

**MONITORAGGIO DELL’HABITAT “LAGUNE COSTIERE”
DI INTERESSE COMUNITARIO PRIORITARIO
PRESENTE NELLA RISERVA NATURALE STATALE
“SALINE DI TARQUINIA”**

**RELAZIONE FINALE
GIUGNO 2016**



Veduta della Riserva Naturale delle Saline di Tarquinia (foto di Andrea Bonifazi).

Questo studio è stato realizzato e finanziato nell'ambito della "Convenzione per attività di conservazione in habitat lagunari e costieri" stipulata tra il MATTM (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare) ed il Corpo Forestale dello Stato – Ufficio per la Biodiversità

INDICE

Capitolo 1 - Introduzione.....	4
1.1 Premessa.....	4
1.2 Scopo del lavoro.....	5
1.3 Gruppo di lavoro.....	7
Capitolo 2 - Materiali e metodi	8
2.1 Le stazioni	8
2.2 Parametri chimico-fisici	11
2.3 Comunità di macroinvertebrati bentonici.....	13
2.4 La popolazione di nono (<i>Aphanius fasciatus</i>)	18
Capitolo 3 - Risultati	22
3.1 Parametri chimico-fisici	22
3.1.1 Caratterizzazione chimico-fisica delle stazioni	22
3.1.2 Andamento temporale dei parametri chimico-fisici	24
3.2 Comunità dei macroinvertebrati bentonici	28
3.2.1 Composizione delle comunità di macroinvertebrati bentonici	30
3.2.2 Andamento temporale dei parametri biotici	32
3.2.3 Analisi dei dati multivariata	35
3.3 La popolazione di nono (<i>Aphanius fasciatus</i>)	38
3.3.1 Consistenza demografica della popolazione di <i>A. fasciatus</i>	38
3.3.2 Numero d'individui per stazione di campionamento.....	38
3.3.3 Densità numerica e di biomassa	40
3.3.4 Composizione in sessi	42
3.3.5 Classi di taglia	43
3.3.6 Andamento della popolazione del Nono durante le stagioni di campionamento.....	46
Capitolo 4 - Discussioni	51
4.1 Parametri chimico-fisici	51
4.2 Comunità di macroinvertebrati.....	51
4.3 La popolazione di nono (<i>Aphanius fasciatus</i>)	53
Capitolo 5 - Conclusioni.....	56
Bibliografia.....	57
Allegati	61

CAPITOLO 1 - INTRODUZIONE

1.1 Premessa

Con i loro 193 ha di estensione, la dislocazione parallela alla linea di costa, le quasi cento vasche dal bassissimo fondale, la ridotta e saltuaria comunicazione con il mare, e l'estrema variabilità delle condizioni ambientali, le Saline di Tarquinia afferiscono a tutti gli effetti alle aree umide costiere.

Nonostante il carattere prettamente artificiale delle saline, la cui origine ed evoluzione è strettamente collegata con l'attività antropica, gli ambienti di salina non sono considerati funzionalmente diversi dalle aree umide naturali. Con le altre aree umide, infatti, esse condividono le principali caratteristiche ecologiche, mentre la loro peculiarità consiste nell'estrema iperalinità raggiunta in gran parte di questi sistemi. Il collocamento delle vasche, il differente grado di connessione e il regime idraulico, gestito principalmente dall'uomo, determinano uno spiccato gradiente di condizioni fisico-chimiche delle acque, fortemente condizionato dalla salinità (Britton e Johnson, 1987; Oren, 2009). Le saline risultano particolarmente minacciate, al pari di altre aree umide, in conseguenza della loro posizione intermedia tra mare e ambiente continentale. Tale situazione comporta, da una parte l'accumulo di inquinanti derivanti dalle acque dilavanti dai coltivi, dall'altra la fragilità e l'instabilità dell'intero sistema, esposto alla potenziale rottura dei confini dovuta all'erosione costiera e/o all'interramento dei canali di collegamento con il mare.

In effetti, durante la loro storia recente, nelle Saline di Tarquinia si sono succeduti diversi periodi critici: dallo straripamento dei canali delle campagne circostanti, nel 1987, alle alluvioni del 2004, che hanno inondato buona parte delle Saline di acqua dolce e fango (Cimmaruta *et al.*, 2010; Cerfolli e Nascetti, 2014). La dismissione delle attività di produzione del sale, nel 1997, ha determinato una progressiva avaria di varie strutture dell'impianto, prime tra tutte i canali di collegamento con il mare. Per recuperare il cattivo stato di conservazione dell'habitat lagunare, nel corso degli anni 2003 – 2006 è stato condotto un progetto LIFE, con lo scopo di recuperare gli effetti negativi degli impatti subiti negli anni precedenti e di ripristinare l'habitat prioritario di interesse comunitario “Lagune costiere” (LIFE02 NAT/IT/8523 “Recupero ambientale della Riserva Naturale delle Saline di Tarquinia”).

D'altra parte, proprio per la loro posizione al confine tra terra e mare, le aree umide rivestono molteplici e importanti ruoli dal punto di vista sia ecologico che economico e sono quindi oggetto di

attenzione e di tutela da parte della normativa vigente in ambito ambientale (Ramsar Convention Secretariat, 2013).

In virtù della notevole valenza naturalistica e delle peculiarità ambientali, particolarmente adatte ad ospitare una ricca e diversificata componente faunistica e floristica, le Saline di Tarquinia costituiscono una delle 130 Riserve Naturali Statali gestite dal Corpo Forestale dello Stato, e direttamente in questo caso dall'Ufficio Territoriale per la Biodiversità (UTB) di Roma. Le Saline sono inoltre Sito di Importanza Comunitaria (SIC IT6001025) e Zona di Protezione Speciale (ZPS IT6001026) ai sensi della Direttiva Habitat (92/43/CEE) e della Direttiva Uccelli (79/409CEE), risultando conseguentemente comprese nella rete Natura 2000 dell'Unione Europea. Ai sensi delle citate Direttive va garantita la sorveglianza e lo stato di conservazione degli habitat presenti nell'area delle Saline. Tra questi, l'habitat "lagune costiere" costituisce uno dei pochi Siti di Importanza Comunitaria presenti lungo le coste del Lazio ospitando inoltre popolazioni di nono (*Aphanius fasciatus*), specie ittica contenuta nella Direttiva Habitat.

E' alla luce di tali considerazioni che l'Ufficio Territoriale per la Biodiversità di Roma, del Corpo Forestale dello Stato, in quanto incaricato della gestione della Riserva Naturale delle Saline di Tarquinia, ha richiesto un monitoraggio volto alla valutazione della situazione e dello stato di conservazione dell'habitat "Lagune costiere" presente nelle Saline di Tarquinia.

La presente relazione descrive, quindi, il resoconto delle attività svolte nel periodo Giugno 2015 – Giugno 2016 ed i risultati e le relative considerazioni conclusive, in ottemperanza dell'affidamento dell'incarico per la realizzazione del monitoraggio dell'habitat "lagune costiere" di interesse comunitario prioritario presente nella Riserva Naturale Statale "Saline di Tarquinia" emesso dal Corpo Forestale dello Stato, Ufficio Territoriale per la Biodiversità di Roma in data 17 aprile 2015.

1.2 Scopo del lavoro

Lo scopo del lavoro cui si riferisce la presente relazione consiste nel monitoraggio dell'habitat "lagune costiere" di interesse comunitario prioritario presente nella Riserva Naturale Statale "Saline di Tarquinia" conseguito attraverso le indagini appresso specificate.

- Misurazioni mensili di parametri chimico-fisici, quali temperatura, salinità, pH, ossigeno disciolto, in quattro vasche a salinità progressivamente crescente considerate "stazioni chiave" in quanto caratteristiche delle principali condizioni ecologiche del biotopo.

- Indagini sulle comunità di macroinvertebrati bentonici, campionate con la tecnica dei pacchi fogliari in quattro vasche a salinità progressivamente crescente, in quanto dette comunità sono considerate indicatori biologici dello stato di conservazione dell'habitat.
- Analisi della consistenza e dello stato delle popolazioni di nono (*Aphanius fasciatus*).

Quanto descritto è finalizzato ad individuare eventuali fattori di disturbo e di rischio per l'habitat, e a suggerire attività gestionali volte a garantire il buono stato ecologico e la tutela dell'ambiente delle Saline.

Di seguito è riassunto il cronoprogramma che descrive l'insieme delle attività di monitoraggio condotte nel suddetto periodo di indagine.

Tabella 1.2 – Cronoprogramma delle attività di monitoraggio dell'habitat “lagune costiere” delle Saline di Tarquinia.

ATTIVITA' SVOLTE	PERIODO DI RIFERIMENTO
Raccolta dati e informazioni preliminari	Giugno e Luglio 2015
Misura dei parametri chimico-fisici	Luglio 2015 – Maggio 2016
Campionamenti di macroinvertebrati bentonici	Agosto 2015 – Maggio 2016
Analisi delle popolazioni di nono	Ottobre 2015 – Maggio 2016
Stesura della relazione finale	Giugno 2016

1.3 Gruppo di lavoro

Il gruppo di lavoro attivo nel presente progetto di monitoraggio è composto dal personale, afferente alla Macroarea di Scienze dell'Università di Roma "Tor Vergata", di seguito elencato con l'indicazione delle rispettive attività.

Maria Flavia Gravina, responsabile scientifico (progettazione e organizzazione delle attività, supervisore delle varie fasi del progetto, redazione dei rapporti)

Noemi Colozza, dottoranda in Chimica (indagini chimico-fisiche)

Lorenzo D'Ambrosio, laureando magistrale in Bioinformatica (campionamento e elaborazione dati)

Marcello Giorgi, tecnico universitario (supporto tecnico in tutte le fasi del progetto)

Marco Martinoli, dottorando in Biologia (campionamento e analisi delle popolazioni di nono)

Lorenzo Talarico, dottorando in Biologia (campionamento, attività di laboratorio e analisi dati della comunità di macrobenthos)

Lorenzo Tancioni, ricercatore universitario (indagini sulle popolazioni di nono)

Un particolare ringraziamento va rivolto agli studenti Silvia Di Pietro, Giulia Pizzi e Luca Proietti per il valido contributo alle attività di laboratorio finalizzate alla preparazione delle rispettive tesi di Laurea Triennale e per il grande interesse e impegno mostrato verso questo lavoro.

CAPITOLO 2 - MATERIALI E METODI

Al fine di monitorare gli habitat “Lagune costiere” della riserva naturale delle Saline di Tarquinia, sono state selezionate cinque stazioni all'interno di tale area. I siti scelti sono stati considerati rappresentativi dell'intera gamma di condizioni ecologiche dell'habitat presenti nelle Saline: i siti, infatti, si trovano dislocati lungo un gradiente di salinità progressivamente crescente, da valori prossimi a quella del mare, fino ai massimi delle vasche iperaline. Tale scelta è stata operata nel corso di diversi sopralluoghi svolti sul posto, allo scopo di individuare i punti particolarmente significativi per le indagini chimico-fisiche e biologiche per lo studio dell'ecosistema. In via preliminare è stata quindi condotta un'indagine investigativa dell'habitat con lo scopo di definire il disegno di campionamento e identificare gli strumenti metodologici utili alla realizzazione del monitoraggio dell'habitat, nelle sue componenti abiotiche, le acque saline, e biotiche, le popolazioni di macroinvertebrati bentonici e la popolazione di nono (*Aphanius fasciatus*). In questo modo, è stato messo a punto il protocollo definitivo, adatto alle misurazioni da effettuare *in situ* o in laboratorio, che verrà descritto nel corso di questo capitolo.

2.1 Le stazioni

Per il presente studio sono state selezionate cinque stazioni di campionamento localizzate in vasche a salinità crescente. Di seguito è riportata una breve descrizione delle singole stazioni ottenuta sulla base delle indagini visive realizzate nel corso dei sopralluoghi effettuati durante il periodo di monitoraggio. La sintesi di tali osservazioni viene riportata di seguito.

- Stazione S1. La stazione è posta in prossimità dello sbocco della pompa localizzata in corrispondenza della Foce di Ponente. Il fondale si estende a partire da una limitata e strettissima spiaggetta ed è occupato da un sottile strato di sabbia che sovrasta il sottostante fango finissimo e nero. Per tutta l'area visibile dalla riva, il fondale è colonizzato da un prato delle fanerogame *Zostera (Zosterella) noltei* e *Ruppia*, insieme a numerose alghe verdi. L'acqua è risultata limpida sia in condizioni calma, che di agitazione dovuta a vento forte. Inoltre, nella stagione calda, ad

esempio in corrispondenza del campionamento di maggio 2016, è stata osservata la pompa in attività.

- Stazione S2. La stazione è posta poco a largo della delimitazione di sud-ovest della zona Sterro. L'acqua è risultata sempre limpida e il fondo fangoso completamente ricoperto da fitta vegetazione, costituita soprattutto da fanerogame, *Zostera (Zosterella) noltei* e *Ruppia*, e alghe verdi.
- Stazione S3, La stazione è localizzata lungo la riva meridionale della zone Piscine. Il fondo assolutamente fangoso è apparso, per tutto il periodo di monitoraggio, completamente ricoperto da un fitto strato di alghe verdi e fanerogame, con la componente algale particolarmente abbondante, tanto da coprire completamente la superficie dell'acqua. Al di sotto dello strato superficiale di alghe verdi, l'acqua è risultata sempre limpida, mentre le alghe verdi sono distribuite abbondantemente per l'intera colonna d'acqua. Aderenti a tali alghe verdi, sono stati osservati numerosissimi individui del bivalve *Cerastodema glaucum*, specie che tipicamente colonizza i fondi fangosi, ma che, in questo caso, è stata trovata, con individui giovani, in mezzo alla vegetazione.
- Stazione S4. La stazione è posta nella vasca verso mare della Seconda Sezione. Il fondo è risultato fangoso, con un sottile strato di sedimento chiaro a livello dell'interfaccia con lo strato d'acqua, ma con il tipico fango nero nei livelli sottostanti. Il fondo non è coperto da vegetazione e l'acqua è risultata limpida in tutti i sopralluoghi, tranne che in occasione del campionamento del 28 aprile 2016, quando è apparsa notevolmente intorbidita dall'azione del forte vento da sud-est.
- Stazione S5. La stazione si trova nella vasca meridionale della Terza Sezione, a monte delle Servitrici. Il fondo è totalmente fangoso, costituito dal tipico fango nero e da un sottile strato di fango chiaro a livello dell'interfaccia con la massa d'acqua. La vegetazione è completamente assente e l'acqua è risultata sempre limpida, anche in occasione di vento forte che ha agitato le acque.

In Figura 2.1 è mostrata la collocazione delle stazioni di campionamento fissate per le attività di monitoraggio dell'habitat "Lagune costiere" della Riserva delle Saline di Tarquinia.

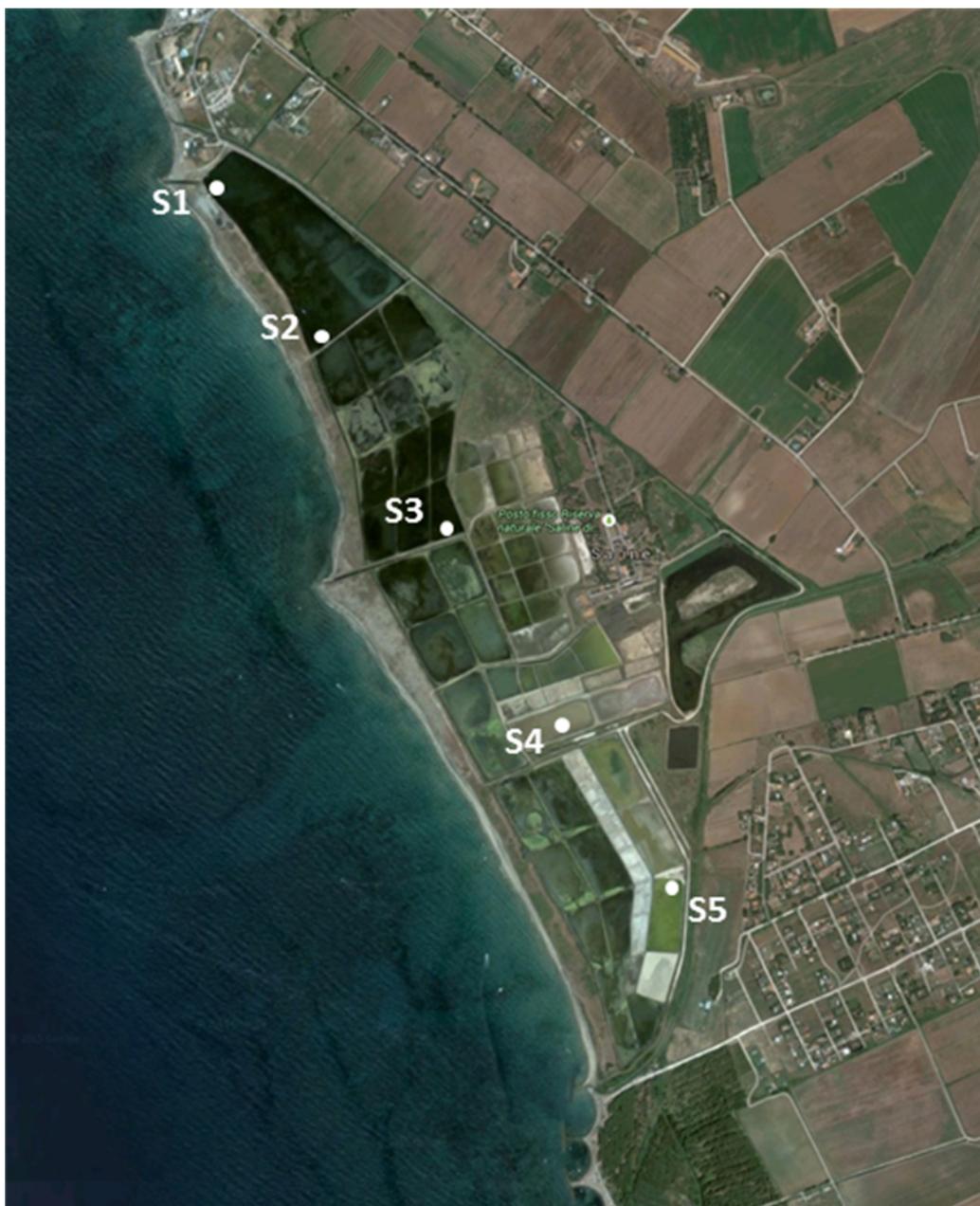


Figura 2.1 – Disposizione delle stazioni di campionamento per il monitoraggio dell’habitat “Lagune costiere” delle Saline di Tarquinia.

2.2 Parametri chimico-fisici

Il monitoraggio delle condizioni chimico-fisiche delle stazioni scelte è stato condotto mediante la misura di alcuni parametri fondamentali: ossigeno disciolto (OD), temperatura (T), salinità (S) e l'acidità delle acque (pH). Questi parametri sono stati scelti in quanto principali descrittori abiotici dello stato ambientale di un ecosistema acquatico.

L'osservazione dell'aspetto fisico delle acque permette di operare una valutazione qualitativa sullo stato del corpo idrico, in particolare sulla torbidità determinata dal materiale organico e inorganico presente. Il particolato inorganico è un elemento importante per la qualità dell'ecosistema acquatico, in quanto è in grado di aumentare la temperatura delle acque assorbendo la luce solare, ma allo stesso tempo filtra i raggi solari limitando l'attività fotosintetica degli organismi autotrofi e quindi l'ossigenazione delle acque. Inoltre, può provocare fenomeni di eutrofizzazione, stimolando un'eccessiva crescita algale, la quale può determinare una copertura del corpo idrico e ridurre la possibilità di scambio di gas con l'atmosfera. La presenza di un'elevata quantità di alghe può portare a fenomeni di crisi distrofiche, che possono ridurre drasticamente l'ossigenazione delle acque.

La temperatura delle acque è sostanzialmente dipendente dall'irraggiamento solare. Questa è generalmente crescente nell'arco del giorno ed è particolarmente soggetta alle variazioni stagionali, poiché nei mesi estivi le acque ricevono un irraggiamento maggiore da parte del sole. Inoltre, il riscaldamento delle acque da parte dei raggi solari è maggiore per le acque superficiali e diminuisce all'aumentare della profondità. Come descritto in questa sezione, tale parametro risulta strettamente correlato all'ossigenazione, alla salinità e al pH.

L'ossigeno disciolto è la quantità di ossigeno molecolare gassoso (O_2) solubilizzato in acqua, risultante dall'equilibrio tra l'apporto di ossigeno proveniente dall'atmosfera e dalla produzione fotosintetica degli organismi autotrofi acquatici, con il consumo dello stesso a causa della respirazione degli esseri viventi presenti nell'ecosistema e delle reazioni chimiche in cui viene coinvolto. Anche i fenomeni meteorologici sono in grado di influenzare l'apporto di ossigeno atmosferico: vento e precipitazioni aumentano il contatto all'interfaccia acqua-aria e il rimescolamento tra le acque superficiali e profonde; la temperatura può causare una diminuzione dell'ossigenazione, favorendo l'evaporazione dell'ossigeno disciolto e la crescita di organismi. Tuttavia, picchi di ossigeno disciolto possono essere osservati nelle ore più calde del giorno, a causa di una maggiore attività fotosintetica degli organismi autotrofi. Un eccesso di vegetazione sospesa

nello strato superficiale della colonna d'acqua, invece, può inficiare sullo scambio gassoso con l'atmosfera e provocare la formazione di un ambiente anossico sottostante, alimentato anche dal consumo di ossigeno nella degradazione dell'eccessivo detrito organico prodotto. Infine, è noto che la quantità di ossigeno disciolto diminuisce all'aumentare della salinità delle acque. Risulta evidente, quindi, come l'ossigeno disciolto sia un parametro strettamente correlato ad altri fattori ambientali e caratteristiche del corpo idrico, per cui la sua analisi deve essere condotta tenendo in considerazione le condizioni al contorno. Il valore medio di ossigeno disciolto per acque marine è compreso tra 7 e 8 mg/L, ma può raggiungere picchi maggiori di 10 unità in corrispondenza della massima attività fotosintetica.

La salinità rappresenta la quantità totale di ioni disciolti in acqua, espressa in questo lavoro attraverso la "scala pratica di salinità" (*practical salinity units*, psu, corrispondente al g/L). In genere, il valore di questo parametro per un corso d'acqua aumenta da monte a valle, dovuto alla progressiva mineralizzazione delle acque per lisciviazione di rocce e terreni, e diviene quindi massima nei bacini marini e oceanici. Il valore usuale di salinità delle acque marine è compreso tra 33 e 37 psu, mentre diminuisce fino a 18 psu per le acque di transizione, come le foci dei fiumi. La salinità ha una forte dipendenza dalla temperatura delle acque: in acque più calde aumenta la solubilità dei sali e dunque si può disciogliere una maggiore quantità dei sali. Inoltre forti fenomeni di evaporazione o congelamento possono causare un incremento locale di salinità.

Il pH descrive la quantità di ioni idrogeno (H^+) presente nelle acque, ovvero la loro acidità. Tale parametro è principalmente il risultato dell'equilibrio tra l'acidificazione provocata dalla quantità di anidride carbonica (CO_2) proveniente dall'aria e dalla espirazione degli organismi acquatici, con la diminuzione dell'acidità derivante dalla presenza di carbonati (CO_3^-) provenienti dalle rocce, dai sedimenti e dalle strutture esterne di alcuni organismi. Tuttavia, anche altre sostanze in grado di partecipare a reazioni acido-base o di ossidoriduzione possono influenzare il pH. Inoltre il pH di un corpo idrico è strettamente interconnesso alla quantità di ossigeno disciolto, che limita la dissoluzione dell'anidride carbonica gassosa. Infatti, picchi di pH possono verificarsi nelle ore più calde del giorno, quando l'attività fotosintetica degli organismi autotrofi acquatici è massima. Il valore medio di pH nell'acqua marina è di 7.8, ma può raggiungere picchi di 8.0 – 8.5 in zone molto ossigenate.

Le indagini chimico-fisiche sono state condotte prendendo in considerazione l'ossigeno disciolto, la temperatura, la salinità ed il pH delle acque saline per ogni stazione di campionamento. Tali parametri sono stati misurati *in situ* o in laboratorio. Le analisi *in situ* sono state realizzate tramite sonde o strumentazioni portatili direttamente nelle vasche della Riserva, mentre le analisi in

laboratorio sono state effettuate su campioni delle acque raccolti durante il campionamento. Tali campioni sono stati prelevati mediante bottiglie e provette in plastica (PET), le quali sono state trasportate in laboratorio e conservate alla temperatura di 4 °C fino al momento della misura. Per le stazioni aventi profondità minore di circa 10 cm è stata effettuata una singola misurazione, mentre nei casi di profondità maggiori (30 - 40 cm) i parametri sono stati registrati sia in prossimità della superficie dell'acqua, sia in prossimità del fondale, eccetto per le misure del pH e della salinità, i quali risultano naturalmente costanti per tutta la colonna d'acqua. Tutte le misure dei parametri chimico-fisici sono state ripetute in triplicato.

L'ossigeno disciolto è stato misurato *in situ* mediante l'immersione di una apposita sonda (modello YK-22DO, Lutron) nelle vasche prescelte. La temperatura delle acque è stata rilevata mediante la stessa sonda.

I valori di salinità sono stati ottenuti tramite un rifrattometro, operando *in situ* o in laboratorio. È stato verificato che i valori di salinità di campioni conservati in laboratorio a 4 °C (fino a 24 ore) rimangono stabili rispetto a quelli registrati sul posto. Per acque con salinità maggiore di 100 psu è stato necessario effettuare una diluizione 1:10 (v/v) con acqua distillata.

Il pH è stato misurato sul campo mediante una sonda (modello Testr PC5, XS Instrument) o in laboratorio, analizzando le acque campionate durante i sopralluoghi e conservate a 4 °C tramite uno strumento da banco (modello pH8, XS Instrument).

2.3 Comunità di macroinvertebrati bentonici

Macroinvertebrati bentonici

I macroinvertebrati bentonici comprendono tutti gli organismi invertebrati che vivono a stretto contatto con il fondo dei sistemi acquatici e che vengono trattenuti da setacci con lume di maglia di 0,5 mm (= 500 micron). Lo studio di tale componente faunistica riveste particolare interesse nelle indagini di monitoraggio degli ambienti marini e di transizione per il loro ruolo di “indicatori” dello stato di salute degli ecosistemi acquatici e degli effetti di eventuali perturbazioni e disturbo sugli stessi (Water Framework Directive 2000/60/EC; Marine Strategy Framework Directive 2008/56/EC). Grazie soprattutto ai cicli vitali relativamente lunghi di tali organismi e agli stretti rapporti che essi contraggono con il fondo, le comunità macrobentoniche rappresentano una “memoria” delle condizioni ecologiche globali del sistema, permettendone una lettura facilitata, rispetto a quella fornita dai soli parametri abiotici, in quanto risultante di interazioni di molteplici fattori, altrimenti

difficilmente misurabili. Dal punto di vista strettamente ecologico, inoltre, gli invertebrati bentonici rivestono un ruolo funzionale essenziale nelle dinamiche ecosistemiche, occupando posizioni chiave in differenti livelli delle reti trofiche, da detritivori e filtratori, a consumatori primari e secondari (Griffiths, 1991). In considerazione di tali relazioni funzionali, gli studi sulle comunità bentoniche vengono ampiamente utilizzati nelle indagini di monitoraggio degli ambienti acquatici marini, di acqua dolce e di transizione (a solo titolo di esempio si riportano Crema *et al.*, 2001; Mistri *et al.*, 2001; Nonnis Marzano *et al.*, 2010; Cardone *et al.*, 2014; Foti *et al.*, 2014; Tagliapietra *et al.*, 2014).

Pacchi fogliari per macroinvertebrati

Tra le varie tecniche di campionamento dei macroinvertebrati bentonici, per gli ambienti di transizione risulta particolarmente utile quella dei pacchi fogliari (Kaushik e Hynes, 1971; Petersen e Cummins, 1974). Questo metodo consiste nell'immissione nel sistema acquatico di "pacchi" di detrito vegetale che viene naturalmente colonizzato dagli invertebrati, al fine di soddisfare le loro esigenze trofiche (Bocock e Gilbert, 1957; Shanks e Olson, 1961). Questi pacchi di foglie, infatti, simulano il naturale accumulo di sostanza organica morta che si verifica soprattutto nella stagione tardo estiva e autunnale.

Preparazione dei pacchi fogliari

Per l'allestimento delle trappole trofiche sono stati preparati opportuni pacchi fogliari utilizzando foglie di *Phragmites australis* (Cav.) Trin ex Steud, la cannuccia di palude che cresce comunemente nelle aree umide del bacino del Mediterraneo. Le foglie sono state raccolte in estate, periodo prossimo all'abscissione, allo stato di completo essiccamento. Le foglie secche, infatti, sono più facilmente colonizzabili da parte dei microfunghi acquatici, rispetto a quelle verdi, e pertanto risultano più appetibili per gli invertebrati bentonici (Gessner, 1991; Barlocher, 1991). Le foglie sono state tagliate in frammenti di lunghezza di circa 10 cm, i quali sono stati posti in stufa termostata a 60° per circa 72 ore, fino al raggiungimento del valore costante di peso secco. Sono stati composti gruppi di foglie secche che sono stati pesati su una bilancia analitica con precisione di $\pm 0,001$ g e con una accuratezza di pesata di 0,05 g. Sono stati così preparati gruppi di foglie di peso secco standardizzato di 3,00 g ciascuno. Ogni gruppo è stato sistemato in retine di nylon con lume di maglia di 0,5x0,5 cm, in modo da permettere il passaggio degli invertebrati bentonici e, nello stesso tempo, di evitare la perdita di frammenti fogliari. Con tale procedura sono stati realizzati i pacchi fogliari, che costituiscono le trappole trofiche per il campionamento degli organismi bentonici.

Immissione dei pacchi fogliari in vasca

Per l'immissione dei pacchi fogliari, in ciascuna stazione di campionamento, è stata predisposta un'opportuna corda, ancorata ad una estremità ad un peso e fissata all'altra ad un galleggiante. Le trappole trofiche così preparate sono state posizionate in ciascuna delle stazioni stabilite per il campionamento dei macroinvertebrati bentonici, e cioè S1, S2, S3 ed S5. In ciascuna vasca sono stati immessi mensilmente, per tutta la durata del monitoraggio, pacchi fogliari per quattro repliche.

Prelievo dei pacchi fogliari

Per tutta la durata delle attività sul campo, da agosto 2015 a maggio 2016, dopo circa un mese dalla sistemazione in vasca, i pacchi fogliari sono stati prelevati, per essere portati in laboratorio per le successive analisi, e sostituiti con altrettanti pacchi fogliari nuovi. Tale prelievo è stato effettuato con la massima attenzione, assicurandosi di evitare la perdita degli organismi intrappolati nei pacchi fogliari: un operatore sul campo procedeva a tagliare le corde di ciascun pacco fogliare, mentre un secondo operatore faceva scivolare una busta di polietilene sotto ogni singolo pacco, in modo da raccogliere contemporaneamente anche un quantitativo di acqua tale da ricoprire il pacco. In ogni busta è stato posizionato il cartellino con le indicazioni specifiche del campione contenuto: denominazione della stazione, numero della replica, data di immissione, data di prelievo. Le buste sono state quindi chiuse, provvedendo a lasciare la maggior quantità d'aria possibile. In questo modo, tutti i pacchi fogliari sono stati trasferiti in laboratorio, avendo cura di mantenere costante la temperatura durante la fase di trasporto.

Pulitura delle foglie

In laboratorio ogni campione, consistente nel gruppo di foglie e nell'insieme dei macroinvertebrati e del detrito fine ad esse associati, è stato posizionato in un'idonea vaschetta con fondo piatto e bianco, immerso in un sottile strato d'acqua. Il pacco è stato quindi sfilato dalla retina e i frammenti di foglie sono stati delicatamente ripuliti, con l'utilizzo di un apposito pennello, dal materiale fangoso e dagli epifiti algali depositatisi su di essi. Il materiale accumulato nella vaschetta è stato quindi filtrato su di un vaglio con lume di maglia di 0,5 mm, per raccogliere la frazione della fauna macrobentonica, oggetto del presente studio. Detto materiale è stato quindi fissato in alcool a 90° e riposto in provette insieme al rispettivo cartellino identificativo del campione.

Smistamento e identificazione dei macroinvertebrati

Ogni campione di macroinvertebrati è stato successivamente sottoposto alle operazioni di smistamento (anche detto *sorting*). Il contenuto di ogni provetta è stato versato in piccole quantità in

una capsula Petri contenente alcool ed osservato allo stereomicroscopio per individuare tutti gli esemplari di macroinvertebrati, separandoli dal materiale detritico fine. Grazie a questo strumento, infatti, è possibile la visione tridimensionale degli oggetti ad un ingrandimento compreso tra 8 e 50 volte l'oggetto. Tutti gli esemplari trovati sono stati quindi smistati a livello di grandi taxa (Molluschi, Crostacei, Policheti, Insetti, ecc.) e raccolti in altrettante provette, ciascuna della quali contenente alcool e lo specifico cartellino identificativo.

Tutti gli esemplari di macroinvertebrati trovati in ogni campione sono stati quindi sottoposti alla successiva procedura di identificazione fino a livello di specie, o comunque al più fine livello tassonomico possibile. Per questa operazione è stato necessario osservare allo stereomicroscopio ogni esemplare, individuare i caratteri diagnostici, grazie al riconoscimento dei quali è possibile effettuare l'identificazione, in altre parole, attribuire ogni esemplare alla specie di appartenenza. In svariati casi l'analisi dei caratteri diagnostici ha richiesto l'osservazione al microscopio ottico a trasmissione di vetrini a fresco. La preparazione di questi ultimi, ha previsto un'opportuna dissezione degli esemplari in esame, al fine di isolare le parti anatomiche portatrici di detti caratteri; tali parti sono state posizionate su di un vetrino porta-oggetto incluse in una goccia di alcool e quindi coperte da un vetrino copri-oggetto, per poi essere osservate al microscopio. Per la procedura dell'identificazione si è fatto uso della ricca raccolta di materiale bibliografico e della vasta collezione di confronto di invertebrati marini presenti presso il Laboratorio di Biologia Marina del Dipartimento di Biologia dell'Università di Roma "Tor Vergata". Per ciascuna specie (o taxon sovraspecifico) identificata sono stati contati tutti gli individui distinguendo, ove possibile, i due sessi e annotando l'eventuale stadio della fase riproduttiva.

Raccolta e analisi dei dati

I dati relativi alla composizione quali-quantitativa dei campioni di macroinvertebrati prelevati sono stati acquisiti e organizzati in un database elettronico.

Per ogni sito, relativamente al totale dei campionamenti e ad ogni mese di campionamento, sono stati calcolati i principali parametri biotici che descrivono la struttura delle comunità:

- Abbondanza di individui campionati.
- Numero totale di taxa (o Ricchezza specifica), ossia il numero di gruppi tassonomici rilevati.
- Diversità di Shannon (H). Tale misura, particolarmente utilizzata nelle indagini ecologiche, è un indice sintetico dell'informazione contenuta nella struttura delle comunità di organismi, in quanto misura sia il numero totale di specie, sia la ripartizione degli individui tra le specie stesse.

- Indice di Evenness (R). Questo indice esprime il grado della regolarità, o equitabilità, della distribuzione degli individui tra le specie attraverso il rapporto tra diversità osservata rispetto a quella massima.

Per ciascuno dei parametri sopracitati è stata testata la differenza tra i valori registrati per tutte le possibili combinazioni di coppie di stazioni monitorate, considerando i dati di ogni mese di campionamento. Si è scelto di ricorrere al test non parametrico di Wilcoxon che saggia la differenza tra le mediane dei campioni analizzati utilizzando i ranghi e senza assumere la distribuzione normale dei dati.

La tecnica di analisi multivariata del Multidimensional Scaling Non metrico (NMDS) è stata condotta per valutare le (dis)similarità tra i popolamenti delle varie stazioni di campionamento considerando i dati relativi a tutti i mesi di indagine. I dati utilizzati sono quelli relativi alle abbondanze dei diversi taxa rilevati, dopo opportuna trasformazione logaritmica, integrati con i dati dei parametri abiotici (salinità, pH, ossigeno disciolto e temperatura). Tale tecnica multivariata minimizza lo scarto fra la struttura delle distanze nello spazio originale (utilizzando l'indice di dissimilarità di Bray-Curtis) e la distanza ottenuta nello spazio ridotto dell'ordinamento (tale scarto è detto "stress" ed è una misura della bontà del modello di ordinamento). Nello spazio bidimensionale del modello di ordinamento i punti corrispondono, nel nostro caso, alle osservazioni di ogni stazione per ciascun mese. L'entità del contributo delle suddette variabili abiotiche è rappresentato dalla lunghezza dei relativi vettori nel grafico di ordinamento. Il grado di correlazione tra i parametri, invece, è esemplificato dall'angolo che intercorre tra i vettori: perpendicolare per variabili tra loro indipendenti, circa 0° per correlazione positiva e 180° per correlazione negativa.

La significatività delle differenze tra le osservazioni multiple tra le stazioni e i mesi di campionamento, è stata valutata mediante il test ANOSIM (ANalysis of SIMilarities) a una via, condotto sulla matrice dei dati di abbondanza, dopo la trasformazione logaritmica. La misura di distanza impiegata è quella di Bray-Curtis e la correzione di Bonferroni è applicata al valore di p ottenuto.

È stato calcolato, infine, il contributo delle singole specie alle differenze osservate tra le varie stazioni tramite il metodo SIMPER (SIMilarity PERcentage), impiegando anche in questo caso la distanza di Bray-Curtis.

Tutte le analisi sono state eseguite mediante il software di analisi statistica PAST 3.11 (Hammer *et al.*, 2001).

2.4 La popolazione di nono (*Aphanius fasciatus*)

Aphanius fasciatus (Valenciennes, 1821) o Nono, è un ciprinodontide eurialino con un areale di distribuzione originario rappresentato dalle acque di transizione del bacino del Mediterraneo centrale; in Italia è presente in maniera discontinua lungo tutte le coste della penisola, in Sardegna ed in Sicilia (Valdesalici *et al.*, 2015).

È una specie con ampia valenza ecologica, tollera infatti condizioni ambientali molto dure, come alta temperatura e salinità ben superiore a quella marina. Pur essendo il Nono una specie tipica di ambienti di acqua salmastra, come lagune costiere, stagni salati e saline, è stato osservato anche in acque dolci, in Sicilia e Sardegna ad una certa distanza dal mare (Cottiglia, 1965; Tigano, 1982).

Pesce gregario di piccola taglia (lunghezza massima di 7 – 8 cm per le femmine), il Nono vive in gruppi numerosi, composti anche da centinaia di individui. Caratterizzato da un corpo moderatamente slanciato, lievemente appiattito sui lati, con il capo che rappresenta buona parte dell'intero animale e risulta poco allungato, mentre appare notevole la grandezza degli occhi e la mandibola leggermente sporgente sulla mascella (Cottiglia, 1980). Le pinne dorsale e anale sono piuttosto alte e arretrate, le pettorali poco sviluppate e inserite piuttosto in basso, mentre le ventrali risultano piccole e arretrate.

Notevole il dimorfismo sessuale, sia nella colorazione che nelle dimensioni (Fig. 2.4.a). I maschi hanno una sagoma leggermente più slanciata ed un capo più tozzo delle femmine (Cottiglia, 1980); presentano il dorso blu-verde oliva, ventre bianco e fianchi con 7-15 bande verticali del colore del dorso che spiccano su una colorazione di fondo bianco-argentea. Le pinne risultano giallastre con orlo nero nel margine anteriore e superiore della pinna dorsale, mentre la pinna caudale presenta una sola banda scura nel margine posteriore. La colorazione diviene più intensa durante il periodo riproduttivo. Le femmine presentano una colorazione più tenue, il dorso più chiaro e un numero variabile di bande sui fianchi più sottili e meno definite rispetto ai maschi.

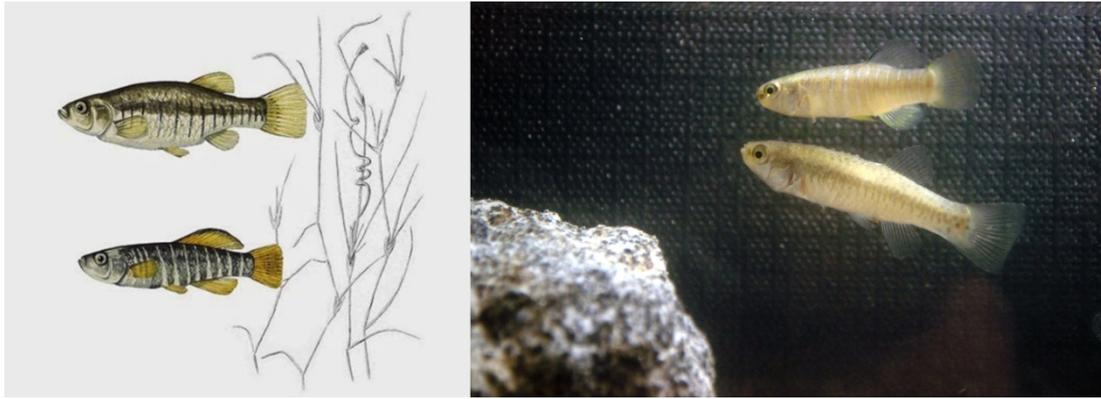


Figura 2.4.a – Dimorfismo sessuale in *A. fasciatus*. A sinistra: in alto la femmina, in basso il maschio; a destra: in alto il maschio, in basso la femmina.

Nelle popolazioni di *A. fasciatus* esiste una netta dominanza nel numero delle femmine rispetto ai maschi: prima del raggiungimento dell'età riproduttiva, la proporzione fra femmine e maschi è di 1:1, poi cambia notevolmente quando la colorazione dei maschi diviene più intensa e ciò li rende più facilmente visibili e di conseguenza predabili (Leonardos e Sinis, 1999).

L'alimentazione di *A. fasciatus* è piuttosto varia, si nutre di piccoli invertebrati planctonici e bentonici, oltre che di alghe, tenere parti della vegetazione e detriti (Cottiglia, 1980). Subisce la predazione da parte di anguille, spigole e grandi Gobidi (Cottiglia, 1980), ma anche da parte di avifauna stanziale e stagionale.

Il periodo riproduttivo va da marzo a giugno. Le uova provviste di filamenti adesivi, sono deposte sul fondo e sulla vegetazione; la schiusa avviene dopo 10 – 14 giorni.

In Italia, ed in particolare in Sicilia, si è osservato un declino e l'estinzione di alcune popolazioni di questa specie: ciò è stato messo in relazione soprattutto ad alterazioni ambientali, ma anche all'introduzione della gambusia (*Gambusia holbrooki*, Girard) (Valdesalici *et al.*, 2015). Per tali motivi il nono è infatti inserito nell'allegato II della Direttiva Habitat (EC, 1992) e della Convenzione di Berna (EC, 1979).

Tecniche di campionamento

Il prelievo degli individui è stato effettuato in ogni stazione tramite l'utilizzo di una sciabichetta da novellame (lunghezza 10 metri) su una superficie di circa 25 mq. I campioni, previa anestesia con 2-fenossietanolo, sono stati poi contati, pesati (al fine di determinare la densità e la biomassa totale) e fotografati per classi di taglia con riferimento metrico, al fine di estrapolare successivamente in laboratorio le lunghezze (LT in cm) attraverso software apposito (Fig. 2.4.b). Questo metodo ha il pregio di abbreviare i tempi per il rilievo dei dati sul campo e le operazioni di manipolazione dei

soggetti catturati, preservandone lo stato di salute. Successivamente i pesci sono stati rilasciati nello stesso sito di cattura, dopo la stabulazione in retini per la fase di risveglio.



Figura 2.4.b – Esempari per il rilievo dei caratteri biometrici da analisi d’immagine.

Raccolta e analisi dei dati

Struttura demografica e struttura di popolazione di A. fasciatus: classi di taglia, rapporto in sessi, densità numerica e di biomassa

Per ottenere la distribuzione in classi di taglia, gli individui sono stati accorpati in gruppi di lunghezze corrispondenti ai diversi anni d’età (0+, 1+, ecc) e sono poi stati prodotti istogrammi per una rappresentazione grafica.

Il rapporto tra maschi e femmine è stato ottenuto identificando i due sessi con un valore percentuale e successivamente rappresentato graficamente con istogrammi.

Per la densità numerica e di biomassa di ciascuna vasca della salina, sono stati messi in relazione con l’area campionata (25 m² circa) nel primo caso il numero d’individui e nel secondo il peso; i dati sono poi stati rappresentati con grafici a torta.

Accrescimento della popolazione

La distribuzione in classi di taglia è servita anche come input per il software FiSAT II (FAO, 2010-2016) per la valutazione dell'accrescimento della popolazione. Il programma deriva dalla fusione di due programmi: il pacchetto ELEFAN (Electronic Length Frequency) sviluppato da ICRAM ed il pacchetto LFSA (Length – Based Fish Stock Assessment) prodotto dalla FAO.

ELEFAN è stato applicato per ottenere i parametri di crescita L_{∞} e K (il parametro t_0 è stato estrapolato dall'equazione di Von Bertalanffy, utilizzando L_{∞} e K e la lunghezza della specie alla schiusa delle uova).

Al fine di determinare il valore Φ , ovvero il parametro usato per confrontare la crescita di differenti popolazioni, è stato utilizzato il Growth Performances Indices.

*Rapporto lunghezza – altezza delle femmine di *A. fasciatus**

Su tutte le femmine comprese nelle classi di età da 1+ a 5+, è stato calcolato il rapporto tra lunghezza totale e l'altezza di ogni individuo, come indice utile per identificare in maniera poco invasiva il periodo riproduttivo.

CAPITOLO 3 - RISULTATI

3.1 Parametri chimico-fisici

I dati raccolti dalle misure chimico-fisiche effettuate nel corso del monitoraggio sono riassunti come valori medi per l'intera colonna d'acqua (ottenuti mediante misure in triplicato, con i rispettivi errori standard) nelle tabelle riportate negli allegati della presente relazione, ognuna relativa a ciascuna stazione. Tale criterio è stato adottato anche per la temperatura, la quale non ha mostrato significative differenze tra acque superficiali e dei fondali, in accordo con le profondità inferiori ai 50 cm osservate per tutte le vasche. Nei seguenti paragrafi, i parametri chimico-fisici sono stati elaborati al fine di evidenziare le caratteristiche chimico-fisiche di ciascuna stazione e la loro variazione annuale.

3.1.1 Caratterizzazione chimico-fisica delle stazioni

Le cinque stazioni monitorate sono state caratterizzate mediante i valori medi annuali per ogni parametro chimico-fisico, calcolati dai dati riportati nelle tabelle presenti negli allegati. Tali valori con i rispettivi errori standard sono mostrati nella Tabella 3.1.1 e negli istogrammi seguenti (Fig. 3.1.1), grazie ai quali è possibile osservare l'andamento di ogni parametro chimico-fisico lungo il gradiente spaziale (ovvero, dalla stazione più vicina al mare, alla stazione più lontana). La variazione nell'arco dei mesi di monitoraggio è messa in evidenza dalle barre di errore per ogni colonna.

Si osserva innanzitutto che il parametro dominante per tali stazioni è la salinità, la quale aumenta radicalmente a partire dalla S1 fino alla S5, come era atteso. La salinità è dunque una forzante di questo sistema, in grado di governare le condizioni chimico-fisiche delle singole stazioni, influenzando fortemente gli altri parametri. Prendendo in considerazione questa caratteristica, maggiori osservazioni si possono ricavare dall'analisi delle singole stazioni.

La S1 è la stazione più prossima al mare, difatti presenta una salinità media annuale di 37 ± 3 psu, che si può osservare normalmente nelle acque del Mar Mediterraneo. Anche i valori di OD e pH rientrano nei valori medi per le acque marine di tale bacino.

La stazione S2 presenta una salinità annuale media ancora vicina al mare aperto. Tuttavia, durante il monitoraggio è stato possibile osservare in tale vasca una quantità di alghe, sul fondo e in superficie, maggiore rispetto alla S1. Ciò può spiegare i valori lievemente maggiori di OD e pH. Condizioni simili sono state riscontrate anche per la S3, benché la sua salinità risulti maggiore della S2.

Per la stazione S4, invece, il repentino incremento di salinità rispetto a S3 (circa il doppio) conferisce al sito caratteristiche differenti, indicate dai valori minori di OD e pH. L'ulteriore aumento di salinità per la S5 (circa il doppio di S4) si riflette anch'esso sui valori di OD ed in particolare del pH, che presenta il valore annuale medio minore tra tutte le stazioni.

L'analisi dei valori medi annuali di temperatura e pH lungo il gradiente spaziale consente di elaborare ulteriori considerazioni generali sulle condizioni abiotiche di tali siti. Si nota come la temperatura presenti una variazione annuale molto ampia per tutte le stazioni (indicata dalle barre di errore degli istogrammi), in accordo con le fluttuazioni stagionali. Tuttavia, sia i valori medi che gli errori standard sono tutti confrontabili, dimostrando una risposta simile per le cinque stazioni al variare stagionale della temperatura, e quindi l'assenza di condizioni critiche e fenomeni anomali. Anche il pH risulta essere confrontabile tra le stazioni S1, S2, S3, S4, confermando lo stato chimico ottimale e stabile di questi ambienti. Il valore minore riscontrato per la S5 è attribuibile all'elevata salinità di questa stazione. Si fa notare che il pH è caratterizzato da un'oscillazione sul valor medio (errori standard) inferiore all'unità, che riflette l'efficacia dell'equilibrio chimico che regola il pH (basato sul sistema tampone $\text{CO}_2 - \text{CO}_3^-$), anche al variare degli altri parametri. Infatti, anche variazioni di una o due unità del pH possono indicare sostanziali differenze nella composizione chimica e biologica delle acque e nelle condizioni chimico-fisiche.

Tabella 3.1.1 – Medie annuali con i rispettivi errori standard dei parametri chimico-fisici per le cinque stazioni monitorate.

Stazioni	Salinità (psu)	Ossigeno Disciolto (mg/L)	Temperatura (°C)	pH
S1	37±3	8±2	17±7	8.1±0.2
S2	41±5	9±2	18±7	8.3±0.3
S3	54±8	9±2	18±6	8.3±0.3
S4	96±12	8±2	19±6	8.1±0.5
S5	117±35	8±1	18±5	7.7±0.2

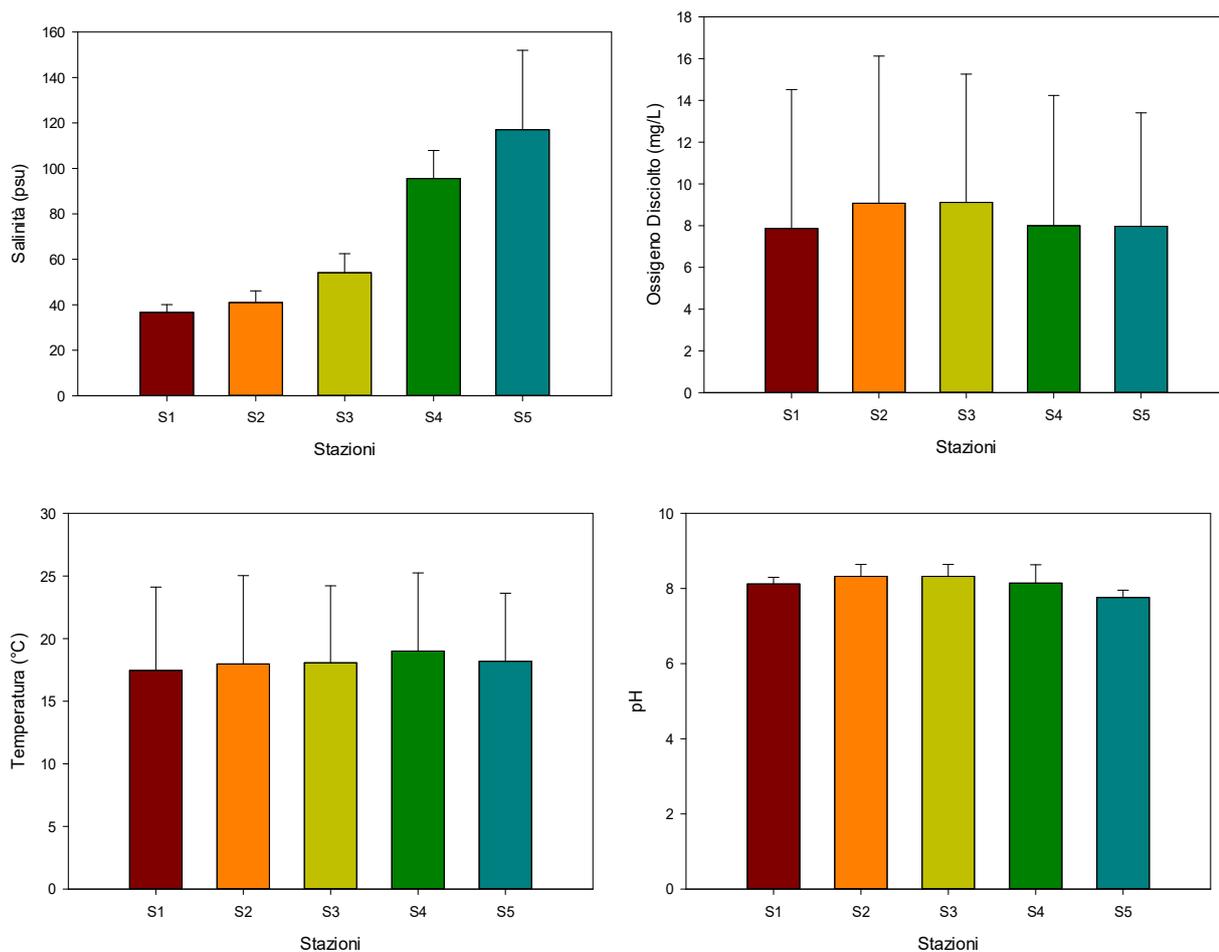


Figura 3.1.1 – Istogrammi delle medie annuali dei parametri chimico-fisici per le cinque stazioni monitorate. Le barre indicano gli errori standard corrispondenti ad ogni valor medio.

3.1.2 Andamento temporale dei parametri chimico-fisici

Per analizzare le variazioni nel tempo durante il monitoraggio, è possibile osservare l’andamento dei parametri chimico-fisici misurati nel corso dei campionamenti mensili. Ciò è illustrato nei seguenti grafici, costruiti mediante i valori medi per ogni parametro e per ogni stazione, riportati nelle tabelle disponibili in allegato. Tramite questi grafici è possibile confrontare l’andamento di ciascun parametro chimico-fisico per le cinque stazioni studiate.

Salinità

In primo luogo, viene presentato l’andamento temporale della salinità per le cinque stazioni, in quanto essa rappresenta il parametro forzante per questi sistemi (Fig. 3.1.2 a). Per le stazioni S1, S2, e S3 si può osservare che la salinità oscilla intorno a valori molto vicini tra loro, a differenza della

S5, la quale presenta salinità molto maggiori nei mesi più caldi autunnali (ottobre) e primaverili (fine maggio e giugno). Anche per la S4 si osserva una tendenza simile a quella osservata per S5, benché siano stati eseguiti solo 3 campionamenti per tale stazione. I picchi di salinità riscontrati per S5 e S4 sono il risultato della riduzione della massa d'acqua per evaporazione che si verifica per i mesi durante i quali si registrano temperature elevate. Tale correlazione con la temperatura è confermata dal grafico presentato in Fig. 3.1.2.b.

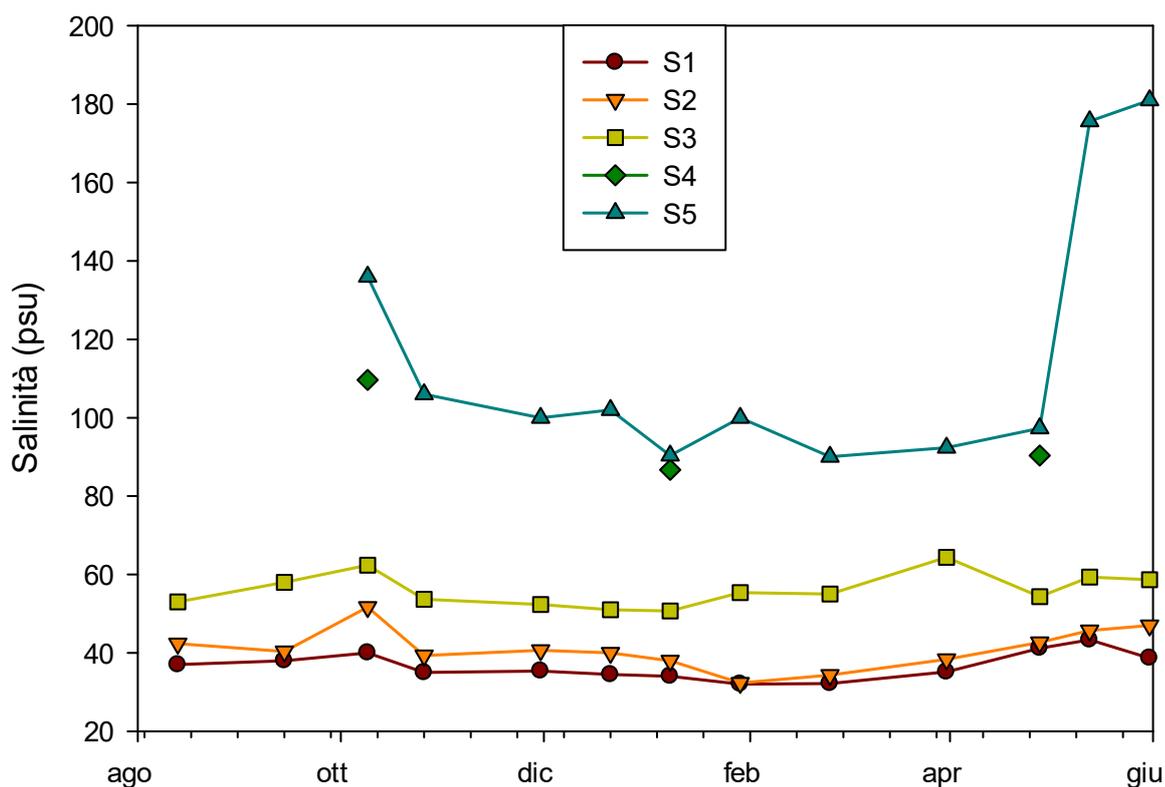


Figura 3.1.2.a – Andamento temporale della salinità per le cinque stazioni monitorate. Date di campionamento: 13 agosto 2015, 14 settembre 2015, 9 ottobre 2015, 26 ottobre 2015, 27 novembre 2015, 21 dicembre 2015, 8 gennaio 2016, 29 gennaio 2016, 25 febbraio 2016, 31 marzo 2016, 28 aprile 2016, 13 maggio 2016, 31 maggio 2016.

Temperatura

L'andamento temporale della temperatura conferma quanto già osservato dall'analisi del gradiente spaziale (Figura 3.1.1): le temperature delle cinque stazioni sono molto simili tra loro, tuttavia subiscono variazioni importanti in funzione della data di campionamento, indicando una dipendenza fortemente stagionale piuttosto che spaziale.

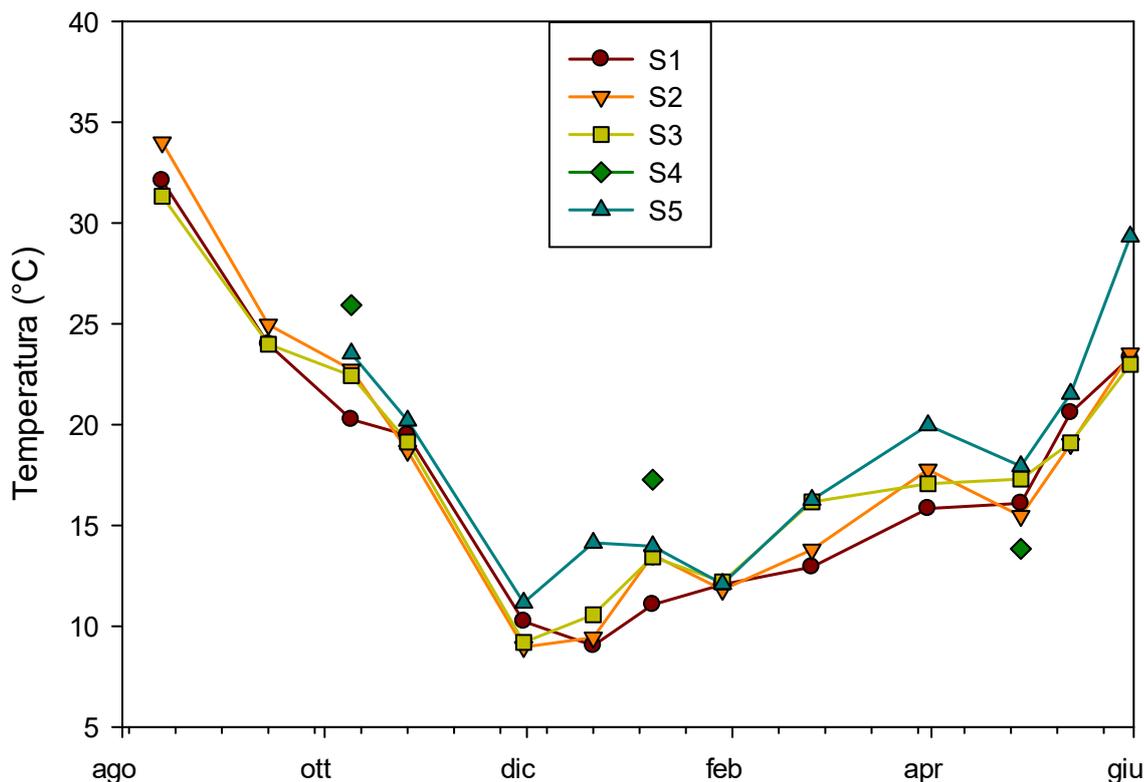


Figura 3.1.2.b – Andamento temporale della temperatura per le cinque stazioni monitorate. Date di campionamento: 13 agosto 2015, 14 settembre 2015, 9 ottobre 2015, 26 ottobre 2015, 27 novembre 2015, 21 dicembre 2015, 8 gennaio 2016, 29 gennaio 2016, 25 febbraio 2016, 31 marzo 2016, 28 aprile 2016, 13 maggio 2016, 31 maggio 2016.

Ossigeno Disciolto

L'ossigeno disciolto mostra un andamento molto complesso e variabile nell'arco dell'intero monitoraggio, come è illustrato in Figura 3.1.2.c. Tale comportamento rispecchia l'insieme complesso dei fattori che determinano la quantità di ossigeno disciolto nelle acque (descritto in dettaglio nel paragrafo 2.2). Tra questi, le condizioni meteorologiche specifiche verificatesi nelle date di campionamento costituiscono elementi imprescindibili nell'interpretazione dei valori di OD. In generale, si può osservare che la maggior parte dei valori risulta maggiore di 7 mg/L, indicando quindi una sufficiente ossigenazione delle acque. L'OD risulta invece minore di questo valore in alcune date e per alcune stazioni, in corrispondenza di una combinazione tra abbondanza di alghe nello strato superficiale della colonna d'acqua e scarsa ventilazione o elevate temperature (nei mesi caldi). Si ricorda, infatti, che la presenza eccessiva di vegetazione sospesa nella massa d'acqua può portare alla formazione di un ambiente anossico al di sotto di essa, dovuto al ridotto scambio gassoso

con l'atmosfera. Al contrario, picchi massimi di OD sono corrispondenti a condizioni climatiche adatte sia all'attività fotosintetica che allo scambio con l'atmosfera.

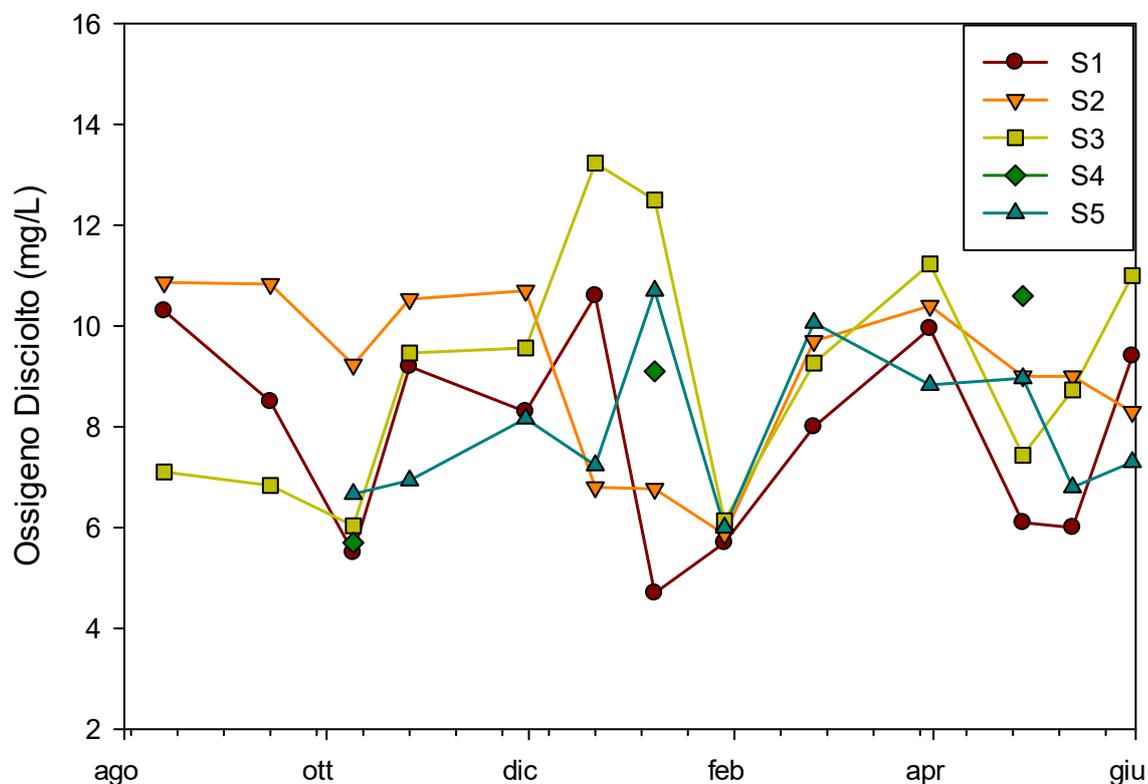


Figura 3.1.2.c – Andamento temporale dell'ossigeno disciolto per le cinque stazioni monitorate. Date di campionamento: 13 agosto 2015, 14 settembre 2015, 9 ottobre 2015, 26 ottobre 2015, 27 novembre 2015, 21 dicembre 2015, 8 gennaio 2016, 29 gennaio 2016, 25 febbraio 2016, 31 marzo 2016, 28 aprile 2016, 13 maggio 2016, 31 maggio 2016.

pH

L'andamento temporale (Figura 3.1.2.d) del pH mostra un'oscillazione dei valori, mediamente compresi tra 8.0 e 8.5 per le stazioni S1, S2, S3 e S4, la quale rientra nella variabilità naturale di un ecosistema acquatico complesso. Si nota, invece, come S5 presenti sempre valori minori rispetto alle altre stazioni, in accordo con quanto descritto nell'analisi spaziale (Figura 3.1.1).

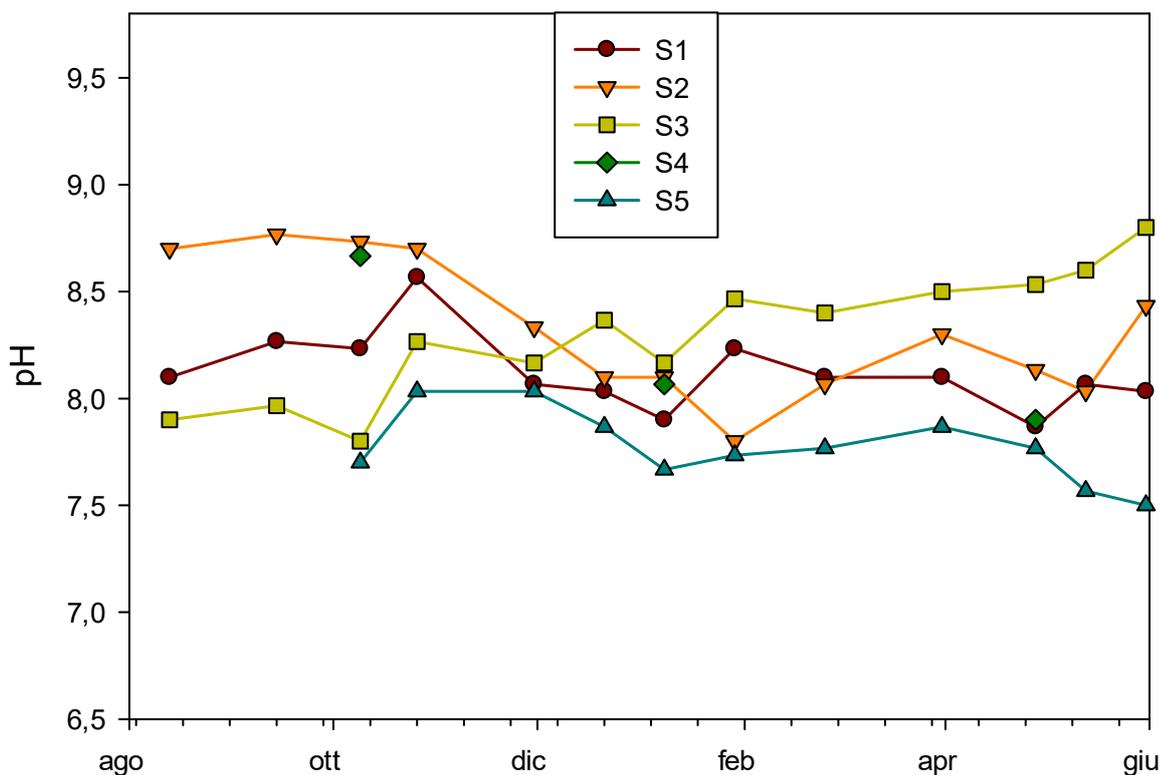


Figura 3.1.2.d – Andamento temporale del pH per le cinque stazioni monitorate. Date di campionamento: 13 agosto 2015, 14 settembre 2015, 9 ottobre 2015, 26 ottobre 2015, 27 novembre 2015, 21 dicembre 2015, 8 gennaio 2016, 29 gennaio 2016, 25 febbraio 2016, 31 marzo 2016, 28 aprile 2016, 13 maggio 2016, 31 maggio 2016.

3.2 Comunità dei macroinvertebrati bentonici

Vengono qui di seguito presentati i risultati relativi ai campionamenti di macroinvertebrati bentonici nelle Saline di Tarquinia, effettuati utilizzando i pacchi fogliari di *Phragmites australis*, posizionati nelle vasche oggetto di indagine tra agosto 2015 e maggio 2016, per un totale di 9 campionamenti per i siti S1, S2 e S3, e 7 per S5.

Nella tabella seguente viene riportato l'elenco delle specie campionate nelle quattro vasche considerate con l'indicazione del relativo numero totale di individui trovati nei pacchi fogliari, nonché dei valori di numero di taxa, abbondanza, Diversità di Shannon e Evenness per ciascuna vasca, calcolati sul totale dei campionamenti (Tabella 3.2).

Tabella 3.2 – Elenco dei taxa rilevati in ciascuna stazione di campionamento nell’arco dell’intero periodo di monitoraggio. Per ogni taxon è riportata l’abbondanza (numero di individui). La “X” indica la presenza della specie coloniale.

Taxon	S1	S2	S3	S5	Totale
<i>Amphibalanus amphitrite</i>	0	0	1	0	1
<i>Bittium reticulatum</i>	16	0	0	0	16
<i>Brachynotus foresti</i>	1	0	0	0	1
<i>Capitella capitata</i>	17	6	0	0	23
<i>Cerastoderma glaucum</i>	0	2	86	0	88
<i>Cerithium vulgatum</i>	7	27	0	0	34
<i>Chironomidae (larve)</i>	82	156	790	826	1854
<i>Ctenodrilus serratus</i>	22	0	0	0	22
<i>Diptera (larve)</i>	0	0	0	4	4
<i>Gammarus aequicauda</i>	1621	1268	4	0	2893
<i>Haminoea hydatis</i>	13	0	0	0	13
<i>Heteromastus filiformis</i>	1	0	0	0	1
<i>Hydrobia acuta</i>	1471	1398	1921	9	4799
<i>Idotea chelipes</i>	204	224	0	0	428
<i>Malacocerus fuliginosus</i>	74	0	0	0	74
<i>Melita palmata</i>	12	0	0	0	12
<i>Monocorophium insidiosum</i>	771	96	0	0	867
<i>Monocorophium sextonae</i>	1489	65	0	0	1554
<i>Mytilaster marioni</i>	9	0	0	0	9
<i>Nassarius corniculus</i>	15	1	0	0	16
<i>Nebrioporus cerisyi</i>	0	0	0	59	59
<i>Nemertea</i>	13	43	2	0	58
<i>Neodexiospira pseudocorrugata</i>	1329	5	0	0	1334
<i>Palaemon elegans</i>	8	0	0	0	8
<i>Perinereis cultrifera</i>	18	4	1	0	23
<i>Polycladida</i>	4	0	0	0	4
<i>Syllides edentatus</i>	1	0	0	0	1
<i>Thysanoptera (larve)</i>	0	0	0	1	1
<i>Truncatella subcilindrica</i>	1	0	0	0	1
<i>Victorella pavidata</i>	0	0	X	0	X
N° individui	7199	3295	2805	899	14198
N° taxa	24	13	8	5	30

Il popolamento macrozoobentonico delle Saline di Tarquinia risulta composto da 30 taxa quasi tutti identificati a livello di specie, per 14198 individui totali (Tab. 3.2). Cinque taxa sono nettamente dominanti, con abbondanze che vanno da 867 individui di *Monocorophium insidiosum*, a *Neodexiospira pseudo corrugata* (1334 ind.), larve di Chironomidae (1854 ind.), *Monocorophium sextone* (1554 ind.), *Gammarus aequicauda* (2893 ind.), *Hydrobia acuta* (4799 ind.). Il numero di taxa varia notevolmente, diminuendo da 24, 13, 8 e 5 rispettivamente nelle vasche 1, 2, 3 e 5. Dal punto di vista qualitativo, quasi tutti i taxa trovati costituiscono il popolamento della vasca della Foce di Ponente (S1), ad eccezione di 3 taxa, le larve di Diptera e di Thysanoptera e il Coleottero *Nebrioporus ceresyi*, che sono risultati esclusivi della vasca della Terza Sezione (S5). Nella vasca Sterro (S2) sono stati rinvenuti tutti i taxa dominanti ed anche *Idotea chelipes* con un elevato numero di individui; nella vasca delle Piscine (S3), infine, dei taxa dominanti sono stati trovati solo le larve di Chironomidae e *H. acuta*, ma in aggiunta è particolarmente abbondante *Cerastoderma glaucum*, come elemento caratteristico di questa vasca.

3.2.1 Composizione delle comunità di macroinvertebrati bentonici

La stazione S1, che presenta condizioni ambientali simili a quelle marine (vedi risultati delle analisi chimico-fisiche), ospita un popolamento di macroinvertebrati più ricco e diversificato rispetto a tutte le altre stazioni, come si evince dall'osservazione dei dati riportati in Allegato 2, relativi alle abbondanze delle specie per vasca, per mese. La composizione quali-quantitativa di S1, in termini percentuali, è mostrata in Figura 3.2.1. In questa stazione sono stati trovati 24 taxa animali (21 dei quali identificati fino a livello di specie). Le specie dominanti in termini di abbondanza sono risultate: *Hydrobia acuta*, un gasteropode tipico delle lagune costiere (Barnes, 1980), *Monocorophium sextone*, *Monocorophium insidiosum*, anfipodi frequenti negli ambienti di transizione interessati da ampie variazioni di salinità (Ruffo, 1982) e alcune specie che colonizzano tipicamente gli ambienti costieri semichiusi, quali l'anfipode *Gammarus aequicauda* e il polichete *Neodexiospira pseudocorrugata*, legate entrambe alla presenza di una estesa copertura algale (Diviacco, 1981; Bianchi, 1981), così come il crostaceo isopode *Idotea chelipes*, caratteristico elemento delle zoocenosi salmastre (Argano, 1979). Abbondanti sono risultate anche varie specie a tendenza più spiccatamente marina, quali i molluschi *Bittium reticulatum*, *Nassarius corniculus*, *Haminoea hydatis*, *Mytilaster marioni*, i policheti *Perinereis cultrifera*, *Ctenodrilus serratus*, che possono colonizzare anche le aree costiere semichiusure (Giangrande *et al.*, 1983-84; Gravina, 1986; Gravina *et al.*, 1989); numerose sono risultate anche le larve di Chironomidae, insetti dell'ordine dei

Ditteri che depongono le uova in ambienti acquatici anche salini; da segnalare anche due specie di policheti, *Malacoceros fuliginosus* e *Capitella capitata*, particolarmente legate a sedimenti con un elevato carico organico sia in ambienti marini che salmastri (Gravina *et al.*, 1988; Lardicci *et al.*, 1993).

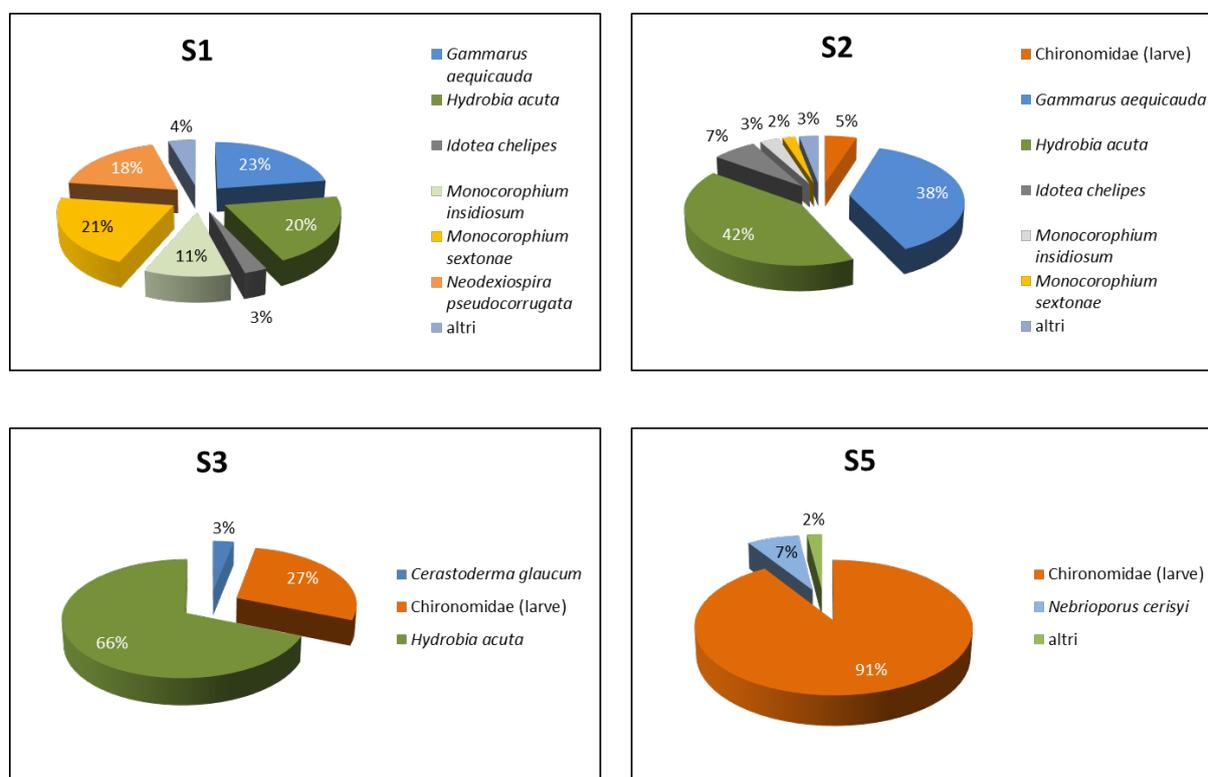


Figura 3.2.1 – Abbondanze percentuali dei taxa macrobentonici rilevati nelle quattro stazioni di campionamento: S1, S2, S3 e S5.

Nella stazione S2 sono stati campionati 13 taxa, tra questi quelli maggiormente rappresentativi in termini di abbondanza sono risultati *G.aequicauda*, *H.acuta*, e *I.chelipes*. La prima è specie marina, ma ampiamente tollerante le variazioni di salinità (Diviacco, 1981), le altre due sono specie caratteristiche degli ambienti salmastri. Ben rappresentate, come numero di individui, sono risultate anche le larve di Chironomidae e le specie *M.insidiosum*, ad ampia valenza ecologica ma legata ad acque poli e iperaline, e *M.sextone*, specie marina meno tollerante rispetto alla precedente di ampie variazioni della salinità (Diviacco, 1983). Meno abbondante è risultato il gasteropode di ambienti marini costieri *Cerithium vulgatum* e, solo occasionale, la specie *C.capitata*, un polichete opportunistica che colonizza tipicamente i sedimenti anche a basso tenore di ossigeno e ricchi di sostanza organica (Gravina *et al.*, 1988).

Nella stazione S3 sono stati trovati 8 taxa, tra i quali solo due sono risultati nettamente dominanti: la specie tipica di ambienti lagunari *H.acuta* (Giusti e Pezzoli, 1984) e le larve di Chironomidae; consistente è stata anche l'abbondanza del bivalve *Cerastoderma glaucum*, elemento caratteristico delle biocenosi dei biotopi salmastri (Gravina, 1986); merita di essere segnalata, infine, la presenza del briozoo Ctenostomata *Victorella pavida*, che forma colonie striscianti e leggermente erette aderenti a substrati rigidi, ad esempio conchiglie, o vegetali, foglie o alghe, ed è in grado di resistere a condizioni ambientali avverse sotto forma di gemme d'inverno, dette ibernacoli, che rimangono sul fondo mentre l'intera colonia degenera, e sono quindi in grado di resistere a periodi sfavorevoli. Questa specie vive tipicamente in ambienti salmastri con salinità vicina a quella marina o a più basso tenore salino (Carrada e Sacchi, 1962). Nel corso di questo studio, colonie ben sviluppate di *V.pavida* sono state trovate esclusivamente nella vasca delle Piscine (S3) nei mesi autunnali e primaverili, mentre è risultata assente nei mesi di gennaio e febbraio, verosimilmente perché svernante sotto forma di ibernacoli.

Nella stazione S5 sono stati rinvenuti in totale 5 taxa, ma soltanto due con un elevato numero di individui: le larve di Chironomidae e il coleottero ditiscide *Nebrioporus ceresyi*. Quest'ultimo vive sia allo stadio adulto che larvale nelle acque salmastre di lagune costiere e pozze anche isolate soggette a forti escursioni termiche e saline. Nel corso del presente studio, il ritrovamento di numerosi adulti di questa specie nei mesi da novembre a febbraio è coerente con il periodo riproduttivo osservato in vari ditiscidi, che si accoppiano durante l'autunno e l'inverno (Franciscolo, 1979).

3.2.2 Andamento temporale dei parametri biotici

L'andamento temporale della Ricchezza Specifica, misurata in termini di numero di taxa, nel corso dell'intero periodo di studio viene riportato in Figura 3.2.2 per tutte le quattro vasche oggetto di analisi. Evidenti variazioni sono osservabili nella stazione S1, nella quale si registrano valori massimi nei mesi invernali (dicembre-febbraio) e minimi in ottobre e nei mesi di marzo e aprile. Al contrario, valori pressoché costanti sono stati rilevati nelle stazioni S3 e S5, mentre l'andamento temporale del numero di taxa nella S2 mostra variazioni di entità intermedia. Analogamente l'andamento relativo all'abbondanza, misurata in termini di numero di individui (Figura 3.2.2), dalla quale appare evidente che i valori più elevati sono stati registrati quasi sempre nella S1 e i minimi nella S5. Nelle stazioni S2 e S3 sono stati misurati valori intermedi di abbondanza unitamente alle più marcate variazioni mensili, ad eccezione del massimo picco di abbondanza registrato nella stazione S1 nel

mezzo di maggio. Gli andamenti temporali degli indici di Diversità di Shannon e di Evenness, riportati in Figura 3.2.2, rivelano valori più alti di Diversità e, corrispondentemente, più bassi di Evenness, nelle stazioni S1 e S2. Per la stazione S1 l'andamento costantemente basso dei valori di Evenness suggerisce che il principale contributo alla diversità è da collegare alla variazione nel numero di specie nei diversi mesi di campionamento; contrariamente, nella stazione S2 gli andamenti sostanzialmente paralleli di Diversità e Evenness indicano come il grado di strutturazione del popolamento sia attribuibile non tanto alle variazioni nel numero di specie, abbastanza simile nel tempo, quanto piuttosto alle marcate fluttuazioni nelle abbondanze delle singole specie. Nelle stazioni S3 e S5 sono stati registrati i valori più elevati di Evenness e i più bassi di Diversità. Per S5, in particolare, si osservano le più marcate variazioni temporali, con picchi elevati di Diversità in gennaio e febbraio, e di Evenness in febbraio e maggio. In quest'ultima stazione si può notare come variazioni anche minime nel numero di specie possano generare alterazioni di forte rilievo nella Diversità di Shannon, risultando particolarmente accentuate in alcuni mesi nei quali si riscontra un solo taxon nettamente dominante sugli altri. Nella stazione S3 le variazioni particolarmente accentuate della Evenness, che mostrano per gran parte del periodo esaminato un andamento speculare a quello della Diversità, permettono di rilevare che sono i rapporti di abbondanze tra specie a determinare *in primis* il grado di strutturazione del popolamento zoobentonico. Le differenze tra i popolamenti delle quattro vasche sono state valutate attraverso il Test di Wilcoxon, confrontando le coppie di stazioni per tutti i parametri biotici considerati. I risultati sono riportati in Tabella 3.2.2. In tutti i confronti la stazione S1 mostra differenze significative con tutte le altre, relativamente a tutti i parametri, con l'eccezione di S2 per la Diversità. S2 e S3 non risultano statisticamente differenti per Abbondanza e Evenness. Le stazioni S3 e S5 non hanno rivelato differenze significative per nessuno dei parametri considerati.

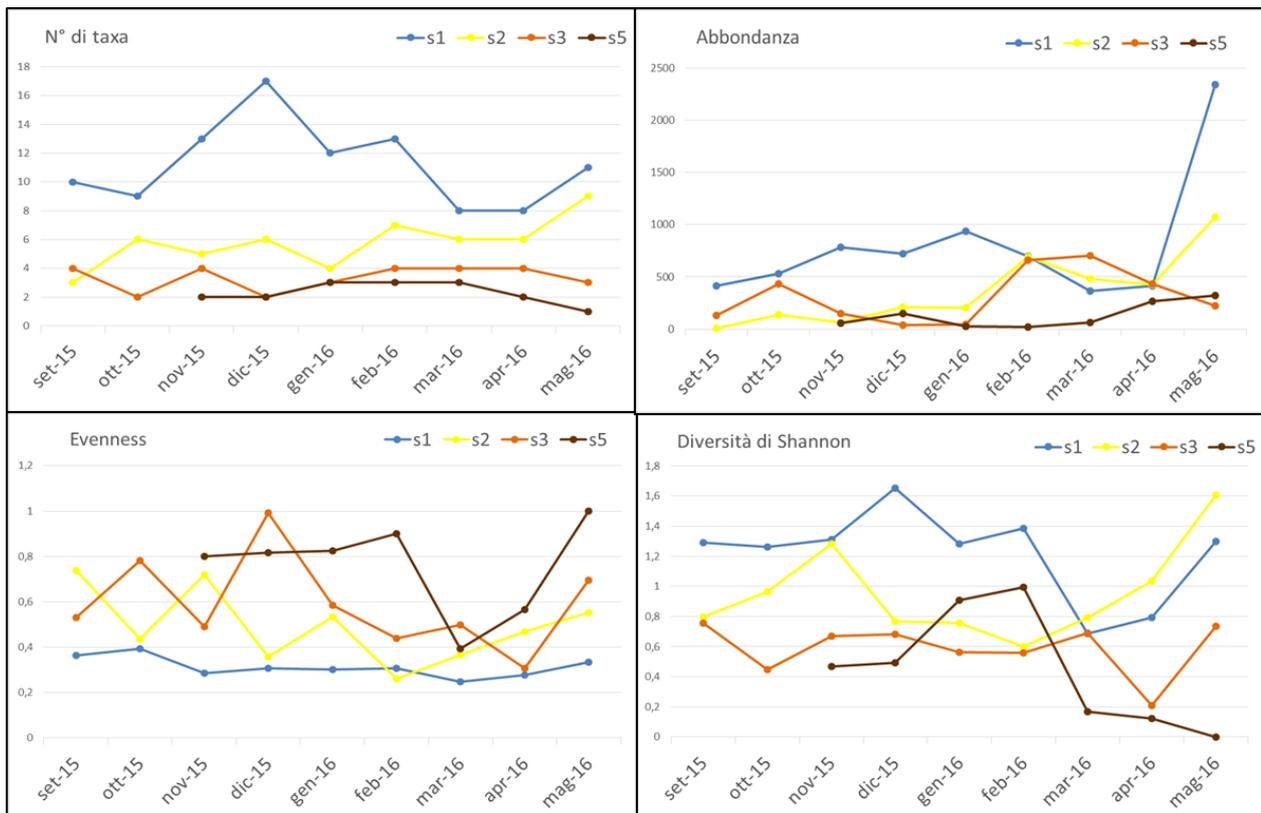


Figura 3.2.2 – Andamento temporale del numero di taxa (Ricchezza Specifica), abbondanza di individui, indice di Diversità di Shannon e indice di Evenness nelle stazioni di campionamento S1, S2, S3 e S5.

Tabella 3.2.2– Risultati del test di Wilcoxon tra coppie di stazioni, relativamente ai parametri biotici (Numero di taxa; Abbondanza di individui; Diversità di Shannon; Evenness). Sopra la diagonale sono riportati i valori di W per ogni confronto; sotto la diagonale è mostrato il livello di significatività (ns = non significativo; * = $p \leq 0,05$; ** = $p \leq 0,01$).

N° taxa	S1	S2	S3	S5
S1		45	45	28
S2	**		43	28
S3	**	*		15
S5	*	*	ns	

Abbondanza	S1	S2	S3	S5
S1		40	39	28
S2	*		23	28
S3	*	ns		21
S5	*	*	ns	

Diversità	S1	S2	S3	S5
S1		35	44	28
S2	ns		45	24
S3	**	**		19
S5	*	ns	ns	

Evenness	S1	S2	S3	S5
S1		43	45	28
S2	**		28	28
S3	**	ns		25
S5	*	*	ns	

3.2.3 Analisi dei dati multivariata

L'ordinamento ottenuto con la tecnica di analisi del Multidimensional Scaling Non Metrico (NMDS), su dati di abbondanza (dopo trasformazione logaritmica) delle specie di macroinvertebrati bentonici, è riportato in Figura 3.2.3.a. Il ridotto livello di stress registrato (pari a 0,109) testimonia la bontà dell'ordinamento ottenuto. I poligoni, che corrispondono all'insieme delle osservazioni per ciascuna stazione, risultano tra loro distinti e disposti lungo l'asse principale secondo l'ordine S1-S2-S3-S5. Il poligono relativo a S5 appare nettamente separato da tutti gli altri, mentre limitate sovrapposizioni sono osservabili tra S1 e S2 e, minimamente, tra S2 e S3. L'introduzione delle variabili abiotiche (come variabili accessorie) ha permesso di riportare nel modello di ordinamento i vettori rappresentativi delle suddette variabili. La lunghezza e disposizione di detti vettori sono indicative rispettivamente del contributo esplicativo di ciascuna variabile sulla distribuzione dei punti-stazione nel modello di ordinamento, e del grado di collegamento tra le variabili stesse. Il vettore corrispondente alla salinità presenta la lunghezza maggiore ed è disposto lungo l'asse principale del grafico, mostrando, quindi, il contributo dominante del fattore salinità nella spiegazione degli ordinamenti di punti osservati. Il vettore relativo alla temperatura, anche se sensibilmente più corto, si trova quasi sovrapposto al primo rivelando un forte livello di connessione tra le due variabili, come atteso. Al contrario, i vettori corrispondenti all'ossigeno disciolto e al pH sono localizzati in posizione nettamente ortogonale rispetto ai primi due, a testimoniare il loro ridotto collegamento con gli altri fattori nel determinare la disposizione dei punti nel grafico.

Il test della similarità ANOSIM - Una Via ha rilevato differenze statisticamente significative tra le stazioni ($R = 0,7458$; $p = 0,0001$).

Tramite l'analisi SIMPER, infine, è stato valutato il contributo delle singole specie di invertebrati bentonici nel determinare le differenze tra i popolamenti delle diverse vasche. Detti contributi per specie, sia come percentuale singola che cumulativa, e le abbondanze medie per ciascuna stazione sono riportati in Allegato 3. In Figura 3.2.3.b sono riportate le abbondanze medie degli 8 taxa il cui contributo singolo è superiore all'1% e che, nel totale, sono responsabili del 96,4% delle differenze osservate tra i popolamenti delle stazioni.

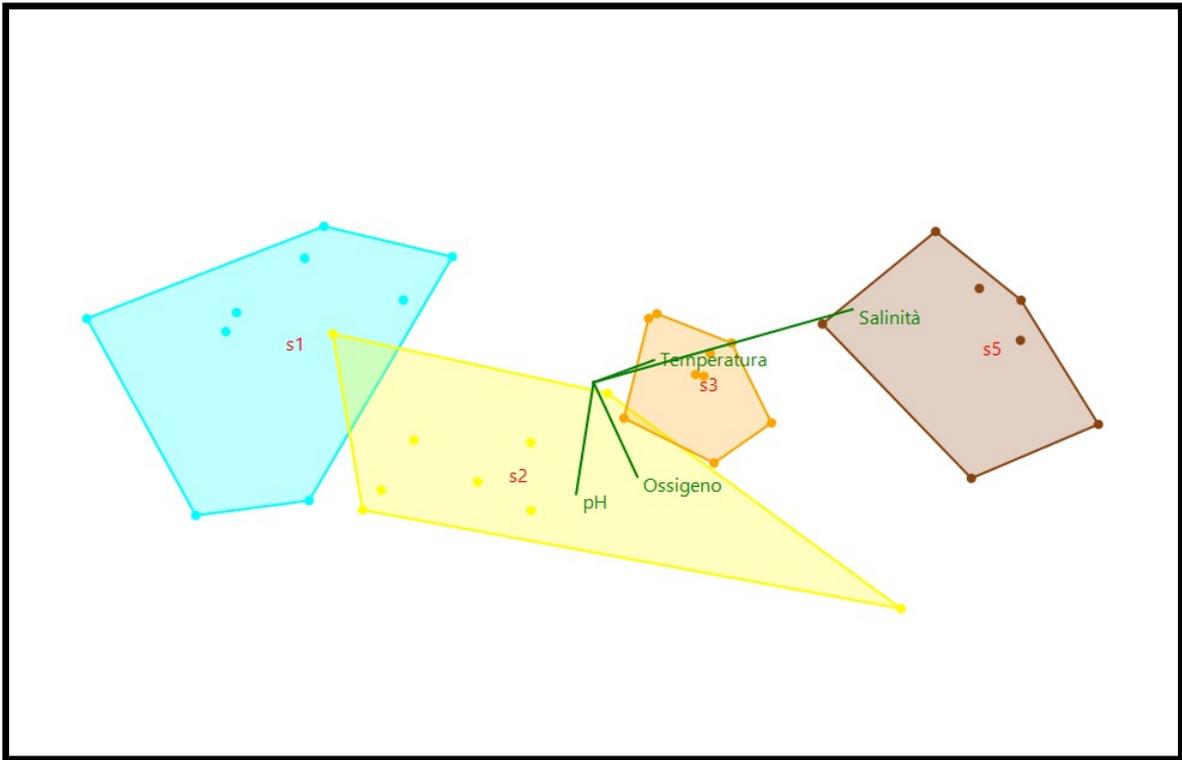


Figura 3.2.3.a – Ordinamento dei punti-stazione ottenuto tramite NMDS. I poligono includono tutte le osservazioni (punti) relative ad ogni stazione monitorata (S1, S2, S3, S5); i vettori rappresentano le variabili ambientali considerate. Valore di stress: 0,109.

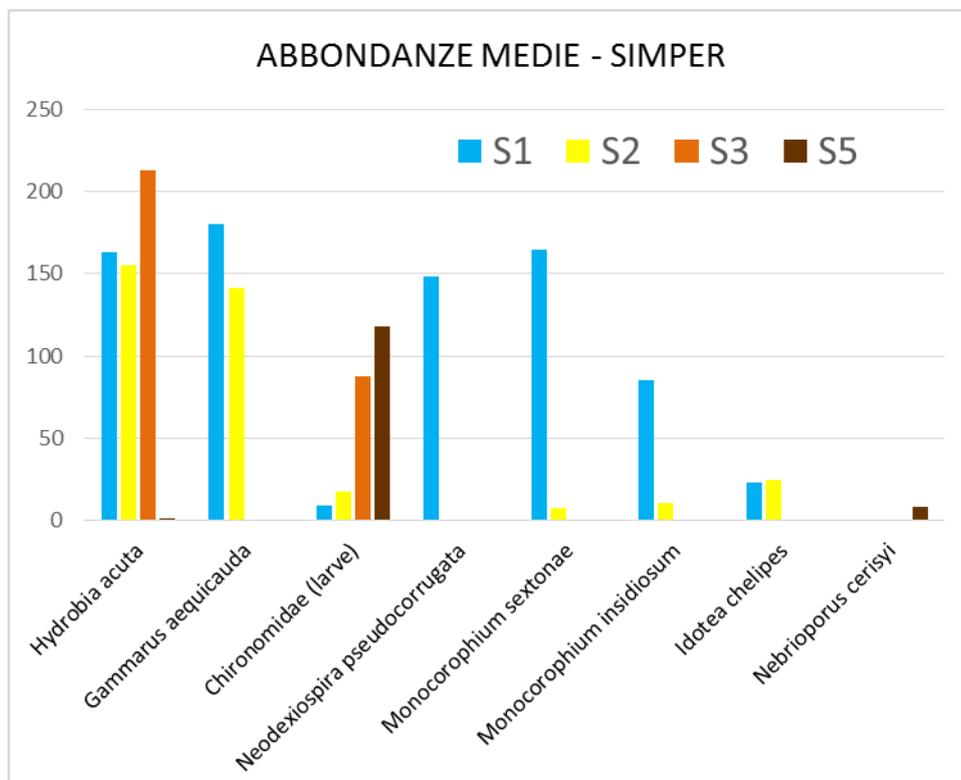


Figura 3.2.3.b– Rappresentazione delle abbondanze medie degli 8 taxa maggiormente informativi (contributo maggiore dell'1%) nell'analisi SIMPER.

3.3 La popolazione di nono (*Aphanius fasciatus*)

3.3.1 Consistenza demografica della popolazione di *A. fasciatus*

Sono stati campionati, all'interno delle vasche di salinizzazione corrispondenti alle cinque stazioni di campionamento, individui in numero tale da essere sufficientemente rappresentativo della struttura di popolazione dei singoli ambienti presi in esame, nelle diverse stagioni di campionamento, per un totale di 775 individui (Tabella 3.3.1).

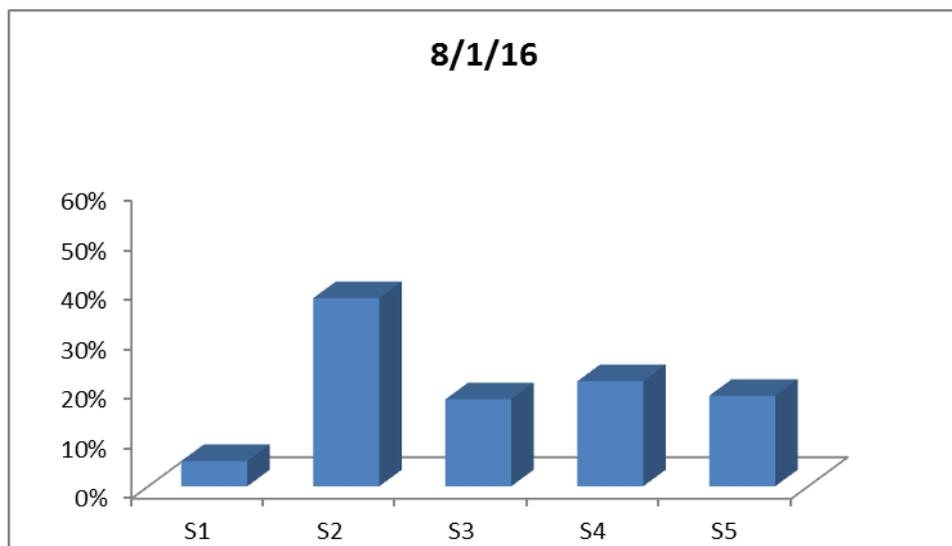
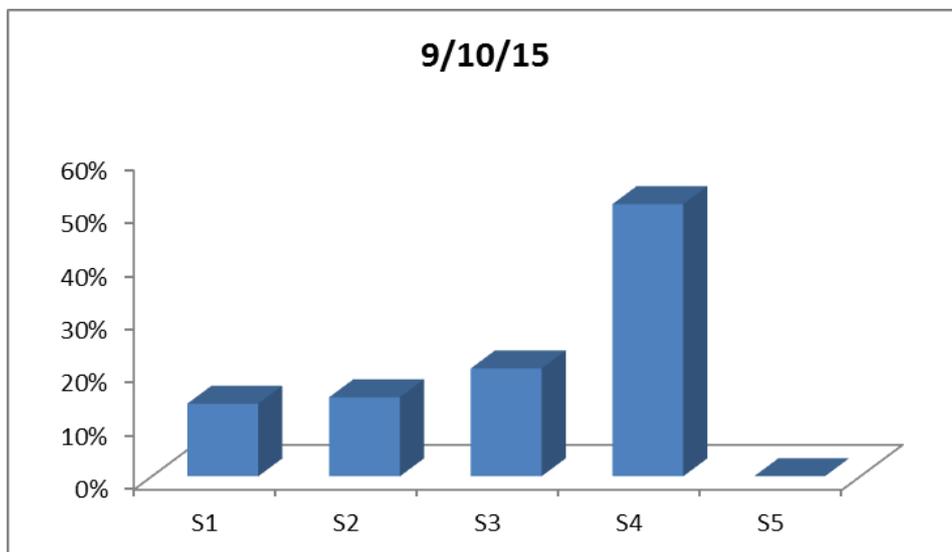
Tabella 3.3.1 – Stazioni di campionamento, coordinate e rispettivo numero complessivo di individui, suddiviso per le date di campionamento.

Stazioni	Coordinate	9/10/15	8/1/16	28/4/16
S1	Lat 42.210517° Long 11.709028°	58	7	32
S2	Lat 42.206723° Long 11.712738°	63	52	66
S3	Lat 42.202513° Long 11.716748°	86	24	63
S4	Lat 42.197997° Long 11.720793°	217	29	50
S5	Lat 42.194414° Long 11.723258°	0	25	3
<i>Totale per periodo</i>		<i>424</i>	<i>137</i>	<i>214</i>
<i>Totale complessivo</i>		<i>775</i>		

3.3.2 Numero d'individui per stazione di campionamento

Nei grafici sottostanti sono riportate le percentuali degli individui pescati nelle diverse aree di campionamento, calcolate sul totale degli esemplari prelevati nei rispettivi periodi. Il numero maggiore di individui campionati, è stato riscontrato nella stazione S4 ad Ottobre e in S2 a Gennaio

ed Aprile; la stazione S3 ha consentito il prelievo di un numero simile di individui nei diversi mesi, mentre per le restanti due stazioni, S1 e S5, il numero di esemplari campionati è stato più basso (Figura 3.3.2).



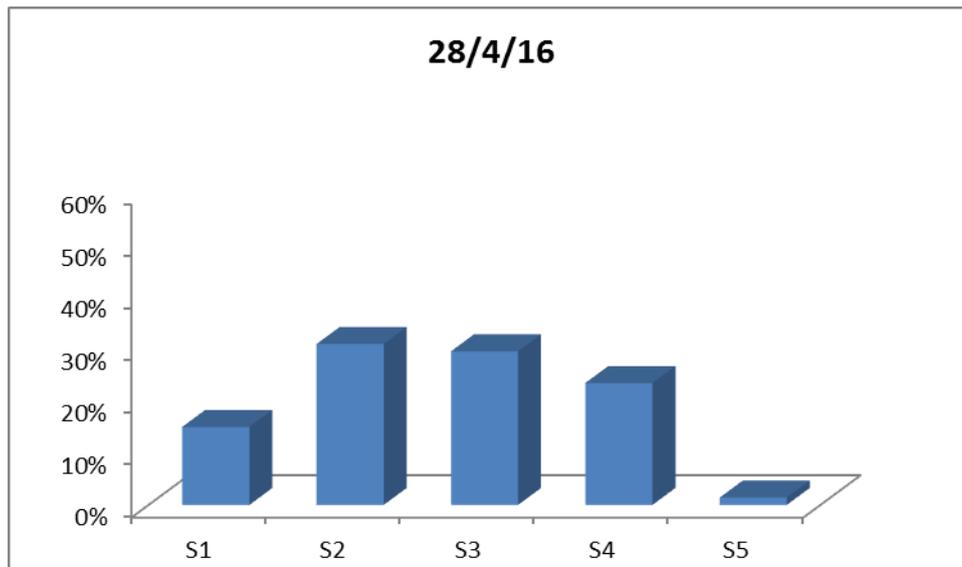


Figura 3.3.2 –Percentuale di individui per stazione di campionamento, divisi per date di prelievo.

In tutte le stazioni ad eccezione di S5, sono stati osservati esemplari di ghiozzetto marmoreggiato (*Pomatoschistus marmoratus*), mentre il lattarino (*Atherina boyeri*) è stato campionato nelle stazioni S1 e S2 (in data 8/1/16) e S1 (in data 28/4/16). Alcuni pesci ago (*Syngnathus abaster*) sono stati rinvenuti in S1 e S2 sia nel campionamento di gennaio che aprile, mentre un solo esemplare di cefalo bosega (*Chelon labrosus*) e molti giovanili di cefalo dorato (*Liza aurata*) sono stati campionati rispettivamente nelle stazioni di S1 e S3 (in data 8/1/16). Nella stazione S5 non è stata rinvenuta altra specie eccetto *A. fasciatus*.

3.3.3 Densità numerica e di biomassa

La stazione Sterro (S2) ha mostrato mediamente i livelli maggiori di densità numerica nei campionamenti di Gennaio ed Aprile, anche se nella stazione Seconda Sezione (S4), nel periodo autunnale è stato misurato il livello più alto di densità in assoluto, con un valore di 8,72 individui/m²; i valori più bassi sono stati rilevati nella stazione Terza Sezione (S5), per quanto riguarda i periodi autunnale (0,6 individui/m²) e primaverile (0,12 individui/m²), mentre in quella di Foce (S1) per il periodo invernale (0,28 individui/m²). La stazione di Piscine (S3) ha mostrato un andamento pressoché costante durante i diversi campionamenti (Figura 3.3.3). I valori di biomassa sono risultati massimi per S4 (2,32 g/m²), minimi quelli di S1 (0,08 g/m²) e comparabili tra loro per le restanti stazioni.

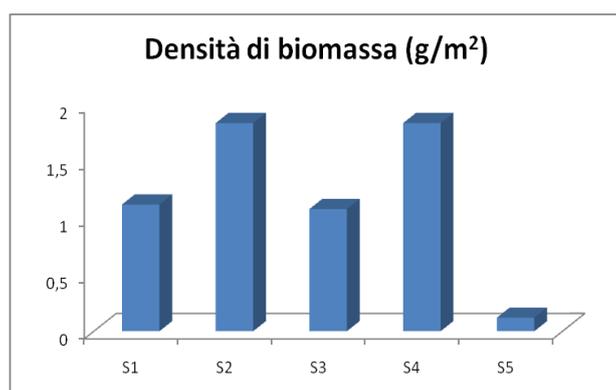
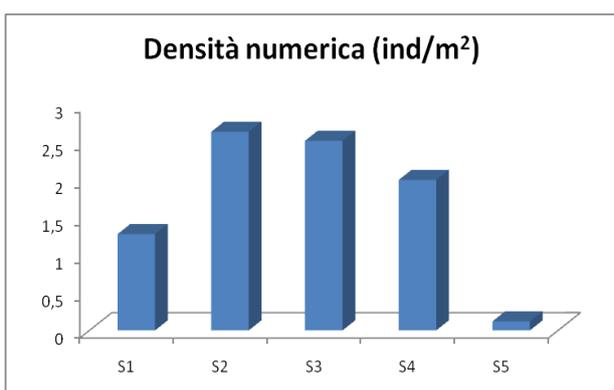
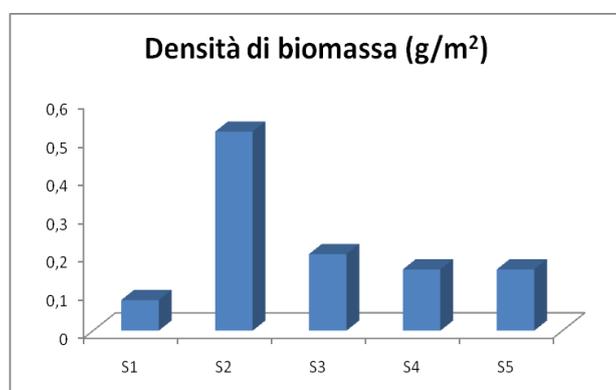
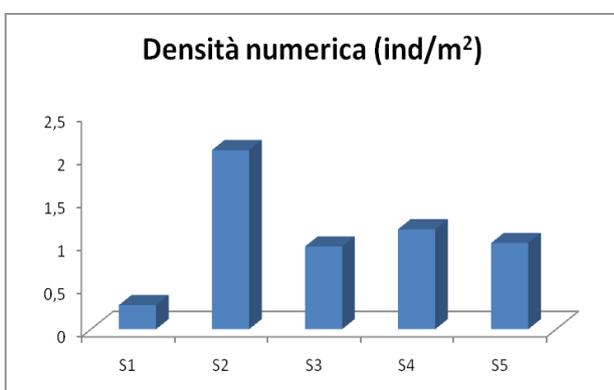
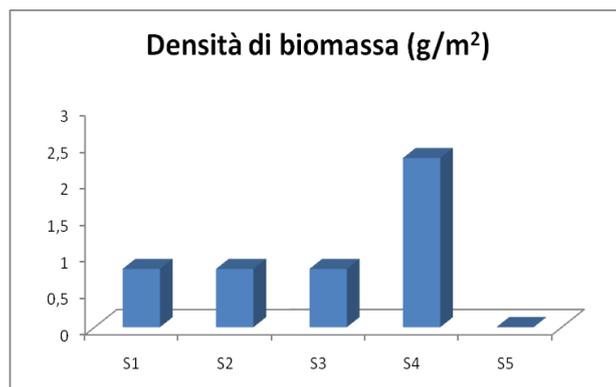
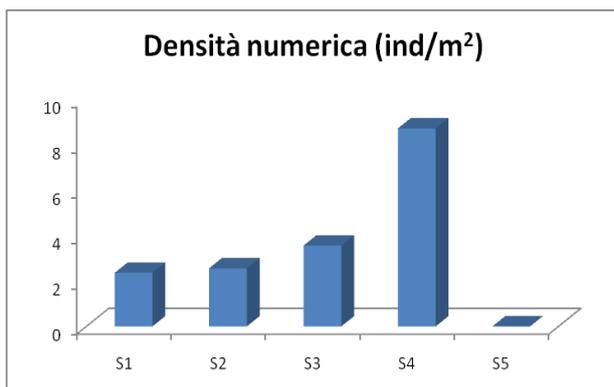


Figura 3.3.3 -Densità numerica (colonna sinistra) e di biomassa (colonna destra) di *A. fasciatus* nelle diverse stazioni e nei tre periodi di campionamento (riga sopra: 09/10/15; riga al centro: 08/01/16; riga sotto: 28/04/16).

3.3.4 Composizione in sessi

Sul numero totale dei campioni, 241 sono risultati essere maschi e 534 femmine, con un rapporto tra sessi di 2,22:1a favore delle femmine. Tale proporzione è risultata pressoché costante nelle diverse stazioni, con una netta prevalenza di femmine. Durante il campionamento primaverile è stato possibile osservare, tuttavia, un'inversione di questo *trend* per le stazioni S4 e S5.

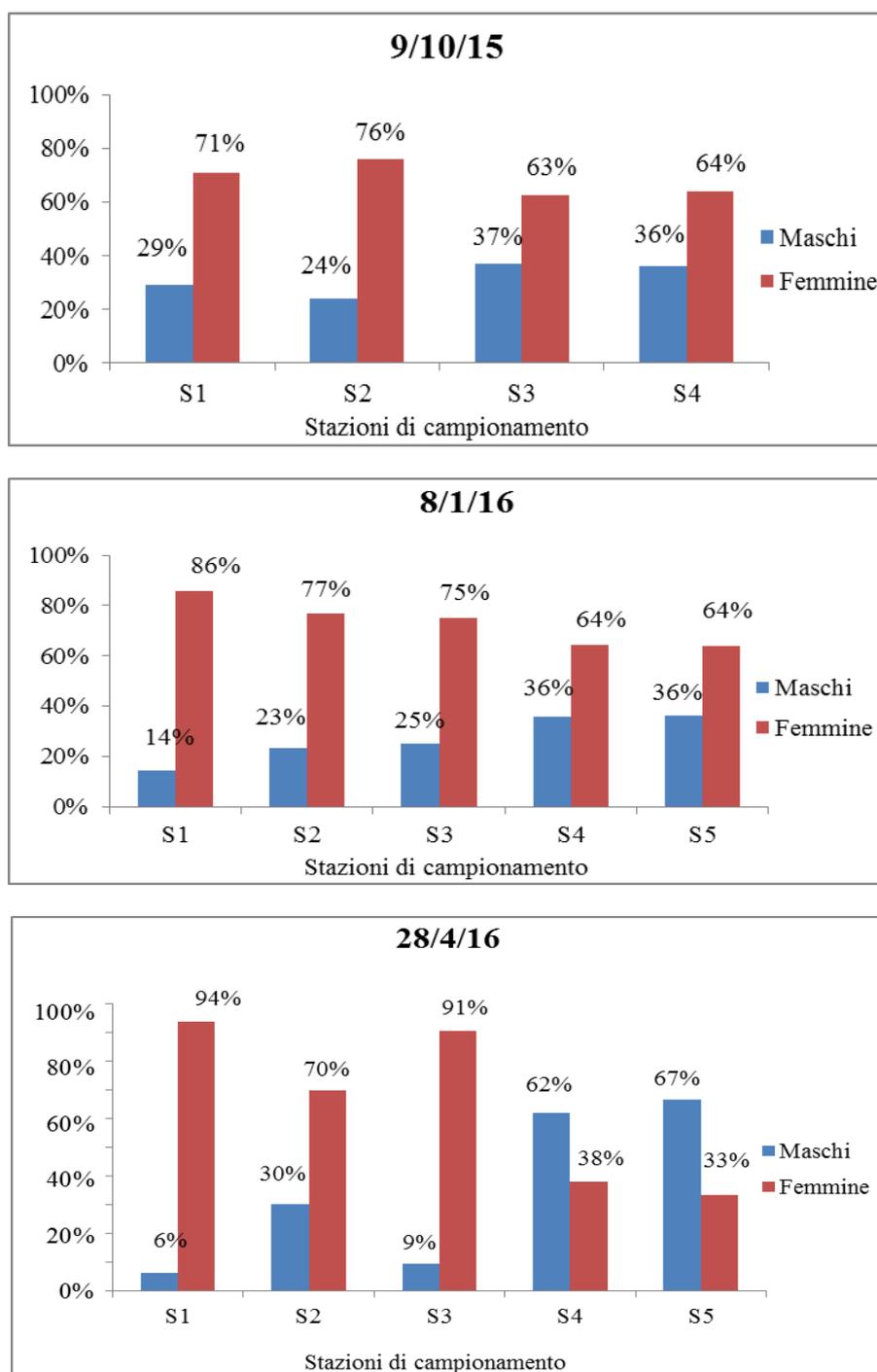


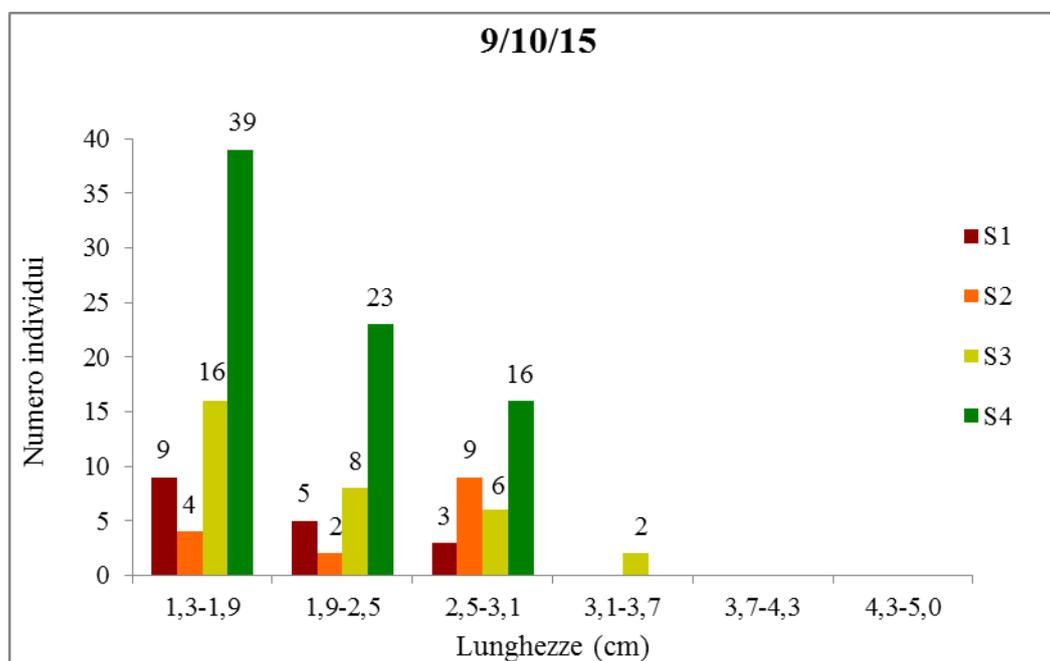
Figura 3.3.4 - Composizione in sessi di *A. fasciatus* nelle diverse stazioni e periodi di campionamento.

3.3.5 Classi di taglia

Sono state ricavate sei classi di taglia relative ai campionamenti di *A. fasciatus* nelle Saline di Tarquinia, divise tra maschi e femmine, in conseguenza dell'apprezzabile differenza di grandezze tra i sessi.

Per quanto riguarda gli individui maschi, la stagione con catture più abbondanti è risultata essere quella autunnale, con massimi di 39 catture (S4), mentre quella con catture minori è stata quella invernale, con assenza totale di rappresentanti della classe di taglia più grande. La classe più abbondante in tutti i campionamenti è risultata essere quella tra gli 1,3 e 1,9 cm di lunghezza (età 0+), tranne che per aprile, dove la maggioranza di catture è ricaduta nella classe tra i 2,5 e 3,1 cm (età 2+); tutte le stazioni hanno mostrato invece l'assenza totale di appartenenti all'ultima classe (4,3-5,0 cm) corrispondenti alla classe d'età 5+.

Le prime classi intermedie (1,9-2,5 e 2,5-3,1 cm, corrispondenti a classi d'età 1+ e 2+) sono sufficientemente rappresentate in tutti i periodi di campionamento, mentre le ultime (3,1-3,7 e 3,7-4,3 cm, corrispondenti a classi d'età 3+ e 4+) mostrano assenza quasi completa di individui (Figura 3.3.5.a).



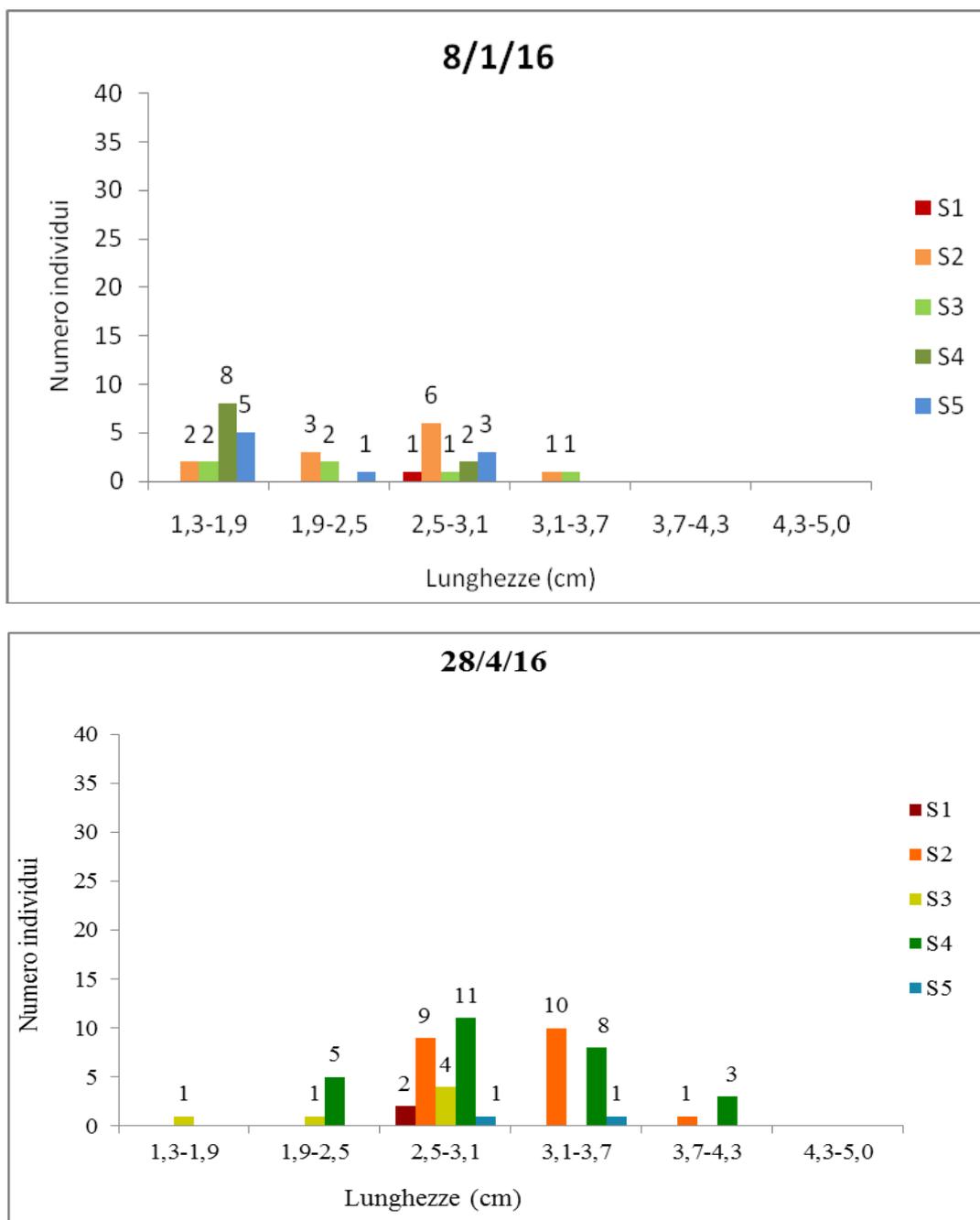
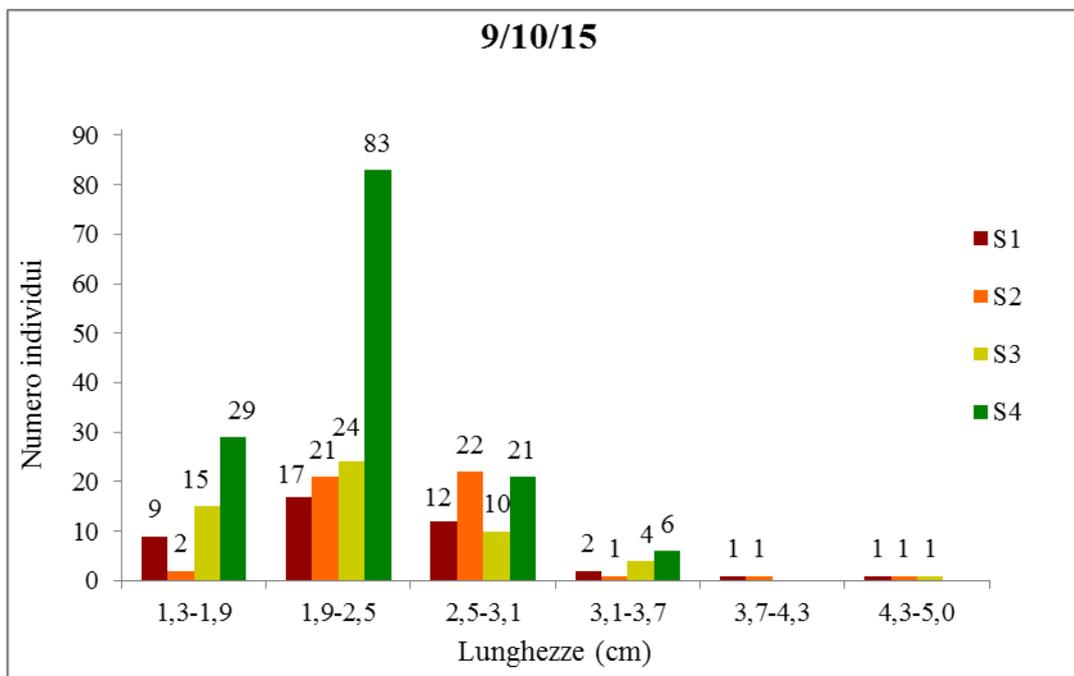


Figura 3.3.5.a– Distribuzione delle taglie di *A. fasciatus* (maschi) nelle diverse stazioni e date di campionamento.

Anche per quanto riguarda le femmine, la stagione con catture più abbondanti, è risultata essere quella autunnale, con massimi di 83 individui (S4) e quella con catture minori è stata quella invernale, con assenza di rappresentanti della classe di taglia più grande. Contrariamente a quanto osservato per i maschi, in questo caso la classe di taglia più abbondante in tutti i campionamenti è

risultata essere quella tra gli 1,9 e 2,5 cm di lunghezza (età 1+), tranne che per aprile, dove la maggioranza di catture si è spostata, come per i maschi anche per le femmine, nella classe tra i 2,5 e 3,1 cm (età 2+); seppur presenti anche negli altri campionamenti, il periodo primaverile ha mostrato la più alta presenza di appartenenti alla classi di taglia più grandi ed è caratterizzato dall'assenza di individui più piccoli (1,3 e 1,9 cm, corrispondenti alla classe d'età 0+).

Anche in questo caso, le prime classi intermedie (1,9-2,5 e 2,5-3,1 cm, corrispondenti a classi d'età 1+ e 2+) sono sufficientemente rappresentate in tutti i periodi di campionamento, mentre le ultime (3,1-3,7 e 3,7-4,3 cm, corrispondenti a classi d'età 3+ e 4+) mostrano assenza quasi completa di individui, tranne per il periodo primaverile, quando le catture sono risultate equamente distribuite (Figura 3.3.5.b).



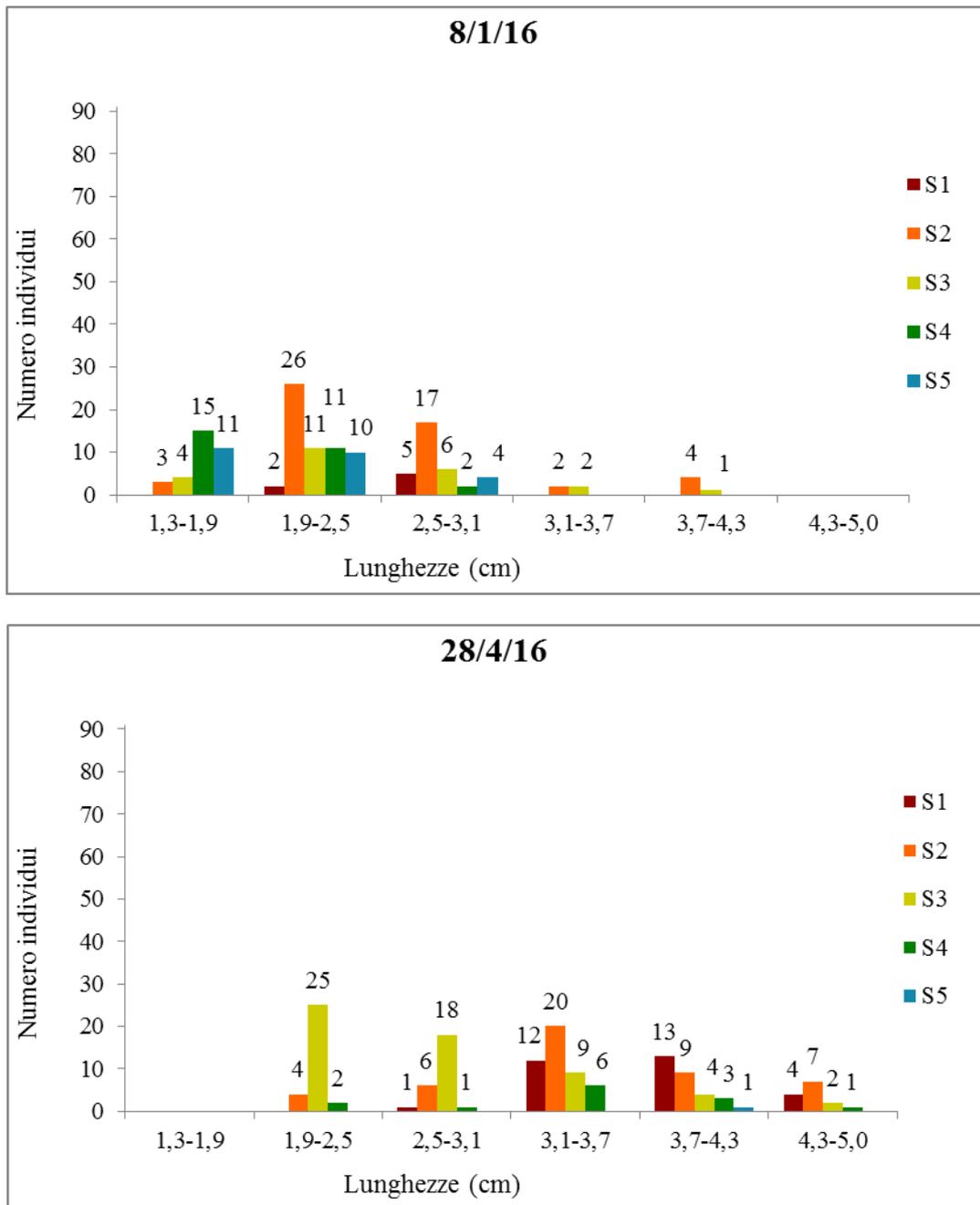


Figura 3.3.5.b – Distribuzione delle taglie di *A. fasciatus* (femmine) nelle diverse stazioni e date di campionamento.

3.3.6 Andamento della popolazione del Nono durante le stagioni di campionamento

L'analisi delle lunghezze totali tramite l'utilizzo del software FiSAT II, ha permesso di valutare l'andamento della popolazione di Nono all'interno della salina di Tarquinia, durante i tre periodi di campionamento e suddivisi per sesso. Il software è stato impostato con un intervallo di lunghezze

pari a 0,6 cm, per rendere al meglio il reale accrescimento della popolazione, in relazione allo strumento utilizzato. Le femmine sono risultate più lunghe dei maschi in tutte le stazioni e per ogni data di campionamento.

Accrescimento della popolazione: maschi

Le analisi condotte hanno identificato il valore di L_{∞} di 4,83 ed il parametro di curvatura K pari a 1,4; il valore di Φ è risultato uguale a 1,514.

In Figura 3.3.6.a è mostrato il grafico di Von Bertalanffy Growth Function (VBGF), mentre in Figura 3.3.6.b è rappresentata la distribuzione delle frequenze nelle classi di taglia dei maschi di *A. fasciatus*.

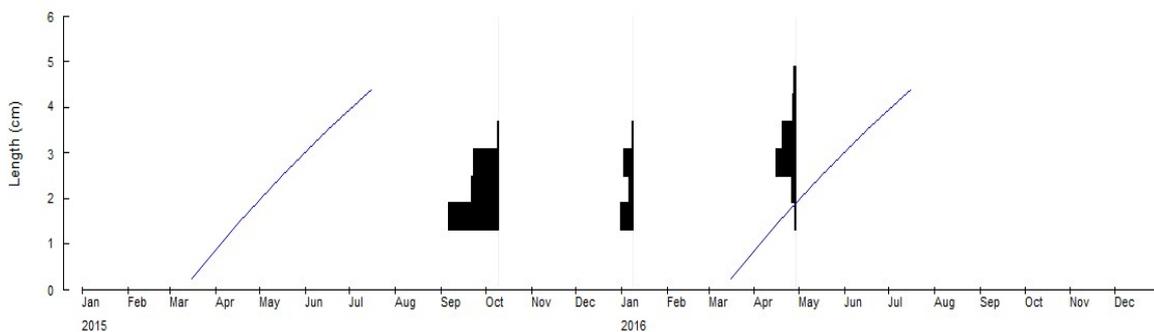


Figura 3.3.6.a - Grafico VBGF della frazione maschile della popolazione di Nono.

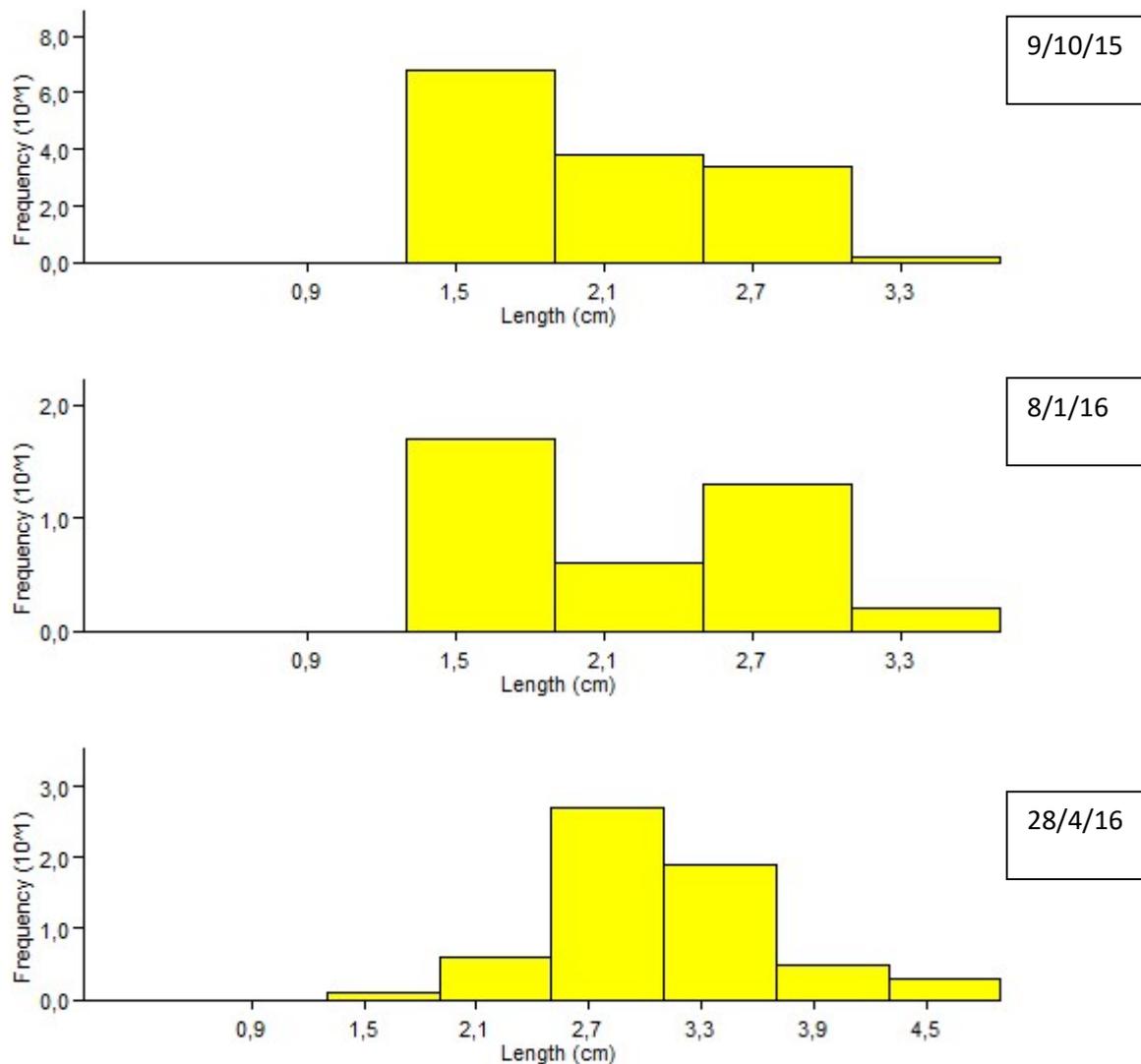


Figura 3.3.6.b - Distribuzione delle frequenze nelle classi di taglia della frazione maschile della popolazione di Nono nei tre periodi di campionamento.

Accrescimento della popolazione: femmine.

Le analisi effettuate sulla porzione femminile della popolazione, hanno identificato il valore di L_{∞} di 4,83 ed il parametro di curvatura K pari a 2; il valore di Φ è risultato essere uguale a 1,669.

In Figura 3.3.6.c è mostrato il grafico di Von Bertalanffy Growth Function (VBGF), mentre in Figura 3.3.6.d è rappresentata la distribuzione delle frequenze nelle classi di taglia delle femmine di *A. fasciatus*.

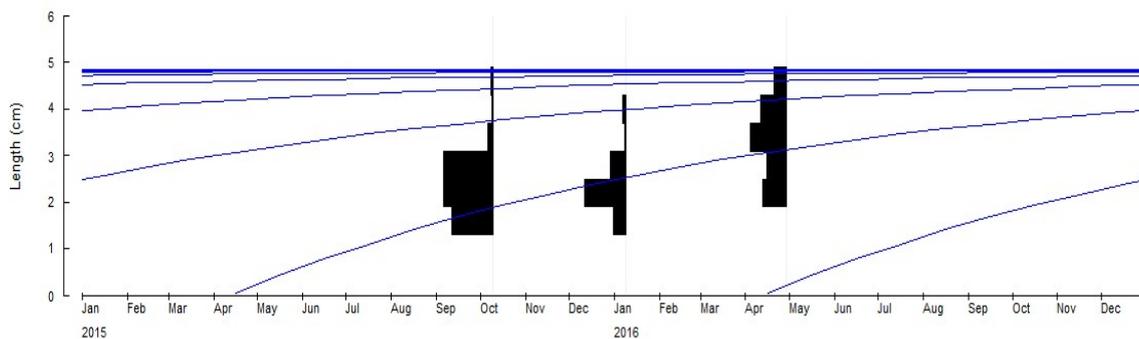


Figura 3.3.6.c - Grafico VBGF della frazione femminile della popolazione di Nono.

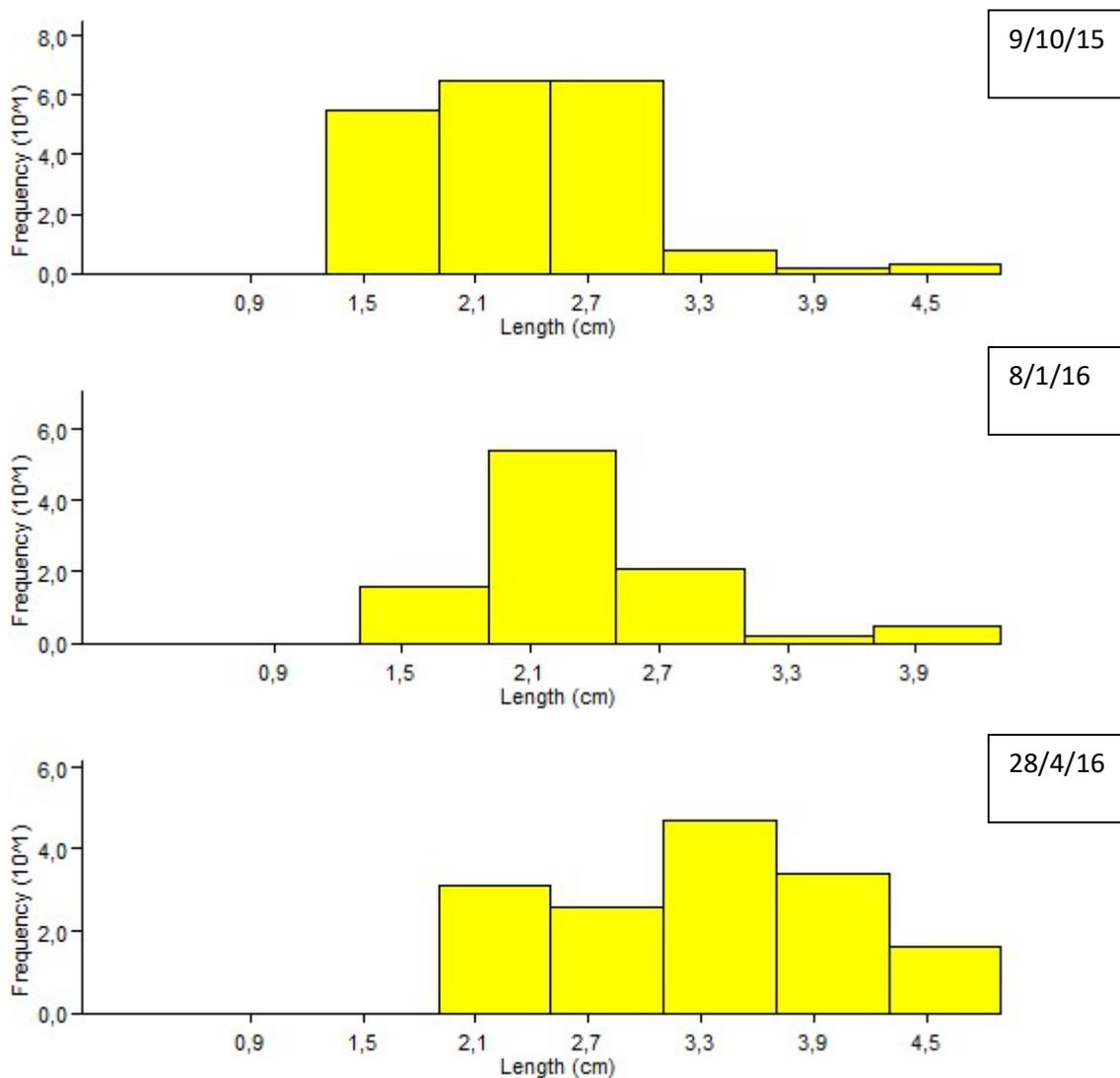


Figura 3.3.6.d - Distribuzione delle frequenze nelle classi di taglia della frazione femminile della popolazione di Nono nei tre periodi di campionamento.

Rapporto lunghezza – altezza

In Figura 3.3.6.e è mostrato l'andamento delle medie del rapporto lunghezza – altezza delle femmine in età riproduttiva (1+), in base alla stagionalità.

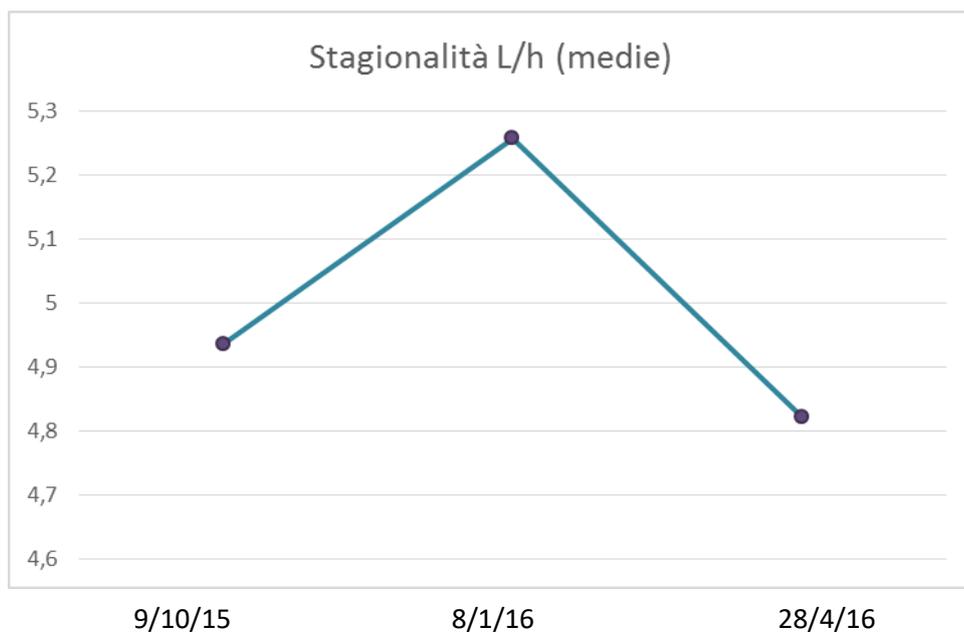


Figura 3.3.6.e – Rapporto tra lunghezza ed altezza delle femmine 1+ nei periodi di campionamento.

CAPITOLO 4 - DISCUSSIONI

4.1 Parametri chimico-fisici

A seguito delle analisi dei parametri chimico-fisici indagati, si può concludere che le condizioni abiotiche degli ecosistemi presi in esame risultano rientrare nelle medie osservate in natura e attese per gli ambienti marini costieri e di transizione. Non si sono osservati fattori chimico-fisici o situazioni in grado compromettere tali ecosistemi o di metterli a rischio. Si può dedurre, dunque, che gli ambienti monitorati appaiono in buono stato ecologico dal punto di vista del comparto abiotico. Ciò dimostra che tali ambienti presentano un collegamento con il mare efficiente, ovvero che la gestione e regolazione del sistema di afflusso artificiale di acqua marina (pompaggio artificiale di acqua dal mare) si rivela adeguato.

4.2 Comunità di macroinvertebrati

Le comunità di macroinvertebrati bentonici delle Saline di Tarquinia sono risultate diversificate e, nel complesso, in buono stato ecologico. Le strutture dei popolamenti campionati nelle vasche prese in considerazione nel corso di questo monitoraggio si dimostrano ben differenziate tra loro: la composizione qualitativa di tali popolamenti, in termini di specie, e quantitativa, in termini di abbondanze ripartite tra le specie, è caratteristica di ciascuna vasca e ne determina la distribuzione lungo un gradiente ambientale principalmente condizionato dal fattore salinità. Tale gradiente si snoda lungo livelli crescenti, a partire da un'estremità coincidente con valori di salinità prossimi a quella del mare, per arrivare ad una finale con valori di salinità dell'ordine di 150 ‰.

L'analisi SIMPER, inoltre, ha permesso di evidenziare i taxa principalmente responsabili, in termini di abbondanza, delle differenze rilevate tra le vasche: *Hydrobia acuta*, *Gammarus aequicauda*, larve di Chironomidae (l'unico taxon presente in tutte le vasche), *Neodexiospira pseudocorrugata*, *Monocorophium sextonae*, *Monocorophium insidiosum*, *Idotea chelipes* e *Nebrioporus cerisyi* (esclusivo della S5). Su tali gruppi tassonomici è quindi vantaggioso focalizzare lo sforzo di

campionamento in ottica di futuri monitoraggi per confermare il livello di strutturazione osservato tra i siti nel presente studio.

Le condizioni ambientali che caratterizzano la stazione S1, localizzata nella vasca in corrispondenza dalla foce di ponente, hanno favorito l'insediamento delle specie di origine marina, che arrivano nella salina in seguito all'attività di pompaggio, effettuata quando necessario per ripristinare il livello delle acque nelle vasche. La comunità macrobentonica nelle suddetta vasca è pertanto la più ricca e diversificata, con i maggiori livelli di ricchezza specifica e una composizione in specie in gran parte marine e caratteristiche degli ambienti costieri semichiusi con bassa profondità e ridotto idrodinamismo. In questa vasca le specie alolimnobie, capaci cioè di svolgere il loro ciclo biologico esclusivamente in ambiente lagunare, sono state trovate solo in basso numero, come atteso. Anche i principali parametri biotici, misurati in questa vasca, testimoniano il carattere marino di questa stazione: i valori più elevati di Diversità, rispetto alle altre stazioni, e i corrispondenti valori minimi di Evenness, indicano un buon grado di strutturazione del popolamento bentonico caratteristico di questa stazione.

Le comunità macrobentoniche delle stazioni S2 e S3, posizionate rispettivamente in zona Sterro e in zona Piscine, riflettono nella loro struttura il graduale passaggio da una condizione di ambiente costiero salmastro a quella di acque iperaline. Ciò è particolarmente evidente nella composizione in specie dei rispettivi popolamenti: questi sono costituiti, in S2 da un ridotto numero di specie di origine marina, che convivono con specie tipicamente lagunari, mentre sono composti esclusivamente da specie lagunari in S3, dove le specie marine non riescono a sopravvivere. Inoltre, le poche specie capaci di colonizzare quest'ultima stazione mostrano livelli di abbondanza particolarmente elevati, come è da aspettarsi in condizioni ambientali confinate. Anche i parametri ecologici riassuntivi della struttura delle comunità sintetizzano chiaramente le caratteristiche dei suddetti popolamenti: in particolar modo lungo il gradiente salino da S2 a S3, è evidente la progressiva riduzione del numero di specie e le variazioni di Diversità ed Evenness sono progressivamente più marcate. Un ridottissimo numero di specie, contraddistinte da peculiari adattamenti alle condizioni ambientali salmastre confinate e rappresentate da numeri occasionalmente molto elevati di individui, infatti, caratterizzano, in particolare, il popolamento delle Piscine.

Infine, la comunità della stazione S5, collocata nell'area della Terza Sezione, identifica l'estremità iperalina del gradiente di salinità: la concentrazione del sale in questa vasca è un agente selettivo talmente forte che il popolamento zoobentonico rimane composto da pochissimi taxa, estremamente

tolleranti le variazioni di salinità e affrancati da un'origine marina. L'estrema semplificazione della comunità bentonica in tale vasca, che spiega gli scarti accentuati degli indici di Diversità e di Evenness, non è certo da imputare a un cattivo stato di salute del sistema, quanto piuttosto alle condizioni estremamente selettive imposte dal disegno progettuale del sistema stesso.

In altre parole, lo stato ecologico delle comunità di macroinvertebrati bentonici riscontrato nelle vasche delle Saline di Tarquinia nel corso del presente monitoraggio è da considerare del tutto coerente con le strutture e le dinamiche attese per le comunità bentoniche tipiche degli ecosistemi salmastri di transizione, nei quali i prevalenti gradienti ecologici, indotti soprattutto dall'ampiezza delle variazioni dei parametri ambientali, selezionano comunità che risultano estremamente semplificate rispetto a quelle marine, ma al contempo caratterizzate da specie resilienti, che garantiscono la continuità nel tempo dei popolamenti stessi, ogni qualvolta il livello di stress non sia dovuto a cause estranee a quelle indotte dalla peculiarità del contesto ecologico di tali sistemi.

Le comunità di macroinvertebrati bentonici, quindi, hanno mostrato per tutto il periodo del monitoraggio un buon livello dello stato ecologico, senza rivelare momenti di particolari criticità. Tali comunità, infatti, non hanno evidenziato nessuna manifestazione evidente della principale minaccia che subiscono questi ambienti, consistente nell'eccessiva riduzione del contenuto di acqua nelle vasche, in quanto l'opportuna gestione idraulica delle Saline ha garantito l'idoneo afflusso di acqua dal mare, essenziale al buon funzionamento del sistema.

4.3 La popolazione di nono (*Aphanius fasciatus*)

All'interno delle Saline di Tarquinia, la popolazione di *A. fasciatus* tende a restare all'interno dei confini delle singole vasche di salinizzazione; questo comporta che i campionamenti effettuati, possano essere sufficientemente rappresentativi del popolamento della singola vasca analizzata.

La presenza d'individui, pressoché costante in tutte le stazioni, indica una buona consistenza della popolazione, che tende a ridursi nella vasca (S5) a causa delle condizioni estreme di salinità.

Dal punto di vista dell'intera comunità ittica, le Saline sono caratterizzate da un popolamento composto da diverse specie, che sono risultate più numerose nelle prime vasche e meno nelle ultime, dove scompaiono del tutto ad eccezione del Nono. La presenza di pompe e canali di presa a mare, in corrispondenza delle stazioni S1 e S3, ha favorito la presenza consistente, nelle prime tre vasche monitorate, di giovanili ed adulti di specie marine (*L. aurata*, *A. boyeri*) determinando, così, i

massimi valori di ricchezza in specie, ricchezza che va a diminuire con l'aumentare della salinità nelle vasche successive. Il ghiozzetto marmoreggiato (*P. marmoratus*) è l'unica specie rinvenuta in tutte le stazioni, ad eccezione dell'ultima (S5), troppo salinizzata per consentire la sua sopravvivenza; nonostante questo ottiene, tuttavia, il secondo posto dopo il nono, come specie maggiormente adattabile ad alti valori di salinità.

La competizione trofica, dovuta alla presenza delle altre specie, non sembra intaccare molto la densità numerica del nono, la quale rimane fundamentalmente costante nelle diverse stazioni, tranne che per S5 dove le condizioni limitanti non hanno favorito molto la sua espansione.

Le analisi hanno mostrato una notevole differenza tra sessi, con una netta preponderanza di femmine (rapporto sessi di 2,22:1 in favore delle femmine), su tutta la salina nei diversi periodi di campionamento; durante la stagione primaverile, il numero di femmine è risultato massimo rispetto ai maschi, a causa della minore sopravvivenza dei maschi in corrispondenza del periodo riproduttivo, a conferma di quanto riportato in bibliografia (Leonardos e Sinis, 1999).

L'identificazione di sei classi di taglia, corrispondenti ad età dalla 0+ alla 5+ (indicative di individui rispettivamente inferiori all'anno ed inferiori ai 6 anni di età) ha consentito di rappresentare sia un'istantanea della struttura della popolazione, divisa tra maschi e femmine, per stazione e per periodo di campionamento, che l'andamento della stessa nel tempo, dal periodo autunnale a quello primaverile. La distribuzione per classi di taglia, sia per la frazione maschile che femminile nei diversi periodi di campionamento, ha mostrato un maggior numero di individui 0+ e 1+ nei periodi più freddi (fase di reclutamento) e un minor numero di individui nel periodo primaverile, con aumento degli adulti (3+, 4+, 5+). Questa struttura di popolazione conferma la sua buona condizione generale.

Le taglie più rappresentate risultano essere quelle dagli 0+ ai 2+ per tutti i periodi di campionamento, ad eccezione della primavera, dove prevalgono le taglie comprese tra 2+ e 4+ per i maschi e tra 2+ e 5+ per le femmine.

Per quanto riguarda i parametri di dinamica di popolazione, ed in particolare il descrittore Φ (fi) (Gayanilo e Pauly, 1997), sono state evidenziate delle differenze tra i due sessi, a testimonianza del più elevato tasso di accrescimento per le femmine (1,669) rispetto ai maschi (1,514), anche se le stime calcolate dal modello impiegato sulla base dei dati raccolti produce una lunghezza attesa simile per entrambi i sessi. Va comunque segnalato che le taglie massime rilevate durante il monitoraggio (4,3 e 5 rispettivamente per maschi e femmine) risultano inferiori a quelle riscontrate in altri ambienti salmastri, dove le taglie massime raggiungono i 6 – 7 cm rispettivamente per i maschi e per le femmine (Tortonese, 1970; Gandolfi *et al.*, 1991; Leonardos e Sinis, 1999). Questo fatto può essere collegato sia a peculiarità genetiche della popolazione (Cimmaruta *et al.*, 2003; Angeletti *et*

al., 2010), sia a possibili livelli più bassi di risorse trofiche, essendo, ad esempio, mancante l'*Artema salina*, crostaceo anostraco tipico elemento delle zoocenosi di questi ecosistemi.

Il grafico VBGF, relativo ad entrambe le frazioni, sia maschile che femminile, della popolazione del nono delle saline, ha mostrato uno slittamento delle coorti corrispondenti alle età 0+ e 1+ con il punto di partenza in primavera verso i mesi successivi, a dimostrazione del fatto che la specie tende a riprodursi nel periodo tra Marzo ed Aprile. Questo risultato trova conferma anche dall'andamento temporale del rapporto lunghezza – altezza, che ha presentato per le femmine i valori più bassi nel mese di Aprile, come atteso in coincidenza del periodo riproduttivo.

Per quanto riguarda la porzione femminile, è stato notato anche uno slittamento delle coorti di età maggiore (2+, 3+) dai mesi invernali a quelli primaverili, a conferma della presenza di un accrescimento degli individui all'avvicinarsi del periodo riproduttivo.

La popolazione del nono all'interno delle Saline di Tarquinia risulta, pertanto, ben strutturata, con numeri accettabili in ogni classe di età e rapporto sessi pari a quanto riportato in bibliografia (Tortonese, 1970)., Questo testimonia che la gestione idraulica del sistema saline si è rivelata, nel periodo di monitoraggio, in grado di sostenere l'integrità strutturale della popolazione di questa specie di particolare rilevanza conservazionistica.

CAPITOLO 5 - CONCLUSIONI

I risultati del monitoraggio delle Saline di Tarquinia hanno rivelato un buon livello di conservazione dell'habitat "Lagune costiere" e delle popolazioni del nono, sia sulla base delle indagini chimico-fisiche, che su quelle biologiche per tutto il periodo di indagine.

Dalle informazioni raccolte da studi e ricerche precedenti sono emerse le principali minacce cui sono soggetti questi habitat: sversamenti di acque dolci e fanghi dai terreni circostanti; erosione dei confini per l'azione di mareggiate eccezionali; l'eccessiva evaporazione. In particolare quest'ultima riduce sensibilmente il contenuto di acqua nelle vasche, fino al loro possibile prosciugamento. Per far fronte a queste minacce, il Posto Fisso della Riserva ha pianificato una gestione idraulica volta a garantire un idoneo apporto di acqua nelle vasche, attivando, quando necessario, le idrovore per il pompaggio di acqua dal mare. La definizione del livello dell'acqua è un'operazione quanto mai importante e nello stesso tempo delicata, per assicurare il buon funzionamento dell'intero ecosistema e mantenere il buon grado di strutturazione delle comunità, sia acquatiche che terrestri. Il livello delle acque, infatti, non deve superare quei limiti che comprometterebbero la sicurezza dei nidi degli uccelli palustri, in particolare durante la stagione riproduttiva. Al contempo va mantenuto un flusso d'acqua tale da garantire l'interconnessione tra le vasche, requisito essenziale per la conservazione delle popolazioni del nono.

In conclusione al monitoraggio 2015-2016, la gestione idraulica delle Saline è da considerarsi pienamente soddisfacente, almeno per quanto riguarda la conservazione del buono stato ambientale dell' "habitat lagunare".

E' tuttavia importante considerare come ambienti così delicati, quali le aree umide delle Saline, sono soggetti a minacce che persistono nel tempo e che, eccezionalmente, possono generare effetti particolarmente negativi. Alla luce di queste considerazioni emerge chiaramente la necessità di operare monitoraggi reiterati nel tempo, al fine di assicurare il buono stato di conservazione di questi sistemi e prevenire, ed eventualmente arginare, gli impatti negativi sull'ecosistema.

BIBLIOGRAFIA

- Angeletti D., Cimmaruta R., Nascetti G. (2010) Genetic diversity of the killifish *Aphanius fasciatus* paralleling the environmental changes of Tarquinia salterns habitat. *Genetica* 138: 1011-1021.
- Argano R. (1979) Isopodi. Consiglio Nazionale delle Ricerche AQ/1/43, 63 pp.
- Barlocher F. (1991) Fungal colonization of fresh and dried leaves in the River Teign (Devon, England). *Nova Hedwigia* 52: 349-357.
- Barnes R. S. K. (1980) *Coastal Lagoons – The natural history of a neglected habitat* (Eds.: Barnes R. S. K., Miller P. L., Paul J., Rees T.). Cambridge University Press, Cambridge, UK, 106 pp.
- Benke A. C., Huryn A. D., Smock L. A., Wallace B. (1999) Length – mass relationships for freshwater macroinvertebrates in North America with particular reference to the South Eastern United States. *Journal of North American Benthological Society* 18 (3): 308-343.
- Bianchi C. N. (1981) *Policheti Serpuloidei*. Monotipiaerredi – Genova, 190 pp.
- Bocock K. L., Gilbert O. L. (1957) The Disappearance of leaf litter under different woodland conditions. *Plant Soil* 9: 179-185.
- Britton R.H., Johnson A.R. (1987) An ecological account of a Mediterranean Salina: the Saline de Giraud, Camargue (France). *Biological Conservation* 42: 185-230.
- Cardone F., Corriero G., Fianchini A., Gravina M.F., Nonnis Marzano C. (2014) Biodiversity of transitional waters: species composition and comparative analysis of hard bottom communities from the south-eastern Italian coast. *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom* 94(1): 25-34.
- Cimmaruta R., Scialanca F., Luccioli F., Nascetti G. (2003) Genetic diversity and environmental stress in Italian populations of the cyprinodont fish *Aphanius fasciatus*. *Oceanological Acta* 26: 101-110.
- Cimmaruta R., Blasi S., Angeletti D., Nascetti G. (2010) The recent history of the Tarquinia Salterns offers the opportunity to investigate parallel changes at the habitat and biodiversity levels. *Transitional Waters Bulletin* 2: 53-59.
- Carfolli F., Nascetti G. (2014) Le Saline di Tarquinia come paradigma di ecosistema artificiale di transizione. In Colletti L. (ed.) *La Riserva Naturale Statale “Saline di Tarquinia”*. Corpo Forestale dello Stato, Ufficio territoriale per la Biodiversità di Roma: 47-59.
- Carrada G.C., Sacchi C.F. (1962) Ricerche sulla valenza ecologica del briozoo ctenostomo *Victorella pavida* Saville Kent. *Bollettino di Zoologia* 29(2): 479-487.
- Cottiglia M. (1980) *Pesci lagunari. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque lagunari e costiere italiane Vol. 1*. CNR, Roma: 141 pp.
- Cottiglia M. (1965) Sur la distribution de l'ichthyofaune dulcicole en Sardaigne (Note préliminaire) *Rapp. Proces-verbaux C. I. E. S. M. M.*, Paris, 18 (2) : 503-506.

- Crema R., Prevedelli D., Valentini A., Castelli A. (2001) Recovery of the macrobenthos community of the Comacchio lagoon System (Northern Adriatic sea). *Ophelia* 52 :143-152.
- Diviacco G. (1981) Ecologia e distribuzione dei Crostacei Anfipodi nella laguna di Orbetello. *Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Verona* 7: 303-317.
- Diviacco G. (1983) Osservazioni sui crostacei Anfipodi della centrale termoelettrica di Torvaldaliga. *Natura. Museo Civico di Storia Naturale e Acquario Civico di Milano* 74:83-95.
- European Commission (1979). Convenzione per la conservazione della vita selvatica e dei suoi Biotipi in Europa (Convenzione di Berna) firmata a Berna il 19 Settembre 1979 ratificata in Italia con la L. 5 Agosto 1981, n.502 (G. U. 11 Settembre 1981, n.250).
- European Commission (1992). Direttiva 92/43/CEE (Direttiva Habitat). Direttiva del consiglio del 21 Maggio 1992 relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche. *Giornale Ufficiale della Commissione Europea*, 22/07/92.
- FAO (2010-2016). Fisheries and Aquaculture Department. About us - Fisheries and Aquaculture Department. In:FAO Fisheries and Aquaculture Department Rome. <http://www.fao.org/fishery/about/en>
- Foti A., Fenzi G.A., Di Pippo F. Gravina M.F., Magni P. (2014) Testing the saprobity hypothesis in a Mediterranean lagoon: Effects of confinement and organic enrichment on benthic communities. *Marine Environmental Research* 99: 85-94.
- Franciscolo M.E. (1979) *Coleoptera Haliplidae, Hygrobiidae, Gyrinidae, Dytiscidae*. Fauna d'Italia. 804 pp.
- Gandolfi, G., Zerunian, S., Torricelli, P., Marconato, A., (1991) *I pesci delle acque interne italiane*. Ist. Poligr. E Zecca dello Stato (Min. Ambiente e Unione Zool. Ital.), Roma, XVI, 617 pp.
- Gayanilo, F.C., Pauly, D. (1997) *FAO-ICLARM stock assessment tools*. (FiSAT). Reference manual. FAO Computerized Information Series (Fisheries). No 8. Rome, FAO. 262p.
- Giangrande A., Gravina M.F., Gambi M.C., Freasi E., Ardizzone G.D. (1983-84) Policheti di fondo mobile di aree costiere semichiusate: fattori di selezione in ambiente salmastro. *Nova Thalassia* 6: 155-163.
- Giusti F, Pezzoli E. (1984) Notulae Malacologiuche, gli Hydrobiidae salmastri delle acque costiere italiane. *Lavori Società Italiana di Malacologia* 21: 117-148.
- Gessner M. O. (1991) Differences in processing dynamics of fresh and dried leaf litter in a stream ecosystem. *Freshwater Biology* 26: 387-398.
- Gravina M. F. (1986) Lo zoobenthos dei laghi Pontini: una diagnosi ecologica di sistemi salmastri. *Atti Conv. Asp. Faun. Probl. Zool. P. N. Circeo (Sabaudia, 1984)*: 117-131 pp.
- Gravina M.F., Ardizzone G.D.,Giangrande A. (1988) Selecting factors in Polychaetes communities of Central Mediterranean Coastal Lagoons. *Int.Revueges.Hydrobiol.* 73: 465-476.

- Gravina M. F., Ardizzone G. D., Scaletta F. and Chimenz C. (1989) Descriptive Analysis and Classification of Benthic Communities in Some Mediterranean Coastal Lagoons (Central Italy). 1989 Paul Parey Scientific Publishers, Berlin and Hamburg. *P.S.Z.N.I. Marine Ecology* 10 (2): 141-166 pp.
- Gravina M. F., Somaschini A. (1990) Censimento dei Policheti dei Mari Italiani: Capitellidae Grube, 1862. *Atti Societa' Toscana Scienze Naturali Memorie, Serie B*, 97: 259-285.
- Griffiths R. W. (1991) Environmental quality assessments of the St Clair River as reflected by the distribution of benthic macroinvertebrates in 1985. *Hydrobiologia* 219: 143-164.
- Lardicci C., Abbiati M., Crema R., Morri C., Bianchi C.N., Castelli A. (1993) The distribution of Polychaetes along environmental gradients: an example from the Orbetello lagoon, Italy. *P.S.Z.N.I. Marine Ecology* 14(1): 35-52.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., and P. D. Ryan (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp.
- Kaushik N. K., Hynes H. B. N. (1971) The faith of the dead leaves that fall into streams. *Archiv für Hydrobiologie* 68: 465-515.
- Leonardos I., Sinis A. (1999) Population age and sex structure of *Aphanius fasciatus* Nardo 1827 (Pisces, Cyprinodontidae) in the Mesolongi and Etolikon lagoons (W. Greece) *Fisheries Research* 40: 227-235.
- Leuven R. S. E. W., Brock T. C. M., van Druten H. A. M. (1985) Effects of preservation on dry- and ash-free dry weight biomass of some common aquatic macro-invertebrates. *Hydrobiologia* 127: 151-159.
- Mistri M., Rossi R., Fano E.A. (2001) Structure e secondary production of a soft bottom macrobenthic community in a brackish lagoon (Sacca di Goro, North-Eastern Italy). *Estuarine Coastal and Shelf Science* 52(5): 605-616.
- Oren A (2009) Saltern evaporation ponds as model systems for the study of primary production processes under hypersaline conditions. *Aquatic Microbial Ecology* doi: 10.3354/ame01297.
- Nonnis Marzano C., Gravina M.F., Fianchini A., Portacci G., Gherardi M., Tursi A., Corriero G. (2010) The macrobenthos of Karavasta lagoon system (Albania): local assemblages and geographical comparisons. *Marine Ecology* 31: 622-632.
- Paine R. T. (1966) Endothermy in bomb calorimetry. *Limnology and Oceanography* 11: 126-129.
- Paine R. T. (1971) The measurement and application of the calorie to ecological problems. *Ecological Calorimetry* 42: 145-164.
- Peters R. H. (1983) *The ecological implication of body size*. E. Beck, H. J. B. Birks and E. F. Connor (Eds). Cambridge University Press, Cambridge.
- Petersen R. C., Cummins K. W. (1974) Leaf processing in a woodland stream. *Freshwater Biology* 4: 343-368.
- Ramsar Convention Secretariat (2013) The Ramsar Convention Manual. 6th Edition.

- Ruffo S. (A cura di) (1982) *The Amphipoda of the Mediterranean – Gammaridea, Acanthonotozomatidae to Gammarridae, Part 1*. Memories de l'Institut Oceanographique, Fondation Albert I^{er}, Prince de Monaco, 364 pp.
- Shanks R. E., Olson J. S. (1961) First year breakdown of leaf litter in Southern Appalachian forest. *Ecology*: 134: 194-195.
- Tagliapietra D., Sigovini M., Keppel E., Magni P. (2014) La saprobicità quale fattore strutturante per la diversità dei bentos negli ecosistemi di transizione: un nuovo approccio. *Biologia Marina Mediterranea* 21(1): 178-181.
- Tortonese, E., (1970). *Osteichthyes (Pesci ossei)*. Fauna d'Italia. X. Parte prima. Ed. Calderini, Bologna, 565 pp..
- Tigano C. (1982) Le popolazioni di *Aphanius fasciatus* (Nardo) della Sicilia orientale (Pisces, Cyprinodontidae). *Animalia* 9(1/3): 153-183.
- Valdesalici, S., Langeneck, J., Barbieri, M., Castelli, A. and Maltagliati, F. (2015). Distribution of natural populations of the killifish *Aphanius fasciatus* (Valenciennes, 1821) (Teleostei: Cyprinodontidae) in Italy: past and current status, and future trends. *Italian Journal of Zoology* 82: 212 – 223.

ALLEGATI

Allegato 1

Di seguito sono riassunti i dati chimico-fisici raccolti nelle cinque stazioni durante i campionamenti mensili. Poiché i valori misurati in superficie e presso il fondale non sono risultati significativamente differenti per ogni singola stazione, vengono riportati i valori medi rispetto all'intera colonna d'acqua. Sono indicate, inoltre, le profondità medie di ogni stazione riscontrate nel punto di campionamento.

Tabella 1.a – Parametri chimico-fisici relativi alla Stazione Foce di Ponente (S1), con profondità media di 15 cm.

S1	13/08/ 15	14/09/ 15	9/10/ 15	26/10/15	27/11/15	21/12/15	08/01/ 16	29/01/ 16	25/02/ 16	31/03/ 16	28/04/ 16	13/05/ 16	31/05/ 16
Ossigeno disciolto (mg/L)	10.3	8.5	5.5	9.2	8.3	10.6	4.7	5.7	8	9.95	6.1	6.0	9.4
	±0.1	±0.8	±0.7	±0.4	±0.5	±0.6	±0.2	±0.3	±1	±0.07	±0.2	±0.4	±0.3
Temperatura (°C)	32.1	24.0	20.3	19.5	10.2	9.0	11.1	12.1	12.9	15.8	16.1	20.6	23.3
	±0.2	±0.2	±0.2	±0.4	±0.3	±0.1	±0.2	±0.1	±0.1	±0.1	±0.2	±0.5	±0.3
Salinità (psu)	37	38	40	35	35	34.5	34	32.0	32.2	35.2	41	43	38
	±1	±1	±1	±1	±2	±0.5	±1	±0.5	±0.3	±0.3	±2	±1	±1
pH	8.1	8.27	8.23	8.57	8.07	8.0	7.9	8.2	8.1	8.1	7.9	8.07	8.0
	±0.1	±0.06	±0.06	±0.06	±0.06	±0.1	±0.1	±0.7	±0.1	±0.2	±0.1	±0.06	±0.2

Tabella 1.b – Parametri chimico-fisici relativi alla Stazione Sterro (S2), con profondità 40 cm.

S2	13/08/15	14/09/15	9/10/15	26/10/15	30/11/15	21/12/15	08/01/16	29/01/16	25/02/16	31/03/16	28/04/16	13/05/16	31/05/16
Ossigeno disciolto (mg/L)	10.87	10.8	9.2	10.53	10.7	7	7	5.9	9.7	10.4	9.0	9.0	8.3
	±0.06	±0.1	±0.1	±0.06	±0.1	±3	±1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.2	±0.5	±0.3
Temperatura (°C)	34	25.0	22.7	18.7	9.0	9	13.5	11.8	13.8	17.8	15.5	19.0	23.5
	±1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.1	±1	±0.5	±0.6	±0.3	±0.6	±0.6	±0.2	±0.5
Salinità (psu)	42.3	40.3	51.7	39.3	41	40	38	32.3	34.3	38.3	43.7	45.7	47
	±0.6	±0.6	±0.6	±0.6	±2	±1	±1	±0.6	±0.6	±0.6	±0.6	±0.6	±1
pH	8.7	8.8	8.73	9.0	8.3	8.1	8.1	7.8	8.1	8.3	8.13	8.0	8.4
	±0.1	±0.1	±0.06	±0.1	±0.2	±0.1	±0.2	±0.2	±0.2	±0.1	±0.06	±0.1	±0.1

Tabella 1.c – Parametri chimico-fisici relativi alla Stazione Piscine (S3), con profondità 25 cm.

S3	13/08/15	14/09/15	9/10/15	26/10/15	30/11/15	21/12/15	08/01/16	29/01/16	25/02/16	31/03/16	28/04/16	13/05/16	31/05/16
Ossigeno disciolto (mg/L)	7.1	6.8	6.0	9.5	9.6	13.2	12	6.1	9.3	11.2	7.4	8.7	11
	±0.2	±0.4	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±2	±0.2	±0.1	±0.5	±0.2	±0.2	±1
Temperatura (°C)	31	24	22.4	19.1	9.2	11.6	13.4	12.2	16.1	17.1	17.3	19.1	23
	±1	±1	±0.5	±0.3	±0.2	±0.5	±0.5	±0.2	±0.1	±0.2	±0.3	±0.1	±1
Salinità (psu)	53	58	62.3	54	52	51	50	55	55	64.3	54.3	59	58.7
	±1	±2	±0.6	±1	±1	±1	±1	±1	±1	±0.5	±0.6	±1	±0.6
pH	7.9	7.97	7.8	8.2	8.2	8.4	8.2	8.5	8.4	8.5	8.53	8.6	8.8
	±0.1	±0.06	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.06	±0.1	±0.2

Tabella 1.d – Parametri chimico-fisici relativi alla Stazione Seconda Sezione (S4), con profondità 20 cm, campionata solo per la fauna ittica.

S4	09/10/15	08/01/16	28/04/16
Ossigeno disciolto (mg/L)	5.7	10.6	9.1
	±0.4	±0.3	±0.1
Temperatura (°C)	26	13.8	17.3
	±0.2	±0.2	±0.2
Salinità (psu)	110	90	87
	±1	±1	±3
pH	8.67	7.7	8.07
	±0.06	±0.3	±0.06

Tabella 1.e – Parametri chimico-fisici relativi alla Stazione Terza Sezione (S5), con profondità 25 cm.

S5	9/10/15	26/10/15	30/11/15	21/12/15	08/01/16	29/01/16	25/02/16	31/03/16	28/04/16	13/05/16	31/05/16
Ossigeno disciolto (mg/L)	6.7	6.9	8.1	7	10.7	6.0	10.07	8.8	8.9	6.8	7.3
	±0.1	±0.8	±0.1	±1	±0.3	±0.3	±0.06	±0.1	±0.1	±0.1	±0.3
Temperatura (°C)	23.5	20.2	11.2	14.1	14.0	12.1	16.3	20.0	17.9	21.5	29.5
	±0.5	±0.2	±0.2	±0.1	±0.1	±0.3	±0.6	±0.2	±0.3	±0.5	±0.6
Salinità (psu)	136	106	100	102	90.3	100	90	92	97	176	181
	±4	±5	±5	±3	±0.6	±0.8	±1	±0.6	±1	±6	±3
pH	7.7	8.0	8.0	7.9	7.7	7.7	7.8	7.9	7.8	7.6	7.5
	±0.1	±0.1	±0.06	±0.1	±0.3	±0.06	±0.2	±0.06	±0.1	±0.06	±0.1

Allegato 2. Tabella riassuntiva del numero di individui rilevati per ciascuna specie in ogni stazione, per ogni mese di campionamento

	Sito e mese di campionamento / taxon	<i>Amphibalanus amphitrite</i>	<i>Bittium reticulatum</i>	<i>Brachynotus foresti</i>	<i>Capitella capitata</i>	<i>Cerastoderma glaucum</i>	<i>Cerithium vulgatum</i>	<i>Chironomidae (larve)</i>	<i>Ctenodrilus serratus</i>	<i>Diptera (larve)</i>	<i>Gammarus aequicauda</i>	<i>Haminoea hydatis</i>	<i>Heteromastus filiformis</i>	<i>Hydrobia acuta</i>	<i>Idotea chelipes</i>	<i>Malacocerus fuliginosus</i>	<i>Melita palmata</i>	<i>Monocorophium insidiosum</i>	<i>Monocorophium sextonae</i>	<i>Mytilaster marioni</i>	<i>Nassarius corniculus</i>	<i>Nebrioporus cerisyi</i>	<i>Nemertea</i>	<i>Neodexiospira pseudocorrugata</i>	<i>Palaemon elegans</i>	<i>Perinereis cultrifera</i>	<i>Polycladida</i>	<i>Syllides edentatus</i>	<i>Thysanoptera (larve)</i>	<i>Truncatella subcilindrica</i>	<i>Victorella pavida</i>	Totale complessivo
S1	Settembre	3		1			44			16		1	223					105	7				11		1							412
	Ottobre	3				1	14			16			271					84				2	139		1						531	
	Novembre	1		2		2	5			46			303		2	7	48	17					344	2		2					781	
	Dicembre		1	2			4	2		241	4		234	9	5	5	32	46		1		3	125	6	1						721	
	Gennaio				3	1	13	20		22	3		105			61	15	82				5	609									939
	Febbraio	1		8			1			313	1		244	7	6		20	45					50			2	1				699	
	Marzo									302	4		11	7							1	3	36						1		365	
	Aprile					1	1			312	1		70	6							13		7								411	
	Maggio	8		1		2				353			10	175			656	1110	2				8		15						2340	
S2	Settembre				1		5						1																		7	
	Ottobre				5	1	1	37			6		89																		139	
	Novembre						9	6		20			29										1								65	
	Dicembre						8	4		34			161								1	2									210	
	Gennaio						3	9		43			149																		204	
	Febbraio					1	2			125			550	3			1						8								690	
	Marzo						2	1		263			210	3									3								482	
	Aprile						19			291			66	38									10	4							428	
	Maggio						2	75		486			143	180			95	65					20			4					1070	
S3	Settembre	1				3	40						88																		132	
	Ottobre						360						71																	x	431	
	Novembre					1	41						103												1					x	146	
	Dicembre						21						16																	x	37	

Allegato 3

Risultati analisi SIMPER. In colonna sono riportati i contributi singoli e cumulativi di ogni taxon e la rispettiva abbondanza media per ciascuna stazione di campionamento (S1, S2, S3, S5).

Taxon	Contrib. Singolo %	Contrib. Cumulativo %	S1	S2	S3	S5
<i>Hydrobia acuta</i>	33,53	33,53	163	155	213	1,29
<i>Gammarus aequicauda</i>	21,6	55,12	180	141	0,444	0
<i>Chironomidae (larve)</i>	18,04	73,16	9,11	17,3	87,8	118
<i>Neodexiospira pseudocorrugata</i>	9,726	82,89	148	0,556	0	0
<i>Monocorophium sextonae</i>	6,736	89,62	165	7,22	0	0
<i>Monocorophium insidiosum</i>	3,124	92,75	85,7	10,7	0	0
<i>Idotea chelipes</i>	2,059	94,81	22,7	24,9	0	0
<i>Nebrioporus cerisyi</i>	1,588	96,39	0	0	0	8,43
<i>Cerastoderma glaucum</i>	0,7408	97,13	0	0,222	9,56	0
<i>Cerithium vulgatum</i>	0,5303	97,67	0,778	3	0	0
<i>Malacocerus fuliginosus</i>	0,479	98,14	8,22	0	0	0
<i>Nemertea</i>	0,4121	98,56	1,44	4,78	0,222	0
<i>Capitella capitata</i>	0,2696	98,83	1,89	0,667	0	0
<i>Nassarius corniculus</i>	0,1882	99,01	1,67	0,111	0	0
<i>Diptera (larve)</i>	0,1598	99,17	0	0	0	0,571
<i>Ctenodrilus serratus</i>	0,1396	99,31	2,44	0	0	0
<i>Haminoea hydatis</i>	0,1209	99,43	1,44	0	0	0
<i>Perinereis cultrifera</i>	0,1064	99,54	2	0,444	0,111	0
<i>Bittium reticulatum</i>	0,1024	99,64	1,78	0	0	0
<i>Melita palmata</i>	0,08905	99,73	1,33	0	0	0
<i>Mytilaster marioni</i>	0,08847	99,82	1	0	0	0
<i>Palaemon elegans</i>	0,06064	99,88	0,889	0	0	0
<i>Polycladida</i>	0,03023	99,91	0,444	0	0	0
<i>Thysanoptera (larve)</i>	0,02749	99,94	0	0	0	0,143
<i>Amphibalanus amphitrite</i>	0,02065	99,96	0	0	0,111	0
<i>Truncatella subcilindrica</i>	0,01293	99,97	0,111	0	0	0
<i>Heteromastus filiformis</i>	0,01184	99,98	0,111	0	0	0
<i>Syllides edentatus</i>	0,007894	99,99	0,111	0	0	0
<i>Brachynotus foresti</i>	0,007701	100	0,111	0	0	0