole è composta principalmente da crostacei, in particolare è evidenziata la forte presenza dell'alloctono gambero della

Louisiana (Cambaridi) che assieme ai Betidae contribuisce maggiormente, seppur in modo non particolarmente incisivo, sulla distribuzione dei punti.

Il set di dati relativo allo stagno in pineta è presentato in Tab. 12:

Tabella 12. *Abbondanza delle famiglie di macroinvertebrati bentonici, espressa in individui per minuto di campionamento, nei campioni raccolti sulla vegetazione emergente nello stagno in Pineta S.Vitale*

	<u>Prima</u>				<u>Dopo</u>			
	PI1	PI1	PI2	PI2	PI1	PI1	PI2	PI2
	A	B	A	B	C	D	C	D
<i>Chironomidae</i>	26	16	595	54	4	2,5	1,5	3
<i>Chaoboridae</i>	10,5	12	33,5	0,5	0	0	0	0
<i>Stratiomyidae</i>	1,5	9,5	14,5	1,5	0,5	1	0,5	4
<i>Limoniidae</i>	0	0,5	0,5	0	1	2	0	0
<i>Culicidae</i>	1	0,5	0	0	0	0	0	0
<i>Sciomyzidae</i>	0	0	0,5	0	1,5	0	0	0
<i>Muscidae</i>	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratopogonidae</i>	0,5	1	0	0,5	0,5	0	0,5	5
<i>Ephydriidae</i>	0	0	0	4	0	0	1	0
<i>Tabanidae</i>	0	0	0	0	0	0,5	0	1
<i>Tipulidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Dytiscidae</i>	5,5	2	34	1	12	7	7,5	3
<i>Hydrophilidae</i>	0,5	4,5	6	2	0,5	3	1	2
<i>Haliplidae</i>	0	0,5	1	0	0	1	0	0
<i>Corixidae</i>	1,5	1	19,5	5	12,5	0	22	0
<i>Hebridae</i>	3,5	0	6	0	0	0	0	0
<i>Naucoridae</i>	1	1	0	1,5	1	1	0	0
<i>Pleidae</i>	0	5	0	30	2,5	7,5	6	0
<i>Mesovelidae</i>	0	0,5	0	0	0	1	2	0
<i>Notonectidae</i>	0	0	0	1,5	0	0	0	0
<i>Baetidae</i>	22,5	7	156	381	0	9	7	10
<i>Lestidae</i>	1	1	3,5	2,5	0	0	0	0
<i>Platycnemididae</i>	1	0	7	0	0	0	0	0
<i>Libellulidae</i>	0	0	2,5	0	0	0,5	0,5	0
<i>Coenagrionidae</i>	0	53	0	142	0	0	0	0
<i>Aeshnidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,5
<i>Physidae (Physa)</i>	20	129	223	64	6	39,5	57	34,5
<i>Planorbidae (Planorbis)</i>	0,5	0	2	0,5	0	0	0	0
<i>Ancylidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Asellidae</i>	5	3	2	0	0	0,5	0	0,5
<i>Gammaridae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,5
<i>Palaemonidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Misidiacei</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cambaridae</i>	0	0	0	0	3,5	1	2	0,5
<i>Trichoniscidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oligocheti</i>	2,5	21,5	0	0	88,5	32,5	0,5	18

I campioni di benthos prelevati in pineta hanno mostrato fin dalla fase di sorting, una maggiore quantità di taxa, in particolare appartenenti all'ordine dei ditteri. Il popolamento dello stagno appare molto più ricco in specie e più abbondante rispetto alle due aree precedentemente esaminate.

Confrontando il sito prima e dopo il periodo estivo emerge che nessun taxa contribuisce in maniera particolarmente dominante a separare i due momenti di campionamento e comunque la differenze presenti non sono marcate, come evidenziato dal valore della dissimilarità media. La riduzione dell'abbondanza media di Chironomidae e Betidae è comunque piuttosto evidente (Tab. 13).

Tabella 13. Risultato dell'applicazione dei SIMPER al confronto tra i popolamenti di macroinvertebrati bentonici associati alla vegetazione emergente del sito PI (Pineta) prima e dopo il periodo estivo. Le abbondanze sono espresse come numero di individui raccolti per minuto di campionamento. Dissimilarità media 59,3%.

Famiglia	Abbondanza media		Contributo alla dissimilarità di Bray-Curtis (%)	Contributo cumulato (%)
	VMS Prima	VMS Dopo		
Chironomidae	172,8	2,8	14,17	14,17
Baetidae	141,5	6,5	13,41	27,58
Coenagrionidae	48,6	0	9	36,58
Physidae (Physa)	108,8	34,3	8,81	45,39
Oligochaeta	6,0	34,9	7,82	53,21
Chaoboridae	14,1	0	6,3	59,52
Corixidae	6,8	8,6	4,21	63,73
Pleidae	8,8	4,0	3,84	67,57
Dytiscidae	10,7	7,4	2,9	70,47
Stratiomyidae	6,8	1,5	2,55	73,02
Lestidae	2,0	0	2,54	75,56

5.1.1.1 Analisi dell'impatto

Evidenziate le principali differenze tra i siti, è stata applicata la PERMANOVA al disegno di campionamento. Sono considerati effetti significativi quelli a cui è associata una probabilità inferiore al 5%, che rappresenta il livello di significatività scelto per le analisi.

L'analisi evidenzia quattro fonti di variabilità che hanno effetto significativo (Tab. 14).

Tabella 14. Tavola dei risultati dell'analisi PERMANOVA sulla significatività dei fattori del disegno di campionamento per il benthos sulla vegetazione

<i>Fonte di variabilità</i>	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>Pseudo-F</i>	<i>P</i>	<i>Numero di permutazioni</i>
Impatto vs. controllo	1	9434	9434	0,666	0,771	9945
Periodo	1	4412	4412	0,960	0,522	9934
Sito(Impatto vs. controllo)	3	42911	14304	3,965	0,005	9946
Data(Periodo)	2	8175	4088	2,262	0,025	9939
Impatto vs. controlloxPeriodo	1	2407	2407	0,849	0,635	9930
Punto(Sito(Impatto vs. controllo))	5	9718	1944	3,411	0,0004	9920
Impatto vs. controlloxDato(Periodo)	2	5142	2571	1,423	0,180	9935
Sito(Impatto vs. controllo)xPeriodo	3	7176	2392	1,049	0,433	9898
Sito(Impatto vs. controllo)xData(Periodo)	6	10845	1808	3,172	0,0001	9900
Punto(Sito(Impatto vs. controllo))xPeriodo	5	5081	1016	1,783	0,041	9908
Residua	10	5698	570			
Totale	39	112010				

La significatività del fattore *Sito* ($P=0,005$) indica che effettivamente esistono delle differenze tra i cinque siti individuati dallo studio, anche se un confronto post-hoc tra di essi non è in grado di individuare differenze significative e quindi coppie in particolare responsabili di questa differenza (Tab. 15). I valori di P associati ai confronti tra siti appartenenti alla stessa area (PN contro PS e VMN contro VMS), risultano comunque i più elevati, confermando la maggior similarità. L'effetto di questo fattore è valutato confrontando statisticamente le cinque medie dei siti, calcolate ciascuna sulla base di tutte le osservazioni di ciascun sito, ottenendo in questo modo un confronto puramente spaziale dei dati ed indipendente dal fattore periodo, che viene mediato nel computo. L'unica informazione che è possibile trarre è che mediamente i siti presentano comunità macrobentoniche differenti, non imputabili a priori ad un potenziale evento impattante, conclusione peraltro già in qualche modo evidenziata dal grafico MDS.

Tabella 15. *Confronto post-hoc in relazione al fattore sito*

Gruppi	P	Numero di permutazioni
PN, PS	0,4225	799
PN, VMN	0,1049	799
PN, VMS	0,158	799
PN, PI	0,1017	801
PS, VMN	0,1031	799
PS, VMS	0,1401	799
PS, PI	0,1169	799
VMN, VMS	0,6352	800
VMN, PI	0,1109	799
VMS, PI	0,1324	801

Dall'analisi risulta significativo anche il fattore *Data* ($P=0,025$), ovvero esistono differenze tra le quattro date di campionamento.

In questo caso l'effetto del fattore è valutato confrontando le quattro medie delle date calcolate ciascuna sulle osservazioni di tutti i siti, ottenendo questa volta un confronto puramente temporale dei dati. Significa che la comunità macrobentonica presente nella ipotetica macroarea composta dai cinque siti cambia nelle quattro date, ma questo non è sufficiente a definire il possibile impatto. I dieci punti di campionamento inoltre differiscono significativamente tra di loro (*Punto* $P=0,0004$). Anche questo fattore, che è nested nel fattore sito, indica una differenza puramente spaziale tra i dieci punti di campionamento che come già detto non è sufficiente a definire il possibile impatto. L'ultimo fattore considerato significativo è l'interazione *SitoxData* ($P=0,0001$). Significa che le osservazioni nei siti cambiano per ciascuna data in maniera però non omogenea, ovvero ogni sito si comporta diversamente da un altro in funzione del livello data. L'interazione tra questi due fattori però non fornisce un'indicazione univoca che è proprio il sito impattato a variare in maniera differente rispetto agli altri, informazione che sarebbe sufficiente a definire l'impatto ma che non è possibile dedurre in questo contesto. Il fattore *Impatto vs. controlloxPeriodo* fornisce informazione su come il sito impattato varia rispetto ai quattro controlli nei due periodi (prima e dopo). Potenzialmente è quindi un fattore in grado di identificare quello che si dice un impatto "a pressa", ovvero una variazione diversa dell'impatto rispetto ai controlli tra due periodi. In questo caso l'interazione *Impatto vs. controlloxPeriodo* risulta fortemente non significativa ($P= 0,635$). L'altro fattore utile per la valutazione di impatto è l'interazione *Impatto vs. controlloxData*, che risulta anch'esso non significativo ($P=0,18$). Sulla base di questi

risultati non è possibile affermare che vi sia un impatto, in termini di abbondanza di specie, sui popolamenti macrobentonici presenti nella vegetazione di Valle Mandriole sud in seguito al prosciugamento di questa porzione di valle nel periodo estivo. Oltre all'analisi dei dati di abbondanza, lo stesso disegno di campionamento è stato applicato utilizzando come variabile l'indice di diversità di Shannon, allo scopo di fornire maggiori informazioni sul potenziale impatto sulla diversità della comunità di VMS. L'indice di Shannon H' è stato calcolato per tutti i punti di campionamento nei quattro periodi (Tab. 16)

Tabella 16. *Diversità tassonomica per ogni punto di campionamento nelle quattro date. S, numero di famigli; N, numero di individui totali per per minuto di campionamento; H', indice di Shannon*

Punto	S	N	H'
PN1A	9	135,0	0,820
PN1B	5	971,5	0,251
PN1C	1	114,5	0,000
PN1D	2	14,5	0,362
PN2A	9	18,3	2,417
PN2B	6	403,5	0,162
PN2C	3	79,5	0,152
PN2D	1	5,5	0,000
PS1A	9	69,0	1,390
PS1B	6	368,5	0,801
PS1C	2	31,0	0,119
PS1D	4	24,0	0,866
PS2A	11	121,7	1,529
PS2B	5	270,5	0,504
PS2C	4	32,0	0,347
PS2D	2	45,5	0,087
VM1A	6	11,0	2,368
VM1B	5	5,0	2,046
VM1C	5	24,5	1,726
VM1D	7	15,0	2,432
VM2A	6	3,5	2,522
VM2B	3	8,0	1,199
VM2C	5	19,5	1,915
VM2D	4	9,0	1,463
VM3A	4	9,0	1,841
VM3B	9	39,0	2,052
VM3C	6	22,5	2,365
VM3D	6	6,0	2,284
VM4A	4	10,5	1,782
VM4B	3	13,0	0,929
VM4C	3	19,5	0,785
VM4D	4	3,0	1,918
PI1A	18	104,5	3,072
PI1B	20	269,0	2,560
PI1C	13	134,0	1,891
PI1D	16	109,5	2,654
PI2A	17	1106,0	2,063
PI2B	16	690,5	1,987
PI2C	14	109,0	2,269
PI2D	14	83,5	2,628

Dal calcolo emerge come la pineta presenta rispetto agli altri siti un numero di taxa maggiore e complessivamente un indice di diversità maggiore.

Utilizzando la sola variabile dell'indice di Shannon è stata calcolata la matrice delle distanze euclidee tra i siti, sulla quale poi è stata applicata l'analisi PERMANOVA (Tab. 17). Questa procedura equivale ad applicare la tradizionale ANOVA.

Tabella 17. *Tavola dei risultati dell'analisi PERMANOVA sulla significatività dei fattori del disegno di campionamento*

<i>Fonte di variabilità</i>	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>Pseudo-F</i>	<i>P</i>	<i>Numero di permutazioni</i>
Impatto vs. controllo	1	0,78771	0,78771	0,131	0,979	9961
Periodo	1	0,089636	0,089636	0,204	0,947	9964
Sito(Impatto vs. controllo)	3	20,391	6,797	13,59	0,005	9963
Data(Periodo)	2	1,5604	0,78018	6,173	0,033	9949
Impatto vs. controlloxPeriodo	1	0,59695	0,59695	1,766	0,271	9961
Punto(Sito(Impatto vs. controllo))	5	1,9572	0,39145	1,629	0,236	9963
Impatto vs. controlloxDato(Periodo)	2	0,26733	0,13366	1,057	0,410	9958
Sito(Impatto vs. controllo)xPeriodo	3	0,82733	0,27578	1,652	0,206	9950
Sito(Impatto vs. controllo)xData(Periodo)	6	0,75826	0,12638	0,525	0,781	9948
Punto(Sito(Impatto vs. controllo))xPeriodo	5	0,92988	0,18598	0,773	0,584	9952
Residua	10	2,403	0,2403			
Totale	39	32,991				

La tabella mostra che i fattori in grado di definire un impatto, (*Impatto vs. controlloxDato* e *Impatto vs. controlloxPeriodo*) non risultano significativi, ma risultano significativi invece il fattore *Sito* ($P=0,005$) e il fattore *Data* ($P=0,033$). Il confronto post hoc tra siti non evidenzia alcuna coppia particolarmente responsabile di questa differenza, anche se gli indici di diversità relativi alla pineta sono decisamente più elevati rispetto a quelli degli altri siti.

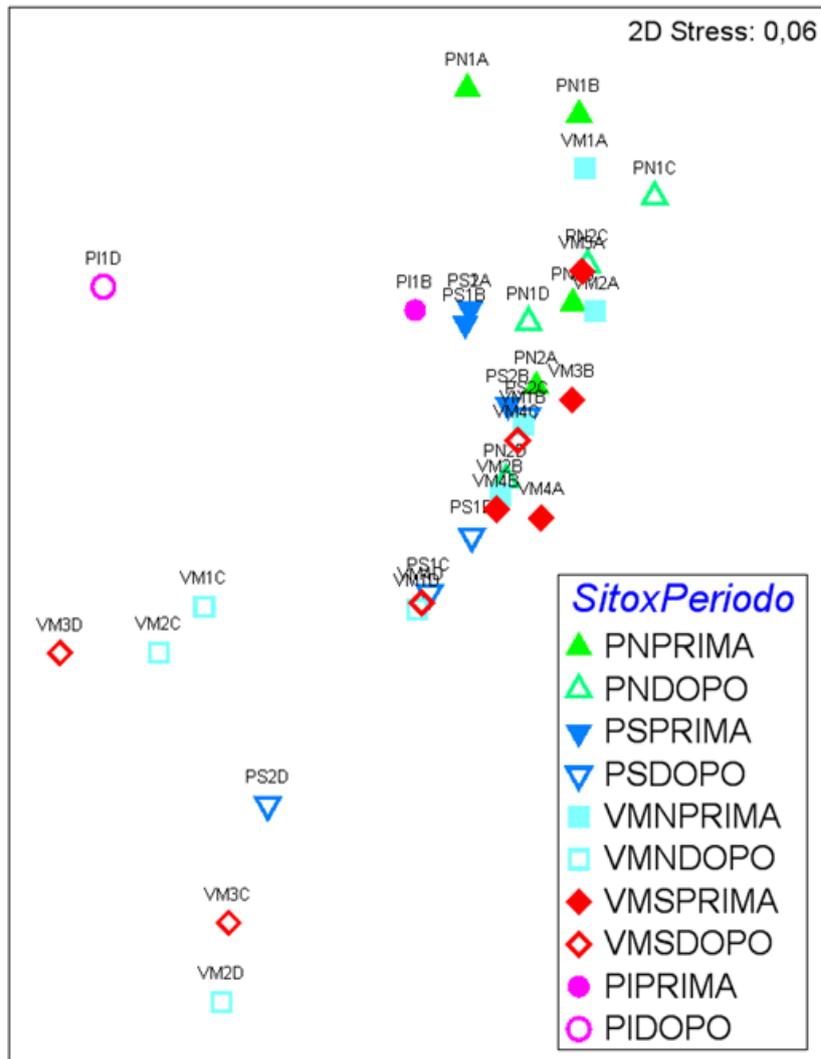


Figura 17. Dettaglio di figura 15 relativo alle aree di Punta Alberete e Valle Mandriole

Per Punta Alberete invece è possibile notare una minima tendenza dei punti associati al periodo post prosciugamento a spostarsi in basso a destra rispetto agli altri, ma in maniera molto meno evidente in confronto a Valle Mandriole. Le comunità macrozoobentoniche rinvenute nei sedimenti sono principalmente composte da oligocheti, la cui abbondanza è determinante nello stabilire le differenze tra le aree studiate, come confermato anche dall'analisi SIMPER. Le aree di Valle Mandriole e Punta Alberete, a conferma del risultato MDS, non sono particolarmente diverse tra loro se non per il quantitativo medio di oligocheti campionati, maggiore per Punta Alberete pari a 167,8 individui per bennata, equivalenti a circa 6214 individui per metro quadro (Tab. 18).

Tabella 18. Risultato dell'applicazione dei SIMPER al confronto tra i popolamenti di macroinvertebrati bentonici associati alla vegetazione emergente di Punta Alberete e di Valle Mandriole. I valori di abbondanza sono espressi come numero di individui raccolti per bennata. Dissimilarità media 39,7%.

Famiglia	Abbondanza media		Contributo alla dissimilarità di Bray-Curtis (%)	Contributo cumulato (%)
	Punte Alberete	Valle Mandriole		
Oligochaeta	167,8	76,9	86,8	86,8

La pineta è ben separata dalle altre due aree, con valori di dissimilarità media superiori al 70%. Le differenze principali sono l'abbondanza media di oligocheti, sempre maggiore per queste ultime due aree, e la una maggiore quantità di Chironomidae in pineta, con un totale di 5,6 individui per bennata pari a 207 individui per metro quadrato (Tab. 19 e Tab. 20).

Tabella 19. Risultato dell'applicazione dei SIMPER al confronto tra i popolamenti di macroinvertebrati bentonici associati alla vegetazione emergente di Punta Alberete e lo stagno in Pineta S.Vitale. I valori di abbondanza sono espressi come numero di individui raccolti per bennata. Dissimilarità media 74,6%.

Famiglia	Abbondanza media		Contributo alla dissimilarità di Bray-Curtis (%)	Contributo cumulato (%)
	Punte Alberete	Stagno Pineta		
Oligochaeta	167,8	18,9	60,9	60,9
Chironomidae	0,5	5,6	13,2	74,1
Ceratopogonidae	0	2,5	5,7	79,8

Tabella 20. Risultato dell'applicazione dei SIMPER al confronto tra i popolamenti di macroinvertebrati bentonici associati al sedimento di Valle Mandriole e dello stagno in Pineta S. Vitale. I valori di abbondanza sono espressi come individui raccolti per bennata. Dissimilarità media 75,7%.

Famiglia	Abbondanza media		Contributo alla dissimilarità di Bray-Curtis (%)	Contributo cumulato (%)
	Valle Mandriole	Stagno Pineta		
Oligochaeta	76,9	18,9	48,7	48,7
Chironomidae	0,3	5,6	17,2	65,9
Ceratopogonidae	0,06	2,5	7,3	73,2
Chaoboridae	0	2,1	6,7	79,9

Tra tutti i punti campionati, quelli di Punta Alberete presentano in generale un maggior quantitativo di oligocheti che rappresentano la variabile principale in grado di spiegare le differenze tra le aree. Il grafico a bolle mostra che l'abbondanza di oligocheti aumenta spostandosi verso il basso e verso destra nel piano dell'MDS (Fig. 18).

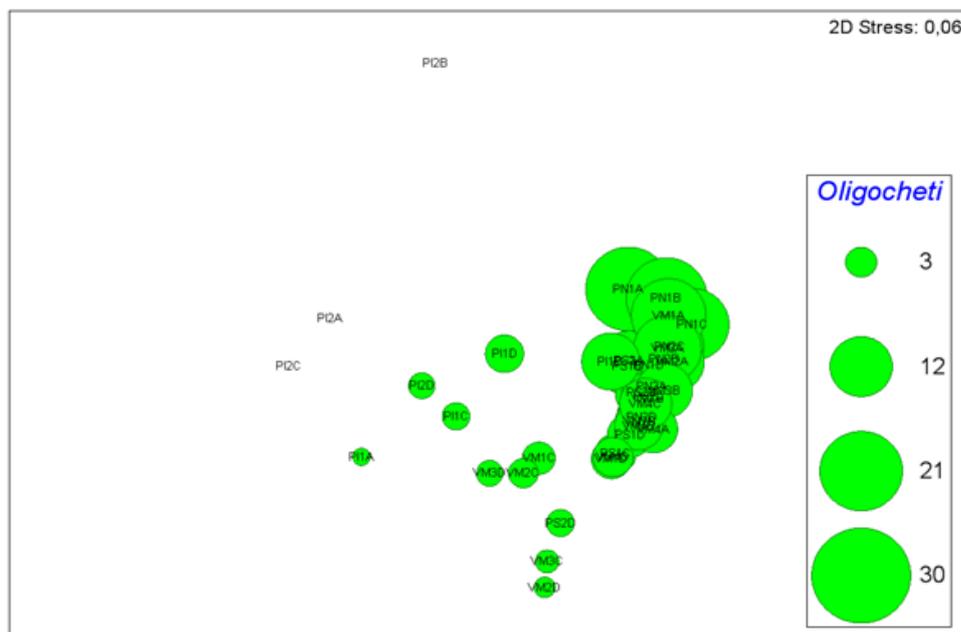


Figura 18. Grafico a bolle dell'abbondanza di oligocheti, sovrapposto al diagramma MDS basato sull'abbondanza delle famiglie di macroinvertebrati bentonici nei campioni raccolti nel sedimento. I valori della legenda rappresentano il numero di individui raccolti per bennata.

L'abbondanza di Chironomidae è la seconda variabile che spiega maggiormente la dissimilarità tra i punti, in particolare tra quelli della pineta e quelli delle altre due aree.

Tale separazione è apprezzabile anche dalla disposizione dei punti sul grafico, che seguono un andamento contrario rispetto all'abbondanza di oligocheti, ovvero l'abbondanza di Chironomidae tende ad aumentare spostandosi in alto e a sinistra nel piano dell'MDS (Fig. 19).

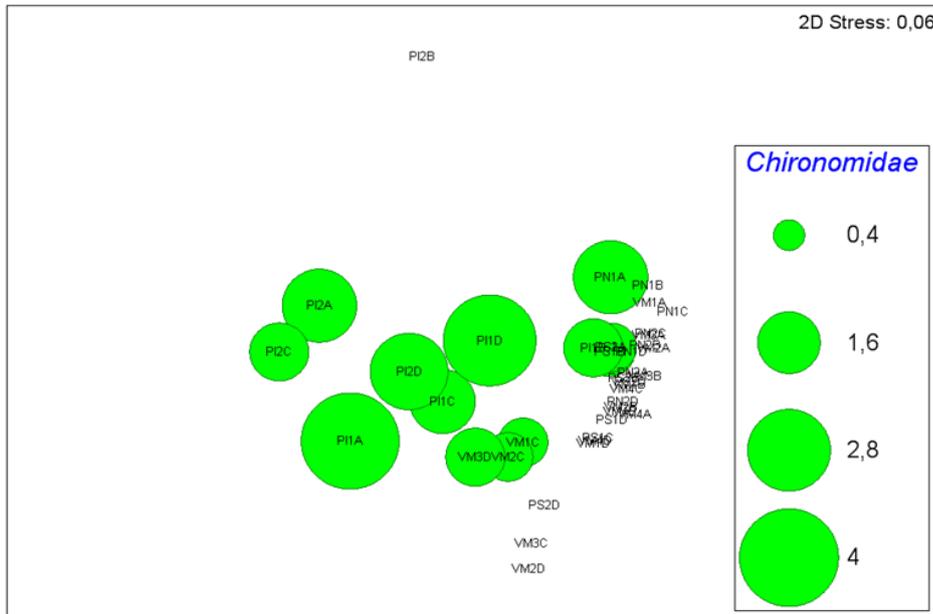


Figura 19. Grafico a bolle dell'abbondanza di Chironomidae, sovrapposto al diagramma MDS basato sull'abbondanza delle famiglie di macroinvertebrati bentonici nei campioni raccolti nel sedimento. I valori della legenda rappresentano il numero di individui raccolti per bennata.

Le abbondanze dei taxa rinvenuti a Punta Alberete sono proposte in Tabella 21:

Tabella 21. *Abbondanza delle famiglie di macroinvertebrati bentonici, espressa in numero di individui per bennata, nei campioni raccolti nel sedimento di Punta Alberete prima e dopo il periodo estivo*

	<u>Prima</u>								<u>Dopo</u>							
	PN1	PN1	PN2	PN2	PS1	PS1	PS2	PS2	PN1	PN1	PN2	PN2	PS1	PS1	PS2	PS2
	A	B	A	B	A	B	A	B	C	D	C	D	C	D	C	D
<i>Chironomidae</i>	5	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaoboridae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stratiomyidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Limoniidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Muscidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratopogonidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tabanidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Syrphidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pupa ni</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dytiscidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hydrophilidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corixidae</i>	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pleidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Baetidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Asellidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oligochaeta</i>	543	439	109	182	146	133	147	88	299	135	231	64	29	43	90	6

Per la maggior parte dei siti di Punta Alberete, la popolazione del macrobenthos nel sedimento è composta principalmente da oligocheti per un totale di 2684 organismi campionati, per cui è intuibile che la distinzione dei punti prima e dopo il periodo estivo per quest'area sia influenzata principalmente dall'abbondanza di questo taxa.

Sia PN che PS non risultano molto diverse nei due periodi di campionamento ed entrambe registrano una diminuzione dell'abbondanza media di oligocheti (Tab. 22 e Tab. 23)

Tabella 22. *Risultato dell'applicazione dei SIMPER al confronto tra i popolamenti di macroinvertebrati bentonici associati al sedimento del sito PN (Punta Alberete nord) prima e dopo il periodo estivo. Le abbondanze sono espresse come numero di individui raccolti per bennata. Dissimilarità media 24,7%.*

Famiglia	Abbondanza media		Contributo alla dissimilarità di Bray-Curtis (%)	Contributo cumulato (%)
	PN Prima	PN Dopo		
Oligochaeta	318,3	182,5	78,7	78,7

Tabella 23. Risultato dell'applicazione dei SIMPER al confronto tra i popolamenti di macroinvertebrati bentonici associati al sedimento del sito PS (Punte Alberete sud) prima e dopo il periodo estivo. Le abbondanze sono espresse come numero di individui raccolti per bennata. Dissimilarità media 37,1%.

Famiglia	Abbondanza media		Contributo alla dissimilarità di Bray-Curtis (%)	Contributo cumulato (%)
	PS Prima	PSDopo		
Oligochaeta	128,5	42,0	84,86	84,86

La comunità di macroinvertebrati presenti nel sedimento di Valle Mandriole è definita in maniera dominante dal taxa degli oligocheti (Tab. 24) , con un totale di 1230 individui campionati.

Tabella 24. Abbondanza delle famiglie di macroinvertebrati bentonici, espressa in numero di individui per bennata, nei campioni raccolti nel sedimento di Valle Mandriole prima e dopo il periodo estivo

	<u>Prima</u>								<u>Dopo</u>							
	VM1	VM1	VM2	VM2	VM3	VM3	VM4	VM4	VM1	VM1	VM2	VM2	VM3	VM3	VM4	VM4
	A	B	A	B	A	B	A	B	C	D	C	D	C	D	C	D
<i>Chironomidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	0	0
<i>Chaoboridae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stratiomyidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Limonidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Muscidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratopogonidae</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tabanidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Syrphidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pupa ni</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dytiscidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hydrophilidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corixidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pleidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Baetidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Asellidae</i>	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oligochaeta</i>	318	86	173	58	220	103	55	55	12	26	8	2	3	5	79	27

Analogamente a quanto detto per Punte Alberete, i due siti di Valle Mandriole non si differenziano particolarmente nei due periodi se non per un calo dell'abbondanza media di oligocheti (Tab. 25 e Tab. 26).

Tabella 25. Risultato dell'applicazione dei SIMPER al confronto tra i popolamenti di macroinvertebrati bentonici associati al sedimento del sito VMN (Valle Mandriole nord) prima e dopo il periodo estivo. Le abbondanze sono espresse come numero di individui raccolti per bennata. Dissimilarità media 59,0%.

Famiglia	Abbondanza media		Contributo alla dissimilarità di Bray-Curtis (%)	Contributo cumulato (%)
	VMN Prima	VMN Dopo		
Oligocheti	158,8	12,0	88,6	88,6

Tabella 26. Risultato dell'applicazione dei SIMPER al confronto tra i popolamenti di macroinvertebrati bentonici associati al sedimento del sito VMS (Valle Mandriole sud) prima e dopo il periodo estivo. Le abbondanze sono espresse come numero di individui raccolti per bennata. Dissimilarità media 45,9%.

Famiglia	Abbondanza media		Contributo alla dissimilarità di Bray-Curtis (%)	Contributo cumulato (%)
	VMS Prima	VMS Dopo		
Oligocheti	108,3	28,5	86,6	86,6

Per quanto riguarda la pineta, la composizione del popolamento si presenta più eterogenea e con un numero maggiore di specie rispetto alle altre due aree, mostrando una più marcata presenza di insetti come Chironomidae e Ceratopogonidae, anche se il taxa più abbondante rimane quello degli oligocheti (Tab. 27).

Tabella 27. *Abbondanza delle famiglie di macroinvertebrati bentonici, espressa in numero di individui per bennata, nei campioni raccolti nel sedimento dello stagno in Pineta S.Vitale prima e dopo il periodo estivo*

	<u>Prima</u>				<u>Dopo</u>			
	PI1A	PI1B	PI2A	PI2B	PI1C	PI1D	PI2C	PI2D
<i>Chironomidae</i>	15	2	5	0	3	12	2	6
<i>Chaoboridae</i>	0	1	0	16	0	0	0	0
<i>Stratiomyidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Limoniidae</i>	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Muscidae</i>	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Ceratopogonidae</i>	0	0	0	1	1	16	0	2
<i>Tabanidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Syrphidae</i>	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Pupa ni</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dytiscidae</i>	1	0	0	0	0	0	2	0
<i>Hydrophilidae</i>	0	0	0	0	2	0	2	1
<i>Corixidae</i>	0	0	1	0	0	0	1	0
<i>Pleidae</i>	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Baetidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Asellidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oligocheti</i>	1	117	0	0	6	22	0	5

La differenza tra prima e dopo il periodo estivo per l'area della pineta è piuttosto marcata (dissimilarità media pari a 70,62%) ed è imputabile principalmente alla riduzione del numero di oligocheti e di caboridi, ed ad un aumento di *Ceratopogonidae* (Tab 28).

Tabella 28. *Risultato dell'applicazione dei SIMPER al confronto tra i popolamenti di macroinvertebrati bentonici associati al sedimento dello stagno in Pineta S.Vitale prima e dopo il periodo estivo. Le abbondanze sono espresse come numero di individui raccolti per bennata. Dissimilarità media 70,6%.*

Famiglia	Abbondanza media		Contributo alla dissimilarità di Bray-Curtis (%)	Contributo cumulato (%)
	Stagno Pineta			
	Prima	Stagno Pineta Dopo		
<i>Oligochaeta</i>	29,5	8,3	28,8	28,8
<i>Chironomidae</i>	5,5	5,8	12,5	41,3
<i>Chaoboridae</i>	4,3	0	11,8	53,1
<i>Ceratopogonidae</i>	0,3	4,8	11,8	64,9
<i>Hydrophilidae</i>	0	1,3	9,7	74,5
<i>Dytiscidae</i>	0,3	0,5	4,9	79,4

5.1.2.1 Analisi di impatto

L'analisi della varianza applicata al set di dati sul sedimento non ha individuato l'esistenza di un impatto sul sito VMS (Tab. 29)

Tabella 29. Tavola dei risultati dell'analisi PERMANOVA sulla significatività dei fattori del disegno di campionamento sul benthos del sedimento

<i>Fonte di variabilità</i>	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>Pseudo-F</i>	<i>P</i>	<i>Numero di permutazioni</i>
Impatto vs. controllo	1	1939	1939	0,398	0,962	9933
Periodo	1	6371	6371	3,576	0,021	9960
Sito(Impatto vs. controllo)	3	23477	7826	3,221	0,028	9947
Data(Periodo)	2	972	486	0,352	0,893	9951
Impatto vs. controlloxPeriodo	1	729	729	0,964	0,513	9945
Punto(Sito(Impatto vs. controllo))	5	6263	1253	1,911	0,041	9905
Impatto vs. controlloxDato(Periodo)	2	1012	506	0,366	0,878	9947
Sito(Impatto vs. controllo)xPeriodo	3	5044	1682	0,988	0,507	9917
Sito(Impatto vs. controllo)xData(Periodo)	6	8285	1381	2,106	0,016	9913
Punto(Sito(Impatto vs. controllo))xPeriodo	5	4918	984	1,501	0,156	9921
Residua	10	6556	656			
Totale	39	68767				

La significatività dei fattori *Impatto vs. controlloxPeriodo* e *Impatto vs. controlloxDato* risulta infatti rispettivamente $P=0,513$ e $P=0,878$, valori molto superiori al limite di 0,05. Risultano invece significativi i fattori *Periodo*, *Sito* e l'interazione *SitoxDato*, insufficienti a dimostrare l'impatto. Analogamente ai campioni di vegetazione, è stato fatta anche un'analisi del potenziale impatto sulla diversità utilizzando l'indice di Shannon come variabile (Tab. 30).

Tabella 30. *Diversità tassonomica per ogni punto di campionamento nelle quattro date. S, numero di famigli; N, numero di individui totali per per minuto di campionamento; H', indice di Shannon*

Punto	S	N	H'
PN1A	2	548	0,074929
PN1B	2	442	0,058647
PN1C	2	306	0,157296
PN1D	2	136	0,062683
PN2A	1	109	0
PN2B	1	182	0
PN2C	1	231	0
PN2D	1	64	0
PS1A	2	147	0,058758
PS1B	2	134	0,063458
PS1C	1	29	0
PS1D	1	43	0
PS2A	2	148	0,058427
PS2B	2	89	0,08888
PS2C	1	90	0
PS2D	1	6	0
VM1A	3	320	0,061001
VM1B	1	86	0
VM1C	2	13	0,391244
VM1D	1	26	0
VM2A	2	174	0,051043
VM2B	1	58	0
VM2C	2	9	0,503258
VM2D	1	2	0
VM3A	1	220	0
VM3B	2	104	0,078232
VM3C	1	3	0
VM3D	2	7	0,863121
VM4A	2	56	0,129234
VM4B	1	55	0
VM4C	1	79	0
VM4D	1	27	0
PI1A	4	18	0,914183
PI1B	3	120	0,191618
PI1C	5	13	1,987773
PI1D	4	51	1,650326
PI2A	2	6	0,650022
PI2B	2	17	0,322757
PI2C	5	8	2,25
PI2D	7	18	2,441069

Come per i campioni di vegetazione, anche per il sedimento la pineta presenta valori di indice di Shannon più elevati rispetto agli altri siti. Un valore pari a 0 indica che nel punto è stata trovata una sola specie. La valutazione statistica della variazione dell'indice è stata fatta applicando anche in questo caso l'analisi della varianza sul disegno di campionamento (Tab. 31)

Tabella 31. *Tavola dei risultati dell'analisi PERMANOVA sulla significatività dei fattori del disegno di campionamento*

<i>Fonte di variabilità</i>	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>Pseudo-F</i>	<i>P</i>	<i>Numero di permutazioni</i>
Impatto vs. controllo	1	0,3759	0,3759	0,135	0,978	9976
Periodo	1	0,5608	0,5608	0,507	0,736	9958
Sito(Impatto vs. controllo)	3	9,1634	3,0545	32,439	0,003	9963
Data(Periodo)	2	0,0898	0,0449	0,830	0,487	9964
Impatto vs. controlloxPeriodo	1	0,1117	0,1117	0,127	0,983	9973
Punto(Sito(Impatto vs. controllo))	5	0,2052	0,0410	1,318	0,329	9949
Impatto vs. controlloxDato(Periodo)	2	0,2741	0,1371	2,535	0,158	9949
Sito(Impatto vs. controllo)xPeriodo	3	3,5040	1,1680	10,832	0,0003	9944
Sito(Impatto vs. controllo)xData(Periodo)	6	0,3244	0,0541	1,736	0,208	9943
Punto(Sito(Impatto vs. controllo))xPeriodo	5	0,2832	0,0566	1,818	0,190	9964
Residua	10	0,3115	0,0312			
Totale	39	16,0370				

L'analisi non evidenzia alcun tipo di impatto sulla diversità dei popolamenti macrobentonici, ma evidenzia una differenza tra siti ($P=0,003$) e una interazione *Sito*x*Periodo* ($P=0,0003$) Le differenze tra i siti, anche se non significative dall'analisi post-hoc, sono associate molto probabilmente a valori più elevati dell'indice di Shannon per il sito in pineta.

5.2 ACQUE

Le variabili studiate per l'analisi delle acque sono state profondità dell'acqua, temperatura, pH, eH, conduttività elettrica, alcalinità, totalità dei solidi sospesi, solidi sospesi volatili, azoto ammoniacale, solfati, azoto nitrico, azoto nitroso e fosfati. Come per i dati ecologici, è stato prodotto un plot MDS (Fig. 20) per identificare possibili raggruppamenti dei vari punti di campionamento. Il coefficiente di stress pari a 0,19 del plot MDS non consente di trarre conclusioni troppo dettagliate sull'ordinamento dei punti.

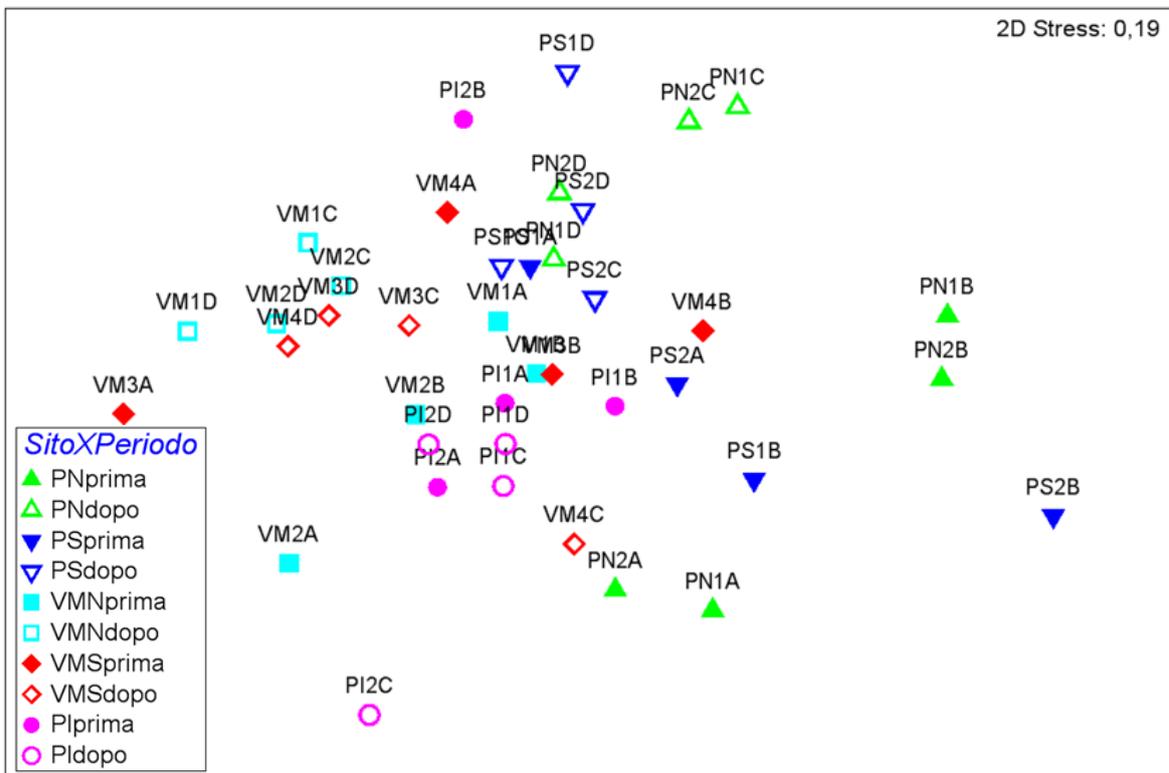


Figura 20. Grafico MDS basato sui parametri chimico-fisici delle acque (distanza euclidea).

Il grafico mostra una sovrapposizione piuttosto marcata dei punti, soprattutto per quanto riguarda i siti PI, VMS e VMN nel periodo prima del prosciugamento estivo. I siti PN e PS, sempre nello stesso periodo, tendono a discostarsi leggermente dagli altri punti. Globalmente è possibile riscontrare, per tutti i siti, uno scostamento verso la parte superiore del grafico dei punti campionati nel periodo dopo la messa in secca di VMS, tranne quelli del sito PI che, sempre nello stesso periodo, mostrano una tendenza a spostarsi verso il

basso. Da notare anche che nel periodo post prosciugamento, i punti di campionamento tendono a raggrupparsi maggiormente ed essere meno dispersi, fatto particolarmente evidente soprattutto per PN e PS, che si raggruppano nella parte alta del grafico. I punti dei siti VMN e VMS tendono a raggrupparsi invece verso la parte superiore sinistra del grafico, ad eccezione fatta del punto VM4D. Complessivamente è possibile notare come i punti dei vari siti tendono ad essere sovrapposti tra loro nel periodo prima, mentre tendono a formare gruppi separati tra loro nel periodo dopo.

La dissimilarità media tra Valle Mandriole e Punta Alberete è definita dal contributo di più variabili (Tab. 32). In particolare, a Valle Mandriole la concentrazione media di solfato è maggiore. Inoltre, la concentrazione media di solidi sospesi totali e volatili, quella di fosfati e quella di azoto ammoniacale è maggiore per Punta Alberete.

Tabella 32. Risultato dell'applicazione dei SIMPER al confronto tra i parametri chimico fisici delle acque associati a Punta Alberete e Valle Mandriole. Distanza media al quadrato 32,6.

Parametro	Valore medio		Contributo distanza euclidea media al quadrato (%)	Contributo cumulato (%)
	Punte Alberete	Valle Mandriole		
Solfati (mg/l)	14,4	251,6	11,8	11,8
Solidi sospesi volatili (mg/ml)	0,0313	0,0127	8,7	20,5
Solidi sospesi totali (mg/ml)	0,0641	0,0204	8,6	29,1
Fosfati (mg/l)	1,6	0,68	8,2	37,3
pH superficie	7,7	8,0	8,0	45,3
Azoto nitroso (mg/l)	0,005	0,01	7,6	52,9
Azoto ammoniacale (mg/l)	0,29	0,14	7,5	60,4
eH superficie (mV)	135,0	177,5	7,3	67,7
T superficie (°C)	19,7	17,2	7,1	74,8
Alcalinità (meq)	6,6	4,6	6,9	81,6

Un contributo rilevante alla differenza tra la pineta e Punta Alberete è dato dalla conduttività, un risultato atteso visto le sensibili differenze evidenti già in fase di campionamento. Le acque della pineta appaiono anche meno ricche di nutrienti e di solidi sospesi e risultano anche meglio ossigenate (Tab. 33).

Tabella 33. Risultato dell'applicazione dei SIMPER al confronto tra i parametri chimico fisici delle acque associati a Punta Alberete e allo stagno in Pineta S.Vitale.. Distanza media al quadrato 32,5.

Parametro	Valore medio		Contributo distanza euclidea media al quadrato (%)	Contributo cumulato (%)
	Punte Alberete	Stagno Pineta		
Conduttività (μS)	672,3	4223,1	19,4	19,4
Solidi sospesi totali (mg/ml)	0,0641	0,0142	9,0	28,4
Ossigeno (mg/l)	4,5	8,1	8,5	36,9
Profondità acqua (m)	0,48	0,44	8,2	45,1
Fosfati (mg/l)	1,60	0,61	8,0	53,1
Azoto ammoniacale (mg/l)	0,29	0,05	7,7	60,8
Solidi sospesi volatili (mg/l)	0,0313	0,0116	7,2	68,1
eH superficie (mV)	135,0	169,5	6,6	74,6
pH superficie	7,7	8,0	6,3	80,9

Le differenze che intercorrono tra Valle Mandriole e la pineta sono nuovamente definite principalmente dalla conduttività. Le acque della pineta risultano inoltre più alcaline e più povere di nitrati e nitriti (Tab. 34)

Tabella 34. Risultato dell'applicazione dei SIMPER al confronto tra i parametri chimico fisici delle acque associati a Valle Mandriole e allo stagno in Pineta S.Vitale. Distanza media al quadrato 25,9.

Parametro	Valore medio		Contributo distanza euclidea media al quadrato (%)	Contributo cumulato (%)
	Valle Mandriole	Stagno Pineta		
Conduttività (μS)	920,9	4223,1	21,3	21,3
Alcalinità (meq)	4,6	7,9	15,7	36,9
Azoto nitroso (mg/l)	0,01	0,003	10,1	47,0
Azoto nitrico (mg/l)	0,33	0,8	9,2	56,3
Profondità acqua (m)	0,45	0,44	7,3	63,5
Solfati (mg/l)	251,6	126,5	7,2	70,7
Ossigeno (mg/l)	8,8	8,1	6,9	77,6

L'analisi grafica tramite i grafici a bolle del set di parametri ha evidenziato una situazione piuttosto complessa. Le differenze tra aree non risultano eccessivamente marcate ed inoltre non sono stati rilevati parametri specifici che concorrono prevalentemente alla separazione

dei punti. Certamente un parametro che influisce più degli altri sulla separazione dei punti è la concentrazione di solfati, che seguono un ordinamento orizzontale (Fig. 21). La figura mostra valori di questo parametro più elevati verso la parte sinistra del grafico, associati quindi ai punti di Valle Mandriole.

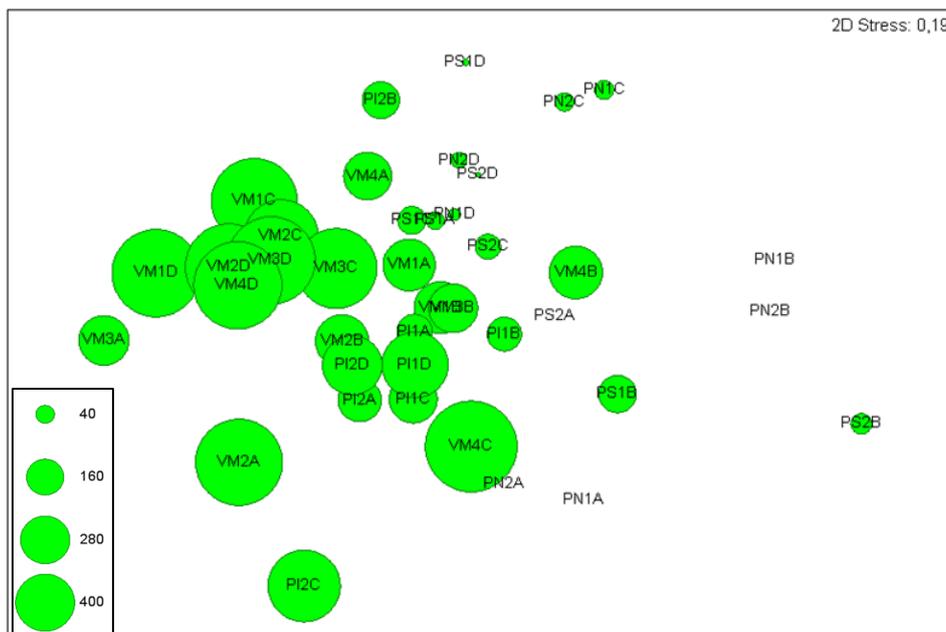


Figura 21. Grafico a bolle della concentrazione di solfati, sovrapposto al diagramma MDS basato sui valori dei parametri standardizzati relativi alle acque. I valori della legenda rappresentano la concentrazione di solfati in mg/l.

I fosfati seguono invece un ordinamento contrario e tendono ad essere maggiori per i punti appartenenti a Punte Alberete (Fig. 22)

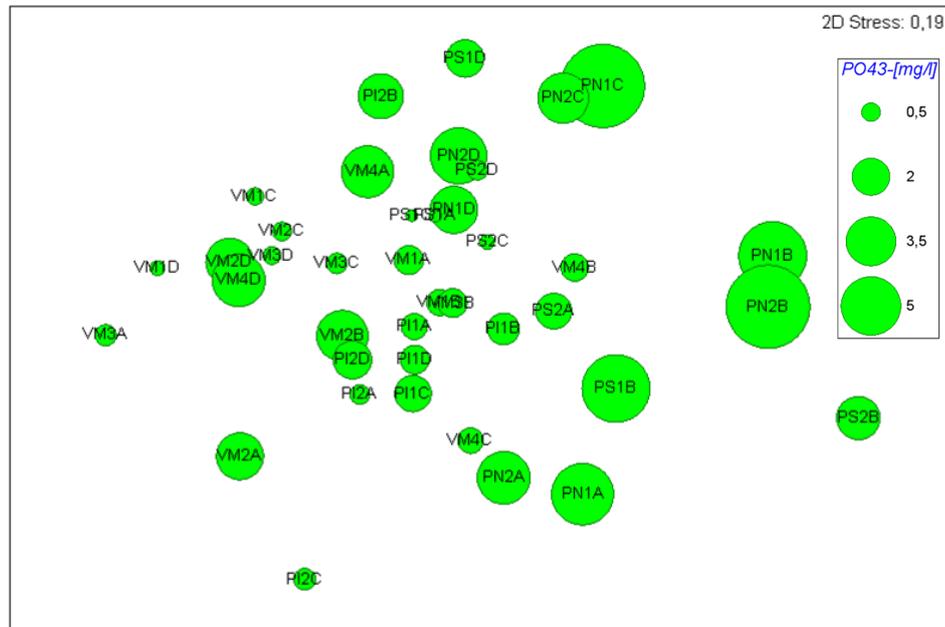


Figura 22. Grafico a bolle della concentrazione di fosfati, sovrapposto al diagramma MDS basato sui valori dei parametri standardizzati relativi alle acque. I valori della legenda rappresentano la concentrazione di fosfati in mg/l.

I solidi sospesi totali seguono un'andamento simile ai fosfati e mostrano piuttosto chiaramente la separazione tra Valle Mandriole e le altre due aree (Fig. 23).

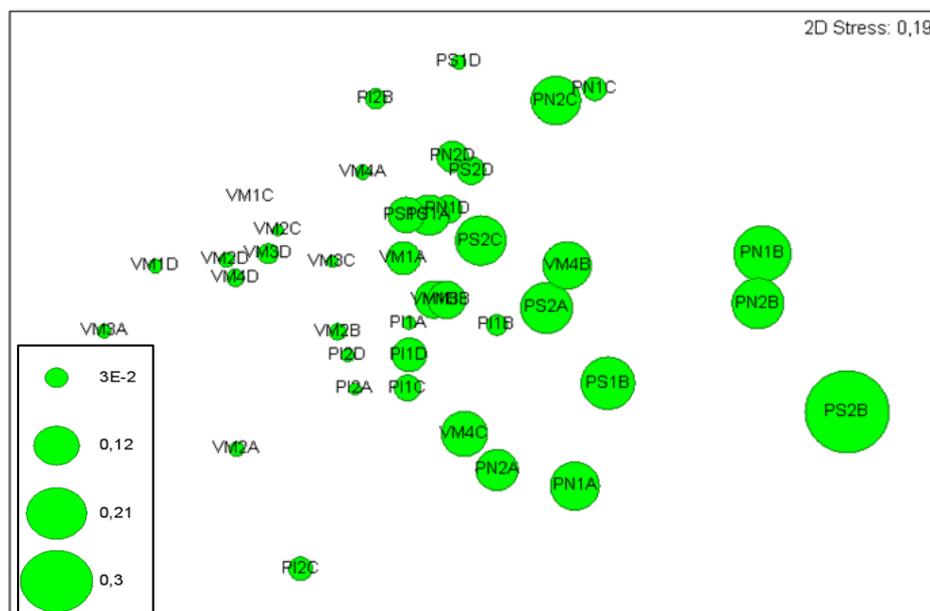


Figura 23. Grafico a bolle della concentrazione di solidi sospesi totali, sovrapposto al diagramma MDS basato sui valori dei parametri standardizzati relativi alle acque. I valori della legenda rappresentano la concentrazione solidi sospesi totali in mg/ml.

In generale, la pineta si differenzia dagli altri due siti per un'acqua decisamente più salina e per un contenuto di solidi sospesi totali mediamente inferiori, quindi più limpida. I dati relativi a Punta Alberete (Tab. 35 e Tab. 36) mostrano alcune differenze tra i periodi prima e dopo, in particolare riguardo ai valori di temperatura superficiale dell'acqua e di profondità

Tabella 35. Set di dati sui parametri delle acque relativi all'area di Punta Alberete prima del periodo estivo

<i>Parametri</i>	Prima							
	PN1A	PN1B	PN2A	PN2B	PS1A	PS1B	PS2A	PS2B
Profondità acqua (m)	0,44	0,17	0,44	0,25	0,43	0,17	0,32	0,1
Temperatura superficie (°C)	26,4	27,8	24,4	30,5	19,9	30,1	20	27,4
pH superficie	8,45	7,58	8,86	7,74	7,71	7,86	7,6	7,43
Conduttività (µS)	698	980	703	975	678	565,1	760	713,3
Ossigeno (mg/l)	15,5	3,9	12,5	6,1	3,6	7,2	2,6	1,7
eH superficie (mV)	128,6	101,8	196	158,9	204,7	118,5	156,9	25,5
Alcalinità (meq)	7,7	9,4	5,4	8,9	7	5,2	8,4	8,4
Azoto ammoniacale (mg/l)	0	1,05	0	0,85	0,03	0	0,02	0,04
Azoto nitroso (mg/l)	0	0,003	0,001	0,007	0,017	0,001	0	0,006
Azoto nitrico (mg/l)	0	1	0,6	0,3	1,9	0,1	0,2	0,4
Solfati (mg/l)	0	0	0	0	16	68	0	21
Fosfati (mg/l)	2,24	2,7	1,63	4,1	0,09	2,7	0,76	1,1
Solidi sospesi totali (mg/ml)	0,0725	0,0978	0,0530	0,0807	0,0508	0,0862	0,0811	0,2115
Solidi sospesi volatili (mg/ml)	0,0549	0,0496	0,0505	0,0441	0,0246	0,0409	0,0267	0,0578

Tabella 36. Set di dati sui parametri delle acque relativi all'area di Punta Alberete dopo il periodo estivo

<i>Parametri</i>	Dopo							
	PN1C	PN1D	PN2C	PN2D	PS1C	PS1D	PS2C	PS2D
Profondità acqua (m)	0,55	0,7	0,75	0,78	0,7	0,7	0,55	0,62
Temperatura superficie (°C)	14,9	13,3	15	13,2	15,5	10,3	15,6	10,2
pH superficie	7,45	7,46	7,61	7,15	7,57	7,71	7,44	7,47
Conduttività (µS)	571,3	604,8	536,9	601,14	483,2	662,6	540,4	684,5
Ossigeno (mg/l)	0,6	5,1	1,6	2,9	2,7	1,3	2,8	1,8
eH superficie (mV)	166,9	111,6	191,5	185,4	214,2	-54,7	219,9	34,4
Alcalinità (meq)	5,6	5,6	5,7	5,3	4,6	5,7	6,1	6,1
Azoto ammoniacale (mg/l)	0,9	0,08	1,1	0,18	0,02	0,19	0,04	0,11
Azoto nitroso (mg/l)	0,006	0,006	0,012	0,008	0,002	0,002	0,005	0,003
Azoto nitrico (mg/l)	1,2	1,4	1,4	1	1,1	1,1	1	1,1
Solfati (mg/l)	18	7	17	12	38	2	31	1
Fosfati (mg/l)	4,1	1,31	1,5	1,86	0,08	0,83	0,13	0,23
Solidi sospesi totali (mg/ml)	0,0172	0,0241	0,0738	0,0297	0,0397	0,0063	0,0769	0,0237
Solidi sospesi volatili (mg/ml)	0,0169	0,0239	0,0291	0,0139	0,0201	0,0063	0,0293	0,0123

Confrontando il sito PN prima e dopo, si ottiene che le variabili che maggiormente influenzano la distanza tra i gruppi PN prima e dopo sono pH superficiale, temperatura superficiale, ossigeno disciolto profondità e concentrazione di azoto ammoniacale (Tab. 37)

Tabella 37. Risultato dell'applicazione dei SIMPER al confronto tra i parametri chimico fisici delle acque associati al sito PN (Punte Alberete nord) prima e dopo il periodo estivo. Distanza media al quadrato 34,9.

Parametro	Valore medio		Contributo distanza euclidea media al quadrato (%)	Contributo cumulato (%)
	PN prima	PN dopo		
pH superficie	8,2	7,4	16,3	16,3
Azoto ammoniacale (mg/l)	0,48	0,57	14,2	30,5
Profondità acqua (m)	0,33	0,70	11,9	42,4
Temperatura superficie (°C)	27,3	14,1	11,0	53,4
Ossigeno (mg/l)	9,5	2,6	10,6	64,0
Solidi sospesi volatili (mg/ml)	0,0498	0,0209	8,9	72,9
Alcalinità (meq)	7,9	5,6	6,6	79,5

Le distanze tra prima e dopo per il sito PS sono invece maggiormente influenzate dal quantitativo di solidi sospesi totali, eH superficiale profondità e temperatura (Tab. 38)

Tabella 38. Risultato dell'applicazione dei SIMPER al confronto tra i parametri chimico fisici delle acque associati al sito PS (Punte Alberete sud) prima e dopo il periodo estivo. Distanza media al quadrato 27,3.

Parametro	Valore medio		Contributo distanza euclidea media al quadrato (%)	Contributo cumulato (%)
	PS prima	PS dopo		
Solidi sospesi totali (mg/ml)	0,1074	0,0366	21,1	21,1
eH superficie (mV)	126,4	66,6	16,3	37,4
Profondità acqua (m)	0,26	0,64	16,3	53,7
Temperatura superficie (°C)	24,4	12,9	12,5	66,2
Solidi sospesi volatili (mg/ml)	0,0375	0,0170	8,6	74,8
Azoto nitrico (mg/l)	0,65	1,08	7,4	82,2

In generale, le acque di Punte Alberete campionate dopo il periodo estivo presentano una profondità maggiore (evidente già in campo durante i campionamenti) e una temperatura superficiale mediamente minore rispetto a quelle prima, variazioni giustificabili anche con il cambio di stagione. I solidi sospesi totali tendono ad essere presenti in minor quantità nelle acque campionate dopo il periodo estivo.

Il set di dati sulle acque per Valle Mandriole è proposto nelle tabelle 39 e 40:

Tabella 39. *Set di dati sui parametri delle acque relativi all'area di Valle Mandriole prima del periodo estivo*

<i>Parametri</i>	Prima							
	VM1A	VM1B	VM2A	VM2B	VM3A	VM3B	VM4A	VM4B
Profondità acqua (m)	0,55	0,35	0,75	0,48	0,65	0,46	0,41	0,24
Temperatura superficiale (°C)	23,6	22	23,9	20,9	22,3	22,8	21,6	28,1
pH superficiale	7,89	8,05	8,83	8,59	8,52	7,93	7,75	7,76
Conduttività (µS)	767	871	708,3	846	758,6	878,4	777,6	936
Ossigeno (mg/l)	7,4	8,3	14,1	11,3	11,5	7	6	5,9
eH superficiale (mV)	124,9	127,3	130,8	167	144,7	130,8	181	110,3
Alcalinità (meq)	4,4	5,9	4,1	4,1	3,9	6,9	5,8	6,9
Azoto ammoniacale (mg/l)	0,12	0,11	0,04	0,05	0,07	0,09	0,05	0,75
Azoto nitroso (mg/l)	0,008	0,004	0	0,002	0,04	0,001	0,008	0,002
Azoto nitrico (mg/l)	1,5	1	0	0,9	0,6	0,8	2,6	1,5
Solfati (mg/l)	130	130	360	135	120	115	110	135
Fosfati (mg/l)	0,5	0,41	1,3	1,54	0,27	0,49	1,59	0,44
Solidi sospesi totali (mg/ml)	0,0343	0,0434	0,0070	0,0085	0,0058	0,0441	0,0066	0,0704
Solidi sospesi volatili (mg/ml)	0,0200	0,0201	0,0070	0,0072	0,0058	0,0168	0,0066	0,0253

Tabella 40. *Set di dati sui parametri delle acque relativi all'area di Valle Mandriole dopo il periodo estivo*

<i>Parametri</i>	Dopo							
	VM1C	VM1D	VM2C	VM2D	VM3C	VM3D	VM4C	VM4D
Profondità acqua (m)	0,4	0,35	0,58	0,58	0,45	0,4	0,3	0,27
Temperatura superficiale (°C)	16,7	5,1	16,8	5,3	17,9	5,2	17,3	6,4
pH superficiale	7,57	8,17	7,92	8,02	7,69	7,98	7,76	8,02
Conduttività (µS)	899,8	1081	844,8	1080	964,6	1101	1100	1121
Ossigeno (mg/l)	5,8	12,5	11	12,4	6,3	7	4,2	11,2
eH superficiale (mV)	239,2	208,7	287,2	248,8	200	195	213,6	130
Alcalinità (meq)	3,5	3,9	4,6	3,4	3,9	3,5	4,7	3,6
Azoto ammoniacale (mg/l)	0,21	0,08	0,2	0,12	0,17	0,12	0	0,02
Azoto nitroso (mg/l)	0,021	0,028	0,004	0,006	0,01	0,008	0,005	0,013
Azoto nitrico (mg/l)	1,3	1,2	1,9	1,3	0,7	1,1	0,7	1,6
Solfati (mg/l)	350	370	260	360	310	370	400	370
Fosfati (mg/l)	0,18	0,13	0,21	1,33	0,25	0,19	0,39	1,64
Solidi sospesi totali (mg/ml)	0,0000	0,0060	0,0037	0,0070	0,0040	0,0126	0,0638	0,0093
Solidi sospesi volatili (mg/ml)	0,0000	0,0060	0,0037	0,0057	0,0040	0,0061	0,0624	0,0060

Le differenze esistenti tra prima e dopo il periodo estivo sito per il sito VMN (Tab. 41) sono principalmente imputabili alla concentrazione di azoto nitroso, in aumento nel periodo autunnale. Le acque di questo sito, oltre ad essere più fredde nel periodo autunnale, sono anche più acide.

Tabella 41. Risultato dell'applicazione dei SIMPER al confronto tra i parametri chimico fisici delle acque associati al sito VMN (Valle Mandriole nord) prima e dopo il periodo estivo. Distanza media al quadrato 20,5.

Parametro	Valore medio		Contributo distanza euclidea media al quadrato (%)	Contributo cumulato (%)
	VMN prima	VMN dopo		
Azoto nitroso (mg/l)	0,004	0,015	18,2	18,2
Temperatura superficie (°C)	22,6	11,0	17,8	36,0
eH superficie (mV)	137,5	246,0	14,9	50,9
pH superficie	8,3	7,9	12,2	63,1
Azoto nitrico (mg/l)	0,85	1,43	9,7	72,7
Solfati (mg/l)	188,6	335	8,9	81,6

Le acque della porzione sud di Valle Mandriole registrano invece il trend opposto per quanto riguarda l'azoto nitroso, mentre presentano una concentrazione di solfati decisamente più elevata (Tab. 42).

Tabella 42. Risultato dell'applicazione dei SIMPER al confronto tra i parametri chimico fisici delle acque associati al sito VMS (Valle Mandriole sud) prima e dopo il periodo estivo. Distanza media al quadrato 8,4.

Parametro	Valore medio		Contributo distanza euclidea media al quadrato (%)	Contributo cumulato (%)
	VMS prima	VMS dopo		
Azoto nitroso (mg/l)	0,013	0,009	17,9	17,9
Temperatura superficie (°C)	23,7	11,7	16,4	34,3
Solfati (mg/l)	120,0	362,5	13,6	47,9
Solidi sospesi volatili (mg/ml)	0,0136	0,0196	10,2	58,1
Azoto nitrico (mg/l)	1,38	1,03	10,1	68,2
Alcalinità (meq)	5,9	3,9	6,8	75,0

I parametri campionati in pineta mostrano delle differenze significative rispetto alle altre due aree, in particolare riguardo alla conduttività (Tab. 43)

Tabella 43. *Set di dati sui parametri delle acque relativi allo stagno in Pineta S.Vitale prima e dopo il periodo estivo*

Parametri	Prima				Dopo			
	PI1A	PI1B	PI2A	PI2B	PI1C	PI1D	PI2C	PI2D
Profondità acqua (m)	0,8	0,3	0,7	0,55	0,12	0,4	0,15	0,55
Temperatura superficie (°C)	17,1	24,2	17,8	23,4	12	14,6	14,8	14,7
pH superficie	7,74	7,68	8,2	7,76	8,26	8,05	8,16	8,13
Conduttività (µS)	3420	4543	3876	5324	3222	3630	6268	3502
Ossigeno (mg/l)	5,2	2,5	9	2,1	5,72	8,8	18,2	12,9
eH superficie (mV)	96,3	116,7	150	229,4	222,1	160,7	216,1	164,9
Alcalinità (meq)	6,6	7,5	6,83	8,2	8,2	8,7	9,6	7,9
Azoto ammoniacale (mg/l)	0,07	0,08	0,06	0,11	0,02	0,01	0,03	0,05
Azoto nitroso (mg/l)	0,003	0	0,001	0,001	0,005	0,004	0,006	0,003
Azoto nitrico (mg/l)	0	0,8	0	2,1	0,9	0,8	0,9	0,9
Solfati (mg/l)	60	56	90	66	110	210	250	170
Fosfati (mg/l)	0,4	0,6	0,23	1,2	0,78	0,49	0,28	0,86
Solidi sospesi totali (mg/ml)	0,0053	0,0132	0,0044	0,0127	0,0208	0,0354	0,0169	0,0051
Solidi sospesi volatili (mg/ml)	0,0053	0,0129	0,0044	0,0125	0,0149	0,0206	0,0169	0,0051

Il confronto tra i due periodi di tempo sottolinea come siano profondità dell'acqua, ossigeno disciolto, che tende ad aumentare nel periodo successivo all'estate, e concentrazione di azoto nitrico a definire la separazione dei punti (Tab. 44).

Tabella 44. *Risultato dell'applicazione dei SIMPER al confronto tra i parametri chimico fisici delle acque associati al sito PI (Pineta) prima e dopo il periodo estivo. Distanza media al quadrato 16,6.*

Parametro	Valore medio		Contributo distanza euclidea media al quadrato (%)	Contributo cumulato (%)
	PI prima	PI dopo		
Profondità acqua (m)	0,59	0,30	23,1	23,1
Ossigeno (mg/l)	4,7	11,4	22,7	45,8
Azoto nitrico (mg/l)	0,73	0,89	13,0	58,7
eH superficie (mV)	148,1	191,0	7,5	66,2
Temperatura superficie (°C)	20,6	14,0	7,1	73,3
pH superficie	7,8	8,2	5,7	79,1

Le differenze presenti tra i siti di una stessa area non sono, in generale, imputabili a una variabile in particolare. L'ossigeno disciolto sembra aumentare in maniera rilevante solo

per la pineta, mentre si riduce particolarmente per il sito PN. Per tutti i siti si registra una diminuzione della temperatura superficiale, associata al cambio di stagione, mentre la profondità dell'acqua aumenta a Punte Alberete ma diminuisce nello stagno in pineta.

5.2.1 Analisi statistiche

Le acque presenti nelle tre aree hanno origine differente, ma gli effetti del prosciugamento sul chimismo risultano comunque valutabili. Se i siti di controllo variano in maniera differente rispetto a quello impattato è comunque possibile definire la possibile presenza di un effetto sul sito VMS (Tab. 45)

Tabella 45. *Tavola dei risultati dell'analisi PERMANOVA sulla significatività dei fattori del disegno di campionamento*

<i>Fonte di variabilità</i>	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>Pseudo-F</i>	<i>P</i>	<i>Numero di permutazioni</i>
Impatto vs. controllo	1	19,94	19,94	0,490	0,956	9936
Periodo	1	36,47	36,47	1,150	0,369	9926
Sito(Impatto vs. controllo)	3	160,74	53,58	3,085	0,006	9924
Data(Periodo)	2	40,65	20,33	1,987	0,056	9920
Impatto vs. controlloxPeriodo	1	13,31	13,31	0,832	0,642	9941
Punto(Sito(Impatto vs. controllo))	5	42,58	8,52	1,999	0,009	9906
Impatto vs. controlloxData(Periodo)	2	16,00	8,00	0,782	0,689	9929
Sito(Impatto vs. controllo)xPeriodo	3	60,89	20,30	1,612	0,079	9906
Sito(Impatto vs. controllo)xData(Periodo)	6	61,38	10,23	2,402	0,0004	9899
Punto(Sito(Impatto vs. controllo))xPeriodo	5	25,02	5,00	1,175	0,289	9894
Residua	10	42,59	4,26			
Totale	39	546,00				

I fattori *Impattovs.controlloxDato* e *Impattovs. controlloxDato* non risultano significativi, ad indicare quindi l'assenza di un effettivo impatto riguardo i parametri fisico-chimici delle acque. Quello che emerge dall'analisi è che i siti risultano differenti tra loro ($P=0,006$) così come i punti ($P=0,009$). Significativa è anche l'interazione *SitoxDato*. Il confronto post-hoc tra i siti non ha evidenziato nessuna coppia responsabile delle differenze individuate.

Data la difficoltà nell'individuare le differenze tra i siti considerando tutte le variabili, è stato utile in questo contesto verificare le differenze tra i siti valutando singolarmente i parametri campionati.

Per la temperatura superficiale l'analisi della varianza ha individuato un significativo effetto del fattore *periodo* ($P=0,042$), risultato atteso viste le differenze riscontrate anche in fase di campionamento.

La conduttività superficiale, definisce differenze fortemente significative riguardo al fattore *sito* ($P=0,0037$). Anche se l'analisi post-hoc non consente di identificare coppie di siti responsabili, come già sottolineato dalle tabelle dati risulta che le acque della pineta presentano valori di conduttività decisamente superiori (anche di un ordine di grandezza) a Punta Alberete e Valle Mandriole.

La concentrazione di ossigeno disciolto non sembra essere differente tra i siti o tra i periodi presi come fattori singoli, ma presenta invece delle differenze significative nell'interazione *SitoxPeriodo* ($P=0,0348$). L'analisi post-hoc individua la coppia VMSdopo e PSdopo come la responsabile di tali differenze. Analizzando il set di dati relativi a questa variabile si nota come Punta Alberete tenda ad avere valori di ossigeno disciolto minori rispetto agli altri siti (Fig. 24), in particolare proprio nel periodo autunnale in cui i punti presentano valori decisamente molto bassi proprio nella zona sud.



Figura 24. Grafico a bolle della concentrazione di ossigeno disciolto, sovrapposto al diagramma MDS basato sui valori dei parametri standardizzati relativi alle acque. I valori della legenda rappresentano la concentrazione di ossigeno disciolto in mg/l.

Anche per l'alcalinità risulta significativo il fattore *SitoxPeriodo* ($P=0,04$) ma l'analisi post-hoc non identifica alcuna coppia di siti responsabile. Il set di dati presenta valori di questa variabile piuttosto omogenei nei vari siti presi nei due periodi, anche se per la pineta l'alcalinità tende ad aumentare nel periodo autunnale. L'analisi statistica sull'azoto ammoniacale invece evidenzia una significativa interazione *Impatto vs. controlloxPeriodo* ($P=0,015$), per cui questa variabile presa singolarmente indica un comportamento diverso della porzione sud di Valle Mandriole rispetto ai siti di controllo e quindi un effetto attribuibile al prosciugamento. Il valore medio dell'azoto ammoniacale per VMS infatti subisce una riduzione piuttosto marcata nel periodo dopo il prosciugamento, mentre gli altri siti, ad eccezione della pineta, ne registrano un aumento. Per questa variabile quindi, unico caso nel presente studio, l'applicazione del disegno beyond BACI individuerrebbe un impatto "a pressa". Tale risultato però è influenzato da un unico valore piuttosto elevato riscontrato in VM4B (vedere Tab. 39) che è di molto superiore al secondo valore più alto trovato in tutta Valle Mandriole. La concentrazione di solfati presenta differenze significative sia tra siti ($P=0,001$) che tra i due periodi ($P=0,007$). L'analisi post-hoc non ha individuato differenze peculiari tra siti ma dall'analisi dei dati risulta come Valle Mandriole presenti valori più elevati di solfati, molto superiore ad esempio a Ponte Alberete. Per quanto riguarda la concentrazione di fosfati, l'analisi mostra che esistono differenze tra i siti ($P=0,035$) ma non sono imputabili a coppie in particolare. Da notare che il sito di Ponte Alberete nord presenta comunque valori di fosfati piuttosto elevati se confrontati con quelli degli altri siti. La profondità dell'acqua risulta differente tra i siti se confrontati tra i periodi (interazione *SitoxPeriodo* ($P=0,0001$)), come intuibile anche dalle tabelle dei dati. Le variabili eH,pH, solidi sospesi, azoto nitrico e nitroso non presentano differenze significative.

L'analisi statistica ha mostrato come la concentrazione di ossigeno disciolto, di azoto ammoniacale e di solfati, in aggiunta alla conduttività, siano variabili che influiscono maggiormente delle altre nella differenziazione dei siti. Per verificarlo graficamente è stato prodotto un plot MDS su queste quattro variabili (Fig. 25)

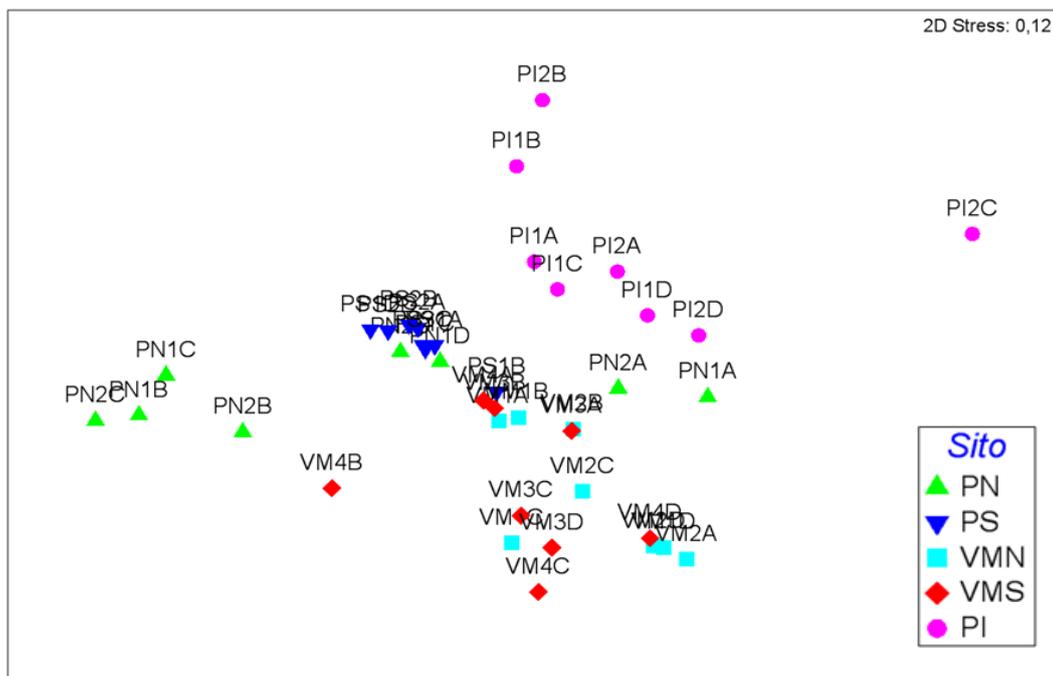


Figura 25. Grafico MDS relativo alle acque utilizzando come variabili la conduttività, l'ossigeno disciolto, la concentrazione di azoto ammoniacale e di solfati (distanza euclidea).

Il grafico mostra come i siti si differenzino piuttosto bene sulla base delle quattro variabili selezionate. La conduttività influenza nettamente la separazione del sito pineta dagli altri (Fig. 26) mentre per quanto riguarda l'ossigeno disciolto è possibile identificare valori maggiori per Valle Mandriole e per lo stagno in pineta rispetto a Punta Alberete (Fig. 27), come già sottolineato dall'analisi della varianza. L'azoto ammoniacale invece tende ad essere maggiore nei siti di Punta Alberete rispetto agli altri (Fig. 28) mentre la concentrazione di solfati è decisamente maggiore nei siti di Valle Mandriole (Fig. 29).

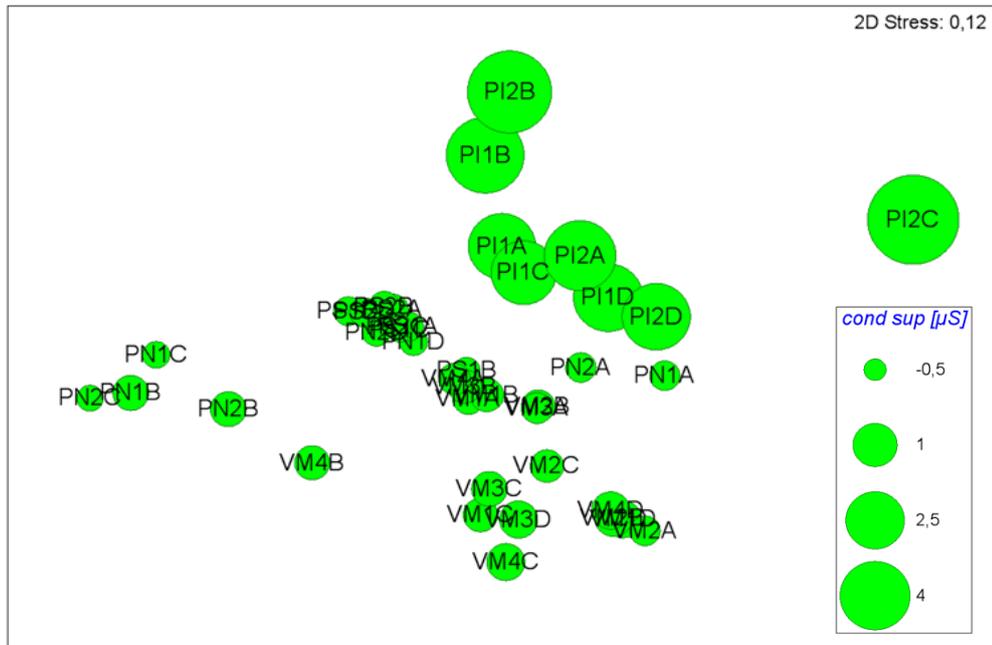


Figura 26. Grafico a bolle della conduttività superficiale, sovrapposto al diagramma MDS basato sui valori di conduttività, ossigeno disciolto, azoto ammoniacale e solfati (parametri standardizzati) relativi alle acque. I valori della legenda rappresentano il valore di conduttività in μS .

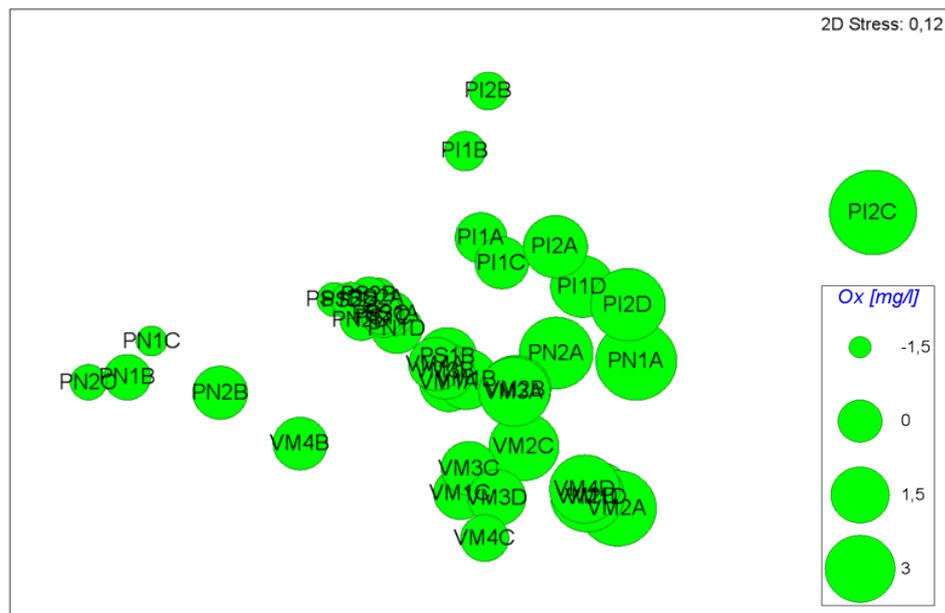


Figura 27. Grafico a bolle dell'ossigeno disciolto, sovrapposto al diagramma MDS basato sui valori di conduttività, ossigeno disciolto, azoto ammoniacale e solfati (parametri standardizzati) relativi alle acque. I valori della legenda rappresentano la concentrazione di ossigeno disciolto in mg/l

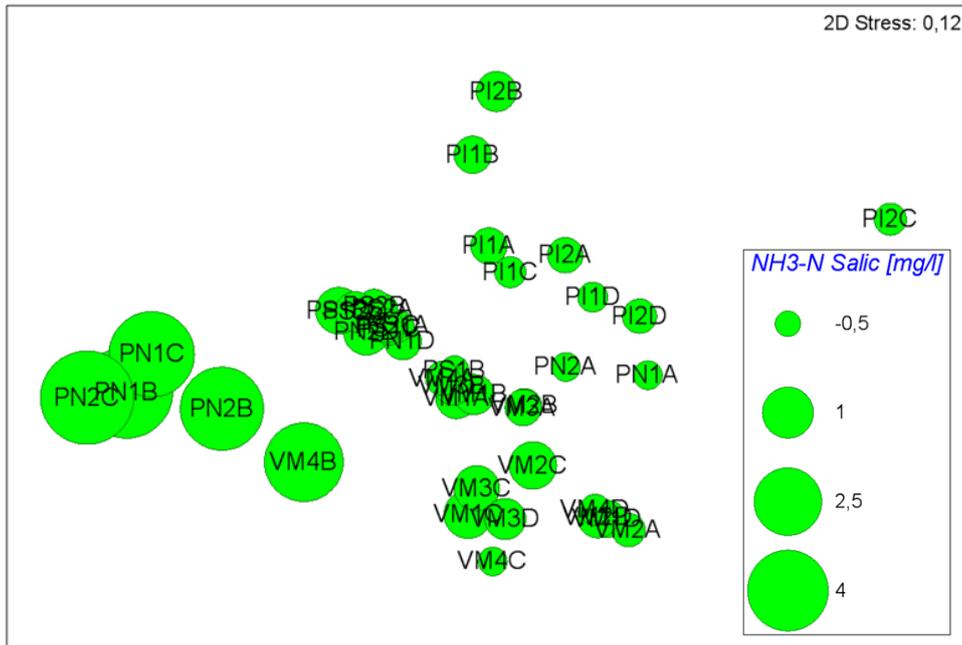


Figura 28. Grafico a bolle della concentrazione di azoto ammoniacale, sovrapposto al diagramma MDS basato sui valori di conduttività, ossigeno disciolto, azoto ammoniacale e solfati (parametri standardizzati) relativi alle acque. I valori della legenda rappresentano la concentrazione di azoto ammoniacale in mg/l

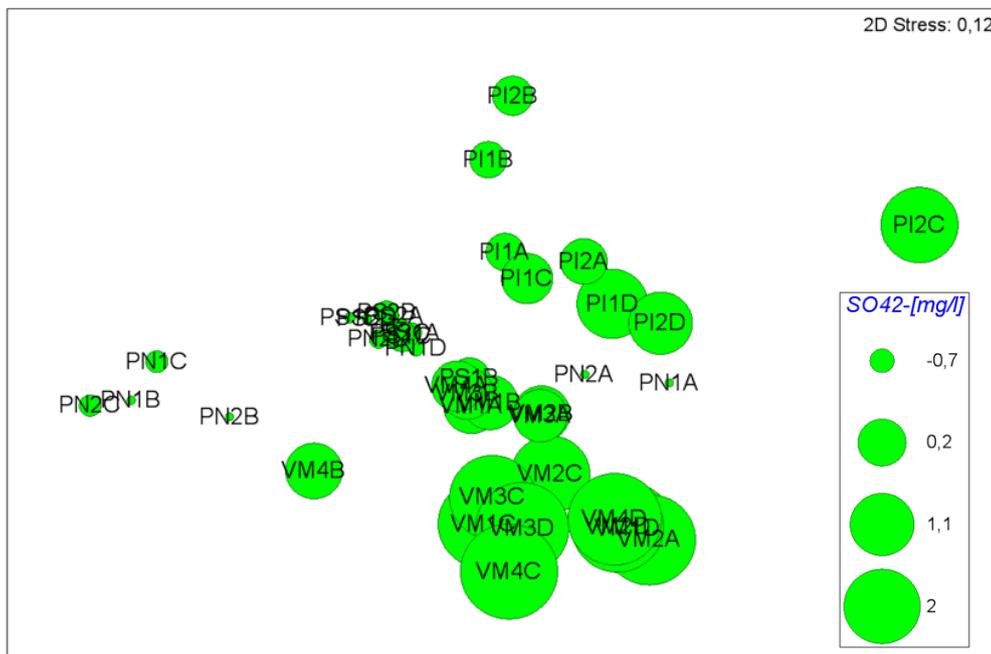


Figura 29. Grafico a bolle della concentrazione di solfati, sovrapposto al diagramma MDS basato sui valori di conduttività, ossigeno disciolto, azoto ammoniacale e solfati (parametri standardizzati) relativi alle acque. I valori della legenda rappresentano la concentrazione di solfati in mg/l

6 DISCUSSIONE

La salvaguardia e la protezione delle zone umide è un obiettivo che è più volte stato sottolineato nel corso degli ultimi anni attraverso convenzioni internazionali ed anche da azioni legislative a livello comunitario. L'antropizzazione e l'aumento dello sfruttamento delle risorse idriche, unito all'introduzione di specie aliene ad esempio, hanno portato nel corso degli anni ad un progressivo degrado delle zone umide. Le problematiche gestionali associate a questi fattori di pressione ambientale sono molteplici, e le azioni intraprese sono spesso il risultato di mediazioni tra la necessità di migliorare la qualità degli ambienti e l'effettiva disponibilità di risorse economiche.

Dallo studio è emerso come le caratteristiche ambientali delle zone umide considerate siano tutt'altro che stabili nel corso dell'anno. In particolare l'alternanza, di diverse condizioni di profondità e temperatura, correlate quindi alla disponibilità di ossigeno disciolto, influenzano la capacità degli organismi macrozoobentonici a colonizzare questi ambienti. Le comunità presenti sulla vegetazione differiscono tra i siti per numero di specie e abbondanza. In particolare le comunità presenti a Punte Alberete sono principalmente composte da oligocheti e crostacei ma da pochissimi insetti (Fig. 30)

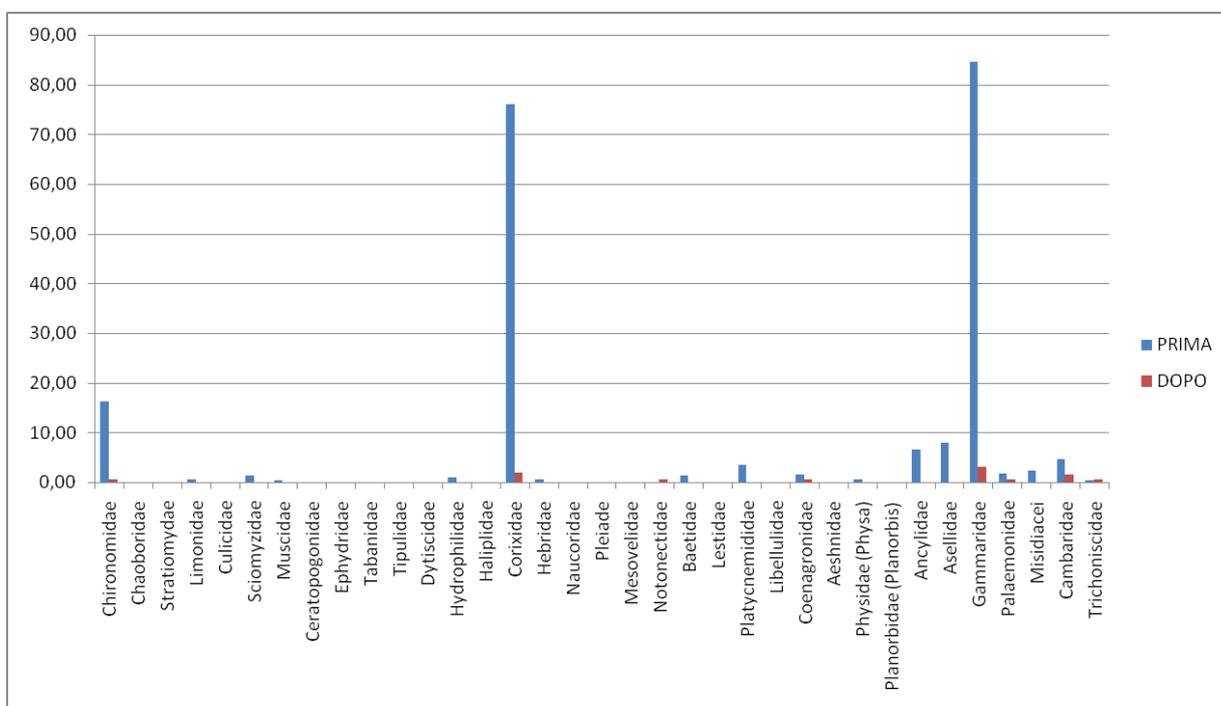


Figura 30. *Abbondanza dei taxa campionati sulla vegetazione prima e dopo il periodo estivo per Punte Alberete espressa in numero di individui per minuto di campionamento. Non sono presentati gli oligocheti.*

Tra gli insetti sono presenti in particolare Chironomidae e Corixidae, taxa che sono relativamente tolleranti alle condizioni di stress ambientale, come evidenziato anche da altri studi effettuati su zone umide (Hicham et al., 2007). La modesta presenza del taxa degli Sciomyzidae (4 individui campionati prima del periodo estivo) è correlata probabilmente alla presenza gasteropodi appartenenti alla famiglia degli ancilidi (totale 15 individui rinvenuti), dei quali gli Sciomyzidae sono potenziali parassiti (Campaioli et al, 1994). Nel periodo primaverile abbondano i Corixidae (182 individui campionati) che però subiscono una drastica diminuzione in autunno, probabilmente legata al fatto che gli individui appartenenti a questa famiglia compiono un solo ciclo riproduttivo all'anno (Tamanini, 1979). L'assenza degli altri taxa di insetti risulta più complessa da giustificare; la presenza o meno di un taxa è infatti influenzata dalla qualità delle acque ma anche dalla pressione predatoria. La tendenza di Punta Alberete a presentare maggiori concentrazioni di azoto ammoniacale, e minori concentrazioni di ossigeno rispetto alle altre zone, può essere un fattore in grado di influenzare l'abbondanza dei taxa (Hicham et al., 2007). Non è da sottovalutare anche la presenza in tutti i punti campionati in quest'area nei due periodi del gambero della Louisiana, organismo alloctono che negli stadi giovanili è un vorace predatore di macroinvertebrati (Pederzani et al, 2006). La comunità di crostacei si presenta relativamente ricca, dominata dai Gammaridae con 188 individui campionati nel periodo primaverile, e dagli Asellidae. Queste specie posseggono ampio grado di tolleranza ecologica (Külköylüoğlu et al., 2012) e possono avere anche più cicli vitali all'anno, motivo per cui, soprattutto per Valle Mandriole, questi organismi sono stati campionati in maniera abbondante anche dopo il periodo primaverile. La comunità presente in Valle Mandriole, al di là della presenza degli oligocheti, si mostra non eccessivamente diversa da quella di Punta Alberete (Fig. 31)

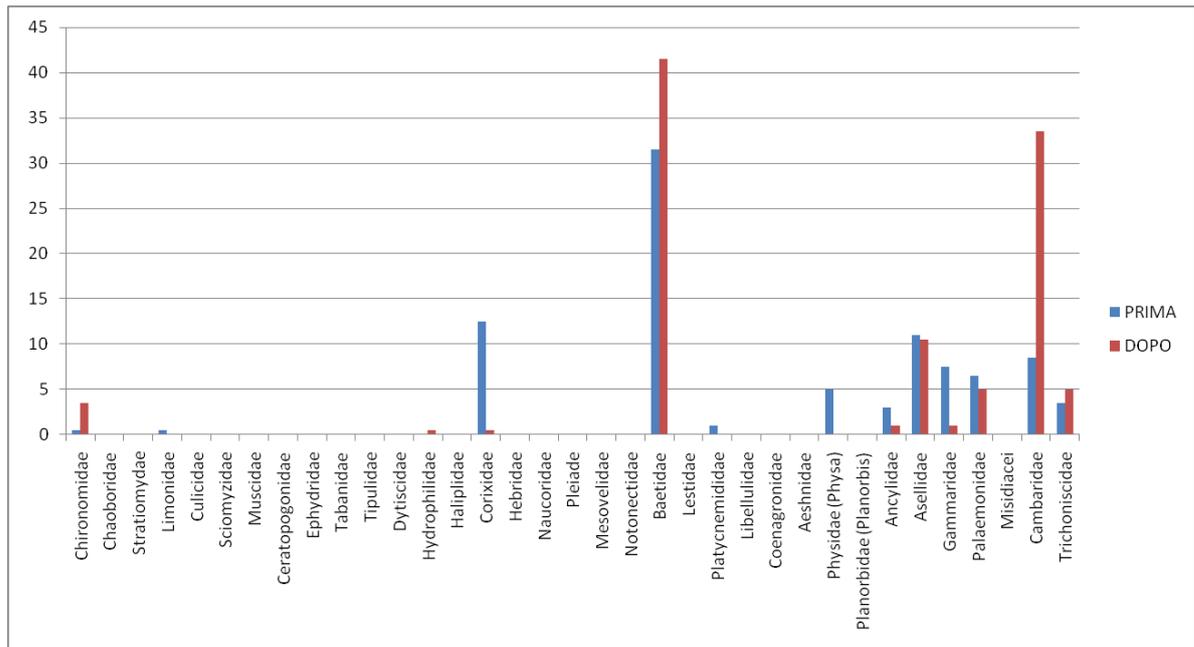


Figura 31. *Abbondanza dei taxa campionati sulla vegetazione prima e dopo il periodo estivo per Valle Mandriole espressa in numero di individui per minuto di campionamento. Non sono presentati gli oligocheti.*

Rimangono assenti molti taxa di insetti (in particolare ditteri) al contrario dei Baetidae che invece sono presenti in maniera significativa. La presenza di questo taxa solitamente è associata ad ambienti non particolarmente alterati (Hicham et al., 2007) ma alcune specie possono essere rinvenute in maniera ubiquitaria nelle zone umide a diverso tasso di inquinamento organico (Menetrey et al., 2008). La presenza di Baetidae in tutti i punti campionati per Valle Mandriole non può quindi essere associata univocamente a buone caratteristiche chimico-fisiche delle acque. Anche per quest'area la comunità di crostacei è ben rappresentata da Asellidae e Gammaridae e da una significativa presenza del gambero della Louisiana, in forte aumento nel periodo autunnale soprattutto di individui giovani, a confermare l'eccezionale capacità riproduttiva di questa specie.

Le comunità presenti nei sedimenti di Punte Alberete e Valle Mandriole sono piuttosto simili, come già evidenziato in precedenza, e si mostrano quasi interamente composte da oligocheti.

Un altro fattore importante per la distribuzione degli organismi macrobentonici è la fonte di approvvigionamento idrico, che è responsabile di processi come il trasporto di materiale organico, inquinanti ed anche organismi in grado di colonizzare potenzialmente le zone umide (Obolewski, 2011). Le acque di ricarica di Punte Alberete provengono dal fiume

Lamone che negli ultimi anni ha mostrato un trend di miglioramento dal punto di vista della qualità chimica delle acque (ARPA Sezione della provincia di Ravenna, 2013). Nonostante questo, durante i campionamenti, è stata confermata soprattutto nella porzione sud la forte presenza di mucillaggini in sospensione (Studio Silva, 2012), che possono influire sul livello di ossigenazione delle acque, e quindi anche sulla composizione della fauna macrozoobentonica, in particolare sulla distribuzione degli efemerotteri (Hicham et al., 2007). Tale osservazione qualitativa effettuata sul campo è stata poi confermata anche nella fase di analisi di laboratorio, dove è emersa per Punte Alberete la tendenza ad avere una maggiore concentrazione di solidi in sospensione rispetto alle altre, in buona parte costituita da solidi sospesi volatili presumibilmente di natura organica. Questo determina una torbidità maggiore delle acque, e probabilmente un impoverimento della concentrazione di ossigeno disciolto, che può influenzare la distribuzione e la presenza dei taxa. Valle Mandriole riceve acque dal fiume Reno che mostra una qualità chimica mediocre delle acque, ma circa costante negli ultimi anni (ARPA Sezione della provincia di Ravenna, 2013). Non solo la qualità chimica delle acque di ricarica è importante, ma anche la loro qualità ecologica: gli ultimi dati relativi al fiume Lamone e al fiume Reno classificano lo stato ecologico dei due corsi d'acqua come scarso (Arpa ER – Sezione provinciale di Ravenna, 2013) e questo potrebbe limitare anche la colonizzazione di Punte Alberete e Valle Mandriole da parte di organismi più sensibili. Il confronto con i dati relativi al macrobenthos ottenuti in passato sulle stesse zone umide (Zanni, 1998) mostrano, almeno dal punto di vista qualitativo, un netto calo di biodiversità soprattutto riguardo agli insetti. Molte famiglie di coleotteri presenti in passato, come Dytiscidae, Haliplidae e Dryopidae non sono state rinvenute, ed anche gli Hydrophilidae, unico taxa presente per quest'ordine, non sono stati campionati in numero abbondante. Assenti anche per quanto riguarda l'ordine dei ditteri esemplari appartenenti alle famiglie dei Culicidae, Dixidae, Tipulidae e Syrphidae. Un netto calo è stato riscontrato anche per gli odonati, che in passato erano presenti con specie appartenenti alle famiglie dei Lestidae, Libellulidae e Aeshnidae, soprattutto a Punte Alberete, così come una flessione è stata riscontrata per gli eterotteri Pleidae e Mesovelidae, scomparsi dalle due aree. La scomparsa di molti organismi predatori, come i Dytiscidae, e il fatto che la struttura delle comunità macrobentoniche di Punte Alberete e Valle Mandriole si sia spostata verso taxa che presentano maggiori gradi di tolleranza agli stress ambientali, può essere indice di un

progressivo degrado delle due zone umide e di uno squilibrio nella catena trofica. Gammaridae e Asellidae sono infatti principalmente animali detritivori, mentre i Corixidae sono animali principalmente fitofagi allo stadio adulto. L'unico organismo predatore rinvenuto in maniera significativa è stato il gambero della Louisiana, molto più diffuso rispetto al passato, che può essere considerato in parte responsabile del degrado di questi ambienti. I dati confermano quindi quello che già è stato sottolineato, a caratteri più generali, nel Piano di gestione del sito SIC-ZPS IT4070001 "Punte Alberete, Valle Mandriole" (Studio Silva, 2012), ovvero la condizione di degrado ambientale presente.

Lo stagno in pineta, come presentato nei risultati, mostra una comunità decisamente più ricca sia sulla vegetazione che nei sedimenti. Nonostante i livelli di salinità siano molto più alti delle altre due aree, molto probabilmente a causa della vicinanza della pialassa della Baiona, sono stati campionati un numero di taxa di organismi dulciacquicoli decisamente più elevata. Le principali differenze tra quest'area e le altre sono dovute alla tipologia di habitat e ad alcuni parametri ambientali indagati dallo studio. L'area in questione infatti non è sempre presente nel corso degli anni con la stessa estensione, ma viene a crearsi in occasione di eventi di piovosità intensa e prolungata, come avvenuto nella primavera del 2013. La formazione di una nuova zona umida crea l'occasione per diverse specie di colonizzare il nuovo ambiente. A differenza di ambienti maggiormente consolidati, in queste condizioni la struttura delle comunità non è in equilibrio ma tende a subire variazioni in funzione delle nuove relazioni tra le specie che colonizzano l'habitat (Wilbur, 1997). Come già osservato anche in altri studi (Culioli et al., 2006), nel periodo primaverile (in cui è stato campionato lo stagno) si assiste in ambienti di questo tipo ad una significativa presenza di organismi predatori. A conferma di questo, oltre il 30% dei taxa che compongono la comunità macrobentonica della pineta in primavera appartengono a questa categoria. A differenza di Punte alberete e Valle Mandriole infatti, sono presenti diverse famiglie di odonati tra cui Lestidae, Platycnemididae, Libellulidae e Coenagrionidae. Tra i coleotteri si distinguono per abbondanza Dytiscidae e Hydrophilidae mentre tra gli eterotteri il taxa dominante è quello dei Pleidae (Fig. 32).

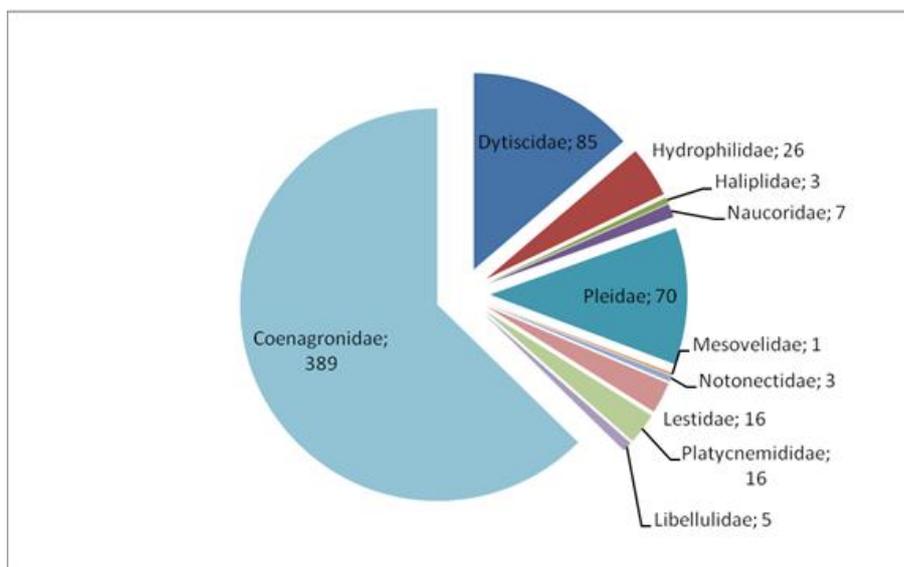


Figura 32. *Abbondanza dei taxa predatori campionati sulla vegetazione dello stagno in pineta nel periodo primaverile espressi in individui totali raccolti.*

La presenza dei taxa predatori è giustificata dalla elevata abbondanza di prede come Chironomidae e Betidae. Le condizioni favorevoli alla colonizzazione dello stagno sono probabilmente imputabili anche al chimismo delle acque, che non provengono dal tratto terminale di un fiume come nelle altre due aree, ma piuttosto hanno origini freatiche. Rispetto a Punta Alberete e Valle Mandriole, le acque della pineta presentano un valore medio di solidi sospesi totali inferiore (Fig. 33) e quindi acque meno torbide.

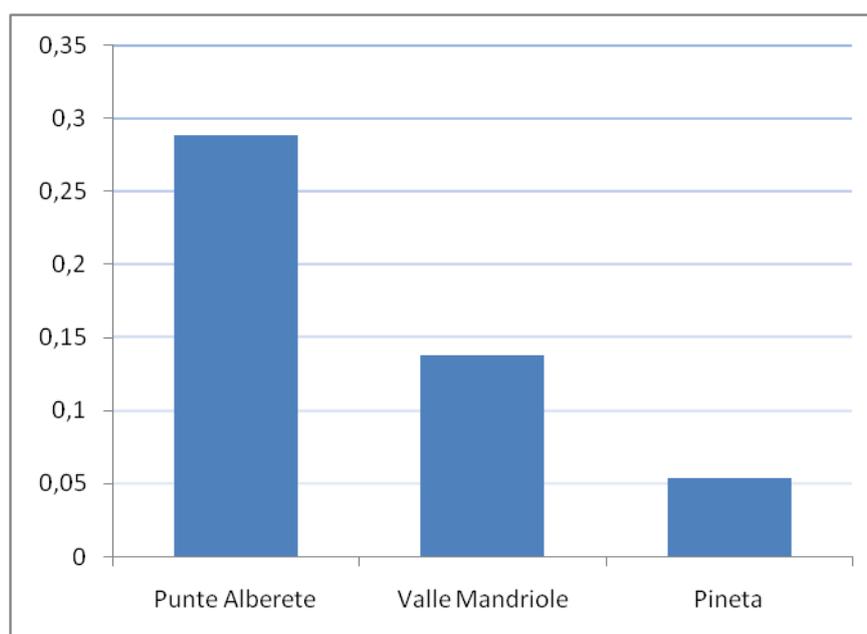


Figura 33. *Concentrazione media di solidi sospesi totali (mg/ml) presente nelle tre aree*

I valori di azoto ammoniacale relativamente bassi rispetto alle altre aree possono favorire la colonizzazione del sito anche delle specie più sensibili all'inquinamento organico (Fig. 34)

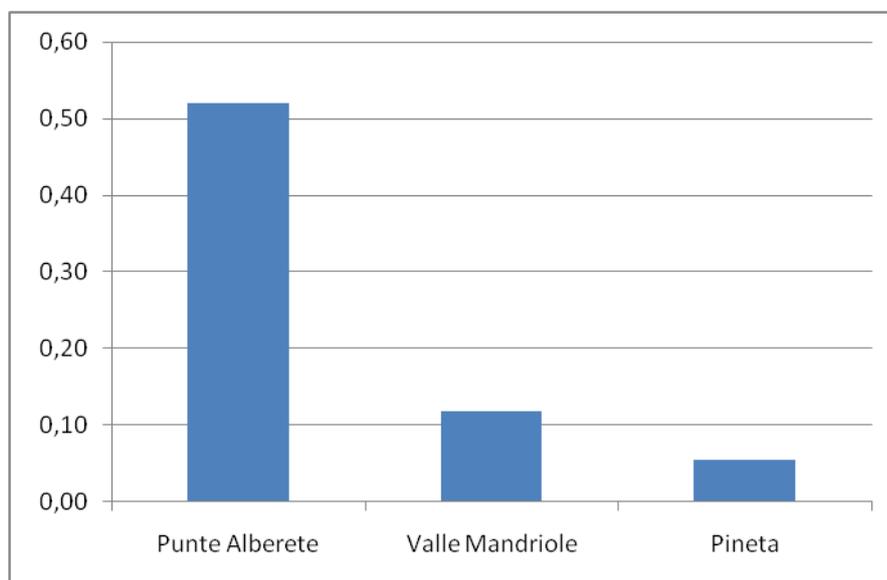


Figura 34. *Concentrazione media di azoto ammoniacale (mg/l) presente nelle tre aree*

Per contro, la comunità di crostacei detritivori risulta molto meno rappresentata rispetto alle altre due aree. Nel periodo autunnale compaiono 14 esemplari di gambero della Louisiana, prima assente, a dimostrazione della grande capacità di colonizzazione di questo organismo. Le differenze riscontrate tra la pineta e le altre due aree in termini di abbondanza e presenza di taxa possono essere viste anche come riflesso dello stato ecologico delle zone umide indagate. Fornire indicazioni precise sullo stato ecologico non è semplice. In accordo con Direttiva 2000/60/CE, le metodologie sviluppate prevedono il confronto delle aree indagate con siti di riferimento opportunamente selezionati che presentino un livello di naturalità il maggiore possibile, ovvero siti che siano soggetti il meno possibile all'impatto antropico. Le zone umide considerate dallo studio sono inserite in un contesto territoriale fortemente antropizzato; pochi chilometri a sud dell'area indagata infatti si estende la zona portuale di Ravenna, le paludi sono confinanti con aree agricole e con importanti vie di comunicazione stradale, e inoltre le aree stesse di Punte Alberete e Valle Mandriole hanno origine artificiale (Lazzari, 1994). L'antropizzazione è un fenomeno che coinvolge gran parte della zona litoranea di Ravenna e questo a conti fatti

impedisce di trovare siti di riferimento in quanto tali nelle zone limitrofe alle aree indagate. Nonostante questo, è stato comunque possibile riferirsi ad uno studio condotto sulla costa laziale relativo a zone umide con caratteristiche simili a quelle indagate in questa trattazione (Della Bella et al., 2009). Lo studio identifica delle zone umide d'acqua dolce costiere e le classifica secondo l'indice ECELS che è calcolato sulla base di cinque componenti quali la morfologia delle rive, l'attività antropica attorno al sito, le caratteristiche delle acque, la vegetazione emergente e le macrofite. Sulla base del valore dell'indice sono stati poi definiti siti di riferimento non degradati, siti con media presenza di alterazione e siti degradati. Successivamente è stato effettuato un campionamento dei macroinvertebrati bentonici e ne è stata studiata abbondanza e ricchezza in modo da mettere in relazione le comunità con i siti preventivamente classificati. Ciò che è stato evidenziato dallo studio è la forte correlazione tra il numero di Pleidae, odonati, efemerotteri e tricoteri con il livello di conservazione dei siti individuati. Nei siti non degradati, inoltre, è stata riscontrata una maggiore abbondanza dei taxa ed indici di diversità maggiori. Il confronto tra questi risultati e quelli ottenuti da questo studio può in qualche modo contribuire ad indicare, almeno in linea generale, lo stato ecologico delle aree di Punta Alberete e Valle Mandriole, anche se non consente di avere risposte certe. Questo perché, è vero che le tipologie di ambienti sono le stesse ed anche la posizione rispetto alla costa è paragonabile, ma per contro esistono differenze geografiche tra i siti non trascurabili che possono ripercuotersi anche sul tipo di clima presente, e quindi anche sulla struttura delle comunità. La quasi totale assenza di molti dei taxa individuati come indicatori di buona qualità (odonati, Pleidae, efemerotteri, tricoteri) per questa tipologia di siti classificherebbe Punta Alberete e Valle Mandriole in uno stato ecologico degradato. Ad avvalorare questa tesi sono anche i dati relativi sulle specie presenti negli anni passati (Zanni, 1998), che evidenziano come le due aree presentino potenzialmente la capacità di ospitare i taxa definiti nello studio sulle coste del Lazio.

Per contro, la pineta presenta tutte le caratteristiche di un sito non degradato. Il paragone in questo caso è di più difficile interpretazione in quanto i siti studiati (Della Bella et al., 2009) sono stati scelti tra raccolte d'acqua a carattere permanente, mentre lo stagno in pineta è presente in maniera discontinua. In ogni caso, dai dati ottenuti in questo studio, è certamente possibile sottolineare il potenziale ecologico della raccolta d'acqua temporanea nella pineta San Vitale e il ruolo conservazionistico che riveste, in quanto in grado di

ospitare organismi che colonizzavano in passato le aree di Punte alberete e Valle Mandriole e che oggi sono scomparsi.

A partire dal 2011, sul sito di Valle Mandriole, è stata attuata una tipologia di intervento di gestione che prevede l'abbassamento del livello idrico per permettere operazioni di sfalcio. Tale pratica ha la conseguenza di portare in secca la parte meridionale dell'invaso, operazione che consente l'ossigenazione dei fondali. La messa in secca, comunque, è un'operazione che viene eseguita per scopi non direttamente indirizzati al favorire lo sviluppo delle comunità macrozoobentoniche, ma piuttosto per migliorare in senso generale l'ambiente vallivo. La valutazione del potenziale impatto di questa pratica sulla componente macrozoobentonica fatta in questo studio ha mostrato esito negativo. Gli insetti e gli altri invertebrati rivestono un ruolo chiave nella catena trofica per questo tipo di ambienti, e il miglioramento della qualità ambientale è legato alla capacità di queste zone umide di supportare comunità macrobentoniche strutturate e con adeguati livelli di diversità, in grado quindi di favorire la presenza di altri organismi, come uccelli e anfibi, per i quali i macroinvertebrati bentonici rappresentano una primaria fonte di cibo. Le condizioni di degrado ambientale riscontrato nel sito possono in qualche modo influire sul risultato della valutazione. Un impatto negativo significherebbe che l'abbondanza dei taxa presenti si ridurrebbe ulteriormente dopo il periodo estivo, più di quanto già non lo fosse prima, e questo in effetti è stato definito poco probabile dall'analisi. Un impatto positivo significherebbe un aumento di abbondanza dei taxa in seguito al miglioramento delle condizioni ambientali, ma questa condizione probabilmente, in un sito già alterato, è compromessa dalla difficoltà di nuovi taxa e di quelli presenti a ricolonizzare l'ambiente. In ogni caso, l'analisi di impatto è stata effettuata raccogliendo i dati nell'anno 2013, due anni dopo l'inizio della pratica di gestione, e quindi a tutti gli effetti mancano le informazioni relative al primo vero evento di prosciugamento. Questo implica che l'analisi è stata effettuata considerando a tutti gli effetti l'ambiente come già impattato, per cui la valutazione del risultato è da riferirsi non all'impatto in generale, ma limitatamente all'effetto della gestione per l'anno in corso. Inoltre risultati più precisi si sarebbero potuti ottenere effettuando repliche dei campioni per ogni data, che per ragioni di tempo non sono stati raccolti. La valutazione d'impatto fatta sul set di dati relativi alle acque non è risultata significativa. Le acque delle zone umide studiate provengono da fonti differenti e il loro chimismo dipende anche dai processi di trasformazione della sostanza organica e

dall'attività degli organismi propri di ciascuna zona analizzata. Alla luce di questo è più difficile individuare condizioni al contorno stabili e omogenee, come può essere l'habitat, per il comparto acque, e questo deve essere considerato nell'interpretazione dei risultati. I test statistici sulle singole variabili hanno evidenziato un possibile impatto a pressa relativo alla concentrazione di azoto ammoniacale, risultato che appare essere determinato da un valore particolarmente alto di questa variabile per il singolo punto di campionamento VM4B. Un valore così elevato di azoto ammoniacale potrebbe essere dato o da una particolare situazione presente nel punto durante i campionamenti, oppure ad un errore analitico. Per queste ragioni, dato il particolare peso di questo valore nel definire il risultato dell'analisi, si è deciso di non considerare attendibile l'interazione *Impatto vs. controllo* \times *Periodo* per questa variabile.

7 CONCLUSIONI

Questo studio ha avuto il principale obiettivo di definire se, dal punto di vista gestionale, l'azione della messa in secca nel periodo estivo della porzione meridionale di Valle Mandriole potesse avere un qualche effetto sui popolamenti macrozoobentonici presenti nel sedimento e sulla vegetazione. Il fatto che questo studio non abbia evidenziato alcun effetto indica che, almeno limitatamente alle popolazioni in oggetto, la pratica gestionale è del tutto accettabile. In contrapposizione però, lo studio mostra anche come questo tipo di gestione da solo non produca alcun beneficio sulle comunità macrozoobentoniche, almeno a breve termine. Tale risultato è da contestualizzare comunque all'interno del solo anno 2013, in quanto mancano i dati riferiti alla prima procedura di svuotamento. I confronti effettuati sia su dati qualitativi temporali che con altri studi hanno messo in luce il relativo degrado in cui versano le comunità di macroinvertebrati bentonici delle zone umide di Ponte Alberete e Valle Mandriole. La forte presenza del gambero della Louisiana, confermata anche dai campionamenti, certamente determina una pressione non trascurabile su queste comunità ed è probabilmente uno dei primi responsabili dell'impoverimento in termini di taxa presenti e dello stato ecologico non soddisfacente delle due zone umide studiate. Un altro fattore importante è la qualità delle acque con le quali le zone umide vengono ricaricate. Infine, la ricchezza delle comunità macrozoobentoniche trovate nello stagno in pineta suggerisce, dal punto di vista gestionale, la possibilità di mantenere attive anche periodicamente delle raccolte d'acqua pulita e con basse concentrazioni di nutrienti, in modo tale da favorire la conservazione e la dispersione dei taxa verso zone limitrofe. La creazione di questi ambienti temporanei inoltre fornisce un'occasione per le comunità di svilupparsi anche al di fuori della pressione predatoria degli organismi alloctoni come il gambero della Louisiana, che infatti in primavera, nel momento di massima produttività, non è mai stato rinvenuto nello stagno.

Bibliografia

- Anderson, M.J., Gorley, R.N., Clarke, K.R., 2008. PERMANOVA + for PRIMER: Guide to software and statistical methods. PRIMER-E: Plymouth, UK.
- Arpa ER – Sezione provinciale di Ravenna, 2013. Relazione di sintesi sulla qualità delle acque superficiali e sotterranee della provincia di Ravenna anni 2010 – 2011. Ravenna.
- Bella, V.D., Mancini, L., 2009. Freshwater diatom and macroinvertebrate diversity of coastal permanent ponds along a gradient of human impact in a Mediterranean eco-region. *Hydrobiologia*, 634 (1), pp. 25-41.
- Biggs, J., P. Williams, P. Whitfield, P. Nicolet & A. Weatherby, 2005. 15 years of pond assessment in Britain: results and lessons learned from the work of Pond Conservation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 15: 693–714.
- Bondesan, M., Favero, V., Viñals, M.J, 1995. New evidence on the evolution of the Po-delta coastal plain during the Holocene Quaternary International, 29-30 (C), pp. 105-110.
- Buscaroli A., Dinelli E., Zannoni D., 2011. Geohydrological and environmental evolution of the area included among the lower course of the Lamone river and the adriatic coast. In: GeoL@b onlus (a cura di), Elementi potenzialmente tossici, marcatori biogeochimici ed isotopici come indicatori di qualità ambientale in un sistema territoriale complesso, Imola, Italia, pp. 11 – 22.
- Campaioli S., Ghetti P.F., Minelli A., Ruffo S., 1994 Manuale per il riconoscimento dei macroinvertebrati delle acque dolci italiane. Provincia autonoma di Trento. Trento.
- Carchini G., 1983. Collana Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane. Collana del progetto finalizzato promozione della qualità dell'ambiente AQ/1/198. Odonati (Odonata). Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma, Italia.
- Céréghino, R., Biggs, J., Oertli, B., Declerck, S., 2008. The ecology of European ponds: Defining the characteristics of a neglected freshwater habitat. *Hydrobiologia*, 597 (1), pp. 1-6.
- Clarke, K.R., Gorley, R.N., 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 2nd edition. PRIMER-E: Plymouth, UK.

- Comune di Ravenna, 2012. Ripristino della officiosita' idraulica dei canali sublagunari all'interno di Valle della Canna a Ravenna, relazione tecnica. Ravenna.
- Convention on biological diversity, 2010. In-depth review of the programme of work on the biological diversity of inland water ecosystems. UNEP/CBD/SBSTTA/14/3. Nairobi, Kenya.
- Costa M., Baccetti N., Spadoni R., Benelli G. (a cura di), 2009. Monitoraggio degli uccelli acquatici nidificanti nel Delta del Po Emilia-Romagna, 2009. Parco del delta del Po, Comacchio (FE), Italia.
- Costa M., Ceccherelli P.P., Gellini S., Casini L., Volponi S. (a cura di), 2009. Atlante degli uccelli nidificanti nel Parco del Delta del Po Emilia-Romagna (2004-2006). Parco del delta del Po, Comacchio (FE), Italia.
- Culioli, J.L., Foata, J., Mori, C., Orsini, A., Marchand, B., 2006. Temporal succession of the macroinvertebrate fauna in a Corsican temporary pond. *Vie et Milieu*, 56 (3), pp. 215-221.
- Dudgeon, D., Arthington, A.H., Gessner, M.O., Kawabata, Z.-I., Knowler, D.J., Lévêque, C., Naiman, R.J., Prieur-Richard, A.-H., Soto, D., Stiassny, M.L.J., Sullivan, C.A., 2006. Freshwater biodiversity: Importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 81 (2), pp. 163-182.
- Dehorter, O., Guillemain, M. Global diversity of freshwater birds (Aves), 2008 *Hydrobiologia*, 595 (1), pp. 619-626.
- Edward B. Barbier., 2011. Wetlands as natural assets, *Hydrological Sciences Journal*, 56:8, 1360-1373.
- Edward Maltby & Mike C. Acreman, 2011. Ecosystem services of wetlands: pathfinder for a new paradigm, *Hydrological Sciences Journal*, 56:8, 1341-1359.
- Fabbri P., Missiroli A., 1998. Le pinete ravennati: storia di un bosco e di una città, Longo, Ravenna.
- Fabbri P., Nardi S., Gnani S., 1987. Costruire un territorio: cartografia e fotografia delle bonifiche ravennati. Longo, Ravenna.
- Formulario Natura 2000 del sito IT4070003
- Formulario Natura 2000 del sito IT4070001

- Girod A., Bianchi I., Mariani M., 1980. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane. Gasteropodi (Gastropoda: Pulmonata; Prosobranchia: Neritidae, Viviparidae, Bithyniidae, Valvatidae), Consiglio nazionale delle ricerche, Verona, Italia.
- Hammer D. A., 1992. Creating freshwater wetlands. Lewis, Boca Raton, USA.
- Hicham, K., Lotfi, A., 2007. The dynamics of macroinvertebrate assemblages in response to environmental change in four basins of the Etueffont landfill leachate (Belfort, France). *Water, Air, and Soil Pollution*, 185 (1-4), pp. 63-77.
- Külköylüoğlu, O., Akdemir, D., Yüce, R., 2012. Distribution, ecological tolerance and optimum levels of freshwater Ostracoda (Crustacea) from Diyarbakir, Turkey. *Limnology*, 13 (1), pp. 73-80.
- Lazzari G, 1994. Punte Alberete, la storia. In: WWF Ravenna (a cura di), Punte Alberete la foresta allagata. Edizione COOP Libreria e di Informazione, Ravenna, Italia, pp 9-22.
- Menetrey, N., Oertli, B., Sartori, M., Wagner, A., Lachavanne, J.B., 2008. Eutrophication: Are mayflies (Ephemeroptera) good bioindicators for ponds? *Hydrobiologia*, 597 (1), pp. 125-135.
- Merloni N., 1994. Punte Alberete – aspetti vegetazionali. In: WWF Ravenna (a cura di), Punte Alberete la foresta allagata. Edizione COOP Libreria e di Informazione, Ravenna, Italia, pp 23-32.
- Merriam G. 1991. Corridors and connectivity: animal populations in heterogeneous environments. In: *Nature Conservation 2: The Role of Corridors*, Saunders DA, Hobbs RJ (eds). Beatty & Sons: Surrey; 133–142.
- Moss B., 2000. Biodiversity in fresh waters - An issue of species preservation or system functioning? *Environmental Conservation*, 27 (1), pp. 1-4.
- Obolewski, K., 2011. Macrozoobenthos patterns along environmental gradients and hydrological connectivity of oxbow lakes. *Ecological Engineering*, 37 (5), pp. 796-805.
- Pederzani F., Fabbri R., 2006. Il quarto cavaliere dell'apocalisse *Procambarus clarkii* (Girard, 1852). In: *Quaderno di studi e notizie di storia naturale della Romagna n 23*. Società per gli studi naturalistici della Romagna, Bagnacavallo (RA), Italia.
- Postel, S. and S. Carpenter. 1997. Freshwater Ecosystem Services. In: *Nature's Services*, G.C. Daily (ed.). Island Press. Washington D.C.

- Provincia autonoma di Trento (a cura di), 1988. Atlante per il riconoscimento dei macroinvertebrati dei corsi d'acqua. APR&B, Trento, Italia.
- Rivosecchi L., 1984. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane. Collana del progetto finalizzato promozione della qualità dell'ambiente AQ/1/206 Diptera. Consiglio nazionale delle ricerche, Verona, Italia.
- Rosenberg D. M., Vincent H. R., 1993. Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. In: Rosenberg D. M., Vincent H. R. (a cura di), 1993. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman & Hall, New York, USA; London, UK, pp 1-9.
- Senni L., 1994. Punte Alberete – aspetti faunistici. In: WWF Ravenna (a cura di), Punte Alberete la foresta allagata. Edizione COOP Libreria e di Informazione, Ravenna, Italia, pp 33-50.
- Studio Silva, 2012. Piano di gestione del SIC-ZPSIT4070001 "Punte Alberete, Valle Mandriole", Quadro Conoscitivo. Parco del Delta del Po.
- Tachet H., Bournaud M., Richoux P. 2004. Introduzione allo studio dei macroinvertebrati di acqua dolce: sistematica elementare e prospettiva ecologica. Geolab, Borgo Tossignano, Italia.
- Tamanini L., 1979. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane. Collana del progetto finalizzato promozione della qualità dell'ambiente AQ/1/45 Eterotteri acquatici (Heteroptera: Gerromorpha, Nepomorpha). Consiglio nazionale delle ricerche, Roma, Italia.
- Tiner, R. W., Jr. 1984. Wetlands of the United States: Current status and recent trends. US Department of the Interior. US Fish and Wildlife Service, Washington, DC, 59
- Turner, R.K., Van den Bergh, J.C.J.M., Soderqvist, T., Barendregt, A., Van der Straaten, J., Maltby, E., Van Ierland, E.C., 2000. Ecological-economic analysis of wetlands: Scientific integration for management and policy. Ecological Economics, 35 (1), pp. 7-23.
- Underwood, A.J., 1992. Beyond BACI: The detection of environmental impacts on populations in the real, but variable, world. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 161 (2), pp. 145-178.

- Underwood, A.J., 1994. On beyond BACI: Sampling designs that might reliably detect environmental disturbances. *Ecological Applications*, 4 (1), pp. 3-15.
- Wilbur, H.M., 1997. Experimental ecology of food webs: Complex systems in temporary ponds. *Ecology*, 78 (8), pp. 2279-2302.
- Williams, P., M. Whitfield, J. Biggs, S. Bray, G. Fox, P. Nicolet & D. Sear, 2004. Comparative biodiversity of rivers, streams, ditches and ponds in an agricultural landscape in Southern England. *Biological Conservation* 115: 329–341.
- Zanni F., 1998. Studio delle interazioni fra caratteristiche chimiche delle acque, macrozoobenthos e avifauna nelle zone umide: Punte Alberete e Valle Mandriole. Tesi di laurea in: Scienze Ambientali indirizzo marino, Ravenna. Università degli studi di Bologna.

Fonti legislative

- Convention on Wetlands of International Importance especially as Waterfowl Habitat. Ramsar (Iran), 2 February 1971. UN Treaty Series No. 14583. As amended by the Paris Protocol, 3 December 1982, and Regina Amendments, 28 May 1987.
- Direttiva *2000/60/CE* del parlamento europeo e del consiglio del 23 ottobre 2000 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque [2000] L327/1.
- Direttiva *92/43/CEE* del 21 maggio 1992 relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche [1992] L 206/7.
- Direttiva *2009/147/CE* del parlamento europeo e del consiglio del 30 novembre 2009 concernente la conservazione degli uccelli selvatici [2010] L 20/7.
- Ramsar Convention Secretariat, 2013. *The Ramsar Convention Manual: a guide to the Convention on Wetlands (Ramsar, Iran, 1971)*, 6th ed. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland.

Sitografia

- <http://www.parcodeltapo.it>
- <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/parchi-natura2000/rete-natura-2000/siti/ravenna>
- [http:// www.larcapuntealberete.it](http://www.larcapuntealberete.it)