

Università degli Studi della Tuscia di Viterbo
Dipartimento di Ecologia e Sviluppo Sostenibile (DECOS)

Dottorato di Ricerca in Ecologia e Gestione delle Risorse Biologiche –
XX Ciclo

**L'Avifauna di una zona umida mediterranea, le Saline
di Tarquinia, in relazione ai parametri ambientali:
indicazioni gestionali**

S.s.d. BIO/07

Coordinatore: Prof.ssa Roberta Cimmaruta

Tutor: Prof. Giuseppe Nascetti

Dottoranda: dott.ssa Elisa Lanzuisi

L'Avifauna di una zona umida mediterranea, le Saline di Tarquinia, in relazione ai parametri ambientali: indicazioni gestionali

0.0 Indice

0.1 Summary

0.2 Riassunto

1.0 Introduzione

1.1 Scopo della tesi

1.2 Le zone umide come aree importanti per l'avifauna in ambiente mediterraneo

1.3 Le zone umide salmastre in generale

1.4 Le saline mediterranee: parametri gestionali

1.5 L'importanza d. saline mediterranee p. l'avifauna e l'ecologia degli uccelli d. saline

1.6 La gestione delle zone umide e delle saline per l'avifauna

2.0 Area di studio

2.1 Le Saline di Tarquinia: storia

2.2 Le Saline di Tarquinia: struttura

2.3 Studi precedenti in merito alle Saline di Tarquinia

3.0 Materiali e metodi

3.1 Serie storiche

3.2 Ciclo annuale

3.3 Uccelli nidificanti

3.4 Uccelli svernanti (e migrazione)

3.5 Parametri ambientali

4.0 Risultati

4.1 Parametri ambientali (profondità colonna, temperatura, salinità, ossigeno disc., pH)

4.1.1 Profondità colonna d'acqua

4.1.2 Temperatura

4.1.3 Salinità

4.1.4 Ossigeno disciolto

4.1.5 pH

4.1.6 Analisi della capacità dei parametri valutati di discriminare le vasche

- 4.2 Check-list delle specie di uccelli acquatici osservate alle Saline di Tarquinia
- 4.3 Indicazioni relative alla nidificazione di specie acquatiche nel passato e nel periodo dello studio (specie, demografia, fattori limitanti)
- 4.4 La serie storica relativa agli uccelli svernanti
 - 4.4.1 Serie storica per i guild di specie (distinte per le preferenze alimentari)
- 4.5 Relazioni tra andamento dello svernamento alle Saline e quello regionale, nazionale e internazionale
- 4.6 Il ciclo annuale (2004-2006)
- 4.7 Lo svernamento in relazione ai parametri ambientali
 - 4.7.1 Analisi di area vasta (insieme delle saline)
 - 4.7.2 Uccelli e parametri ambientali locali: analisi della varianza
 - 4.7.3 Rapporto tra avifauna e parametri ambientali (variabili continue)
 - 4.7.4 Rapporto con fattori biotici (zooplankton)
 - 4.7.5 Rapporto con fattori biotici (benthos)
 - 4.7.6 Baricentro di preferenza delle specie rispetto alla salinità
 - 4.7.7 Distribuzione dei guilds di uccelli nelle saline: analisi delle componenti principali (PCA)

5.0 Discussione

- 5.1 L'ecologia degli uccelli delle Saline di Tarquinia
 - 5.1.1 I fattori esterni che determinano la presenza degli uccelli alle Saline di Tarquinia a scala continentale, nazionale e regionale
 - 5.1.2 Il ruolo dei fattori locali nel determinare la presenza e il comportamento degli uccelli
- 5.2 Indicazioni gestionali per le Saline di Tarquinia al fine di favorire la presenza degli uccelli: nidificazione; svernamento e migrazione;
- 5.3 Indicazioni gestionali per le Saline di Tarquinia al fine di sviluppare il turismo *birdwatching*
- 5.4 Ruolo della nuova zona umida di acqua dolce e indicazioni specifiche gestionali
- 5.5 Monitoraggio
- 5.6 Modello gestionale proposto per il ciclo delle acque

6.0 Conclusioni

7.0 Bibliografia

8.0 Ringraziamenti

Summary

Goal of this study was a detailed description of waterbirds of Tarquinia Salinas National Natural Reserve that covers about 170 ha, including a wetland of about 120 ha, and their ecology, both with a long-term view by historical data analysis, and comparing specie's presence and environmental variables. The work was strongly addressed to define management prescriptions for this important wetland located in Maremma Laziale (Tarquinia Municipality), in the framework of a wider ICZM (*Integrated Coastal Zone Management*) project, covering Latium's coastal area.

Study issues were: waterbird long term historical temporal data series analysis, using data from IWRB (*International Waterfowl Research Bureau*, now *Wetlands International*) midwinter counts; circum-annual cycle of waterbird species; study of correlations between environmental variables (salinity, water deep, pH, Oxygen) and bird guilds with similar ecological preferences; development of management prescriptions, following the experience developed in the framework of a LIFE project. More in deep, study goals have been the following: 1) developing a species check-list for the site by original and bibliographical data; 2) keeping field data to define annual cycle of species, to determine main external factors influencing the presence of different waterbird species; 3) gathering and analysing a long-term data set (mid-winter census data) to evaluate long-term trends; 4) gathering and analysing a data set on wintering birds (October-February) to use it for correlation analysis with environmental data. To reach these goals, a original data set was taken, made by: a) Historical series: presence data for 26 years for all observed species in mid-winter IWC data (36.881 *records*); b) Annual cycle: 44 observations for any species (every 10 days) for nov 2004-June 2006; Wintering: 90 observations for any species 2000-2008 period (September-April, bibliographical and original data for 2000-2004 – n. 20 visits, and original data for 2005-2008 period 2005-2008, n. 70 visits); amounting 46.409 *records*. Method used was total count, assumed correct for this kind of open habitat and strongly-visible species. For last three winters environmental variables data were taken: for the whole data set classes of deep of water and environmental unit (pond number) were registered. For 2006-2007 winter data from a separate study concerning salinity, Oxygen, pH, water deep and plankton (diversity, biomass) are available. For October-December 2007 only data on benthos (diversity, biomass) are available, too.

During this study a detailed analysis of functionality of a small Mediterranean artificial wetland (salt works) for waterbirds, based on a relevant field data set, have been developed. Evaluations on different temporal and spatial scales have been made., trying to understand what kind of factors are determining waterbirds presence and abundance in the site. At local scale, data were tested to understand which environmental factors are relevant do determine waterbirds diversity in the

specific study area. Because the huge amount of data, difficult to analyse, waterbird species have been divided in different guilds with similar ecological and feeding behaviour, evaluated on the basis of literature information. Analysis were developed for each specie's guild (herbivores, filtrating eaters, fish-eaters, omnivores ducks, shorebirds, gulls). Statistical analysis was developed using multivariate techniques commons in ecology like correlation analysis, discriminant analysis and GLM (General Linear Models). Main study results are:

- description of historical presence of different species in the area;
- hypothesis about main factors that at large geographical scale are determining specie's presence in the area (area-abundance correlation and migration cycling);
- demonstration of spatial segregation of different species and species' guilds inside spatial units (ponds) in the Salinas;
- to define correlations between some species' guilds and some environmental factor (especially salinity and water deep);
- to elaborate first considerations about correlations between species' guilds and food availability (benthos) in the site, to be developed in more detailed experimental designs in the future.

In general, insular model and migration drive probably total waterbird abundance; at local scale salinity, water deep and probably benthos biomass (especially Chironomidae) are correlated with observed spatial segregation of species.

Tarquimia Salinas are one of few nesting sites, sometimes the only one, for rare at regional scale and environmentally demanding species like Avoset, Stilt, Shelduck, Egret, Cattle heron. For these species reproduction is frequently irregular, probably for the high disturbance level on the site. Wintering seems to be more regular; Salines are one of the main wintering sites in the Latium Region. Concerning general historical trends for waterbird wintering, this wetland shows a clear significant trend to increase abundances in the long-term. Historical maximum have been recorded turing the study period (2005-2005 winter, with more then 2.700 wintering birds, between them 692 Flamingoes – *Phoenicopterus ruber* -, historical maximum for this species at Salinas), after LIFE project intervention. In the last two winter presences decreased, probably for external factors dues to migration waves. On the basis of ecological analysis the study developed a series of management prescriptions, widely described and articulated. Main indications are concerning disturbance control and decreasing, creation of islands for bird roost and possibly nesting, water level management. Possible development of present study will be specific experimental design to define correlations between benthos – especially Chironomidae - and bird species abundance.

0.2 Riassunto

Lo studio è indirizzato a caratterizzare gli uccelli acquatici della Riserva Naturale Statale delle Saline (di 170 ha di superficie, con una zona umida di circa 120 ha), sia con una visione di lungo termine (dati storici) che attraverso il confronto tra la presenza delle specie e le variabili ambientali. Il lavoro è fortemente orientato nel definire indicazioni per la gestione di questa importante zona umida situata nella Maremma Laziale (Comune di Tarquinia), nell'ambito di un più ampio progetto ICZM (*Integrated Coastal Zone Management*) che interessa la costa laziale.

Lo studio è consistito quindi in una analisi delle serie temporali di lungo termine relative agli uccelli svernanti (dati dei censimenti dell'*International Waterfowl Research Bureau*, ora *Wtlands International*), allo studio del ciclo annuale delle specie, alla definizione di possibili relazioni significative tra parametri ambientali misurati e presenza di determinati gruppi di uccelli omogenei per abitudini ecologiche, alla valutazione di possibili indicazioni gestionali per le Saline, anche alla luce degli interventi in corso durante il progetto di ricerca (Progetto LIFE). Più in dettaglio, gli obiettivi della ricerca erano: 1) definire di una *check-list* delle specie di uccelli osservati presso le Saline attraverso dati inediti e bibliografici, che includesse una lista degli uccelli nidificanti nelle Saline o nei pressi; 2) raccogliere dati di campo per definire il ciclo annuale di presenza delle specie, al fine di determinare i principali fattori esterni che influenzano la presenza delle diverse specie di uccelli; 3) raccogliere ed analizzare un data set di lungo termine (censimenti annuali degli svernanti) per valutare le dinamiche di lungo periodo; 4) raccogliere ed analizzare un *data set* pluriennale sugli uccelli presenti nel periodo invernale (ottobre-febbraio), in modo da poterlo utilizzare in particolare per analisi di correlazione con parametri ambientali misurati alle Saline. Per realizzare tali obiettivi si è raccolto nel corso dello studio un *data set* originale composto di: a) Serie storica: dati di presenza su 26 anni di tutte le specie osservate per i dati di metà inverno (per un totale di 36.881 *records*); b) Ciclo annuale: 44 rilevamenti di tutte le specie presenti (ogni 10 giorni) nel periodo novembre 2004-giugno 2006 per il ciclo annuale; Svernamento: 90 rilevamenti di tutte le specie presenti per il periodo 2000-2008 per lo svernamento e la migrazione (periodo settembre-aprile, utilizzando dati bibliografici ed inediti per il periodo 2000-2004 – n. 20 uscite, e dati inediti per il periodo 2005-2008, n. 70 uscite); per un totale di 46.409 *records*. Il metodo utilizzato è stato quello del conteggio completo, che per questo genere di ambiente e di specie, altamente rilevabili, è considerato adeguato. Per gli ultimi tre inverni sono anche stati raccolti dati relativi a variabili di tipo ambientale; per tutto il data set è disponibile la profondità dell'acqua e la vasca di presenza di tutti gli individui; per l'inverno 2006-2007 sono disponibili i dati misurati relativi a salinità, ossigeno disciolto, profondità dell'acqua, pH e plancton; e per il periodo ottobre-dicembre 2007 anche dati di confronto sul benthos.

Nel corso di tali ricerche si è cercato di sviluppare una analisi dettagliata della funzionalità di una piccola zona umida mediterranea per accogliere l'avifauna, basata su un cospicuo *set* di dati di campo, che permettesse di effettuare valutazioni a scale spaziali e temporali diverse per comprendere quali fattori determinano la presenza degli uccelli nel sito. Si è inoltre cercato di comprendere quali parametri ambientali, a scala locale, siano importanti per determinare nello specifico contesto dell'area di studio la diversità della comunità degli uccelli acquatici. Per poter procedere all'analisi di questo abbondante insieme originale di dati le specie di uccelli osservate sono state suddivise in diversi *Guild* di appartenenza, secondo le loro preferenze di tipo ambientale definite sulla base di dati pubblicati in letteratura. Gli strumenti utilizzati per classificare e ordinare tale insieme di dati sono stato scelti tra le consolidate tecniche di analisi multivariata idonee al trattamento di dati di ecologia e in particolare l'analisi di correlazione, l'analisi discriminante e i GLM (*General Linear Models*).

Si è quindi riusciti:

- a definire l'andamento delle presenze delle diverse specie nell'area;
- ad ipotizzare quali siano i principali fattori che a larga scala determinano la presenza degli uccelli (dimensioni dell'area e ciclo della migrazione);
- a dimostrare la segregazione spaziale dei diversi *Guild* di uccelli considerati all'interno delle diverse sott'unità ambientali (vasche) delle Saline;
- a definire correlazioni tra *guild* di alcune specie e alcuni fattori ambientali (in particolare salinità e profondità dell'acqua) e le somiglianze e le differenze tra i diversi *Guild* di uccelli considerati;
- ad esprimere prime ipotesi (da verificare con successivi studi e specifici disegni sperimentali) sulla correlazione tra disponibilità di risorse alimentari (*benthos*) e abbondanza degli uccelli nel sito.

In particolare l'analisi di area vasta ha permesso di sottolineare che il modello insulare e l'andamento complessivo dei cicli migratori spiegano in termini generali l'abbondanza degli uccelli nell'area, mentre quelli di scala locale sono correlati con la segregazione spaziale delle diverse specie all'interno dell'area.

Le Saline di Tarquinia sono uno dei pochissimi siti, in qualche caso l'unico, di nidificazione di specie esigenti e rare a scala regionale (Avocetta, Cavaliere d'Italia, Corriere piccolo, Frattino, Volpoca, Garzetta, Airone guardabuoi), ma la unificazione è spesso irregolare, probabilmente per il disturbo complessivo nel sito. Più costantemente importante appare lo svernamento, per il quale le

Saline rappresentano uno dei più importanti siti regionali. Per quanto riguarda la tendenza complessiva storica dello svernamento, la zona umida delle Saline di Tarquinia mostra una tendenza significativa nel lungo periodo all'aumento delle presenze: i massimi storici di presenza sono stati registrati nel periodo di studio (inverno 2005-06, oltre 2.700 individui svernanti, tra cui 692 fenicotteri - il massimo storico per questa specie alle saline, dopo gli interventi del Progetto LIFE. Negli ultimi due inverni le presenze sono state inferiori, probabilmente per fattori esterni generali della migrazione. Sulla base delle indagini di tipo ecologico si è arrivati ad individuare possibili interventi gestionali per il sito, che sono stati ampiamente descritti ed articolati (controllo e diminuzione del disturbo, creazione di isole per la sosta e possibilmente la nidificazione degli uccelli, gestione del livello delle acque).

Ulteriori sviluppi possibili che possono approfondire quanto realizzato con il presente studio riguardano: la definizione di un disegno sperimentale più specifico per correlare i parametri ambientali alla distribuzione degli uccelli, che parta dai dati raccolti con questa tesi; in particolare il confronto in parallelo tra alcune specie di uccelli e presenza del benthos, quantificandone la biomassa, per verificare se la disponibilità di cibo sia un fattore determinante la presenza di tali specie.



1.0 INTRODUZIONE

1.1 Scopo della tesi

Il presente lavoro è inserito in un più ampio processo di pianificazione della fascia costiera del Lazio nell'ambito di un processo ICZM (*Integrated Coastal Zone Management*). Area di studio è la fascia costiera della Maremma Laziale, che include l'intero territorio dei comuni di Montalto di Castro (189,67 Km²) e Tarquinia (279,5 Km²). Nell'area sono inclusi i SIC IT6010018 (Litorale a NW delle Foci del F. Fiora), IT6010019 (Pian dei Cangani), IT 6010027 (Litorale tra Tarquinia e Montalto) e il SIC e ZPS 6010025-26 (Saline di Tarquinia), nonché i SIC marini IT 6000001 (Fondali tra le foci del F. Chiarone e del F. Fiora), IT 6000002 (Fondali antistanti Punta Morelle) e IT6000003 (Fondali tra le foci del T. Arrone e del F. Marta). All'interno di questa area più ampia uno specifico approfondimento riguarda l'unica zona umida costiera di dimensioni significative presente, le Saline di Tarquinia, che è Riserva Naturale dello Stato, sulle quali il Dipartimento di Ecologia e Sviluppo Economico Sostenibile (DECOS) dell'Università della Tuscia di Viterbo ha da tempo in corso numerosi studi sui diversi elementi dell'ecosistema. Le Saline sono suddivise in 45 diverse vasche interne divise da piccoli argini.

Il lavoro riguarda lo studio e il monitoraggio dell'avifauna delle Saline di Tarquinia (comprese nella stessa area di studio) finalizzato allo sviluppo di indicazioni gestionali per la riserva naturale.

Le Saline di Tarquinia coprono 170 ettari nell'omonimo comune, e sono oggetto da diversi anni di numerosi studi in particolare sulle comunità degli ecosistemi acquatici. Si tratta di un ambiente completamente artificiale con diversi gradi di salinità progressivamente crescenti fino a livelli di ipersalinità molto elevata. La produzione del sale da parte dei Monopoli di Stato è stata completamente interrotta nel 1997. L'abbandono della salina e delle sue strutture ha comportato la necessità di individuare nuove modalità gestionali che permettano di conservare gli habitat presenti ai fini naturalistici.

Si è previsto di concentrare l'attenzione dello studio al fine di definire con maggiore precisione le relazioni tra gestione delle acque nelle vasche e presenza dell'avifauna svernante. Questi dati sono fondamentali per identificare i fattori ambientali che influenzano l'avifauna delle Saline, e quindi arrivare alle conseguenti indicazioni gestionali, che verranno mutate anche dalle esperienze internazionali sviluppate – anche specificamente per gli ambienti delle saline – nel corso di numerosi progetti di cooperazione, come il MedWet (Morillo e Gonzalez, 1996), o in letteratura (Williams, 1990).

Alcune indicazioni preliminari sono già state utilizzate nel corso di diversi progetti di restauro ambientale e gestione straordinaria in corso (Nascetti, com. pers.).

1.2 Le zone umide come aree importanti per l'avifauna in ambiente mediterraneo

Considerato lo stato di grave degrado di un ecosistema tra i più importanti anche per la sopravvivenza umana la comunità internazionale arrivò nel 1971 a sottoscrivere una convenzione internazionale per la conservazione delle zone umide nella località iraniana di Ramsar, da cui prese il nome. La Convenzione ha un segretariato internazionale presso Gland, in Svizzera, che cura la sua attuazione e le relazioni con gli stati che hanno sottoscritto questo strumento legislativo internazionale. In Italia esiste dal 1995 un Segretariato presso il Ministero dell'Ambiente, che ha anche un Comitato Tecnico-Scientifico di consulenza sui temi relativi alla convenzione. Ogni stato che sottoscrive la Convenzione si impegna ad individuare almeno una zona umida che rientri nelle normative della Convenzione, designata come Zona Ramsar. Le Zone Ramsar designate nel nostro paese sono attualmente 47, di cui nel Lazio i Laghi Pontini situati nel Parco Nazionale del Circeo e la RN Tevere Farfa.

Periodicamente i soggetti interessati alla conservazione delle zone umide si riuniscono per uno scambio di informazioni ed esperienze; nel nostro paese si sono tenuti due importanti appuntamenti su questo tema, il primo organizzato dall'IWRB (*International Waterfowl Research Bureau*) nel 1990 nella città lagunare di Grado, ed il secondo nel 1995 a Venezia.

Il Lazio è una regione complessivamente ricca di zone umide, che rientrano in diverse tipologie strutturali ed ambientali. Se ne presenta di seguito una breve rassegna.

Laghi vulcanici

La natura geologica del Lazio, ricca di complessi vulcanici, ha fatto sì che si formassero molti bacini lacustri di riempimento di caldere vulcaniche, soprattutto nel centro-nord della regione. Nel complesso vulcanico laziale sono presenti il Lago di Albano e il Lago di Nemi. Nel complesso Cimino si trova il Lago di Vico, in buona parte inserito nell'omonima Riserva Naturale Regionale. Più a nord si trova il più ampio dei bacini lacustri laziali di origine vulcanica, il Lago di Bolsena, che ha al suo interno anche la presenza di due isole.

Laghi appenninici

La ricchezza di acque dell'Appennino fa sì che si possano formare raccolte d'acqua in ambito preappenninico e appenninico di notevole interesse. Il Lago della Duchessa è una zona umida di alta montagna inserita in una Riserva Naturale Regionale. Anche il Lago di Posta Fibreno, originato da una risorgiva dalla notevolissima portata, è un lago oligotrofico che ospita tra l'altro un endemismo di notevole valore, il *Carpio fibreni*. Di origine artificiale è invece l'ampio Lago del Salto, nel Reatino.

Zone umide costiere

Un tempo gran parte della costa laziale ospitava una teoria continua di zone umide retrodunali, più o meno ampie, di cui oggi rimangono solo alcune testimonianze fortemente minacciate dallo sviluppo urbanistico e delle infrastrutture balneari. Nella costa tra Montalto di Castro e Tarquinia rimangono alcuni piccoli stagni costieri, in particolare a Pian dei Cangani, Pian di Spille (entrambi SIC) e a Bagni Sant'Agostino, vicino a Civitavecchia. Di origine artificiale, ma di grande importanza per la loro estensione, le Saline di Tarquinia, Riserva Naturale dello Stato e ZPS. Proseguendo verso sud troviamo le zone umide di Macchiatonda presso Santa Severa, Macchiagrande e Bosco di Palo, Vasche di Maccarese a Fiumicino (anche questa di origine artificiale). Presso la Foce del Tevere, nella Riserva Statale del Litorale Romano, oltre alle storiche vasche del Porto di Traiano è stata recentemente ricreata una piccola zona umida come compensazione ambientale per il nuovo porto di Ostia, il Centro Habitat Mediterraneo della LIPU. Ancora più a sud, prima del grande complesso dei Laghi Pontini, la più importante zona umida del Lazio e forse dell'intera costa Tirrenica, troviamo la Riserva Naturale Tor Caldara con le sue pozze sulfuree e la Riserva Naturale di Torre Flavia.

La Convenzione di Ramsar

Sul territorio italiano, la tutela delle aree umide viene promossa con l'adesione dell'Italia nel 1971 alla "Convenzione sulle Zone Umide d'importanza internazionale specialmente come habitat degli uccelli acquatici", meglio conosciuta come Convenzione di Ramsar. In seguito, per combattere il preoccupante declino della biodiversità ed attuare delle politiche concrete di salvaguardia della natura, recependo gli obiettivi emersi a Rio de Janeiro, l'Unione europea ha promulgato altri interventi legislativi: la Direttiva "Conservazione degli uccelli selvatici", nota come Direttiva Uccelli (79/409/CEE) e la Direttiva "Conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche", comunemente denominata Direttiva "Habitat" (92/43/CEE).

In base a quest'ultima direttiva, la conservazione della natura viene attuata tramite la realizzazione di un sistema integrato di aree protette denominato Rete Natura 2000 costituito da Zone a Protezione Speciale e da Siti di Importanza Comunitaria. La costituzione di una rete di aree protette ha come scopo la il mantenimento e se necessario il ripristino di uno stato di conservazione soddisfacente dei tipi di habitat naturali e delle specie interessate nelle loro aree di ripartizione naturale. Nello stesso titolo della Direttiva "Habitat" viene specificato l'obiettivo di conservare non solo gli habitat naturali (quelli meno modificati dall'uomo) ma anche quelli seminaturali (come le aree ad agricoltura tradizionale, i boschi utilizzati, i pascoli, ecc.). Con ciò viene riconosciuto il valore, per la conservazione della biodiversità a livello europeo, di tutte quelle aree nelle quali la

secolare presenza dell'uomo e delle sue attività tradizionali ha permesso il mantenimento di un equilibrio tra uomo e natura. Ai fini della salvaguardia delle popolazioni selvatiche si riconosce anche il valore alle zone limitrofe alle aree protette, per il loro ruolo di anello di congiunzione tra le aree naturali e le aree sottoposte alle attività antropiche, ed ai corridoi ecologici, territori necessari per mantenere la contiguità spaziale di aree geograficamente distanti.

La costituzione di una rete è inoltre finalizzata ad assicurare la continuità degli spostamenti migratori, dei flussi genetici delle varie specie e a garantire la vitalità a lungo termine degli habitat naturali. Lo strumento finanziario dell'Unione europea per la realizzazione delle rete ecologica natura 2000 è Life-Natura, specificatamente dedicato alla conservazione degli habitat naturali, della flora e della fauna di interesse comunitario indicati negli allegati della Direttiva 92/43/CEE e 79/409/CEE. Infine ciascun sito della rete natura 2000 deve essere dotato di un opportuno Piano di Gestione che tenga conto delle specificità dell'area protetta e delle sue relazioni funzionali con gli altri siti. Nel Piano di gestione dovranno essere indicate tutte le misure necessarie alla conservazione dei siti di conservazione speciale e dovrà essere integrato con tutti gli altri piani di pianificazione territoriale. Ai fine della conservazione della natura, il Piano di gestione ha un ruolo prioritario su tutti gli altri piani e progetti. Il piano di gestione del sito è strettamente connesso alla funzionalità dell'habitat ed alla presenza delle specie che hanno dato origine al sito stesso. Inoltre nel caso in cui le misure di conservazione e gestione ordinaria del sito sono sufficienti al mantenimento della sua funzionalità, il Piano di gestione si identifica con le attività di monitoraggio (*Manuale per la gestione dei siti Natura 2000*).

Le linee guida per la gestione dei siti natura 2000 inseriscono le lagune costiere nell'ambito dell'habitat denominato "Siti a dominanza di Coste basse". Secondo il "Manuale per la gestione dei Siti Natura 2000", la loro buona conservazione è legata principalmente alla qualità ed alla persistenza delle acque che dovrebbero essere caratterizzate da un basso carico di inquinanti e di materiali in sospensione. Come indicatori di buona qualità ambientale si considerano la presenza di popolazioni di *Aphanius fasciatus* (Valenciennes, 1821), del bivalve bentonico *Cerastoderma glaucum* (Poiret, 1789) ed una bassa incidenza delle popolazioni di *Merceriella enigmatica* (Fauvel, 1923).

1.3 Le zone umide salmastre in generale

In prossimità degli apparati deltizi dei corsi d'acqua la forza del mare, contrastando il trasporto dei materiali fini da parte dei fiumi, favorisce la deposizione di una grande quantità di sedimenti che creano lunghe lingue di sabbia e fango parallele alla linea di costa (Stoch, 2004). Sono questi precari cordoni litoranei che consentono la formazione di laghi e stagni costieri; è così che nascono

e svaniscono quegli sbarramenti che creano, mantengono o fanno scomparire le zone umide costiere, veri e propri ambienti “in bilico” tra terra e mare. È la loro complessa natura che conferisce a questi ambienti una elevata valenza paesaggistica e naturalistica, ma per gli animali e le piante che li popolano si tratta di habitat severi, selettivi, talora “estremi”: solo le specie che presentano adattamenti fisiologici particolari possono compiere l'intero ciclo vitale. Altre specie però sono attratte dalle risorse alimentari che questi ambienti offrono: parliamo soprattutto degli uccelli, che costituiscono l'elemento più appariscente, conosciuto ed apprezzato di questi ambienti. L'inizio delle grandi bonifiche, volte a strappare alle acque terre per coltivarle e a combattere la piaga della malaria, ha segnato un mutamento drastico nel paesaggio costiero italiano; anche dopo la loro cessazione però le zone umide costiere continuano a venir distrutte dall'espansione delle aree urbane e industriali e dal recente sfruttamento turistico delle coste: sono oramai lembi veramente esigui, ad elevato rischio di estinzione sul territorio italiano. Dopo la cessazione dei grandi interventi di bonifica delle aree palustri, effettuati nella prima metà del secolo scorso, la tutela e la gestione delle zone umide costiere sono divenuti obiettivi prioritari nell'ambito della politica di conservazione delle risorse naturali del nostro Paese. La ricchezza dell'ornitofauna, che comprende moltissime specie incluse nella Direttiva Uccelli (79/409/CEE), la presenza di specie rare ed endemiche inserite nella Direttiva Habitat (92/43/CEE), la forte valenza paesaggistica di queste aree e l'accresciuta sensibilità verso una fruizione ecosostenibile rendono i laghi costieri e gli stagni salmastri ambienti di eccezionale interesse per l'istituzione di aree di tutela. Tuttavia la situazione attuale, come spesso avviene, presenta contrasti stridenti tra le esigenze di gestione naturalistica da una parte e gli interessi economici legati allo sfruttamento della risorsa (pesca, itticoltura, caccia) dall'altra, quando non prevalgono addirittura le esigenze di espansione delle aree urbane, turistiche o industriali limitrofe. La pressione antropica su queste aree, infatti, non è venuta meno con il cessare delle bonifiche, ma è purtroppo continuata, soprattutto per lo sviluppo delle attività turistico-balneari, con un lento ed inesorabile degrado dei pochi lembi rimasti, oasi relitte disseminate lungo le coste italiane (Paradisi et al., 2004). Perdita e alterazione dell'habitat sono le principali cause di minaccia per le popolazioni di uccelli e mammiferi negli stagni costieri. Anche se le grandi bonifiche sono terminate attorno ai primi anni '60 e molte zone umide costiere sono oggi soggette a qualche forma di tutela, è continuata tuttavia inesorabile una lenta opera di distruzione. La nascita di grandi complessi industriali, l'intensa urbanizzazione e antropizzazione dei litorali hanno reso molto difficile la salvaguardia delle zone umide costiere. Esse sono in molti casi rimaste ecologicamente isolate, assediate da nuclei urbani e soggette alle più diverse forme di inquinamento. A seguito di questi cambiamenti, si sono progressivamente perse anche quelle forme di agricoltura o vallicoltura estensive che permettevano la sopravvivenza di ecosistemi seminaturali

in grado di fornire indispensabili spazi e risorse alla fauna. In alcune aree, inoltre, i fenomeni di subsidenza e l'erosione del litorale hanno reso ancora più difficili gli interventi di tutela.

1.4 Le saline mediterranee: parametri gestionali

Le saline, ecosistemi costieri modificati dall'uomo per la produzione del sale, sono delle zone umide di particolari interesse e valore naturalistico. Nell'ambito della convenzione di Ramsar sono state classificate tra le aree umide di origine artificiale. Da un punto di vista ecologico, ciò implica una differenza strutturale ma non funzionale rispetto alle zone umide naturali. La loro importanza, come aree per la conservazione della natura e “*zone tampone*” per gli apporti terrestri, è nota (Crisman, 1999). Le saline svolgono infatti un ruolo cruciale per il mantenimento delle popolazioni degli uccelli acquatici, sia per le popolazioni residenti sia per quelle migratrici. La loro localizzazione, lungo le coste del mediterraneo, le rende particolarmente idonee alla sosta di numerosi specie di uccelli durante i flussi migratori primaverili ed autunnali tra l'Europa e l'Africa. Inoltre le saline svolgono un'importante funzione nella riduzione del carico inquinante dei corsi d'acqua che si riversano nel Mediterraneo. Spesso infatti gli impianti sono circondate da canali o corsi d'acqua che funzionano come depuratori naturali degli inquinanti di origine terrestre.

Ogni salina è un impianto industriale autonomo e qualunque sia la sua estensione, risulta divisa quasi sempre in determinati ordini di vasche, le quali possono variare, in numero ed in grandezza, da una salina all'altra, senza che la struttura dell'impianto sia profondamente modificata (Davis, 1978; 2000; 2006). Data l'importanza che la produzione del sale giocava nella stabilità politica ed economica delle società mediterranee, le saline hanno sempre avuto un ruolo critico nello sviluppo economico e culturale delle Paesi tanto da essere sempre riconosciute come proprietà statale.

Il destino delle Saline di Tarquinia si collega a quello di molti altri impianti di salicoltura del resto del Mediterraneo progressivamente dismessi, abbandonati o riconvertiti negli ultimi 50 anni. Di 168 impianti, localizzati lungo le coste di 18 paesi mediterranei, 90 sono attivi, 64 dismessi ed 11 sono stati eliminati o riconvertiti per altri usi (Crisman, 1999).

Minacciate economicamente dalla competizione con metodi produttivi più economici, quali l'estrazione del sale dalla cave o da impianti di grandi dimensioni, come quelli collocati nel sud del Mediterraneo, molte delle saline italiane hanno dovuto affrontare la scelta di chiudere, di convertirsi alla meccanizzazione, poco redditizia su piccola scala, o alla ricerca di nicchie di mercato per sale di alta qualità. In genere la chiusura dell'impianto porta ad una perdita immediata della loro biodiversità a causa della riduzione della circolazione dell'acqua. Attraverso la conversione in altre attività produttive, come l'acquicoltura o la produzione del riso, le saline sono destinate a perdere definitivamente il loro valore ecologico. A ciò si aggiungono le minacce legate all'intenso

sfruttamento urbanistico, turistico ed industriale delle aree costiere. In Italia, la crisi di questo sistema produttivo può essere ricondotta all'elevato costo della manodopera e alla concorrenza delle saline spagnole e del Nord Africa (ad esempio le saline di Sfax in Tunisia, oss. pers.). Attualmente sono attivi solo alcuni impianti, le saline di Cervia, le saline di Margherita di Savoia, le saline di Trapani e di Cagliari. Nel complesso dello stagnone di Marsala (Trapani), la salina Ettore è ancora gestita secondo le tradizionali tecniche di salicoltura.

I laghi salati e le saline, lungi dall'essere luoghi privi di vita ospitano sia produttori primari (alghe e piante superiori) che consumatori primari e secondari (Iberite, 1992). Negli ambienti paralici iperalini o ipoalini, l'instabilità dei parametri mesologici è fondamentale nella selezione dei taxa. Il fattore ecologico responsabile della selezione e strutturazione delle comunità bentoniche lagunari è tuttavia un fattore idrodinamico, definito come il tempo di rinnovo degli elementi di origine marina. Nella definizione della zonazione biologica, spesso poco conosciuta, gioca un ruolo non trascurabile anche la salinità. Numerose alghe e piante acquatiche sono in grado di tollerare salinità superiori a quelle marine modificando la concentrazione dei componenti organici ed inorganici del citoplasma. Nelle Cianoficee, il bilancio osmotico viene mantenuto accumulando ioni (SO_4^{2-} , Ca^{++} e K^+) dall'ambiente circostante mentre in *Dunaliella salina*, Cloroficea tipica delle acque soprassalate, accumula glicerolo la cui concentrazione intracellulare varia in relazione a quella del NaCl del mezzo esterno (Iberite, 1992). Alcune idrofite invece possono tollerare salinità molto variabili: *Ruppia spiralis* per esempio popola sia acque iperaline (60-80‰) sia acque a salinità variabile (1,5-23‰).

Per quanto riguarda gli invertebrati, i taxa in grado di colonizzare questi ambienti sono pochi ed ad ampia valenza ecologica. Il costo energetico dell'osmoregolazione è ripagato da un'ampia nicchia ecologica a disposizione, da un surplus di risorse trofiche poco sfruttate, da scarse necessità competitive e da un basso rischio di predazione. Data la scarsa specializzazione alimentare, la resistenza fisiologica allo stress può essere considerata come un modo per avere a disposizione un "habitat rifugio" (Herbst, 2001). Gli invertebrati marini sono omoconformisti, ovvero regolano la composizione ionica dei liquidi organici intracellulari in relazione alla concentrazione salina del mezzo acquatico. Gli osmoconformisti eurialini tendono ad avere una concentrazione dei soluti intracellulari isosmotica con i liquidi extracellulari. In alcuni casi sfuggono allo stress osmotico tramite strategie etologiche.

La maggior parte delle specie che svolgono il loro ciclo vitale nelle saline hanno stadi vitali resistenti o comportamenti atti a sfuggire a condizioni estreme. Per esempio, *Artemia* può dare origine a delle cisti e rimanere dormiente anche per diversi anni mentre sia alcuni Policheti sia

alcuni Molluschi possono rifugiarsi scavando in profondità nel sedimento e rimanendovi quiescenti (Britton & Johnson, 1987).

Ai fini della conservazione della natura, le saline, ambienti seminaturali, rappresentano degli ecosistemi costieri estremamente fragili in quanto il loro equilibrio ecologico è strettamente legato all'attività umana.

I bacini delle saline a dispetto dell'elevata salinità delle acque possono ospitare comunità animali e vegetali diversificate. La biodiversità di queste aree umide artificiali rappresenta un'importante testimonianza della positiva interazione tra uomo e natura che nel corso del tempo ha prodotto un ecosistema con caratteristiche chimico-fisiche e biologiche uniche. La loro conservazione è legata alla corretta conservazione e gestione dell'ambiente acquatico (Sadoul, 2002).

Gli impianti infatti, legati ad attività produttive tradizionali, spesso costruiti con materiali naturali e tecniche artigianali, sono sottoposti a repentini processi di degrado chimico-fisico. Inoltre la circolazione delle acque è regolata secondo i cicli stagionali (Davis, 2006).

La dismissione degli impianti e l'abbandono di tali attività rendono le acque dei bacini, già fortemente sottoposte alla fluttuazione delle condizioni atmosferiche, minacciate dai processi di prosciugamento e di interrimento (Bouzillé et al., 2001). In altri casi l'assenza di una corretta gestione del flusso idrico può provocare la scomparsa del gradiente salino delle vasche, elemento caratterizzante sia l'ambiente acquatico sia quello terrestre.

Nel caso delle saline quindi una gestione che preveda esclusivamente interventi di mitigazione non è sufficiente a garantire il mantenimento della flora e della fauna. Seppure questi interventi rappresentino il primo passo per la conservazione della natura, nel caso degli ambienti umidi artificiali possono essere poco efficaci. Di fondamentale importanza è quindi la conoscenza del funzionamento di questi ecosistemi acquatici e l'individuazione di corretti indicatori di qualità ambientale.

E' inoltre necessario condurre appropriate attività di monitoraggio, che acquistano un ruolo importante proprio nel valutare gli effetti delle strategie operative, non più finalizzate alla produzione.

In tal senso la gestione delle saline di Tarquinia e il mantenimento quindi del suo valore naturalistico è legato ad una gestione attiva che garantisca la conservazione di alcuni parametri fondamentali. Tra questi assumono un ruolo fondamentale quelli legati alla qualità delle acque, al mantenimento del giusto livello delle acque nelle vasche, particolarmente quelle a salinità minore, alla conservazione della vegetazione e delle comunità animali presenti nell'ambiente acquatico (Allavena & Zapparoli, 1992).

1.5 L'importanza delle saline mediterranee per l'avifauna e l'ecologia degli uccelli nelle saline

In questa introduzione verrà effettuato un quadro delle conoscenze relative all'importanza delle saline mediterranee non solo da un punto di vista economico e produttivo ma anche e soprattutto da un punto di vista ecologico, come complessi semiartificiali che hanno una notevole valenza come ecosistemi, soprattutto per gli uccelli. Le fonti generali dalle quali sono state tratte le notizie sono soprattutto Britton & Johnson (1987) e Walmsley (1991, 1993 e 1994). Nel bacino del Mediterraneo si verificano le condizioni ideali per la produzione del sale, una delle più antiche attività industriali note all'uomo. Nelle regioni aride il fabbisogno di sale delle popolazioni locali è soddisfatto dalla produzione dei grandi laghi salati naturali e delle piccole saline artigianali, che nelle regioni temperate sono state unificate per formare vasti complessi di sistemi lagunari artificiali a gestione intensiva, alcuni dei quali arrivano a produrre fino a un milione di tonnellate di sale per anno; gli studi effettuati in questi ecosistemi semiartificiali hanno dimostrato che le saline mediterranee sono aree di importanza internazionale per la conservazione di piante e uccelli, oltre a ricche comunità di invertebrati e vertebrati; per le loro particolari caratteristiche le saline rappresentano anche siti di vitale importanza per il rifugio e il riposo di molte migliaia di uccelli marini che migrano tra i territori di nidificazione nella regione paleartica e i quartieri invernali in Africa (Walmsley, 1994). Le Saline del Mediterraneo possono essere divise nelle seguenti categorie:

- 1 Laghi salati di origine naturale (Sebkas, Chotts, ecc...);
- 2 Saline artigianali;
- 3 Saline improduttive abbandonate;
- 4 Saline produttive industriali.

I laghi salati di origine naturali si trovano alle estreme latitudini meridionali dei paesi del Nord Africa, in regioni aride e semidesertiche. L'estrazione del sale è trascurabile e il prodotto grezzo viene consumato localmente, venduto nei mercati o scambiato con generi alimentari da Beduini e cammellieri. Uno dei più grandi laghi salati, il Chott-El-Djerid in Tunisia, è largo circa 70 km e lungo circa 120. Le saline artigianali, come quelle di Tarquinia, risalgono a molti secoli fa, in epoca pre-romana; i metodi artigianali di estrazione del sale variavano a seconda del tipo di ambiente: sulle spiagge venivano scavate piccole saline poco profonde, riempite con acqua di mare e lasciate evaporare naturalmente ("solar salt works"). In alcuni casi – come a Tarquinia – venivano probabilmente sfruttate zone umide naturali preesistenti. Le saline artigianali erano spesso piccole imprese di non più di qualche ettaro, di proprietà privata o comune. Le saline improduttive e abbandonate sono in genere proprio quelle di dimensioni limitate e molte di esse erano anche antiche saline artigianali. La loro produzione di sale era o insufficiente o non conveniente, probabilmente a causa di fattori come la limitata estensione o la scarsa qualità delle acque. In tempi

recenti la rapida estensione dell'acquacoltura e i notevoli profitti che ne derivano hanno fatti sì che molte delle saline abbandonate vengano trasformate in laghetti artificiali per allevamento ittico. Anche per le Saline di Tarquinia è stata studiata la potenzialità per l'acquacoltura, arrivando alla conclusione che non fosse conveniente. Al contrario sono rimaste sul mercato e produttive le grandi saline di dimensioni industriali, tra le quali si possono ricordare le Salin-de-Giraud in Camargue (12.000 ettari) e le Salin d'Aigues-Mortes, sempre in Francia (11.000), che producono una media complessiva di 1,5-2 milioni di tonnellate di sale all'anno e fanno parte delle dieci saline più grandi del mondo. Sulle coste mediterranee della Francia vi sono 24 saline distribuite in 6 delle 8 regioni, delle quali dieci in attività con una superficie totale di 25.532 ettari (Walmsley, 1994). Di queste 10 saline 8 sono inserite nell'elenco delle IBA (*Important Bird Areas*), redatta dall'ICBP – oggi BirdLife International – e dall'IWRB (*International Waterfowl Research Bureau*). In Italia si possono ricordare le Saline di Margherita di Savoia, le più grandi in attività, le Saline di Cervia e le Saline di Cagliari – Quartu Sant'Elena.

Le saline hanno un importante ruolo ecologico, che varia secondo del tipo di stabilimento e della natura del sale richiesto e prodotto; sono composte da una serie di lagune e di canali poco profondi nei quali l'acqua salata viene fatta scorrere durante i mesi estivi; quando la salinità raggiunge il livello di saturazione (300 g/l) i cristalli di sale iniziano a depositarsi sul fondo di speciali bacini, dai quali in seguito vengono raccolti. Negli inverni piovosi i bacini prosciugati si trasformano in lagune salmastre ad acque basse e costituiscono siti di alimentazione molto favorevoli per uccelli svernanti come piovanelli e gambecchi (*Calidris spp.*), Avocetta (*Recurvirostra avosetta*), Volpoca (*Tadorna tadorna*), Fenicottero (*Phoenicopterus ruber*) e altre specie. Ogni salina possiede delle proprie caratteristiche fisiche: lagune ampie e piccoli bacini artificiali, ciascuno separato dagli altri per mezzo di argini artificiali con fianchi ripidi. Benché il livello idrico venga mantenuto costante, possono verificarsi dei notevoli movimenti di masse d'acqua a causa di forti venti. Ciò provoca un aumento di profondità delle zone sottovento delle lagune e una diminuzione delle parti sopravvento, con conseguente emersione di larghe aree del fondo. Queste secche temporanee rivestono un ruolo importante nel determinare la distribuzione della fauna bentonica e la sua disponibilità per gli uccelli acquatici. Anche le temperature delle acque sono variabili e possono oscillare tra i -10° C in inverno e i 33° C in estate (Walmsley, 1994). Su gran parte degli argini e degli isolotti si trovano specie di flora alofile come *Salicornia ssp.*, *Sueda fruticosa*, *Obione portulacoides* e altre. Per molti uccelli queste piante rappresentano un sito di nidificazione importante. Altre specie preferiscono nidificare tra erbe basse (Graminacee) o altre alofite che crescono sulle creste degli argini. Alcuni isolotti utilizzati in passato per la nidificazione (in Camargue) sono stati abbandonati perché ricoperti da cespugli di arbusti come *Phillyrea angustifolia* o *Juniperus phoenicea* ed altre

(Walmsley, 1994). La vegetazione acquatica è dominata da *Ruppia maritima* e *Ruppia cirrhosa* nei bacini permanentemente allagati, mentre in quelli ad acque più basse e salate sono caratteristiche le alghe filamentose del genere *Enteromorpha*. Le comunità di invertebrati sono particolarmente caratteristiche delle saline: nelle Salin-de-Giraud sono stati rilevati 25 taxa; il numero di specie rilevato diminuiva con l'aumento della salinità e la maggioranza delle specie erano presenti in acque con la salinità compresa tra 40 e 150 g/l. A tassi di salinità superiori a 300 g/l rimane una sola specie, *Artemia salina* (Britton & Johnson, 1987). Oltre a rappresentare una risorsa alimentare essenziale per la maggioranza degli uccelli acquatici la *Artemia* è utilizzata come indicatore biologico della ricchezza specifica delle saline mediterranee.

La composizione delle comunità ornitiche delle saline mediterranee è molto specializzata: sono presenti principalmente Laridi, Steroidi, Limicoli e alcune specie appartenenti a Anatidi, Ardeidi e Fenicotteri e Spatole. Nelle saline mediterranee nidificano specie rare e minacciate come Gabbiano Corallino (*Larus melanocephalus*), Gabbiano corso (*Larus audouinii*), Gabbiano roseo (*Larus genei*), Sterna zampenere (*Gelochelidon nilotica*), Fraticello (*Sterna albifrons*), Fenicottero e altre specie. Particolarmente importante per garantire la nidificazione è la presenza di isolotti naturali o artificiali (Walmsley, 1994), che sono sempre più rari nelle saline in attività in quanto si è affermata la tendenza ad utilizzare la massima superficie di acqua disponibile in ogni bacino. La distribuzione di questi siti di nidificazione originari ha comportato il trasferimento di quasi tutti i nidificanti in ambienti meno idonei come gli argini che contornano le vasche delle lagune. Queste colonie infatti sono soggette a tutti i tipi di disturbo da parte di uomini e macchine, oltre che alla predazione da parte di fauna terrestre selvatica (volpi) e domestica o feroce (gatti, cani). In Tabella 1_1 sono indicate la composizione specifica delle comunità ornitiche nidificanti nelle saline del Mediterraneo e le loro preferenze per i siti riproduttivi. Nelle saline sono principalmente due le aree utilizzate per la nidificazione: le isole in mezzo alle vasche, quando presenti, o gli argini tra le vasche stesse, se le isole non sono presenti o in alternativa ad esse, come surrogato. Le isole sono maggiormente utilizzate in quanto sono più sicure per gli uccelli che nidificano a terra, come quasi la totalità delle specie che nidificano in salina, perché più difficili da raggiungere da parte dei predatori terrestri, in particolare cani, gatti e ratti (ampiamente presenti anche alle Saline di Tarquinia). Le Saline in Italia rappresentano un habitat di particolare importanza per una serie di specie minacciate di uccelli. Una indagine nazionale sul Cavaliere d'Italia (*Himantopus himantopus*) ha dimostrato che le Saline rappresentano l'area di nidificazione di una percentuale tra il 19,8% e il 35,1% del totale di coppie nidificanti della popolazione nazionale (Tinarelli, 1990).

Tabella 1_1. Composizione specifica e preferenze ambientali per il sito di nidificazione delle comunità ornitiche nidificanti nelle saline mediterranee (da Walmsley, 1994)

	Siti di nidificazione			
	Spiagge	Isole	Argini	Alberi
Gabbiano reale <i>Larus cachinnans</i>		X	X	
Gabbiano comune <i>Larus ridibundus</i>		X	X	
Gabbiano corallino <i>Larus melanocephalus</i>		X	X	
Gabbiano roseo <i>Larus genei</i>		X	X	
Gabbiano corso <i>Larus audouinii</i>		X	X	
Sterna comune <i>Sterna hirundo</i>		X	X	
Sterna zampanere <i>Gelochelidon nilotica</i>		X	X	
Beccapesci <i>Sterna sandwichensis</i>		X	X	
Fratichello <i>Sterna albifrons</i>	X	X	X	
Beccaccia di mare <i>Haematopus ostralegus</i>	X	X	X	
Fratino <i>Charadrius alexandrinus</i>	X	X	X	
Corriere piccolo <i>Charadrius dubius</i>		X	X	
Totano moro <i>Tringa totanus</i>		X	X	
Avocetta <i>Recurvirostra avosetta</i>		X	X	
Cavaliere d'Italia <i>Himantopus himantopus</i>		X		
Occhione <i>Burhinus oedicephalus</i>		X	X	
Porciglione <i>Rallus aquaticus</i>		X		
Garzetta <i>Egretta garzetta</i>				X
Airone guardabuoi <i>Bubulcus ibis</i>				X
Airone cenerino <i>Ardea cinerea</i>				X
Fenicottero <i>Phoenicopiterus ruber</i>		X		
Volpoca <i>Tadorna tadorna</i>		X	X	
Germano reale <i>Anas platyrhynchos</i>		X	X	
Fistione turco <i>Netta rufina</i>		X		

Particolarmente rilevante per arrivare a precise indicazioni gestionali è comprendere in dettaglio l'ecologia delle specie di uccelli delle saline, ed in particolare l'utilizzo delle saline come area di reperimento di risorse alimentari per le diverse specie di uccelli. Ogni specie ha ovviamente le sue preferenze, ma possono essere identificati alcuni guilds di specie con preferenze comuni: i piscivori,

che si nutrono dei pesci presenti nelle saline, gli erbivori, che si nutrono soprattutto delle macrofite come *Ruppia* sp., i predatori specializzati di molluschi (beccaccia di mare, edredone), i predatori di microbenthos che catturano le prede attivamente come i limicoli, i predatori di benthos e plancton che filtrano l'acqua e il fango (Fenicottero), le specie che non utilizzano le saline come sito di alimentazione ma solo come sito di sosta (gabbiani).

In Tabella 1_2 è riportata una descrizione dello spettro alimentare delle diverse specie osservate presso le saline mediterranee, secondo quanto descritto da Britton e Johnson (1987) con alcuni adattamenti alle condizioni delle saline di Tarquinia. Le prede principali considerate sono i pesci, i Bivalvi come *Cardium* & *Abra*, i Gasteropodi come *Hydrobia*, i Policheti come *Nereis*, gli Oligocheti in genere, il granchio *Carcinus mediterraneus*, l'*Artemia* come adulti e come cisti (d'inverno), i Copepodi, gli Ostracodi, le larve e gli adulti di Chironomidi, le larve e gli adulti di *Ephydra* e *Thiunophilus* (in Camargue), i Coleotteri, i Cianobatteri e la *Ruppia*. Tra i piscivori più o meno esclusivi troviamo il Cormorano (*Phalacrocorax carbo*), la Garzetta (*Egretta garzetta*), l'Airone Cenerino (*Ardea cinerea*), l'Airone Bianco Maggiore (*Casmerodius albus*), lo Svasso maggiore (*Podiceps cristatus*), lo Svasso piccolo (*P. nigricollis*, che non disdegna l'*Artemia*), lo Smergo minore (*Mergus serrator*).

Il Fischione (*Anas Penelope*) si nutre esclusivamente di alghe del genere *Ruppia*, le altre anatre hanno uno spettro alimentare più vasto che include anche piccoli invertebrati e in alcuni casi, come gli smerghi sopra ricordati, i pesci o nel caso degli edredoni i molluschi.

I limicoli di dimensioni medio-piccole si nutrono soprattutto di larve di Chironomidi, *Artemia* e Policheti come *Nereis*. In tabella sono dettagliate le preferenze note per le varie specie. Alle Saline di Tarquinia, come vedremo, la specie maggiormente presente è il Piovanello pancianera che si nutre di larve ed adulti di Chironomidi, *Artemia*, Policheti come *Nereis* ed anche Ostracodi.

I limicoli più grandi come il Chiurlo (*Numenius arquata*) e le Pittime (*Limosa ssp.*) si nutrono soprattutto di Policheti e forse Gasteropodi e *Carcinus*.

I Gabbiani delle diverse specie hanno uno spettro alimentare ampio, dai pesci all'*Artemia*, ai Chironomidi, ecc.. E' noto che in particolare il Gabbiano reale e il Gabbiano comune si nutrono spesso anche di rifiuti e materiale organico in genere che trovano sulle spiagge. Le Sterne sono in genere strettamente piscivore, i Mignattini (che però in genere amano l'acqua dolce) hanno la capacità di nutrirsi anche di invertebrati.

Per molte specie non esistono studi dettagliati, ma notizie frammentarie, lacunose e casuali, solo per alcune sono disponibili in bibliografia studi specifici.

Tabella 1_2. Specie preda catturate dalle specie di uccelli presenti a Tarquinia.															
(x, preda regolarmente catturata; o, catturata occasionalmente)															
Da Britton & Johnson, 1987															
Specie	Pesci	Cardium & Abra	Hydrobia	Nereis	Oligochaeta	Carcinus	Artemia	Artemia (cisti)	Copepodi	Ostracodi	Chironomidae (larve)	Chironomidae (adulti)	Ephydra & Thinophilus (larve)	Ephydra & Thinophilus (adulti)	Coleoptera
<i>Podiceps cristatus</i>	x														
<i>P. nigricollis</i>	x						x				?				
<i>Phalacrocorax carbo</i>	x														
<i>Egretta garzetta</i>	x			o		o									
<i>Ardea cinerea</i>	x														
<i>Phoenicopiterus ruber</i>	o	O	x	o	x		x	x	x	x	x		x		O
<i>Tadorna tadorna</i>							x	x			O				X
<i>Anas Penelope</i>															x
<i>Mergus serrator</i>	x														
<i>Himantopus himantopus</i>							x				x		o		X
<i>Recurvirostra avosetta</i>				x			x				x		o		X
<i>Charadrius dubius</i>							?				x	?	?	?	?
<i>C. hiaticula</i>							?				x	?	?	?	?
<i>C. alexandrinus</i>							?				x	x	?	?	?
<i>Pluvialis squatarola</i>			?	x	?	?									
<i>Calidris canutus</i>				?			x				x	?	?		?
<i>C. alba</i>				?			x				x	?	?		?
<i>C. minuta</i>				x			x				x	x	o		O
<i>C. ferruginea</i>				x			?				x		x		X
<i>C. alpina</i>				x			x			o	x	o		x	
<i>Philomachus pugnax</i>				?			x				x		?		?
<i>Limosa lapponica</i>			?	?		?									
<i>Numenius arquata</i>				?		x									
<i>Tringa totanus</i>				?			x				x		x		?
<i>Actitis hypoleucos</i>							?				?		?		?
<i>Arenaria interpres</i>							?				?		?		?
<i>Larus minutus</i>							x				x		x		x
<i>L. ridibundus</i>	x						x				x	x	x	x	x
<i>L. genei</i>	x						x								x
<i>L. argentatus/cachinnans</i>	x	o				o									
<i>Sterna hirundo</i>	x														
<i>S. albifrons</i>	x														
<i>Chlidonias niger</i>	x						x					x			
<i>Motacilla flava</i>							?				?	x	?	?	
<i>M. alba</i>							?				?	x	?	?	

Gli studi ecologici sugli uccelli delle saline sono piuttosto limitati. La maggior parte dei lavori precedenti hanno descritto l'andamento degli uccelli nel corso dell'anno in base ai cicli della migrazione e dello svernamento, senza mettere in relazione la presenza degli uccelli con i parametri ambientali, o la struttura trofica locale (Castellanos et al., 2001; Danemann & Carmona, 2000; Carmona & Danemann, 1998, Saline di Guerrero Negro, Messico; Casini et al. 1992, Saline di Cervia). In pochissimi lavori sono indicate prescrizioni gestionali per le saline in favore dell'avifauna e degli altri elementi ecosistemici (Walmsley, 1994), e in nessuno tra quelli analizzati le prescrizioni gestionali derivano direttamente dall'analisi ecologica.

Gli studi pionieristici di Britton e Jonhson (1987) sull'ecologia e sugli uccelli delle saline mediterranee hanno sottolineato le complesse relazioni tra variabili fisico-chimiche, varibili di comunità (struttura trofica), relazioni interspecifiche (predazione-preda) e diversità ed abbondanza delle specie di uccelli acquatici presenti nelle saline. In generale, nelle saline esiste un forte gradiente dovuto principalmente alla salinità, che varia nel caso di studio citato – la Salina di Giraud, di ben 11.200 ha, in Camargue – da 37 g/l a 320 g/l, secondo un ben definito *pattern* spaziale. Altri possibili fattori, come il disturbo venatorio, o la disponibilità di risorse alimentari artificiali, che sono risultati importanti per specie come la folaga *Fulica atra* in altre tipologie di zone umide (Martinez-Abraín et al., 2007) non sono stati considerati nel presente studio in quanto assenti. Dopo avere accuratamente descritto il sistema fisico delle saline e il processo di formazione dei sali di interesse commerciale attraverso la progressiva evaporazione nei bacini salanti, Britton e Johnson descrivono ed elencano le diverse specie di flora e di fauna tipiche delle saline. La vegetazione acquatica emergente è completamente assente dalle saline. *Artrocnum glaucum* è presente sulle isole e sulle linee di costa di molte delle lagune a salinità minore, ma non sopravvive a lunghe esposizioni a acqua ipersalina. La vegetazione superiore sommersa è assente dalle lagune ove la salinità eccede i 64 g/l. A basse salinità ci sono estesi letti di *Ruppia cirrhosa*, insieme a *Althenia filiformis* e la Charofita *Laprothamnium papulosum*. La massima biomassa di *Ruppia* è nell'ordine di 85-150 g/m² di peso a secco. La Chloroficea *Chaetomorpha linum* è presente insieme con *Ruppia* come specie algale sommersa, e forma associazioni caratteristiche. Le Chloroficee più abbondanti sono i generi *Cladophora* e *Enteromorpha*, che si trovano a salinità superiori 70 g/l, come crescite sommerse sparse in inverno, ma raggiungono la massima biomassa in estate, quando formano estese mat galleggianti che occupano vaste aree della salina. Anche caratteristici sono i mat di Cianobatteri, che si trovano in tutte le lagune dove la salinità sale e si ha la precipitazione di gesso (150 g/l). La composizione specifica e la struttura di questi mat cambia con la salinità e il regime delle acque: nelle salinità più basse (oltre i 55 g/l) sono ristretti nelle aree dove la salina si asciuga frequentemente a causa del vento. La distribuzione è determinata dal pascolo del

Gasteropode *Hydrobia acuta*, che li elimina nelle aree permanentemente inondate, ma non è in grado di sopravvivere nelle aree frequentemente essiccate. Le Diatomee sono una presenza importante nella biomassa algale bentonica, ma non si trovano nelle aree dove la salinità eccede i 130 g/l. I mat di Cianobatteri hanno il massimo sviluppo nelle salinità tra 55 e 15° g/l. *Microcoleus chthonoplastes* è la specie principale. La biomassa dei mat di Cianobatteri è simile a quella registrata in altri ambienti in sistemi ipersalini, ma la produttività è più bassa: il totale di concentrazione di Clorofilla-a sono nell'ordine di 4000-6000 mg/m², ma solo 100-1200 mg/m² di questa è attiva, indicando una importante accumulazione di prodotti di degradazione. La produzione massima, misurata con il metodo del C¹⁴, è 136 g C /m²/anno. Nelle lagune a salinità minore su substrati sabbiosi e nelle lagune con una crosta di gesso la biomassa e la produzione sono inferiori, la produzione nell'ordine di 60-90 g C /m²/anno. Comparati con questi valori, la biomassa e la produzione di fitoplancton sono un centinatio di volte inferiori, e la salina può essere considerata come un sistema oligotrofico in termini di fitoplancton. Una produzione e biomassa più alti sono presenti nelle salinità superiori a 180 g/l, dove le densità dell'*Artemia* sono basse. In queste lagune l'acqua può essere colorata di rosa dalla Chloroficea unicellulare *Dunaliella salina* (registrata anche presso le Saline di Tarquinia, vedi Iberite, 1992), e dal batterio autotrofo *Halobacterium*. Le massime concentrazioni di Clorofilla-a in queste lagune possono raggiungere 50 mg/m², e la produzione giornaliera è nel range di 25-100 mg C /m²/giorno. Valori molto inferiori sono raggiunti nelle lagune a salinità moderata dove *Artemia* è abbondante, e nelle aree a salinità bassa dove *Artemia* è assente. In queste aree l'acqua normalmente rimane pulita, ma la ridistribuzione autunnale delle acque ad alta salinità può causare bloom algali temporanei nelle lagune che vengono utilizzate come riserve in inverno.

Britton e Johnson (1987) descrivono inoltre in grande dettaglio la fauna degli invertebrati, con uno studio qualitativo effettuato in due inverni (di cui uno a clima piovoso e uno arido) e in una estate. Gli Autori hanno riconosciuto nella fauna estiva 25 taxa di invertebrati, ma nessuna specie è risultata essere presente nell'intero range di variabilità di salinità presente. Come atteso, si è osservato una riduzione del numero di specie al crescere della salinità, e molte poche specie sono risultate essere confinate alle salinità maggiori. Anche nelle prime lagune a salinità simile a quella marina la fauna è differente in modo consistente da quella del mare, ed è risultata essere composta da un numero ristretto di specie di estuario eurialine (ad esempio *Nereis diversicolor*, *Cardium glaucum*, *Abra ovata*, *Hydrobia acuta* e *Carcinus mediterraneus*). In queste lagune sono probabilmente fattori diversi dalla salinità a comportare questa riduzione della diversità specifica (idea del "confinamento" per spiegare questo impoverimento). Il numero delle specie registrate non decrementa linearmente al crescere della salinità, ma ha tre diversi *pattern* (Tabella ___): il primo tra

40 e 70 g/l, con un decremento deciso della diversità, il secondo fino a 150 g/l, nel quale rimane sostanzialmente costante la diversità; il terzo fino a 300 g/l, dove ancora diminuisce la diversità, fino al massimo di circa 300 g/l dove solo una specie, *Artemia*, rimane. Il gruppo di invertebrati che scompare prima dei 70 g/l include i Molluschi e i Decapodi, che hanno scheletri o conchiglie carbonatici. Le specie che non superano salinità di 150 g/l includono *Halocladius* e *Cletocamptus*, che si nutrono di mat di cianobatteri, e il predatore *Berosus*. La assenza di queste specie può essere correlata con la scomparsa della loro fonte di cibo. Le tre specie che si trovano alle salinità più elevate (*Artemia*, *Thinophilus* e *Ephydra*) sono assenti o irregolari alle salinità inferiori a 70 g/l. Altri fattori, oltre alla salinità, possono determinare la presenza o l'assenza di determinate specie. *Abra ovata* e *Chironomus salinarius* sono entrambi assenti nei bacini nei quali nei mesi invernali non c'è l'acqua. Entrambe le specie abitano la melma molle anaerobica, che è assente da questo tipo di vasche. Alcune specie, in particolare quelle che mancano di uno stadio resistente al disseccamento (Anellidi e Molluschi) sono, comunque, più abbondanti nelle vasche permanentemente inondate.

La principale differenza in composizione tra la fauna estiva e quella invernale è la quasi completa scomparsa di *Artemia*, che sverna sottoforma di cisti resistenti. Le altre specie sono in grado di sopravvivere in inverno in stati attivi. *Crangon* non è stato invece registrato in nessuno dei rilievi invernali (le ragioni possono essere diverse). I Coleotteri sono tutti meno abbondanti in inverno piuttosto che in estate, e *Anacaena* non è stato rilevato.

Un fattore che è risultato importante è il regime di piovosità: in un inverno che segue un autunno arido sono state registrate un numero inferiore di specie che in estate. Tra la salinità estiva e salinità invernale in questo caso non è stata registrata alcuna correlazione ($r=0,23$; $p>0,05$).

Nell'inverno che segue un autunno eccezionalmente piovoso il numero di specie registrate in inverno è superiore a quello registrato in estate, inclusa la presenza di *Artemia*. Le salinità dell'estate precedente e quella invernale in questo caso sono risultate essere significativamente correlate ($r=0,58$; $P<0,001$). Nessuna delle lagune inondate stagionalmente in questo caso si è asciugato completamente prima del rilevamento, e la superficie d'acqua è stata significativamente superiore a quella dell'inverno precedente. Contrariamente all'anno arido, in questo caso la ricchezza specifica delle singole lagune è risultata essere correlata con la salinità al momento del rilevamento ($r=-0,60$; $P<0,001$).

Nello stesso studio (Britton e Johnson, 1987) è stato effettuato uno studio quantitativo per alcune specie particolarmente importanti come prede per gli uccelli acquatici, in particolare *Artemia* e *Hydrobia*. Una terza specie valutata, *Halocladius*, non è stata studiata in quanto nel corso dello studio è stato registrato un declino sostanziale della sua abbondanza in tutta la salina studiata.

Inoltre è stato effettuato uno studio rapido preliminare quantitativo per la fauna dei macro-invertebrati su tutta la salina. Molte delle specie che sono presenti alle salinità inferiori, hanno una densità significativamente più alta nelle vasche permanentemente inondate. L'unica eccezione è *Nereis diversicolor*, che è risultata egualmente abbondante nei due tipi di lagune. La distribuzione quantitativa dei predatori *Berosus spinosus*, *Potamonectes cerisyi* e *Thinophilus achilleus* sono correlate con quelle delle specie preda principale, *Halocladus*. Esse sono comunque più abbondanti nelle lagune con i mat di Cianobatteri, ma *Potamonectes* e *Thinophilus* anche si estendono nelle salinità più alte con predazione di *Artemia*. *Artemia* e *Ephydra* raggiungono le massime densità a salinità superiori a 10 g/l, in lagune con crosta di gesso superficiale, ma declinano alle salinità maggiori con una salinità vicina alla saturazione con NaCl. Questa distribuzione è probabilmente correlata con l'assenza di predatori alle salinità più elevate. Le densità di macroinvertebrati in genere in questa area sono più basse di quelle di altri sistemi salini studiati.

Presso le Salin de Giraud gli uccelli sono stati studiati per oltre quarant'anni, sia con monitoraggi generali che con studi su specifiche specie. Su circa 337 specie osservate in Camargue, due terzi sono state viste presso le saline. Due specie (*Larus genei* e *Phoenicopterus*) nidificano esclusivamente nelle saline, e dipendono fortemente da questo habitat per l'alimentazione. Per *Recurvirostra* e *Tadorna* la salina è anche la principale area di alimentazione, anche se esse si nutrono anche nelle zone umide salmastre limitrofe, specialmente d'inverno. Per altre specie le saline sono uno dei numerosi habitat di alimentazione: *Larus ridibundus* e *Larus argentatus* (*cachinnans*) nidificano nelle saline e si alimentano all'esterno nelle zone umide di acqua dolce, negli habitat agricoli, immondezze, ecc... Alcune poche specie nidificano nella salina ma non si alimentano al suo interno: *Stena sandvicensis* e *Gelochelidon*, nonché *Larus melanocephalus* che si nutre in molti habitat, ma non nelle saline. Molti migratori a lungo raggio che usano la zona come punto di sosta (*Calidris ferruginea*, *C. canutus*, *C. alba*, *Arenaria*) si alimentano quasi esclusivamente nelle saline, ma gli svernanti e i migratori a breve raggio (*Tringa totanus*, *C. alpina*, *Charadrius alexandrinus* e *Actitis*) tendono ad utilizzare uno spettro più ampio di habitat. Molte specie migratrici preferiscono le zone umide di acqua dolce, mentre altre (*Limosa limosa* e *Tringa erythropus*) evitano completamente le saline. Gli Anatidae, con l'eccezione di *Tadorna tadorna* e di *Anas penelope*, utilizzano le saline solo come sito di sosta e si alimentano all'esterno. Lo spettro alimentare osservato in Camargue e in letteratura per le principali specie osservate è riportato in Tabella 1_2. Le prede principali per i limicoli sono *Artemia* (anche le cisti in alcuni casi) e i Chironomidi (in particolare le larve). Per Tarquinia non sono disponibili dati specifici in merito, ma è rilevante che siano la più ampia laguna in zona e quindi non ci siano alternative prossime.

Nelle Salin de Giraud sono stati identificati, come in precedenza ricordato, quattro diversi settori con classi di salinità differenti: lagune con salinità inferiore a 60 g/l, con mat cianobatterici e con *Halocladus* (un Dittero) come specie preda più abbondante. Le lagune con alta salinità hanno una crosta gessosa e *Artemia* è la sola preda abbondante, e nelle aree a salinità altissima è la sola specie, con basse densità. Le specie di uccelli in generale evitano le aree a salinità molto alta, sia in estate che in inverno, ma ci sono chiare differenze nella distribuzione in riferimento alla salinità nelle restanti classi di salinità. Tre specie presenti in Camargue (Beccaccia di Mare - *Haematopus ostralegus*, Pittima reale - *Limosa limosa* e Pivieressa - *Pluvialis squatarola*) sono limitate alle aree di bassa salinità. Anche il Chiurlo - *Numenius arquata* è probabilmente legato alle aree di minore salinità, ma è stato eliminato dalle analisi per la Camargue in quanto frequenta prevalentemente habitat terrestri. Queste specie sono principalmente specialisti per alcune prede: *Cardium* per la Beccaccia di mare, e *Nereis* e *Carcinus* (giovani) per le altre specie. *Philomachus* è anche legato alle basse salinità in estate, e frequenta le zone umide di acqua dolce preferibilmente. La maggior parte dei limicoli sono presenti in modo prevalente nelle zone a salinità intermedia, ma si spingono anche nelle zone a salinità più elevata. Queste sono principalmente specie che foraggiano a vista: *Charadrius ssp.*, *Calidris ssp.*, *Actitis* e *Himantopus*), che prendono una elevata varietà di specie preda. In salina si nutrono principalmente di larve di *Halocladus* e dei suoi predatori coleotteri, che raggiungono le densità maggiori nelle lagune a salinità moderata. *Tadorna*, *Phoenicopterus* e *Recurvirostra* mostrano la maggiore ampiezza di tolleranza alla salinità in estate, e sono le sole specie che penetrano nelle aree di salinità molto elevata in numeri apprezzabili. Questa osservazione è valida anche per le Saline di Tarquinia. Tutte sono specie filtratrici che prendono una grande varietà di prede, inclusa *Artemia*. *Calidris canutus* e *Calidris alba* sono presenti in Camargue soprattutto durante il passaggio migratorio in primavera, sembrano preferire le salinità più elevate. Presumibilmente queste specie seguono le alte densità di *Artemia* in questa stagione. Con l'eccezione del Combattente (*Philomachus*), tutte le specie dimostrano uno spostamento in salinità verso le salinità più basse in inverno, e molte specie mostrano una contrazione in ampiezza. Questi cambiamenti sono chiaramente correlati con la scomparsa di *Artemia* in inverno, che portano ad evitare le lagune più salate, che non hanno risorse alimentari per gli uccelli. Questo cambiamento è particolarmente chiaro per il Fenicottero, che in estate frequenta tutti i tipi di lagune, mentre è confinato nelle lagune permanentemente inondate a bassa salinità d'inverno. *Tadorna* invece espande considerevolmente il range in inverno, quando la sua dieta include le cisti di *Artemia* nelle aree ad alta salinità, e Cyanobacteria nelle lagune a bassa salinità. Negli ultimi anni una serie di studi articolati sugli uccelli sono stati realizzati in Spagna nelle Saline di Odiel, ed hanno interessato le variazioni stagionali nella dieta della Pettegola *Tringa totanus*

(Sanchez et al., 2005), le fluttuazioni spaziali e temporali nella presenza e nell'uso dei Chironomidi come prede da parte dei limicoli (Sanchez et al., 2006) e il ruolo della predazione dei limicoli nel determinare abbondanza e distribuzione dimensionale dei chironomidi bentonici (Sanchez et al. 2006). La dieta della Pettegola – un limicolo di medie dimensioni – è interessante in quanto permette di capire il ruolo degli uccelli di questo genere nelle saline come consumatori-predatori nelle catene alimentari. Questo genere di studi hanno riguardato in genere i paesi e gli habitat del nord Europa, mentre sono molto poco frequenti per gli ambienti mediterranei. La Pettegola in primavera si nutre, secondo questo studio effettuato attraverso l'analisi dei resti dei pellets della frazione indigerita del cibo, principalmente di pupe del chironomide *C. salinarius* (74% dei pellets). Le altre prede compaiono in meno del 50% dei pellets, in ordine di frequenza decrescente: il coleottero *Ochthebius corrugatus*, cisti di *Artemia*, larve dello stesso *C. salinarius*, Coleoptera non identificati e materiale di piante verdi. Nei pellets raccolti d'inverno gli Isopodi sono la preda più frequentemente presente (67% dei pellets), seguiti da Coleotteri non identificati, policheti e materiali di piante verdi. In autunno, i policheti sono i più frequenti (84% dei pellets), seguiti dai molluschi. Confrontando i risultati ottenuti con un altro metodo (analisi delle feci) è possibile pesare la diversa conservabilità dei resti nei pellets e nelle feci. In questo modo le prede con il maggiore rank di importanza nella dieta sono in quest'ordine: policheti, cisti di *Artemia* partenogenetica, *Ochthebius notabilis*, Molluschi non identificati (conchiglie) e quindi a seguire altri tra cui *Chironomus salinarius* - pupe (8 nel rank) – larve (10 nel rank), pesci (9 nel rank), Isopodi (11.5 nel rank). In tutto sono stati riconosciuti 46 diversi taxa nei pellets e solo 38 nelle feci. Interessante che in un altro studio sulla stessa specie in inverno (Baia di Cadice), sempre attraverso pellets, è stata trovata la dominanza di Diptera, Coleoptera e il gasteropode *Hydrobia ulvae* (Perez-Hurtado et al., 1997). Secondo Sánchez et al. la differenza con i loro dati è causata da una diversa gestione delle saline, in particolare il mantenimento nella Baia di Cadice dell'acqua a livello molto basso, permettendo ai limicoli di alimentarsi con efficienza sui chironomidi ed altre prede nei bacini inverno per la Pettegola, forzandola ad alimentarsi sui banchi di bassa marea sugli Isopodi e i Policheti.

Lo stesso gruppo di ricerca ha messo in relazione la variazione stagionale nella abbondanza e distribuzione di uccelli di ripa e delle larve del chironomide *Chironomus salinarius* in saline tradizionali ed industriali nella stessa zona di Odiel (Sánchez et al., 2006). La densità delle larve in media era di $7023 \pm 392 \text{ m}^{-2}$ ($\pm \text{SE}$) su sei campionamenti. Gli uccelli limicoli erano più abbondanti a marea alta che a marea bassa, e specialmente abbondanti durante i periodi di migrazione primaverile e autunnale quando sono stati contati fino a 20.775 uccelli, con un totale di 24 specie registrate, sei presenti in numeri di importanza internazionale. La percentuale di uccelli che si

alimentavano nei bacini delle saline era positivamente correlata con l'abbondanza delle larve di chironomidi a profondità accessibili ($rs=0.88$, $p=0.033$, $n=6$). Il numero di uccelli in alimentazione era anche fortemente correlato al numero di larve di chironomidi disponibili ($rs=0.66$, $p=0.019$, $n=12$). Nonostante la gestione più intensiva, le saline industriali supportavano densità più elevate di uccelli e densità paragonabili di chironomidi se confrontate con le saline tradizionali. La densità di larve di chironomidi segue un andamento annuale, con massimo in maggio e novembre e minimi in gennaio e settembre. Le pupe hanno massimi in marzo e luglio e minimi in gennaio, maggio e settembre. Le salinità misurate variano da 30 g/l a 160 g/l.

Pochi sono anche i lavori che riguardano il ruolo ecologico degli uccelli nelle saline in senso generale. Un recente studio sul sistema delle saline commerciali abbandonate nella baia di San Francisco ha messo in relazione la qualità delle acque, la concentrazione di nutrienti, la produzione primaria, lo zooplancton, i macroinvertebrati, pesci e gli uccelli attraverso un gradiente di salinità per esaminare il carattere ecologico e la struttura trofica delle saline e per determinare la relazione tra salinità e struttura della comunità (Takekawa et al., 2006). Lo studio è fortemente finalizzato in senso gestionale, in quanto gran parte dell'area è stata acquisita da agenzie di conservazione per gestirle in senso naturalistico, con l'idea di ripristinare habitat naturali su gran parte delle migliaia di ettari interessati, mentre gli autori del *Geological Survey* che lo hanno realizzato hanno perplessità in merito visto l'attuale valore ornitologico del sito.

Gli uccelli studiati sono stati separati in differenti guild in base alle tecniche di foraggiamento: *sweepers* (ottengono prede dalla superficie, es. Avocetta americana); *shallow probers* (foraggiano nello strato più superficiale del sedimento <3cm, es. corrieri e piovanelli); *deep probers* (foraggiano nel sedimento oltre lo strato suddetto, ad esempio grandi limicoli); *dabblers* (foraggiano nella colonna d'acqua, nello strato alto es. Codone); *diving benthivores* (si alimentano nelle acque più profonde sugli invertebrati bentonici, come le anatre tuffatrici); *piscivori* (consumatori di pesci, es. pellicano americano); e altri onnivori e specie incidentali, includendo i gabbiani). Lo studio considera le stagioni in base ai movimenti migratori degli uccelli: inverno (dic-feb); primavera (mar-mag); estate (giu-ago); e autunno (sett-nov).

Gli andamenti di salinità e temperatura nelle saline della Baia di San Francisco seguono in tutti i bacini un andamento fortemente stagionalizzato, come anche nelle saline di Tarquinia, con massimi estivi (luglio-agosto) e minimi invernali (gen-feb). Al contrario, anche qui come nelle Saline di Tarquinia, ossigeno disciolto e torbidità hanno minimi estivi e massimi invernali. La concentrazione di nutrienti varia tra bacini e tra stagioni. La clorofilla *a* ha valori variabili nell'anno, con massimi eccezionali in inverno (nov-dic). La biomassa raggiunge i massimi in primavera, tra marzo e giugno con momenti di picco variabile e livelli differenziati tra i diversi bacini. Per gli uccelli nel

caso riportato di San Francisco, la diversità media varia significativamente tra bacini ($F=4.84$, $P=0.0011$), con 65 specie presenti in tutti i bacini, di vari guild alimentari tra quelli sopra citati; i *diving benthivores* sono stati la maggioranza degli uccelli in tutti i bacini, seguiti dai *shallow probers*. La relazione tra variazione trofica e gradiente di salinità segue una equazione quadratica, con la concentrazione più bassa a salinità media ($r^2=0.4201$, $p=0.0499$). La relazione tra salinità e zooplancton in questo caso è stata inversa, con le concentrazioni più alte di zooplancton a salinità medie ($r^2=0.3662$, $p=0.0002$). Un test di correlazione tra biomassa degli invertebrati e salinità mostra che la salinità spiega il 16.8% della variazione in biomassa ($p=0.0176$) e il 27.8% della variazione nella diversità di invertebrati ($p=0.0008$). La biomassa dei pesci decresce con la salinità ma la relazione tra diversità e salinità non è significativa. Per gli uccelli, infine, la densità e diversità seguono equazioni quadratiche con i livelli più alti a salinità medie. Per tutti i gruppi la composizione specifica varia con il gradiente di salinità, che nelle aree iperaline permette la presenza solo di specie estremamente specializzate.

Altri lavori che riguardano i temi considerati, anche se spesso non riguardo alle saline ma alle lagune costiere salmastre in genere sono Ausden et al., 2001, Smart et al., 2006, Goss-Custard et al., 2003, Lourenço et al., 2005, Goss-Custard et al., 2006 e Dierscke e Barlein, 2004.

1.6 La gestione delle zone umide e delle saline per l'avifauna

Un'analisi della successione che si presenta nella colonizzazione di un'area palustre d'acqua dolce, poco profonda, che tende rapidamente, in assenza di fattori limitanti, ad essere colonizzata da specie vegetali molto dinamiche ed invadenti, è riportata in Paradisi et al., 2004. Seguendo la serie ecologica di uno stagno di neoformazione si possono distinguere ad esempio: un primo stadio con acque libere e abbondante presenza di vegetazione sommersa (ad esempio a Characee e/o varie specie di fanerogame acquatiche). In tale fase abbondano le specie che si nutrono di tale vegetazione, come non pochi anatidi, tra i quali, in condizioni di acque limpide può essere presente la rara moretta tabaccata (*Aythya nyroca*), ovvero numerosi limicoli caradriformi, come piro-piro culbianco (*Tringa ochropus*), che sono attratti dalla frequente occasione di preda rappresentata da una elevatissima densità di invertebrati acquatici di dimensioni appropriate. Quando questi ultimi sono rappresentati da specie non troppo piccole (come avviene nel caso di predatori che si diffondono in una fase di allagamento non troppo precoce) il sito può divenire particolarmente attrattivo per rare specie quali spatola (*Platalea leucorodia*) o mignattaio (*Plegadis falcinellus*).

La seconda fase è quella del prevalente “canneto”, a seguito dell'invasione di macrofite emergenti (in genere Ciperacee e Graminacee) non più limitate ai bordi dell'invaso. L'effetto ombreggiante determinato dalla fitta coltre vegetale limita fortemente lo sviluppo della vegetazione sommersa e quello delle numerose popolazioni ad invertebrati acquatici di cui si è detto. Ciò ha effetto negativo

su molti uccelli limicoli (tra i quali una specie emblematica potrebbe essere rappresentata da *Himantopus himantopus*, il cavaliere d'Italia che privilegia specchi d'acqua eutrofici molto aperti), ma è da ritenersi comunque interessante per la presenza, peraltro meno appariscente, di specie rilevanti come tarabuso (*Botaurus stellaris*), tarabusino (*Ixobrychus minutus*), airone rosso (*Ardea purpurea*), sgarza ciuffetto (*Ardeola ralloides*), falco di palude (*Circus aeruginosus*) e numerose altre. La sub-fase di canneto “denso e maturo”, nel quale l'acqua libera si riduce ulteriormente, può favorire alcuni rallidi e passeriformi tipici di tali formazioni, ma è anche in genere contrassegnata dall'ingresso di cespugli e delle prime piante arboree che preludono alla affermazione dapprima di zone cespugliari (lo “scrub” degli autori di lingua inglese); successivamente a un vero e proprio bosco igrofilo. La fase a cespugli e boscaglia non può essere considerata, di norma, di speciale interesse se estesa a vaste superfici, non ospitando specie di particolare rilevanza. Va tuttavia fatta eccezione per i rari casi in cui tali formazioni possono essere eventualmente utilizzate da specie coloniali come alcuni aldeidi (*Egretta garzetta* e *Nycticorax nycticorax*, nonché a volte *Ardeola ralloides*) quale sito di riproduzione. Va altresì sottolineato che nel corso della transizione tra canneto e bosco non di rado prendono il sopravvento specie vegetali infestanti ed alloctone come è ad esempio il caso dell'ormai diffusissima *Amorpha fruticosa* o falso indaco, estremamente difficile da eradicare. Quando la coltre boscosa sarà tuttavia bene affermata il sito tornerà a rivestire progressivamente sempre maggiore interesse per la presenza di specie legate ad habitat forestali: vale a dire diversi dalle zone umide obiettivo della tutela. Tale circostanza, accanto ai tempi assai lunghi necessari per la maturazione di un bosco ben strutturato, suggerisce pertanto di dirigere gli interventi di restauro o ripristino (nel caso, trattandosi di habitat che per natura evolvono in tempi diversi in diversi siti, la distinzione tra i due termini appare spesso accademica ed irrilevante) prioritariamente, in termini di superfici utilizzate, nella direzione delle due prime fasi descritte, vale a dire delle aree palustri aperte e di canneto. La presenza di vaste superfici sottoposte al regime di allagamento temporaneo, limitando la componente ittica e consentendo la mineralizzazione della sostanza organica, incrementerà la produttività biologica del sito riducendo il rischio di crisi come ad esempio le infestazioni botuliniche. Va infatti ricordato che alle nostre latitudini il rischio di morie estive a carico di uccelli acquatici di dimensioni medie o piccole per effetto di intossicazione da *Clostridium botulinum* (che determina appunto il cosiddetto “botulismo aviario”) è alquanto elevato. Non potendo confidare in un equilibrio complessivo e duraturo su vaste superfici, diviene inevitabile avviare forme di gestione mirata che possono – a determinate condizioni - offrire numerosi vantaggi. All'interno dell'area sperimentale dell'Isola della Cona (Riserva Naturale Foce Isonzo - Gorizia) sono state testate varie soluzioni interessanti. Il controllo delle macrofite emergenti viene ad esempio realizzato attraverso l'azione di almeno tre specie erbivore di maggiore

impatto: cavalli, buoi ed oche (*Anser anser*). Un gruppo di circa 20 cavalli si muove su una superficie complessiva (suddivisa in sottozone recintate) di circa 100 ha, mentre una consistenza variabile tra 20 e 30 bovini circa è presente dalla primavera all'autunno, vale a dire in corrispondenza del periodo di maggiore dinamismo vegetazionale.

Lo stormo reintrodotta di oche ammonta per ora ad oltre 100 esemplari (in fase di incremento) che si aggiungono ad un analogo ed anche più consistente stormo già da tempo reinsediato in alcune altre riserve naturali regionali del Friuli Venezia Giulia (Valle Cavanata, Valle Canalnovo, Foci dello Stella). I risultati di tale gestione sono attualmente oggetto di analisi ma alcuni dati parziali indicano chiaramente come molto promettenti le esperienze sinora condotte in quanto agendo sulle specie erbivore ed in particolare sul numero di individui presenti (nonché, nel caso dei soli mammiferi, sulla loro dislocazione) è possibile mantenere le varie zone umide in una fase ecologica permanentemente precoce, tale da impedire o limitare sensibilmente la temuta fase di incespugliamento e rimboschimento spontaneo nelle zone indesiderate. I risultati di questa originale forma di gestione, solo apparentemente complessa e che peraltro si limita a riproporre un assetto ecologico pristino, appaiono estremamente interessanti, consentendo il mantenimento su piccole superfici ed a lungo termine (nonché almeno potenzialmente a costi prossimi allo zero: il cosiddetto "armchair management") di ecosistemi, habitat e di conseguenza specie per loro natura scarsamente prevedibili nella loro dislocazione territoriale.

Gli interventi possibili di gestione delle saline per l'avifauna descritti in letteratura sono principalmente di tre tipologie:

- a) gestione finalizzata a migliorare la disponibilità e la sicurezza dei siti di nidificazione (sagome artificiali, isole artificiali, ecc...);
- b) gestione finalizzata a migliorare l'habitat in quanto a disponibilità alimentare (gestione del livello delle acque);
- c) gestione finalizzata a diminuire il livello di disturbo degli animali presenti (inclusi gli interventi finalizzati a fornire strutture di osservazione; controllo dei predatori; gestione in generale della presenza umana nelle vasche-lagune).

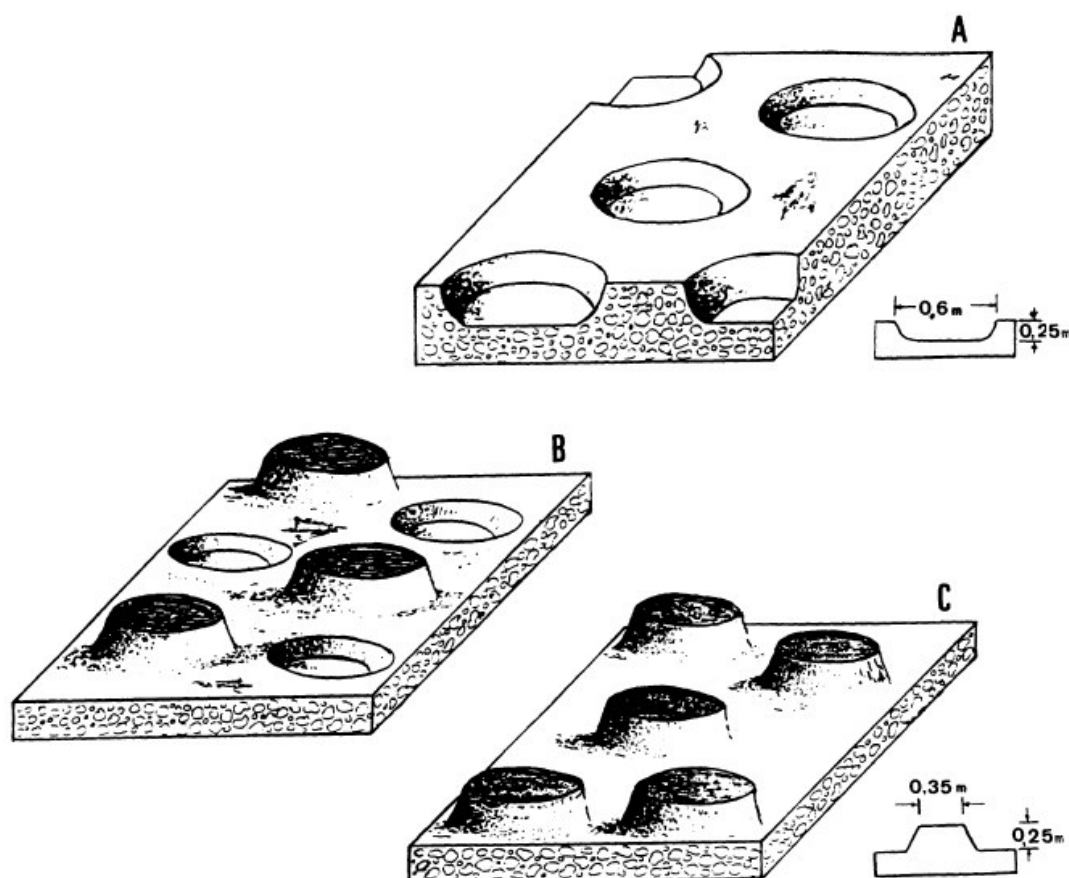
A. I siti di nidificazione

Isole artificiali

Tra gli interventi più famosi del primo tipo possiamo ricordare la gestione dei siti di nidificazione del Fenicottero in Camargue a partire dagli anni '50, iniziati dal Dr. Luc Hoffmann, Presidente della Fondazione *Tour du Valat* (il più importante centro di ricerca sulle zone umide mediterranee attualmente esistente). A partire dal 1969, dopo otto anni di mancata nidificazione, il Fenicottero

riprese con una colonia di 6.000 uccelli, su isola naturale, poi sostituita nel 1970 con un'isola artificiale costruita con fondi del WWF, in una zona di 20-30 cm di profondità scelta ad hoc, con una parte emersa di 40 cm circa, progettata per ospitare fino a 10.000 nidi, con una superficie di 6.200 mq (0,62 ha), poi effettivamente occupata dai Fenicotteri e per molti anni, e gestita ad hoc per la specie. In 18 anni l'isola ha ospitato 120.000 coppie con l'involto di circa 60.000 piccoli (Johnson in Walmsley, 1994). Sono state sviluppate tecniche per la realizzazione di nidi artificiali come richiami per attrarre i fenicotteri a nidificare (Fig. 1_1 da Rendon Martos e Johnson, 1996).

Fig. 1_1. Sagome di nido artificiale per Fenicottero, per attrarre la nidificazione. Nel caso A si usano depressioni, nel caso B il materiale preso dalle depressioni viene usato per creare coni, nel terzo si creano coni in terra.



Alcune indicazioni gestionali generali vengono suggerite dal più volte citato lavoro di Walmsley, 1994, e riguardano sostanzialmente le modalità operative ed organizzative della gestione:

- tecnici delle saline e tecnici ambientali dovrebbero incontrarsi annualmente per discutere insieme tutti i problemi legati alla produzione del sale e alla gestione delle risorse naturali;
- quando sorgono conflitti questi dovrebbero essere risolti in seguito a discussioni bilaterali;
- i lavori di manutenzione in salina dovrebbero essere sempre sottoposti all'esame dei tecnici ambientali, ogni anno e prima dell'inizio della produzione di sale;

- il momento opportuno per i lavori di manutenzione dovrebbe essere programmato da entrambe le parti al fine di evitare conflitti e danni alle colonie nidificanti;
- la rete viaria per i veicoli e i macchinari pesanti che circolano in salina andrebbe ridisegnata con lo specifico intento di evitare disturbo, distruzione di nidi e uova, mortalità dei pulcini e inquinamento del sale;
- il controllo delle specie più problematiche (Gabbiano reale) andrebbe attuato con la piena collaborazione dei produttori;
- seguendo il consiglio dei tecnici ambientali nei siti adatti si dovrebbero costruire e gestire isolotti artificiali per mantenere la diversità degli habitat di nidificazione, favorire la riproduzione ed evitare sovraffollamento nelle aree più critiche.

Come detto uno dei principali interventi gestionali che va previsto in una salina per favorire gli uccelli è la realizzazione di isolotti artificiali idonei per la nidificazione, per i quali vanno previsti anche gli idonei interventi di manutenzione. I siti possono essere ipotizzati come segue:

- isole specifiche per favorire la nidificazione del Fenicottero (posa di “finti nidi” in fango);
- isole per sterne, gabbiani e limicoli, che nidificano in genere in grandi colonie miste.

Descriviamo i siti per le isole artificiali, come vanno progettati secondo Walmsley (1994):

- a) vanno identificati ad una distanza dalle rive tale da evitare disturbo umano e predazione da parte degli animali (circa 100 metri);
- b) le rive dovrebbero degradare dolcemente per evitare l’impatto delle onde e l’erosione;
- c) l’altezza massima degli isolotti dovrebbe essere di circa 40-60 centimetri;
- d) va garantita la posa di grossi massi tutto intorno all’isola (per prevenire l’erosione);
- e) l’isola va realizzata con il fango del fondo della laguna, per evitare la colonizzazione da parte della vegetazione;
- f) nelle prime fasi della costruzione possono comunque essere utilizzati altri materiali come pietre e mattoni di risulta, ciottoli di fiume, sabbia e ghiaia; una volta che l’isolotto è prossimo al completamento, la superficie deve essere resa tale da attrarre gli uccelli (Figura 1_2a); si possono provare diverse superfici, per esempio il nudo fango risulta in genere meno gradito rispetto ai ciottoli misti a sabbia; se sul luogo sono disponibili conchiglie, se ne possono disporre un bel po’ sul terreno;
- g) le dimensioni degli isolotti dipenderanno da quelle delle lagune, oltre che dalla popolazione nidificante che dovranno ospitare;
- h) è possibile utilizzare diverse forme e tipologie di isola (vedi Figura 1_2b).

In bibliografia esistono poche fonti che dettagliano indicazioni tecniche per realizzare questo genere di strutture; in genere si procede per tentativi ed esperienze e quindi servono molti anni per definire con varie prove quali sono le indicazioni più adeguate alla specifica situazione e alle specie target.

Sagome per attrarre uccelli nidificanti

Un altro modo efficace per gestire le colonie di uccelli nidificanti in salina (o per attrarre specie che ancora non nidificano) è quello dell'utilizzo di sagome di uccelli artificiali posti sulle isole o sugli argini nei quali si desidera avere gli animali in nidificazione.

In Camargue sono state sperimentate sagome (*silhouettes*) realizzate con i nuovi materiali utilizzati per isolare i tetti, prodotti in fogli di varie dimensioni e spessore. Si può utilizzare un pezzo di 1m x 0,50cm x 3-4 cm, che può essere agevolmente maneggiato e modellato.

Il risultato sarà una *silhouette* di uccello piuttosto che una forma piena: la forma realizzata dovrà simulare un uccello in cova (il collo infossato), e non un uccello in postura di allarme (testa e collo tesi verso l'alto). Il becco va preparato a parte in legno, e incollato dopo averlo dipinto; le dimensioni del modello varieranno secondo la specie, e comunque in genere parecchio più grandi delle dimensioni reali. Per il Gabbiano comune si utilizzano modelli di 27 cm di lunghezza e 13,5 di altezza, capo compreso; per la Sterna comune 24x13 cm. I richiami vanno dipinti, con colori perfettamente identici a quelli reali: il capo nero per la Sterna comune, marrone scuro per il Gabbiano comune, in grigio la zona delle ali e del groppone, con strisce nere per le penne delle ali.

Attenzione va anche posta al colore del becco, e alla dislocazione degli animali artificiali nei potenziali siti riproduttivi, ricordando ad esempio che nelle colonie di uccelli marini che nidificano a terra, la maggior parte degli individui normalmente si dispone controvento; vanno quindi posizionati solo dopo aver individuato il vento dominante nel luogo prescelto, ed infilzando il modello con uno spillone fissandolo al suolo in forma eretta (Figura 1_3). Vanno inoltre disposti alla reale distanza di beccata tra individui all'interno delle colonie.

Al di là dell'effettiva nidificazione, il successo dei modelli si può misurare anche in base agli attacchi degli altri "con specifici" veri. Oltre che per le specie citate, i richiami possono essere sperimentati anche con le Avocette, come è stato fatto in Camargue (Walmsley, 1994).

Figura 1_2a Fasi della creazione di isole artificiali per nidificazione degli uccelli (Walmsley, 1994).

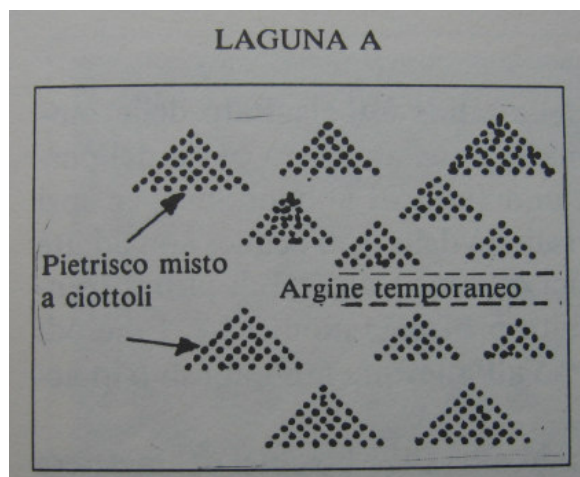


Figura 1_2b. Varie tipologie di isole artificiali per nidificazione degli uccelli (Walmsley, 1994).

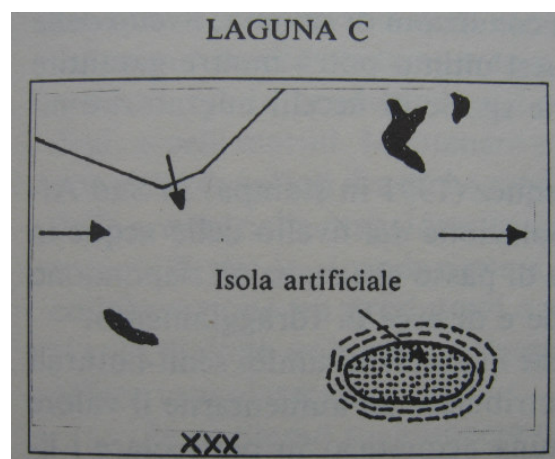
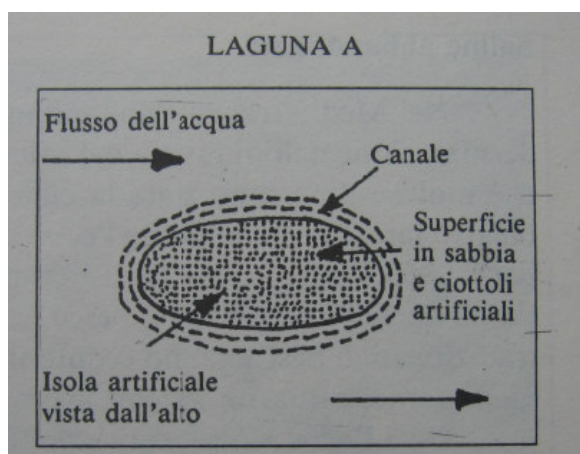
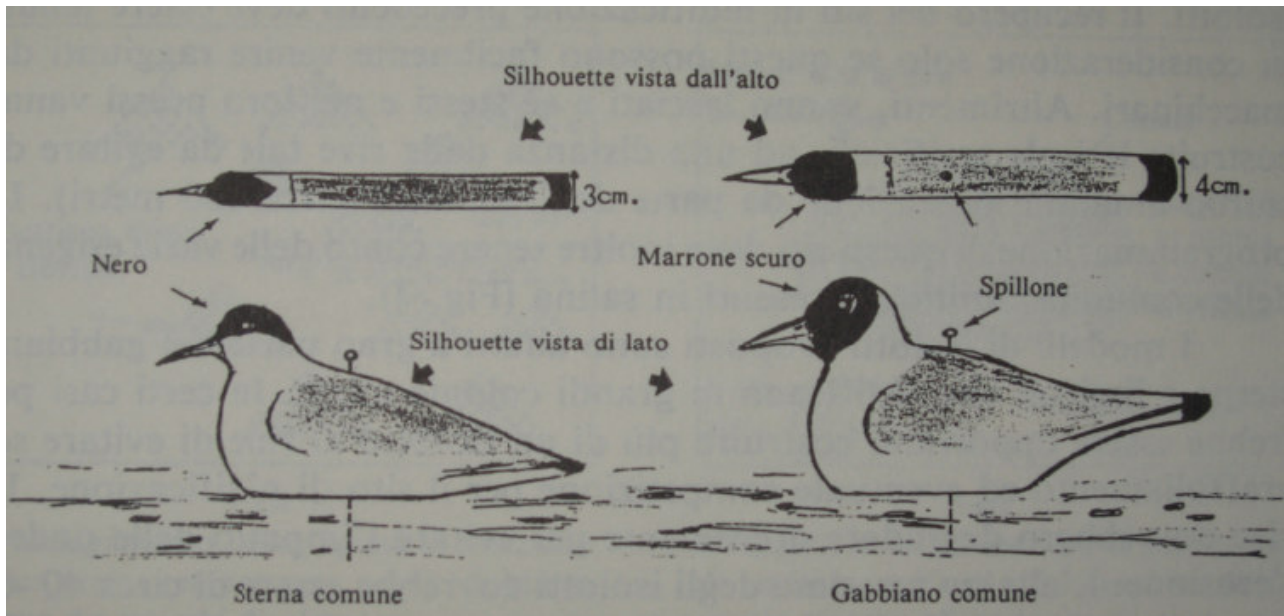


Figura 1_3. Due diversi tipi di richiami artificiali utilizzati per indurre sterne e gabbiani a nidificare (sagome). Da Walmsley, 1994.



B. Livello delle acque

Per le saline abbandonate, in generale, il problema è quello della finalità di gestione del sito: molte sono state trasformate in bacini per l'acquacoltura, in generale non adatti ad ospitare popolazioni di uccelli. Per la gestione delle saline abbandonate a fini naturalistici, oltre alle indicazioni sopra riportate, dal punto di vista ambientale è importante garantire acqua in quantità costante, buona qualità e giusta circolazione, oltre che una idonea manutenzione di canali ed argini. La gestione dovrà essere indirizzata ad assicurare condizioni favorevoli alla produzione di fauna bentonica attraverso la gestione della salinità, livello delle acque, ecc..., favorendo anche gli uccelli migratori (Walmsley, 1994). Per quanto riguarda la manipolazione delle acque uno studio di Velasquez (1992) in Sud Africa ha dimostrato che i limicoli, sia di passo sia stanziali, rispondono ad una aumentata disponibilità di prede ed aree di foraggiamento.

C. Il disturbo (in particolare da specie problematiche)

Esistono tre fattori che hanno una diretta influenza sulla distribuzione delle specie coloniali nidificanti nelle saline: la competizione per il sito di nidificazione, il disturbo e la predazione. L'aumento esponenziale del numero di coppie nidificanti di Gabbiano reale in tutto il Mediterraneo

negli ultimi 40 anni ha portato alla nidificazione e colonizzazione anche di numerosi isolotti sia in saline artigianali che in saline industriali (Walmsley, 1994). Lungo le coste mediterranee francesi alla metà degli anni '90 erano censite più di 30.000 coppie nidificanti. In Camargue il Gabbiano reale in passato è stato responsabile del totale fallimento di una nidificazione di Fenicottero (negli anni '50); in anni recenti si valuta che il Gabbiano corso, una rara specie minacciata a livello globale, possa avere diretto impatto dalla competizione con il Gabbiano reale per la nidificazione. Questa situazione, ed in particolare la predazione sulle uova di altri uccelli da parte dei gabbiani, si è talmente intensificata da rendere necessari interventi annuali di controllo numerico, forma di gestione attuata nelle "Salin d'Agues Mortes" (Gard) nel Sud della Francia, dietro una licenza speciale del Ministero dell'Ambiente di quel paese, in quanto, come in Italia, la specie è protetta. La diminuzione conseguente delle popolazioni nidificanti di Gabbiano reale ha determinato un aumento del successo riproduttivo anche per specie particolarmente rare e minacciate di Laridi e Limicoli nidificanti. In Camargue sono stati attivati anche interventi per scoraggiare l'uso degli argini dei bacini di raccolta delle saline come dormitori da parte del Gabbiano reale. Sono stati utilizzati allo scopo sintetizzatori emittenti richiami di allarme amplificati ad alta frequenza; in una salina (Salin-de-Giraud) dove era stato individuato un dormitorio con 28.000 gabbiani, di cui 10-15% immaturi, l'uso regolare dei sintetizzatori ha determinato lo spostamento degli uccelli verso altre lagune prosciugate d'inverno (Sadoul in Walmsley, 1994). Anche il Gabbiano comune ha mostrato un notevole incremento numerico nelle popolazioni mediterranee e dell'Europa occidentale: nelle Salin d'Agues Mortes si è passati da 500 coppie nidificanti nel 1978 a quasi 5.000 nel 1991 (Walmsley, 1994). In inverno migliaia di Gabbiani comuni vengono in particolare attratti dalle discariche di rifiuti dove trovano abbondanti risorse alimentari e ogni sera questi uccelli ritornano in grandi stormi ai dormitori delle saline; anche qui vengono utilizzati sintetizzatori ad alta frequenza per scoraggiare la presenza di questa specie. Questi interventi vengono svolti con specifiche autorizzazioni e sotto stretto controllo scientifico. Un problema che si pone nelle saline in corso di funzionamento sono i conflitti tra salinari (produzione del sale) e nidificazione degli uccelli. In Camargue (Salin-de-Giraud) sono particolarmente problematiche quelle colonie di sterne e gabbiani che nidificano sugli argini delle vasche soprassalanti: gli uccelli sono accusati dai gestori delle saline di sporcare le vasche – e il sale – con le feci e con gli individui che muoiono e cadendo nelle vasche provocano inquinamento, fenomeno particolarmente frequente con i giovani non volanti che cadendo nelle vasche iperaline, muoiono. Questo problema è stato affrontato e risolto con delle reti che impedivano la caduta degli uccelli nelle vasche. Un altro problema sono il passaggio sugli argini e i lavori su di essi, che nel periodo primaverile in passato hanno causato la morte di molti uccelli ed anche la scomparsa di intere colonie. Interventi di delocalizzazione delle

colonie tramite sagome per attrarre gli uccelli vengono discussi nel paragrafo successivo. Un altro problema registrato in Camargue – dove esistono le principali saline mediterranee, come ricordato – è il disturbo continuo ai Limicoli e alle Anatre durante l’inverno a causa della caccia (Walmsley, 1994).

2.0 AREA DI STUDIO

2.1 *Le Saline di Tarquinia: storia*

Le Saline di Tarquinia hanno rappresentato, fino a pochi anni fa (fine anni '90), l'ultima ed unica testimonianza, lungo la costa Tirrenica, dell'antica arte di produzione del sale, mediante precipitazione in bacini salanti. Il sito venne frequentato dall'uomo fin dall'età Villanoviana per lo sfruttamento del sale marino, ma fu solo nel 1831 che ebbe inizio la produzione. L'estrazione del sale è andata riducendosi negli ultimi 20 anni fino a cessare completamente nel luglio 1997. Non più redditizia sotto l'aspetto economico, tale attività è stata abbandonata a Tarquinia, così come in altre saline di proprietà dei Monopoli di Stato, determinando un generale degrado sia delle aree interessate a vasche che delle strutture produttive in genere. Con la dismissione dell'attività di estrazione del sale, il sito è caduto in uno stato di abbandono e conseguente degrado, tale da compromettere sia la stabilità strutturale degli opifici, che la funzionalità ecologica dell'intero complesso lagunare.

Le Saline hanno oggi una valenza esclusivamente naturalistica, essendovi stata istituita, con decreto dell'ex Ministero dell'Agricoltura, sin dal 1980, una riserva di ripopolamento faunistico. Se ne riconosce, in sostanza, la valenza di zona umida vocata al mantenimento della biodiversità animale, ed in particolar modo ornitica, solitamente riconosciuta alle lagune costiere di origine naturale.

La Salina di Tarquinia è infatti stata sottoposta a vincolo di tutela ambientale a partire dal 1980 con l'istituzione della Riserva Naturale di Popolamento Animale “Saline di Tarquinia” (D.M. 25/01/1980 del Ministero dell'Agricoltura); inoltre è stata designata come SIC (Sito di Importanza Comunitaria-IT6010025) e ZPS (Zona a Protezione Speciale-IT6010026) in base alla Direttiva Habitat e alla Direttiva Uccelli. La sorveglianza ai fini della tutela dell'avifauna e degli habitat è affidata al Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, in base a quanto stabilito nel decreto istitutivo della riserva. L'impianto produttivo e il borgo ottocentesco limitrofo, di proprietà del Ministero delle Finanze, è in concessione d'uso al Comune di Tarquinia dal 2004.

La Salina è un'area di circa 170ha di forma triangolare ubicata ad Ovest del centro Urbano di Tarquinia, tra la foce del fiume Marta a Nord e la foce del fiume Mignone a Sud. La Salina è in comunicazione con il mare tramite la foce di ponente che permette l'ingresso dal mare e la foce di

levante, da dove viene fatta defluire l'acqua in eccesso. La superficie della Salina può essere suddivisa in due porzioni: nella parte più interna sono presenti gli ex uffici della amministrazione dei Monopoli di Stato, il Borgo Ottocentesco, i locali per la lavorazione del sale, per il ricovero macchinari e per le attività di sorveglianza del Corpo Forestale dello Stato. La parte esterna, che si estende lungo la linea di costa, è costituita da circa 100 ettari di vasche, 90 dedicati alla fase evaporante e circa 10 a quella salante, vale a dire l'area dove si realizza la cristallizzazione del cloruro di sodio (Falciano, 1998). La Salina pur essendo un ambiente antropizzato presenta quelle caratteristiche tipiche delle lagune retrodunali, se pure a biodiversità più ridotta, a causa delle diverse caratteristiche idrodinamiche, il confinamento generato dai bacini, che ostacolano l'ingresso e l'uscita di organismi acquatici e l'elevata salinità che non permette, se non in una porzione limitata del complesso a vasche, una biodiversità elevata.

Alla fine degli anni '80 fu decisa da parte del Ministero delle Finanze la dismissione di quelle saline che non presentavano più caratteri di redditività economica, tra cui quella di Tarquinia. Alla cessazione della attività economica è chiaramente succeduta la riduzione della manutenzione ordinaria e straordinaria, che impatta pesantemente sulla sostenibilità del sito. La "limitatezza" della gestione, derivante da uno scarso coordinamento tra le Amministrazioni competenti, che esercitano pratiche estemporanee e prive di riferimento ad un quadro coordinato, hanno contribuito ad aggravare il degrado attraverso una disarticolata programmazione delle loro attività, sia di sorveglianza dei manufatti e delle infrastrutture presenti, sia del flusso idrico, la cui gestione contrasta tra l'esigenza di non produrre sale, mantenere una elevata omeostasi del comparto idrico e non alterare eccessivamente le caratteristiche ecologiche delle vasche venutesi a determinare nel corso degli anni di estrazione.

A distanza di quindici anni dall'evento alluvionale che ha determinato la rimodulazione della attività di produzione del sale, fino alla sua definitiva cessazione avvenuta nel 1997, sono necessarie una riqualificazione e valorizzazione delle ex-Saline di Tarquinia, al fine di non perdere il patrimonio storico e naturalistico che la sapiente mano dell'uomo ha plasmato nel corso dei decenni (Martino e Venzi, 2003). Negli ultimi 20 anni la Comunità Europea ha adottato una vasta gamma di atti legislativi volti a proteggere, ripristinare e garantire un costante miglioramento degli habitat costieri. Fra questi figurano importanti interventi a favore delle zone umide, previsti in particolare dalla direttiva del Consiglio sulla conservazione degli Uccelli selvatici (79/409/CEE) e da quella più recente sulla conservazione degli habitat naturali, della flora e della fauna selvatiche (92/43/CEE). Tale direttiva indica le lagune e gli stagni temporanei mediterranei tra le aree prioritarie di intervento a scopo conservativo. Ai sensi delle precedenti direttive la Salina di Tarquinia è stata dichiarata sia zona di protezione speciale sia sito di importanza comunitaria,

facente parte della rete ecologica Natura 2000. Negli ultimi anni, il Comune di Tarquinia con il supporto tecnico-scientifico dell'Università degli Studi della Tuscia si è attivato per la realizzazione di diversi progetti tesi al recupero della biodiversità dell'area umida delle saline ed alla valorizzazione della Riserva e del Borgo ottocentesco ad essa annesso. Nel 2002 è stato finanziato dalla UE il Progetto Life – Natura “Recupero ambientale della Riserva Naturale delle Saline di Tarquinia” finalizzato alla conservazione della zona umida costiera tramite interventi di risanamento ambientale.

Nell'ambito del Quinto programma d'azione, intitolato “per uno sviluppo durevole e sostenibile”, sono nati infatti diversi strumenti finanziari a favore del ripristino delle zone umide e della loro biodiversità, tra cui LIFE Natura, che ha provveduto al finanziamento, nel periodo 2003-2006, di un progetto di recupero ecologico delle Saline di Tarquinia. Con tale strumento si è previsto il recupero strutturale dell'area dalle condizioni di degrado idraulico ambientale originatosi a seguito di un evento alluvionale e della dismissione dell'attività produttiva. Il progetto è stato promosso dal Comune di Tarquinia, con la consulenza scientifica dell'Università della Tuscia, ed è stato orientato al recupero dell'area a vasche dell'intero comprensorio, al fine di ripristinare quella funzionalità di laguna retrodunale che la Salina, se pur indirettamente, ha rivestito nel passato. Il progetto, approvato dalla UE (LIFE 02/NAT/IT/008523), ha previsto interventi per oltre 1.000.000 di euro, orientati alla riduzione delle principali minacce che sul sito ricadono. In particolar modo si è voluto ridurre: la sedimentazione nelle vasche e nei canali della riserva, il degrado delle chiuse, il disfacimento degli argini, il decadimento delle strutture della Foce di Levante e della Foce di Ponente, l'inefficienza delle idrovore e la perdita del valore naturalistico ed economico del sito. Gli interventi sono, quindi, stati finalizzati essenzialmente al ripristino del valore naturalistico del sito, nell'ambito più generale della conservazione delle lagune costiere europee e della creazione della rete ecologica Natura 2000, per l'incremento della biodiversità ornitica. Il progetto articolato in tre anni e mezzo prevedeva la rimozione del sedimento in eccesso da vasche e canali, il restauro degli argini in pietra e legno e delle chiuse, la sostituzione delle pompe idrovore e l'innalzamento della colonna d'acqua. Il progetto Life è entrato nella fase operativa a gennaio 2005 con l'inizio dei lavori di asporto del sedimento da una porzione dell'impianto, che comprende i bacini chiamati “Sterro” e “Piscine”. Il sedimento è stato successivamente tolto anche dai canali di collegamento con il mare e da un canale “di bilanciamento”, che si sviluppa parallelamente alla line di costa. Considerato che il Progetto Life-Natura prevede la ripresa della funzionalità dell'impianto attraverso interventi di recupero e restauro, esso rappresenta il punto di partenza per la realizzazione di qualsiasi altro progetto futuro. Nell'ambito dei finanziamenti LIFE, è stata inoltre prevista un'attività di monitoraggio chimico-fisico e biologico dell'ambiente acquatico al fine di valutare

l'efficacia delle azioni condotte. Tale azione ha previsto l'installazione di una centralina di rilevamento di dati atmosferici e chimico-fisici delle acque in una delle vasche interessate dal progetto Life. In questo ambito sono stati condotti studi sulla comunità bentonica, planctonica e dell'avifauna, tra cui il presente studio, che costituiscono la base conoscitiva per la valutazione dell'efficacia delle azioni di recupero ambientale nonché per la redazione del piano di gestione dell'area, e di cui si dirà meglio in un paragrafo successivo.

I risultati che si intendevano raggiungere, secondo quanto riportato nel progetto LIFE-Natura, miravano a:

- “ripristinare le Saline dal punto di vista idrologico attraverso l'asporto del sedimento in eccesso dai canali e dalle vasche, il restauro delle chiuse, degli argini, dei terrapieni, la sostituzione di due delle idrovore, nonché il riassetto e la messa a norma delle restanti tre ed il restauro dell'edificio che le ospita;
- fermare il processo di eutrofizzazione in corso e ricreare un habitat idoneo alla sosta degli uccelli, riattivando il corretto regime di circolazione delle acque;
- migliorare le capacità omeostatiche del comparto acquatico, riportando lo spessore della colonna d'acqua ai valori originali;
- aumentare l'area della zona umida a disposizione degli uccelli, eliminando il sedimento in eccesso dalle vasche interrate dall'alluvione;
- controllare l'efficacia degli interventi di risanamento e, successivamente, lo stato di conservazione dell'area, attivando una rete di monitoraggio delle acque, della flora e della fauna;
- creare le basi per una corretta amministrazione del sito attraverso l'elaborazione di un piano di gestione;
- sensibilizzare l'opinione pubblica sul valore naturalistico dell'area e informarla riguardo gli strumenti e gli interventi per la conservazione della natura messi in atto dalla UE, attraverso la divulgazione degli obiettivi del progetto, degli interventi e dei risultati conseguiti”. Detto progetto è stato concluso nel 2006.

Essendo le Saline un reperto archeologico-industriale con discrete potenzialità di sviluppo socio-economico e, soprattutto, trattandosi di un ex-insediamento umano, fino a pochi anni fa valorizzato dalla continua opera di sistemazione dell'uomo, si pensa di promuovere ora, parallelamente al progetto LIFE-Natura, la valorizzazione dell'area attraverso la programmazione multiuso delle risorse ambientali ivi presenti, secondo un approccio integrato di gestione della fascia costiera. Più in dettaglio, si cercherà di tenere in considerazione tutte le potenziali fonti di impatto, le misure per ridurle e le azioni in grado di promuovere sviluppo sociale, culturale ed economico, nonché di creare partecipazione concertata tra tutti i soggetti coinvolti, al fine di orientare una nuova politica

ambientale che influenzi e trasferisca, a scala più ampia (almeno a livello regionale), le tecniche adottate su scala locale. Si è deciso, pertanto, di proporre, di concerto tra l'amministrazione comunale di Tarquinia, l'Università della Tuscia la Regione Lazio ed il Corpo Forestale dello Stato, l'attuazione dell'integrazione della dimensione ambientale e dello sviluppo sostenibile nella pianificazione e valorizzazione della fascia costiera. In particolare si prevede di realizzare: la depurazione delle acque di scolo degli oltre 2000 ettari del bacino posto a monte la Salina, attraverso la realizzazione di una zona umida d'acqua dolce, all'interno della Salina, anche al fine di incrementare la biodiversità ornitica; il ripopolamento degli stock ittici di specie stanziali attraverso la messa in opera di un'avannotteria sperimentale; la costituzione di un centro di profilassi e di monitoraggio della diversità genetica delle popolazioni ittiche di maggior pregio commerciale; la realizzazione di percorsi didattico-naturalistici, di capanni per l'osservazione degli uccelli della riserva e di un centro per la divulgazione delle problematiche ambientali; la realizzazione di un laboratorio miniaturizzato per la produzione del sale; la difesa della duna costiera dall'effetto erosivo degli agenti meteo-marini ed eolici, mediante piantumazione di specie sia erbacee che arbustive. In una precedente tesi di dottorato (S. Martino, 2008) si è presentato un articolato quadro progettuale orientato alla fruizione strutturata e coesa dei valori ambientali che la Salina ed il litorale prospiciente sono in grado di offrire, alla luce delle peculiarità del sito, delle forme di degrado e di recupero ecologico previste dal progetto LIFE-Natura. Un'analisi globale dei costi e dei benefici generabili è fornita come contributo riassuntivo delle singole azioni proposte. Sono, oltre a ciò, presentate alcune idee per la gestione sostenibile dei progetti operativi che si prevede di completare in un tempo non superiore ai 3-4 anni dal momento di un potenziale avvio dei lavori, ed alcune idee di sviluppo relative al monitoraggio ed alla ricerca, rivolte ad una maggiore comprensione delle dinamiche degli ecosistemi costieri. Infine, si pone l'accento sulla dimensione innovativa e dimostrativa dell'intero intervento progettuale, soffermandosi sulla validità economica ed i riflessi occupazionali generabili.

2.2 Le Saline di Tarquinia: struttura

La Salina di Tarquinia è una zona umida di origine antropica realizzata a scopo produttivo, ma assimilabile ad una laguna salata retrodunale naturale dalla notevole valenza ambientale. Essa ha dato luogo alla formazione di un ecosistema di particolare importanza, soprattutto per gli spostamenti stagionali di moltissime specie dell'avifauna europea (Allavena, 1976), ha una superficie di 170 ha, ricade integralmente all'interno del territorio comunale di Tarquinia ed è posta ad Ovest del centro abitato, a circa 6,5 Km di distanza. Si presenta di forma triangolare con una elevazione mediamente inferiore di 1 metro rispetto al livello del mare.

La superficie della Salina può essere distinta in due sezioni. Nella prima, prospiciente alla spiaggia, sono collocate le vasche deputate alla produzione del sale, mentre nella seconda, quella retrostante, sono ubicati gli edifici, gli uffici delle amministrazioni, i locali per la lavorazione del sale ed infine un Borgo Ottocentesco, adibito, in passato, ad abitazioni di parte del personale impiegato in Salina. Le condizioni dell'habitat lagunare risultano essere critiche a causa del ridotto volume di acqua e dello scarso ricambio idrico. Come dimostrato da studi condotti sulla comunità bentonica delle vasche (Blasi, 1998), nella Salina è in atto un processo di eutrofizzazione che può produrre un ulteriore calo di biodiversità dell'intero sito, conseguente ad un arricchimento in sostanza organica. Tale situazione trae origine dalla riduzione del volume di acqua nelle vasche, dallo scarso ricambio idrico, dall'insufficiente diluizione dei cataboliti, dal ridotto apporto di ossigeno e dall'eccessiva sedimentazione.

Le Saline di Tarquinia sono un ecosistema umido di origine artificiale separato dal mare da uno cordone sabbioso di modeste dimensioni. Il territorio della riserva si sviluppa pressoché a livello del mare (tra i 2 e i 4 s.l.m.) ed è collocato poco più a Sud del centro di Marina di Tarquinia a valle di una vasta piana alluvionale delimitata a Nord - Ovest dalla foce del fiume Marta, a Sud - Est dalla foce del fiume Mignone ed a Nord - Est dalla zona collinare su cui si estende il comune di Tarquinia.

La Riserva Naturale si estende su un'area di circa 170 ha, dei quali circa il 70% sono occupati dai bacini dove avveniva la produzione del sale ed è quindi classificabile come area umida iperalina (circa 120 ha). Come in tutti gli impianti di estrazione del sale in area mediterranea, l'acqua viene fatta passare tra i vari bacini (distinti in evaporanti, servitrici, salanti) per facilitare la separazione dei soluti e dei composti in sospensione in acqua di mare, la precipitazione dei sali disciolti in acqua marina ed infine la cristallizzazione del cloruro di sodio. Trasferendo l'acqua nei vari gruppi di vasche, si passa da una salinità come quella del mare (35 ‰) fino al punto di precipitazione del NaCl (250 ‰).

Le saline di Tarquinia sono costituite da circa 50 bacini a pianta rettangolare delimitati da argini in pietra calcarea locale o legno di abete. Il flusso di acqua tra di essi è garantito tramite delle chiuse in legno e da una serie di canali, che circondano le vasche necessari alla trasferimento dell'acqua. Tutti i bacini sono di modesta profondità e vanno progressivamente riducendosi sia in superficie che in profondità, passando da quelle evaporanti a quelle di cristallizzazione. Le vasche sono suddivise in gruppi a secondo della loro funzione rispetto alla estrazione del sale e sono dette: di prima, seconda e terza evaporazione, servitrici e salanti. Le vasche di prima evaporazione, denominate "Sterro", "Piscine", "Riserva grande", "Vasca Passoni" e "Giochi di mare", sono di dimensioni e

numero maggiore delle altre. Qui vi avveniva l'iniziale concentrazione del cloruro di sodio, la precipitazione delle particelle in sospensione nell'acqua marina e dei sali meno solubili, tra cui CaCO_3 , CaSO_4 . In queste prime vasche la concentrazione salina delle acque può raggiungere il 90 ‰. Le vasche di seconda e terza evaporazione comprendono il gruppo di vasche denominato "Partite alte" e "Prima sezione". Queste sono necessarie per l'ulteriore aumento della concentrazione del cloruro di sodio fino ai valori di circa 160–170 ‰. Le vasche dette "Servitrici" o "Riserve" venivano utilizzate allo scopo di aumentare la densità dell'acqua (la salinità dell'acqua arrivava fino a 180-190 ‰) per poi trasferirla direttamente nei bacini salanti, dove avveniva la precipitazione e la raccolta del sale.

La concentrazione di cloruro di sodio nell'acqua dei bacini salanti era di circa 257-295 ‰. Da qui il sale veniva raccolto meccanicamente e trasferito allo stabilimento dove avvenivano le successive fasi di lavorazione. Nell'edificio denominato dei "Sali scelti", localizzato vicino alle vasche salanti, avveniva la filtrazione e la raffinazione del sale prima dell'impacchettamento.

L'acqua marina viene fatta entrare nell'impianto tramite una pompa idrovora che preleva l'acqua all'interno di un canale, detto Foce di ponente, da cui in passato l'acqua marina entrava per gravità secondo il ritmo delle maree. Il flusso dell'acqua procede per scorrimento naturale fino alle vasche adiacenti ad un canale detto Foce di Levante. Questo canale, utilizzato in passato per far uscire dall'impianto l'acqua di scarto del processo estrattivo, rappresenta il secondo punto di collegamento della salina col mare. In questa area è installata una seconda pompa idrovora necessaria per far superare all'acqua il dislivello altimetrico esistente tra due porzioni dell'impianto, quella a Nord della Foce di Levante e quella a Sud di essa. Altre due pompe idrovore si trovano in uno degli edifici annessi all'impianto e servono per il mantenimento del flusso di acqua nelle vasche dette "Partite Alte" e le altre aree dell'impianto. Il perimetro esterno della salina, rappresentato dai lati Nord ed Est, è percorso da un canale, detto circondario, necessario ad isolare l'area produttiva dalle immissioni di acqua dolce provenienti dai terreni agricoli circostanti. Le infiltrazioni di acqua marina invece sono evitate dalla presenza di un canale, detto di "bilanciamento". Durante il ciclo di raccolta, gli stessi operai si occupavano della manutenzione dell'impianto, che oltre a richiedere un'attenta pulizia delle vasche, necessita di continui interventi sui manufatti, che proprio perché costituiti da materiale naturale (legno o pietre) subiscono più facilmente le aggressioni degli agenti chimici, fisici o biologici.

Figura 2_1. Le Saline di Tarquinia (Cartografia IGM 1:25.000).

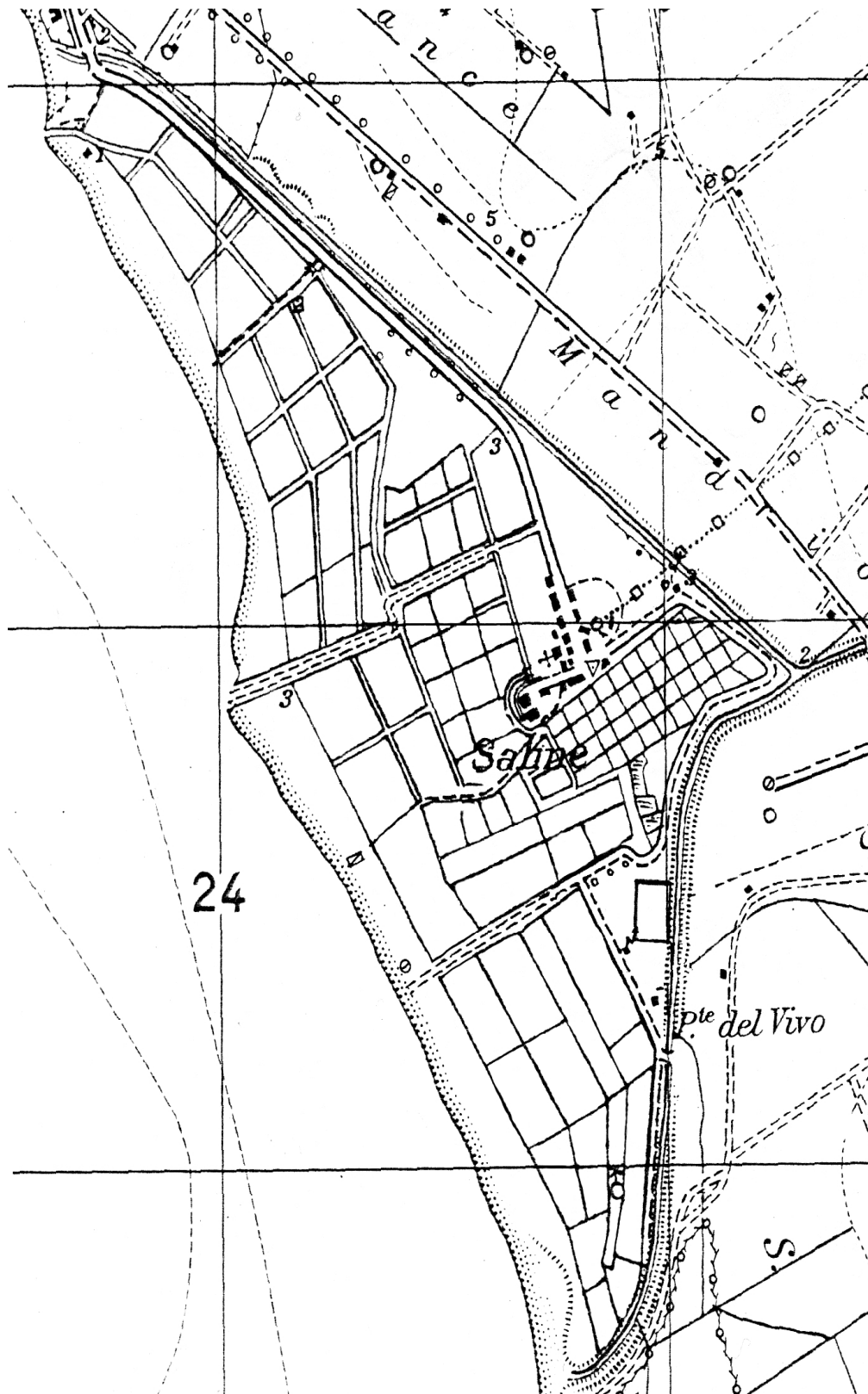


Figura 2_3. Zonizzazione delle Saline di Tarquinia utilizzata negli inverni 2006-7 e 2007-8.

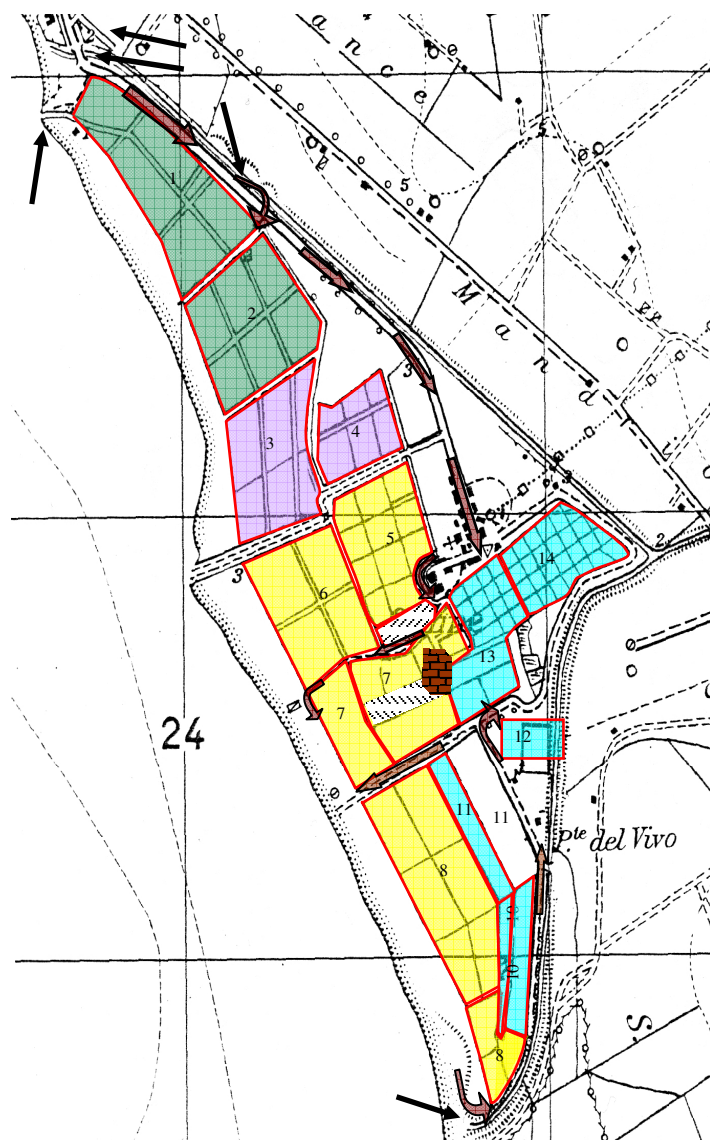
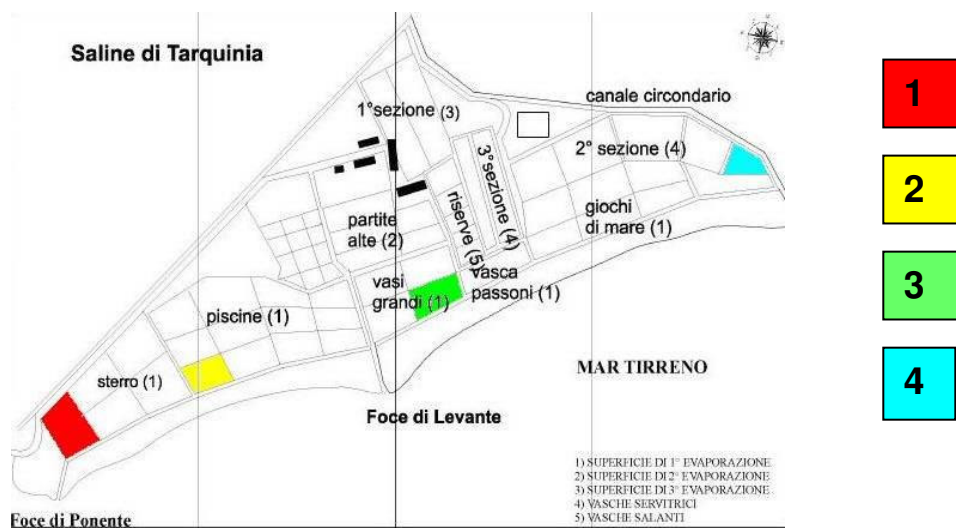


Fig. 2_4. Stazioni campionamento per Zooplankton e parametri amb. (inverno 2006-7) (Silvestri 2008).



Nonostante tale semplificazione all'ecosistema (Iberite, 1992), la Salina ha dato luogo alla formazione di un ecosistema di pregio soprattutto per gli spostamenti stagionali di moltissime specie di uccelli. Da un punto di vista ornitologico, la riserva della Salina di Tarquinia riveste un ruolo estramente significativo, sia come luogo di svernamento, sia come punto di sosta durante i flussi migratori primaverili ed autunnale, per molte specie di uccelli (Allavena & Zapparoli, 1992). Infatti trovandosi lungo le rotte di migrazione che seguono la costa tirrenica, questa zona umida riveste un ruolo significativo per gli spostamenti stagionali di molte specie di uccelli, che sostano nelle vasche per effettuare l'aumento ponderale necessario a proseguire gli spostamenti. Almeno 56 specie di uccelli sono state segnalate durante i periodi migratori, tra queste si segnalano il Cavaliere d'Italia (*Himantopus himantopus*, Linneo, 1758), la garzetta (*Egretta garzetta*, Linnaeus, 1766), l'avocetta (*Recurvirostra avosetta*, Linnaeus, 1758), beccapesci (*Sterna sandvicensis*, Latham, 1878), fraticello (*Sterna albifrons*, Pallas, 1764), Sterna maggiore (*Sterna caspia*, Pallas, 1770), il mignattino (*Chlidonias niger*, Linnaeus, 1758); più un nutrito gruppo di fenicotteri (*Phoenicopterus ruber*, Linnaeus, 1758). Per quanto riguarda l'ittiofauna si segnala la presenza del Nono, *Aphanius fasciatus*, oggetto nel sito di una precedente tesi di dottorato (D. Angeletti, 2005). Le vasche sono inoltre popolate da *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758) e da *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758), ma non si può escludere la presenza di altre specie eurialine. Infine, bisogna ricordare la presenza della *Artemia salina*, noto per la capacità di accrescersi nelle vasche con elevata concentrazione di sali, e importante da un punto di vista economico in quanto fonte di nutrimento per i pesci dello stadio giovanile. Non ci sono indagini specifiche sui popolamenti fitali delle saline di Tarquinia, i bacini sono però popolati da piante vascolari, a cui spesso sono associate delle macroalghe, microlaghe bentoniche ed epifitiche. Dal punto di vista vegetazionale la Salina si caratterizza per la presenza di specie adattate ad ambiente iperalini, quali la *Salicornia europea* e la *Sarcocornia perennis*. Lungo i bordi delle vasche e sui terrapieni è possibile osservare specie vegetali ormai rare nel resto della regione Lazio, come *Sarcocornia fruticosa* e *Arthrocnemum glaucum*, specie alofite che formano la cintura di vegetazione a diretto contatto con l'acqua delle vasche tollerando salinità superiori a quella marina. Segnalata è inoltre la presenza di due specie della famiglia delle Chenopodiacee, *Arthrocnemum macrostachyum* e *Sueda vera*. Per quanto riguarda la composizione algale, dai dati disponibili appare come le diatomee siano il taxa predominante, con 89 taxa identificati, fino a salinità del 110‰, a salinità superiori sono sostituite dalle *Cyanophyta*, con specie ampiamente diffuse sia in acque dolci, salmastre e marine (Alfinito *et al.*, 1990). La massima diversità della flora algale è stata osservata nelle vasche più vicine all'ingresso dell'acqua marina. La produzione primaria è valutata in 100 – 600 mg C m⁻³ giorno⁻¹ (Nascetti *et al.*, 1998). La microflora è dominata da *Cladophora* sp., che forma degli estesi tappeti galleggianti. La flora algale varia in virtù della

concentrazione di sale, passando da *Cloroficee*, presenti nelle vasche meno salate, a feltri microbici, costituiti da batteri, *Cianoficee* e *Diatomee*. È presente nelle vasche ad elevato concentrazione di sale la Cianoficea *Dunialella Salina*, che rende l'acqua di una colorazione malva grazie al suo contenuto in β -carotene (Iberite, 1982). La comunità macrozoobentonica è risultata costituita da specie tipiche di ambienti confinati e quindi tendenzialmente opportuniste (Nascetti *et al*, 1998) tra queste, le più rappresentative sono il gasteropode *H. acuta* (Draparnaud, 1805), le larve di Chironomidi e l'anfipode *C. insidiosum* (Crawford, 1937). Le principali variazioni nella struttura della comunità sono state osservate lungo un gradiente di confinamento orientato secondo l'asse maggiore della salina, che va dal canale di immissione dell'acqua marina all'estremità più a sud dell'impianto. Eterogeneità spaziali di piccola scala sono state osservate trasversalmente all'asse sopra descritto e riguardano in particolare le condizioni di alcune vasche dove è stato registrato un arricchimento di sostanza organica nei sedimenti, segnalato dalla presenza delle specie di Policheti, *S. decoratus* (Bobretzky, 1871) e *C. capitata* (Fabricius, 1780). Da segnalare la presenza nelle acque del decapode *Carcinus mediterraneus* (Czerniavsky, 1884), che forma popolamenti numerosi nella vasca a più diretto contatto col mare.

Dal punto di vista geomorfologico l'area costiera, di cui la Salina fa parte, è caratterizzata da spianate con coperture da argilloso-sabbiose a conglomerati organogene, con intercalazioni tufitiche legate all'attività vulcanica dei vicini apparati vulsini e vicano (Messina, Palieri e Sposato, 1992). Il suolo ha uno spessore variabile di colore bruno con granulometria compresa tra la sabbia e l'argilla, con notevoli modificazioni arrecate dall'uomo. L'area della Salina, a causa dell'elevata antropizzazione, viene considerata a fini podologici priva di suolo. Da un punto di vista idrologico esiste un reticolo fluviale pronunciato, ma che presenta carattere torrentizio, eccezion fatta per i fiumi Marta e Mignone posti rispettivamente a Nord e Sud della Salina, che hanno un deflusso perenne e drenano quasi tutto il carico idrologico del bacino. Le falde che alimentano il bacino sono superficiali, pertanto è possibile che vengano drenate dai corsi d'acqua artificiali, aventi una quota prossima a quella del livello del mare (Chiocchini e Pignotti, 1998).

Nel 1987 un'alluvione ha colpito l'area del comune di Tarquinia provocando gravi danni all'impianto di produzione del sale. Tutte le vasche dell'impianto sono state inondate da una enorme quantità di acqua e fango, fuoriuscita dal fosso circondario. Circa 16 ha della salina sono stati completamente interrati e non più ripristinati. Nella maggior parte delle vasche è avvenuta la sedimentazione di una grande quantità di fango che non è stata più rimossa, compromettendo notevolmente la funzionalità dell'impianto. Inoltre alcune strutture per la circolazione dell'acqua (chiuse e canali) sono stati danneggiati. I danni prodotti dall'alluvione del 1987, la minore redditività, la limitata estensione e la difficoltà nell'adattare i nuovi processi di lavorazione

all'impianto industriale di Tarquinia hanno indotto i Monopoli di Stato a dismettere l'impianto di condizionamento ed impacchettamento del sale delle saline di Tarquinia. L'attività produttiva è definitivamente cessata nel luglio del 1997 e da allora a causa di una ridotta attività di manutenzione ordinaria, fondamentale per tutti i componenti in legno e pietra, molte strutture dell'impianto, come canali, chiuse ed argini, sono in fase di disfacimento o completo degrado. In conseguenza a ciò, il flusso idrico si è notevolmente ridotto ed è aumentato il tasso di sedimentazione della sostanza organica ed inorganica. Lo scarso flusso idrico ha prodotto delle gravi conseguenze ecologiche sull'ambiente acquatico con aumento del grado di trofia e ridotto apporto di ossigeno. Alla fine del 2004 (i giorni tra il 6 e 8 dicembre), l'area delle saline ha subito un secondo evento alluvionale. In pochi giorni sono caduti 204 mm di pioggia (320 mm in tutto il mese di dicembre) provocando nuovamente l'esondazione del canale circondario. Questo canale funziona da collettore per un fosso, detto "scolo dei prati". Quest'ultimo raccoglie, a sua volta, le acque provenienti dall'ampia zona pianeggiante a monte della salina e ne rappresenta l'unico sbocco verso il mare. L'intera area è rimasta sommersa per alcuni giorni e l'impatto sull'ambiente acquatico e le comunità biologiche è documentato in una precedente tesi di dottorato (Blasi S., 2005). Le saline di Tarquinia rappresentano quindi un importante testimonianza storico-culturale della positiva interazione tra uomo e natura svoltasi nel corso del tempo. Infatti i bacini e i canali, seppur realizzati dall'uomo per le proprie esigenze produttive e, quindi, fortemente dipendenti dalla gestione umana, sono divenuti nel corso del tempo un ambiente umido di notevole importanza naturalistica. La salinità delle acque, aumentando progressivamente fino a valori prossimi alla saturazione ha dato origine ad un ecosistema con caratteristiche chimico- fisiche e biologiche uniche, caratterizzato da un habitat acquatico e terrestre ricco di sali ed in grado di ospitare specie animali e vegetali adattati a tali condizioni iperaline. Nonostante le condizioni ecologiche limitanti, l'ambiente delle saline è ricco di vita ed in grado di sostenere comunità floristiche e faunistiche complesse e preziose. A causa dell'elevato tenore salino, questi ambienti possono essere classificati come estremi, con biocenosi povere e tutte fortemente salino e termico tolleranti . Le saline, seppur classificate come aree umide di origine artificiale hanno un ruolo ed un valore del tutto uguale a quello delle aree umide naturali dal punto di vista della conservazione della natura (Crisman, 1999).

2.3 Studi precedenti in merito alle Saline di Tarquinia

Le Saline di Tarquinia sono state oggetto a partire dalla metà degli anni '90, in seguito all'abbandono della produzione del sale, ad una serie di studi mirati a definire l'assetto ecologico e gestionale del sito, alla luce della nuova situazione venutasi a creare (Tabella 2_1). E' infatti necessario comprendere in dettaglio il funzionamento dell'ecosistema delle saline, al fine di definire

un possibile modello gestionale nuovo, basato su un nuovo assetto che non coprende (al momento) la produzione commerciale del sale.

Altri studi negli ultimi anni hanno riguardato gli aspetti economici della nuova gestione, e hanno cercato di individuare nuove strade per una compatibilità economica ed organizzativa della gestione (vedi Tesi di Dottorato di Simone Martino).

A seguito di questi studi sono stati intrapresi anche diversi interventi progettuali mirati al risanamento ecologico del sito, in seguito a diverse vicende, e alla ricostruzione di habitat di interesse naturalistico (es. acqua dolce). Il progetto di più ampio respiro è il LIFE Natura “Recupero ambientale della RN Saline di Tarquinia”, che ha portato anche allo sviluppo di un Piano di Gestione del Sito (Nascetti e Angeletti, 2007).

Tabella 2_1. Studi precedenti recenti in merito alle Saline di Tarquinia

<i>Autore</i>	<i>Anno</i>	<i>Titolo</i>	<i>Riferimenti bibliografici</i>
Silvestri F.	2008	Studio della struttura del popolamento zooplanctonico di un ambiente iperalino: le Saline di Tarquinia	Università della Tuscia di Viterbo, Tesi di Dottorato di Ricerca in Ecologia e Gestione delle Risorse Biologiche, XX Ciclo. Pp:1- 200.
Martino S.	2007	Analisi politico economica per la determinazione di nuove strategie istituzionali e gestionali per la fascia costiera: l’implementazione di un modello di scelta delle preferenze per la Salina di Tarquinia.	Università della Tuscia di Viterbo, Tesi di Dottorato di Ricerca in Ecologia e Gestione delle Risorse Biologiche, XVIII Ciclo. Pp:1-255.
Blasi S.	2006	Studio della struttura, delle fluttuazioni stagionali e della risposta al disturbo dei popolamenti bentonici di un ambiente iperalino mediterraneo: le Saline di Tarquinia.	Università della Tuscia di Viterbo, Tesi di Dottorato di Ricerca in Ecologia e Gestione delle Risorse Biologiche, XVIII Ciclo. Pp:1-144.
Angeletti D.	2006	Erosione genetica e relazioni genotipo-ambiente nella popolazione delle Saline di Tarquinia di <i>Aphanius fasciatus</i> (Teleostea).	Università della Tuscia di Viterbo, Tesi di Dottorato di Ricerca in Ecologia e Gestione delle Risorse Biologiche, XVIII Ciclo. Pp:1-108.
Aumento F.	2003	Studio sedimentologico delle Saline di Tarquinia.	Ricerche condotte nell’ambito della realizzazione del Progetto LIFE Natura “Recupero ambientale della RN Saline di Tarquinia” (Citato in Blasi S., 2006).
Martino S. e Venzi L.	2003	Una proposta di progetto LIFE Ambiente per la valorizzazione delle Saline di Tarquinia.	EM-Linea Ecologica (5) Sett-Ott 2003, Anno XXXV.
Bramucci S.	2002	Caratterizzazione ecologica di un SIC (Sito Importanza Comunitaria): Saline di Tarquinia. Analisi spaziale della comunità macrozoobenthonica a cinque anni dall’interruzione delle attività produttive.	Università della Tuscia di Viterbo. Facoltà di Scienze MMFFNN, Tesi di Laurea, A.A. 1997-1998.
Venzi L. et al.	2000	Effetti ambientali ed economici della dismissione della produzione di sale alla Salina di Tarquinia.	Working paper, Dipartimento di Economia Agroforestale dell’Ambiente Rurale, Università della Tuscia.

Nascetti G., Scardi M. Fresi E., Cimmaruta R., Bondanelli P., Gatti S., Blasi S., Serrano S., Meschini L., Lanera P., Plastina N., Valiante M., Vinci D.	1998	Caratterizzazione ecologica delle Saline di Tarquinia al fine di un loro recupero e per lo sviluppo dell'acquacoltura.	Biol. Mar. Medit., 5(3):1365-1374.
Serrano S.	1998	Caratterizzazione ecologica delle Saline di Tarquinia: III) Analisi temporale della comunità macrozoobentonica.	Università della Tuscia di Viterbo, Facoltà di Scienze, Tesi di Laurea A.A. 1997-1998. Pp:1-67.
Blasi S.	1998	Caratterizzazione ecologica delle Saline di Tarquinia: II) Analisi spaziale della comunità macrozoobentonica.	Università della Tuscia di Viterbo, Facoltà di Scienze, Tesi di Laurea A.A. 1997-1998.
Meschini L.	1998	Caratterizzazione ecologica delle Saline di Tarquinia: I) Stima della produzione secondaria di Cerastoderma glaucum.	Università della Tuscia di Viterbo, Facoltà di Scienze, Tesi di Laurea A.A. 1997-1998. Pp:1-106.
Chiocchini U. e Pignotti S.	1998	Aspetti geologici, geomorfologici ed idrogeologici dell'area a Saline nel Comune di Tarquinia (VT).	In: Modello socio-economico di riconversione ad usi multipli dell'ex area a Saline nel Comune di Tarquinia (VT), a cura di Venzi L., pp:67-75. Working paper, Dipartimento di Economia Agroforestale e dell'Ambiente Rurale. Università degli Studi della Tuscia.
Falciano C.	1998	Analisi delle condizioni economico-ambientali per il recupero della riserva naturale 'Saline di Tarquinia'.	Tesi di laurea, Facoltà di Scienze MMFFNN Università degli Studi della Tuscia, Viterbo.
Venzi L. et al.	1998	Modello socio-economico di riconversione ad usi multipli dell'ex area a Saline nel Comune di Tarquinia (VT)	Working paper, Dipartimento di Economia Agroforestale e dell'Ambiente Rurale. Università degli Studi della Tuscia.

3.0 MATERIALI E METODI

I dati complessivamente sono stati raccolti nel periodo novembre 2004 - marzo 2008, con visite a frequenza variabile nelle diverse stagioni (vedi in seguito), per un totale di n. 112 uscite sul campo di durata variabile tra 2h 30m e l'intera giornata (alba-tramonto), compiute congiuntamente da due rilevatori principali. I dati originali sono stati raccolti in gran parte direttamente dall'Autrice insieme, per la grande maggioranza delle uscite, a Giuliano Tallone - GT. Sono stati utilizzati dati aggiuntivi forniti cortesemente dai seguenti osservatori (in ordine di quantità di dati forniti): Jacopo Cecere - JC (inverni 2006-7 e 2007-8, studio supportato dall'Agenzia Regionale Parchi); Massimo Biondi - MB (anni 2001-2005, dati pubblicati ed inediti); Sergio Adreaus - SA e Sergio Cecchetti - SC (del Corpo Forestale dello Stato); Giuseppe Nascetti - GN.

I dati relativi all'avifauna sono stati raccolti con conteggio diretto, considerando in generale possibile censire completamente gli uccelli presenti visto la tipologia di ambiente (aperto e con scarsa vegetazione spondale), pur essendo possibile che alcuni individui siano sfuggiti all'osservazione se nascosti in alcuni punti morti e immobili per lungo tempo. Per le osservazioni sono stati utilizzati binocoli Leica Trinovid 10x40, Zeiss Jena 10x50, Nikon 7x50 e un cannocchiale 20-60x80. I dati sono stati registrati su una scheda di campo nella quale erano riportati i principali parametri da misurare, suddivisi per complessi di vasche raggruppati.

Sono state raccolte tutte le osservazioni relative ai soli uccelli acquatici: sono stati considerati gli ordini dei Gaviformes, Podicipediformes, Pelecaniformes, Ciconiiformes, Anseriformes, Gruiformes, Charadriiformes.

3.1 Serie storiche

Per le serie storiche sono stati utilizzati oltre a quanto descritto nel paragrafo precedente dati pubblicati derivanti dai censimenti INFS/IWRB di metà inverno e dati pubblicati dei seguenti autori: Allavena (1976); Gustin (1991, 1994); Adreaus et al. (2001); Biondi et al. (2001; 2005; 2006; 2007; 2008); Laurenti et al. (2001); Rigoli et al. (2001). Sono stati raccolti i dati relativi alle serie storiche dal 1976 al 2004, attraverso le informazioni pubblicate o disponibili presso l'archivio INFS-SROPU relative agli uccelli svernanti (conteggi di metà inverno).

3.2 Ciclo annuale

I dati relativi al ciclo annuale degli uccelli svernanti sono stati raccolti nel periodo novembre 2004-giugno 2006 con uscite almeno quindicinali, per un totale di n. 44 uscite sul campo. Per ciascuna uscita venivano raccolti le osservazioni degli uccelli presenti suddividendo le Saline in tre settori; in ciascuno dei settori veniva stimata l'altezza media dell'acqua, secondo 5 classi di profondità.

3.3 Uccelli nidificanti

I dati relativi agli uccelli nidificanti sono stati raccolti con uscite nel periodo aprile-giugno degli anni 2005, 2006 e 2007, con uscite ogni 15-20 giorni. Si è proceduto alla conta diretta dei nidi per ciascuna specie (metodo del mappaggio) e localizzazioni. Si è proceduto, ove possibile senza disturbare le specie più sensibili, alla raccolta dei parametri demografici (n. uova, n. pulli nati, n. pulli involati, ecc.) per ciascuna specie. Si è inoltre proceduto alla raccolta parametri ambientali del sito di nidificazione (esposizione, utilizzo dello spazio, ecc.). Sono state inoltre raccolte informazioni da altri osservatori (in particolare SA, SC, MB), che hanno pubblicato i dati di alcune di queste nidificazioni (Biondi et al., 2001, 2007 e 2008; Laurenti et al., 2001; Rigoli et al., 2001).

3.4 Uccelli svernanti (e in migrazione)

Per gli uccelli svernanti e in migrazione, oltre ai dati raccolti durante il periodo nel quale si è studiato il ciclo annuale, si è proceduto a raccogliere dati nel periodo seconda quindicina di ottobre-prima quindicina di marzo, negli inverni 2004-2005, 2005-2006, 2006-2007 e 2007-2008. Sono stati inoltre utilizzati dati pubblicati ed inediti di M. Biondi et al. relativi agli inverni 2003-2004, dati pubblicati sull'inverno 2000-2001 di Andreasson et al. (2001) ed inoltre dati di J. Cecere (studio ARP) relativi agli inverni 2006-2007 e 2007-2008. In totale è stato possibile utilizzare dati relativi a n. 101 uscite sul campo nel periodo 2001-2008.

Si è proceduto alla conta diretta delle specie e del numero di individui presenti e alla raccolta di parametri ambientali nelle varie unità di rilevamento. Negli inverni 2004-2005 e 2005-2006 si è provveduto a suddividere le vasche in alcuni settori (vedi Tabella 3_1), e a raccogliere dati di profondità dell'acqua in 5 classi per ciascuno di essi. Negli inverni 2006-7 e 2007-8 si è provveduto (JC) a raccogliere dati stimati di profondità in 5+1 classi per i 10 complessi di vasche utilizzati per le analisi degli uccelli (quelli individuati con i numeri 1-8 e 10-11 nella precedente Figura 2_3). Non sono state considerate le vasche n. 12 (in quanto non frequentata dagli uccelli per la riva verticale) e n. 13 e 14, in quanto interessate da recenti lavori di ripristino e molto disturbate nel periodo di rilevamento.

Si è inoltre proceduto, ove presenti, alla lettura di anelli di marcatura presenti su alcune specie: in particolare sono stati contati numerosi anelli di Fenicottero, le cui letture sono state inviate tramite l'INFS (Istituto Nazionale Fauna Selvatica, ora accorpato nell'ISPRA – Istituto Superiore per la Ricerca Ambientale) alla centrale internazionale di censimento per questa specie.

Tabella 3_1. Ripartizione delle vasche ed attribuzione a classi di salinità.

<i>Sezione delle Saline (Inv. 2004-05 e 2005-06)</i>	<i>Vasca (Inv. 2006-07 e 2007-08)</i>	<i>Salinità (classe)</i>	<i>Note</i>
A	1	Bassa	Interessata da lavori LIFE nei primi due anni di studio
A	2	Bassa	Interessata da lavori LIFE nei primi due anni di studio
A	3	Bassa	
A	4	Bassa	
B	5	Media	
B	6	Media	
B	7	Media	
D	8	Media	
E	10	Alta	
E	11	Alta	
F	13	Molto alta	Bacino salante
G	14	Dolce	Oggetto di lavori di scavo per ripristino ambientale e spesso prosciugata durante il periodo di studio

3.5 Parametri ambientali

In ogni stazione e con cadenza circa mensile a partire da luglio 2003, oltre alle stime di profondità per classe sopra richiamate, sono stati misurati i principali parametri chimico – fisici che caratterizzano questo tipo di ambiente. I dati sono stati raccolti in periodi diversi da altri componenti del gruppo di lavoro dell’Università della Tuscia – DECOS sulle Saline di Tarquinia (D.Angeletti, S.Biasi, F.Silvestri, F.Cerfolli e coll.). Tutti i parametri sono stati misurati per mezzo di sonde da campo (vedi Tabella 3_1). In tutte le stazioni campionate i parametri sono stati misurati ad una profondità variabile, compresa tra i 15 ed i 30 cm al di sotto della superficie, in relazione allo spessore della colonna d’acqua della vasca esaminata. I parametri sono stati presi in maniera conservativa, scegliendo, per ciascuna stazione, sempre gli stessi orari di campionamento, al fine di ridurre al minimo le variazioni dovute alle oscillazioni diurne dei parametri climatici. Ogni singolo parametro è stato misurato compiendo tre repliche in punti diversi della vasca. Per la temperatura e la salinità è stata verificata l’assenza di stratificazione significativa in una colonna d’acqua alta mediamente 40 cm.

Tabella 3_2. Parametri ambientali misurati e strumenti impiegati.

PARAMETRO	unità di misura	STRUMENTO
Profondità	m	Cordicella metrica
Temperatura	°C	Termometro digitale - Oa.Eu.In. pH5/6 & ion 6
pH	Unità di pH	pH – metro digitale - Oa.Eu.In. pH5/6 & ion 6
Salinità	psu	Salinometro a rifrazione - Optech K71322
Conducibilità	µS	Conducimetro digitale – HI 8733C
Ossigeno disciolto	mg l ⁻¹ - %	Ossimetro digitale - WTW Oxi 330/SET

4.0 RISULTATI

4.1 Parametri ambientali (profondità colonna, temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH)

Di seguito si riportano la descrizione dell'andamento dei dati raccolti durante tutto il periodo di studio considerato e per il quale sono disponibili dati del gruppo di lavoro sulle Saline dell'Università della Tuscia, dal mese di marzo 2003 al mese di febbraio 2008, con un particolare approfondimento dall'aprile 2006 al febbraio 2008.

4.1.1 Profondità colonna d'acqua

Questo parametro, che come vedremo è particolarmente importante per gli uccelli, è stato raccolto secondo due modalità. Per i campionamenti 2004-2006 è stata assegnata per aree omogenee un *rank* di profondità stimato dai rilevatori degli uccelli utilizzando cinque classi (I più profondo, V meno profondo), che però a posteriori non è sembrato sufficiente a discriminare tale parametro in modo idoneo all'analisi per le correlazioni con la presenza degli uccelli (vedi Tabella 4_1_1).

Inoltre nel solo periodo aprile 2006-settembre 2007 sono stati raccolti dati relativi alla profondità – misurata come variabile continua (in cm) - di alcune vasche, nell'ambito della tesi di dottorato sul plancton di Federico Silvestri, che sono stati utilizzati per confronto e per le analisi più dettagliate (Figura 4_1_2).

Periodicamente, soprattutto nei mesi estivi (salvo interventi di gestione artificiale in altri periodi), alcune vasche si asciugano completamente, come la Vasca 40 nel luglio 2006 visibile nel grafico di Figura 4_1_2, o come durante il periodo di studio la vasca “d'acqua dolce”, che era stata oggetto dell'alluvione avvenuta nell'inverno 2004 e quindi spesso asciutta, prima a causa del materiale di sedimento depositato dall'alluvione e quindi, dal 2006, a causa di lavori di ripristino realizzati per ripristinare le originarie condizioni della vasca stessa ed avere una zona umida di acqua dolce all'interno del complesso. La tendenza generale è di un alto livello autunnale (a partire da settembre) e invernale, e man mano una diminuzione andando verso l'estate. Esiste anche qui un gradiente tendenziale di profondità, con le prime vasche, quelle nella zona nord delle Saline, relativamente più profonde (anche se non superano gli 80 cm), e quelle della zona sud più basse. È da notare che la variabilità della profondità, che porta periodicamente alcune vasche al completo prosciugamento – come nel caso delle Riserve o delle Vasche di Cristallizzazione, ma anche delle vasche in mezzo alle Partite Alte, crea condizioni anche molto mosaicate.

Figura 4_1_1. Andamento delle classi di profondità delle vasche (dic 2004-magg 06).

Le barre verticali rappresentano il + 50% della D.S.

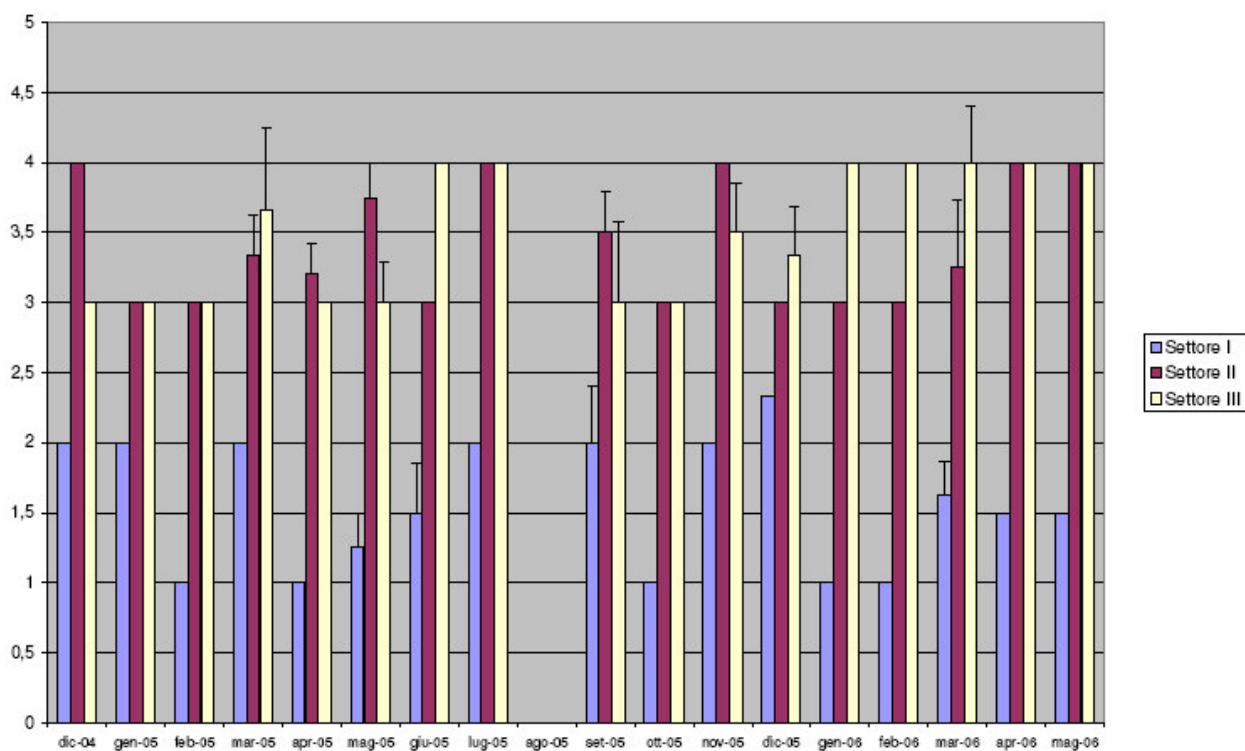
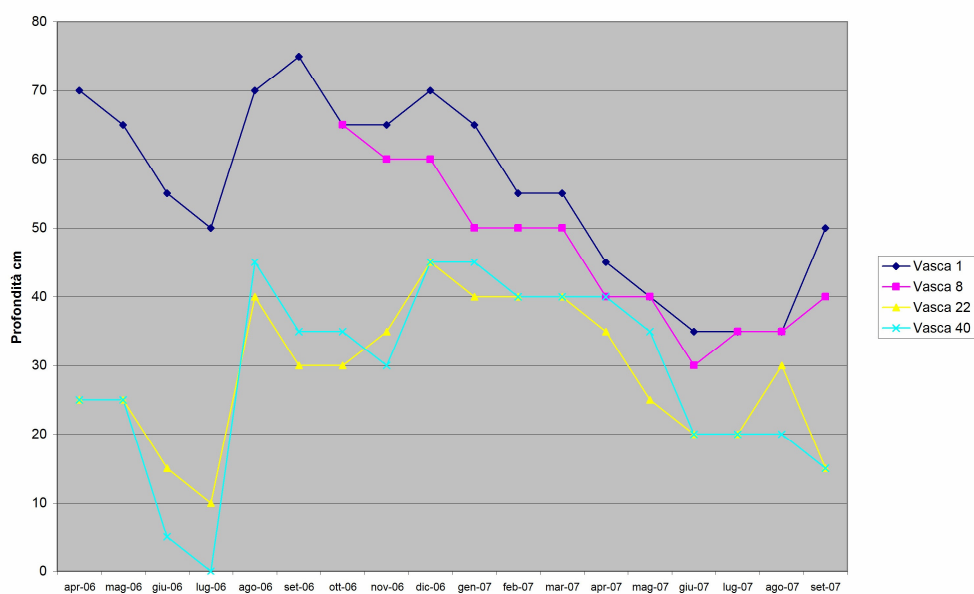


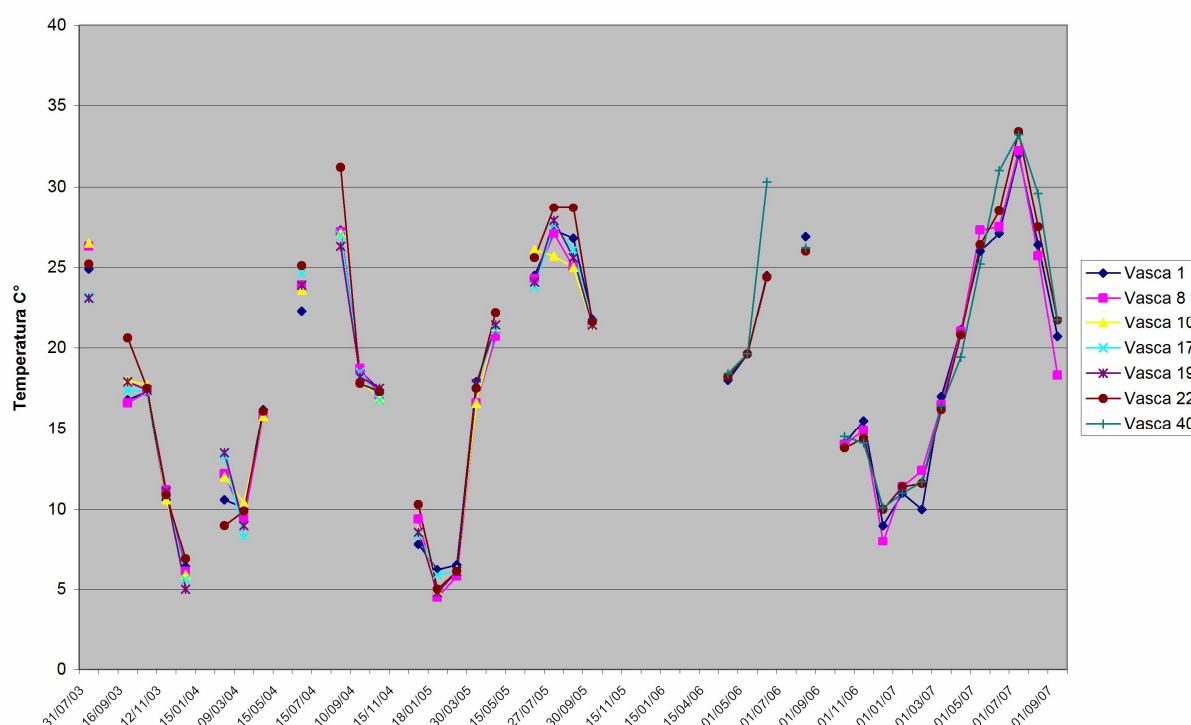
Figura 4_1_2. Andamento delle profondità di alcune vasche - cm (aprile 2006-settembre 2007).



4.1.2 Temperatura

Negli ambienti costieri confinati, la temperatura come gli altri parametri ambientali è in genere estremamente variabile, poiché segue strettamente l'andamento della temperatura atmosferica subendo, quindi, notevoli fluttuazioni, legate non solo a cambiamenti stagionali ma anche al semplice mutare delle condizioni atmosferiche. A causa dello scarso volume e della ridotta inerzia chimico-fisica, l'acqua tende a raggiungere valori estremi dei parametri sia in inverno che in estate. L'andamento durante il periodo di studio (dati di diverse tesi di dottorato) è stato simile in tutte le stazioni di campionamento con minime differenze legate alla profondità della colonna d'acqua nelle diverse vasche. Il profilo dei dati è chiaramente stagionale, con valori minimi registrati sempre nei mesi invernali, da dicembre a febbraio, e i valori massimi rilevati nella stagione estiva, nei mesi di luglio ed agosto. Il valore più basso è stato registrato nel mese di gennaio 2005 con 4,5 °C. I valori più alti sono stati rilevati nella V. 22 nell'ago-2004 (31,2 C°) e nella stessa vasca nel lug-2007 (33,4 C°). Il range annuale di variazione registrato per questo parametro è molto alto e compreso tra 4,5 °C e 33,4 °C. Notevoli variazioni diurne possono avvenire specialmente dove l'acqua è più bassa.

Figura 4_1_3. Temperature dell'acqua nelle diverse vasche (2003-2008).



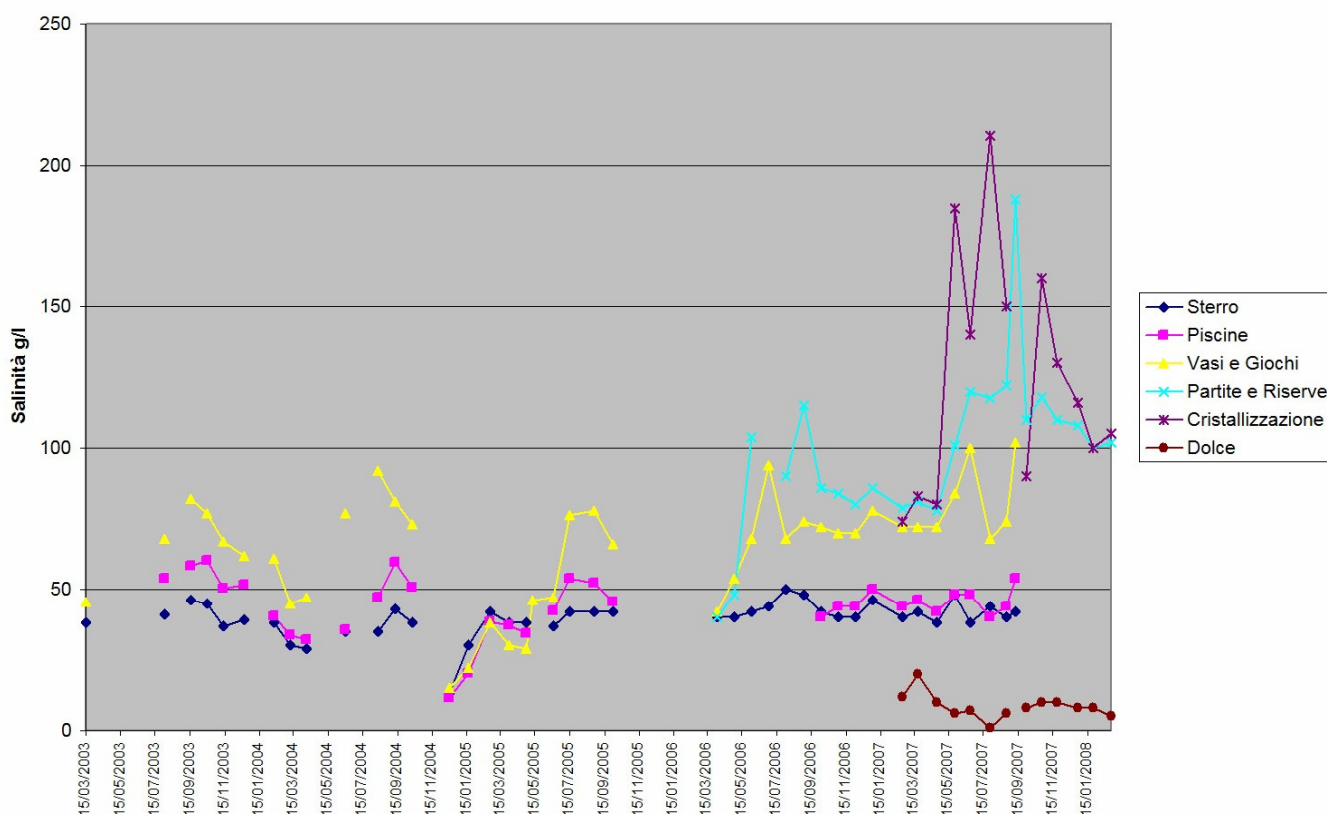
4.1.3 Salinità

La salinità dipende fortemente dall'evaporazione, dalle precipitazioni, dal regime idraulico e dal mescolamento. Questo parametro viene generalmente assunto come parametro di riferimento per la classificazione e il monitoraggio delle acque lagunari/di transizione. Le variazioni di salinità sono legate agli apporti di acqua dolce, come le precipitazioni, all'evaporazione, ed al ricambio di acqua finalizzato ad evitare un aumento eccessivo della concentrazione di cloruro di sodio e di altri sali ed al mantenimento di un'altezza costante della colonna d'acqua. I dati mostrano un andamento stagionale con valori più alti nella stagione estiva e minimi in quella invernale.

È da notare il progressivo aumento della salinità passando dalle stazioni più vicine al canale di ingresso dell'acqua marina a quelle più distanti, dove un ridotto ricambio idrico e una bassa colonna d'acqua, provocano un'elevata evaporazione, soprattutto durante la stagione calda. In particolare il valore massimo di salinità è stato registrato nella Vasca di Cristallizzazione 39 a luglio 2007 (263 g/l). Si può affermare che l'intervallo dei valori di salinità nella Vasca 1 è quello più vicino alla situazione marina, con valore medio di 39,6 ‰ nel periodo di studio esaminato, mentre quello più elevato in media (senza contare le vasche di cristallizzazione) è quello dell'area delle Riserve e pari al 97,0 ‰. La differenza di salinità tra le vasche esaminate varia in un *range* di valori piuttosto ampio e compreso ordinariamente (senza considerare la Vasca di Cristallizzazione) tra 10 ‰ e 100 ‰. Guardando l'intero periodo considerato, a partire da dicembre 2004, i valori di salinità sono decisamente più bassi a causa dell'esondazione del fosso che circonda le saline. Immediatamente dopo l'esondazione del 7-8 dicembre 2004, il volume di acqua proveniente dal fosso si è riversato su tutte le vasche delle saline, alterando profondamente le condizioni dell'ambiente acquatico, normalmente iperaline, e il flusso idrico. L'acqua infatti ha iniziato a defluire a mare attraverso il canale di Ponente, in direzione Sud-Nord, contraria a quella usuale, Nord-Sud. I valori minimi di salinità sono stati rilevati nel periodo successivo l'alluvione nella Vasca 8 e nella Vasca 10, con tenore salino pari al 10 ‰ ed 11 ‰. L'alluvione ha provocato inoltre la scomparsa del gradiente salino esistente tra le diverse stazioni di campionamento. Tuttavia il gradiente di salinità tra le vasche studiate ricompare nell'arco di pochi mesi. A partire dal mese di febbraio 2005 infatti lo scarto di concentrazione salina tra la Vasca 1 e la Vasca 22 è pari a 15 ‰. Infine è da notare l'elevata variabilità dell'andamento di questo parametro durante il periodo esaminato. Si passa infatti da concentrazioni saline tipiche delle acque dolci a valori caratteristici degli ambienti iperalini in un intervallo spaziale e temporale relativamente ridotto. Per quanto riguarda la conducibilità (misurata nel solo periodo 2004-2005) questo parametro, correlato alla quantità di solidi totali disciolti in acqua, varia in relazione alla quantità di sali e minerali disciolti in acqua, la cui origine può essere inorganica o organica. La conducibilità mostra un andamento stagionale, con

i minimi rilevati nel periodo invernale, dicembre – marzo, e i valori massimi rilevati nel periodo estivo, giugno – settembre. Il valore più alto è stato rilevato nella Vasca 22 a giugno 2004 mentre il valore più basso è stato misurato nella Vasca 1 nel mese di febbraio 2004. In generale la salinità segue un ciclo annuale, con valori minimi nei mesi autunno-invernali quando viene immessa nel sistema una quantità elevata di acqua di mare (vedi anche la Figura 4_1_2, che mostra come i massimi di profondità delle vasche corrispondono a questo periodo), e a questa si somma l’apporto di acqua dolce dovuta al periodo delle precipitazioni autunnali (fino a novembre); e i valori massimi alla fine dell’estate, al termine del periodo di evaporazione estiva.

Figura 4_1_4. Salinità nei diversi settori (2003-2008).



Le Saline di Tarquinia quindi presentano ancora, nonostante la dismissione delle attività di lavorazione del sale da molti anni, un vero e proprio gradiente di salinità, che si conserva anche nelle diverse stagioni pur mostrando una certa variabilità, che è particolarmente evidente se si raggruppano i dati delle diverse vasche per settori. A parte la vasca “interna” (a est, nei pressi degli

edifici delle Saline), che era già parzialmente dolce in seguito allo sfondamento del canale durante l'alluvione, e che ha acquisito carattere definitivamente di acqua dolce in seguito ai lavori di ripristino effettuati nell'anno 2005, come detto le vasche dello sterro e delle piscine sono le più vicine alla salinità del mare, quelle di vasche e giochi sono intermedie, mentre le Partite e Riserve e ovviamente le Vasche di Cristallizzazione presentano la salinità più elevata.

Questo gradiente si mantiene nelle varie stagioni, anche se in estate si amplifica per la concentrazione delle vasche a salinità più elevata, che diventa crescente (Figura 4_1_5).

Figura 4_1_5. Salinità media nei settori (2003-2008).

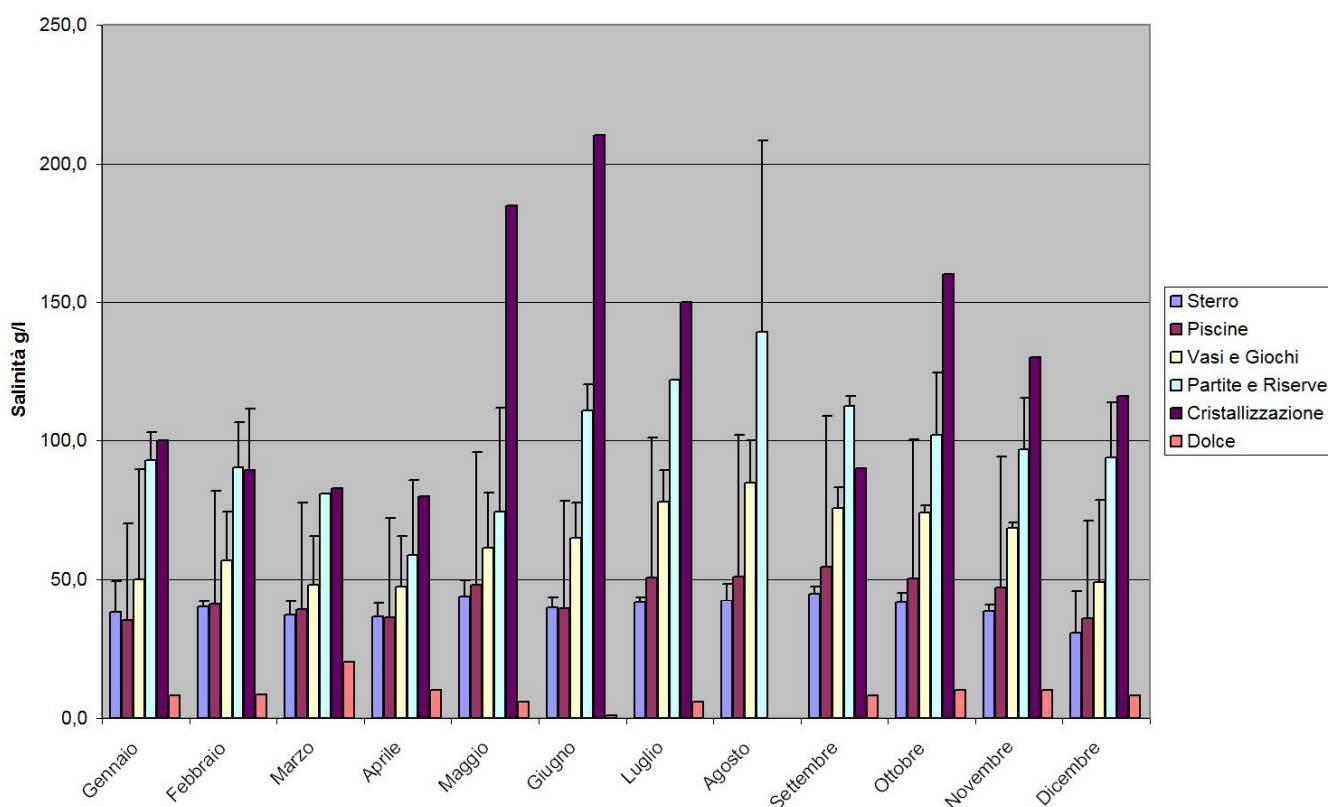
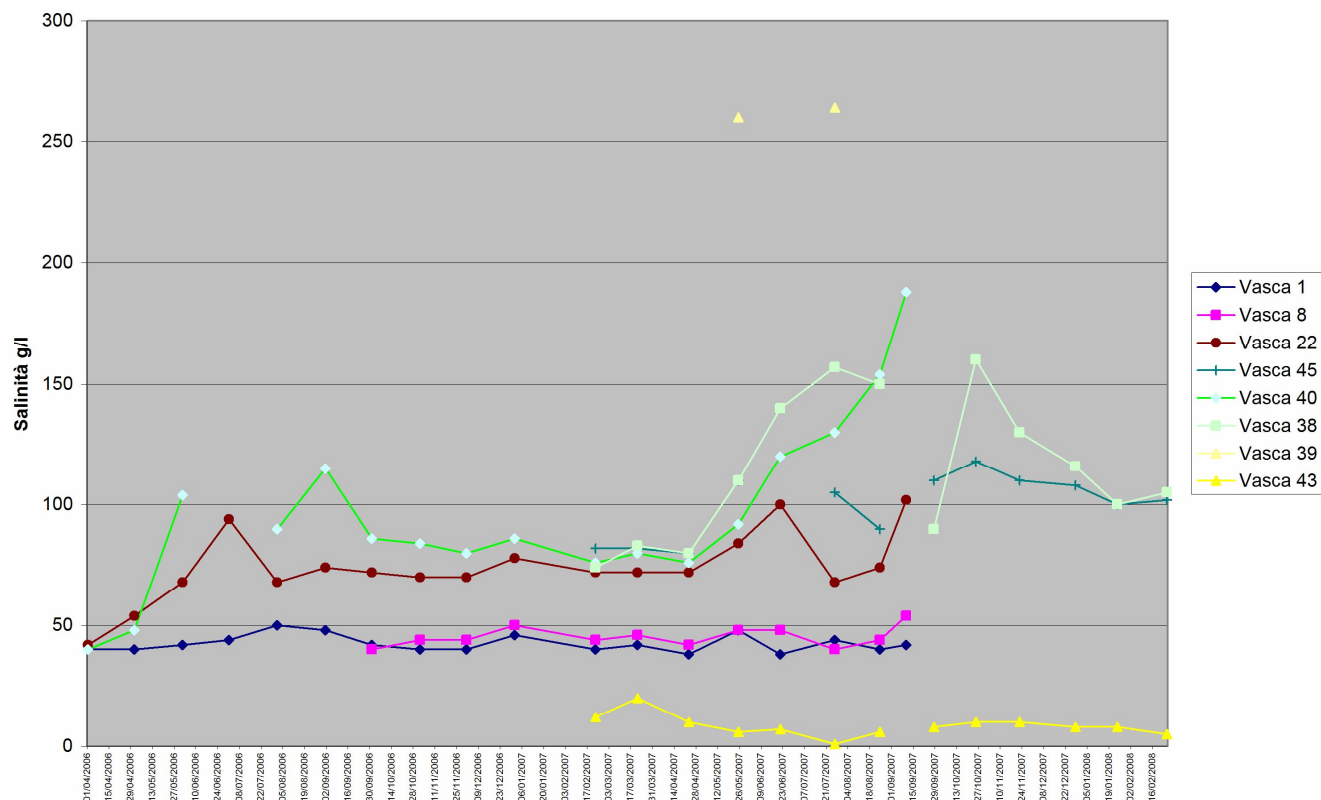


Figura 4_1_6. Salinità nelle diverse vasche campionate (2006-2008)



4.1.4 Ossigeno disciolto

Nel valutare questo parametro dobbiamo tenere in considerazione che in una situazione come quella delle saline, con vasche di bassa profondità e notevole rapporto tra volume d'acqua e superficie di scambio con l'aria, la concentrazione di ossigeno dipende da fattori abiotici, quali la temperatura, la salinità, la velocità del vento, il ricambio idrico, e biotici, come l'equilibrio tra attività fotosintetica e respirazione. Un eccessivo carico organico, dovuto a sostanza organica animale e vegetale in decomposizione, riduce la concentrazione di ossigeno: infatti le reazioni di ossidazione chimica e biologica che avvengono in acqua e nei sedimenti consumano O_2 , mentre l'attività fotosintetica e gli scambi gassosi all'interfaccia aria-acqua aumentano il tenore di ossigeno nel mezzo acquoso. Nelle saline di Tarquinia, i valori registrati variano complessivamente negli intervalli tra 1,2 mg/l e 16,4 mg/l.

Un dato anomalo è quello rilevato nel mese di luglio 2005 nella Vasca 10, pari a 209 % di saturazione: in questo caso delle raffiche di vento, seppure non intense (circa 3,5 ms⁻¹), in direzione O-SO, hanno determinato una notevole agitazione dell'acqua.

Inoltre questa vasca è colonizzata per quasi tutta la superficie da una pianta acquatica (*Ruppia* sp.), che in particolari condizioni può determinare la formazione di bolle di gas tra i fusti e le foglie: l'agitazione dell'acqua indotta dal vento può liberare il gas contenuto nelle bolle. Spesso sono stati registrati valori elevati di ossigeno disciolto nella Vasca 22, dove la profondità della colonna d'acqua è normalmente piuttosto bassa (circa 20–30 cm).

In generale questo parametro segue un chiaro ciclo stagionale, con i minimi registrati nel periodo estivo, maggio – settembre, ed i valori massimi rilevati nel periodo invernale, gennaio – febbraio. I valori più bassi sono stati registrati nel mese di agosto 2004, settembre 2005, settembre 2006 e luglio 2007, con condizioni ipossiche in alcune vasche (< 5 mg/L).

Il minimo assoluto di 1,2 mg/l è stato registrato nelle vasche dello Sterro il 26/7/2007.

Date le caratteristiche del sito, non si può escludere che anche una modesta ventilazione possa influenzare gli scambi gassosi acqua–atmosfera, innalzando la concentrazione di ossigeno degli strati superficiali e subsuperficiali in breve tempo.

Alcune vasche durante la primavera hanno la superficie coperta da un tappeto vegetale, costituito dall'alga filamentosa *Chaetomorpha* sp. e sono ampiamente colonizzate dalla macrofita *Ruppia* sp.. La presenza di queste specie vegetali può spiegare l'elevata concentrazione di O₂ osservata in alcune situazioni (in particolare nella Vasca 10).

In alcuni casi, soprattutto prima degli interventi di gestione del progetto LIFE, la presenza di alghe rendeva addirittura difficoltosa la misura dei parametri. La presenza di ossigeno disciolto nelle vasche delle saline non è come altri parametri determinata da gradienti spaziali riconoscibili, ed esiste una grande variabilità all'interno delle diverse vasche che probabilmente è dipendente dai fattori sopra richiamati.

Figura 4_1_7. Ossigeno disciolto (mg/l) nel periodo 2003-2008

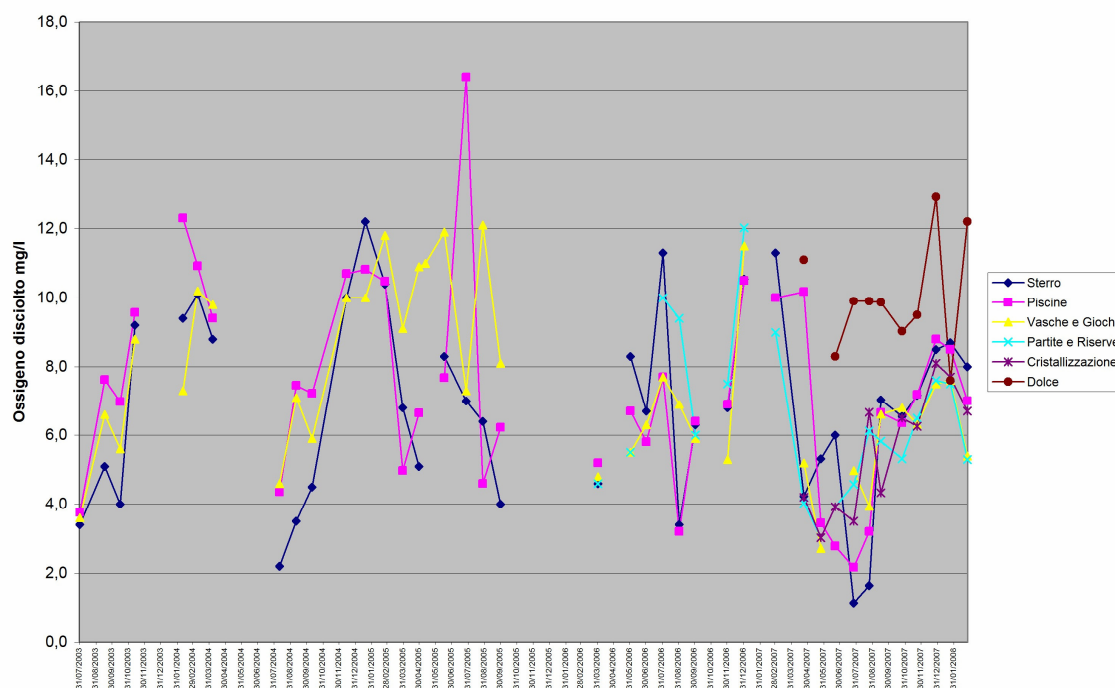
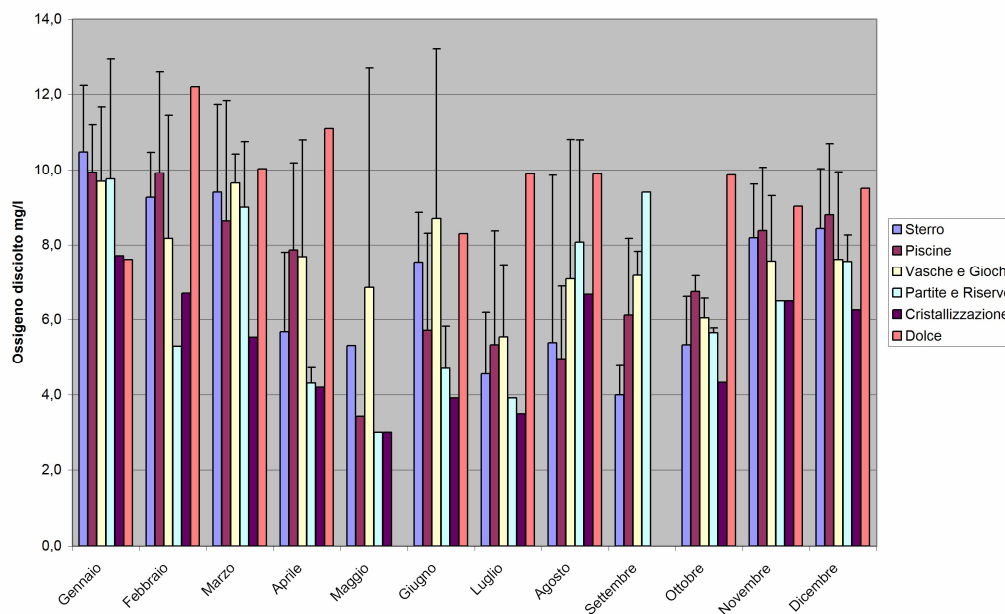


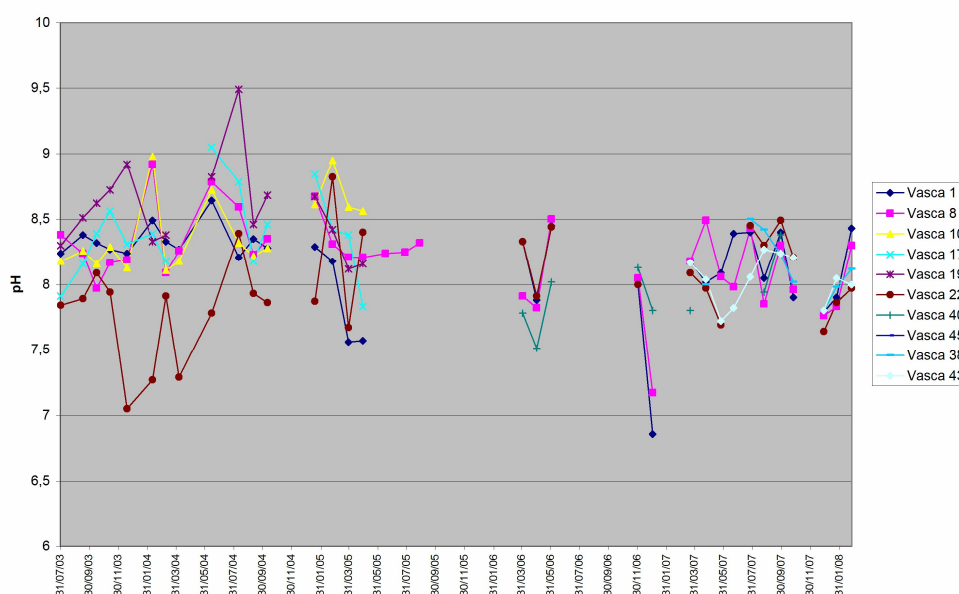
Figura 4_1_8. Ossigeno disciolto, medie mensili (2003-2008). Barre verticali: +50% della D.S.



4.1.5 pH

I valori di pH rilevati all'interno delle saline oscillano tra 6,86 (gennaio 2007– Vasca 1) e 7,05 (dicembre 2003 – Vasca 22) per i minimi maggiori e i 9,49 (agosto 2004 – Vasca 19) e 8,98 (febbraio 2004 – Vasca 10) per i valori più alti. Questo parametro ha un andamento simile in tutte le stazioni monitorate e presenta un andamento legato alle stagioni, con valori estivi mediamente più alti di quelli invernali. L'aumento del pH nei mesi primaverili–estivi è legato alla ripresa dell'attività fotosintetica che riduce la concentrazione di CO₂ e degli ioni H⁺, diminuendo l'effetto tampone dell'ambiente acquatico. È da notare come a partire da gennaio 2005, in concomitanza con l'inizio dei lavori di asporto del sedimento previsti dal progetto Life–Natura, vi sia una diminuzione del pH nella Vasca 1, interessata dai lavori. La movimentazione del fondale della vasca può avere avuto come effetto una riossigenazione dei sedimenti con conseguente accelerazione delle reazioni di ossidazione della sostanza organica, di nitrificazione, o ancora di ossidazione di composti inorganici sedimentati come solfiti o solfuri di ferro. Infine, si nota una riduzione della variabilità del pH tra le diverse stazioni di campionamento nel periodo successivo l'alluvione. È anche da notare come le variazioni del pH siano più ampie nella prima parte del periodo di studio (2003-2005), mentre successivamente al 2006 tendano ad essere sempre più omogenee, anche per le vasche negli anni precedenti non campionate. Anche questo potrebbe essere un effetto dei lavori del LIFE, che possono aver favorito come detto sopra le reazioni di ossidazione.

Figura 4_1_9. pH delle vasche (2003-2008).



4.1.6 Analisi della capacità dei parametri valutati di discriminare le vasche

Come detto sono stati raccolti dati relativamente ad alcuni parametri ambientali fisici e chimici. Si è deciso quindi di testare se tali parametri permettono di discriminare tra le vasche (utilizzate come unità di studio nelle analisi successive), attraverso l'analisi discriminante. Questa capacità di discriminare le diverse vasche attraverso i parametri considerati, e cioè la loro variabilità nell'ambito dell'area di studio, è un presupposto alla possibilità di associare tali variazioni alla diversità (ipotetica) dell'uso delle saline da parte delle diverse specie. Il modello ottenuto con l'analisi discriminante è significativo per tutte e quattro le variabili all'analisi del Lambda di Wilks ($p < 0,00001$), come dimostrato in Tabella 4_1_1.

Tabella 4_1_1. Sommario della Analisi di Funzione Discriminante.

N=200	Discriminant Function Analysis Summary (Spreadsheet1 in Cecere anno 1 sec.stw) No. of vars in model: 4; Grouping: Vasca (10 grps) Wilks' Lambda: ,01592 approx. F (36,702)=39,392 $p < 0,0000$					
	Wilks' Lambda	Partial Lambda	F-remove (9,187)	p-level	Toler.	1-Toler. (R-Sqr.)
Acquacm	0,034254	0,464752	23,9295	0,000000	0,775491	0,224509
Salinità g/l	0,210689	0,075559	254,2101	0,000000	0,699822	0,300178
Oxdisc	0,022831	0,697273	9,0209	0,000000	0,368659	0,631341
pH	0,022138	0,719087	8,1169	0,000000	0,416287	0,583712

Dai coefficienti della Analisi di Funzione Discriminante emerge come la prima "Root" (coefficiente di funzione discriminante) rappresenta già il 96,2% della variabilità e che con il secondo coefficiente si arriva al 98,99% (Figura 4_1_2). Ciò dimostra come già il primo coefficiente, e a maggior ragione i primi due, è in grado di rappresentare già gran parte della variabilità, e quindi la funzione discriminante è particolarmente efficiente nel semplificare le variabili iniziali utilizzate. Quindi il primo coefficiente è già sufficiente per discriminare con chiarezza il parametro che si intende esprimere con la funzione discriminante (la variabile "Vasca").

Tabella 4_1_2. Coefficienti della Analisi di Funzione Discriminante.

Variable	Raw Coefficients (Spreadsheet1 in Cecere anno 1 sec.stw) for Canonical Variables			
	Root 1	Root 2	Root 3	Root 4
Acqua cm	0,07487	0,1059	-0,0635	0,00193
Salinità g/l	-0,35398	0,0400	-0,0765	-0,00589
Ox disc	0,20029	0,3752	0,4914	-0,28638
pH	-1,05316	2,0779	4,0461	1,18876
Constant	25,47001	-26,5025	-28,4129	-6,40530
Eigenval	26,71091	0,7705	0,2789	0,00111
Cum.Prop	0,96216	0,9899	1,0000	1,00000

Dalla Matrice della Struttura dei Fattori e della correlazione Variabili – Radici Canoniche (coefficienti della Funzione Discriminante), illustrata in Tabella 4_1_3, emerge come la prima radice sia particolarmente correlata (negativamente) con la salinità, mentre la seconda radice lo è con la profondità dell'acqua. Quindi queste due variabili, ed in particolare la prima (la salinità), sono da sole sufficienti per rappresentare gran parte della variabilità tra le diverse vasche all'interno delle saline, come qualitativamente evidente dai dati dei vari parametri esposti nei paragrafi precedenti.

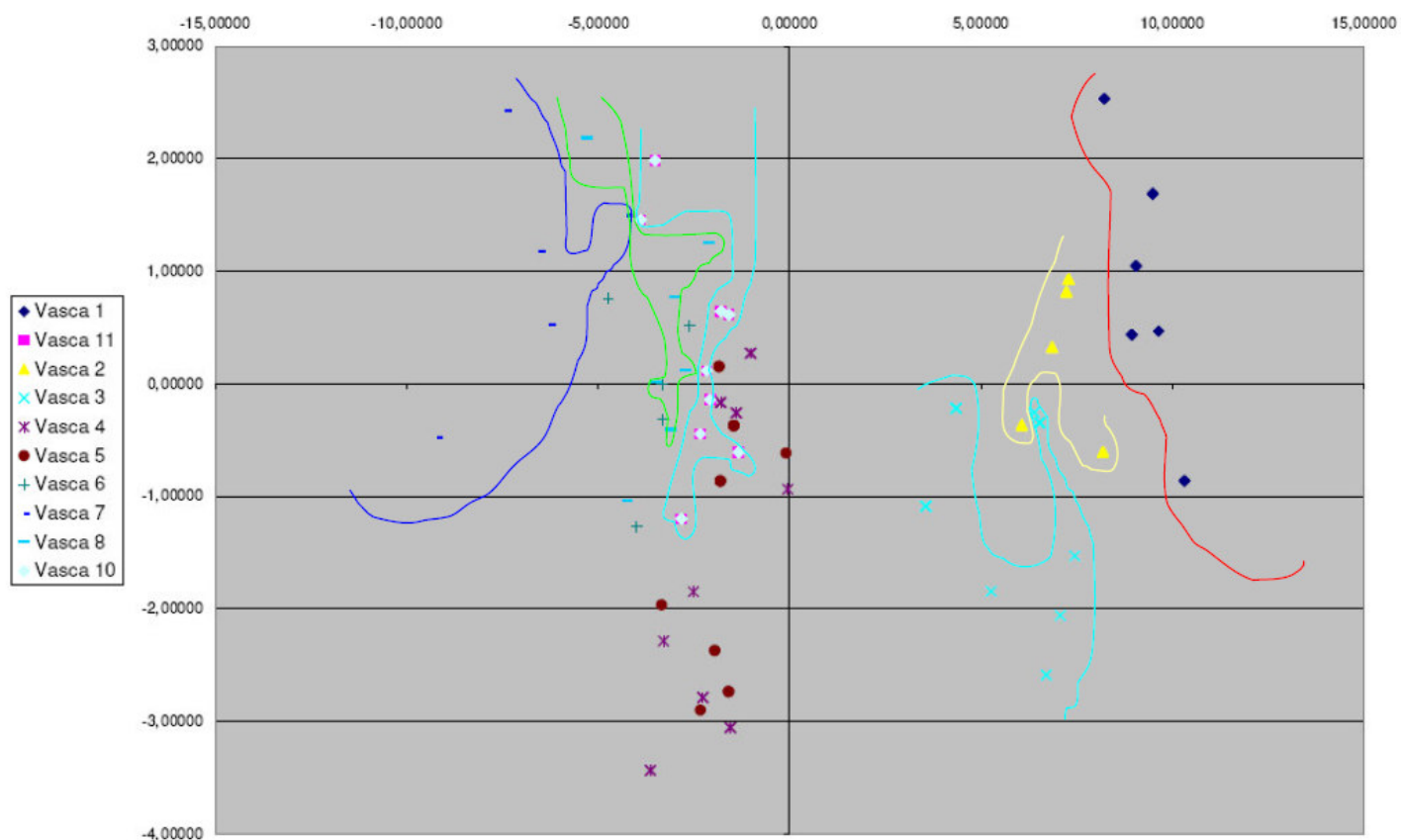
Tabella 4_1_3. Matrice della Struttura dei Fattori e della correlazione Variabili – Radici Canoniche (coefficienti della Funzione Discriminante).

Variable	Factor Structure Matrix (Spreadsheet1 in Cecere anno 1 sec.stw) Correlations Variables - Canonical Roots (Pooled-within-groups correlations)			
	Root 1	Root 2	Root 3	Root 4
Acqua cm	0,183071	0,786964	-0,463415	0,363894
Salinità g/l	-0,753922	0,386487	-0,258336	-0,464211
Ox disc	-0,011378	0,148474	0,205006	-0,967367
pH	-0,065118	0,246232	0,361314	0,896985

Possiamo rappresentare le stazioni delle diverse vasche all'interno delle saline con un grafico che descrive lo spazio delle prime due funzioni discriminanti - radici canoniche (roots 1 e 2), in modo da verificare come queste due radici ottenute con l'analisi discriminante possano distinguere i vari punti di campionamento (Figura 4_1_10).

Da questo grafico possiamo verificare come solo per alcune stazioni è possibile discriminare con chiarezza rispetto alle altre con i parametri considerati, per altre esistono notevoli margini di sovrapposizione. Questo elemento può confondere le analisi successive. In particolare risultano ben distinti i gruppi di vasche n. 1, n. 2 e n. 3 (con riferimento alla classificazione delle saline in n. 13 unità di cui alla Figura 1_3), e il gruppo di vasche n. 7 e (meno chiaramente) n. 8; i gruppi di vasche n. 10 e n. 11 sono perfettamente sovrapposte tra di loro (tra l'altro sono direttamente comunicanti), e ancora abbastanza ben distinguibili dalle altre. I complessi di vasche n. 4 e n. 5 sono molto poco distinguibili tra di loro, leggermente distinta la n. 6.

Figura 4_1_10. Rappresentazione delle stazioni relative alle diverse vasche nello spazio delle prime due funzioni discriminanti (Root 1 e Root 2).



4.2 Check-list delle specie di uccelli acquatici osservate alle Saline di Tarquinia

Presso le Saline di Tarquinia in letteratura erano state segnalate in un ciclo annuale che considerava tutte le specie per il periodo marzo 2003-febbraio 2004 (non solo gli uccelli acquatici) un totale di 159 specie, di cui 100 non Passeriformi (Biondi et al., 2005; 2006).

Nella presente ricerca, per il periodo di studio sul ciclo annuale (dicembre 2004-giugno 2006) sono state osservate 62 specie di uccelli acquatici (Tabella 4_2_1). Non vengono considerate le specie di uccelli non strettamente legate alle zone umide, le specie di uccelli marini osservate nello specchio di mare antistante le saline (in particolare la *Sula bassana* e le berte), le specie alloctone (in particolare il cigno nero), né in generale i Passeriformi. In generale sono state considerate tutte le specie che vengono registrate nell'ambito dei censimenti IWC (International Waterbirds Count).

Tra le specie di uccelli acquatici la specie osservata più frequentemente è stata il gabbiano reale (0,94), seguita da garzetta, germano reale e piovanello pancianera. Solo 14 specie (il 22,6%) sono presenti con una frequenza superiore allo 0,5; altre 31 specie (il 50% esatto) hanno una frequenza compresa tra 0,1 e 0,5. Un numero di 14 specie (il 22,6%) sono state osservate una sola volta, e altre 7 (il 11,3%) tre volte o meno. Guardando l'elenco delle specie la maggiore abbondanza complessiva è stata quella dell'alzavola (3.384 individui osservati nel periodo, pari al 14,7% dell'abbondanza totale, seguita dal fenicottero (3.202 individui, pari al 14,4% dell'abbondanza complessiva). Seguono la pavoncella (2.538), gabbiano comune (2.358), il gabbiano reale (2.230) e il piovanello pancianera (1.936). Le prime cinque specie più abbondanti (pari all'8,1% del numero totale) rappresentano quindi il 59,8% dell'abbondanza complessiva, le prime sei specie il 68,4%. Se arriviamo alle prime dieci specie (aggiungendo fischione, beccapesci, gambecchio e cormorano), si arriva all'81,7% dell'abbondanza complessiva che viene rappresentata da solo il 16,1% delle specie. Ben 40 specie (il 64,5%) hanno una media di meno di 10 individui per ciascuna osservazione, e tra queste ben 25 (il 40,3% del totale) hanno una media uguale od inferiore a 2 individui per osservazione. La comunità degli uccelli delle saline vede quindi una elevata dominanza da parte di pochissime specie, e la maggior parte delle specie presenti con frequenze basse ed abbondanze molto basse. Un numero di 8 specie sono state osservate una sola volta e con un solo individuo.

Se consideriamo anche le osservazioni inserite nel database delle saline precedenti al periodo di studio, basato sulla bibliografia o su dati inediti forniti da colleghi ornitologi, risultano essere state osservate le seguenti specie, per le quali si riportano anche l'autore, l'anno di osservazione, il numero di osservazioni e il numero di individui: nitticora – *Nycticorax nycticorax* (Biondi et al.; 2003; Oss=4; N=8); smergo maggiore – *Mergus merganser* (Biondi et al.; 2004; Oss=2; N=2); voltolino - *Porzana porzana* (Biondi et al.; 2003; Oss=1; N=1); schiribilla – *Porzana parva*

(Biondi et al.; 2003; Oss=1; N=1); beccaccia di mare – *Hematopus ostralegus* (Biondi et al.; 2004; Oss=1; N=1); piovanello maggiore - *Calidris canutus* (Biondi et al.; 2003; Oss=5; N=6); gambecchio frullino – *Limicola falcinellus* (Biondi et al., 2003; Oss=1; N=1); pittima minore *Limosa lapponica* (Biondi et al.; 2003; Oss=2; N=2); chiurlo piccolo – *Numenius phaeopus* (Biondi et al.; 2003; Oss=1; N=1); piro piro culbianco - *Tringa ochropus* (Biondi et al.; 2003; Oss=4; N=7); gavina – *Larus canus* (Biondi et al.; 2003 e 2004; Oss=3; N=4); zafferano – *Larus fuscus* (Biondi et al.; 2003 e 2004; Oss=4; N=5); gabbiano reale nordico - *Larus argentatus* (Biondi et al.; 2003; Oss=1; N=1); gabbiano tridattilo – *Rissa tridactyla* (Biondi et al.; 2003; Oss=1; N=1); sterna zampe nere – *Gelochelidon nilotica* (Biondi et al.; 2003; Oss=1; N=1); sterna maggiore – *Sterna caspia* (Biondi et al.; 2003; Oss=1; N=1); fraticello – *Sterna albifrons* (Biondi et al.; 2003; Oss=1; N=1). Si tratta in totale di n. 17 specie di uccelli acquatici, che portano il totale delle specie osservate alle Saline di Tarquinia a 79. Tutte queste specie (Tabella 4_2_2) hanno frequenze ed abbondanze molto basse, e quindi sebbene contribuiscano a definire la diversità complessiva del sito, non sono rilevanti dal punto di vista della comunità nel suo insieme. Nel periodo successivo a quello del ciclo annuale (dal luglio 2006 al dicembre 2008) non sono state osservate ulteriori specie rispetto a quelle dell'elenco di Tabella 4_2_1, per cui il totale di n. 79 specie di uccelli acquatici è al momento definitivo.

Delle 62 specie osservate nel 2004-2006 alcune (tarabusino, oca selvatica, moretta, moretta tabaccata, mestolone, gru) non erano state osservate in precedenza.

È da rilevare che gli autori precedenti (Allavena, 1976; Andreaus et al. 2001) hanno rilevato un numero di specie inferiore a quello osservato nel periodo di studio e al precedente studio di Biondi et al (2005; 2006).

Tabella 4_2_1. Elenco delle specie osservate presso le saline (dicembre 2004-giugno 2006). Sp. osservate, abbondanza complessiva (N), num. di osservazioni, media per le oss., media complessiva, frequenza di osservazione.

Nome italiano	Nome scientifico	N	Oss	Med Oss	Med Usc	Freq
Tuffetto	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	259	18	14,4	7,6	0,53
svasso maggiore	<i>Podiceps cristatus</i>	82	9	9,1	2,4	0,26
svasso piccolo	<i>Podiceps nigricollis</i>	28	6	4,7	0,8	0,18
Cormorano	<i>Phalacrocorax carbo</i>	562	22	25,5	16,5	0,65
Tarabusino	<i>Ixobrychus minutus</i>	1	1	1,0	0,03	0,03
sgarza ciuffetto	<i>Ardeola ralloides</i>	1	1	1,0	0,03	0,03
airone guardab.	<i>Bubulcus ibis</i>	6	5	1,2	0,2	0,15
Garzetta	<i>Egretta garzetta</i>	533	31	17,2	15,7	0,91
airone bianco maggiore	<i>Casmaerodius albus</i>	138	25	5,5	4,1	0,74
airone cenerino	<i>Ardea cinerea</i>	296	27	11,0	8,7	0,79
airone rosso	<i>Ardea purpurea</i>	1	1	1,0	0,0	0,03
Spatola	<i>Platalea leucorodia</i>	10	3	3,3	0,3	0,09
Fenicottero	<i>Phoenicopiterus ruber</i>	3.202	23	139,2	94,2	0,68
Volpoca	<i>Tadorna tadorna</i>	368	19	19,4	10,8	0,56
Fischione	<i>Anas penelope</i>	1.037	12	86,4	30,5	0,35
Canapiglia	<i>Anas strepera</i>	4	2	2,0	0,1	0,06
Alzavola	<i>Anas crecca</i>	3.384	8	423,0	99,5	0,24
germano reale	<i>Anas platyrhynchos</i>	449	26	17,3	13,2	0,76
Codone	<i>Anas acuta</i>	16	5	3,2	0,5	0,15
Marzaiola	<i>Anas querquedula</i>	70	5	14,0	2,1	0,15
Mestolone	<i>Anas clypeata</i>	27	6	4,5	0,8	0,18
Moriglione	<i>Aythya ferina</i>	239	7	34,1	7,0	0,21
Moretta	<i>Aythya fuligula</i>	8	3	2,7	0,2	0,09
moretta tabaccata	<i>Aythya nyroca</i>	2	1	2,0	0,1	0,03
smergo minore	<i>Mergus serrator</i>	3	1	3,0	0,1	0,03
oca selvatica	<i>Anser anser</i>	2	1	2,0	0,1	0,03
falco di palude	<i>Circus aeruginosus</i>	8	5	1,6	0,2	0,15
falco pescatore	<i>Pandion haliaetus</i>	1	1	1,0	0,0	0,03
Porciglione	<i>Rallus aquaticus</i>	2	2	1,0	0,1	0,06
gallinella d'a.	<i>Galinula chloropus</i>	26	11	2,4	0,8	0,32
Folaga	<i>Fulica atra</i>	317	13	24,4	9,3	0,38
Gru	<i>Grus grus</i>	1	1	1,0	0,0	0,03
Occhione	<i>Burhinus oedicephalus</i>	2	1	2,0	0,1	0,03
cavaliere d'Italia	<i>Himantopus himantopus</i>	87	11	7,9	2,6	0,32
Avocetta	<i>Recurvirostra avosetta</i>	105	15	7,0	3,1	0,44
corriere piccolo	<i>Charadrius dubius</i>	8	7	1,1	0,2	0,21
corriere grosso	<i>Charadrius hiaticula</i>	41	4	10,3	1,2	0,12
Fratino	<i>Charadrius alexandrinus</i>	47	8	5,9	1,4	0,24
piviere dorato	<i>Pluvialis apricaria</i>	1	1	1,0	0,0	0,03
Pivieressa	<i>Pluvialis squatarola</i>	3	2	1,5	0,1	0,06
Pavoncella	<i>Vanellus vanellus</i>	2.538	9	282,0	74,6	0,26
piovanello tridattilo	<i>Calidris alba</i>	7	2	3,5	0,2	0,06
Gambecchio	<i>Calidris minuta</i>	681	22	31,0	20,0	0,65
piovanello	<i>Calidris ferruginea</i>	2	1	2,0	0,1	0,03
piovanello pancianera	<i>Calidris alpina</i>	1.963	26	75,5	57,7	0,76
Combattente	<i>Philomachus pugnax</i>	152	7	21,7	4,5	0,21
Beccaccino	<i>Gallinago gallinago</i>	208	5	41,6	6,1	0,15
pittima reale	<i>Limosa limosa</i>	20	4	5,0	0,6	0,12

chiurlo maggiore	<i>Numenius arquata</i>	11	6	1,8	0,3	0,18
totano moro	<i>Tringa erythropus</i>	8	5	1,6	0,2	0,15
Pettegola	<i>Tringa totanus</i>	179	20	9,0	5,3	0,59
Albastrello	<i>Tringa stagnatilis</i>	1	1	1,0	0,0	0,03
Pantana	<i>Tringa nebularia</i>	19	6	3,2	0,6	0,18
piro piro boscher.	<i>Tringa glareola</i>	5	4	1,3	0,1	0,12
piro piro piccolo	<i>Actitis hypoleucos</i>	30	5	6,0	0,9	0,15
gabbiano corallino	<i>Larus melanocephalus</i>	147	7	21,0	4,3	0,21
gabbiano com.	<i>Larus ridibundus</i>	2.358	24	98,3	69,4	0,71
gabbiano roseo	<i>Larus genei</i>	47	12	3,9	1,4	0,35
gabbiano corso	<i>Larus audouinii</i>	19	3	6,3	0,6	0,09
gabbiano reale	<i>Larus cachinnans</i>	2.230	32	69,7	65,6	0,94
Beccapesci	<i>Sterna sandvicensis</i>	769	17	45,2	22,6	0,50
sterna comune	<i>Sterna hirundo</i>	1	1	1,0	0,0	0,03
mignattino	<i>Chlidonias niger</i>	2	1	2,0	0,1	0,03
martin pescatore	<i>Alcedo attis</i>	6	5	1,2	0,2	0,15
Gruccione	<i>Merops apiaster</i>	40	7	5,7	1,2	0,21
Upupa	<i>Upupa epops</i>	12	8	1,5	0,4	0,24
cigno reale	<i>Cygnus olor</i>	97	18	5,4	2,9	0,53
TOTALE INDIVIDUI		22.929				
Totale n. specie acquatici		62				
Totale n. specie generale		67				

Tabella 4_2_2. Elenco delle altre specie osservate in precedenza presso le saline (2000-2004) e non più riosservate nel periodo di studio. Specie osservate, abbondanza complessiva (N), numero di osservazioni, media per le osservazioni, anno, autore.

Nome italiano	Nome scientifico	N	Oss	Med Oss	Anno	Autore
Nitticora	<i>Nycticorax nycticorax</i>	8	4	2	2003	Biondi et al., 2005
smergo maggiore	<i>Mergus merganser</i>	2	2	1	2004	Biondi et al., 2005
Voltolino	<i>Porzana porzana</i>	1	1	1	2003	Biondi et al., 2005
Schiribilla	<i>Porzana parva</i>	1	1	1	2003	Biondi et al., 2005
beccaccia di mare	<i>Hematopus ostralegus</i>	1	1	1	2004	Biondi et al., 2005
piovanello maggiore	<i>Calidris canutus</i>	6	5	1,2	2003	Biondi et al., 2005
gambecchio frullino	<i>Limicola falcinellus</i>	1	1	1	2003	Biondi et al., 2005
pittima minore	<i>Limosa lapponica</i>	2	2	1	2003	Biondi et al., 2005
chiurlo piccolo	<i>Numenius phaeopus</i>	1	1	1	2003	Biondi et al., 2005
piro piro culbianco	<i>Tringa ochropus</i>	7	4	1,75	2003	Biondi et al., 2005
Gavina	<i>Larus canus</i>	4	3	1,33	2003/4	Biondi et al., 2005
Zafferano	<i>Larus fuscus</i>	5	4	1,25	2003/4	Biondi et al., 2005
gabbiano reale nordico	<i>Larus argentatus</i>	1	1	1	2003	Biondi et al., 2005
gabbiano tridattilo	<i>Rissa tridactyla</i>	1	1	1	2003	Biondi et al., 2005
sterna zampanere	<i>Gelochelidon nilotica</i>	1	1	1	2003	Biondi et al., 2005
sterna maggiore	<i>Sterna caspia</i>	1	1	1	2003	Biondi et al., 2005
Fratello	<i>Sterna albifrons</i>	1	1	1	2003	Biondi et al., 2005
pesciaiola	<i>Mergus albellus</i>	2	1	2	2004	Nascetti com. pers.

4.3 Indicazioni relative alla nidificazione di specie acquatiche nel passato e nel periodo dello studio (specie, demografia, fattori limitanti)

Le Saline di Tarquinia sono un sito significativamente importante per la nidificazione di diverse specie di uccelli acquatici, ed uno dei pochi siti nei quali questa nidificazione è possibile nell'intero ambito della Regione Lazio. Le specie nidificanti appartengono a tre gruppi: Ardeidi (Garzetta – *Egretta garzetta* ed Airone guardabuoi – *Bubulcus ibis*), che nidificano in una garzaia in un sito boscato immediatamente limitrofo alle Saline, la cui conservazione e protezione è uno degli obiettivi principali da acquisire nel breve termine; Anatidi rari e localizzati in ambienti salmastri e ipersalini come la Volpoca (*Tadorna tadorna*); limicoli di varie specie, che trovano nelle Saline di Tarquinia uno dei pochissimi siti di nidificazione di tutta la costa Tirrenica (Avocetta – *Recurvirostra avosetta*; Cavaliere d'Italia – *Himantopus himantopus*; Pettegola – *Tringa totanus*; Corriere piccolo – *Charadrius dubius*; Fratino – *Charadrius alexandrinus*). Gli Ardeidi, come detto, utilizzano un piccolo bosco limitrofo alle saline; la Volpoca nidifica in buchi nel terreno, in genere tane abbandonate di volpe o di istrice; i limicoli utilizzano gli argini delle saline, o nel caso del Fratino e del Corriere piccolo potenzialmente possono utilizzare anche la spiaggia al confine ovest del sito.

La nidificazione di gran parte di queste specie è da considerarsi irregolare; quindi nonostante le Salie di Tarquinia rappresentino un'area di grande interesse, come testimoniato dai tentativi o dalle nidificazioni riuscite delle diverse specie, rimangono evidentemente alcuni fattori limitanti che impediscono un successo definitivo e un insediamento costante dei nidificanti.

Tra questi fattori possiamo citare molto probabilmente: 1) il disturbo diretto agli adulti da parte delle persone presenti nell'area a vario titolo in periodo primaverile; 2) il disturbo indiretto dovuto ad improvvisi cambiamenti del livello delle acque nel periodo di nidificazione; 3) la predazione di uova e pulli da parte di cani, gatti, ratti e gabbiani; 4) per le specie nidificanti sulla spiaggia la presenza di persone e cani in periodo tardo primaverile e all'inizio dell'estate (primi bagnanti).

Oltre alle specie sopra ricordate possiamo citare come esempio interessante quello del Gruccione (*Merops apiaster*). Nel corso dello studio (primavera 2005) è stato osservato un primo tentativo di nidificazione su un argine nei pressi della vasca n. 45, vicino alla strada di accesso centrale alle saline; sono stati osservati 30-40 individui di Gruccione che scavavano i nidi nell'argine. A colonia ormai insediata un intervento di taglio della vegetazione esattamente sull'argine in questione dovuto ad un intervento di manutenzione ordinaria delle saline portava all'abbandono completo della colonia. L'anno successivo un numero inferiore di individui ha probabilmente nidificato, come negli anni successivi, in altra zona della salina (sull'argine ovest, verso il mare, nell'area sud delle

saline). In Tabella 4_3_1 sono riportate le specie di uccelli acquatici nidificanti e alcuni parametri della riproduzione.

Tabella 4_3_1. Specie di uccelli acquatici nidificanti presso le Saline di Tarquinia e immediati dintorni (periodo considerato dal 2000 al 2008).

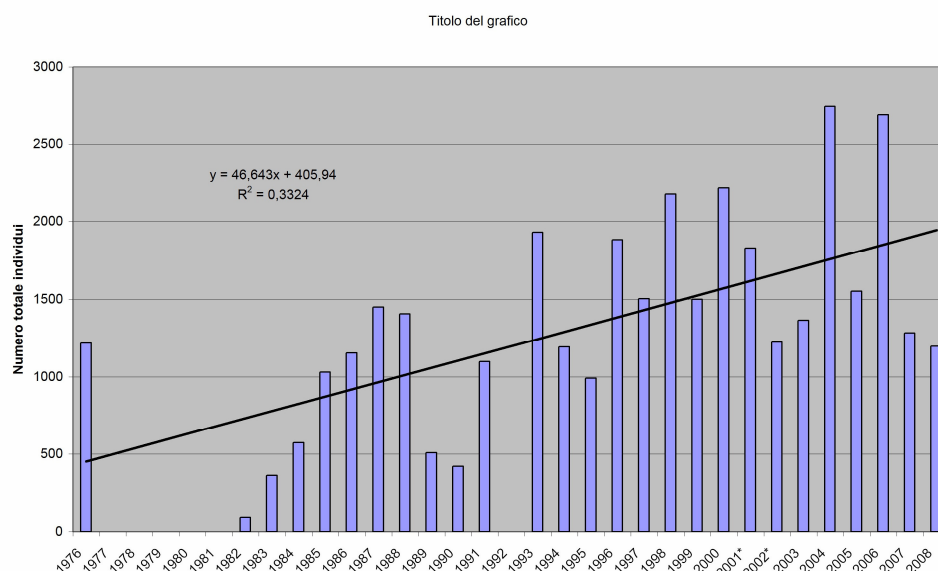
<i>Specie</i>	<i>Nome scientifico</i>	<i>Anni di nid.</i>	<i>Tipologia nidific.</i>	<i>Numero indicativo di coppie</i>	<i>Status</i>	<i>Fonte</i>
Garzetta	<i>Egretta garzetta</i>	2000-	Certa, trovate uova e pulli	20-30	Nidificante regolare	Rigoli et al., 2001
Airone guardabuoi	<i>Bubulcus ibis</i>	2008	Certa, trovate uova e pulli	2-3	Nidificante regolare	Biondi et al., 2008
Germano reale	<i>Anas platyrhynchos</i>	2000-	Certa, osservati juv. non volanti	2-3	Nidificante regolare ?	Oss. pers.
Volpoca	<i>Tadorna tadorna</i>	2000-	Certa (non tutti gli anni), trovate uova	1-2	Nidificante regolare ?	Laurenti et al., 2001
Gallinella d'acqua	<i>Galinula chloropus</i>	2000-	Certa, osservati juv. non volanti	2-3	Nidificante regolare	Oss. pers.
Cavaliere d'Italia	<i>Himantopus himantopus</i>	2000	Prob.	1-2	Nidificante irregolare	Biondi et al., 2001
Avocetta	<i>Recurvirostra avosetta</i>	2007	Certa, osservati pulli	2-3	Nidificante irregolare	Biondi et al., 2007
Pettegola	<i>Tringa totanus</i>	2000	Possibile	1-2	Nidificante irregolare	Biondi et al., 2001
Fratino	<i>Charadrius alexandrinus</i>	2000	Prob.	2-3	Nidificante regolare	Biondi et al., 2001
Corriere piccolo	<i>Charadrius dubius</i>	2000	Prob.	2-3	Nidificante regolare	Biondi et al., 2001
Gruccione	<i>Merops apiaster</i>	2005-	Prob.	10-15	Nidificante irregolare	Oss. pers.

Il riferimento all'anno 2000 include anche gli anni precedenti – vedi bibliografia per ulteriori dettagli.

4.4 *La serie storica relativa agli uccelli svernanti*

Sono disponibili i dati dei censimenti di metà inverno (mese di Gennaio) di ciascun anno a partire dal 1982 con continuità, e per il 1976 (Allavena, 1976). La tendenza è di un aumento delle presenze ($R^2=0,3324$). Il massimo delle presenze è stato raggiunto nel 2004 (con 2.742 uccelli presenti) e nel 2006 (con 2688 uccelli presenti).

Figura 4_4_1. Andamento dello svernamento (Censimenti IWC) nelle Saline di Tarquinia (1976-2008).



Considerando tutti gli anni con l’eccezione del 1976 (anno “disgiunto” dagli altri nella serie) ed effettuando una stima per l’anno 1992¹, l’unico della serie 1982-2008 per il quale non sono disponibili i dati del censimento di metà inverno, emerge l’andamento illustrato in Figura 4_4_1, che mostra una tendenza significativa all’aumento – vedi Tabella 4_4_1 ($R=0,643$; $R^2=0,413$; $F=16,921$; $p=0,0004$).

Tabella 4_4_1. Regressione per il totale degli uccelli svernanti Censimento IWC (1982-2008)

Regression Summary for Dependent Variable: Censimento IWC						
R= ,64304834 R²= ,41351116 Adjusted R²= ,38907413 F(1,24)=16,921 p<,00040 Std.Error of estimate: 523,35						
N=26	Beta	Std.Err. of Beta	B	Std.Err. of B	t(24)	p-level
Intercept			-105069	25872,95	-4,06095	0,000452
Anno	0,643048	0,156323	53	12,97	4,11357	0,000395

¹ Stima ottenuta per ciascun valore attraverso la media tra le medie dei due anni precedenti e i due anni successivi.

Un confronto tra l'andamento del totale di svernanti nel Censimento di metà inverno IWC, che si tiene in genere tra la seconda e la terza settimana di gennaio di ogni anno (Figura 4_4_2), e l'andamento delle temperature medie del mese di gennaio per la stazione meteorologica di Viterbo (Figura 4_4_3), nonché con le temperature minime del mese di gennaio di ciascun anno per la stessa stazione meteorologica (Tabella 4_4_4) permette di valutare qualitativamente una eventuale possibile correlazione tra i due andamenti (svernanti e temperature). In realtà non pare esserci una correlazione molto stretta, anche se potrebbe sembrare che ad anni con le temperature minime particolarmente alte corrisponda un numero complessivo di svernanti più basso. Va ricordato che la tendenza all'aumento complessivo degli svernanti negli ultimi anni potrebbe mascherare altri effetti.

Figura 4_4_2. Dati Censimento IWC per le Saline di Tarquinia (1982-2008).

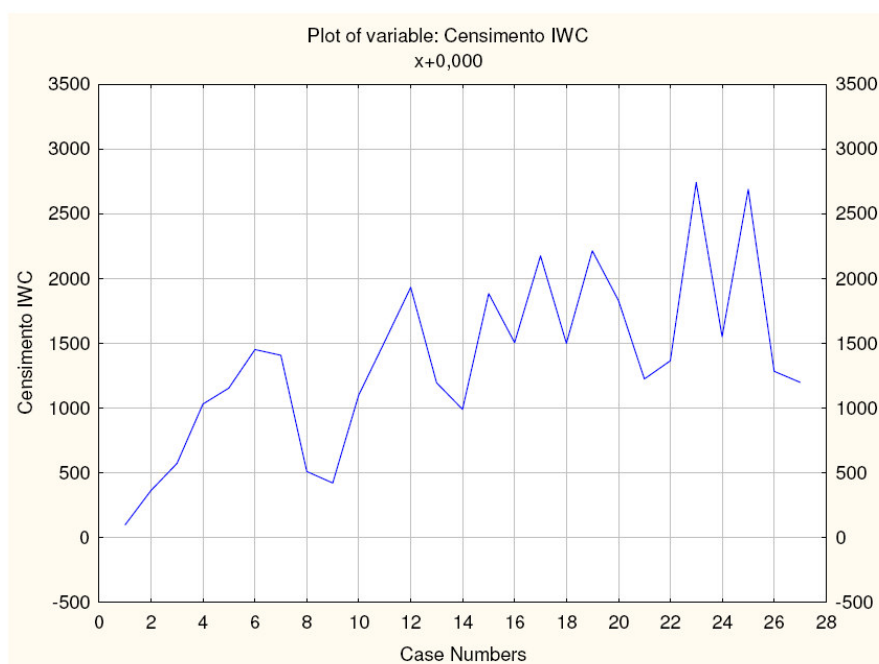


Figura 4_4_3. Temperature Minime di gennaio (Viterbo)

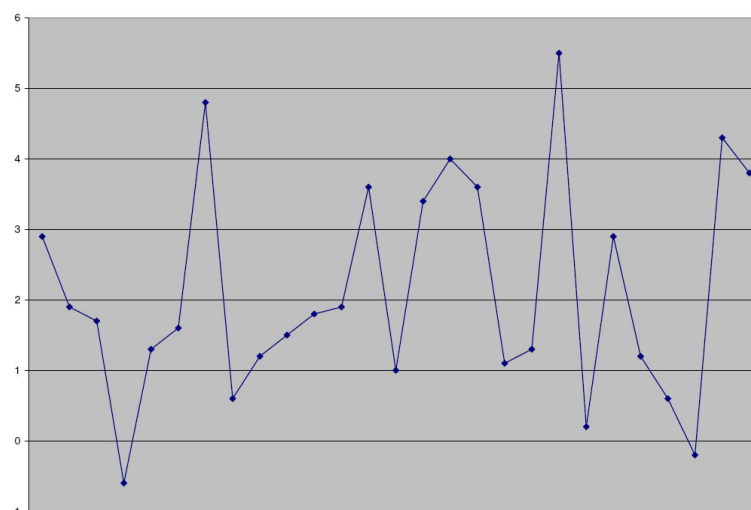
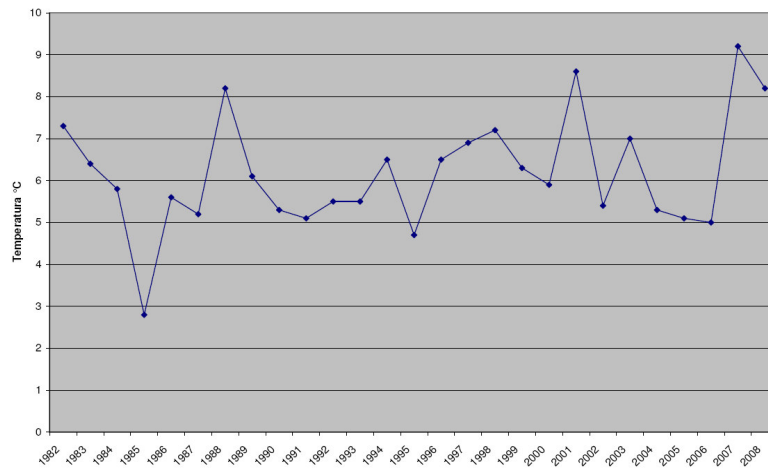
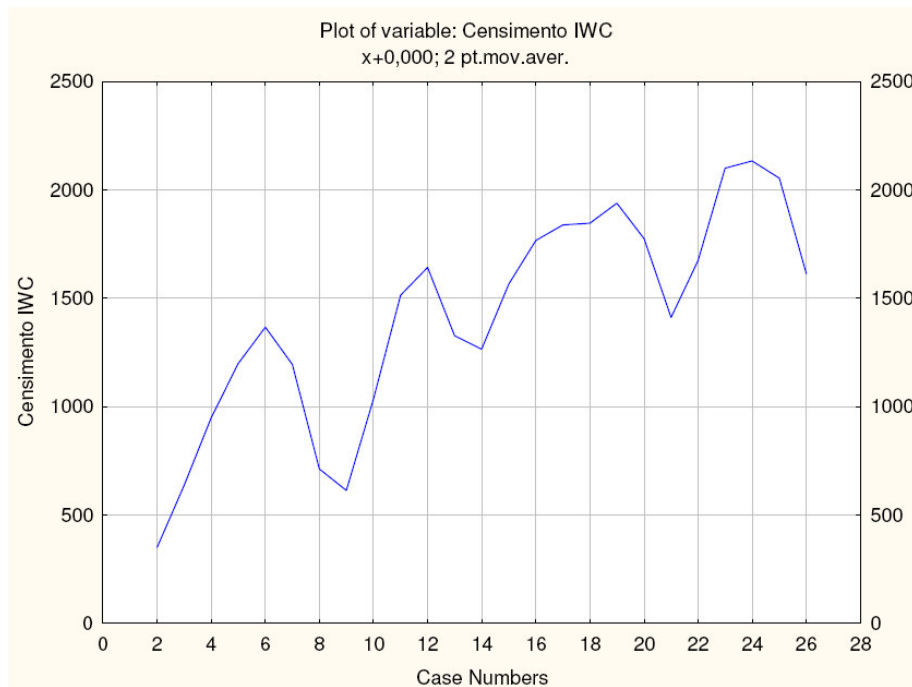


Figura 4_4_4. Temperature Medie di gennaio (Viterbo)



Per verificare eventuali andamenti possiamo utilizzare il metodo della media mobile (Figura 4_4_5), che permette di attenuare il “segnale” di fondo dovuto all’effettuazione di censimenti ripetuti nello stesso sito anno dopo anno, che presenta un certo grado di autocorrelazione.

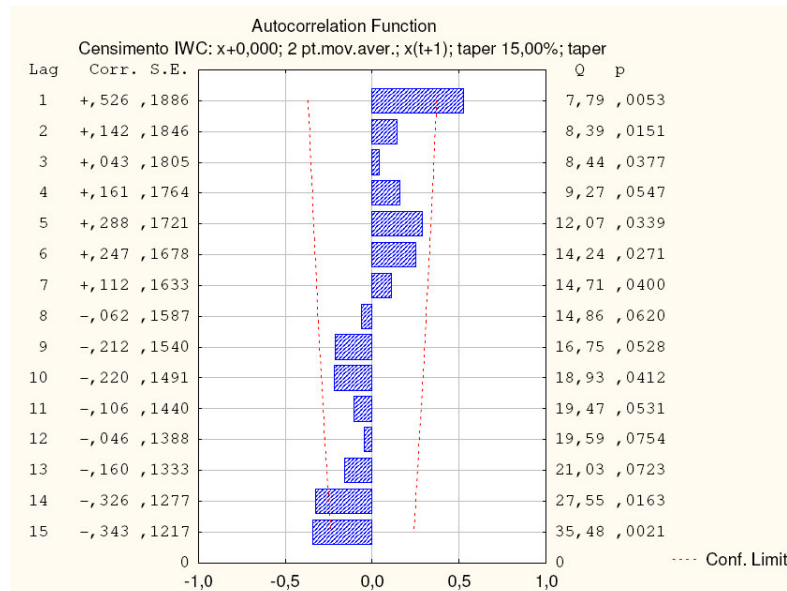
Figura 4_4_5. Variabile Censimento IWC (analisi con il metodo della media mobile)



Il livello di autocorrelazione dei dati è rappresentato nella Figura 4_4_6 (Funzione di autocorrelazione). In questo caso se confrontiamo la serie trattata dei dati possiamo notare che, al di là del chiaro andamento in crescita della serie, sembrerebbe che i picchi negativi si abbiano

chiaramente in determinati anni (1982, 1989, 1996, 2003, 2008 – rappresentati come 9, 14, 21 e 26 in legenda), che non sembrano corrispondere a particolari situazioni ricorrenti di temperatura.

Figura 4_4_6. Funzione di autocorrelazione per la variabile “Censimento IWC” (media mobile).



4.4.1 Serie storica per i guild di specie (distinte per le preferenze alimentari)

È possibile raggruppare le specie secondo il loro spettro alimentare, in modo da valutare se negli anni esistono delle differenze tra di essi nell’evoluzione della presenza nel sito (Figura 4_4_7). In questo caso sono stati considerati: Onnivori di superficie (Anatre di superficie, Tuffetto), Onnivori tuffatori (Anatre), Erbivori (Fischione, Folaga, altri Rallidi); Filtratori (Fenicottero, Volpoca, Spatola); Planctivori; Gabbiani (che utilizzano la salina solo come sito di roosting); Limicoli piccoli, medi e grandi e Limicoli che amano i prati (Pavoncella e Piviere Dorato); Piscivori (Cormorano, Svasso maggiore); Predatori (Rapaci diurni).

Il contributo dei diversi guild alimentari di specie negli anni al totale delle presenze è piuttosto variabile. Nei primi anni (Anni '80 e '90) il guild “Erbivori”, rappresentato da specie come Fischione e Folaga, rappresentava una parte grandemente significativa del complesso del popolamento. Negli ultimi anni tale guild risulta molto ridotto, in maniera piuttosto evidente. Le ragioni di questo andamento potrebbero essere ricondotte al progressivo aumento di salinità del sito (Biondi et al., 2006), ma anche probabilmente alla diminuzione di disponibilità di alghe (macrofite) che altri studi precedenti hanno correlato al progressivo degrado del sito dovuto alla scarsità di circolazione delle acque, alla limitatezza della colonna d’acqua e all’aumento della presenza di

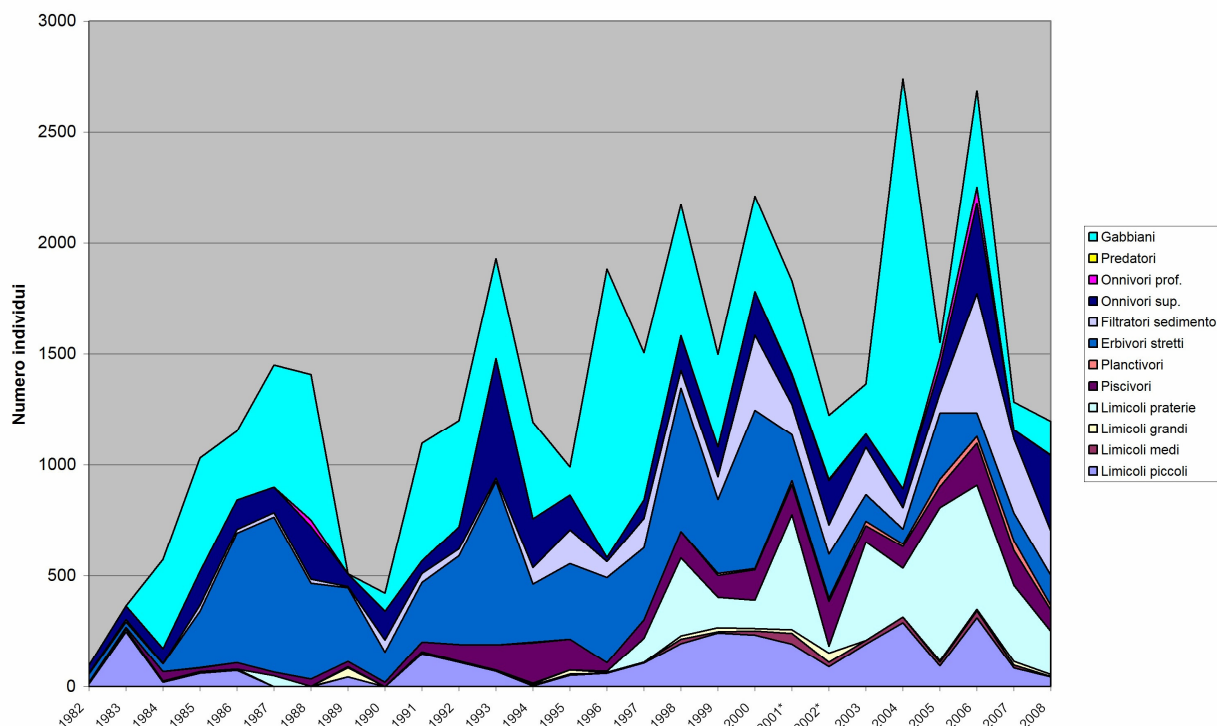
nutrienti sul fondo delle vasche (Nascetti, *in verbis*). Un andamento simile è seguito dalla presenza dei Laridi (Gabbiani), che non utilizzando il sito, in generale, per l'alimentazione – utilizzando invece le aree di spiaggia e marine fronteggianti le Saline – ma piuttosto per la sosta e il riposo. In questo caso è più difficile immaginare motivazioni di questo andamento, che potrebbero essere fatte risalire al disturbo (antropico o per altre cause), ad esempio la persistente presenza di velivoli leggeri a bassissima quota sull'area a causa della presenza di una aviosuperficie sul confine della Riserva Naturale; ma anche alla biologia di queste specie, che tendono ad utilizzare le aree di sosta in modo piuttosto non lineare.

Particolarmente rilevante è da questo punto di vista la presenza del Gabbiano corallino, specie che qualifica l'area come IBA, che in alcuni anni è arrivato a contare fino a circa 1500 individui svernanti, ed in altri anni è stato quasi assente. Negli ultimi anni risultano in notevole aumento soprattutto i “Filtratori del sedimento”, ed in particolare i Fenicotteri, grazie ad una dinamica in costante ascesa della presenza di questa specie (vedi oltre). In aumento, ma con una dinamica piuttosto variabile nei diversi anni, i “Limicoli praterie” (in particolare la Pavoncella), che utilizzano il sito per riposo e solo minimamente per alimentazione, preferendo utilizzare d'inverno i campi nell'intorno, nei quali pascolano in *flock* plurispecifici con il Piviere dorato. I “Limicoli piccoli” sono anche in aumento, sebbene anche in questo caso con una presenza molto scostante nei diversi anni. La specie maggiormente rappresentativa in questo caso è il Piovanello pancianera, insieme al Gambecchio (vedi in seguito).

Da un punto di vista complessivo l'aumento costante delle presenze è da attribuirsi molto probabilmente alla progressiva maggiore protezione del sito a partire dall'istituzione dell'area protetta, alla posa di un recinto perimetrale da parte del CFS e opere correlate (capanni), che ha permesso la drastica diminuzione del disturbo dovuto alla presenza umana e di animali inselvatichiti (cani e gatti), alla cessazione della raccolta del sale nel 1987 e conseguente diminuzione della presenza umana nelle vasche.

Il disturbo gioca probabilmente un ruolo particolarmente rilevante nelle Saline di Tarquinia rispetto ad altre saline e zone umide mediterranee, per le ridotte dimensioni del sito e per la forma allungata del complesso, che riduce la distanza tra le aree perimetrali e quelle centrali dell'area, diminuendo drasticamente la distanza di fuga possibile per gli animali. Altre saline anche a gestione industriale, come ad esempio le Salin-de-Giraud in Camargue o le Saline di Margherita di Savoia, soffrono meno questo problema per le notevolissime estensioni spaziali in gioco (migliaia di ettari), che permettono la presenza di ampie aree scarsamente raggiungibili dalle persone e quindi molto protette da un costante disturbo, che in vece si presenta a Tarquinia.

Figura 4_4_7. Andamento dello svernamento (Censimenti IWC) per spettro alimentare delle specie.



Possiamo quindi analizzare l'andamento per alcune specie particolarmente significative dal punto di vista delle relazioni specie-habitat, appartenenti ai diversi gruppi (guild) sopra considerati. Ad esempio innanzitutto è interessante esaminare l'andamento di due specie strettamente erbivore, il Fischione (*Anas penelope*) e la Folaga (*Fulica atra*).

Fischione (*Anas penelope*)

Per il Fischione l'andamento delle presenze (Figura 4_4_8 a e b), piuttosto variabile tra un anno e l'altro, non presenta una tendenza significativa se esaminata per l'intero periodo ($R = -0,20752523$; $R^2 = 0,04306672$; F con 1 e 25 gdl $= 1,1251$ $p < ,29$). Invece se si valutano solo gli anni dal 1987 in poi la correlazione è significativa, verso un aumento delle presenze ($R = ,60754113$; $R^2 = ,36910623$; F con 1 e 20 gdl $= 11,701$; $p < ,00271$). Il netto decremento delle presenze di Fischione in quest'area negli anni, non osservato a livello nazionale (Baccetti et al., 2002), potrebbe essere legato alle variazioni ambientali complessive sopravvenute con l'abbandono della gestione della salina, ed in particolare con i cambiamenti della composizione del popolamento di flora algale presente (diminuzione della *Ruppia*) di cui si nutre prevalentemente la specie alle Saline di Tarquinia.

Figura 4_4_8. Andamento della presenza del Fischione (*Anas penelope*). Censimento IWC 1982-2008.

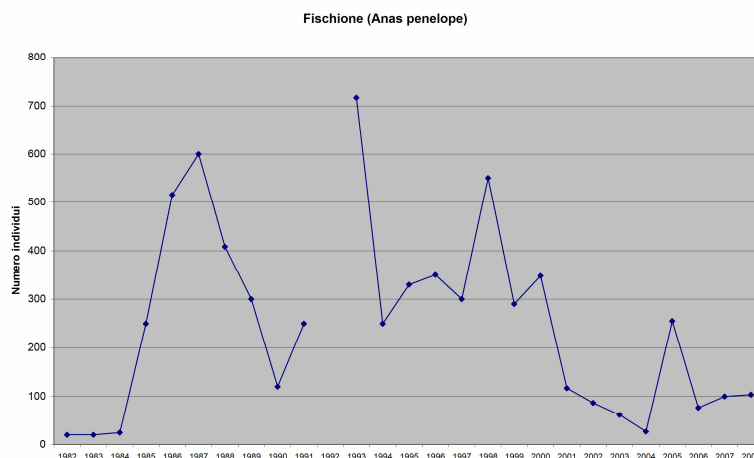
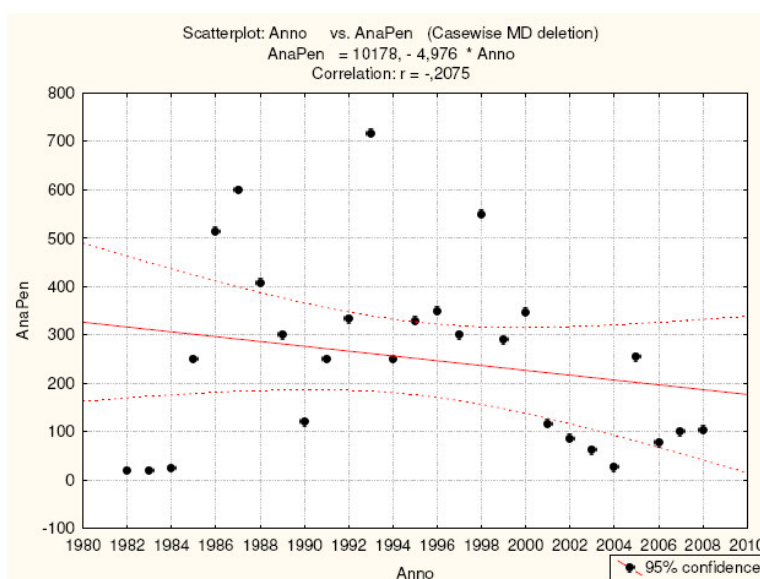


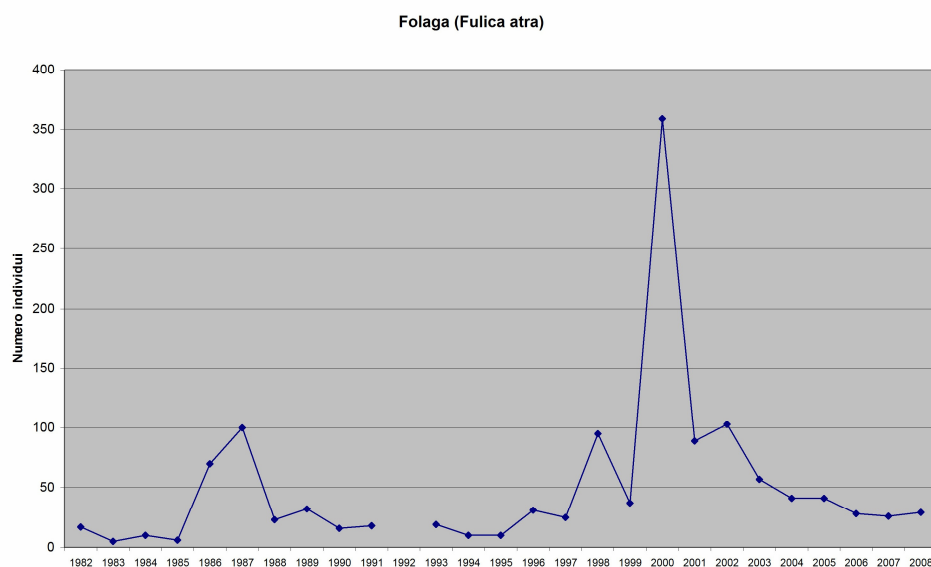
Tabella 4_4_8_b. Analisi di regressione della serie storica del Fischione.



Folaga (*Fulica atra*)

La Folaga presenta un andamento completamente diverso, con una costante presenza a livelli medio bassi di numeri, ma con alcuni picchi negli anni 1986-87 e nel periodo 1999-2002, con il massimo raggiunto nell'inverno 2000 (oltre 350 individui). Quest'andamento è difficilmente spiegabile con fattori locali, e non pare correlato con l'abbandono dell'attività delle saline. In questo caso potrebbero intervenire fattori esterni, come gli spostamenti della popolazione svernante tra siti limitrofi, e quindi con spostamento alle Saline di Tarquinia di gruppi di individui da altri siti dove la Folaga è particolarmente abbondante, con un fenomeno non ripetitivo e legato a condizioni particolari e momentanee.

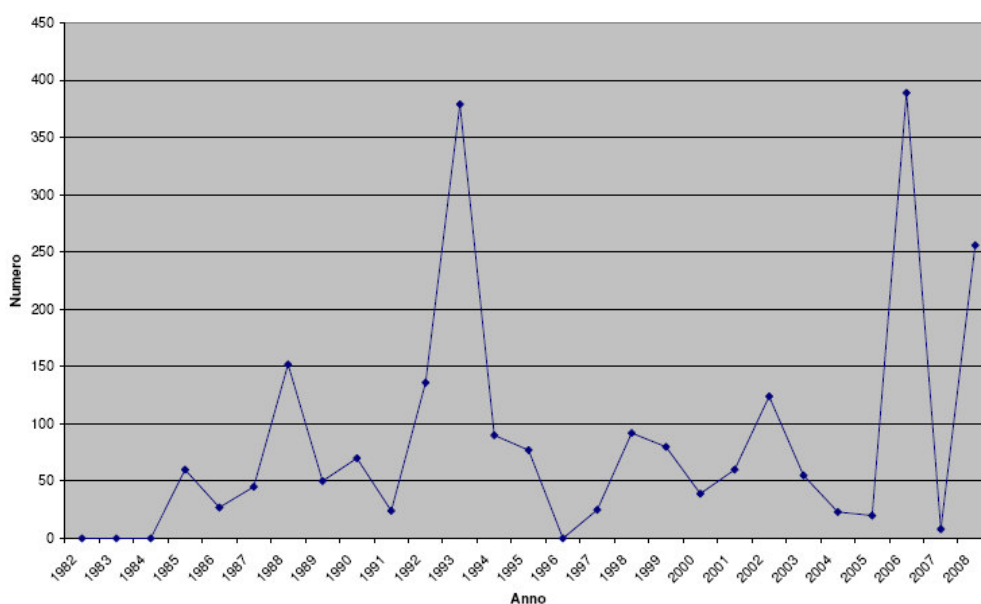
Figura 4_4_9. Andamento della presenza della Folaga (*Fulica atra*), Censimento IWC 1982-2008.



Alzavola (*Anas crecca*)

Un'altra specie di anatra che ha abitudini vegetariane, sia pure con una dieta più ricca della frazione animale, è l'Alzavola (*Anas crecca*). L'andamento della specie è molto variabile, con picchi oltre 350 individui in determinati anni, seguiti da cali improvvisi, e non sembrerebbe presentare una tendenza significativa lungo tutto il periodo ($R = ,29770279$; $R^2 = ,08862695$; F con 1 e 25 gdl=2,4311; $p < ,13152$).

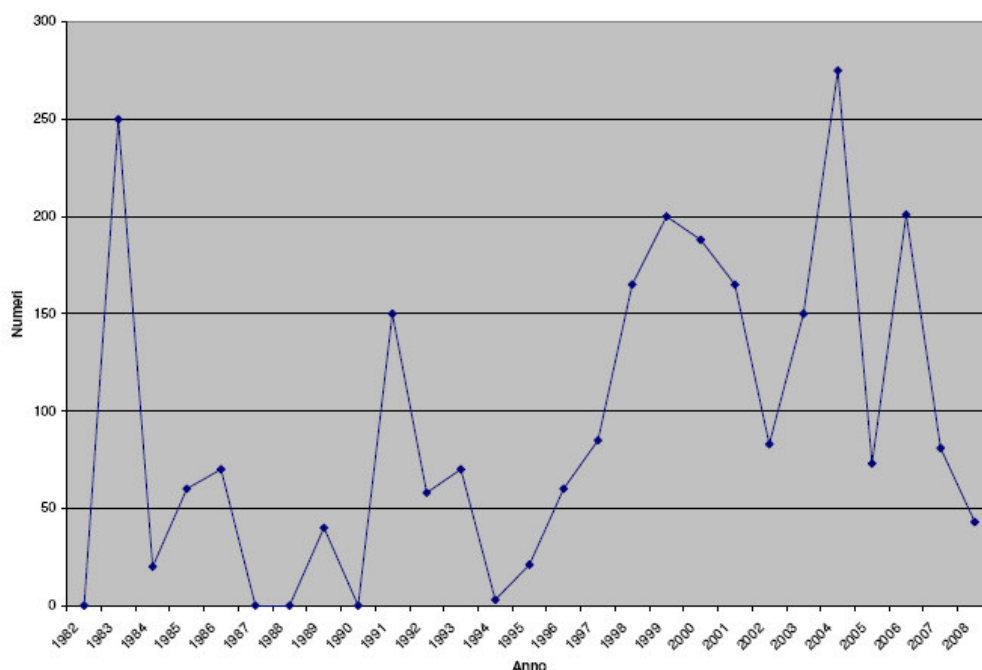
Figura 4_4_10. Andamento della presenza della Alzavola (*Anas crecca*). Censimento IWC 1982-2008.



Piovanello pancianera (*Calidris alpina*)

Il Piovanello pancianera (*Calidris alpina*) è la specie tra i limicoli maggiormente abbondante, in media, alle saline. Si tratta di una specie che si nutre prevalentemente di fauna bentonica o che vive nel sedimento umido o coperto da acque bassissime. Sverna in gruppi di qualche centinaio di individui (alle Saline di Tarquinia), che restano imbrancati durante tutto l'inverno. L'andamento pluriennale tra il 1982 e il 2008 presenta una tendenza significativa all'incremento delle presenze ($R = ,39353967$; $R^2 = ,15487347$; F con 1 e 25 gdl=4,5814; $p < ,04226$), anche se sono stati osservati i picchi massimi (circa 250 individui svernanti) già nei primi anni '80, poi ripetutisi negli ultimi anni. Negli ultimi due anni i numeri sono stati decisamente più limitati (sotto i 100 individui presenti). Durante il periodo delle migrazioni possono essere osservati gruppi anche di dimensioni ancora maggiori.

Figura 4_4_11. Andamento presenza Piovanello pancianera (*Calidris alpina*). Cens. IWC 1982-2008.

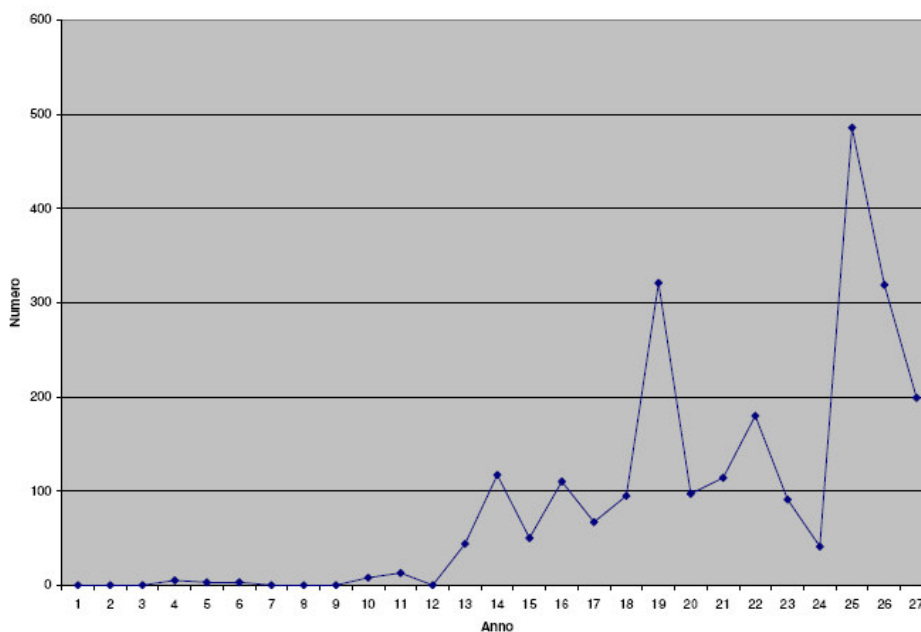


Fenicottero (*Phoenicopterus ruber*)

La specie filtratrice di maggiore rilevanza per le saline è il Fenicottero (*Phoenicopterus ruber*), il cui andamento negli anni alle Saline è in costante crescita (Figura 4_4_12). I primi individui di Fenicottero svernanti alle Saline di Tarquinia sono stati osservati nei primi anni '90, anche se le prime segnalazioni di individui di passaggio sono state anche precedenti.

Negli anni la crescita del contingente svernante risulta fortemente significativa ($R = ,72104457$; $R^2 = 0,51990527$; F con 1 e 25 gdl = 27,073; $p < ,00002$). In effetti gli individui che frequentano le Saline di Tarquinia sono parzialmente gli stessi che frequentano altre lagune Tirreniche come Burano e Orbetello, ma nel corso del ciclo stagionale ci sono ampi scambi anche con altri siti (Comacchio, aree Spagnole), come dimostrato dalla lettura degli anelli leggibili a distanza (diverse decine di letture sono state effettuate anche nel corso del presente studio e comunicate alla centrale internazionale di raccolta dei dati). Il Fenicottero è una specie che potenzialmente può nidificare nelle saline mediterranee, ma richiede situazioni di particolare tranquillità e di gestione attenta dei siti nei confronti del disturbo.

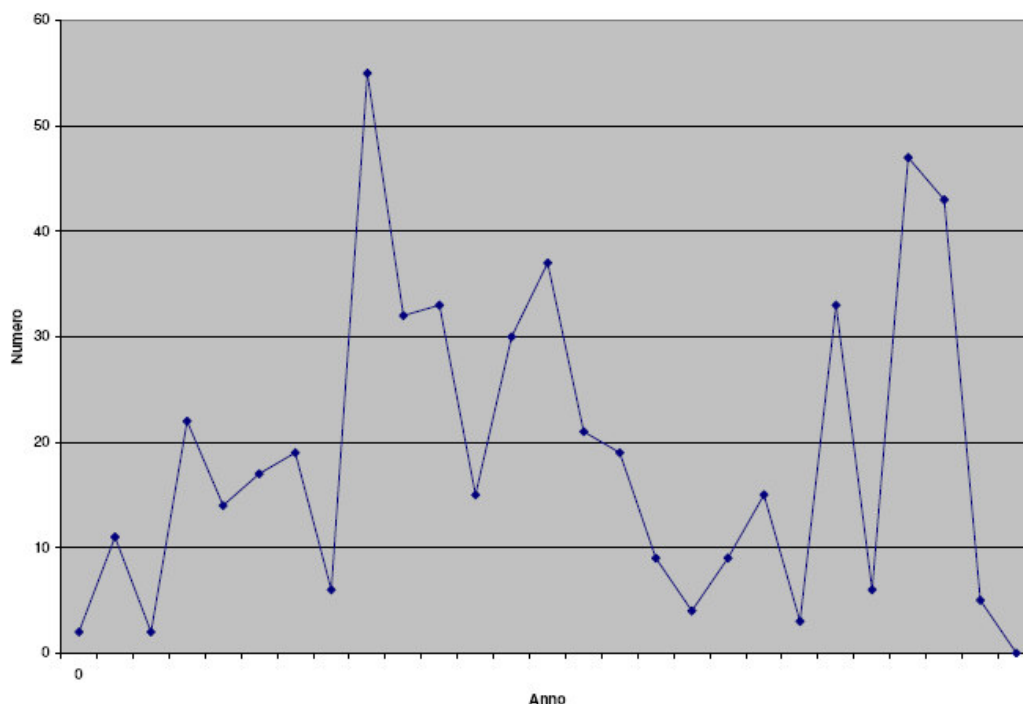
Figura 4_4_12. Andamento presenza del Fenicottero (*Phoenicopterus ruber*), Cens. IWC 1982-2008.



Volpoca (*Tadorna tadorna*)

Molto specializzata per gli ambienti delle saline e gli ambienti salmastri in genere è la Volpoca (*Tadorna tadorna*), una oca che scava la tana negli argini di terra e sabbia. E' una delle poche specie di uccelli acquatici che nidifica o tenta di nidificare alle Saline di Tarquinia, già da alcuni anni (Biondi et al., 2001). L'andamento dello svernamento è piuttosto irregolare, anche se si arriva sovente a numeri di una certa consistenza (anche fino ad alcune decine di individui). La tendenza della serie pluriennale dei dati di presenza a metà inverno della specie non è significativa ($R = 0,05956254$; $R^2 = 0,00354770$; F con 1 e 25 gdl = 0,08901; $p < ,76791$).

Figura 4_4_13. Andamento presenza della Volpoca (*Tadorna tadorna*), Cens. IWC 1982-2008.

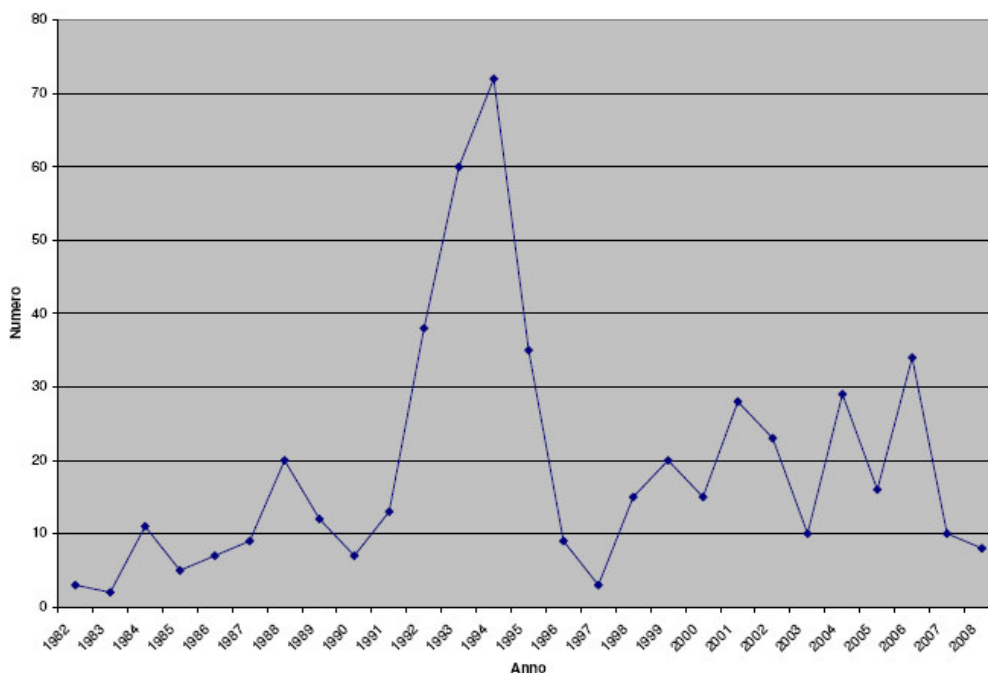


Garzetta (*Egretta garzetta*)

Tra gli aironi è interessante osservare l'andamento negli anni della Garzetta (*Egretta garzetta*), che presenta la sua unica area di nidificazione nei pressi della RN delle Saline di Tarquinia (Biondi et al., 2001). La tendenza complessiva sembra all'incremento, ma la tendenza dell'andamento della serie pluriennale non è significativa ($R = 0,19101098$; $R^2 = 0,03648519$; F con 1 e 25 gdl = 0,94667; $p < 0,33989$). Gli individui svernanti presso le saline presumibilmente sono una parte di quelli nidificanti nella garzaia, o i giovani dell'anno, anche se al momento non è possibile confermare questa ipotesi non essendo stati inanellati gli individui nati nella garzaia stessa. La presenza della Garzetta ha segnato presso il sito delle Saline di Tarquinia un picco di presenza negli anni 1993-1995, difficilmente attribuibile a precise cause, e forse dipendente dallo spostamento di individui presenti in altri siti vicini o in migrazione. La specie è svernante in Italia solo da pochi lustri, e la sua maggiore presenza in periodo invernale è stata messa in relazione con l'aumento medio delle temperature invernali in Europa. Anche per altre specie di aironi non nidificanti si è osservato un trend simile (in particolare per l'Airone bianco maggiore e l'Airone cenerino, anche se quest'ultimo sverna storicamente in Italia, e il secondo è arrivato in anni recenti, nell'ultimo ventennio).

È da rilevare che nell'ultimo anno nella garzaia nei pressi delle saline ha nidificato una altra specie, l'airone guardabuoi, che ha colonizzato nei decenni scorsi la penisola italiana, provenendo dalle popolazioni sudeuropee di Spagna e Francia.

Figura 4_4_14. Andamento presenza della Garzetta (*Egretta garzetta*). Censimento IWC 1982-2008.

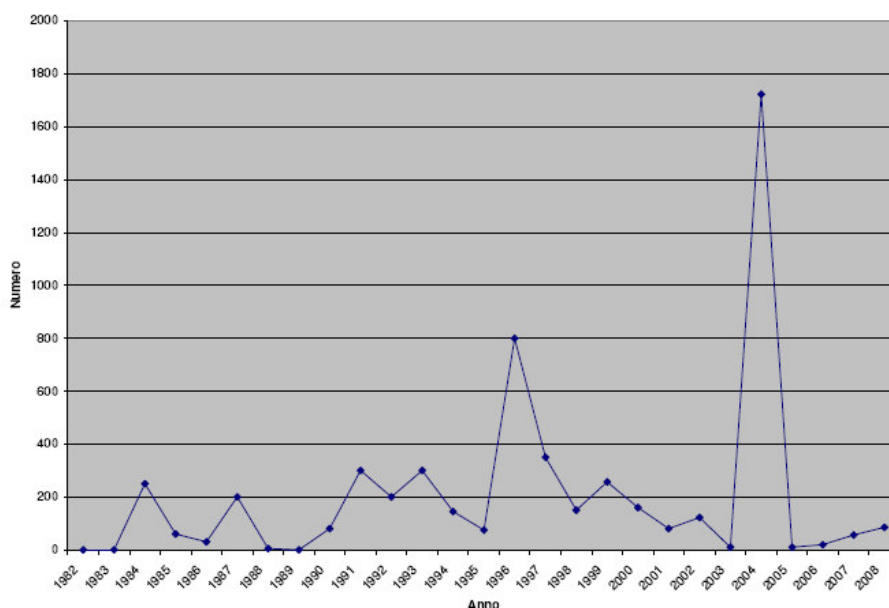


Gabbiano corallino (*Larus melanocephalus*)

Tra i gabbiani è interessante particolarmente la presenza alle saline del Gabbiano corallino (*Larus melanocephalus*), in quanto è una specie di notevole valore conservazionistico per la quale le Saline di Tarquinia sono state qualificate come IBA (*Important Bird Area*) da BirdLife International (unica specie qualificante il sito). Anche nel lavoro di Baccetti et al. (2002) il sito delle Saline di Tarquinia è valutato di importanza nazionale esclusivamente per questa specie (mentre non è individuato per alcuna specie come di importanza internazionale).

In questo caso non esiste una chiara tendenza dell'andamento della presenza negli anni ($R=0,20383655$; $R^2=0,04154934$; F con 1 e 25 gdl=1,0838; $p<0,30782$) ma ci sono anni con presenze molto basse e anni con picchi elevatissimi (oltre 1700 individui presenti), come rilevabile nella Figura 4_4_15. Quest'ultimo valore, sia pure occasionale (ma c'è un altro anno con circa 800 individui osservati), rappresenta una percentuale estremamente significativa dell'intera popolazione nazionale svernante della specie (pari, per la media degli anni 96-00 a 7.438 individui).

Figura 4_4_15. Andamento presenza del Gabbiano corallino (*Larus melanocephalus*). Cens. IWC 82-08.



Andamento della ricchezza specifica

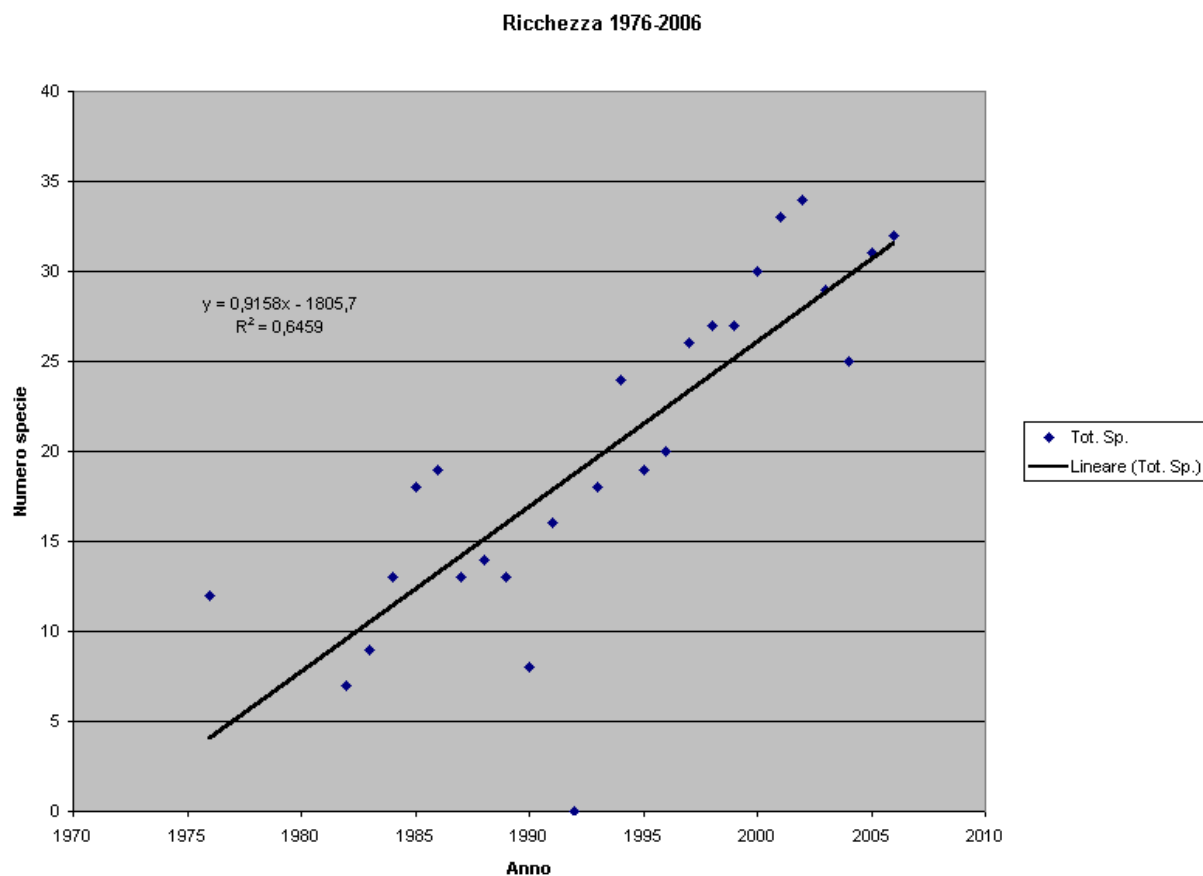
Fino a questo punto sono stati considerati i soli parametri di abbondanza dei diversi gruppi e specie. Se valutiamo i parametri di Ricchezza Specifica, nella serie storica, anche essa è in chiaro e costante aumento, con una relazione significativa ($R=0,65$; $p<0,05$), come si vede nella Figura 4_4_16.

La tendenza alla crescita sembra decisamente lineare, e non presenta particolari variazioni dopo il 1997 (anno di abbandono della produzione di sale), dove continua a crescere, né dopo i lavori del progetto LIFE: nell'inverno 2005-2006 infatti è stato osservato un numero di specie paragonabile a quello del precedente inverno 2003-2004, pre-intervento LIFE, e ai massimi della serie storica.

Le ragioni di questa crescita lineare della ricchezza specifica degli uccelli acquatici possono essere in parte le stesse considerate per valutare la crescita tendenziale delle abbondanze, ma si può considerare che in parte possano derivare da situazioni locali che hanno favorito la variabilità degli habitat all'interno delle saline, favorendo così la presenza di un numero più alto di specie.

In parte l'aumento, riferito in gran parte a singole osservazioni di specie rare, può essere anche dovuto alla migliore copertura del sito durante i censimenti IWC da parte di osservatori esperti e coordinati.

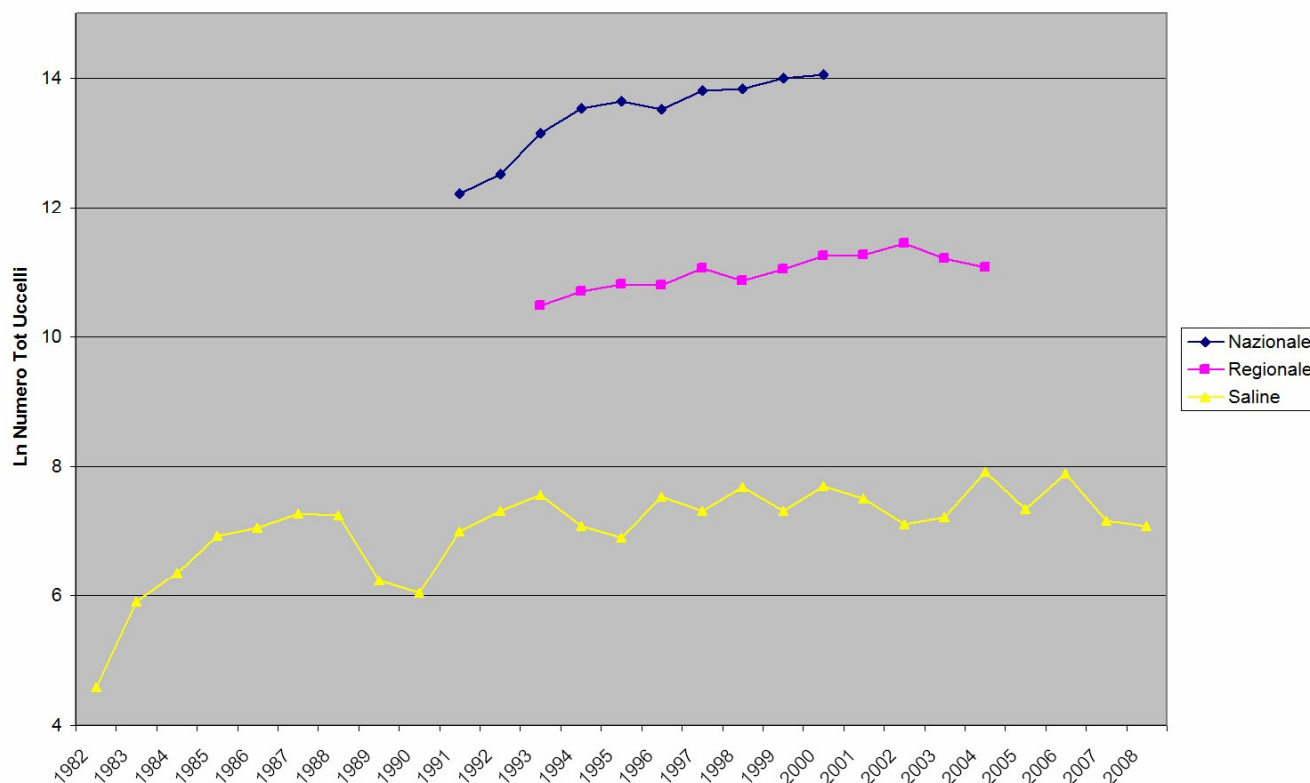
Figura 4_4_16. Andamento Ricchezza Specifica uccelli acquatici, Cens. IWC 1982-2008.



4.5 Relazioni tra andamento dello svernamento alle Saline e quello regionale, nazionale

Sulla base dei dati disponibili in bibliografia e di quelli raccolti durante lo studio è possibile confrontare l'andamento storico dello svernamento alla Saline con quello regionale e nazionale. La serie completa di confronto per le tre aree (Italia, Lazio e Saline di Tarquinia) è disponibile solo per gli anni 1993-2000 (otto anni), come osservabile in Figura 4_5_1. Da tale limitato confronto non sembrano emergere particolari tendenze o correlazioni, anche se andrà verificato con serie più lunghe di confronto, non appena verranno resi disponibili i dati da parte dell'INFS (ora ISPRA), se esistono correlazioni tra gli andamenti locali, regionali e nazionali. In questa analisi potrebbero emergere anche andamenti complementari tra siti vicini (ad esempio quelli dell'alto Lazio e della bassa Maremma Toscana), la cui analisi al momento non è possibile per la non disponibilità dei dati relativi, e i cui scopi esulano dal presente studio, che è maggiormente focalizzato sui fattori locali legati alla gestione del sito. È da notare l'andamento "altalenante" delle Saline di Tarquinia, che comunque vede i massimi delle presenze negli ultimi anni della serie storica.

Figura 4_5_1. Andamento dello svernamento (Censimenti IWC) – Italia (linea blu scuro), Lazio (linea viola) e Saline di Tarquinia (linea gialla).



4.6 *Il ciclo annuale (2004-2006)*

Il ciclo annuale degli uccelli alle Saline di Tarquinia è già stato studiato da Biondi et al. (2005; 2006) per gli anni 2003-2004. Nella fase iniziale dello studio (dicembre 2004-aprile 2006) si è comunque ritenuto di effettuare una analisi del ciclo annuale della presenza degli uccelli, riferita al periodo in corso, anche in quanto nel frattempo erano stati avviati i lavori del Progetto LIFE. Gli stessi Autori sopra citati davano l'indicazione del possibile utilizzo dei dati raccolti per un monitoraggio dei risultati del Progetto LIFE. Sia i dati di ricchezza per singola giornata (Figura 4_6_1), che le medie mensili (Figura 4_6_2), sono significativamente alti e paragonabili a quelli precedenti ai lavori del Progetto LIFE. Anche i dati di abbondanza toccano i massimi assoluti negli anni anche a confronto con i dati storici (Figura 4_6_3), e analizzandoli per singolo guild (Figura 4_6_4) risulta che alcune specie come il Fenicottero raggiungono addirittura i massimi storici proprio nell'inverno successivo ai lavori del Progetto LIFE.

Figura 4_6_1. Ciclo annuale uccelli acquatici (Dic 04–Feb 06) . Ricchezza, per uscita.

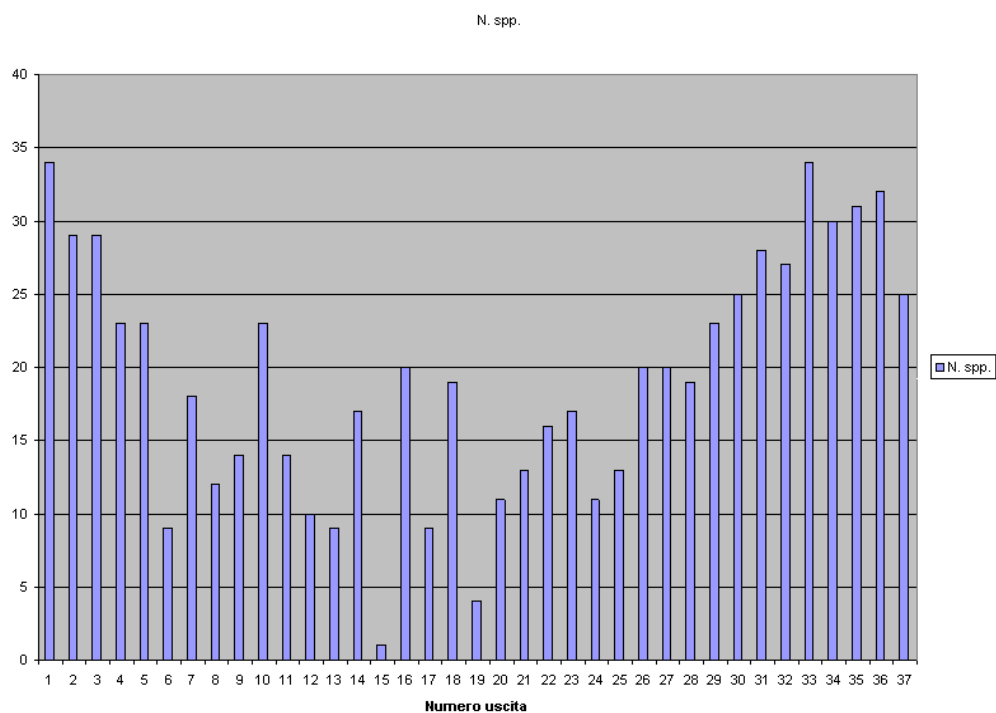


Figura 4_6_2. Ciclo annuale uccelli acquatici (Dic 04–Feb 06) . Ricchezza, medie mensili.

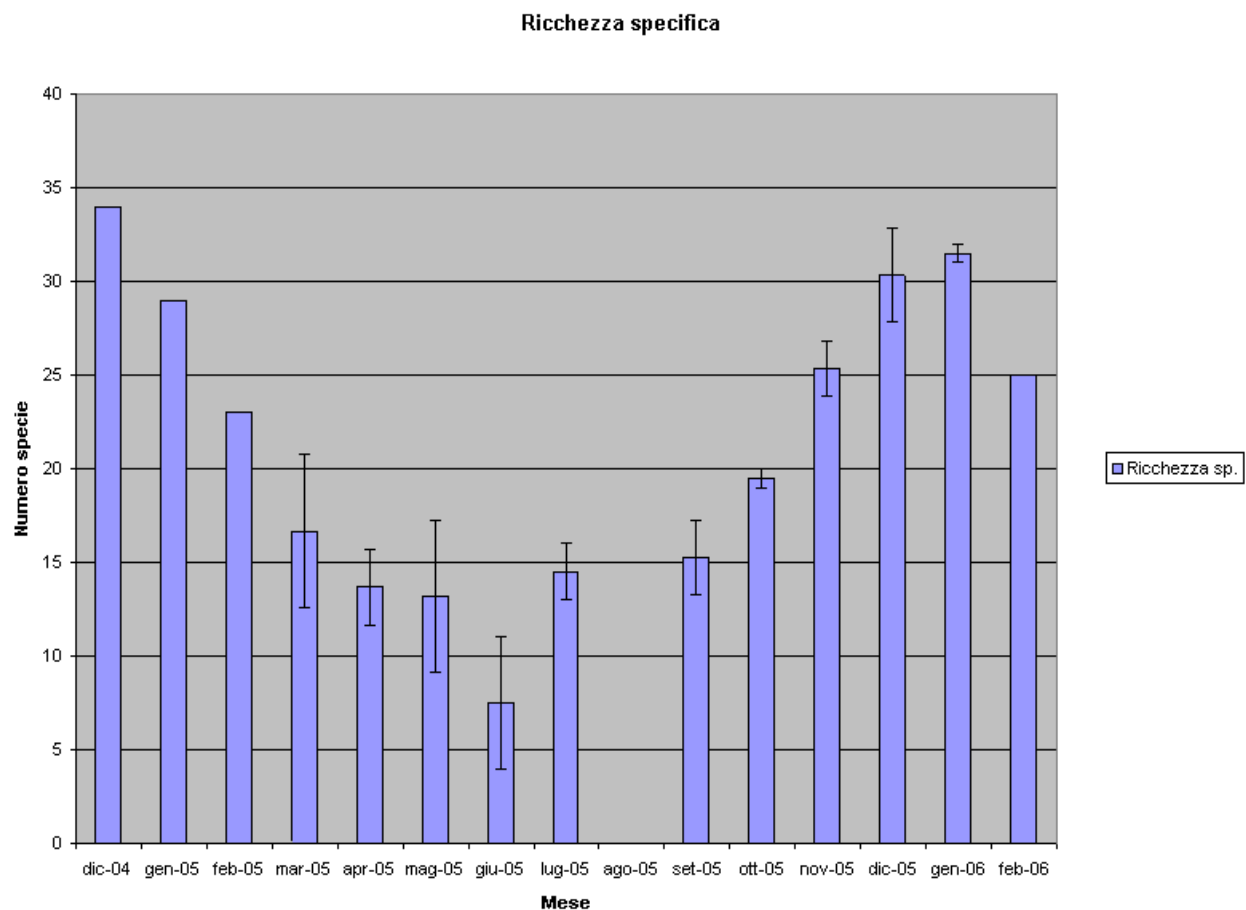
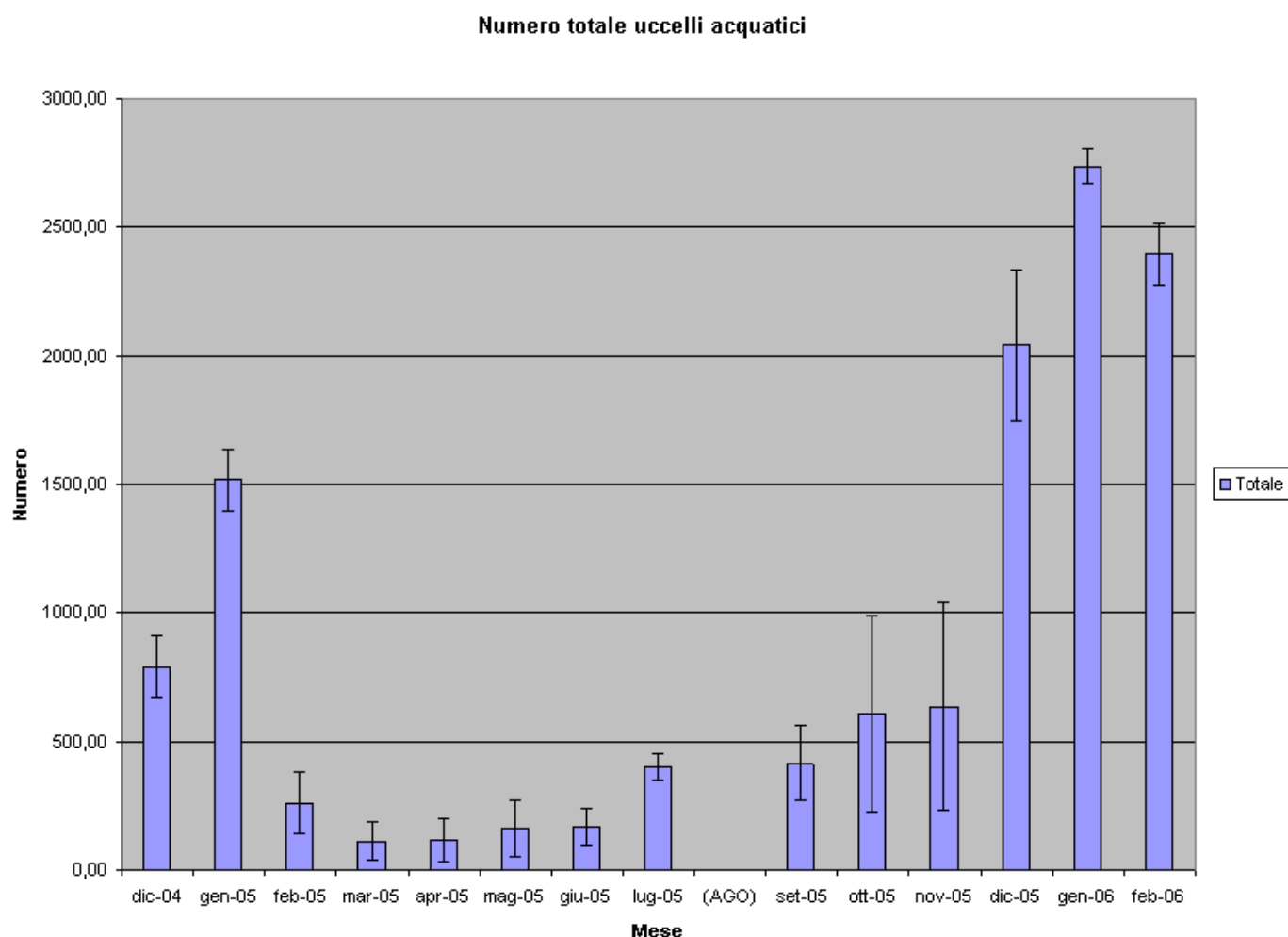
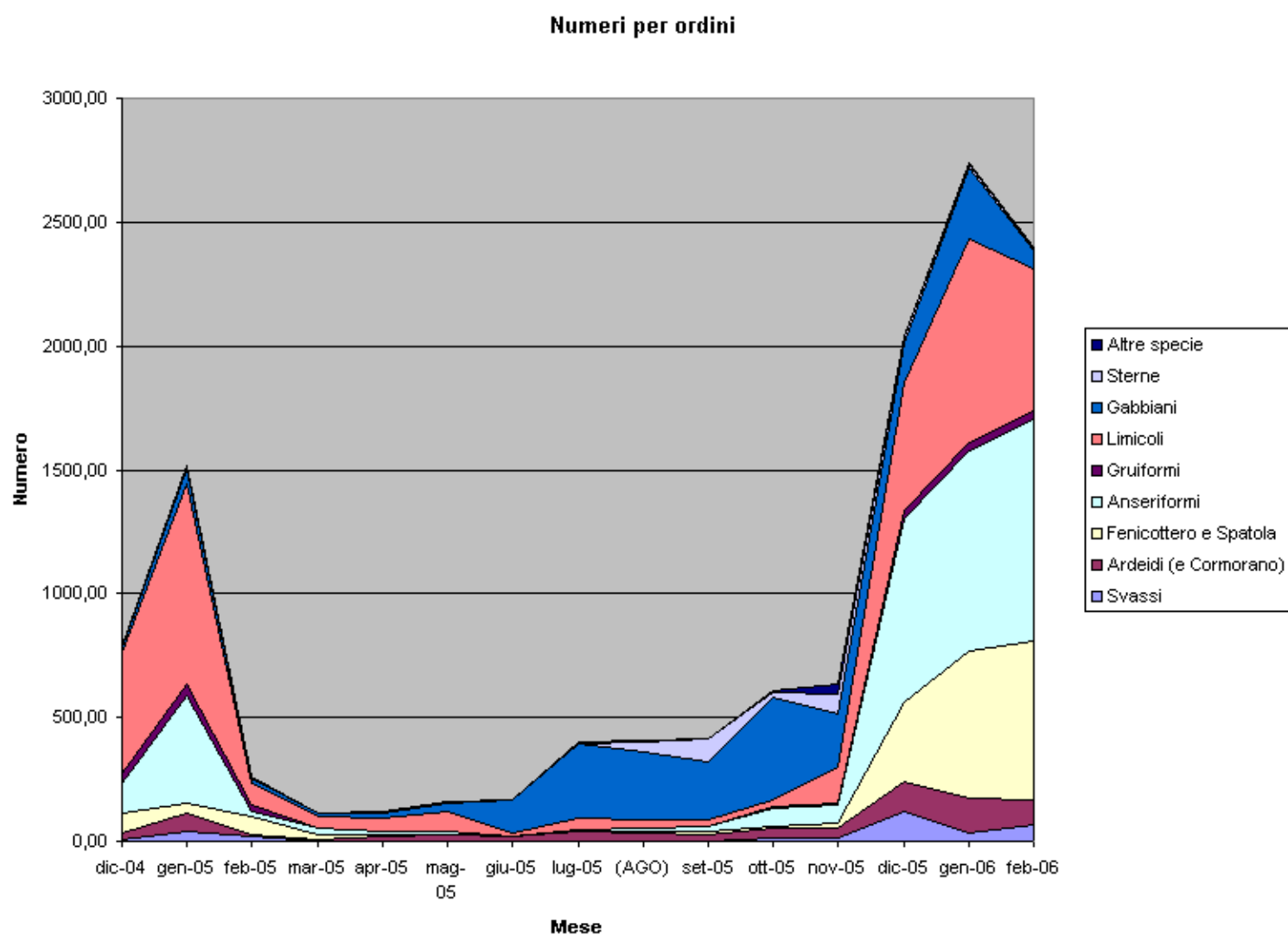


Figura 4_6_3. Ciclo annuale uccelli acquatici (Dic 04–Feb 06) . Abbondanza, medie mensili.



L'andamento complessivo annuale degli uccelli acquatici alle Saline di Tarquinia presenta un massimo invernale (mese di gennaio), per poi iniziare a decrescere durante la stagione delle migrazioni, e raggiungere minimi tardo primaverili ed estivi. Anche la ricchezza specifica cresce ai massimi durante l'autunno-inverno, con un picco nel mese di gennaio, come osservato da precedenti autori. Il gruppo (guild) che sostiene le presenze estive è quello dei gabbiani, mentre durante l'autunno-inverno sono i limicoli e gli Anatidi a garantire le presenze maggiori. La relativa scarsità di specie nidificanti – e il limitato numero di coppie presenti per ciascuna di esse - spiega il decremento delle presenze nella stagione primaverile ed estiva, quando normalmente i numeri aumentano a causa della presenza dei giovani nati nell'anno. Alcune specie hanno un andamento molto irregolare negli anni (come visto nei paragrafi precedenti), nel periodo di studio le specie maggiormente presenti di inverno sono oltre al Fenicottero e ai gabbiani delle varie specie, anche la Pavoncella e il Piovanello pancianera.

Figura 4_6_4. Ciclo annuale uccelli acquatici (Dic 04–Feb 06) . Abbondanza per guild.



4.7 Lo svernamento in relazione ai parametri ambientali

Nell'analizzare la dinamica dello svernamento presso le Saline di Tarquinia dobbiamo innanzitutto verificare i fattori di scala: dopo aver valutato l'effetto delle serie temporali (serie storiche), verrà analizzato il ruolo dei fattori di area vasta (confronto con altre aree umide litoranee tirreniche) e quindi i potenziali fattori locali ambientali che possono influenzare la presenza e la distribuzione spaziale degli uccelli alle Saline.

4.7.1 Analisi di area vasta (insieme delle saline)

La prima possibile analisi è un confronto con le altre zone umide tirreniche, da Massaciuccoli al Circeo, per verificare se esiste una correlazione generale tra la superficie della zona umida e il totale di uccelli svernanti presenti. Il confronto è stato possibile in questa sede per l'anno 2004, per il quale sono disponibili dati sullo svernamento per tutte le zone umide considerate, che sono messi a confronto con la superficie complessiva della zona umida (Tabella 4_7_1). Se mettiamo in correlazione questi due parametri (area e numero di svernanti) emerge che esiste una correlazione diretta (Figura 4_7_1), che risulta significativa ($R = ,72752078$ $R^2 = ,52928648$ F (con 1 e 6 GdL)=6,7466; $p < ,04080$).

Tabella 4_7_1. Area e numero di svernanti nell'anno 2004 per le zone umide d. costa del Tirreno.

Zona umida	Superficie	Svernanti 2004
Lago e Palude di Massaciuccoli	1.907	1.666
Diaccia Botrona, La Trappola e altre zone umide grossetane	2.048	26.381
Laguna di Orbetello e Lago di Burano	4.179	20.871
Saline di Tarquinia	149	2.742
Macchiatonda	25	571
Litorale Romano	103	5.296
Laghi Pontini	2.200	20.962
Lago di Fondi	702	1.066

Tra le zone umide dell'alto Tirreno le Saline di Tarquinia risultano di dimensioni medio-piccole, ma lo svernamento risulta comunque di una certa importanza in quanto si tratta della quinta area per numero di svernanti complessivo su questa via migratoria, e ospita un numero di svernanti superiore a quello di aree di notevolmente maggiore estensione come il Lago e Palude di Massaciuccoli (che negli ultimi anni ha visto un crollo delle presenze a causa dell'inquinamento) o del Lago di Fondi (che soffre di un notevole disturbo dovuto al bracconaggio e alla navigazione, oltre che di

gura 4_7_1. Relazione Area/Numero Uccelli Svernanti per le zone umide del Tirreno, anno 2004.
La freccia rossa indica il punto relativo alle Saline di Tarquinia.



Una prima analisi ha riguardato l'insieme complessivo delle vasche, considerando come parametri il giorno del rilevamento, la profondità della colonna d'acqua (classi di profondità) e la vasca considerata. Esiste una correlazione generale significativa tra i parametri considerati e il numero

complessivo di uccelli presenti ($F=23,2$ con $p>0,00001$). Esaminando i parametri univariati che contribuiscono a tale correlazione generale, emerge una correlazione tra la vasca considerata e il numero di uccelli presenti, mentre non è rilevabile una correlazione, dall'analisi univariata, tra gli altri parametri considerati e il totale di uccelli presenti (Tabella 4_7_2). È quindi evidente che esiste in generale una significativa separazione spaziale degli uccelli all'interno delle vasche, a causa di fattori che le successive analisi cercheranno di individuare.

Tabella 4_7_2. Analisi multivariata della presenza degli uccelli nel periodo invernale.

Effect	Multivariate Tests of Significance (Spreadsheet1 in Cecere anno Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition)					
	Test	Value	F	Effect df	Error df	p
Intercept	Wilks	0,535597	23,26657	6	161,0000	0,000000
Giorno	Wilks	0,491423	1,07633	114	934,2011	0,285850
Vasca	Wilks	0,111084	8,23597	54	825,5363	0,000000
Col acqua	Wilks	0,835215	0,99151	30	646,0000	0,480780

In realtà una analisi che consideri tutti gli uccelli indiscriminatamente è poco informativa, in quanto le diverse specie utilizzano le saline in modo molto diverso, in base alla propria biologia, e solo alcune si alimentano al loro interno; molte specie utilizzano le saline solo come sito di “roosting”, ed utilizzano aree intorno (a terra o a mare) per alimentarsi. Si è pertanto proceduto separando le diverse specie presenti in “Guilds” di specie uniformi per abitudini alimentari. Le categorie selezionate sono state:

- Anatre (onnivore);
- Erbivori (alcune anatre, Folaga, altri Rallidi);
- Filtratori (Fenicottero, Volpoca, Spatola);
- Gabbiani (che utilizzano la salina solo come sito di roosting);
- Limicoli (Charadriiformes);
- Piscivori (Cormorano, Svasso maggiore, ecc...).

Tutte le specie sono state assegnate ad uno dei Guild suddetti, in base ai dati di letteratura, ed in particolare alla rassegna di Britton e Johnson (1987), adattata ai dati più recenti e alle osservazioni in salina, secondo le informazioni riportate in Tabella 1_2. Di seguito si procede quindi con l'analizzare, attraverso una analisi della varianza, la distribuzione dei diversi Guild considerati nelle diverse aree delle saline (“Vasche”), in quanto come si è visto la distribuzione del totale degli uccelli è correlata significativamente con tale parametro.

La distribuzione del guild “Anatre” è risultata significativamente correlata con il parametro “Vasca” ($F=14,86$; $p>0,00001$ vedi Tabella 4_7_3). L’analisi della varianza attraverso un grafico “Box and Whisker” dimostra che questo guild è stato in particolare osservato negli insiemi di vasche 1, 2 e 3, anche se con una deviazione standard particolarmente elevata (Figura 4_7_2). Le vasche considerate sono quelle a gradiente salino più vicino a quello marino, in quanto si tratta delle vasche di ingresso delle saline; inoltre sono quelle che presentano normalmente la profondità più elevata. In queste vasche la comunità bentonica e planctonica sono ricche e varie, e sono presenti praterie di piante come la *Ruppia*, tutte ottime fonti di cibo per le specie qui considerate.

Tabella 4_7_3. Analisi della varianza per il Guild “Anatre” – su variabile “Vasca” (inverno 2006-7).

Analysis of Variance (Spreadsheet1 in Cecere anno 1.stw)								
Marked effects are significant at $p < ,05000$								
Variable	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	p
Anatre	28447,10	9	3160,789	40406,45	190	212,6655	14,86273	0,000000

Figura 4_7_2. Grafico “Box & Whisker”, Guild Anatre, variabile “Vasca”.

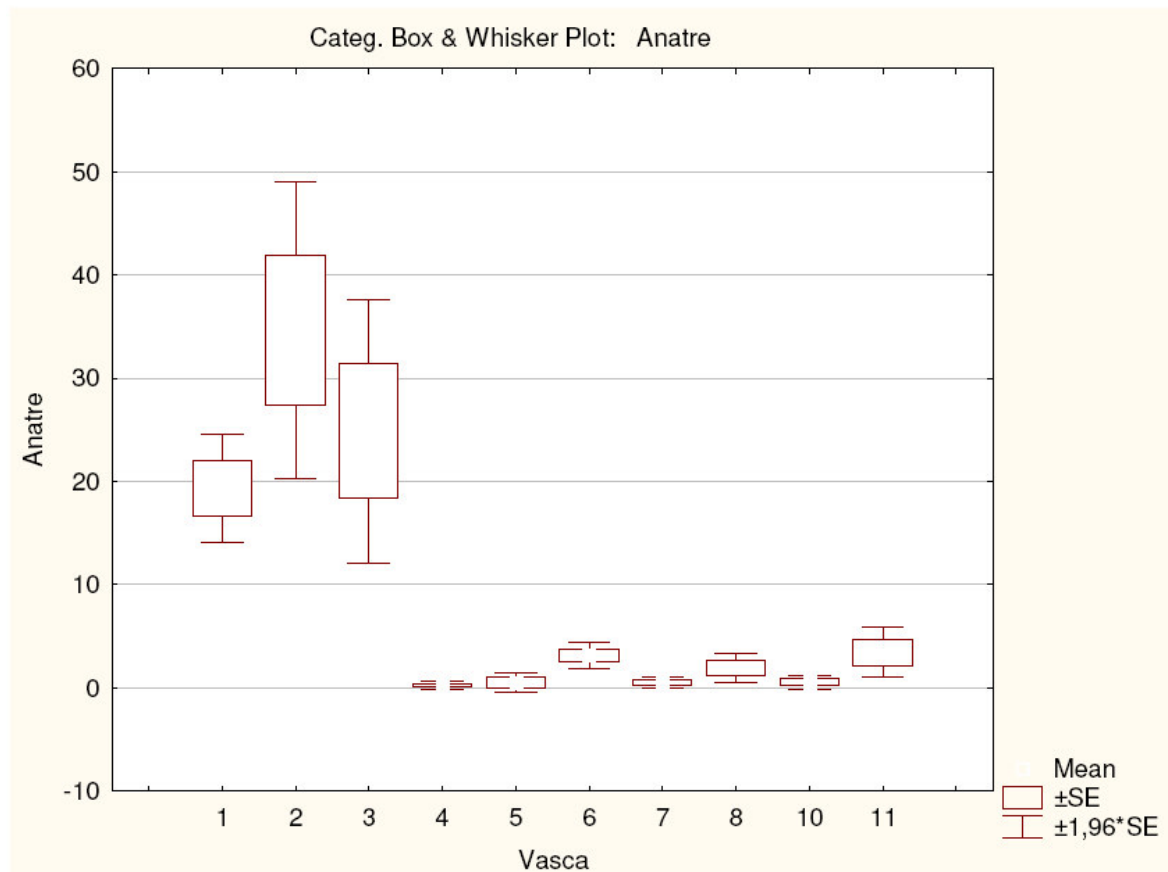
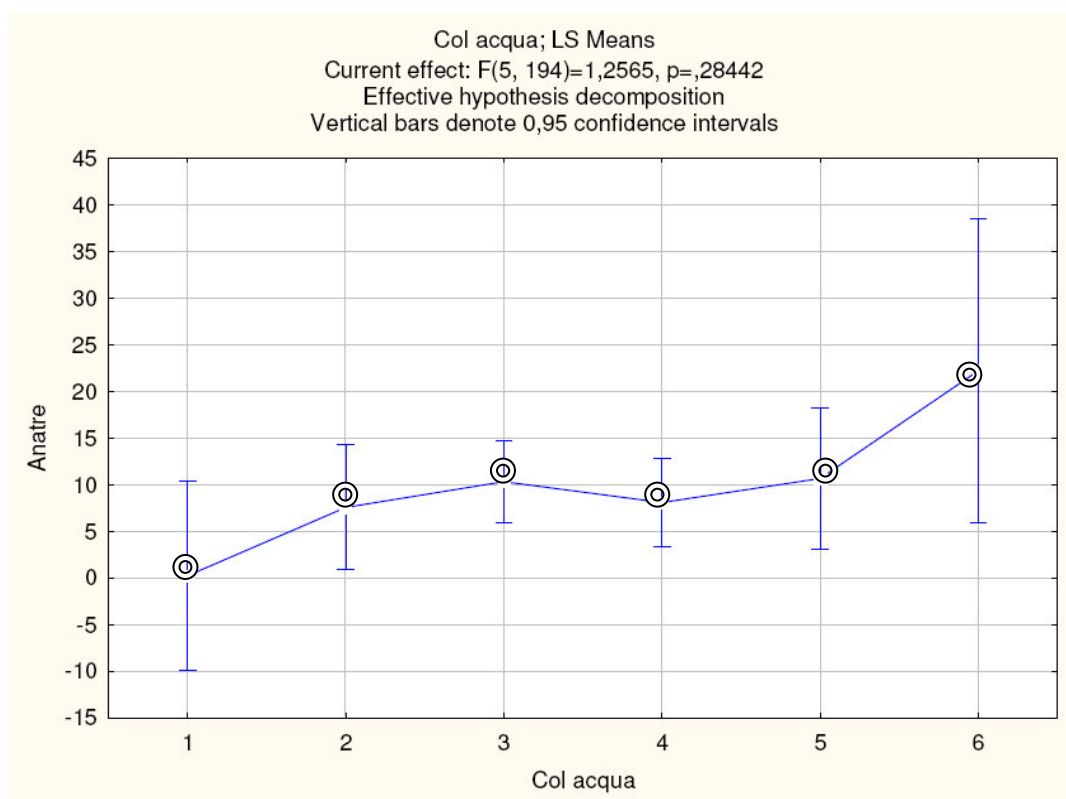


Tabella 4_7_4. Analisi della varianza e deviazione standard, Guild “Anatre”, variabile “Vasca”.

Breakdown Table of Descriptive Statistics N=200 (No missing data in dep. var. list)			
Vasca	Anatre Means	Anatre N	Anatre Std.Dev.
1	19,30000	20	12,04422
2	34,65000	20	32,73381
3	24,85000	20	29,16428
4	0,25000	20	0,78640
5	0,50000	20	2,23607
6	3,15000	20	2,92494
7	0,50000	20	1,27733
8	1,95000	20	3,13679
10	0,55000	20	1,53811
11	3,45000	20	5,61460
All Grps	8,91500	200	18,60102

È stata effettuata una analisi anche per gli altri parametri considerati nell’analisi generale, e nessuno è risultato significativo, ma è interessante confrontare la distribuzione del Guild Anatre con la colonna d’acqua (misurata in questo caso come classi di distribuzione, dove in questo caso 1 è la profondità minore e 6 la maggiore), che dimostra comunque una certa preferenza anche se non significativa (F con 5 e 194 GdL=1,256; p=n.s.) di questo gruppo di uccelli per le profondità maggiori (Figura 4_7_3).

Figura 4_7_3. Relazione tra profondità in classi della colonna d’acqua e distribuzione Guild Anatre.



Erbivori

La distribuzione del guild “Erbivori” è risultata significativamente correlata con il parametro “Vasca” ($F=25,88$; $p>0,00001$ vedi Tabella 4_7_5). L’analisi della varianza attraverso un grafico “Box and Whisker” dimostra che questo guild è stato quasi esclusivamente osservato negli insiemi di vasche 1, 2 e 3, anche se con una deviazione standard particolarmente elevata (Figura 4_7_4). Le vasche considerate sono quelle a gradiente salino più vicino a quello marino, in quanto si tratta delle vasche di ingresso delle saline; inoltre sono quelle che presentano normalmente la profondità più elevata. In queste vasche sono presenti praterie di piante come la *Ruppia*, ottima fonte di cibo per le specie qui considerate. In particolare la maggior parte della varianza è concentrata nella vasca 2 e quindi nella vasca 1. E’ interessante confrontare questo dato con l’andamento storico di alcune delle specie considerate (ad esempio il Fischione), vedi capitolo precedente.

Tabella 4_7_5. Analisi della varianza per il Guild “Erbivori” – su variabile “Vasca” (inverno 2006-7).

Variable	Analysis of Variance (Spreadsheet1 in Cecere anno 1.stw)							
	Marked effects are significant at $p < ,05000$							
	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	p
Erbivori	27400,42	9	3044,491	22345,50	190	117,6079	25,88679	0,000000

Figura 4_7_4. Grafico “Box & Whisker”, Guild Erbivori, variabile “Vasca”.

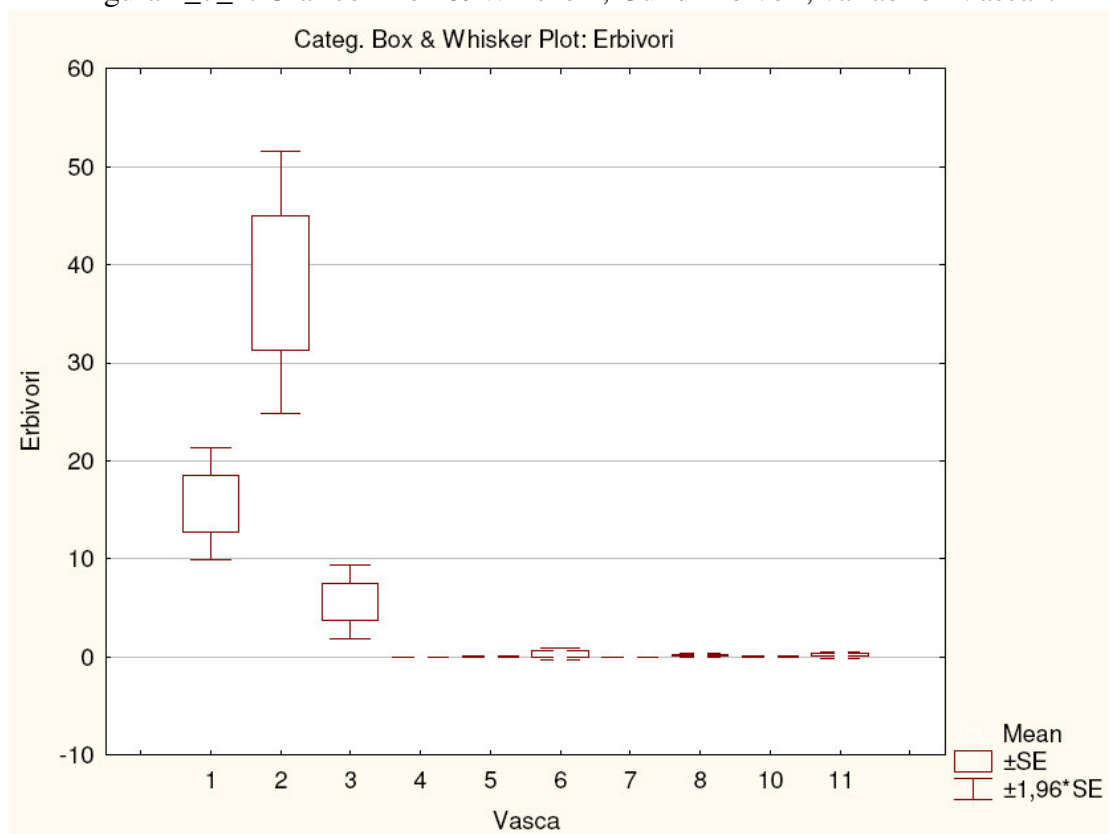


Tabella 4_7_6. Analisi della varianza e deviazione standard, Guild “Erbivori”, variabile “Vasca”.

Breakdown Table of Descriptive Statistics N=200 (No missing data in dep. var. list)			
Vasca	Erbivori Means	Erbivori N	Erbivori Std.Dev.
1	15,65000	20	12,95447
2	38,15000	20	30,53432
3	5,65000	20	8,56108
4	0,00000	20	0,00000
5	0,05000	20	0,22361
6	0,30000	20	1,34164
7	0,00000	20	0,00000
8	0,15000	20	0,48936
10	0,05000	20	0,22361
11	0,20000	20	0,69585
All Grps	6,02000	200	15,81074

È stata effettuata una analisi anche per gli altri parametri considerati nell’analisi generale, e nessuno è risultato significativo ma è interessante anche in questo caso confrontare la distribuzione del Guild Erbivori con la colonna d’acqua (misurata in questo caso come classi di distribuzione), che dimostra comunque una certa preferenza anche se non significativa (F con 5 e 194 GdL=1,334; p=n.s.), di questo gruppo di uccelli per le profondità maggiori.

Filtratori

Anche la distribuzione del guild “Filtratori” è risultata significativamente correlata con il parametro “Vasca” (F=13,542; p>0,00001 vedi Tabella 4_7_7). L’analisi della varianza attraverso un grafico “Box and Whisker” dimostra che questo guild è stato piuttosto diffusamente osservato in tutti gli insiemi di vasche, con un picco nei sistemi di vasche 6 e 8, e con una deviazione standard particolarmente elevata (Figura 4_7_5). L’andamento del Guild è molto influenzato in particolare da una specie, il Fenicottero, che è risultata sempre la più abbondante, e che è adattabile a tutte le altezze di colonna d’acqua osservate alle saline, in quanto ha zampe particolarmente lunghe e in casi estremi è anche in grado di nuotare, ma è presente anche in acqua bassissima. La parte centrale delle saline è quella preferita da questa specie, che è stata comunque anche osservata nelle vasche a salinità più elevata.

Tabella 4_7_7. Analisi della varianza per il Guild “Filtratori” – su variabile “Vasca” (inverno 2006-7).

Analysis of Variance (Spreadsheet1 in Cecere anno 1.stw) Marked effects are significant at p < ,05000								
Variable	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	p
Filtratori	49894,88	9	5543,876	77777,50	190	409,3553	13,54294	0,000000

Figura 4_7_5. Grafico “Box & Whisker”, Guild Filtratori, variabile “Vasca”.

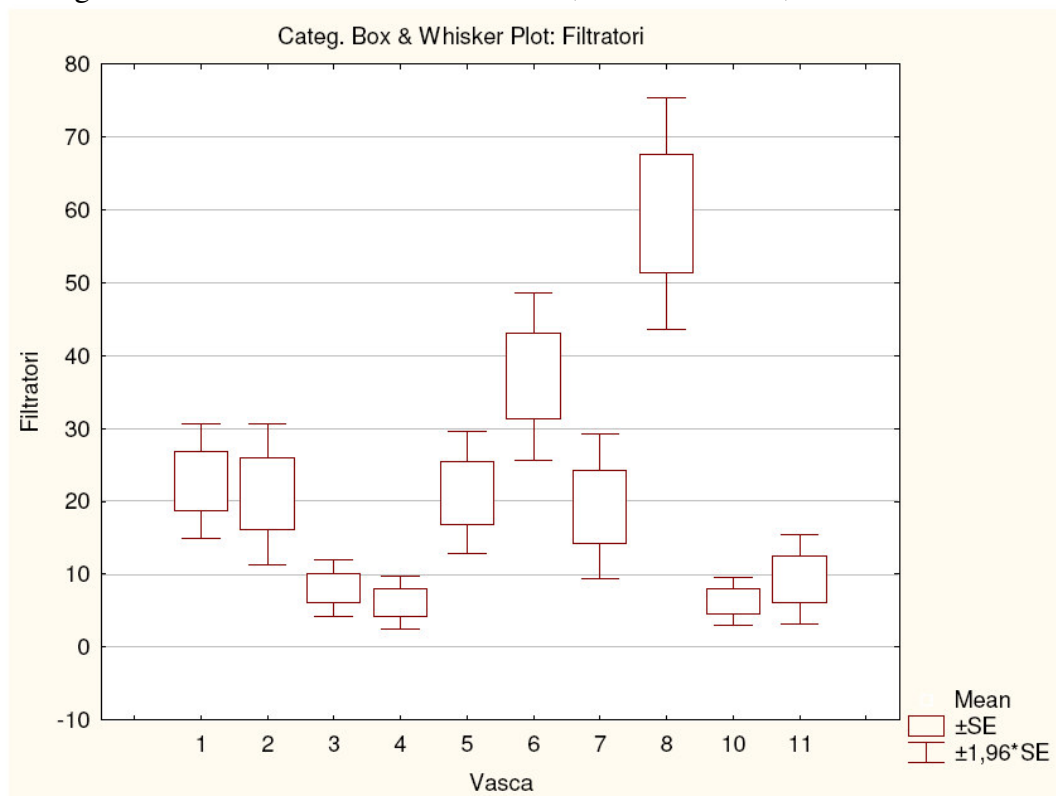


Tabella 4_7_8. Analisi della varianza e deviazione standard, Guild “Filtratori”, variabile “Vasca”.

Breakdown Table of Descriptive Statistics N=200 (No missing data in dep. var. list)			
Vasca	Filtratori Means	Filtratori N	Filtratori Std.Dev.
1	22,80000	20	18,06305
2	21,00000	20	22,03108
3	8,15000	20	8,82744
4	6,10000	20	8,30282
5	21,20000	20	19,16850
6	37,20000	20	26,25102
7	19,30000	20	22,61136
8	59,55000	20	36,28611
10	6,30000	20	7,51910
11	9,30000	20	13,92877
All Grps	21,09000	200	25,32923

Gabbiani

Anche la distribuzione del guild “Gabbiani” è risultata significativamente correlata con il parametro “Vasca” ($F=4,14$; $p>0,000067$ vedi Tabella 4_7_9), anche se probabilmente per fattori causali differenti da quelli degli altri gruppi, che si alimentano nelle saline, mentre i gabbiani le utilizzano solo per sosta e riposo. L’analisi della varianza attraverso un grafico “Box and Whisker” dimostra

che questo guild è stato diffusamente osservato in tutti gli insiemi di vasche, con un picco nei sistemi di vasche 1 e in tutte le vasche finali (8, 10 e 11) (Figura 4_7_6).

Tabella 4_7_9. Analisi della varianza per il Guild “Gabbiani” – su variabile “Vasca” (inverno 2006-7).

Variable	Analysis of Variance (Spreadsheet1 in Cecere anno 1.stw)							
	Marked effects are significant at p < ,05000							
	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	p
Gabbiani	80833,51	9	8981,501	411314,5	190	2164,813	4,148858	0,000067

Figura 4_7_6. Grafico “Box & Whisker”, Guild Gabbiani, variabile “Vasca”.

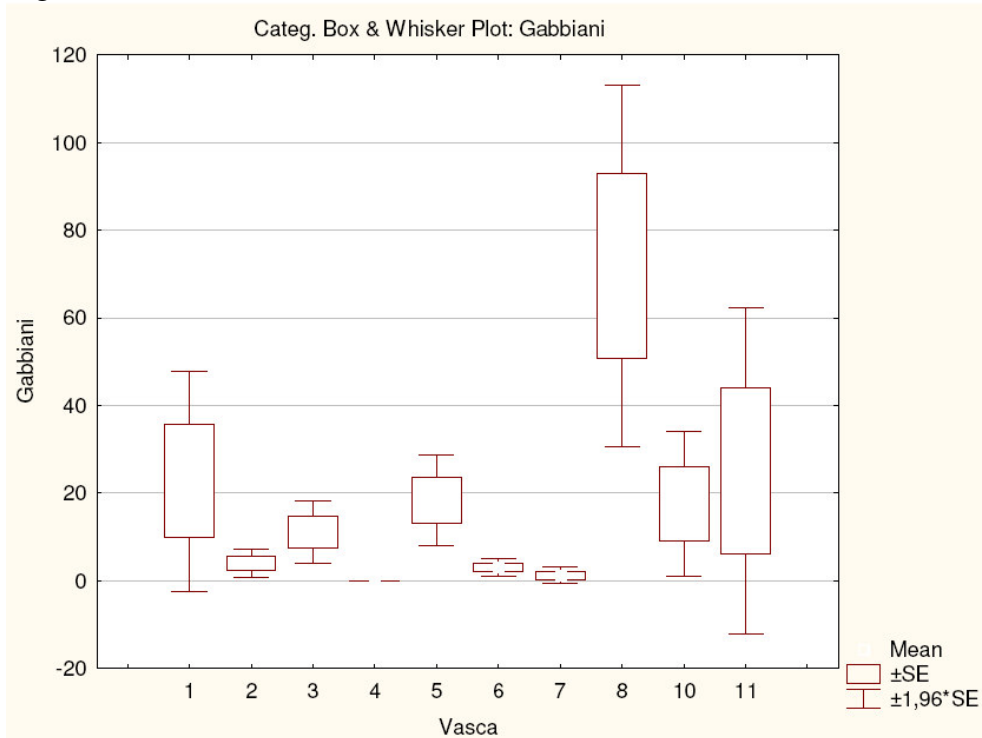


Tabella 4_7_10. Analisi della varianza e deviazione standard, Guild “Gabbiani”, variabile “Vasca”.

Breakdown Table of Descriptive Statistics (Spreadsheet1 in Cecere anno 1.stw)			
N=200 (No missing data in dep. var. list)			
Vasca	Gabbiani Means	Gabbiani N	Gabbiani Std.Dev.
1	22,75000	20	57,22704
2	4,00000	20	7,39844
3	11,15000	20	16,40050
4	0,00000	20	0,00000
5	18,35000	20	23,62264
6	3,05000	20	4,69574
7	1,25000	20	4,10231
8	71,85000	20	93,86568
10	17,65000	20	37,67629
11	25,10000	20	84,98415
All Grps	17,51500	200	49,73033

Limicoli

La distribuzione del guild “Limicoli” è risultata come per gli altri significativamente correlata con il parametro “Vasca” ($F=3,926$; $p>0,0001$ vedi Tabella 4_7_11). L’analisi della varianza attraverso un grafico “Box and Whisker” dimostra che questo guild è stato in particolare osservato negli insiemi di vasche 4 e 5, ed inoltre 8, 10 e 11 (Figura 4_7_7). Le vasche considerate sono quelle a gradiente salino intermedio e alto. In questo caso, al contrario che per gli altri guild, esiste una relazione significativa (F con 5 e 194 GdL=2,6; $p=0,0256$) tra le classi di profondità della colonna d’acqua e l’abbondanza di limicoli, che preferiscono le classi di profondità minori (Figura 4_7_8; Tabella 4_7_13). Questo dato è molto interessante, anche se è scontato che specie come queste preferiscano le altezze dell’acqua inferiori, in quanto hanno una struttura fisica “progettata” proprio per questo tipo di ambiente.

Tabella 4_7_11. Analisi della varianza per il Guild “Limicoli” – su variabile “Vasca” (inverno 2006-7).

Analysis of Variance (Spreadsheet1 in Cecere anno 1.stw)								
Marked effects are significant at $p < ,05000$								
Variable	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	p
Limicoli	60538,24	9	6726,472	325501,5	190	1713,166	3,926340	0,000134

Figura 4_7_7. Grafico “Box & Whisker”, Guild Limicoli, variabile “Vasca”.

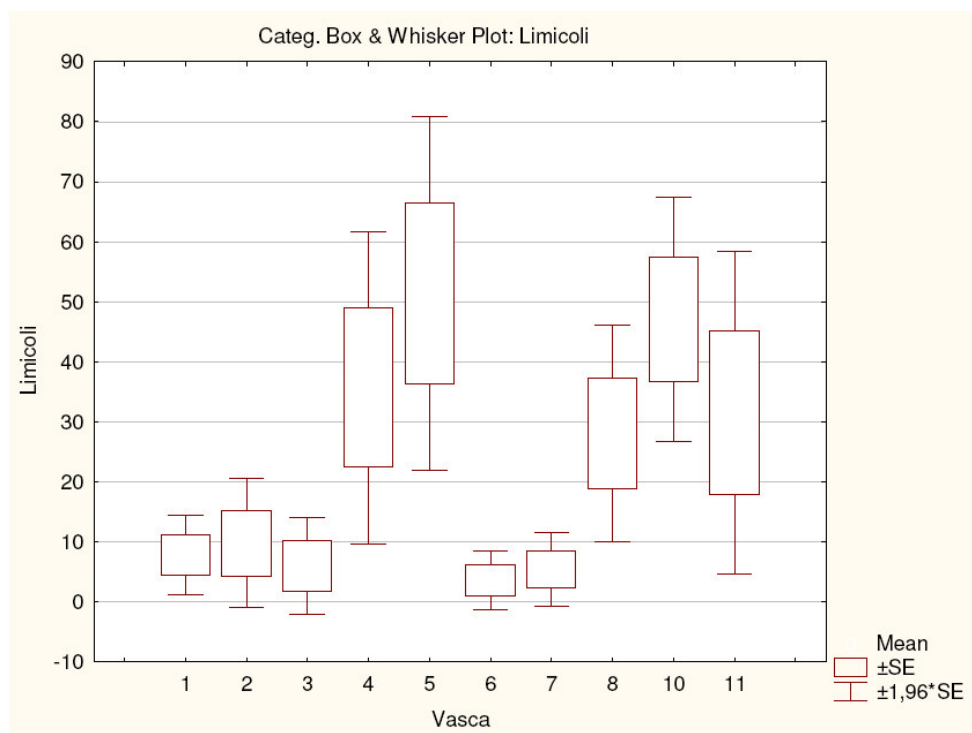


Tabella 4_7_12. Analisi della varianza e deviazione standard, Guild “Limicoli”, variabile “Vasca”.

Breakdown Table of Descriptive Statistics (S N=200 (No missing data in dep. var. list)			
Vasca	Limicoli Means	Limicoli N	Limicoli Std.Dev.
1	7,80000	20	15,26123
2	9,80000	20	24,51337
3	6,00000	20	18,41910
4	35,70000	20	59,26044
5	51,40000	20	67,37124
6	3,60000	20	11,23622
7	5,40000	20	14,09890
8	28,10000	20	41,09540
10	47,10000	20	46,33959
11	31,55000	20	61,21014
All Grps	22,64500	200	44,04428

Figura 4_7_8. Relazione tra profondità in classi d. colonna d’acqua e distribuzione Guild Limicoli.

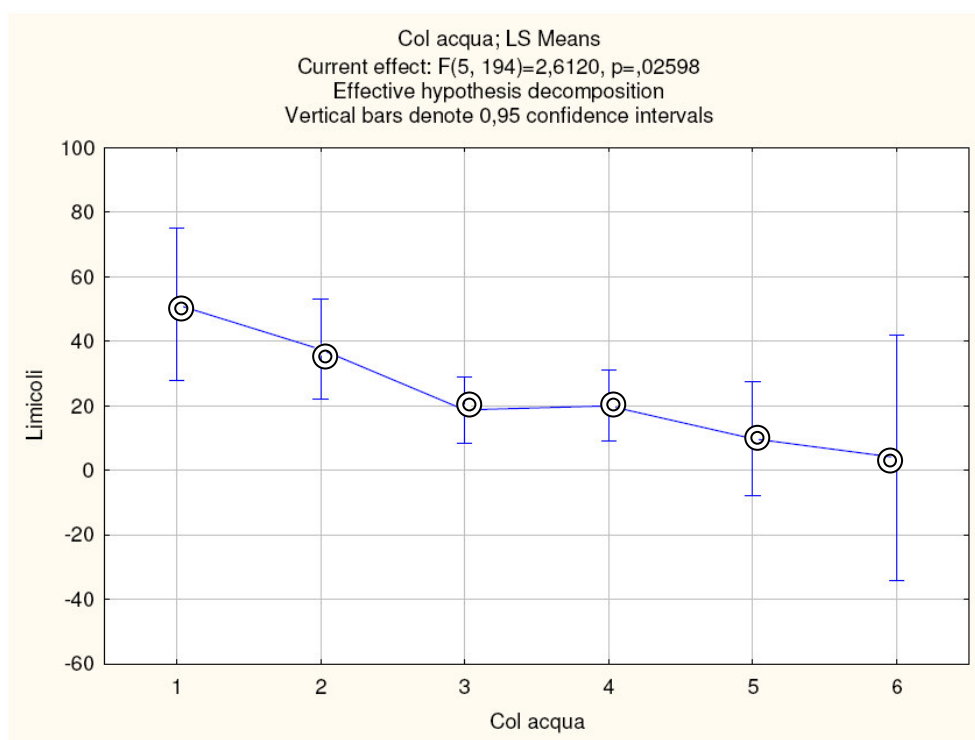


Tabella 4_7_13. Test univariato d. significatività, variab. colonna d’acqua (classi) e Guild Limicoli

Univariate Tests of Significance for Limicoli (Spread Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	51969,4	1	51969,43	27,87479	0,000000
Col acqua	24348,5	5	4869,69	2,61195	0,025984
Error	361691,3	194	1864,39		

Piscivori

La distribuzione del guild “Piscivori” è risultata significativamente correlata con il parametro “Vasca” ($F=19,27$; $p>0,00001$ vedi Tabella 4_7_14). L’analisi della varianza attraverso un grafico “Box and Whisker” dimostra che questo guild è stato osservato preferibilmente negli insiemi di vasche 1, 2 e 8 (Figura 4_7_9). Le vasche considerate sono quelle a gradiente salino più vicino a quello marino, in quanto si tratta delle vasche di ingresso delle saline; inoltre sono quelle che presentano normalmente la profondità più elevata. In queste vasche sono presenti le specie di pesci che forniscono una ottima fonte di cibo per le specie qui considerate. In questo caso inoltre, al contrario che per gli altri guild ma come per quello “Limicoli”, esiste una relazione significativa (F con 5 e 194 GdL=4,39; $p=0,0008$) tra le classi di profondità della colonna d’acqua e l’abbondanza di piscivori, che preferiscono le classi di profondità maggiori (Figura 4_7_10; Tabella 4_7_15). Questo dato è molto interessante, ed è probabilmente correlato per specie come queste alla possibilità di tuffarsi per la cattura dei pesci, che sarebbe difficili in colonne d’acqua troppo poco profonde.

Tabella 4_7_14. Analisi della varianza per il Guild “Piscivori” – su variabile “Vasca” (inverno 2006-7).

Analysis of Variance (Spreadsheet1 in Cecere anno 1.stw)								
Marked effects are significant at $p < ,05000$								
Variable	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	p
Piscivori	38533,82	9	4281,536	42198,00	190	222,0947	19,27797	0,000000

Figura 4_7_9. Grafico “Box & Whisker”, Guild Piscivori, variabile “Vasca”.

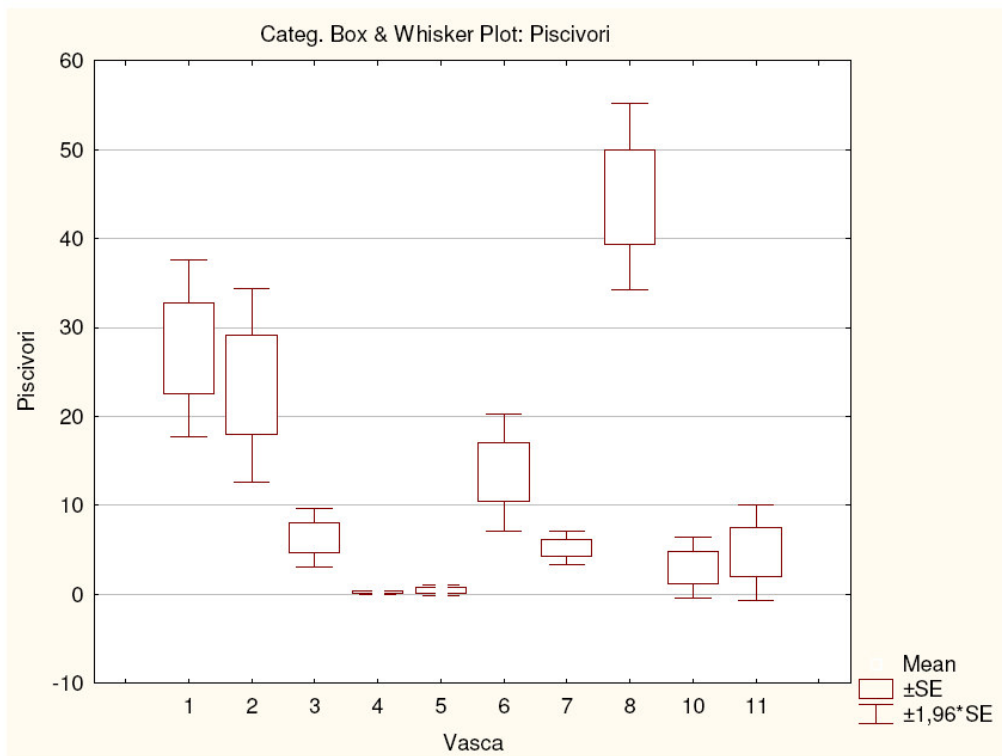


Tabella 4_7_15. Analisi della varianza e deviazione standard, Guild “Piscivori”, variabile “Vasca”.

Vasca	2-Way Tables of Descriptive Statistics N=200 (No missing data in dependent variable)		
	Piscivori Means	Piscivori N	Piscivori Std.Dev.
1	27,70000	20	22,75059
2	23,55000	20	24,86908
3	6,40000	20	7,58392
4	0,20000	20	0,52315
5	0,45000	20	1,39454
6	13,75000	20	15,00132
7	5,25000	20	4,29044
8	44,70000	20	23,88371
10	3,00000	20	7,87401
11	4,70000	20	12,21776
All Grps	12,97000	200	20,14169

Figura 4_7_10. Relazione tra profondità in classi della colonna d’acqua e distribuzione Guild Piscivori.

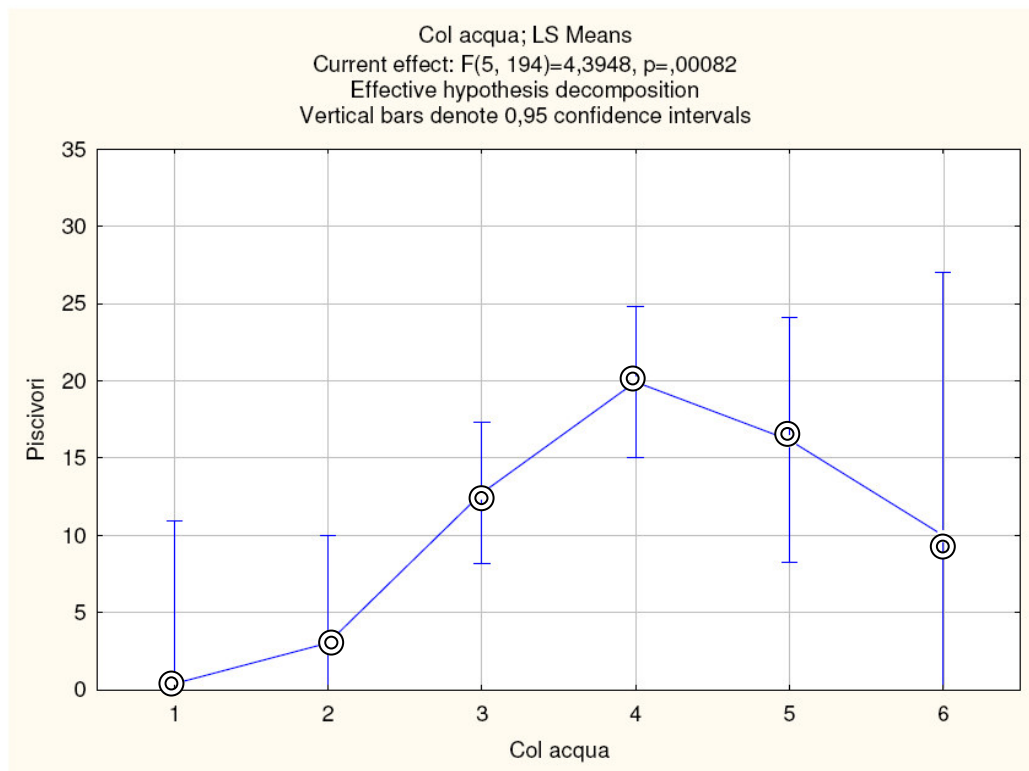


Tabella 4_7_16. Test univariato d. significatività, variabile col. d’acqua (classi) e Guild Piscivori.

Effect	Univariate Tests of Significance for Piscivori (Spreadsheet) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	10077,19	1	10077,19	26,95852	0,000001
Col acqua	8213,93	5	1642,79	4,39478	0,000819
Error	72517,89	194	373,80		

4.7.3 Rapporto tra avifauna e parametri ambientali (variabili continue)

In questo paragrafo si descrivono le relazioni tra avifauna e parametri ambientali misurati, con i dati dell'inverno 2006-2007. Si è proceduto alla suddivisione dell'area in unità omogenee (vasche con condizioni ambientali simili) e si è proceduto ad un confronto con i parametri ambientali misurati in ciascuna unità ambientale: temperatura dell'acqua, pH, salinità, profondità dell'acqua (come variabile continua, in centimetri), disponibilità trofica, (benthos, fitoplancton e zooplancton). Si sono inoltre valutati qualitativamente altri parametri come il disturbo e la predazione.

Per l'analisi è stato sviluppato un modello GLM (General Linear Model), che restituisce una funzione che definisce la variabile dipendente da una somma di parametri per ciascuna variabile indipendente, secondo lo schema $y = a + bx' + cx'' + \dots + nx^n$.

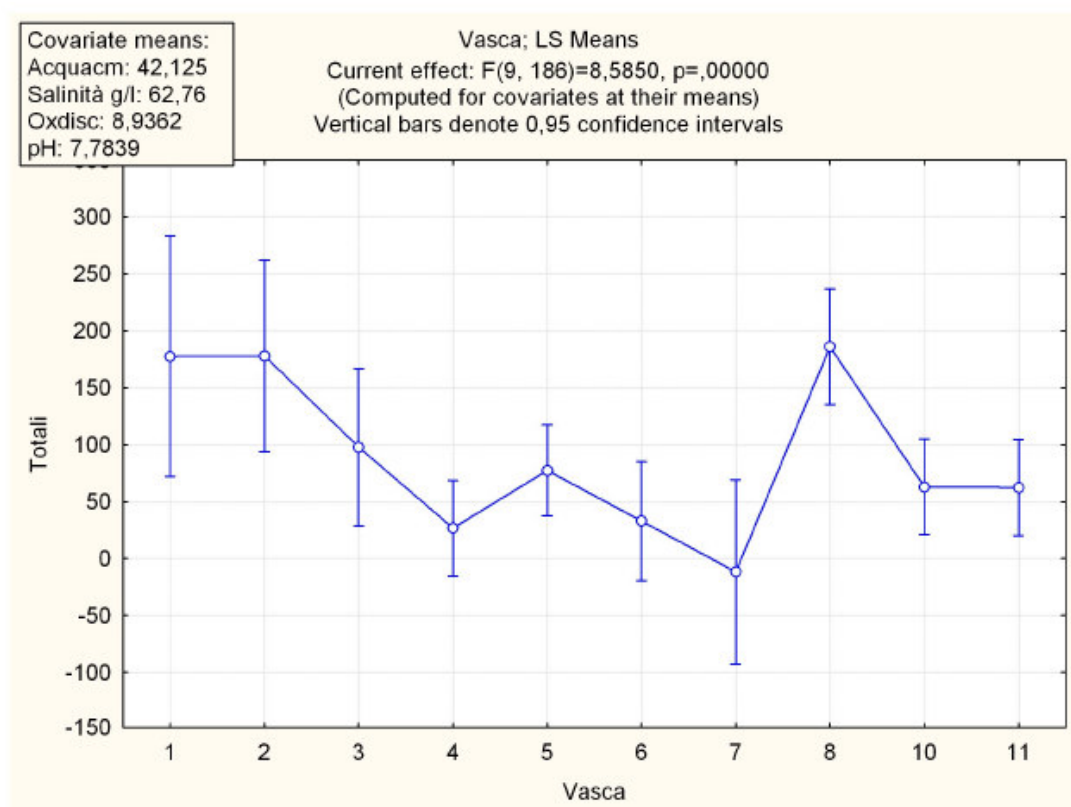
È stata innanzitutto effettuata una analisi GLM relativa alla distribuzione di tutti gli uccelli presenti nelle vasche (abbondanze), in correlazione ai diversi parametri ambientali misurati, e considerando anche il fattore "Vasca" (unità interna nella quale le specie sono state osservate. La distribuzione del totale degli uccelli presenti nelle vasche d'inverno risulta dal modello GLM significativamente correlata tra i parametri considerati solo con il parametro "Vasca" (Tabella 4_7_17; F con 9 e 186 GdL, $F=8,585$; $p>0,00001$), non risultando possibile identificare specifici parametri tra gli altri che siano significativamente correlati con tale distribuzione.

Tabella 4_7_17. Test univariato della significatività per il totale delle abbondanze (inverno 06-07).

Effect	Univariate Tests of Significance for Totals (Spreadsheet1 in Cecere anno 1 ter.stw) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	83	1	82,84	0,014566	0,904066
Acquacm	1938	1	1937,54	0,340700	0,560132
Salinità g/l	8853	1	8852,73	1,556683	0,213720
Oxdisc	14474	1	14474,20	2,545174	0,112329
pH	72	1	72,14	0,012685	0,910448
Vasca	439400	9	48822,28	8,585012	0,000000
Error	1057767	186	5686,92		

È comunque evidente la separazione spaziale degli uccelli nelle diverse vasche, con preferenza per le prime due vasche e la vasca n. 8, che presentano le abbondanze maggiori (Figura 4_7_11).

Figura 4_7_11. Modello distribuzione: abb. totale – variab. “Vasca”, cov. acqua, salinità, Ox e pH.



È quindi possibile che la separazione spaziale preferenziale complessiva degli uccelli nelle vasche sia dipendente da altri fattori non considerati (come il disturbo o la disponibilità di risorse alimentari), fattori che non rispondono direttamente (non sono correlati direttamente) a quelli considerati. Una possibile altra risposta è che ciascuna specie risponde in modo indipendente, non essendo quindi possibile elaborare un modello complessivo per tutte le specie.

Sono quindi state elaborate una serie di analisi GLM relative alla distribuzione nelle vasche dei diversi guild di uccelli, in correlazione ai diversi parametri ambientali misurati.

Anatidi

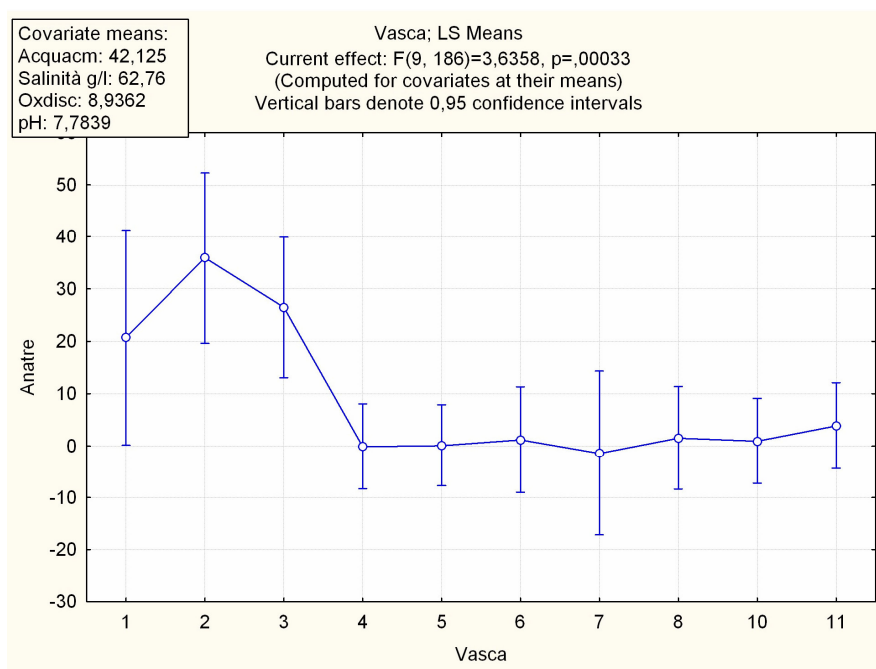
La distribuzione degli Anatidi nelle vasche d'inverno, esaminando il contributo di ciascuna covariata nel determinare la correlazione complessiva, attraverso una analisi univariata della significatività all'interno del modello GLM, risulta significativamente correlata tra i parametri considerati solo con quello “Vasca”, con $F(9 \text{ e } 186 \text{ GdL}) = 3,64$ e $p=0,00033$ (Tabella 4_7_18), non risultando possibile identificare uno specifico parametro tra gli altri che sia da solo significativamente correlato a tale distribuzione.

Tabella 4_7_18. Test univariato d. significatività per il totale d. abbondanze Guild Anatre (inv 06-07).

Effect	Univariate Tests of Significance for Anatre (Spreadsheet1 in Cecere anno 1.stw) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	81,47	1	81,4693	0,378573	0,539120
Acquacm	46,97	1	46,9736	0,218278	0,640902
Salinità g/l	38,52	1	38,5195	0,178993	0,672729
Oxdisc	240,88	1	240,8787	1,119320	0,291437
pH	105,76	1	105,7555	0,491427	0,484168
Vasca	7041,82	9	782,4249	3,635788	0,000333
Error	40027,37	186	215,2009		

È quindi possibile che la separazione spaziale preferenziale di questo gruppo nelle prime vasche (nella zona Nord delle Saline), sia dipendente da altri fattori non considerati (come il disturbo o la disponibilità di risorse alimentari), o da fattori che non rispondono direttamente (non sono correlati direttamente) a quelli considerati (Figura 4_7_12).

Figura _4_7_12. Distribuzione del Guild Anatre rispetto alla variabile “Vasche”.



Possiamo però valutare che nel modello GLM utilizzato il parametro “Vasca” è in realtà un metaparametro, nel senso che include la variabilità degli altri parametri misurati (profondità dell’acqua, salinità, ossigeno disciolto, pH) al suo interno, in quanto ogni vasca delle saline è caratterizzata da una situazione unica di combinazione di tali parametri. Possiamo quindi eliminare il parametro “Vasca” dal modello e provare a rielaborare i dati. Emerge una situazione interessante,

in cui ad esempio nel caso considerato del Guild “Anatre” diventano significativi nel test univariato della significatività i parametri “Profondità acqua in cm” e “Salinità” (Tabella 4_7_19). In questo caso possiamo quindi esaminare maggiormente in dettagli la correlazione tra queste specie e i parametri ambientali, confermando sostanzialmente le ipotesi già effettuate in sede di analisi della variabilità della distribuzione di queste specie nelle vasche già effettuate nei capitoli precedenti. Le “Anatre” così come definite nel Guild in questione, hanno evidentemente una presenza legata ad acque più profonde (trattandosi di specie che si nutrono di benthos e plancton), sempre riferendosi alle profondità relative nelle diverse vasche delle saline, e ad una salinità minore (vicina a quella marina), trattandosi in generale di specie che amano l’acqua dolce.

Tabella 4_7_19. GLM “Parametri continui”. Test univariato d. significatività per il Guild “Anatre”

Effect	Univariate Tests of Significance for Anatre (Spreadsheet1 in Cecere anno 1 sec.stw) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	999,21	1	999,210	4,13956	0,043246
Acquacm	1513,34	1	1513,339	6,26952	0,013104
Salinità g/l	6969,37	1	6969,373	28,87298	0,000000
Oxdisc	21,48	1	21,482	0,08900	0,765775
pH	282,27	1	282,274	1,16941	0,280857
Error	47069,19	195	241,380		

Erbivori

Anche nel caso del Guild “Erbivori” diventano significativi nel test univariato della significatività i parametri “Profondità acqua in cm” e “Salinità” (Tabella 4_7_20). Anche in questo caso possiamo quindi esaminare maggiormente in dettaglio la correlazione tra queste specie e i parametri ambientali, confermando sostanzialmente le ipotesi già effettuate in sede di analisi della variabilità della distribuzione di queste specie nelle vasche già effettuate nei capitoli precedenti. Gli “Erbivori”, così come definiti nel Guild in questione, hanno evidentemente una presenza legata ad acque più profonde (trattandosi di specie che si nutrono di piante acquatiche che prediligono questi ambienti come la *Ruppia*), sempre riferendosi alle profondità relative nelle diverse vasche delle saline, e ad una salinità minore (vicina a quella marina), trattandosi in generale di specie che amano l’acqua dolce. E’ evidente che non è immediato stabilire una relazione causale tra questi due parametri e l’abbondanza del guild considerato, in quanto la correlazione potrebbe derivare da fattori terzi ai quali entrambe le variabili sono correlate, o da fattori terzi che sono determinati dalla variabile considerata (profondità e salinità), come la presenza di specie delle quali gli “Erbivori” si nutrono (ad esempio la *Ruppia*).

Tabella 4_7_20. GLM “Parametri continui”. Test univariato d. significatività per il Guild “Erbivori”

Effect	Univariate Tests of Significance for Erbivori (Spreadsheet Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition)				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	962,48	1	962,483	5,58430	0,019106
Acquacm	2298,25	1	2298,251	13,33440	0,000335
Salinità g/l	3353,83	1	3353,830	19,45884	0,000017
Oxdisc	9,24	1	9,240	0,05361	0,817140
pH	622,94	1	622,940	3,61428	0,058760
Error	33609,24	195	172,355		

Piscivori

Nel caso del guild “Piscivori”, il cui modello GLM in generale è poco sopra la soglia di significatività, il solo parametro univariato che risulta correlato è quello della profondità (Tabella 4_7_21). In questo caso come detto le specie considerate sono legate alle aree di profondità maggiore in quanto sono necessarie per garantire la possibilità di tuffarsi per la cattura dei pesci dei quali queste specie si nutrono.

Tabella 4_7_21. GLM “Parametri continui”. Test univariato d. significatività p. il Guild “Piscivori”

Effect	Univariate Tests of Significance for Piscivori (Spreadsheet1 in Cecere anno 1 sec.stw) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1252,23	1	1252,228	3,52384	0,061986
Acquacm	7471,67	1	7471,674	21,02569	0,000008
Salinità g/l	4,17	1	4,174	0,01175	0,913804
Oxdisc	489,36	1	489,356	1,37707	0,242032
pH	776,16	1	776,158	2,18415	0,141051
Error	69295,06	195	355,359		

Filtratori

Anche nel caso del Guild “Filtratori” diventano significativi nel test univariato della significatività i parametri “Profondità acqua in cm” e “Salinità” (Tabella 4_7_22). Anche in questo caso possiamo quindi esaminare maggiormente in dettaglio la correlazione tra queste specie e i parametri ambientali, confermando sostanzialmente le ipotesi già effettuate in sede di analisi della variabilità della distribuzione di queste specie nelle vasche già effettuate nei capitoli precedenti. I “Filtratori”, così come definiti nel Guild in questione, hanno come detto una presenza legata ad acque

mediamente profonde, sempre riferendosi alle profondità relative nelle diverse vasche delle saline, e ad una salinità maggiore, trattandosi in generale di specie che amano l'acqua salata.

Tabella 4_7_22. GLM “Parametri continui”. Test univariato d. significatività p. il Guild “Filtratori”

Effect	Univariate Tests of Significance for Filtratori (Spreadsheet Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition)				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	20,8	1	20,835	0,03575	0,850232
Acquacm	7437,8	1	7437,751	12,76177	0,000446
Salinità g/l	7645,1	1	7645,107	13,11756	0,000373
Oxdisc	1018,9	1	1018,867	1,74818	0,187654
pH	398,6	1	398,576	0,68388	0,409264
Error	113648,9	195	582,815		

Gabbiani

Nel caso del guild Gabbiani non risultano livelli di significatività adeguata né per il modello in generale, né per nessuno dei parametri univariati (Tabella 4_7_23). Questo risultato è atteso in quanto i gabbiani utilizzano le saline solo come sito di sosta, e quindi la non significatività della correlazione con i parametri considerati risponde al modello che essi utilizzino l'area in modo uniforme e non correlato a nessuna specifica condizione locale.

Tabella 4_7_23. GLM “Parametri continui”. Test univariato d. significatività p. il Guild “Gabbiani”

Effect	Univariate Tests of Significance for Gabbiani (Spreadsheet Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition)				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	4601,3	1	4601,302	1,880167	0,171891
Acquacm	0,0	1	0,000	0,000000	1,000000
Salinità g/l	80,0	1	79,982	0,032682	0,856727
Oxdisc	62,8	1	62,753	0,025642	0,872943
pH	6591,3	1	6591,282	2,693305	0,102382
Error	477220,3	195	2447,284		

Limicoli

Nel caso del guild “Limicoli”, il cui modello GLM in generale è sopra la soglia di significatività, il solo parametro univariato che risulta correlato significativamente è quello della profondità (Tabella 4_7_24). In questo caso come detto le specie considerate sono legate alle aree di profondità minore in quanto sono necessarie per garantire la possibilità di catturare invertebrati bentonici nel sedimento, dei quali queste specie si nutrono.

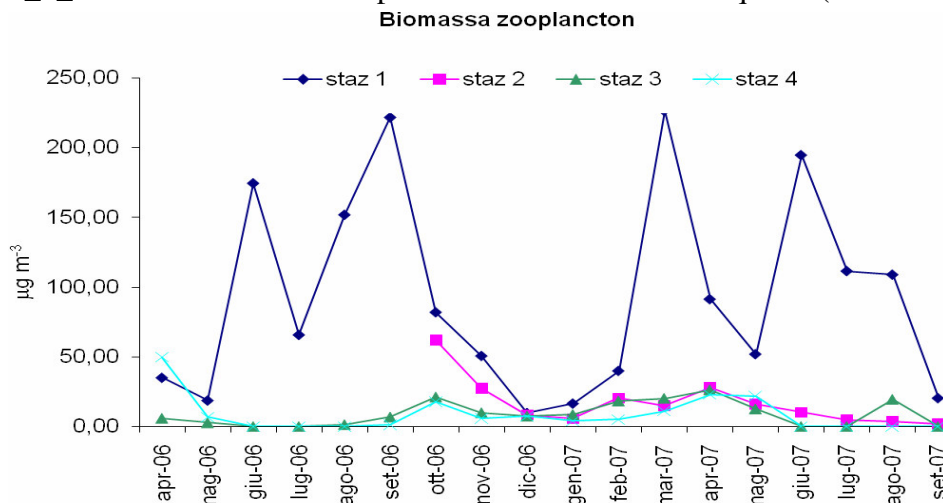
Tabella 4_7_24. GLM “Parametri continui”. Test univariato d. significatività p. il Guild “Limicoli”

Effect	Univariate Tests of Significance for Limicoli (Spreadsheet1 in Cecere anno 1 sec.stw) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	71,3	1	71,35	0,038389	0,844869
Acquacm	16020,3	1	16020,27	8,619826	0,003725
Salinità g/l	128,4	1	128,39	0,069081	0,792956
Oxdisc	259,6	1	259,58	0,139669	0,709016
pH	1602,5	1	1602,46	0,862217	0,354267
Error	362414,8	195	1858,54		

4.7.4 Rapporto con fattori biotici (zooplancton)

È possibile effettuare un confronto con i dati dello zooplancton in quanto in uno dei periodi di campionamento intensivo per gli uccelli (ottobre 2006-aprile 2007) sono disponibili anche i dati di quattro stazioni di campionamento del plancton, effettuate per un'altra tesi di dottorato (Silvestri, 2008). L'andamento dello zooplancton è molto variabile durante l'anno e sembra presentare, in ciascun anno, due cuspidi nei mesi primaverili e a inizio estate, dopo un calo; le maggiori densità si sono avute nella Stazione 1 (corrispondente alla Vasca 1) nei mesi di giugno 2006, settembre 2006, marzo 2007 e giugno 2007. Le densità minori invece si hanno nei mesi di dicembre 2006 e gennaio 2007, e nei mesi di maggio 2006 e 2007. In nessuna delle quattro stazioni si è riscontrato un andamento stagionale nelle variazioni delle biomasse e della densità dello zooplancton nel tempo, ma soltanto una comune riduzione delle abbondanze durante i mesi invernali (Figura 4_7_13). Questa è stata maggiormente evidente nella stazione 1 e ciò è, probabilmente, dovuto alla riduzione della disponibilità di supporto trofico o all'abbassamento della temperatura dell'acqua. I picchi di densità e biomassa zooplanctonica sono stati raggiunti nelle diverse stazioni in momenti differenti dell'anno.

Figura 4_7_13. Biomassa dello Zooplancton nelle Saline di Tarquinia (da Silvestri, 2008).



È possibile confrontare per il periodo ottobre 2006 – maggio 2007 la densità della biomassa in alcune vasche con la densità dei vari guild di uccelli (Tabella 4_7_25). Per le vasche per le quali non era possibile avere dati diretti sono stati estrapolati dalle vasche campionate.

Tabella 4_7_25. Biomassa zooplanctonica in alcune vasche nel periodo di studio.

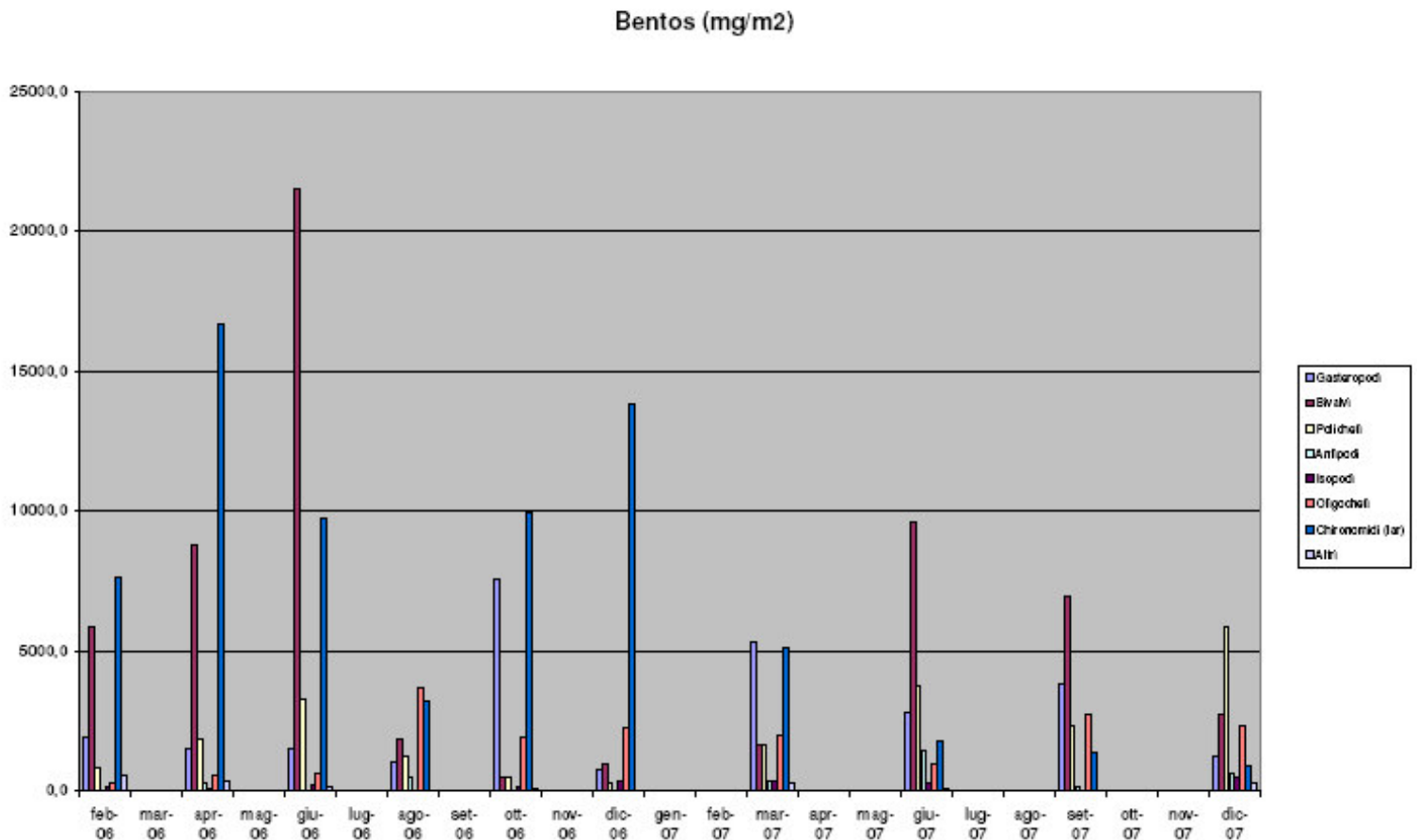
Biomassa plancton $\mu\text{g}/\text{m}^3$	ott-06	nov-06	dic-06	gen-07	feb-07	mar-07	apr-07	mag-07
1	82,01881	50,78285	9,837141	16,65714	40,04023	226,4828	91,44371	51,99983
8	62,24538	27,66125	8,524563	5,837	20,56	15,129	28,095	16,194
22	21,10853	9,884224	7,464796	8,602361	18,19447	20,15851	26,28655	12,54095
40	8,911546	2,872863	3,616505	1,964134	2,502253	5,549699	11,54131	10,91571

Eseguendo un test multivariato per ricercare correlazioni tra l'abbondanza di specie di uccelli (divise nei vari guild) e densità di zooplancton non emergono correlazioni significative, né nel modello generale né nell'analisi univariata dei diversi guild di uccelli. A parte *Artemia salina*, gli uccelli non sembrano essere grandi predatori di plancton, e questa potrebbe essere una ragione.

4.7.5 Rapporti con fattori biotici (benthos)

Sono disponibili dati di confronto sulla biomassa del benthos nelle Saline per il periodo febbraio 2006- dicembre 2007. La frequenza di campionamento (bimestrale) non è sufficiente per una precisa analisi quantitativa delle relazioni tra densità del benthos e densità degli uccelli, ma è possibile effettuare alcune valutazioni qualitative. Le stazioni campionate per il benthos sono state cinque, corrispondenti alle vasche n. 1, 2, 3, 6 e 8 della Figura 1_2 relativa alla suddivisione dell'area per lo studio degli uccelli. Nel corso dei due anni la quantità complessiva di biomassa disponibile è stata decisamente diversa, con una maggiore disponibilità nel corso del 2006 e molto minore nel 2007 (Figura 4_7_14). I Gasteropodi hanno avuto in generale una presenza bassa, con un picco di biomassa presente nell'ottobre 2006, marzo 2007, giugno 2007 e settembre 2007. I bivalvi hanno avuto grandi densità tra febbraio e giugno 2006 e da giugno a settembre 2007. Le larve di chironomidi hanno avuto densità molto elevate soprattutto nel 2006. Questi tre gruppi tassonomici, insieme ad *Artemia salina*, per lo più planctonica (sia in forma adulta che di cisti), rappresentano le principali prede per gli uccelli all'interno delle saline, oltre ai pesci.

Figura 4_7_14. Biomassa del benthos nelle stazioni campionate (tutte le stazioni).



Si è quindi passato ad esaminare le differenze di presenza di plancton tra le diverse stazioni campionate, da quella con caratteristiche maggiormente “marine” a quelle a maggiore salinità.

Prima stazione (vasche “marine”)

Nella prima stazione è possibile osservare una grande diversità di specie di invertebrati del benthos, dai Molluschi, ai Policheti, a Crostacei, ai Chironomidi. Le densità sono generalmente elevate durante tutto l’anno, anche se con una buona variabilità dal punto di vista specifico e dei gruppi tassonomici rappresentati: d’inverno le densità di biomassa più elevate sono rappresentate dai Chironomidi, nelle altre stagioni soprattutto dai Molluschi (Figura 4_7_15).

Terza stazione (salinità media)

Nella terza stazione sono ancora presenti Gasteropodi (in primavera, da febbraio a giugno) e Bivalvi (soprattutto da aprile a giugno). I Chironomidi sono abbondanti tutto l’anno, con un calo nei soli mesi estivi e massimi in primavera e in autunno (Figura 4_7_16).

Figura 4_7_15. Biomassa del benthos nella Stazione n. 1.

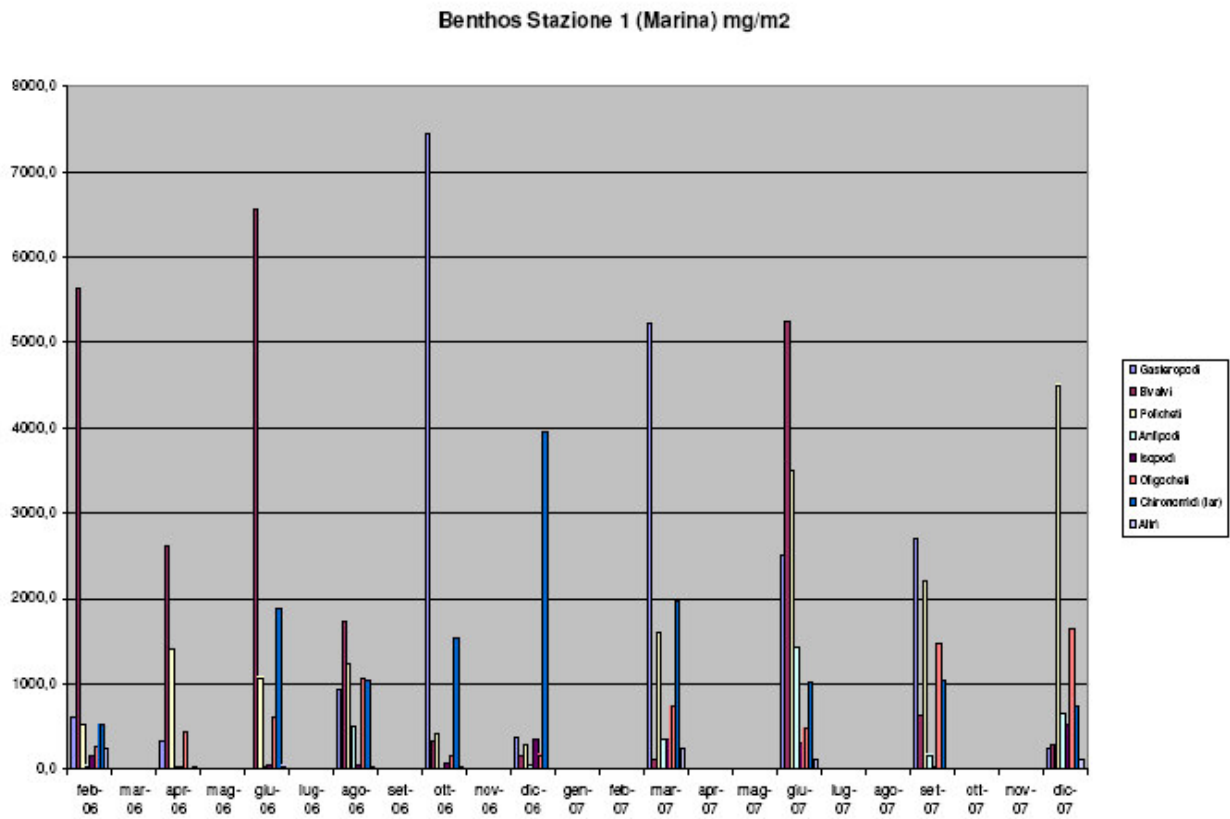
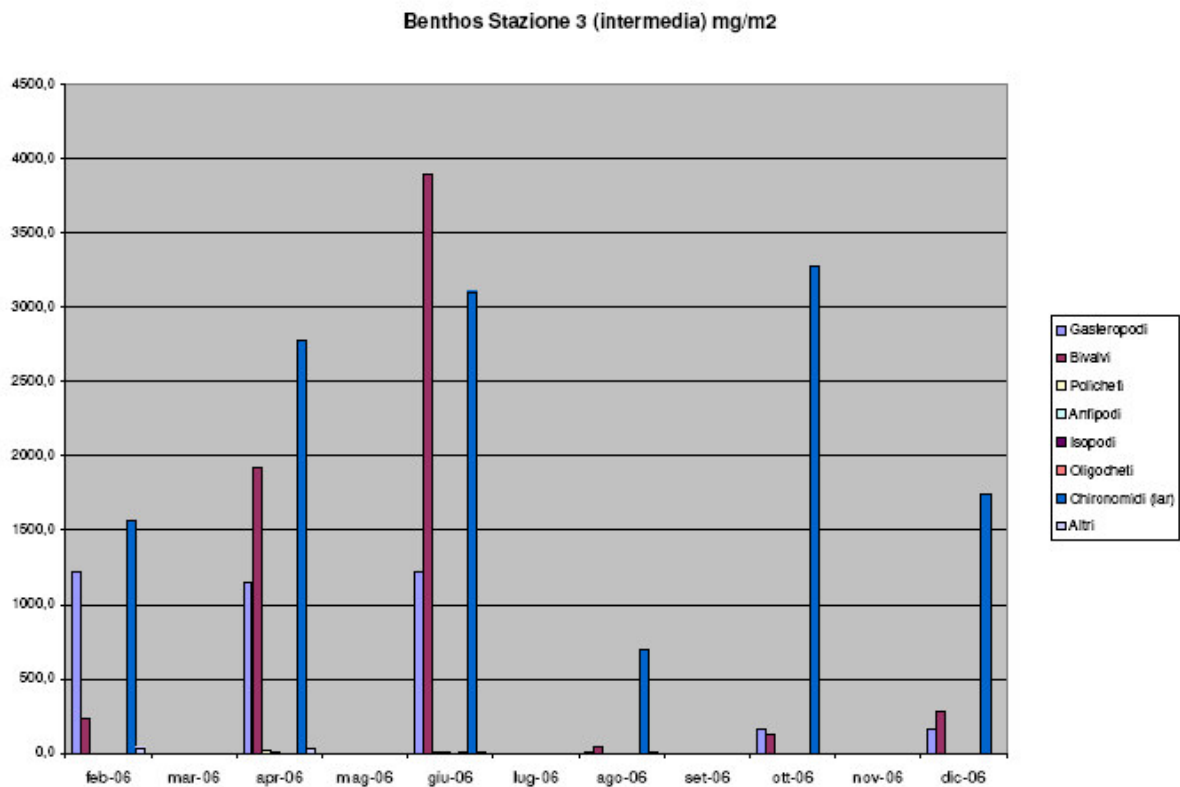


Figura 4_7_16. Biomassa del benthos nella Stazione n. 3.



Quarta stazione (salinità medio-alta)

Nella quarta stazione, già molto salina, i Gasteropodi non sono più presenti, i Bivalvi sono stati campionati nel solo mese di giugno, e sono presenti costantemente i soli Chironomidi da ottobre a giugno, con assenza di fauna bentonica in estate (luglio-settembre). Vedi Figura 4_7_17.

Quinta stazione (massima salinità)

Infine nella quinta stazione, quella maggiormente salina, sono presenti ma poco abbondanti Bivalvi e Policheti nel solo mese di giugno, e i Chironomidi da ottobre a giugno, con un massimo in aprile (Tabella 4_7_18).

Per una serie limitata di dati (ottobre-dicembre 2006) è possibile un confronto tra valore della biomassa del benthos (ed in particolare di alcuni gruppi tassonomici preda degli uccelli), ed abbondanze dei guild di uccelli. Tenuto conto che si tratta di una analisi a posteriori di dati raccolti per altre finalità, è comunque possibile tentare di ottenere alcune indicazioni generali che potranno essere utili per definire il disegno sperimentale di successivi studi.

Figura 4_7_17. Biomassa del benthos nella Stazione n. 4.

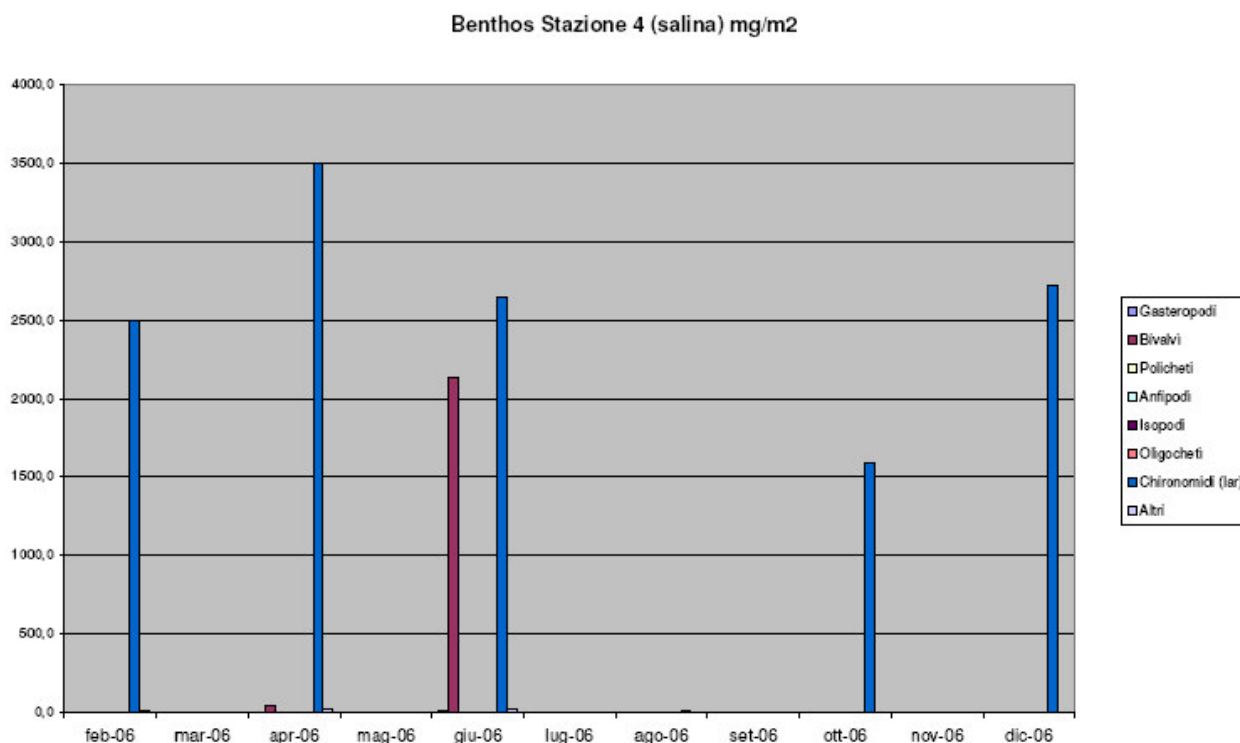
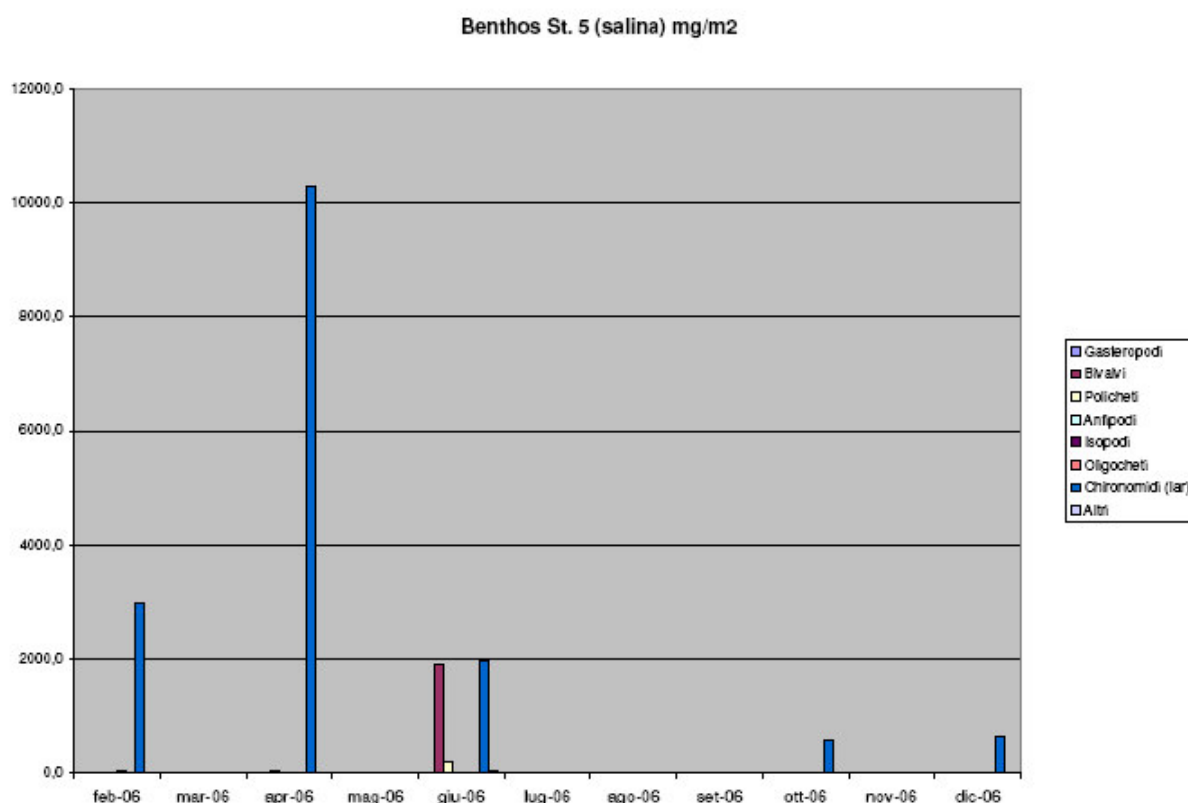


Figura 4_7_18. Biomassa del benthos nella Stazione n. 5.



In prima istanza è possibile osservare una correlazione, attraverso un test univariato della significatività, tra la biomassa totale del benthos e la unità ambientale interna (Vasca) considerata (le vasche numerate da 1 a 11 nei paragrafi precedenti). La correlazione è significativa (Tabella 4_7_26).

Tabella 4_7_26. Test univariato della significatività Vasca/Biomassa del benthos

GENERAL Effect	Univariate Tests of Significance for Vasca (Benthos anal.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2833,329	1	2833,329	853,6141	0,00
Biom Bent	608,809	1	608,809	183,4195	0,00
Error	292,091	88	3,319		

Se nel modello (usando una analisi GLM) esaminiamo il contributo di ciascun gruppo tassonomico del benthos nel caratterizzare le diverse vasche, osserviamo una contributo significativo dei Bivalvi, degli anipodi, degli oligocheti e dei chironomidi (questi ultimi particolarmente importanti come fonte alimentare per gli uccelli acquatici). Tale analisi è riportata in dettaglio nella successiva Tabella 4_7_27.

Tabella 4_7_27. Test univariato della significatività Vasca/Biomassa del benthos

GENERAL Effect	Univariate Tests of Significance for Vasca (Benthos anal.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	967,9421	1	967,9421	1277,770	0,000000
Gaster	0,0003	1	0,0003	0,000	0,985140
Biv	13,8205	1	13,8205	18,244	0,000053
Polich	0,0295	1	0,0295	0,039	0,843929
Anf	20,5647	1	20,5647	27,147	0,000001
Isop	1,3790	1	1,3790	1,820	0,181029
Oligh	5,6737	1	5,6737	7,490	0,007624
Chir	83,6348	1	83,6348	110,405	0,000000
Altri	0,0075	1	0,0075	0,010	0,920889
Error	61,3595	81	0,7575		

Si è tentato poi con un modello generale GLM di verificare alcune possibili correlazioni tra la biomassa totale del benthos e i singoli guild di uccelli; dall'analisi univariata dei diversi guild emergono correlazioni significative tra la biomassa totale del benthos e alcuni gruppi (piscivori, gabbiani, anatre) e non significative per gli altri. Con la stessa impostazione della Tabella 4_7_27 si è verificato il modello per le abbondanze degli uccelli (4_7_28), ricordando che questo è un sottocampione (mesi di ottobre-dicembre) rispetto al campione generale dell'inverno 2006-2007 (ottobre-febbraio).

Tabella 4_7_28. Test univariato della significatività Vasca/Abbondanza uccelli.

GENERAL Effect	Univariate Tests of Significance for Vasca (Benthos anal.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1189,717	1	1189,717	162,2406	0,000000
Piscivori	30,402	1	30,402	4,1459	0,044925
Erbivori	2,642	1	2,642	0,3603	0,549968
Limicoli	0,340	1	0,340	0,0464	0,830005
Gabbiani	47,847	1	47,847	6,5248	0,012464
Anatre	39,879	1	39,879	5,4383	0,022123
Filtratori	8,231	1	8,231	1,1225	0,292452
Error	608,643	83	7,333		

Tra gli uccelli che maggiormente si nutrono di benthos ci sono i limicoli di medie e piccole dimensioni, che hanno come principale preda le larve di Chironomidi. Si è quindi analizzato attraverso una semplice test univariato della significatività il rapporto tra il guild "Limicoli" e la

biomassa totale del benthos, trovando una correlazione significativa (e 88 g.d.l., $F=5,49$; $p<0,02$ – Vedi Tab. 4_7_29). Si è poi effettuato la stessa analisi in particolare con i Chironomidi, trovando una correlazione al limite della significatività (1 e 88 g.d.l., $F=3,93$; $p<0,0503$ – Vedi Tab. 4_7_30). Ricordiamo che i limicoli possono sfruttare a livello alimentare solo quelle aree che hanno una profondità adeguata alla loro capacità di camminare in acqua e fango, e quindi questo fattore può influire sulla relazione tra benthos quando “accessibile” ai limicoli o no.

Tabella 4_7_29. Test univariato della significatività Limicoli e Biomassa del benthos

GENERAL Effect	Univariate Tests of Significance for Limicoli (Benthos anal.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	53791,4	1	53791,45	28,34569	0,000001
Biom Bent	10433,4	1	10433,35	5,49791	0,021289
Error	166997,0	88	1897,69		

Tabella 4_7_30. Test univariato della significatività Limicoli e Biomassa dei Chironomidi

GENERAL Effect	Univariate Tests of Significance for Limicoli (Benthos anal.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	38848,7	1	38848,68	20,12993	0,000022
Chir	7599,5	1	7599,53	3,93779	0,050328
Error	169830,9	88	1929,90		

Anche per le “Anatre” esiste una correlazione significativa con la biomassa complessiva del benthos (Tab. 4_7_31) e con la biomassa di Chironomidi (Tab 4_7_32). Va ricordato che quando si identifica una correlazione di questo genere, soprattutto con dati limitati come questi, si è ben lontani dal definire una relazione di causalità; la correlazione potrebbe derivare da una ricerca attiva di una risorsa alimentare, ma anche da una compresenza indipendente nelle stesse aree a causa di fattori comuni terzi (ad esempio la salinità, ecc...).

Tabella 4_7_31. Test univariato della significatività Anatre e Biomassa del benthos totale

GENERAL Effect	Univariate Tests of Significance for Anatre (Benthos anal.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1067,46	1	1067,46	3,17027	0,078441
Biom Bent	14973,60	1	14973,60	44,47028	0,000000
Error	29630,50	88	336,71		

Tabella 4_7_32. Test univariato della significatività Anatre e Biomassa dei Chironomidi

GENERAL Effect	Univariate Tests of Significance for Anatre (Benthos Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1673,53	1	1673,53	4,38179	0,039203
Chir	10994,36	1	10994,36	28,78641	0,000001
Error	33609,74	88	381,93		

Per i Filtratori (specie maggiormente rappresentativa il Fenicottero) non sono emerse relazioni significative con la biomassa totale dei Chironomidi (Tab. 4_7_33), che invece sarebbe attesa. Al di là dei limiti dei dati, si può rilevare che l'*Artemia salina* ne rappresenta una importante fonte alimentare; nel benthos questa specie non è rilevata, trattandosi di specie del plancton.

Tabella 4_7_33. Test univariato della significatività Filtratori e Biomassa dei Chironomidi

GENERAL Effect	Univariate Tests of Significance for Filtratori (Benthos anal.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3615,59	1	3615,588	11,95122	0,000843
Chir	1014,86	1	1014,861	3,35459	0,070401
Error	26622,53	88	302,529		

Infine, risultano correlazioni significative con la biomassa del benthos anche per gli Erbivori (Tab. 4_7_34) e i Piscivori (Tab. 4_7_35). In questo caso non è possibile comunque ipotizzare una relazione causale, ma probabilmente una coincidenza della presenza del benthos e degli Erbivori soprattutto nelle prive vasche a causa di preferenze diverse, causate dalle stesse condizioni ambientali, e forse di una ipotetica catena alimentare benthos – pesci – piscivori nel secondo caso.

Tabella 4_7_34. Test univariato della significatività Erbivori e Biomassa dei Chironomidi

GENERAL Effect	Univariate Tests of Significance for Erbivori (Benthos anal.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1461,42	1	1461,420	7,77972	0,006476
Biom Bent	8650,49	1	8650,487	46,04996	0,000000
Error	16530,80	88	187,850		

Tabella 4_7_35. Test univariato della significatività Piscivori e Biomassa dei Chironomidi

GENERAL Effect	Univariate Tests of Significance for Piscivori (Benthos anal.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1374,56	1	1374,556	3,32834	0,071489
Biom Bent	5205,21	1	5205,213	12,60386	0,000621
Error	36342,74	88	412,986		

4.7.6 Baricentro di preferenza delle specie rispetto alla salinità

In studi precedenti sugli uccelli delle saline (Britton e Johnson, 1987) si è calcolato il “baricentro” delle diverse specie rispetto alla salinità, considerando le vasche a bassa salinità (marina), media, alta e molto alta e le presenze delle diverse specie nei quattro ambiti suddetti, in percentuale sul totale. Si è quindi provveduto a calcolare il centro pesato della distribuzione rispetto alla salinità (moltiplicando il valore percentuale di presenza nelle vasche a bassa salinità per 1, quello delle vasche a salinità media per 2, quello delle vasche a salinità alta per 3 e quello delle vasche a salinità molto elevata per 4), ottenendo un indice che varia da 1,00 per le specie a presenza esclusiva nella prima categoria, a 4,00 per le specie a presenza esclusiva nella quarta. Gli autori hanno poi calcolato l’ampiezza della loro distribuzione nelle quattro classi con la formula: $B = \text{Exp}(-\sum (p_i, \ln(p_i)))$, dove p_i è la proporzione della i -esima specie.

Si è voluto confrontare i valori di “Centre” e “Breadth” per le quattordici specie che sono state rilevate alle Saline di Tarquinia e alle Salin de Giraud in Camargue in inverno (ottobre-marzo). Per questo confronto sono stati utilizzati i dati degli inverni 2004-2005 e 2005-2006. È da rilevare che non sono state rilevate nell’area di studio in questi due periodi tre specie rilevate da Britton e Johnson in Camargue (Beccaccia di Mare – *Haematopus ostralegus*, Pittima minore – *Limosa lapponica* e Piovanello maggiore – *Calidris canutus*).

Per poter confrontare i dati, poiché alle Saline nel periodo considerato sono state raccolte le osservazioni considerando tre aree campione, corrispondenti alle vasche a salinità bassa, media ed alta (quest’ultime includendo quelle a salinità molto elevata), i dati di Britton e Johnson (1987) relativi alle ultime due classi sono stati accorpati, passando quindi da 4 a 3 classi considerate (Tabella 4_7_36). Emergono alcune differenze tra le due aree di studio: tutte le specie considerate, tranne il Corriere grosso, hanno a Tarquinia un centro più spostato verso la maggiore salinità; solo quattro specie (Corriere piccolo, Fenicottero, Piovanello pancianera e Pettegola) hanno una ampiezza (Breadth) di utilizzo degli habitat maggiore, mentre le altre dieci utilizzano uno spettro più ristretto di risorse.

È da rilevare che per la notevole differenza tra l’ampiezza dei due siti (170 ha contro 11.000 ha) è possibile che siano altri fattori, diversi dalla salinità, a spiegare questa distribuzione delle specie; in particolare nel caso di Tarquinia è particolarmente rilevante l’influsso dei disturbi di vario genere sul sito, che nel periodo di studio considerato hanno anche visto l’effettuazione dei lavori del Progetto LIFE, ma che includono la presenza a vario titolo di persone nell’area, nonché fattori esterni come presenza di predatori, cani, volpi, sorvolo dell’area ecc.. Inoltre possono avere un ruolo altri fattori ambientali ed in particolare la profondità dell’acqua, che sulle vaste estensioni del sito francese sono meno rilevanti, mentre a Tarquinia possono essere determinanti.

Tabella 4_7_36. Distribuzione percentuale delle specie di uccelli acquatici in relazione alle classi di salinità in inverno (ottobre-marzo), alle Saline di Tarquinia e in Camargue (Salin de Giraud).

Specie	Nome scientifico	Saline di Tarquinia					Camargue (Salin de Giraud)				
		Bassa	Media	Alta	Centre	Breadth	Bassa	Media	Alta	Centre	Breadth
corriere piccolo	<i>Charadrius dubius</i>	0,0	66,7	33,3	2,33	1,89	96,9	3,0	0,0	1,03	1,15
pivieressa	<i>Pluvialis squatarola</i>	0,0	100,0	0,0	2,00	1,00	93,8	5,8	0,4	1,07	1,28
fenicottero	<i>Phoenicopterus ruber</i>	11,8	18,6	69,6	2,58	2,27	91,3	8,2	0,5	1,09	1,37
corriere grosso	<i>Charadrius hiaticula</i>	0,0	0,0	100,0	3,00	1,00	62,3	30,9	6,8	1,45	2,32
piovanello pancianera	<i>Calidris alpina</i>	17,5	49,6	32,9	2,15	2,77	68,8	15,3	15,8	1,47	2,31
piovanello	<i>Calidris ferruginea</i>	0,0	78,2	21,8	2,22	1,69	53,6	39,6	6,7	1,53	2,42
gambecchio	<i>Calidris minuta</i>	9,0	56,1	34,9	2,26	2,48	59,1	24,8	16,1	1,57	2,59
avocetta	<i>Recurvirostra avocetta</i>	0,0	15,9	84,1	2,84	1,55	61,3	11,2	27,5	1,66	2,46
pettegola	<i>Tringa totanus</i>	16,3	38,2	45,6	2,29	2,78	57,3	11,7	31	1,74	2,54
fratino	<i>Charadrius alexandrinus</i>	0,0	80,8	19,2	2,19	1,63	41,3	35,3	23,4	1,82	2,92
combattente	<i>Philomachus pugnax</i>	0,0	51,5	48,5	2,49	2,00	24,2	67,5	8,2	1,84	2,26
piro piro piccolo	<i>Actitis hypoleucos</i>	0,0	100,0	0,0	2,00	1,00	40,8	30,5	28,7	1,88	2,96
piovanello tridattilo	<i>Calidris alba</i>	0,0	0,0	100,0	3,00	1,00	31,3	48,0	20,6	1,89	2,83
volpoca	<i>Tadorna tadorna</i>	3,7	54,4	41,9	2,38	2,27	22,5	48,4	29	2,06	2,85

Nella successiva Tabella 4_7_37 vengono riportati gli stessi parametri per tutte le specie di uccelli acquatici rilevati alle Saline di Tarquinia per lo stesso periodo. Le specie sono ordinate in base al valore di “Centre”, a partire da quelle che preferenzialmente sono state osservate nelle vasche a minore salinità (vicina a quella marina). Non sono state considerate le specie con meno di cinque individui osservati.

Alcune specie, in modo corrispondente alla loro biologia conosciuta, sono preferenzialmente o esclusivamente osservabili nelle vasche a minore salinità: tra queste Folaga, Svasso maggiore, Tuffetto, Germano reale, Gallinella d’acqua, legate in particolare a questo ambiente. La Folaga in particolare è stata osservata esclusivamente in questo tipo di ambiente, ed ha una elasticità (ampiezza di utilizzo delle risorse) molto bassa. Ciò può dipendere da vari fattori, principalmente dalla disponibilità delle macrofite di cui si nutre (così come Germano reale e Gallinella d’acqua), ma anche da una non tolleranza per le salinità più elevate. Per lo Svasso maggiore la ragione è invece probabilmente da attribuire ad un fattore diverso dalla salinità, e cioè la profondità dell’acqua e la presenza di pesci di medio-grandi dimensioni di cui si nutre. Come ricordato in precedenza, i pesci tollerano solo condizioni di salinità vicine a quella marina, e non si trovano nelle vasche più salate. Il Cormorano, infatti, anch’essa specie piscivora, si trova nello stesso *range* di valori. Tra le specie osservate invece solo nelle vasche a maggiore salinità ci sono Spatola, Corriere grosso, Piviere dorato e Piovanello tridattilo.

Tabella 4_7_37. Distribuzione percentuale delle specie di uccelli acquatici in relazione alle classi di salinità in inverno (ottobre-marzo): anni 2004-5 e 2005-6.

Specie Nome scientifico		2004_ 5			2005_ 06			2004-2006																					
		Bassa	Media	Alta	Bassa	Media	Alta	Bass a	Media	Alta	n1	n2	n3	p1	p2	p3	p1*1	p2*2	p3*3	Centre	Ln p1	LN p2	LN p3	p1* LNp 1	p2* LNp2	p3* LNp3	SUM	- SUM	Breadth
folaga	Fulica atra	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
svasso maggiore	Podiceps cristatus	66,67	0,00	33,33	84,72	4,17	11,11	75,69	2,08	22,22	75,69	2,08	22,22	0,76	0,02	0,22	0,76	0,04	0,67	1,47	0,28	3,87	1,50	0,21	-0,08	-0,33	-0,63	0,63	1,87
tuffetto	Tachybaptus ruficollis	53,13	0,00	46,88	90,94	5,12	3,94	72,03	2,56	25,41	72,03	2,56	25,41	0,72	0,03	0,25	0,72	0,05	0,76	1,53	0,33	3,67	1,37	0,24	-0,09	-0,35	-0,68	0,68	1,97
germano reale	Anas platyrhynchos	46,43	53,57	0,00	65,44	9,79	24,77	55,94	31,68	12,39	55,94	31,68	12,39	0,56	0,32	0,12	0,56	0,63	0,37	1,56	0,58	1,15	2,09	0,32	-0,36	-0,26	-0,95	0,95	2,58
gallinella d'a.	Gallinula chloropus	80,00	20,00	0,00	41,67	20,83	37,50	60,83	20,42	18,75	60,83	20,42	18,75	0,61	0,20	0,19	0,61	0,41	0,56	1,58	0,50	1,59	1,67	0,30	-0,32	-0,31	-0,94	0,94	2,56
cormorano	Phalacrocorax carbo	77,78	22,22	0,00	28,57	38,24	33,19	53,17	30,23	16,60	53,17	30,23	16,60	0,53	0,30	0,17	0,53	0,60	0,50	1,63	0,63	1,20	1,80	0,34	-0,36	-0,30	-1,00	1,00	2,71
marzaiola	Anas querquedula	100,00	0,00	0,00	4,44	57,22	38,33	52,22	28,61	19,17	52,22	28,61	19,17	0,52	0,29	0,19	0,52	0,57	0,58	1,67	0,65	1,25	1,65	0,34	-0,36	-0,32	-1,01	1,01	2,76
fischione	Anas penelope	30,85	69,15	0,00	54,81	10,68	34,51	42,83	39,92	17,25	42,83	39,92	17,25	0,43	0,40	0,17	0,43	0,80	0,52	1,74	0,85	0,92	1,76	0,36	-0,37	-0,30	-1,03	1,03	2,81
airone bianco maggiore	Camaerodius albus	66,67	25,00	8,33	25,96	27,88	46,15	46,31	26,44	27,24	46,31	26,44	27,24	0,46	0,26	0,27	0,46	0,53	0,82	1,81	0,77	1,33	1,30	0,36	-0,35	-0,35	-1,06	1,06	2,89
garzetta	Egretta garzetta	41,67	58,33	0,00	24,74	16,84	58,42	33,20	37,59	29,21	33,20	37,59	29,21	0,33	0,38	0,29	0,33	0,75	0,88	1,96	1,10	0,98	1,23	0,37	-0,37	-0,36	-1,09	1,09	2,98
gabbiano reale med.	Larus cachinnans	48,28	34,48	17,24	5,90	64,45	29,65	27,09	49,46	23,44	27,09	49,46	23,44	0,27	0,49	0,23	0,27	0,99	0,70	1,96	1,31	0,70	1,45	0,35	-0,35	-0,34	-1,04	1,04	2,84
pivieressa	Pluvialis squatarola	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	2,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
piro piro piccolo	Actitis hypoleucos	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	2,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
moriglione	Aythya ferina	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	50,00	0,00	50,00	50,00	0,00	50,00	0,50	0,00	0,50	0,50	0,00	1,50	2,00	0,69	0,00	0,69	0,35	0,00	-0,35	-0,69	0,69	2,00
gabbiano com.	Larus ridibundus	64,71	35,29	0,00	1,25	28,75	70,00	32,98	32,02	35,00	32,98	32,02	35,00	0,33	0,32	0,35	0,33	0,64	1,05	2,02	1,11	1,14	1,05	0,37	-0,36	-0,37	-1,10	1,10	3,00
airone cenerino	Ardea cinerea	50,00	16,67	33,33	16,00	30,67	53,33	33,00	23,67	43,33	33,00	23,67	43,33	0,33	0,24	0,43	0,33	0,47	1,30	2,10	1,11	1,44	0,84	0,37	-0,34	-0,36	-1,07	1,07	2,91
piovanello pancianera	Calidris alpina	34,04	42,55	23,40	1,02	56,57	42,41	17,53	49,56	32,91	17,53	49,56	32,91	0,18	0,50	0,33	0,18	0,99	0,99	2,15	1,74	0,70	1,11	0,31	-0,35	-0,37	-1,02	1,02	2,77
fratino	Charadrius alexandrinus	0,00	61,54	38,46	0,00	100,00	0,00	0,00	80,77	19,23	0,00	80,77	19,23	0,00	0,81	0,19	0,00	1,62	0,58	2,19	0,00	0,21	1,65	0,00	-0,17	-0,32	-0,49	0,49	1,63
piovanello	Calidris ferruginea	0,00	0,00	0,00	0,00	78,18	21,82	0,00	78,18	21,82	0,00	78,18	21,82	0,00	0,78	0,22	0,00	1,56	0,65	2,22	0,00	0,25	1,52	0,00	-0,19	-0,33	-0,52	0,52	1,69
svasso piccolo	Podiceps nigricollis	0,00	0,00	100,00	77,78	0,00	22,22	38,89	0,00	61,11	38,89	0,00	61,11	0,39	0,00	0,61	0,39	0,00	1,83	2,22	0,94	0,00	0,49	0,37	0,00	-0,30	-0,67	0,67	1,95
pittima reale	Limosa limosa	0,00	83,33	16,67	0,00	69,90	30,10	0,00	76,62	23,38	0,00	76,62	23,38	0,00	0,77	0,23	0,00	1,53	0,70	2,23	0,00	0,27	1,45	0,00	-0,20	-0,34	-0,54	0,54	1,72

pantana	<i>Tringa nebularia</i>	0,00	100,00	0,00	0,00	50,00	50,00	0,00	75,00	25,00	0,00	75,00	25,00	0,00	0,75	0,25	0,00	1,50	0,75	2,25	0,00	0,29	1,39	0,00	-0,22	-0,35	-0,56	0,56	1,75
chiurlo maggiore	<i>Numenius arquata</i>	0,00	0,00	100,00	50,00	50,00	0,00	25,00	50,00	25,00	25,00	50,00	50,00	0,25	0,25	0,50	0,25	0,50	1,50	2,25	1,39	1,39	0,69	0,35	-0,35	-0,35	-1,04	1,04	2,83
gambecchio	<i>Calidris minuta</i>	16,90	83,10	0,00	1,05	29,13	69,82	8,98	56,12	34,91	8,98	56,12	34,91	0,09	0,56	0,35	0,09	1,12	1,05	2,26	2,41	0,58	1,05	0,22	-0,32	-0,37	-0,91	0,91	2,48
pettengola	<i>Tringa totanus</i>	25,00	0,00	75,00	7,58	76,30	16,11	16,29	38,15	45,56	16,29	38,15	45,56	0,16	0,38	0,46	0,16	0,76	1,37	2,29	1,81	0,96	0,79	0,30	-0,37	-0,36	-1,02	1,02	2,78
corriere piccolo	<i>Charadrius dubius</i>	0,00	66,67	33,33	0,00	0,00	0,00	0,00	66,67	33,33	0,00	66,67	33,33	0,00	0,67	0,33	0,00	1,33	1,00	2,33	0,00	0,41	1,10	0,00	-0,27	-0,37	-0,64	0,64	1,89
mestolone	<i>Anas clypeata</i>	0,00	0,00	0,00	22,22	22,22	55,56	22,22	22,22	55,56	22,22	22,22	55,56	0,22	0,22	0,56	0,22	0,44	1,67	2,33	1,50	1,50	0,59	0,33	-0,33	-0,33	-1,00	1,00	2,70
volpoca	<i>Tadorna tadorna</i>	0,00	83,33	16,67	7,46	25,42	67,12	3,73	54,38	41,89	3,73	54,38	41,89	0,04	0,54	0,42	0,04	1,09	1,26	2,38	3,29	0,61	0,87	0,12	-0,33	-0,36	-0,82	0,82	2,27
cavaliere d'Italia	<i>Himantopus himantopus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	53,85	46,15	0,00	53,85	46,15	0,00	53,85	46,15	0,00	0,54	0,46	0,00	1,08	1,38	2,46	0,00	0,62	0,77	0,00	-0,33	-0,36	-0,69	0,69	1,99
combattente	<i>Philomachus pugnax</i>	0,00	100,00	0,00	0,00	3,00	97,00	0,00	51,50	48,50	0,00	51,50	48,50	0,00	0,52	0,49	0,00	1,03	1,46	2,49	0,00	0,66	0,72	0,00	-0,34	-0,35	-0,69	0,69	2,00
Gabbiano roseo	<i>Larus genei</i>	0,00	0,00	100,00	11,76	70,59	17,65	5,88	35,29	58,82	5,88	35,29	58,82	0,06	0,35	0,59	0,06	0,71	1,76	2,53	2,83	1,04	0,53	0,17	-0,37	-0,31	-0,85	0,85	2,33
fenicottero	<i>Phoenicopus ruber</i>	21,12	19,83	59,05	2,54	17,40	80,07	11,83	18,61	69,56	11,83	18,61	69,56	0,12	0,19	0,70	0,12	0,37	2,09	2,58	2,13	1,68	0,36	0,25	-0,31	-0,25	-0,82	0,82	2,27
canapiglia	<i>Anas strepera</i>	0,00	0,00	0,00	12,50	12,50	75,00	12,50	12,50	75,00	12,50	12,50	75,00	0,13	0,13	0,75	0,13	0,25	2,25	2,63	2,08	2,08	0,29	0,26	-0,26	-0,22	-0,74	0,74	2,09
beccapesci	<i>Sterna sandvicensis</i>	11,11	0,00	88,89	0,64	21,02	78,34	5,87	10,51	83,62	5,87	10,51	83,62	0,06	0,11	0,84	0,06	0,21	2,51	2,78	2,83	2,25	0,18	0,17	-0,24	-0,15	-0,55	0,55	1,74
Gabbiano corallino	<i>Larus melanocephalus</i>	0,00	0,00	100,00	0,00	37,17	62,83	0,00	18,59	81,41	0,00	18,59	81,41	0,00	0,19	0,81	0,00	0,37	2,44	2,81	0,00	1,68	0,21	0,00	-0,31	-0,17	-0,48	0,48	1,62
avocetta	<i>Recurvirostra avocetta</i>	0,00	7,69	92,31	0,00	24,19	75,81	0,00	15,94	84,06	0,00	15,94	84,06	0,00	0,16	0,84	0,00	0,32	2,52	2,84	0,00	1,84	0,17	0,00	-0,29	-0,15	-0,44	0,44	1,55
alzavola	<i>Anas crecca</i>	0,00	0,00	0,00	0,49	14,42	85,09	0,49	14,42	85,09	0,49	14,42	85,09	0,00	0,14	0,85	0,00	0,29	2,55	2,85	5,32	1,94	0,16	0,03	-0,28	-0,14	-0,44	0,44	1,56
totano moro	<i>Tringa erythropus</i>	0,00	0,00	100,00	0,00	16,67	83,33	0,00	8,33	91,67	0,00	8,33	91,67	0,00	0,08	0,92	0,00	0,17	2,75	2,92	0,00	2,48	0,09	0,00	-0,21	-0,08	-0,29	0,29	1,33
pavoncella	<i>Vanellus vanellus</i>	0,00	0,79	99,21	0,00	13,07	86,93	0,00	6,93	93,07	0,00	6,93	93,07	0,00	0,07	0,93	0,00	0,14	2,79	2,93	0,00	2,67	0,07	0,00	-0,19	-0,07	-0,25	0,25	1,29
spatola	<i>Platalea leucorodia</i>	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	3,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
corriere grosso	<i>Charadrius hiaticula</i>	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	3,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
piviere dorato	<i>Pluvialis apricaria</i>	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	3,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
piovanello tridattilo	<i>Calidris alba</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	3,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

N. Tot. Specie

19	21	26	27	35	38	28	37	44
----	----	----	----	----	----	----	----	----

4.7.7 Distribuzione dei guilds di uccelli nelle saline: analisi delle componenti principali (PCA)

Al fine di comprendere l'esistenza di fattori comuni alla varianza tra i Guilds di uccelli (abbondanze nel periodo dello svernamento) si è elaborata una analisi fattoriale (Analisi delle Componenti Principali – PCA). Come per le altre analisi è stata utilizzata la serie di dati dell'inverno 2006-2007. Le variabili considerate sono state i sei Guilds di uccelli (Piscivori, Anatidi, Erbivori, Filtratori, Limicoli, Gabbiani). Poiché vi sono sei variabili, si possono calcolare un massimo di sei componenti principali. Ogni componente viene stimata da una combinazione lineare delle variabili (Focardi, 1993):

$$Y_{jk} = W_{j1}X_{1k} + W_{j2}X_{2k} + \dots + W_{jp}X_{pk}$$

con $j=1, \dots, p$; $k=1, \dots, n$. Negli studi ecologici spesso i fattori causali che determinano i processi studiati non sono immediatamente accessibili all'analisi: lo sperimentatore misura delle variabili che ha loro volta possono essere (totalmente o in parte) determinate da fattori causali comuni. Vi sono alcuni fattori causali ignoti che determinano il valore dei descrittori (variabili) studiati. Il modello per la i -esima variabile di osservazione è:

$$x_i = a_{i1}F_1 + a_{i2}F_2 + \dots + a_{ip}F_p + U_i$$

per $i=1, \dots, p$, dove U_i è il fattore unico e gli a_i sono costanti. Il modello assume che il fattore unico non sia correlato con i fattori comuni. La prima analisi è calcolare una matrice globale di correlazione (Tabella 4_7_38). Questa mostra che esiste la possibilità di impiegare i dati per una analisi fattoriale poiché nel campione esiste una correlazione, anche se non molto marcata ($r=0,62$) tra Anatre ed Erbivori ed una, ancor meno marcata, tra Piscivori e Filtratori ($r=0,42$). Inoltre non sembrano esserci forme di esclusione tra i guild studiati (il coefficiente di correlazione non è mai molto negativo).

Tabella 4_7_38. PCA. Matrice globale di correlazione per le variabili.

Variable	Correlations (Spreadsheet1 in Cecere anno 1 sec.stw) Casewise deletion of MD N=200					
	Piscivori	Erbivori	Limicoli	Gabbiani	Anatre	Filtratori
Piscivori	1,00	0,18	-0,07	0,32	0,24	0,42
Erbivori	0,18	1,00	-0,12	-0,05	0,62	-0,03
Limicoli	-0,07	-0,12	1,00	0,10	-0,14	-0,03
Gabbiani	0,32	-0,05	0,10	1,00	-0,01	0,13
Anatre	0,24	0,62	-0,14	-0,01	1,00	-0,04
Filtratori	0,42	-0,03	-0,03	0,13	-0,04	1,00

La successiva fase dell'analisi è rappresentata dall'estrazione dei fattori. Il valore degli autovalori (Eigenvalue) di ciascun fattore e la percentuale di varianza spiegata sono riportati in Tabella 4_7_39. Nella Tabella sono espressi gli autovalori solo se superiori a 1,00, cioè se sono sufficienti a spiegare più varianza dei fattori originali. I primi tre fattori contribuiscono a spiegare buona parte della varianza (il 72,44%) e dovrebbero essere sufficienti a dare una chiara visione dei processi analizzati.

Tabella 4_7_39. PCA. Eigenvalues (Autovalori).

Value	Eigenvalues (Spreadsheet1 in Cecere anno 1 sec.stw) Extraction: Principal components			
	Eigenvalue	% Total variance	Cumulative Eigenvalue	Cumulative %
1	1,824014	30,40023	1,824014	30,40023
2	1,513098	25,21830	3,337112	55,61854
3	1,009504	16,82507	4,346617	72,44361

La successiva Tabella 4_7_40 esprime la frazione della varianza che può essere spiegata dai fattori comuni (la comunaltà della varianza).

Tabella 4_7_40. PCA. Comunaltà della Varianza.

Variable	Communalities (Spreadsheet1 in Cecere anno 1 sec.stw) Extraction: Principal components Rotation: Unrotated			
	From 1 Factor	From 2 Factors	From 3 Factors	Multiple R-Square
Piscivori	0,442741	0,739473	0,741631	0,324515
Erbivori	0,545225	0,746801	0,782044	0,384717
Limicoli	0,079064	0,127598	0,761714	0,036928
Gabbiani	0,051744	0,420223	0,589732	0,129823
Anatre	0,597857	0,770049	0,804105	0,409919
Filtratori	0,107382	0,532968	0,667391	0,203790

In realtà la frazione dovuta a fattori comuni della varianza nel modello proposto è piuttosto bassa: raggiunge 0,80 per le Anatre e 0,78 per gli Erbivori, è intorno a 0,75 per Piscivori e Limicoli e solo rispettivamente 0,67 e 0,59 per i Gabbiani. Ciò significa che molta della varianza è dovuta a fattori unici, specifici per ciascun Guild.

Possiamo rappresentare i diversi Guild nello spazio dei primi due fattori bidimensionalmente (Figura 4_7_19) e nello spazio dei tre fattori tridimensionalmente (Figura 4_7_20). Da questa rappresentazione emerge una distribuzione vicina di Anatidi ed Erbivori, mentre i Limicoli sono nettamente separati dagli altri Guilds.

Figura 4_7_19. PCA. Rappresentazione dei Guilds nello spazio dei primi due fattori.

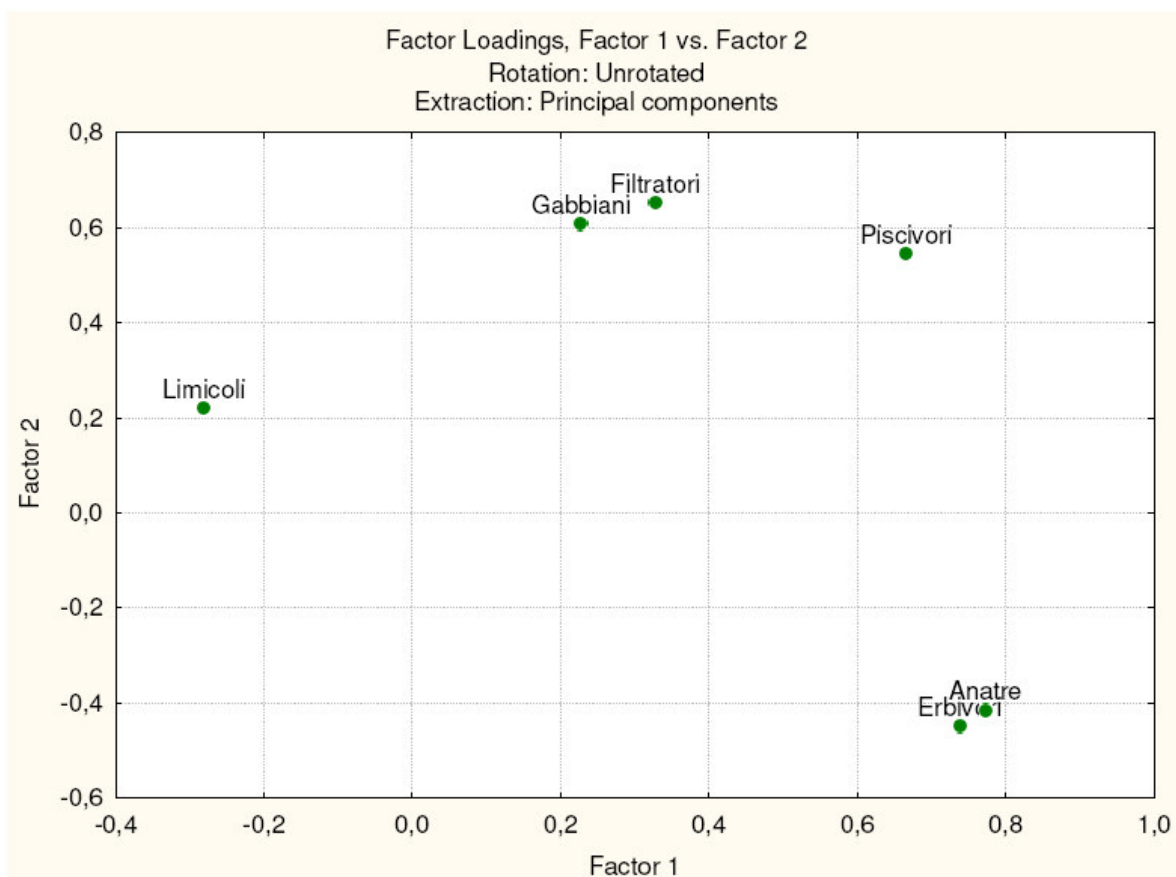
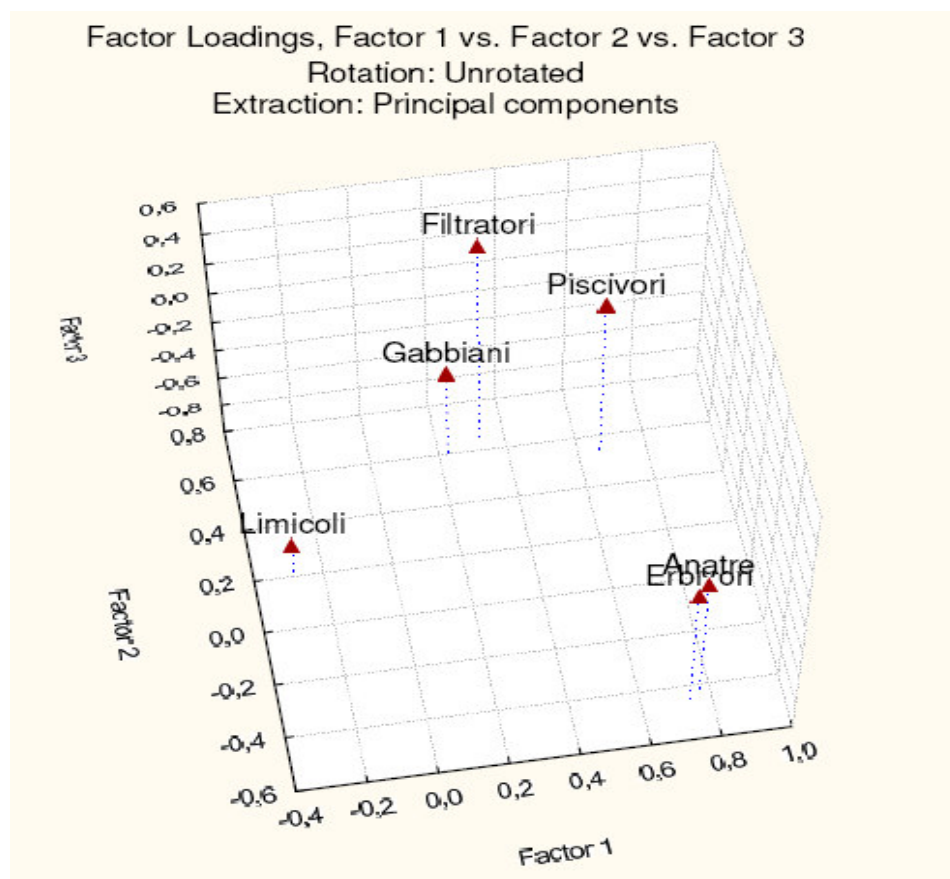


Figura 4_7_20. PCA. Rappresentazione dei Guilds nello spazio dei primi tre fattori.



5.0 DISCUSSIONE

Si procederà ora a discutere i risultati dello studio e ad elaborare le proposte di ordine gestionale che sono l'obiettivo prioritario dello stesso. Il presente è il primo studio organico complessivo sull'ecologia degli uccelli delle Saline di Tarquinia, nonostante in passato già diversi autori avessero descritto alcune componenti o la totalità dell'avifauna del sito (in particolare Biondi et al. 2005; 2006).

5.1 L'ecologia degli uccelli delle Saline di Tarquinia

5.1.1 I fattori esterni che determinano la presenza degli uccelli alle Saline di Tarquinia a scala continentale, nazionale e regionale

Poiché gli uccelli sono specie di grande mobilità e in gran parte migratorie, i fattori generali esterni al sito che determinano l'andamento delle popolazioni e delle migrazioni (clima, mortalità indotta ad esempio dalla caccia, successo riproduttivo nelle aree di origine nel nord Europa ed Asia, andamento generale della migrazione per il periodo determinato) sono probabilmente di grande importanza anche nel determinare le abbondanze ai singoli siti come le Saline di Tarquinia. Nel presente studio non è stato possibile determinare correlazioni significative tra gli andamenti complessivi nazionali e regionali delle abbondanze delle popolazioni svernanti e le abbondanze presso le Saline, in quanto le serie di confronto disponibili non sono probabilmente sufficienti per definire trend di lungo periodo.

Certamente le dimensioni del sito hanno una loro importanza nel determinare le abbondanze complessive, e un confronto (limitato ad un anno nel quale erano disponibili tutti i dati di paragone) che ha riguardato le zone umide dell'alto Tirreno ha dimostrato una relazione significativa tra abbondanze complessive ed area del sito (Tabella 4_7_1). Le Saline di Tarquinia hanno in questo senso una situazione più favorevole rispetto alla tendenza generale, ed ospitano un numero di uccelli superiore a quello della media della regressione generale. Ciò fa ritenere che la gestione attuata negli anni (protezione legale del sito, recinzione, controllo degli accessi) ed in particolare anche i recenti interventi sugli aspetti ecosistemici (progetto LIFE, progetto di zona umida d'acqua dolce, manutenzione generale) possano aver avuto un influsso favorevole sull'avifauna.

È da sottolineare che le massime abbondanze di uccelli acquatici sono state registrate negli ultimi anni della serie, anche immediatamente dopo gli interventi del progetto LIFE.

Da questo punto di vista ci si potrebbe chiedere se i circa 2.700 individui conteggiati negli inverni più favorevoli siano il tetto limite per raggiunta capacità portante del sito, viste le sue limitate

dimensioni. Sebbene come detto si tratti di un numero di uccelli rilevanti per questo sito, si ritiene che con una gestione sempre più attenta del sito, anche sulla base delle indicazioni che emergono dal presente studio, tale tetto non sia da ritenersi assoluto ma possa ulteriormente crescere nelle annate nelle quali l'andamento favorevole generale della migrazione lo permetta. Il fattore limitante maggiore forse non è dato solo dalle dimensioni limitate delle saline (al quale si potrebbe far fronte con alcuni importanti progetti di riallagamento di aree limitrofe alle stesse con zone umide di acqua dolce), ma dall'assenza nell'area dell'intorno di un numero sufficiente di piccole zone umide, marcite, prati umidi allagati ed ambienti simili che permettano l'alimentazione di un numero elevato di uccelli che possano trovare nell'area delle Saline di Tarquinia il sito adeguato per la sosta e il riposo. Da questo punto di vista si richiamano le indicazioni di un'altra precedente tesi di dottorato del DECOS (Tallone, 2008) che ha riguardato il paesaggio dei comuni di Montalto di Castro e Tarquinia e l'avifauna, sottolineando la necessità del recupero, anche con appositi interventi di restauro ambientale, di un numero significativo di piccole e medie zone umide retrodunali lungo tutto il sistema costiero della Maremma Laziale, che forniscano un ampio ambiente diffuso per le specie di uccelli acquatiche, anche in una visione di ripristino del valore paesaggistico complessivo della Maremma Laziale, che rischia di perdere con questi aspetti una caratteristica storica del territorio.

5.2.2 Il ruolo dei fattori locali nel determinare la presenza e il comportamento degli uccelli

Dai dati raccolti nel corso dello studio è emersa una chiara segregazione spaziale delle diverse specie e guild di uccelli all'interno dell'area (vedi Paragrafo 4.7.2), nonostante le sue piccole dimensioni assolute. Tale segregazione spaziale può essere dovuta a diversi fattori: risposta differenziale delle diverse specie al disturbo, fattori fisico-chimici e morfologici degli specchi d'acqua, presenza di isole, argini ed altre strutture di sosta, disponibilità di risorse alimentari. La segregazione riguarda la totalità dei guild di uccelli considerati, probabilmente per ragioni diverse. Alcuni autori hanno esaminato l'ecosistema complessivo delle saline e in particolare la posizione ecologica degli uccelli e la loro risposta ai parametri ambientali in questo tipo di ambiente artificiale (Britton & Johnson, 1987; Paracuellos et al., 2002; Velasquez, 1992; Warnock et al., 2002; Takekawa et al., 2006).

Il ruolo della salinità

Takekawa et al. (2006) esaminano in modo completo i parametri di comunità ed ambientali all'interno dell'ecosistema delle saline della baia di San Francisco (USA), ai diversi livelli trofici: qualità dell'acqua (salinità, pH, torpidità, temperatura, ossigeno disciolto); clorofilla e nutrienti;

zooplancton; macroinvertebrati bentonici; pesci; uccelli. Il fattore individuato da questi autori come più importante nel determinare la struttura delle comunità è stato la salinità. Questi autori utilizzano una classificazione della salinità degli ambienti studiati secondo quattro classi: mixoaline (0,5-30 g/l), e iperaline bassa (31-80 g/l), media (81-150 g/l) ed alta (oltre 150 g/l). Nel caso studiato la salinità raggiungeva i 224 g/l. In generale la distribuzione delle biomasse secondo questi autori viene meglio spiegata da un modello quadratico, con densità più elevata alle salinità intermedie, piuttosto che da un modello lineare inverso, con decrescita al crescere della salinità. Questo modello vale però in particolare per i livelli trofici più bassi, in quanto per i pesci non si trovano specie che resistano alle salinità più elevate, mentre per gli uccelli le densità maggiori sono presenti alle salinità basse e medie. Secondo Britton & Johnson (1987) la biomassa del benthos segue tre distinti andamenti alle salinità basse, medie e alte, mentre gli uccelli sono maggiormente presenti alle salinità intermedie. Warnock (2002) descrive per gli uccelli un pattern rispetto alla salinità che segue il modello quadratico (per lo stesso sito dello studio di Takekawa et al.), che però è meglio seguito dagli uccelli non-piscivori, che da quelli piscivori, ipotizzando che possa derivare dal maggior numero di pesci nelle lagune mixoaline.

Generalmente si considera un decremento di biomassa lineare all'aumentare della salinità, mentre Takekawa et al. (2006), così come Britton & Johnson (1987), hanno verificato che curve quadratiche piuttosto che linearità inversa meglio rappresentano le situazioni osservate di rapporto tra la biomassa verso la salinità. Una larga proporzione della variazione in biomassa può essere spiegata attraverso la salinità per produttori primari e consumatori primari, e questa relazione cambia alle salinità più alte. La produzione primaria di biomassa osservata da questi autori è più alta sotto condizioni di media e alta salinità, mentre la biomassa dello zooplancton osservata è più alta in condizioni di salinità intermedia; la biomassa che cambia alle salinità più elevate spesso è preceduta da un cambiamento della composizione specifica: i Copepodi predominano nelle lagune a media salinità, e sono sostituite da *Artemia* e *Ephydra* nelle lagune a salinità più elevata.

Alle Saline di Tarquinia la biomassa del plancton in generale decresce all'aumentare della salinità, e *Artemia* è normalmente presente a basse densità; anche in questo caso si osserva uno shift di specie al variare della salinità (Silvestri, 2008). Nella Figura 4_7_13 è riportato l'andamento della biomassa planctonica nelle diverse vasche e per i diversi periodi dell'anno, e tranne poche eccezioni la biomassa decresce al crescere della salinità. Anche per il benthos si osserva un pattern simile (Blasi, 1998; 2006), come esemplificato in Fig. 4_7_14, anche se si mantengono picchi notevoli di biomassa in alcuni momenti dell'anno anche nelle vasche a maggiore salinità, grazie alla presenza delle larve di Chironomidi (in particolare in primavera e in misura minore in autunno-inverno). Gli uccelli rispondono in modo differenziato secondo la loro appartenenza a guild ecologici (preferenze

alimentari) diversi. I nostri risultati sottolineano l'importanza della salinità (e della profondità dell'acqua, di cui si dirà in seguito) nel determinare le abbondanze dei diversi guild di uccelli; al contrario il pH e l'Ossigeno disciolto non sembrano particolarmente correlati con la presenza degli uccelli. Possiamo riassumere in una tabella (Tabella 5_1) la risposta nei modelli GLM dell'abbondanza dei diversi guild di uccelli considerati rispetto alle quattro variabili ambientali (vedi Par. 4_7).

Tabella 5_1. GLM per i Guild di uccelli e le variabili continue ambientali considerate. Test univariato della significatività .

Guild di uccelli	Prof. acqua	Salinità	Ox disciolto	pH
Anatre	P<0,01	P<0,0001	n.s.	n.s.
Erbivori	P<0,0001	P<0,0001	n.s.	n.s.
Piscivori	P<0,0001	n.s.	n.s.	n.s.
Filtratori	P<0,0001	P<0,0001	n.s.	n.s.
Gabbiani	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Limicoli	P<0,0001	n.s.	n.s.	n.s.

La salinità dell'acqua è significativamente importante per Anatre, Erbivori e Filtratori, mentre la profondità dell'acqua lo è per Anatre, Erbivori, Piscivori, Filtratori e Limicoli.

Dai dati delle Saline di Tarquinia relativi alle specie maggiormente diffuse si osserva (Tabella 4_7_37), come già rilevato, che la maggior parte delle specie in inverno sono spostate verso le aree a salinità media ed alta. Ad esempio il Piovanello pancianera frequenta soprattutto la zona centrale delle Saline, a salinità intermedia, ma ha una ampia variabilità di ambienti frequentati. Il Gamberchio (*Calidris minuta*) e la Pettegola (*Tringa totanus*) hanno un comportamento simile. Più specializzati per la stessa area (presentando quindi una ampiezza "Breadth" minore) sono altri limicoli come Fratino (*Charadrius alexandrinus*), Piovanello (*Calidris ferruginea*), Pittima reale (*Limosa limosa*), Cavaliere d'Italia (*Himantopus*). Il Fenicottero (*Phoenicopterus*) e l'Avocetta (*Recurvirostra avosetta*) sono decisamente spostati nell'area della salinità più elevata, pur presentando una notevole ampiezza di utilizzo delle aree a diversa salinità. La Folaga (*Fulica atra*) e il Fischione (*Anas penelope*) sono presenti solo nelle aree a minore salinità (comunque vicina alla salinità del mare), nelle prime vasche a nord.

Per la ricchezza (diversità) diversi autori suggeriscono che nei sistemi iperalini la regola generale è quella della relazione lineare inversa, mentre Takakewa et. al (2006) hanno verificato un modello quadratico, come per la biomassa, valutando che possa derivare dal cambiamento nella composizione delle specie, seguendo i regimi di salinità, all'interno di gruppi tassonomici più ampi.

Tuttavia i macroinvertebrati e i pesci non rispondono alla salinità così rapidamente come gli uccelli, in quanto la composizione delle comunità all'interno delle lagune è risultata essere dipendente dalla popolazione sorgente e dall'immigrazione opportunistica degli organismi all'interno delle lagune. La diversità nelle vasche iperaline medie è risultata in questo caso più bassa per i macroinvertebrati e più alta per pesci e uccelli, come rilevato da Britton & Johnson (1987) per le saline della Camargue, dove però la ricchezza specifica decresceva con il crescere della salinità. Nel nostro caso di studio il numero di specie di uccelli è risultato essere crescente linearmente al crescere della salinità (vedi Tab. 4_7_37): il massimo numero di specie osservate è risultato di 44 nelle vasche a salinità maggiore, contro rispettivamente 37 specie nelle aree a salinità intermedia e 28 nelle aree a salinità più bassa (ma comunque iperalina nella classificazione di Takekawa et al. 2006). Questo risultato può dipendere da diversi fattori.

Fattori diversi dalla salinità

Altri fattori, diversi dalla salinità, considerati in letteratura come determinanti per le comunità delle saline sono: a) le variazioni stagionali; b) i pattern idrologici; c) composizione ionica e in nutrienti; c) l'ossigeno disciolto; d) le interazioni biologiche; e) la profondità dell'acqua. Nel presente studio sono stati valutati innanzitutto i fattori fisici (profondità dell'acqua, salinità, pH, ossigeno disciolto). Nel presente studio sono stati considerati tra questi i fattori a; b; c; d; ed e.

I fattori che hanno dimostrato un ruolo maggiore nel determinare la distribuzione delle specie di uccelli sono stati la salinità, di cui si è appena discusso, e la profondità dell'acqua. L'analisi discriminante ha dimostrato come questi due fattori siano quelli che maggiormente discriminano le vasche tra di loro: i primi due fattori discriminanti da soli rappresentano il 96,68 % della variabilità (Tabella 4_1_2), ed essi sono legati maggiormente rispettivamente alla salinità il primo e alla profondità delle acque il secondo. Un ultimo fattore che ha probabilmente notevole rilevanza è il disturbo diretto antropico o dovuto alla presenza di predatori (volpi, ratti, cani, gatti).

Variazioni stagionali

Britton & Johnson (1987) hanno valutato che il ciclo regolare stagionale della salinità delle saline risulta in una disponibilità di cibo prevedibile e una avifauna abbondante. Takekawa et al. (2006) hanno valutato ritmi ciclici delle variabili fisiche e biologiche con la salinità, ma la regolarità di questi patterns sono stati oscurati da cambiamenti nella gestione delle acque durante il loro studio; la qualità dell'acqua seguiva generalmente i pattern meteorologici annuali: la salinità più bassa è stata registrata in inverno (febbraio) e la più alta in estate (agosto), ma le salinità in generale sono aumentate durante lo studio; l'ossigeno disciolto è stato inversamente correlato con la salinità e la

temperatura ha raggiunto in questo studio livelli di anossia. Le densità massime di uccelli acquatici dipendono largamente dai movimenti migratori, secondo un ciclo circumannuale, con massimi passaggi primaverili e autunnali, e durante il periodo dello svernamento (novembre-febbraio). Takekawa et. al. (2006) hanno registrato densità massime di uccelli acquatici in primavera, con successive massimi numeri in inverno; durante l'estate la maggior parte di specie migratorie non sono presenti, e gli autori hanno contto meno uccelli in autunno rispetto alla primavera, quando sono presenti i numeri più ampi di uccelli acquatici. Questi autori hanno comunque osservato maggiore similarità tra le stesse vasche nelle diverse stagioni, che tra vasche diverse nella stessa stagione. Alle Saline di Tarquinia c'è una evidente stagionalità delle presenze, con massimi numeri durante lo svernamento, presenze medie in autunno e inizio della primavera, e il minimo numero di specie nel periodo della nidificazione, quanto solo poche specie sono presenti, sostenute nell'estate dalla presenza dei gabbiani estivanti che utilizzano il sito come roost postriproduttivo; ricchezza ed abbondanza hanno andamenti simili (Tab. 4_6_2 e Tab. 4_6_3).

Pattern idrologici

Nel presente studio è stata osservata una ciclicità annuale della salinità, con massimi estivi e minimi invernali, anche a seguito della stagione più piovosa autunno-invernale, ed in genere salinità che rientrano nel range delle aree iperaline secondo la classificazione sopra richiamata adottata da Takekawa et al. (2006). Durante il periodo di studio è stato anche registrato almeno un evento atmosferico eccezionale (alluvione), che ha dolcificato l'intero sistema alla fine del 2004 per poi far lentamente risalire le salinità nel corso della stagione successiva (vedi Blasi, 2006). Un simile evento si è registrato al termine dello studio, nel dicembre 2008.

Per mantenere un elevata diversità di ambienti dal punto di vista della salinità nella Riserva Naturale è stato realizzato dal Comune di Tarquinia e dal DECOS un intervento di creazione di una zona umida d'acqua dolce di circa 10 ha, isolata dal resto del sistema, che ha funzionato tra l'altro da cassa di espansione della alluvione del 2008 sopra richiamata, in seguito all'esondazione del canale di acqua dolce che circonda e normalmente bypassa il sito (canale con problemi di inquinamento delle acque).

L'alimentazione del sistema avviene normalmente solo con acqua marina, la cui salinità rappresenta di solito il livello basale di partenza. In passato la salina veniva probabilmente alimentata nelle prime vasche anche con acqua dolce, e le prime vasche avevano probabilmente salinità inferiore a quella marina; questo fatto è stato messo in relazione con la diminuzione del Fischione (*Anas penelope*) osservata nei trend storici, essendo una specie preferibilmente dulcaquicola (Biondi, 2006).

Ossigeno disciolto e pH

Anche l'ossigeno disciolto presenta una ciclicità periodica con minimi alla fine della primavera (maggio) e fino all'estate (agosto) e massimi invernali (Fig. 4_1_8). Nei periodo di minimo si rischiano situazioni di anossia, mentre picchi aperiodici possono essere dovuti all'attività fotosintetica delle alghe presenti, soprattutto nelle prime vasche. La concentrazione di ossigeno non è risultata direttamente correlata con alcun parametro di presenza degli uccelli.

Anche per il pH è osservabile una ciclicità, con aumento nei mesi primaverili-estivi, legato alla ripresa dell'attività fotosintetica che riduce la concentrazione di CO_2 e di ioni H^+ , diminuendo l'effetto tampone dell'ambiente acquatico. Anche il pH non è risultato direttamente correlato con alcun parametro di presenza degli uccelli.

Profondità dell'acqua

Diversi autori hanno sottolineato l'importanza della profondità dell'acqua per la presenza di alcune specie di uccelli nelle saline (Velasquez, 1992; Takekawa et al., 2006), in quanto la profondità dell'acqua determina per alcune specie la disponibilità di habitat (di alimentazione). Nel presente studio è emerso che alle Saline di Tarquinia la profondità dell'acqua risulta un fattore importante per la maggior parte delle specie. Dall'analisi dei dati ottenuti attraverso l'attribuzione di classi di profondità dell'acqua alle osservazioni, risulta una correlazione tra di essa e le abbondanze del guild "Limicoli" (Tabella 4_7_13), che chiaramente preferiscono le profondità dell'acqua minori. In questo caso per potersi alimentare la maggior parte delle specie necessita di profondità dell'acqua inferiori a 8 cm, e fino ad 1 solo cm, a causa della lunghezza minore di zampe e becchi. Takekawa et al. (2006) rilevano che profondità minime dell'acqua comportano effetti negativi, come temperature maggiori e minore ossigeno disciolto, che possono ridurre le popolazioni di specie preda come macroinvertebrati e pesci. Vedremo come questo problema può essere superato con opportune tecniche gestionali "a rotazione" della profondità delle acque. Per il guild "Piscivori" si ha una correlazione con le profondità dell'acqua maggiori (Tabella 4_7_14). Tale correlazione è probabilmente indiretta, e non legata direttamente alla accessibilità delle prede come nel caso dei limicoli, ma legata presumibilmente alla presenza di pesci, che in generale è più frequente nelle prime vasche "marine", e che man mano diminuisce all'aumentare della salinità, fino ad azzerarsi. Il picco di presenza dei "Piscivori" nella Vasca n. 8 (Figura 4_7_9) è dovuto alla presenza delle sterne, che frequentano quasi esclusivamente quest'area anche se tendenzialmente solo come posatoio e non per cacciare, in quanto preferiscono pescare in mare.

Anche utilizzando i dati di profondità misurati su scala continua dell'inverno 2006-2007 emerge una importanza della profondità come fattore, in questo caso per tutti i guild tranne che per i

gabbiani (Tab. 5_1). Questa eccezione è ben motivata dal fatto che questo è l'unico guild che non utilizza in modo sistematico le vasche per l'alimentazione, ma soprattutto come sito di riposo. Per gli Anatidi e gli Erbivori la correlazione con le profondità può dipendere da fattori indiretti, in quanto sono presenti soprattutto nella prima vasca, presumibilmente in quanto la salinità è inferiore, nella quale la profondità è la maggiore del sistema. Più complesso ipotizzare una spiegazione per il guild Filtratori, dove la specie dominante è il Fenicottero, che frequenta tendenzialmente le vasche intermedie, a profondità e salinità intermedia.

Fattori biotici (relazioni con plancton, benthos)

Dallo studio, del tutto preliminare per questi fattori in quanto si è trattato di un sottocampionamento successivo di dati raccolti per altri scopi, che interessa una serie temporale breve e con scansione poco adeguata per questo tipo di analisi, non sono emerse particolari correlazioni tra il plancton e le abbondanze degli uccelli. La presenza di alcuni guild è risultata invece correlata con la biomassa del benthos, ed in particolare con la biomassa dei Chironomidi (Paragrafo 4.7.5), probabilmente la maggiore specie preda per gli uccelli acquatici in questo sistema, viste le basse densità di *Artemia* rilevate. Tale correlazione potrebbe essere spiegata in prima istanza con comuni preferenze tra specie diverse la cui presenza e abbondanza dipende da fattori comuni di tipo fisico-chimico (preferenze comuni). Potrebbero essere identificate poi altre ragioni di tipo causale (che non possono essere dimostrate con il presente studio, di tipo esplorativo, e che potranno essere eventualmente oggetto di futuri lavori) per le quali queste correlazioni potrebbero essere spiegate. Principalmente i possibili fattori causali possono essere i rapporti predatore-preda. Diversi autori precedenti hanno rilevato correlazioni tra la disponibilità di larve di Chironomidi e le densità degli uccelli acquatici presenti (Sanchez et al., 2006a; 2006b; 2006c), e quindi questi primi risultati preliminari parrebbero coerenti con i lavori precedenti.

Disturbo

Il disturbo da parte della presenza umana o di predatori può avere una influenza sulla capacità di sopravvivenza degli uccelli acquatici, in particolare nella stagione invernale, che può essere misurato attraverso soglie critiche di disturbo; dati sono disponibili per pochissime specie, in particolare per la Beccaccia di mare, anche se ogni specie ha risposte specifiche, e anche variabili secondo la località e il momento della stagione non-riproduttiva (Goss –Custard et al., 2006).

Presso le Saline di Tarquinia non è stato ancora quantificato in questo o in studi precedenti il ruolo di tale fattore, che indubbiamente ha una rilevanza notevole viste le limitate dimensioni del sito, la sua forma stretta e lunga, la presenza di diverse strade che lo attraversano e la concreta presenza di

persone nel sito durante tutto l'anno e in diversi momenti, nonostante la protezione legale e l'avvenuta recinzione del sito negli anni '80. Tale presenza dipende da attività di manutenzione, educazione ambientale, visita in genere (GUIDATA dal personale CFS) e ricerca, in quanto l'accesso libero all'area non è ammesso; nonostante ciò quando avviene (e ciò capita comunque di frequente) non è vincolato a particolare percorsi coperti e, visto che l'habitat è di tipo molto aperto, risulta molto visibile da parte degli uccelli. Inoltre fonti di disturbo osservate costantemente per gli uccelli durante lo studio sono state la presenza di una aviosuperficie nelle immediate adiacenze, con decolli ed atterraggi frequenti che provocano l'involò degli uccelli in numerose occasioni, e la presenza di cani, ratti e gatti, nonché di predatori naturali terrestri come volpi ed istrici e volanti come il Gabbiano reale.

Fattori comuni

Dall'analisi fattoriale (*Principal Component Analysis*) è risultato che i diversi guild di uccelli sono poco legati da fattori comuni nella loro distribuzione, e che sono probabilmente più importanti i fattori di unicità legati alle preferenze di ciascun guild. Dalla PCA risultano ben distinti come preferenze alimentari i Limicoli, mentre Erbivori e Anatre sono molti vicini tra di loro. Piscivori e Filtratori si trovano piuttosto vicini considerando i primi due fattori (che però rappresentano solo il 55,6% della varianza) e più distanti, come con i Gabbiani, considerando i primi tre fattori, che rappresentano il 72,4% della varianza (Fig. 4_7_19 3 Fig. 4_7_20). E' presumibile, dai dati sopra discussi, che il fattore che distingue i Limicoli sia legato alla profondità dell'acqua, mentre Erbivori e Anatre sono legati a fattori dove la salinità e forse la disponibilità e varietà di specie di benthos e di alghe possono avere un ruolo.

5.2 Indicazioni gestionali per le Saline di Tarquinia al fine di favorire la presenza degli uccelli: nidificazione; svernamento e migrazione

L'habitat prioritario "laguna costiera" al momento della designazione come SIC e ZPS della Rete europea Natura 2000 si estendeva su una superficie complessiva di circa 110 ha comprendendo un totale di 96 bacini distinti in evaporanti, salanti, servitrici e di deposito delle acque. A questi si aggiungeva il reticolo di canali annessi alle vasche e necessari al trasferimento dell'acqua, la cui superficie è di difficile definizione. A partire dal 1997, la superficie di questo habitat ha subito un progressivo calo a causa sia di eventi naturali sia di una ridotta attività di manutenzione ordinaria delle infrastrutture produttive in seguito alla dismissione dell'impianto. Come ricordato diverse alluvioni occorse nel sito (1987, 2004 e 2005) hanno compromesso la funzionalità di una rilevante porzione di area umida la cui estensione si è quindi notevolmente ridotta. Inoltre il passaggio ad una

gestione “passiva”, basata su una manutenzione “minimale” delle infrastrutture, ha provocato in breve tempo un deterioramento degli argini di legno ed in pietra, un aumento dei processi di sedimentazione all’interno delle vasche e dei canali, uno scarso rinnovo degli elementi chimico-fisici e biologici all’interno delle vasche. Questi processi hanno alterato profondamente la condizione dell’habitat acquatico, il cui delicato equilibrio ecologico è fondamentalmente basato su un efficiente sistema di circolazione delle acque. Diversi studi precedenti condotti dal Dipartimento di Ecologia e Sviluppo Economico Sostenibile – DECOS dell’Università della Tuscia (VT) hanno confermato il processo di perdita della diversità biologica in atto. In conseguenza a ciò, la superficie della zona umida è passata a circa 81 ha, che rappresentano circa il 55% della superficie totale del SIC (149,6 ha). L’interramento, la stagnazione delle acque, lo scarso idrodinamismo e l’eccesso di sedimentazione di sostanza organica ed inorganica sono state le principali minacce che hanno gravato sul sito di importanza comunitaria. La realizzazione del ricordato Progetto Life-Natura “Recupero ambientale della Riserva Naturale delle Saline di Tarquinia” ha consentito l’esecuzione di diverse azioni di manutenzione straordinaria ed ordinaria del sito, tutte finalizzate al ripristino di un adeguato flusso di acqua tra i bacini della Riserva. Un corretto idrodinamismo è infatti la base per il mantenimento delle comunità animali e vegetali che necessitano di un buon livello di ossigeno nelle acque, di un adeguato apporto di nutrienti, di un efficiente scambio di elementi vitali tra i microambienti. Allo stato attuale, l’ecosistema umido delle saline può dirsi in fase di recupero della biodiversità ai diversi livelli trofici. Infatti recenti studi condotti sulla comunità bentonica, considerata lo strumento più efficace per la descrizione degli ecosistemi acquatici, confermano l’inversione del trend negativo rilevato negli anni 97-04, quando la diversità specifica e l’abbondanza dei popolamenti bentonici rilevava uno stato di deterioramento delle condizioni ambientali. In particolare la presenza di alcuni *taxa* indicavano specificatamente una condizione di arricchimento organico e di scarsa concentrazione di ossigeno nei sedimenti. Una migliore circolazione delle acque, un maggior spessore della colonna d’acqua in alcune vasche delle saline, interventi strutturali sull’impianto e gli edifici ad esso annessi hanno avuto ricadute positive sulle condizioni generali dell’habitat laguna costiera. Inoltre il presente studio sull’avifauna delle Saline fa pensare ad una crescita nelle popolazioni delle specie migratrici e svernanti, mentre per quanto riguarda i nidificanti nell’area della Riserva Naturale, a parte alcuni segnali positivi, per il momento non sembra esserci conferma delle episodiche nidificazioni di specie di interesse comunitario segnalate in passato. In particolare si segnala un tentativo di nidificazione nel corso del 2005 nei pressi del Borgo delle Saline di una nuova specie, il gruccione, *Merops apiaster*, presente negli allegati della Convenzione di Berna (App. 2) e della Convenzione di Bonn (App. 2), che ha

probabilmente poi nidificato nel 2007 e 2008 nella porzione dunale delle Saline. I fattori di pressione che agiscono complessivamente sul sito possono quindi essere considerati:

- Erosione costiera;
- Scarso idrodinamismo;
- Interramento;
- Eccessiva sedimentazione di sostanza organica ed inorganica;
- Eutrofizzazione
- Perdita di biodiversità
- Alterazione delle caratteristiche chimico-fisiche dell'habitat acquatico (perdita del gradiente salino, riduzione eccessiva della colonna d'acqua, alterazione dei cicli stagionali);
- Perdita dei collegamenti con il mare;
- Riduzione e degradazione delle fitocenosi acquatiche;
- Presenza di rifiuti solidi lungo gli argini delle vasche ed all'interno delle vasche;
- Disturbo.

Il DECOS ha elaborato nel corso del Progetto LIFE un Piano di Gestione (Nascetti e Angeletti, 2007), successivamente approvato dal Corpo Forestale dello Stato, dal Comune di Tarquinia e dal Ministero dell'ambiente, che identifica diversi obiettivi gestionali. Obiettivi del Piano di gestione per l'habitat "laguna costiera" sono stati identificati come segue:

- Mantenere l'integrità dell'habitat (erosione costiera, prosciugamento, interrimento);
- Mantenere un adeguato collegamento col mare (ingresso di acqua marina);
- Mantenere una adeguata circolazione delle acque (evitare stagnazione, eccesso di sedimentazione di sostanza organica ed inorganica, funzionalità delle strutture, adeguata colonna d'acqua);
- Mantenere una adeguata qualità delle acque (assenza di inquinanti);
- Mantenere le caratteristiche chimico-fisiche peculiari del sito (mediamente iperalino con cicli stagionali dei principali parametri);
- Mantenere le eterogeneità ambientali di piccola scala dell'habitat acquatico (zona salmastra, zona iperalina, zona d'acqua dolce);
- Gestire con attenzione il ciclo annuale dell'habitat, in particolare per quanto riguarda le profondità nelle diverse vasche, in modo da favorire l'avifauna in migrazione, svernante e potenzialmente nidificante;
- Realizzare isolotti artificiali in alcune aree per favorire lo stazionamento e la nidificazione di alcune specie di uccelli (Laridi, Sternidi, limicoli).

Gli uccelli rappresentano una grande valenza conservazionistica per il SIC e la ZPS: all'interno del suo territorio sono state censite in passato oltre 50 specie di uccelli (dati del Corpo Forestale dello Stato, non pubblicati), mentre il presente censimento individua in alcuni periodi più favorevoli (autunno e primavera) circa 35 specie di uccelli acquatici presenti contemporaneamente. Il totale delle specie censite nel corso del ciclo annuale su transetti è di 159 (Biondi et al., 2005), includendo anche i Passeriformi. Dal presente studio pluriennale è possibile riscontrare una forte stagionalità delle presenze, tipiche delle zone umide mediterranee, uno scarso numero di specie nidificanti, ma un'abbondante presenza di uccelli che nel periodo ottobre-febbraio dell'anno 2006 ha raggiunto punte rilevanti. Si tratta soprattutto di specie svernanti, in numero di oltre 2700 nei momenti di picco per l'inverno 2005-2006, calcolato come medie mensili, ben oltre 1000 unità in più rispetto all'anno 2004/2005, e sui massimi registrati storicamente tramite i censimenti degli svernanti dell'INFS negli ultimi trent'anni. Tali incrementi possono essere in parte attribuiti a cause di tipo generale, ma sicuramente anche alla situazione locale delle saline, e quindi alle attività di recupero dell'idrodinamismo delle vasche della zona nord della Salina, finanziate dal progetto Life. E' del tutto evidente infatti che se la situazione locale non fosse stata favorevole non si sarebbero raggiunti i valori di diversità e di abbondanza effettivamente osservati, che come detto sono sui massimi storici per le saline. Nei prossimi anni sarà possibile verificare se tali valori di presenze sono da considerarsi vicini alla capacità portante delle saline per gli svernanti, o se invece – come è auspicato, e parrebbe confortato da osservazioni non sistematiche del passato – con una gestione più efficace ed indirizzata a migliorare l'idrodinamismo e le condizioni generali dell'ecosistema delle saline e specificamente mirata a favorire l'avifauna, non possano essere anche superati. In relazione agli ordini degli uccelli, in maggior numero è stato possibile riscontrare fenicotteri, spatole, Anseriformi, e limicoli per l'inverno 2005-2006, mentre nell'anno precedente si sono osservati in maggioranza limicoli. Ridotto quello degli Anseriformi e quasi del tutto nullo quello degli altri ordini. Per quanto riguarda il numero di svernanti, analizzando le serie storiche degli svernanti, disponibili grazie a dati bibliografici e si osservano maggiori presenze, rispetto agli anni '80, soprattutto per gabbiani, limicoli, fenicotteri e Ardeidi. Non appare variato il numero degli Anseriformi. Le possibili cause dell'aumento possono essere imputate a fattori locali, quali la protezione legale dell'area, a partire dal 1980, un aumento della sorveglianza nella seconda metà degli anni '90 e a fattori generali, quale una tendenza all'aumento del numero degli svernanti (minore disturbo venatorio dopo la legge 157/92). I dati dell'inverno 2006-2007 paiono anormalmente bassi (nell'ordine di un terzo degli svernanti dell'anno precedente), e non collegabili con le dinamiche locali delle saline che presenterebbero condizioni più favorevoli che negli anni precedenti. Molto probabilmente la causa di questo calo in questo inverno è dovuta all'eccezionale

ondata di temperature miti – per non dire calde – del tutto al di sopra delle medie stagionali che ha molto probabilmente fatto in modo che gli uccelli svernassero molto più a nord che negli anni precedenti.

Dal punto di vista gestionale gli uccelli delle saline possono essere suddivisi nelle seguenti categorie (con riferimento agli uccelli acquatici):

- specie che nidificano o che hanno nidificato nelle saline o nei pressi (garzetta, cavaliere d'Italia, volpoca, ...);
- specie che utilizzano le saline prevalentemente per brevi soste durante la migrazione (utilizzandole come aree di semplice sosta o come aree di alimentazione per recupero di risorse fisiche per continuare il viaggio migratorio); ad es. soprattutto limicoli (*Charadriiformes*), Anatidi;
- specie che sostano a lungo nelle saline utilizzandole anche come area di alimentazione (durante l'intero ciclo annuale o solo per periodi, es. svernanti); ad es. in particolare fenicottero, alcune specie di Anatidi;
- specie che utilizzano le saline prevalentemente per la sosta, senza alimentarsi al loro interno, e che si alimentano in aree esterne (ad es. Laridi, Sternidi, pavoncella).

Inoltre le saline sono frequentate da altre specie non specializzate per le zone umide o gli ambienti ipersalini, che comunque sono presenti nell'area: es. Passeriformi, Gheppio, ecc... Si possono quindi in base al presente studio valutare quali sono gli elementi più importanti da valutare per gestire l'area per l'avifauna. I principali fattori che probabilmente influiscono sulle abbondanze e sulla diversità di specie probabilmente sono:

Fattori esterni all'area:

- andamento generale della migrazione e del ciclo annuale dell'avifauna;
- andamento delle popolazioni delle diverse specie a livello regionale, nazionale ed europeo;

Fattori interni all'area:

- gradiente di salinità nelle saline, e conseguente struttura e densità delle popolazioni di plancton e benthos e dell'ittiofauna (per le specie di uccelli che si alimentano nell'area);
- parametri di qualità delle acque, ossigenazione e struttura della comunità algale, vegetale e conseguente struttura e densità delle popolazioni di plancton e benthos e dell'ittiofauna (per le specie di uccelli che si alimentano nell'area);

- profondità della colonna d'acqua, che determina la presenza delle diverse specie di limicoli e trampolieri (aironi, fenicotteri) in base alle dimensioni e alla lunghezza delle zampe e profondità e densità del fango (che determinano la capacità di penetrazione del becco); per le anatre e gli svassi la profondità della colonna d'acqua determina la preferenza da parte delle diverse specie;
- disponibilità, struttura dimensionale e densità delle popolazioni di pesci (per le specie piscivore: cormorano, aironi, svassi);
- presenza e densità di *Artemia salina* (per il fenicottero);
- disturbo antropico (sorvolo da parte di aerei a motore, presenza di persone in salina a piedi – inclusi gli operai per le manutenzioni ordinarie e i ricercatori, presenza di automezzi, lavori in corso – incluse le manutenzioni più rilevanti, anche con disturbo indiretto come quello dovuto alla variazione repentina o elevata del livello delle acque).

Anche se i primi fattori sono quelli più rilevanti per determinare l'andamento complessivo e i numeri totali delle presenze, come ha dimostrato la scarsa presenza di svernanti nell'inverno 2006-2007 (probabilmente a causa del caldo notevole dell'inverno in tutto il sud Europa), i fattori che possono essere controllati nella gestione sono i secondi, comunque importanti per garantire le migliori condizioni ecologiche all'interno delle saline che favoriscano il più possibile la sosta degli uccelli in migrazione. L'effetto della cessazione dell'attività di produzione del sale (1997) non è ben interpretabile, non tutti gli uccelli si sono comportati nello stesso modo. Seguendo un andamento generale, si può dire che sia la ricchezza che l'abbondanza si sono stabilizzate a partire dal 1997. Tuttavia, prima del 1997 si era registrato un aumento. Se si guarda a cosa è successo a specie dalle esigenze ecologiche differenti si nota come i fenicotteri, tipici filtratori iperspecialisti di ambienti ipersalini, abbiano mostrato una tendenza all'aumento, anche dopo la cessazione della produzione di sale, mentre gli erbivori, quali la folaga e ed il fischione, hanno manifestato una diminuzione. Gli uccelli piscivori, quali svassi, aironi e cormorani, hanno mostrato un aumento, anche se meno pronunciato, anche dopo il 1997. Un incremento notevole si è riscontrato anche per il tuffetto, che ama l'acqua dolce.

Dal censimento effettuato, emerge che gli uccelli che frequentano la salina si possono distinguere in diversi gruppi; i più importanti, in termini di abbondanza, sono i limicoli, gli Anseriformi, e il fenicottero rosa e la spatola; minore il numero di svassi e Ardeidi, oltre al cormorano. Le esigenze ecologiche diverse e contrastanti di questi uccelli, ci permette di capire come una divisione dell'habitat lagunare, piuttosto che una gestione omogenea, possa essere una strategia di conservazione più idonea. Infatti, l'aumento di fenicotteri, uccelli che prediligono ambienti

iperalini, manifesta un aumento delle peculiarità iperaline di alcune porzioni della salina, mentre, l'aumento del numero di uccelli di acqua dolce testimonia come le alluvioni recenti abbiano dolcificato altre aree della salina, in particolar modo le vasche di terza sezione interrate dall'evento alluvionale del 1987. Per interpretare questa contraddittoria tendenza si deve osservare che la Salina è piuttosto disomogenea non solo nelle sue parti strutturali, ma anche per quel che riguarda gli aspetti chimico-fisici delle acque. Pertanto una maggiore protezione di tali esigenze ecologiche deve essere garantita attraverso *zonizzazioni* dell'ambiente garantendo in diverse aree diversi *optimum* ecologici. La minaccia maggiore per gli uccelli è rappresentata dalla perdita della laguna costiera. Al fine di garantire la tutela dell'intera laguna è necessario pertanto garantire:

1. la diversificazione dei microhabitat: si tratta in sostanza di mantenere diverse aree a differente salinità (marina, iperalina e dulciacquicola) e a diverso spessore della colonna delle acque (da pochi centimetri fino a 2 metri);
2. un adeguato idrodinamismo finalizzato a rimuovere i cataboliti ed evitare i processi di eutrofizzazione.

Per raggiungere tali finalità, è necessario allora garantire le esigenze dell'habitat lagunare come già descritto in precedenza. In definitiva, le strategie di gestione dell'habitat lagunare come in precedenza descritte sono adeguate per mantenere il livello della popolazione di uccelli che frequentano la salina (vedi anche le azioni individuate nel paragrafo sull'habitat lagunare). Per quanto riguarda la presenza degli uccelli è da sottolineare anche il ruolo che gioca il disturbo:

1. determina la stessa presenza delle specie, che hanno differenze nel poter accettare livelli bassi o moderati di disturbo;
2. richiede notevoli risorse energetiche da parte degli uccelli soprattutto nella stagione invernale, influenzandone la sopravvivenza e la mortalità, almeno come fattore aggiuntivo;
3. può compromettere eventuali tentativi di nidificazione, in quanto nel periodo di formazione delle coppie e di scelta della localizzazione del nido molte specie sono particolarmente sensibili, e anche livelli bassi di disturbo possono impedire la riproduzione;
4. limita la funzionalità delle saline come *stepping stone* per i migratori, che se disturbati continuamente sottraggono tempo all'alimentazione, e quindi alla ricostituzione di riserve di grasso per la migrazione.

I fattori di disturbo antropico diretto individuati sono soprattutto i seguenti:

- le modalità di accesso come attualmente gestite, in assenza di sentieri protetti alla vista degli uccelli e di capanni di osservazione; la presenza di persone a piedi all'interno della salina (operai, ricercatori, visitatori) è fattore intenso e frequente di disturbo; la presenza di automezzi è invece ampiamente tollerata dalla maggioranza delle specie, soprattutto se si

procede a bassa velocità e senza soste nelle aree più visibili dagli uccelli; in una situazione ideale tutti i visitatori, ma anche i ricercatori e gli operai che lavorano in salina, dovrebbero accedere esclusivamente tramite percorsi protetti, e solo eccezionalmente (sotto stretta valutazione e monitoraggio scientifico degli effetti prodotti) entrare in salina alla vista degli uccelli, almeno in determinati periodi;

- sorvolo da parte di aerei a motore, ultraleggeri e elicotteri; particolarmente rilevante è il disturbo causato dall'aviosuperficie situata negli immediati pressi del confine delle saline a sud, che comporta numerosi e frequenti decolli ed atterraggi e spesso passaggi a pochi metri dal suolo sopra le saline, con notevolissimo disturbo per gli uccelli;
- lavori in corso, inclusi i lavori ordinari di manutenzione, ma anche i lavori straordinari di gestione; essi causano disturbo diretto – presenza di personale, mezzi di cantiere, barche, motori di generatori, ecc... - ma anche disturbo indiretto come l'aumento del livello delle acque anche molto elevato, o cambiamenti repentini del livello delle stesse;
- presenza di cani e gatti (e in parte volpi e cornacchie grigie) in salina. Principali fonti di disturbo nelle saline possono essere considerati:

Esaminiamo analiticamente le possibili risposte gestionali ai diversi fattori di disturbo per l'avifauna. Il disturbo è anche il fattore sul quale è possibile intervenire in modo più efficace.

Presenza umana nelle vasche (visitatori)

Un sostanziale miglioramento della situazione potrebbe essere ottenuto, oltre che con le misure già previste (ad esempio si può accedere alle saline solo con una specifica autorizzazione del CFS), con un adeguamento degli standard strutturali e comportamentali all'interno delle saline con una più specifica regolamentazione che preveda:

- realizzazione di nuove strutture per la visita che siano schermate completamente dalla vista degli uccelli, secondo standard ormai accettati a livello internazionale, che permettono la presenza di numeri anche elevati di persone (anche migliaia) senza disturbo per gli animali, anche se presenti a breve distanza (sentieri schermati, capanni a cui si possa arrivare esclusivamente tramite gli stessi sentieri schermati); in particolare andrebbe progettata una o più aree che permettano l'ingresso ai visitatori ma con impedimento fisico a raggiungere aree della salina che non siano schermate; possibili aree sono:
 - area che parte dal cancello che dal borgo delle saline porta (a sinistra, verso l'interno) alla nuova zona di acqua dolce ricreata di recente, purché si intervenga con una completa schermatura con argini e mascheramenti; un "controcancello" finale

lungo la strada di argine potrebbe permettere un controllo completo dell'accesso dei visitatori; si potrebbe valutare di accedere alla salina e ai capanni non più dal cancello "Carbonella" come avviene ora, ma dal sentiero posteriore (dal lato dei campi) che recentemente è stato riaperto in seguito al ripristino dei danni causati dall'alluvione del 2004; l'intero percorso andrebbe opportunamente schermato, salvo accesso visivo tramite capanni o osservatori schermati, tramite opportune barriere fisiche (argini in terra, siepi fitte, schermature in cannucciato); l'accesso da questo lato andrebbe limitato fino al capanno – torre di cui si è detto sopra (opportunamente spostato) e non oltre, o comunque se proseguisse oltre dovrebbe seguire gli stessi criteri;

- area nei pressi della caserma CFS, che già presenta un capanno, con migliori schermature su tutto il fronte verso la salina e un controcancello che non permetta l'accesso alla strada che porta internamente alla salina;
- area all'ingresso delle saline, dove è già presente un cancello di accesso e un capanno, con opportune complete mascherature e con un "controcancello" che impedisca di proseguire lungo la strada esistente;
- area del capanno lato mare, verificando la possibilità di un accesso isolato da realizzarsi come descritto per i casi precedenti.

Questo tipo di strutturazione permetterebbe un accesso al pubblico anche più vasto dell'attuale (di fatto oggi le saline non sono accessibili per il birdwatching se non in modo non soddisfacente), ma in modo totalmente controllato dal gestore del sito, semplicemente con l'apertura o chiusura dei diversi cancelli esterni interessati. Un simile intervento potrebbe essere quindi la realizzazione di schermature ai capanni esistenti e realizzati in passato dal CFS che permettano di raggiungerli o con percorsi interamente schermati o, dove non possibile, in auto ma con discesa dalla stessa in aree completamente occluse alla vista degli uccelli (es. capanni su strada lato mare, torre di osservazione nella zona sud-est della salina). L'intero percorso di accesso ai capanni della parte sud andrebbe modificato e schermato per evitare l'attraversamento della salina in mezzo alle vasche come avviene ora. Nello specifico, è utile analizzare l'efficacia delle attuali strutture disponibili, realizzate in passato, che hanno avuto il grande merito di iniziare ad effettuare attività concrete di conservazione e di porre il problema della difesa dal disturbo (recinzione) e dell'accesso protetto all'osservazione della fauna (capanni). Senza nulla togliere quindi all'esperienza fin qui svolta, della quale non si può che lodare l'impegno e i risultati, sia delle attività storiche del CFS che di quelle più recenti del Comune di Tarquinia e del DECOS, si può rilevare quanto segue:

- i capanni presenti (CFS) sono in due casi idonei come localizzazione (capanno sito nei pressi della caserma forestale e capanno sulla duna), ma necessitano – soprattutto nel caso del secondo – di opportune e sostanziali schermature ai lati senza le quali la loro efficacia è quasi completamente vanificata. La struttura dei capanni invece è sicuramente adeguata all'uso, salvo forse una schermatura interna della porta e una verifica dell'utilizzabilità da parte dei disabili.
- il terzo capanno - torre è localizzato in una posizione un po' troppo distante dalle vasche, e pertanto risulta attualmente poco fruibile. Inoltre l'accesso non è schermato in nessun modo, vanificandone quindi le potenzialità. Potrebbe essere utile pensarne uno smontaggio e riposizionamento in posizione più idonea, e schermata, o comunque prevedere una zona schermata nella quale giungere in auto senza essere visti dagli uccelli entrando nella torre;
- l'intero percorso di accesso ai capanni della parte sud andrebbe modificato e schermato per evitare l'attraversamento della salina in mezzo alle vasche come avviene ora; si potrebbe valutare di accedere alla salina e ai capanni non più dal cancello "Carbonella" come avviene ora, ma dal sentiero posteriore (dal lato dei campi) che recentemente è stato riaperto in seguito al ripristino dei danni causati dall'alluvione del 2004; l'intero percorso andrebbe opportunamente schermato, salvo accesso visivo tramite capanni o osservatori schermati, tramite opportune barriere fisiche (argini in terra, siepi fitte, schermature in cannucciato); l'accesso da questo lato andrebbe limitato fino al capanno – torre di cui si è detto sopra (opportunamente spostato) e non oltre, o comunque se proseguisse oltre dovrebbe seguire gli stessi criteri;
- una possibilità per l'accesso pubblico senza disturbo al capanno sulla duna sul lato sud potrebbe essere la realizzazione di un brevissimo percorso con accesso dalla spiaggia, interamente recintato ma aperto dal lato spiaggia, che porti direttamente al capanno: ciò permetterebbe la visione della parte centrale delle saline, più ricca di avifauna, da parte degli appassionati senza che essi possano accedere al resto della riserva; una soluzione simile, con la realizzazione di altri capanni, potrebbe essere effettuata in altre aree della riserva;
- per i nuovi capanni realizzati di recente dal DECOS (zona umida di acqua dolce e duna nei pressi dell'area di nidificazione delle Avocette) è necessario adottare qualche accorgimento tecnico nel design delle strutture (contro-barriera posteriore che schermi la luce in arrivo da dietro gli osservatori) e in alcuni casi verificare il posizionamento al fine di permettere un percorso di avvicinamento coperto, come rilevato sopra per gli altri capanni realizzati in precedenza.

Alcuni di questi interventi potrebbero essere realizzati in tempi brevi, altri in tempi più lunghi, ma è comunque possibile ipotizzare un programma per la loro realizzazione.

Presenza umana nelle vasche (operatori)

Anche la presenza nelle saline degli operatori va gestita con attenzione per minimizzare il disturbo agli uccelli. Evidentemente le operazioni di manutenzione, ordinaria e straordinaria, vanno garantite, così anche come le attività di ricerca e monitoraggio. Alcune precauzioni possono però ottimizzare le attività minimizzando il disturbo:

- evitare i periodi con maggiore presenza di uccelli, o di maggiore delicatezza per la nidificazione; in una situazione ideale tutti i visitatori, ma anche i ricercatori e gli operai che lavorano in salina, dovrebbero accedere esclusivamente tramite percorsi protetti, e solo eccezionalmente (sotto stretta valutazione e monitoraggio scientifico degli effetti prodotti) entrare in salina alla vista degli uccelli, almeno in determinati periodi;
- in questi periodi, qualora indispensabile procedere con le attività, evitare le zone delle saline con maggiore presenza di uccelli sensibili, o comunque percorrerle in un automezzo a velocità costante che in generale non disturba molto gli animali;
- procrastinare e realizzare in altri periodi le attività che non sia indispensabile effettuare;
- programmare a monte le attività ordinarie di manutenzione, sul ciclo annuale, sentito il parere di uno specialista ornitologo, in modo da evitare i periodi sensibili;
- i lavori di manutenzione periodici e ripetitivi in salina (sfalci, manutenzione chiuse e canali, piantumazioni, ecc...) dovrebbero essere concentrati nel periodo da luglio a ottobre, e subordinatamente dal metà febbraio a metà marzo; solo eccezionalmente andrebbero effettuati in altri periodi, e comunque sempre valutando gli effetti sull'avifauna, cercando almeno di concentrare le presenze, a qualunque titolo, di persone in salina, nelle stesse aree e negli stessi momenti;
- anche i ricercatori che frequentano la salina per ricerche botaniche, idrobiologiche, ecc... dovrebbero organizzare le proprie presenze in modo da favorire, per quanto possibile, il periodo da luglio a ottobre e da metà febbraio a metà marzo; le stazioni fisse di rilevamento dovrebbero essere posizionate in modo da essere raggiungibili tramite percorsi coperti e schermati, così anche come transetti fissi, ecc...; la centralina fissa di rilevamento di dati ambientali richiede per accedervi un lungo percorso all'aperto, che comporta una visibilità da parte degli uccelli in un'ampia area; sarebbe il caso di valutarne una schermatura e di

accedervi esclusivamente in auto, con discesa solo nell'area schermata, o uno spostamento in area più idonea se possibile;

- solo in caso di necessità (dati non raccogliabili in altro modo) utilizzare altri periodi o aree non schermate, tenendo conto della presenza dell'avifauna e possibilmente secondo moduli fissi (stessi orari, stesse persone, ecc...). Un modo per superare il problema potrebbe essere di istruire i ricercatori, tesisti, ecc... che non sono esperti di avifauna e che devono effettuare altro genere di campionamenti (acque, fauna, botanica, ecc...), in modo che evitino le aree maggiormente sensibili e in modo che il loro comportamento in salina sia adeguato a evitare disturbi (è sufficiente seguire semplici accorgimenti). Si presuppone che gli ornitologi che frequentano il sito siano in grado di adottare il comportamento migliore per i campionamenti – è sufficiente effettuare i rilievi dall'automobile (ma la disponibilità delle strutture per l'osservazione sopra indicate migliorerebbe anche questo aspetto).

In generale i periodi più delicati sono da novembre a fine febbraio per gli svernanti e i mesi di aprile, maggio e giugno per i nidificanti. I siti più delicati sono quelli dove si concentrano molti animali, e i siti di nidificazione. In prospettiva, con la gestione a regime ideale, sarebbe ottimale che gli ornitologi che frequentano il sito mettano a disposizione di tutti coloro che frequentano il sito un "bollettino" delle presenze che indichi le aree che è meglio evitare di frequentare (così come avviene in altri siti di questo genere). Questo sarebbe un importante strumento di gestione, ma richiederebbe una figura professionale adeguatamente formata presente in loco (probabilmente ci sono le potenzialità per realizzare anche questo punto).

Sorvolo delle saline da parte di aerei, elicotteri ed ultraleggeri

Andrebbe tassativamente vietato il sorvolo della salina da parte di privati (in teoria già operante), anche di ultraleggeri; molto problematica è la presenza di un campo volo esattamente al confine sud della Riserva Naturale; inoltre, attraverso appositi accordi con le forze dell'ordine e di soccorso, andrebbe richiesto di utilizzare percorsi che passino ad almeno 200-300 m di distanza dai confini della stessa (all'interno ma anche verso il mare) – tale soluzione sembra praticabile anche viste le piccole dimensioni delle saline;

Cani, gatti, volpe, cornacchia grigia, gabbiano reale e comune

Andrebbero tenuti sotto controllo (anche con sistematiche e periodiche catture) i cani e gatti vaganti nell'area; inoltre andrebbe valutato lo status della volpe, della cornacchia grigia, del Gabbiano reale e del Gabbiano comune in salina, come potenziali cause di predazione su specie rare nidificanti

Ovviamente tali prescrizioni operative, motivate nella loro rigidità dalle scarse dimensioni dell'area se viste con gli occhi dell'avifauna, andranno applicate gradatamente e man mano che verranno realizzati gli elementi strutturali (percorsi schermati, capanni, ecc...) che ne permettono la concreta attuazione. Evidentemente già oggi le saline sono una importante area per gli uccelli, e tali prescrizioni sono indirizzate a migliorarne il valore. È ovvio che l'efficacia di tali indicazioni, che derivano dall'esperienza sviluppata in molte altre zone umide mediterranee, e quindi sono dettate dal buon senso e da parametri di tipo generale, sia pure applicati alla situazione attuale dell'area, andranno sottoposte a specifici protocolli di monitoraggio che ne misurino l'efficacia e la necessità.

È quindi evidente che il criterio generale che anima tutte queste possibili proposte è quello di isolare il più possibile la presenza umana dalla vista degli uccelli; infatti in un'area come quella delle saline l'avifauna subisce il disturbo soprattutto per la vista della presenza delle persone, attivando una reazione di fuga. Per rendere le saline davvero tranquille e maggiormente idonee per gli uccelli sarebbe necessario creare un diaframma visivo tra gli uccelli ed ogni presenza umana che non sia indispensabile – incluse tutte le attività di gestione della salina, che comunque sono ovviamente necessarie. La presenza turistica può anche essere intensiva, ma deve essere mantenuta molto sotto controllo attraverso le strutture schermate, come ad esempio quelle sopra ipotizzate, e comunque cercando di non frammentare l'area effettivamente a disposizione degli uccelli – lasciando quindi capanni, sentieri, percorsi, ecc... sempre sui margini dell'area, e mai verso l'interno. Nel caso delle Saline di Tarquinia ciò sarebbe possibile per la forma tendenzialmente circolare (allungata) dell'area, e per la presenza di un anello pressoché continuo percorribile potenzialmente senza visibilità diretta dall'interno delle saline, con gli opportuni accorgimenti sopra descritti (strada "interna" verso sud, strada provinciale, spiaggia). È fondamentale rilevare che attualmente, vista l'intera recinzione e sorveglianza dell'area, nonostante l'impossibilità per il pubblico generico – potenzialmente numeroso – di accedere alle saline tranne in casi determinati, esiste un consistente disturbo, pressoché quotidiano, dovuto alle attività sopra ricordate – e tutte auspicabili nella gestione dell'area (manutenzioni, visite guidate interne su percorsi anche interni non schermati, ricercatori) oltre che a fattori che si possono considerare o illegali o comunque da regolamentare strettamente (sorvolo, cani). Trascurabile, grazie alla sorveglianza effettuata dal CFS, il bracconaggio, anche se forse ancora episodicamente presente.

È da rilevare che per la presenza della colonia di Garzette, ma anche per una più generale funzione ambientale e di filtro del disturbo, la presenza dell'area boscata a sud delle saline andrebbe senz'altro inclusa nella ZPS e adeguatamente gestita, con interventi di qualificazione ambientale e

forestale – ripristino della macchia mediterranea -, regolamentazione del parcheggio e delle presenze (in teoria attualmente vietate), controllo del disturbo alla garzaia.

Infine andrebbe anche attentamente valutata, almeno in termini sperimentali ed anche utilizzando le barriere fisiche esistenti (canali) la possibilità di includere nell'area controllata con divieto generale di accesso nel periodo della riproduzione (15 febbraio – 30 giugno) almeno una porzione significativa della spiaggia (alcune centinaia di metri) che, pur non pregiudicando in generale la fruizione balneare, potrebbe permettere la nidificazione di specie che richiedono l'ambiente dell'arenile non disturbato (fratino, corriere piccolo, potenzialmente fraticello e altri laridi e steroidi); questa misura andrebbe accompagnata da opportune attività di informazione e sensibilizzazione, e per evitare che sia rifiutata socialmente dovrebbe essere espressamente di tipo temporaneo.

Gestione dei livelli d'acqua per gli uccelli

Il flusso idrico sarà gestito in modo tale da creare (ed in alcuni casi mantenere) l'eterogeneità ambientale della Riserva, che presenta microambienti diversi, frequentati da specie ornitiche che presentano differenze dal punto di vista trofico ed etologico. Ad un aumento medio di 20 centimetri della colonna d'acqua previsto dal Piano di Gestione redatto con il Progetto LIFE corrisponderanno effetti diversi sull'habitat Laguna Costiera e, di conseguenza, sulle specie ornitiche, a seconda dell'area considerata:

Zona nord: l'aumento dei livelli attuali produrrà una maggiore frequentazione della zona a nord da parte delle specie ittiofaghe e tuffatrici quali: cormorani, aironi, svassi maggiori, tuffetti, moriglioni, morette, morette tabaccate, cigni reali, fischioni, germani reali, ecc.

Zona centrale: quest'area sarà frequentata principalmente da grandi trampolieri che negli ultimi anni, a causa del progressivo peggioramento delle condizioni ambientali, si erano per lo più spostati nella zona nord: fenicotteri, varie specie di gabbiani, spatole, mignattai, ecc. In questa zona, soprattutto nel periodo primaverile (metà marzo-maggio) e autunnale (fine agosto-metà ottobre), si farà in modo da avere periodicamente a rotazione vasche con livello delle acque che arrivi ad essere molto basso (5-15 cm) in modo da permettere la presenza anche di limicoli che si nutrono nel fango (piovanelli pancianera, pettegole, combattenti, ecc...) già oggi spesso presenti in questa area delle saline.

Zona sud: l'area ha subito negli ultimi anni una diminuzione – in determinati periodi, in particolare d'estate - della frequentazione da parte degli uccelli a causa della esiguità delle risorse trofiche presenti, in conseguenza delle condizioni di anossia, testimoniate dalla semplificazione della comunità bentonica. Fermo restando la necessità di mantenere limitate zone in cui si pervenga

occasionalmente all'essiccazione parziale delle vasche, affinché vengano frequentate da uccelli che ricercano il loro nutrimento nel fango, l'aumento della colonna d'acqua in quest'area favorirà la frequentazione da parte di piccoli trampolieri e di limicoli: pantane, pettegole, cavalieri d'Italia, avocette, combattenti, piro piro piccoli, boscherecci, culbianchi, piovanelli, ecc. Per queste specie la profondità obiettivo per le vasche nel periodo fine settembre- fine febbraio è 5-15 cm. Nelle vasche a maggiore salinità è attesa la presenza del fenicottero, anche in grandi concentrazioni nel momento delle esplosioni di popolazione di *Artemia salina*.

Interventi straordinari

- Tutti gli interventi finalizzati alla conservazione dell'habitat laguna costiera;
- Diversificazione dell'intera salina in microhabitat (gradiente salino e zonizzazione a rotazione della profondità della colonna d'acqua);
- Recinzione dei siti di riproduzione non protetti della specie *Egretta garzetta*;
- Interventi indirizzati alla fruizione che comportano il controllo dell'accesso all'area e quindi la diminuzione del disturbo diretto per l'avifauna (capanni, sentieri schermati); vedi interventi di gestione socio-economica e capitolo "avifauna";
- Sistemazione di sponde e terrapieni – e creazione di piccole isole artificiali in mezzo alle vasche - al fine di favorire la nidificazione.
- Rinaturalizzazione dell'area che separa le saline dal mare ai fini del consolidamento della duna costiera artificiale (creazione di habitat idonei per la sosta e nidificazione);
- Controllo e cattura di cani inselvatichiti.

Interventi ordinari

- Controllo del flusso idrico nella salina (mantenimento di buone condizioni ambientali dell'habitat acquatico);
- Monitoraggio delle popolazioni di specie nidificanti, svernanti, di passo;
- Definizione più puntuale di protocolli di gestione delle modalità di accesso per le attività ordinarie di manutenzione e monitoraggio;
- Servizio di sorveglianza (controllo del rispetto delle norme di accesso, controllo del sorvolo, attività anti-bracconaggio).

5.3 Indicazioni gestionali per le Saline di Tarquinia al fine di sviluppare il turismo birdwatching

Per lo sviluppo del turismo birdwatching alle Saline, potenzialmente l'attività di maggiore attrazione per un sito come questo in termini turistici, sono necessari in base all'esperienza

sviluppata in situazioni analoghe in Italia e all'estero alcuni elementi di base. E' da sottolineare che la presenza più appariscente, e di maggiore attrazione per il pubblico di settore, è quella dell'avifauna, che potrebbe essere un valore che da solo giustifica la visita alle saline, e che peraltro attira uno specifico target, quello dei *birdwatchers*, diffuso sia a scala regionale, che nazionale, che soprattutto internazionale. Questo pubblico è abituato a standards elevati su scala europea per quanto riguarda le strutture, la fruibilità e i livelli di osservabilità delle specie. Pertanto la localizzazione e realizzazione dei percorsi e dei sentieri, anche per le implicazioni gestionali per la presenza degli uccelli discussi in un paragrafo precedente, dovrebbe essere valutata prioritariamente da questo punto di vista. L'organizzazione di un sito per il birdwatching richiede in particolare:

- un punto di accoglienza e informazione (centro visite);
- uno o più percorsi schermati attraverso i quali avvicinare gli osservatori, strutture che hanno anche un significato gestionale (vedi paragrafo precedente);
- uno o più capanni e torri (in genere almeno 3-4 in un sito di medie dimensioni) dai quali osservare gli uccelli a breve distanza senza arrecare disturbo.

Per quanto riguarda i problemi progettuali legati all'individuazione delle modalità esecutive e delle localizzazioni dei capanni vedi il paragrafo precedente. Le attività necessarie sono quindi di realizzare percorsi coperti, capanni, torri di avvistamento e pannelli per la didattica atti a migliorare la fruizione guidata e regolamentata della riserva, ed adattare le strutture esistenti. L'allestimento dei sentieri come detto è indispensabile per vari scopi:

- controllare il disturbo dovuto alla presenza umana
- far accrescere il valore attrattivo della riserva
- sviluppare della fruizione turistica, in particolare per il circuito del turismo birdwatching regionale, nazionale e internazionale.

I percorsi ovunque possibile saranno adattati ad una fruizione ampliata (anziani, portatori di handicap). Le zone individuate potrebbero essere quelle identificate in un paragrafo precedente.

In ciascuna area individuata verranno realizzati:

- percorsi interamente mascherati con strutture fisiche (argini), barriere (barriere in cannucciato, in legno o realizzati con tipologie idonee alle condizioni climatiche locali – forte vento), o filari di siepi fitte (realizzate solo ove possibile, con essenze autoctone), secondo modalità che verranno definite in seguito;

- capanni birdwatching, costruiti secondo tipologie standard internazionali (i capanni realizzati in passato dal CFS sono una buona base tipologica, vanno adeguati per alcuni particolari realizzativi), o torri di osservazione, posizionati in siti idonei con la consulenza di un esperto ornitologo;
- lungo il percorso e nei capanni potranno essere posizionate bacheche che illustrino le principali specie di uccelli e altre caratteristiche naturalistiche dei luoghi.

L'accesso ai sentieri e ai capanni potrà essere interamente gestito dal CFS sulla base delle esigenze di visita e di conservazione, permettendo l'accesso in modo selettivo secondo le condizioni dell'avifauna delle saline e dei momenti sensibili, aprendo o chiudendo i relativi cancelli di accesso. Riguardo al numero di eco-turisti presenti ogni anno, nel Piano di Gestione si stima che entro i primi 3 anni si raggiungeranno 5000 visitatori annui, per raggiungere progressivamente i 12000 (e forse anche più) entro 20 anni dalla gestione. Stime meno prudentziali, basate su esperienze acquisite in oasi WWF e LIPU, prevedono un numero di eco-turisti pari a 30-40.000 unità.

5.4 Ruolo della nuova zona umida di acqua dolce e indicazioni specifiche gestionali

Per quanto riguarda le vasche completamente interrato, nel Piano di Gestione del sito si prevedeva un'integrazione degli interventi che sono stati realizzati con lo stanziamento previsto nel progetto LIFE Natura grazie ai nuovi fondi reperiti tramite un finanziamento della Regione Lazio. Tale azione prevedeva la realizzazione di una zona umida d'acqua dolce in una porzione dell'area influenzata dall'alluvione del 1987, per la cui realizzazione si prevedeva di asportare dalle vasche completamente interrato una quantità di sedimento pari a 17000 m³ e di operare sulla superficie ivi indicata di circa 16 ha). La zona umida d'acqua dolce, che è stata completata alla fine del 2005, occupa una superficie di 4 ha dove si trovavano le vasche salanti, vicino all'ex edificio detto dei "sali scelti" dove si effettuavano la lavorazione del sale. Il sedimento asportato dalle vasche è stato utilizzato per costruzione degli argini della zona umida artificiale, realizzati in modo che in parte possano fungere da barriera visiva in modo da isolare i visitatori dalla vista degli uccelli. A ciò si aggiunge che la realizzazione di un area umida d'acqua dolce ha apportato notevoli benefici ambientali alla Riserva Naturale consentendo, oltre al ripristino di un'area umida costiera ed al potenziamento delle condizioni di tutela dell'avifauna tuttora presente, anche un notevole incremento della biodiversità del sito ai vari livelli della rete trofica. Infatti le specie di uccelli migratori che attualmente transitano lungo quest'area costiera durante le stagioni migratorie avranno a disposizione un bacino d'acqua dolce interno all'area protetta, evitando la ricerca di fonti di abbeveraggio esterne alla Riserva più minacciate. Inoltre verranno attratte maggiormente specie ornitiche quali *Anas crecca*, *Anas platyrhynchos*, *Gallinula chloropus*, *Porzana parva*, *Porzana porzana* e altre. Infine la creazione della zona umida d'acqua dolce, la cui presenza è sempre

auspicabile in habitat come questo, favorirà la nidificazione di alcune specie che frequentano la Riserva. Si precisa che le vasche interrate non interessate dallo scavo per il laghetto potranno essere successivamente allagate sfruttando i canali già esistenti ed effettuando alcuni interventi di manutenzione ordinaria (pulizia dei canali e restauro degli argini). E' da rilevare che nelle modalità esecutive dell'intervento è stata realizzata una grande isola centrale all'interno della zona umida di acqua dolce, dell'altezza sulla superficie di circa 3-4 metri. Tale isola presenta un profilo delle sponde molto pendente che non facilita la sosta degli uccelli, oltre che un profilo in pianta troppo regolare. E' auspicabile che in successivi interventi manutentivi si intervenga per migliorare questa area dell'ecosistema ricreando addolcendo il profilo verticale dell'isola e creando promontori e insenature, che certamente potranno ulteriormente migliorare la situazione per le specie di uccelli acquatici che amano l'acqua dolce, che sono il *target* di questo intervento gestionale.

Gestione dei giuncheti - Pascoli inondatai mediterranei (Juncetalia maritimi)

Tale habitat, di notevole interesse anche per alcune specie di uccelli con particolari esigenze ecologiche, è caratterizzato da comunità mediterranee costituite da piante alofite e psammofile. Nel Lazio si contano otto siti con presenza di questo habitat, ma la loro rappresentatività è bassa così come il loro grado di conservazione (WWF, 2005). L'habitat mostra in generale una regressione importante sul litorale mediterraneo in relazione alla urbanizzazione ed alle modifiche del regime idrologico. Non si conosce al momento la collocazione esatta di tale habitat. Non è definita la localizzazione nella scheda natura 2000, così come non è precisata nemmeno l'estensione ed il grado di conservazione. In bibliografia, Iberite (1992) localizza tale habitat nelle zone rialzate più ampie di separazione dei bacini, dove tendono ad accumularsi i sali. Una porzione cospicua è rinvenibile nella zona a nord della Salina, in prossimità del canale di ingresso delle acque marine, ma al di fuori dei confini della riserva, quindi potenzialmente soggetta alla pressione antropica dei bagnanti. In Salina è possibile rinvenire tale habitat in formazioni appartenenti all'associazione *Juncetalia maritima*. Si tratta di Giuncheti a *Juncus acutus* e giuncheti misti a *Juncus sp.*, e popolamenti densi a *Juncus acutus* e *Juncus maritimus*. E' presente anche *Salsola soda* L., *Inula chrithmoides* L. e *Halimione portulacoides* L. Questo habitat esprime la presenza di aree di transizione che presentano una grande diversità di associazioni vegetali, che traducono una grande diversità di condizioni stagionali legate alla natura del substrato, la salinità e la durata della immersione. L'habitat nei diversi areali italiani ed europei si presenta molto fragile e soggetto a molte sorgenti di degrado. Obiettivi di conservazione sono la difesa diretta dell'areale di occupazione, attraverso la riduzione degli accessi ai pedoni, e la protezione indiretta mediante il controllo e la riduzione degli inquinanti di origine agricola e delle alterazioni della falda freatica.

La limitata pressione antropica che si esercita in Salina non ne mette in pericolo la distribuzione, almeno di quelle comunità che si trovano all'interno dei confini della riserva. E' necessario, tuttavia, prendere in considerazione delle misure preventive, a seguito della possibilità di aprire l'area al pubblico, incanalando il flusso turistico su percorsi guidati. Inoltre, per tutelare la porzione nota di habitat presente al di fuori del recinto della riserva, è necessario iniziare l'iter di estensione dei limiti della riserva naturale, con recinzione dell'habitat al fine di tutelarla dalla pressione dei turisti e di allontanare eventuali ipotesi di un suo interrimento per utilizzi diversi (es. parcheggio) come l'area limitrofa, che potrebbe in parte essere restaurata con un ampliamento dello stesso habitat. E' anche da valutare la possibilità di mantenere un limitato pascolo che conservi l'attuale stato di evoluzione dell'habitat. Al fine di garantire le esigenze ecologiche dell'habitat si pongono come necessarie le azioni atte a rimuovere le potenziali minacce, quali:

1. la perdita o la riduzione dell'habitat da eccessiva antropizzazione mediante parcheggio dei villeggianti;
2. deterioramento dell'integrità dell'habitat a causa di inquinanti e rifiuti;
3. limitato apporto idrico a seguito dell'interrimento del fosso e del conseguente limitato collegamento col mare;

Lo stato di conservazione dell'habitat può essere monitorato attraverso il controllo dei seguenti parametri:

- qualità delle acque (basso carico d inquinanti e di materiali in sospensione);
- superficie occupata dall'habitat;
- presenza di specie invasive e loro espansione;
- oscillazione del livello piezometrico della falda superficiale variazione della salinità (aumento del numero di specie al ridursi della salinità del suolo);
- presenza di pressione antropica incidente direttamente sull'habitat di interesse;
- presenza di specie di uccelli target (Rallidi, Anatidi, Passeriformes Acrocephalidae).

Essendo la pressione antropica la minaccia principale si pone come necessario l'intervento di realizzare una recinzione lungo il bordo di perimetrazione di tale habitat, essendo tra l'altro in corso il riconoscimento come Monumento Naturale dalla Regione Lazio.

Considerate, quindi, le esigenze di tale habitat, si raccomanda di eseguire una strategia mirata a:

- Evitare la perdita o la riduzione dell'habitat (mantenimento della superficie occupata, evitare antropizzazione dell'area);
- Mantenimento dell'integrità dell'habitat (misure di salvaguardia, assenza di inquinanti e di rifiuti);

- Mantenere un adeguato apporto idrico (interramento del fosso o mancato collegamento col mare).

5.5 Monitoraggio

Finalità dell'attività di monitoraggio di base eseguita con questa tesi di dottorato era arrivare a definire un "punto zero" con la descrizione del popolamento dell'avifauna delle Saline; l'analisi dell'andamento temporale delle presenze nel corso di una stagione annuale (da inverno a inverno); la valutazione di possibili correlazioni con determinanti ambientali, in particolare con le azioni di ripristino ambientale dell'ecosistema acquatico (Progetto LIFE). L'analisi ha consistito nel fornire analisi di *trend* nel tempo della ricchezza delle specie, del numero complessivo di presenze, della loro classificazione in base alla famiglia o per gruppi definiti in base alle loro esigenze ecologiche, ed analisi di correlazione con le caratteristiche chimico-fisiche e biotiche delle saline. In seguito, a lavoro della tesi di dottorato concluso, sarà possibile definire un protocollo di monitoraggio a regime, che sia indirizzato a verificare l'efficacia della gestione per gli obiettivi di conservazione degli uccelli che verranno definiti. Inoltre la Regione Lazio ha individuato l'area delle saline come uno dei poli della rete di monitoraggio della biodiversità del Lazio, incentrata sulle aree protette, che conferisce i propri dati all'Osservatorio Regionale per la Biodiversità. Poiché ogni polo della rete regionale è tipizzato in modo tematico, quello presso le saline è stato individuato come riferimento per la genetica e l'ecologia dei sistemi acquatici, marini e costieri. L'inserimento dell'area di ricerca delle saline nella rete regionale comporta specifici investimenti per lo sviluppo del polo della rete di monitoraggio. Va infine ricordato che presso le saline è presente un ufficio dell'UTB (Ufficio Territoriale Biodiversità) del CFS del Lazio, che comporta l'inclusione nelle reti nazionali di monitoraggio gestite dal Corpo Forestale dello Stato.

5.6 Modello gestionale proposto per il ciclo delle acque

In aggiunta alle indicazioni gestionali generali e specifiche elencate nei paragrafi precedenti, è utile in conclusione al presente lavoro proporre un modello gestionale lungo il ciclo annuale per la gestione delle acque delle saline, che risponda alle esigenze degli uccelli cercando di creare le condizioni più favorevoli alla loro presenza, in base alle risultanze del presente studio.

Warnock (2004) riassume le indicazioni provenienti dalla ricerca scientifica per la gestione delle saline al fine di proteggere le popolazioni di uccelli. Britton e Johnson (1987) propongono una serie di suggerimenti gestionali per un'area di saline di grandi dimensioni (11.000 ha), Sovinc (2006) propone indicazioni gestionali per una salina di medie dimensioni (650 ha), nel nostro caso il principale fattore limitante sono le dimensioni limitate (circa 100-120 ha di vasche), che creano un

forte effetto margine, anche per la forma allungata e stretta dell'area. Peraltro, con queste limitazioni, si può cercare di individuare il ciclo gestionale più idoneo per massimizzare la presenza degli uccelli, che storicamente – come riportato nel presente studio – ha raggiunto picchi di circa 3.000 individui in periodo invernale.

Le saline ad evaporazione mediterranee possono essere ecosistemi paragonabili con quelli delle zone umide naturali, con il vantaggio di poter essere mantenuti in una maggiore stabilità e di una completa gestibilità dei parametri ecologici (Korovessis e Lekkas, 2006).

E' da sottolineare che solo saline con un ecosistema articolato e ricco nel suo complesso e in tutte le sue componenti (zoo- e fito-plancton, benthos, vertebrati), evitando quindi le situazioni negative di eccesso di materia organica, può sostenere la ricchezza e la abbondanza degli elementi al vertice delle catene alimentari, come gli uccelli. In questi sistemi il rapporto tra *Halobacterium salinarium*, in grado di prevenire l'accumulo di sostanze e di alghe, e la produzione di materiale organico da parte di *Dulianella salina* è strategico (Davis, 2000). Anche la presenza e la densità di *Artemia salina* nelle vasche a salinità intermedia è fondamentale.

Nelle Odiel marshes in Spagna è stato osservato attraverso un approccio sperimentale che la predazione da parte dei limicoli influisce sulla densità, sulla biomassa e sulla distribuzione delle classi dimensionali dei Chironomidi bentonici, la principale preda disponibile, nelle saline. In questo caso sono stati osservati in diversi momenti della primavera un massimo di 4 individui di uccelli in alimentazione ad ettaro in un primo periodo, e di 32 uccelli in alimentazione ad ettaro in un secondo periodo (Sánchez et al., 2006). Alle Saline di Tarquinia i momenti di picco della presenza dei Chironomidi sono piuttosto variabili (Fig. 4_7_14): da un punto di vista gestionale andrebbe fatto in modo che questi picchi coincidessero con i principali momenti della migrazione dei limicoli, nei mesi di aprile e di settembre-ottobre, e dello svernamento, nei mesi tra novembre e febbraio (quando invece la produttività del benthos delle saline si abbassa).

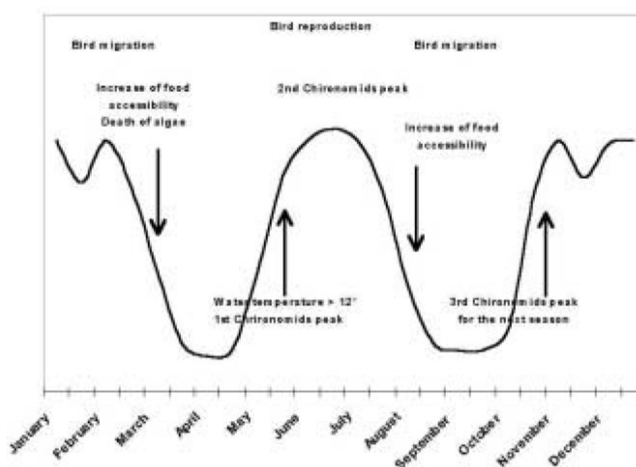
Alle densità osservate alle saline di Odiel il numero teorico di limicoli che le saline di Tarquinia potrebbero sostenere arriva a circa 3500, ben al di sopra di quelli osservati nei momenti di picco, ma si tratta di un valore teorico in quanto non tutte le vasche delle saline sono idonee alla loro alimentazione. Da un punto di vista generale si può quindi ipotizzare che i numeri di limicoli osservati potrebbero essere aumentati con una gestione particolarmente attenta dei livelli delle acque e della componente bentonica, ma comunque in un ordine di grandezza non dissimile dai picchi massimi già osservati in passato.

Per il Fenicottero (*Phoenicopterus*) e la Volpoca (*Tadorna tadorna*) valgono considerazioni simili, anche se quest'ultima in periodo invernale ha la capacità di alimentarsi delle cisti di *Artemia*. Per gli uccelli piscivori (Cormorano, Svassi) è necessario il mantenimento di alcune grandi vasche iniziali

con presenza di pesci costante, legata anche alla componente dei Molluschi (Bivalvi e Gasteropodi). Per gli uccelli che utilizzano le saline principalmente come roost e non per alimentarsi i fattori più rilevanti esulano dai presenti, e sono stati discussi nei paragrafi precedenti.

Sadoul (2002) elabora un ipotetico ciclo annuale di gestione delle acque per una salina mediterranea in relazione alla presenza cronologica degli uccelli e al ciclo dei Chironomidi (Fig. 5_1). In questo modello sono previsti tre picchi di produzione dei Chironomidi, alla fine di maggio, alla fine di giugno e alla fine di ottobre/novembre.

Figura 5_1. Gestione ipotetica del livello delle acque in una salina mediterranea su base annuale in relazione alla presenza cronologica degli uccelli e al ciclo dei Chironomidi (da Sadoul, 2002).



I piccoli limicoli usano solo una minima parte della fauna bentonica disponibile, perché il loro metodo di caccia richiede superfici esposte, o perché la lunghezza delle loro zampe non permette loro di cacciare in acque profonde (più di pochi centimetri). L'importante lavoro di Velasquez (1992) ha dimostrato che, all'interno di una salina di circa 200 ha nell'ambito di un più ampio sistema lagunare, una sola vasca di 11,3 ha, la cui acqua è stata progressivamente abbassata di 20 cm in dicembre, gennaio e marzo esponendo circa 7 ha di fango, i limicoli hanno risposto rapidamente all'attività gestionale, crescendo di densità in soli sei giorni, rispettivamente in dicembre e in gennaio, da 19 a 404 per ettaro, e da 70 a 500 per ettaro. In una vasca di controllo adiacente, con salinità simile, nessuna evidente modificazione nelle densità è stata osservata. L'utilizzo accresciuto del sito è stato particolarmente evidente per gli uccelli migratori, mentre un effetto minore (ma rilevabile) è stato osservato per gli uccelli residenti. Questi cambiamenti sono stati spiegati attraverso la disponibilità accresciuta di cibo: l'abbassamento dell'acqua nella salina sperimentale ha portato al crescere della salinità da 27 g/l a circa 50 g/l, con un aumento della biomassa di larve di Chironomidi. Una specie (il *Calidris ferrugineus*), che si nutre soprattutto di Policheti, ha risposto solo linearmente (e non esponenzialmente come altre specie) all'abbassamento del livello dell'acqua. In contrasto il Combattente (*Philomachus pugnax*) e il

Corriere grosso (*Charadrius hiaticula*), due specie che si nutrono di Chironomidi, hanno risposto velocemente all'abbassamento dell'acqua, in modo esponenziale. I Chironomidi hanno una grande capacità di colonizzazione dopo il prosciugamento delle vasche e il loro rapido turnover di generazioni spiega la loro alta produttività in ambienti disturbati o temporanei. Abbassare il livello delle acque all'inizio della primavera quindi da un lato aumenta la disponibilità di cibo per i limicoli, dall'altro porta alla morte delle alghe (Sadoul, 2002). Alla fine di aprile, quando la temperatura dell'acqua cresce oltre 12 °C (in Camargue), il rapido allagamento delle lagune incoraggia la proliferazione dei Chironomidi (primo picco). Il mantenimento dell'acqua fino ad agosto garantisce uno sviluppo ottimale dei Chironomidi (secondo picco). Poi in autunno l'acqua va abbassata per favorire la migrazione dei limicoli. Un aumento dell'acqua in ottobre fa risultare un terzo picco dei Chironomidi, essenziale per la produzione degli individui per la stagione successiva, e il mantenimento delle acque di inverno garantisce la loro sopravvivenza (Sadoul, 2002).

Si può quindi ipotizzare un modello gestionale diviso in quattro "stagioni delle saline", che segua in linea di massima la gestione attuale del ciclo delle acque delle stesse (massimi autunnali, minimi estivi), con qualche attenzione in più nel favorire le specie di uccelli target.

Una prima stagione è quella dell'Autunno (Tabella 5_2), limitato nel nostro caso al periodo fine agosto - metà ottobre (quando la presenza di uccelli che arrivano per svernare si fa rilevante). Nella stagione autunnale (che per gli uccelli in termini di migrazione può iniziare anche più precocemente, anche nella terza decade di agosto) è necessario garantire condizioni adeguate di sosta e di alimentazione principalmente per anatre e limicoli, e per il Fenicottero (specie peraltro che alle Saline è presente durante tutto l'anno). Ciò richiede attenzione in quanto in questa stagione attualmente si provvede ad immettere acqua di mare nelle saline per alzare i livelli dopo la pausa estiva di prosciugamento (finalizzata in origine alla produzione del sale per evaporazione totale nelle vasche salanti). E' necessario fare in modo che i livelli dell'acqua rimangano differenziati, ed in particolare che nella parte centrale delle vasche (dalla n. 5 alla n. 11) si siano aree con acqua decisamente bassa fino al prosciugamento parziale con aree di fango emerse, per permettere ai limicoli di alimentarsi. Ciò potrebbe essere gestito abbassando il livello di alcune vasche, senza permettere l'innalzamento eccessivo, con attenzione però allo sviluppo di una densità adeguata di benthos (in particolare in questo caso i Chironomidi), che sono la principale risorsa alimentare delle specie target di limicoli, come detto sopra. L'ideale sarebbe poter portare a rotazione in un ciclo breve (settimane) le diverse vasche a prosciugarsi progressivamente, con livelli delle acque via via inferiori, in modo che ci siano contemporaneamente vasche ad altezze diverse (ad esempio 1 cm, 3 cm, 5 cm, 7 cm, 10 cm) nella stessa zona. Solo a prosciugamento completo (da effettuarsi a rotazione) si dovrebbe riallagare la vasca con un volume d'acqua più rilevante e procedere con il

ciclo in una vasca vicina. L'idea è che ci sia una varietà di microhabitat adeguata per le diverse specie e una ricchezza di alimentazione (in particolare i Chironomidi).

Tabella 5_2. AUTUNNO. Modello gestionale delle acque per la stagione Autunno (15/9 – 15/11)

Zona	Vasche (n)	Livello salinità target	Livello profondità acque Target (cm)	Specie benthos e plancton da favorire	Presenza pesci	Specie uccelli target
A	1-4	Marina (30-40 g/l)	Anche 80 e +	Bivalvi, Gasteropodi, Policheti	Si	Cormorano, Svassi, Anatidi, Ardeidi, Folaga
B	5-7	Media (40-70 g/l)	30-40 cm, con aree a 3-5 cm (molto importanti)	Chironomidi, Artemia (adulti), Policheti	Si (limitata)	Limicoli di piccole e medie dimensioni, Fenicottero
D	8	Media (40-70 g/l)	30-40 cm, con aree a 3-5 cm	Chironomidi, Artemia	Si (limitata)	Fenicottero, Limicoli di grandi dimensioni
E	10-11	Alta (80-120 g/l)	30-40 cm, con aree a 3-5 cm	Artemia, Dulianella	No	Fenicottero, Gabbiani e Sterne (posatoi)
F	13	Molto alta (oltre 120 g/l)	10-20 cm	Artemia, Dulianella	No	Avocetta, Volpoca
G	14	Dolce (0-10 g/l)	40-60 cm	D'acqua dolce	Si (d'acqua dolce)	Folaga, Anatidi, Ardeidi

Un esempio di come potrebbe essere applicato questo modello gestionale delle acque è riportato in Figura 5_2 a/b (la Figura a rappresenta un momento precedente alla figura b; il ciclo completo dovrebbe richiedere alcune settimane). Ovviamente queste indicazioni vanno contemperate con le altre esigenze della gestione delle acque in salina, a partire da quelle tecniche, e rappresentano solo un riferimento per un ragionamento che va verificato nella pratica.

Fig. 5_2_a. Sezione centrale delle saline (Vasi grandi 20-25, Partite Alte). Possibile ciclo delle acque. Metà autunno (ottobre).

<i>Mare</i>	Vasca 20 Profondità 30 cm	Vasca 21 Profondità 15 cm	Vasca 44 Profondità 3 cm
	Vasca 22 Profondità 20 cm	Vasca 23 Profondità 10 cm	Vasca 44 Profondità 5 cm
	Vasca 24 Profondità 15 cm	Vasca 25 Profondità 5-7 cm	Vasche 40-42 Profondità 10, 5, 3 cm

Fig. 5_2_b. Sezione centrale delle saline (Vasi grandi 20-25, Partite Alte). Possibile ciclo delle acque. Fine autunno (novembre).

<i>Mare</i>	Vasca 20 Profondità 25 cm	Vasca 21 Profondità 10 cm	Vasca 44 Profondità 1 cm
	Vasca 22 Profondità 15 cm	Vasca 23 Profondità 7 cm	Vasca 44 Profondità 3 cm
	Vasca 24 Profondità 10 cm	Vasca 25 Profondità 3 cm	Vasche 40-42 Profondità 7, 5, 3 cm

Per la stagione dell’Inverno il modello ideale è simile (anche per la presenza costante di limicoli alle saline che svernano), anche se il livello medio delle acque può essere più alto, anche per favorire la sopravvivenza dei Chironomidi (Tabella 5_3). E’ importante però che in alcune vasche si compia lo stesso ciclo di “prosciugamento progressivo” sopra illustrato.

Tabella 5_3. INVERNO. Modello gestionale delle acque per la stagione Inverno (15/11 – 28/2)

Zona	Vasche (n)	Livello salinità target	Livello profondità acque Target (cm)	Specie benthos e plancton da favorire	Presenza pesci	Specie uccelli target
A	1-4	Marina (30-40 g/l)	60-70	Bivalvi, Gasteropodi, Policheti	Si	Cormorano, Svassi, Anatidi, Ardeidi, Folaga
B	5-7	Media (40-70 g/l)	20-30 cm, con aree a 3-5 cm (molto importanti)	Chironomidi, Artemia (cisti), Policheti	Si (limitata)	Limicoli di piccole e medie dimensioni, Fenicottero
D	8	Media (40-70 g/l)	20-30 cm, con aree a 3-5 cm	Chironomidi, Artemia (cisti)	Si (limitata)	Fenicottero, Limicoli di grandi dimensioni
E	10-11	Alta (80-120 g/l)	20-30 cm, con aree a 3-5 cm	Artemia (cisti), Dulianella	No	Fenicottero, Gabbiani e Sterne (posatoi)
F	13	Molto alta (oltre 120 g/l)	10-20 cm	Artemia (cisti), Dulianella	No	Avocetta, Volpoca
G	14	Dolce (0-10 g/l)	50-80 cm	D’acqua dolce	Si (d’acqua dolce)	Folaga, Anatiidi, Ardeidi

Per la primavera, soprattutto si deve tenere conto nel primo periodo (marzo-aprile) dei movimenti migratori degli Anatidi (Marzaiola, Alzavola, ecc...) che richiedono disponibilità di acqua medio alta e di vegetazione e benthos sviluppato, nonché dei limicoli, che richiedono acqua bassa e presenza di abbondanti popolazioni di Chironomidi per la loro alimentazione nel corso delle soste migratorie. Ciò può essere ottenuto con una gestione delle acque sostanzialmente simile a quella svolta di inverno (Tabella 5_3), con la differenza che man mano che avanza la stagione calda le vasche tendono ad aumentare la salinità per evaporazione, mentre durante l'inverno la salinità è stata minima. Portare al prosciugamento progressivo alcune vasche può permettere non solo lo sviluppo delle larve di Chironomidi, ma anche il controllo delle alghe. Dal mese di maggio rimangono alle saline solo gli uccelli nidificanti; si può proseguire con una gestione simile, con attenzione alle esigenze alimentari delle specie attualmente o potenzialmente nidificanti (Fenicottero, anche se il sito sembra piccolo per la nidificazione di questa specie), che sono in parte legate alle aree di maggiore salinità (Avocetta, Volpoca) e alla disponibilità di *Artemia salina* e specie simili.

Tabella 5_3. PRIMAVERA. Modello gestionale delle acque per la stagione Primavera (1/3 - 15/7)

Zona	Vasche (n)	Livello salinità target	Livello profondità acque Target (cm)	Specie benthos e plancton da favorire	Presenza pesci	Specie uccelli target
A	1-4	Marina (30-40 g/l)	60-70	Bivalvi, Gasteropodi, Policheti	Si	Cormorano, Svassi, Anatidi, Ardeidi, Folaga
B	5-7	Media (40-70 g/l)	20-30 cm, con aree a 1-5 cm (molto importanti)	Chironomidi, Artemia (adulti), Policheti	Si (limitata)	Limicoli di piccolo e medie dimensioni in migrazione e nidificanti (Cavaliere, Avocetta, Pettegola, Corriere piccolo, Fratino), Fenicottero
D	8	Media (40-70 g/l)	20-30 cm, con aree a 1-5 cm	Chironomidi, Artemia	Si (limitata)	Fenicottero, Limicoli di grandi dimensioni
E	10-11	Alta (80-120 g/l)	20-30 cm, con aree a 1-5 cm	Artemia, Dulanella	No	Fenicottero, Gabbiani e Sterne (posatoi)
F	13	Molto alta (oltre 120 g/l)	10-20 cm	Artemia, Dulanella	No	Avocetta, Volpoca
G	14	Dolce (0-10 g/l)	50-80 cm	D'acqua dolce	Si (d'acqua dolce)	Folaga, Anatidi, Ardeidi

Durante l'Estate (Tabella 5_4) è accettabile una progressiva diminuzione del livello delle acque, fino al prosciugamento di alcune vasche (ma possibilmente non di tutte nell'ambito di ciascuna zona delle saline), purché a partire dalla metà di agosto si provveda ad un allagamento con acqua bassa che prepari la crescita dei Chironomidi per alimentare i limicoli in migrazione che compaiono a partire da tali date.

Tabella 5_4. ESTATE. Modello gestionale delle acque per la stagione Estate (15/7 – 15/9)

Zona	Vasche (n)	Livello salinità target	Livello profondità acque Target (cm)	Specie benthos e plancton da favorire	Presenza pesci	Specie uccelli target
A	1-4	Marina (30-40 g/l)	40-50 cm	Bivalvi, Gasteropodi, Policheti	Si	Cormorano, Svassi, Anatidi, Ardeidi, Folaga
B	5-7	Media (40-70 g/l)	Variabile tra 1 cm e 20 cm	Chironomidi, Artemia (adulti), Policheti	Si (limitata)	Limicoli di piccole e medie dimensioni, Fenicottero
D	8	Media (40-70 g/l)	20-30 cm fino al prosciugamento in qualche vasca (non tutte)	Chironomidi, Artemia	Si (limitata)	Fenicottero, Limicoli di grandi dimensioni
E	10-11	Alta (80-120 g/l)	20-30 cm, fino al prosciugamento in qualche vasca (non tutte)	Artemia, Dulianella	No	Fenicottero, Gabbiani e Sterne (posatoi)
F	13	Molto alta (oltre 120 g/l)	1-10 cm, fino al prosciugamento	Artemia, Dulianella	No	Avocetta, Volpoca
G	14	Marina (30-40 g/l)	30-40 cm	D'acqua dolce	Si (d'acqua dolce)	Folaga, Anatidi, Ardeidi

6.0 CONCLUSIONI

Le Saline di Tarquinia, pur essendo un sito di dimensioni relativamente limitate, è uno dei più importanti del Tirreno per la nidificazione, la migrazione e lo svernamento degli uccelli. La diversità e l'abbondanza degli uccelli sono dovute alla varietà interna degli habitat, principalmente determinata dal gradiente di salinità, che arriva a situazione iperaline estreme, e dalla variabilità della profondità delle acque dovuta alla permanenza di un ciclo gestionale simile a quello precedente alla cessazione della produzione del sale, avvenuta nel 1997. Dall'analisi delle serie storiche emerge che negli ultimi anni sono stati raggiunti i massimi in termini di diversità specifica e di abbondanza degli uccelli, anche dopo i lavori del progetto LIFE. Alcune specie mostrano trend

in chiara crescita, altre presenze con picchi irregolari, altre ancora (Fischione) una diminuzione. I fattori principali che determinano la diversità e l'abbondanza degli uccelli sono la stagionalità del ciclo della migrazione, la relazione area-abbondanza sulla scala geografica, e la salinità e la profondità dell'acqua a scala locale. Le specie rispondono diversamente ai fattori considerati, in particolare alla salinità, e sono generalmente più spostate verso valori di salinità elevata rispetto ad altre saline mediterranee, probabilmente a causa della limitata scala dimensionale del sito. I diversi guild ecologici di uccelli, selezionati sulla base delle abitudini alimentari, hanno una segregazione spaziale molto marcata all'interno delle saline, seguendo quella delle prede: gli uccelli piscivori sono presenti soprattutto nelle vasche con maggiore profondità e salinità più vicina a quella marina, i limicoli soprattutto nelle vasche con bassissima profondità e salinità elevata, dove reperiscono risorse alimentari come l'*Artemia salina* e soprattutto in questo sito, a causa della scarsa abbondanza di quest'ultima, i Policheti e le larve di Chironomidi. Il guild dei gabbiani, che utilizza il sito soprattutto per la sosta e non per l'alimentazione, ha una risposta ai parametri ambientali unica e diversa da quella degli altri guild. Erbivori e Anatidi hanno una notevole vicinanza ecologica all'interno del sito e sono stati osservati soprattutto nelle vasche a salinità minore e profondità medio alta, che presentano risorse alimentari come la *Ruppia* e una ricca e articolata comunità bentonica. Il presente lavoro ha esaminato i rapporti tra uccelli e altre componenti delle comunità animali (plancton, benthos) attraverso un sottocampionamento di dati raccolti in altri lavori paralleli sulle saline del gruppo di studio del DECOS. Sarebbe opportuno, come ulteriore sviluppo della ricerca, predisporre disegni sperimentali specifici sulle relazioni tra alcune specie del benthos (in particolare i Chironomidi) e la diversità ed abbondanza degli uccelli acquatici, in particolare dei limicoli. Un altro fattore non indagato, ma certamente importante nel sito, è il disturbo soprattutto di origine antropica. Le indicazioni di tipo ecologico hanno permesso di definire una serie di indicazioni gestionali per favorire ulteriormente la presenza degli uccelli acquatici nel sito. Per la nidificazione pare fondamentale controllare il disturbo, anche attraverso un opportuna progettazione dei percorsi di visita, e garantire siti adeguati di nidificazioni al riparo dei predatori attraverso la creazione di isole artificiali in aree centrali delle vasche. Per la migrazione e lo svernamento, oltre alle attività sopra elencate, andrebbe sperimentata una gestione delle acque attraverso cicli di prosciugamento progressivo delle vasche indirizzati a favorire la produttività dei Chironomidi come preda preferenziale dei limicoli, specie target che nel sito possono trovare situazioni particolarmente favorevoli. Nell'intorno delle saline andrebbero attivati interventi di ripristino ambientale utili a espandere la superficie delle zone umide anche diffuse all'interno del paesaggio (incluse zone temporanee come i prati umidi). Per la gestione delle acque viene proposto un modello sperimentale che andrebbe attuato e sottoposto ad ulteriore monitoraggio.

7.0 BIBLIOGRAFIA

AID Environment, RIKZ, Coastal Zone Management Centre, The Netherlands, 2004 – Integrated Marine and Coastal Area Management (IMCAM) approaches for implementing the Convention on Biological Diversity. Montreal, Canada: Secretariat of the Convention on Biological Diversity (CBD Technical Series no. 14).

Alfinto S. , Inerite M. and Fumanti B. , 1990. The algal microflora of salt works of Tarquinia (Italy). *Hydrobiologia* 203: 137 – 146.

Alieri R. & Fasola M., 1992. Garzetta Egretta garzetta. In: Brichetti P., De franceschi P., Baccetti. Fauna d'Italia. Aves 1. Ed agricole.

Allavena S., 1975. Rapporto preliminare sulla situazione faunistica relativa ai vertebrati nel sito di Tarquinia . Documenti ENEL, Roma 1975.

Allavena S., 1976. Osservazioni di uccelli acquatici nell'Oasi delle Saline di Tarquinia. *Riv. Ital. Orn.* 46: 160 -163.

Allavena S. e Zapparoli M., 1992. Gestione e tutela della Riserva naturale di popolamento animale Saline di Tarquinia, In " L'Ambiente della Tuscia Laziale" a cura di Olmi M. e Zapparoli M., 189 - 192.

Allavena S., Zapparoli M., 1992 - Aspetti faunistici della Riserva Naturale di Popolamento Animale Salina di Tarquinia ed aree adiacenti. In 'L'ambiente della Tuscia Laziale a cura di M. Olmi e M. Zapparoli: 209-216.

Amaral J.M., Costa M.H., 1999. Macrobenthic communities of saltpans from the Sado estuari (Portugal). *Acta Oecologica* 20 (4): 327 – 332.

Andreas S., Laurenti S., Savo E.& Scutellà M., 2001. Censimenti mensili di uccelli acquatici alle Saline di Tarquinia: dati sulla presenze invernali. *Avocetta* 25 (1):45.

Angeletti D., 2006. Erosione genetica e relazioni genotipo-ambiente nella popolazione delle Saline di Tarquinia di *Aphanius fasciatus* (Teleostea). Università della Tuscia di Viterbo, Tesi di Dottorato di Ricerca in Ecologia e Gestione delle Risorse Biologiche, XVIII Ciclo. Pp:1-108.

Angeletti D., P. Bondanelli, R. Cimmaruta, P.Polesi, G.Nascetti, 2006. Habitat choice e selezione in *Aphanius fasciatus* (Teleostea). XVI Congresso della Società Italiana di Ecologia. Viterbo/Civitavecchia 2006. Disponibile Online: www.ecologia.it/congressi/XVI/articles.

Arias A.M., & P. Drake, 1994. Structure and production of benthic macroinvertebrate community in a shallow lagoon in the Bay of Cadiz. *Marine Ecology Progress Series* 115:151-167.

Aumento F., 2003. Studio sedimentologico delle Saline di Tarquinia. Ricerche condotte nell'ambito della realizzazione del Progetto Life- Natura "Recupero ambientale della Riserva Naturale delle Saline di Tarquinia. Report non pubblicato.

Ausden M., W.J. Shuterland & R. James, 2001. The effects of flooding lowland wet grassland on soil macroinvertebrate prey of breeding wading birds. *Journal of Applied Ecology* 38:320-338.

- Baccetti N., G. Cherubini, L. Serra, P. Utmar & M.Zenatello, 1996. An update on wintering waders in coastal Italy. *Wader Study Group Bull.* 81:50-54.
- Baccetti N., P. Dall'Antona, P.Magagnoli, L. Melega, L.Serra, C.Soldatini & M.Zenatello, 2002. Risultati dei censimenti degli uccelli acquatici svernanti in Italia: distribuzione, stima e trend delle popolazioni nel 1991-2000. *Biol. e Cons. Fauna* 111:9-26.
- Barbone E., I. Rosati, M. Pinna & A. Basset, 2006. Struttura tassonomica e dimensionale delle guild di macroinvertebrati bentonici nelle Saline di Margherita di Savoia. XVI Congresso della Società Italiana di Ecologia. Viterbo/Civitavecchia 2006.
Disponibile Online: www.ecologia.it/congressi/XVI/articles.
- Bardi A., Coppola E. & Novelletto A., 1978. Ulteriori notizie sull'avifauna delle Saline di Tarquinia. *Riv. ital. Orn.*, 47: 65-66.
- Béchet A., C. Germain, J.A.Amat, M.R. Martos, A.Garrido, N.Baccetti, P.Dall'Antona, O.Balkiz, Y.Diawara, F.V. i Esquerre & A. Johnson, 2006. Metapopulation networks as tools for research and conservation: the Greater Flamingo *Phoenicopterus roseus* in the Mediterranean and West Africa. *Waterbirds Around the World. A global overview of the conservation, management and research of the world's waterbird flyways*. Edited by G.C. Boere, C.A. Galbraith and D.A. Stroud. Scottish Natural Heritage, Pp:688. At www.jncc.gov.uk/worldwaterbirds.
- Béchet A. & A.R. Johnson, 2007. Anthropogenic and environmental determinants of Greater Flamingo *Phoenicopterus roseus* breeding numbers and productivity in the Camargue (Rhône delta, southern France). *Ibis* (2007). BOU, Online preview, accessed June 2008.
- Bernoni M., 1984. Il metodo del mappaggio in una zona umida del Lazio: le vasche di Maccarese. *Riv. ital. Orn.*, 54 (3-4): 235-243.
- Bibby C.J., N.D. Burgess & D.A. Hill, 1993. *Bird Census Techniques*. British Trust for Ornithology and RSPB, Academic Press, London. Pp:1-257.
- Biondi M., G.Guerrieri & A.Castaldi, 2005. Ciclo annuale dell'avifauna nella Riserva Naturale di Popolamento Animale delle Saline di Tarquinia (VT): primi dati (2003-2004). *Avocetta* 29:46.
- Biondi M., G.Guerrieri & A.Castaldi, 2006. Ciclo annuale della comunità di uccelli acquatici nella Riserva Naturale di Popolamento Animale "Saline di Tarquinia" (Viterbo, Italia Centrale:2003-2004). *Ucc.d'It.* XXXI:76-84.
- Biondi M., G. Guerrieri, S. Cecchetti, M. Rigoli, S. Laurenti, J. Cecere, E. Savo, 2001. Primo monitoraggio dei limicoli nidificanti nella RNPA Saline di Tarquinia (Lazio): Anno 2002. *Alula* VIII(1-2):74-81.
- Biondi M., Guerrieri G. & Pietrelli L., 1999. Atlante degli uccelli presenti in inverno lungo la fascia costiera laziale (1992-95). *Alula* VI (1-2): 3-24.
- Biondi M. & Pietrelli L., 1999. Trend negativo della nidificazione di Corriere piccolo, *Charadrius dubius*, in aree costiere del Lazio. *Riv. ital. Orn.*, 69 (2) 161-167.
- Biondi M. & Pietrelli L., 2007. Prima riproduzione di Avocetta (*Recurvirostra avosetta*) nel Lazio. Sito del GAROL, www.garol.it, scaricato settembre 2008.

Biondi M., 2008. Nidificazione di Airone Guardabuoi nel Lazio. Sito del GAROL, www.garol.it, scaricato settembre 2008.

Biondi M., Pietrelli L., Cannavicci A., Baldi G., Menegoni P., Demartini L., 1996. Il successo di schiusa del Corriere piccolo, *Charadrius dubius*, nidificante in un'area costiera urbanizzata del Lazio. In: L'Avifauna degli Ecosistemi di origine antropica. Electa Napoli: 108-113.

Biondi M., Pietrelli L., Guerrieri G., Corso A., Grussu M., 2000. Il Corriere piccolo, *charadrius dubius*, nell'Italia centrale e meridionale. Riv. ital. Orn., 70: 97-114.

Biondi M., L. Pietrelli, A. Meschini, S. Cecchetti, E. Mocci, M. Bruno, in stampa. Prima nidificazione di airone guardabuoi *Bubulcus ibis*, nel Lazio (Italia Centrale). UDI.

Blasi S., 1998. Caratterizzazione ecologica delle Saline di Tarquinia: II) Analisi spaziale della comunità macrozoobentonica. Università della Tuscia di Viterbo, Facoltà di Scienze, Tesi di Laurea A.A. 1997-1998.

Blasi S., 2006. Studio della struttura, delle fluttuazioni stagionali e della risposta al disturbo dei popolamenti bentonici di un ambiente iperalino mediterraneo: le Saline di Tarquinia. Università della Tuscia di Viterbo, Tesi di Dottorato di Ricerca in Ecologia e Gestione delle Risorse Biologiche, XVIII Ciclo. Pp:1-144.

Boano A., Brunelli M., Bulgarini F., Montemaggiori A., Sarrocco S., Visentin M., 1995. Atlante degli Uccelli nidificanti nel Lazio. Alula: Volume Speciale (1-2): 1-224.

Bouzillé J.B., E. Kérneis, A. Bonis, B. Touzard, 2001. Vegetation and ecological gradients in abandoned salt pans in western France. Journal of Vegetation Science 12:269-278.

Bramucci S., 2001. Caratterizzazione ecologica di un S.I.C.: Saline di Tarquinia. analisi spaziale della comunità macrozoobentonica a cinque anni dall'interruzione delle attività produttive. Università della Tuscia di Viterbo. Facoltà di Scienze MMFFNN, Tesi di Laurea, A.A. 1997-1998.

Brichetti P., 1996. Nidificazione di Volpoca, *Tadorna tadorna*, in campi di frumento nei pressi delle Valli di Comacchio. Riv. ital. Orn., 65 (2): 156-15.

Brichetti P., Cherubini G. & Serra L., (Eds) 2000. Uccelli acquatici nidificanti: 1997 e 1998. Avocetta 24 (1): 55-57.

Britton R.H. & A.R. Johnson, 1987. An ecological account of a Mediterranean salina: the Salin de Giraud, Camargue (S. France). Biological Conservation 42:185-230.

Brush T., R.A. Lent, T. Hruby, B.A. Harrington, R.M. Marshall & W.G. Montgomery, 1986. Habitat use by Salt Marsh Birds and Response to Open Marsh Water Management. Colonial Waterbirds 9(2):189-195.

Brunelli M., Calvario E., Cascianelli D., Corbi F., & Sarrocco S., 1998. Lo svernamento degli Uccelli acquatici del Lazio, 1993-1998. Alula V (1-2): 3 – 124.

Brunelli M., F. Corbi, S. Sarrocco, 2005. Il ruolo delle zone umide artificiali del Lazio per l'avifauna acquatica. Avocetta 29:42.

Bullo R., 2000. Saline di Tarquinia: studio sedimentologico. Relazione realizzata nell'ambito del corso di studio in Scienze ambientali ad indirizzo marino.

- Carbone F., A. De Montis, P. De Toro & S. Stagl 2000. MCDA methods comparison: environmental policy evaluation applied to a case study in Italy. 3rd Biennial Conference of the European Society for Ecological Economics, Vienna, May 3 – 6, 2000.
- Carmona, R., and Danemann, G. 1998. Avifauna del habitat generado por el desarrollo salinero en las adyacencias de la Laguna Ojo de Liebre, B.C. *Ciencias Marinas* 24:389-408.
- Carmona R., and G. Danemann, 1998. Spatiotemporal distribution of birds at the Guerriero Negro saltworks, Baja California Sur, Mexico. *Ciencias Marinas* 24(4):389-408.
- Casini L., A. Magnani, L. Serra, 1992. Ciclo annuale della comunità degli uccelli acquatici nella Salina di Cervia. *Ric. Biol. Selvaggina* 92:1-54.
- Castellanos A., F. Salinas & A. Ortega-Rubio, 2001. Inventory and conservation of breeding waterbirds at Ojo de Liebre and Guerriero Negro Lagoons, Baja California Sur, Mexico. *Ciencias Marinas*, 27(3):351-373.
- Castelli M., Cattaneo R., e Crusco P., Uccelli delle Saline di Tarquinia. Cit. da Signorelli G. (1991).
- Catry T., J.A. Ramos, I. Catry, M. Allen-Revez, N. Grade, 2004. Are salinas a suitable alternative breeding habitat for Little Terns *Sterna albifrons*? *Ibis*, 146:247-257.
- Cecere J.G., 2008. Monitoraggio dell'Avifauna Acquatica Svernante nella Riserva Naturale Saline di Tarquinia (VT). Relazione non pubblicata, Agenzia Regionale Parchi, Roma, Pp:1-32.
- Celletti S. & Meschini E., 1994. Lo svernamento del Fenicottero, *Phoenicopterus ruber*, alle Saline di Tarquinia (VT). *Riv. ital. Orn.*, 64 (2): 153-154.
- Cezilly F., V. Boy, R.E. Green, G.J.M. Hirons & A. Johnson, 1995. Interannual variation in Greater Flamingo Breeding success in relation to water levels. *Ecology* 76(1):20-26.
- Chiocchini U. e S. Pignotti, 1998. Aspetti geologici, geomorfologici ed idrogeologici dell'area a Saline nel Comune di Tarquinia (VT). In: Modello socio-economico di riconversione ad usi multipli dell'ex area a Saline nel Comune di Tarquinia (VT), a cura di Venzi L., pp:67-75. Working paper, Dipartimento di Economia Agroforestale e dell'Ambiente Rurale. Università degli Studi della Tuscia.
- Cramp S. & Simmons K.E.L., (Eds.) 1977. Handbook of the birds of Europe, the Middle East and North Africa: the Birds of the Western Palearctic. Vol. I. Oxford University Press, Oxford.
- Crisman T.L., 1999. Conservation of Mediterranean coastal saline ecosystems: the private sector role in maintaining ecological function. Symposium on "Saltwork: Preserving Saline Coastal Ecosystems", Global Nest Hellenic saltworks.
- Danemann G.D. & Carmona R., 2000. Breeding birds of the Guerriero negro saltworks, Baja California Sur, Mexico. *Western Birds* 31:195-199.
- Dasti L. Notizie storiche archeologiche di Tarquinia e Corneto, Tarquinia 1991.
- Davidson N.C. & P.R. Evans, 1986. The Role and Potential of Man-made and Man-modified Wetlands in the Enhancement of the Survival of Overwintering Shorebirds. *Colonial Waterbirds* 9(2):176-188.

- Davis J.S., 1978. Biological communities of a nutrient enriched salina. *Aquatic Botany* 4: 23-42.
- Davis J.S., 2000. Structure, Function and Management of the biological system for seasonal solar saltworks. *Global nest: the Int. J.* 2(3):217-226.
- Davis J.S., 2006. Biological And Physical Management Information For Commercial Solar Saltworks (Proceedings of the 1st International Conference on the Ecological Importance of Solar Saltworks (CEISSA 06) Santorini Island, Greece, 20-22 October 2006).
- Del Castillo Arias E. & Farfan C., 1997. Hydrobiology of a salt Pan from the peninsula of Baja California, Mexico. *International Journal of Salt Lake research* 6: 233-248.
- Dolapsakis N.P., Tafas T., Abatzopoulos T. J., Ziller S., Economou-Amilli A. 2005. Abundance and growth response of microalgae at Megalon Embolon solar saltworks in northern Greece: An aquaculture prospect. *Journal of Applied Phycology* 17: 39-49.
- Di Carlo E. A., Ricerche ornitologiche sul litorale tirrenico del Lazio e Toscana in "Ricerche ecologiche, floristiche e faunistiche sulla fascia costiera mediotirrenica italiana ". *Acc. Naz. Lincei, Problemi Attuali di Scienza e di Coltura. Quad.* 254: 77 - 236, 1981.
- Di Carlo E. A. & Heize J., 1976. Notizie ornitologiche del Lazio e Toscana. *Riv. ital. Orn.*, 46: 40-50.
- Dierschke J. & F. Barlein, 2004. Habitat selection of wintering passerines in salt marshes of the German Wadden Sea. *J. Ornithol.* 145:48-58.
- Englander W. & Bergmann H.H., 2000. Le Tadorne del Belon. *Eveil Nature: Label d'édition naturaliste*: 72 pp.
- Falciano C., 1998. Analisi delle condizioni economico-ambientali per il recupero della riserva naturale 'Saline di Tarquinia'. Tesi di laurea, Facoltà di Scienze MMFFNN Università degli Studi della Tuscia, Viterbo.
- Goss-Custard J.D., 1977. The Ecology of the Wash. III. Density-related behaviour and the possible effects of a loss of feeding grounds on wading birds (Charadrii). *J. Appl. Ecol.* 14:721-739.
- Goss-Custard J.D., R.E. Jones & P.E. Newbery, 1977. The Ecology of the Wash. I. Distribution and Diet of Wading Birds (Charadrii). *J. Appl. Ecol.* 14:681-700.
- Goss-Custard J.D., Sillman R.A., West A.D., Caldow, R.W.G. and McGrorty S., 2002. Carrying capacity in overwintering migratory birds. *Biological Conservation*, 105:27-41.
- Goss-Custard J.D., R.A. Stillman, R.W.G. Caldow, A.D. West and M. Guillemain, 2003. Carrying capacity in overwintering birds: when are spatial models needed? *Journal of Applied Ecology*, 40:176-187.
- Goss-Custard J.D., P. Triplet, F. Sueur & A.D. West, 2006. Critical thresholds of disturbance by people and raptors in foraging wading birds. *Biological Conservation* 127:88-97.
- Gravina M.F., Ardizzone G.D., Scaletta F. & Chimez C., 1989. Descriptive analysis and classification of benthic communities in some Mediterranean coastal lagoons (Central Italy). *Marine Ecology*, 10 (2). 141-166.

- Green A.J., M. I. Sánchez, 2006. Passive internal dispersal of insect larvae by migratory birds. *Bioogy Letters* 2:55-57.
- Gustin M., 1991. Sullo svernamento della Volpoca, Tadorna tadorna, e dell'Avocetta, *Recurvirostra avosetta*, nelle saline di Margherita di Savoia. *Riv. ital. Orn.*, 61: 140-141.
- Gustin M., 1992. Sullo svernamento degli uccelli acquatici nelle saline di Tarquinia (VT), dal 1982 al 1991. *Riv. ital. Orn.*, 62: 58-60.
- Gustin M., 1998. Le Saline di Tarquinia. In; Brunelli et al., 1998. Lo svernamento degli Uccelli Acquatici nel Lazio, 1993-1998. *Alula V* (1-2): 100-102.
- Herbst D.B., 2001. Gradient of salinity stress, environmental stability and water chemistry as template for defining habitat types and physiological strategies in inland salt water. *Hydrobiologia* 466:209-219.
- Korovevssis N.A., T.D. Lekkas, 2006. Comparison of Solar Saltworks with Saline Coastal Wetlands. *Proceedings of the 1st International Conference on the Ecological Importance of Solar Saltworks (CEISSA 06)*, Santorini Island, Greece, 20-22 October 2006. Pp:52-61.
- Krebs, C.J. 1989. *Ecological methodology*. Harper & Row. New York.
- Johnson A.R., 1975. Camargue flamingos. In Kear, J. & N. Duplaix-Hall (eds), *Flamingos*, Berkhamsted: 17-25.
- Yates M.G., J.D. Goss-Custard, S.McGrorty, K.H.Lakhani, S.E.A. Le V. Diot Durrell, R..T. Clarke, W.E. Rispin, I. Moy, T.Yates, R.A. Plant & A.J. Frost, 1993. Sediment characteristics, invertebrate densities and shorebird densities on the inner banks of the Wash. *Journal of Applied Ecology*, 30:599-614.
- Iberite M., Osservazioni sulla microflora algale delle Saline di Stato di Tarquinia (Lazio). Università di Roma "La Sapienza " , Facoltà di Scienze, Tesi di Laurea, A.A. 1981- 82, 126 pp.,1992.
- Iberite M., 1992 - La vegetazione macrofita e algale della Riserva Naturale di Popolamento Animale Salina di Tarquinia. In 'L'ambiente nella Tuscia laziale' a cura di Olmi M. e Zapparoli M.: 203-207.
- Laurenti S., M.Biondi, E.Savo, J. Cecere, S.Cecchetti, S. Andreaus, 2001. Nidificazione di Volpoca, Tadorna tadorna, nella RNPA Saline di Tarquinia (Lazio). *Alula VIII*(1-2):82-85.
- Lourenco P.M., J.P. Granadeiro & J.M. Palmeirim, 2005. Importance of drainage channels for waders foraging on tidal flats: relevance for the management of estuarine wetlands. *Journal of Applied Ecology*, 42:477-486.
- MacDonald G.H., 1980. The use of Artemia cysts as food by the flamingo (*Phoenicopterus ruber roseus*) and the shelduck (*Tadorna tadorna*). In Persoone, G., P. Sorgeloos, O. Roels & E. Jaspers (eds), *The Brine Shrimp Artemia*. Vol. 3 Ecology, Culturing, Use in Aquaculture. Universa Press, Wetteren, Belgium: 97-104.

Martínez-Abraín, C.Viedma, M.A. Bartolomé, J.A. Gomez, D. Oro, 2007. Hunting sites as ecological traps for coots in southern Europe: implication for the conservation of a threatened species. *Endangered Species Research* 3:69-76.

Martino E., 2007. Analisi politico economica per la determinazione di nuove strategie istituzionali e gestionali per la fascia costiera: l'implementazione di un modello di scelta delle preferenze per la Salina di Tarquinia. Università della Tuscia di Viterbo, Tesi di Dottorato di Ricerca in Ecologia e Gestione delle Risorse Biologiche, XVIII Ciclo. Pp:1-255.

Martino E. e Venzi L., 2003. Una proposta di progetto LIFE Ambiente per la valorizzazione delle Saline di Tarquinia. *EM-Linea Ecologica* (5) Sett-Ott 2003, Anno XXXV.

Masero J.A., 2003. Assessing alternative anthropogenic habitats for conserving waterbirds: salinas as buffer areas against the impact of natural habitat loss for shorebirds. *Biodiversity and Conserv.* 12:1157-1173.

Masero J.A. & A. Pérez-Hurtado, 2001. Importance of the supratidal habitats for maintaining overwintering shorebird populations: how redshank use tidal mudflats and adjacent saltworks in southern Europe. *The Condor* 103:21-30.

Masero J.A., A. Pérez-Hurtado, M. Castro & G.M. Arroyo, 2000. Complementary use of intertidal mudflats and adjacent salinas by foraging waders. *Ardea* 88:177-191.

Meschini A. & Linardi G., 1995. Frattino, *Charadrius alexandrinus*. In Boiano et al., *Atlante degli Uccelli nidificanti nel Lazio*. Alula: Volume Speciale (1-2): 53.

Meschini E. & Papi R., (Eds) 1996. Fauna vertebrata terrestre della Provincia di Viterbo. Associazione G.U.F.O., Associazione FAGUS, Amministrazione Provinciale di Viterbo, assessorato all'Ambiente.

Meschini L., 1998. Caratterizzazione ecologica delle saline di Tarquinia: I) Stima della produzione secondaria di *Cerastoderma glaucum*. Tesi di laurea. Università degli studi della Tuscia, pp. 106.

Messina P., Palieri L. e Sposato A., Caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area della Salina di Tarquinia . In "L'Ambiente della Tuscia Laziale" a cura di Olmi M. e Zapparoli M. Pagg. 193- 202, 1992

Morillo C. & Gonzalez J.L., 1996. Management of Mediterranean Wetlands IV. Case Studies 4. Pp:1-247. Ministerio de Medio Ambiente, Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Madrid.

Murias Santos T., J.A. Cabral, R.J.Lopes, M.Pardal, J.C. Marques & J. Gross-Custard, 2005. Competition for feeding in waders: a case study in an estuary of south temperate Europe (Mondego, Portugal). *Hydrobiologia* 544:155-166.

Nascetti G., Angeletti D., 2007. Piano di Gestione per la ZPS "Saline di Tarquinia". Università della Tuscia, Viterbo e Commissione Europea (Progetto LIFE Saline di Tarquinia). Report non pubblicato.

Nascetti G., Scardi M., Fresi E., Cimmaruta R., Bondanelli P., Gatti S., Blasi S., Serrano S., Meschini L., Lanera P., Plastina N., Valiante M., Vinci D., 1998. Caratterizzazione ecologica delle

saline di Tarquinia al fine di un loro recupero e per lo sviluppo dell'acquacoltura. *Biol. Mar. Medit.*, 5 (3): 1365-1374.

Paaseen A. G. van, Veldman D. H., Beintema A. J., 1984. A simple device for determination of incubation stages in eggs. *Wildfowl*, 35: 173-178.

Paracuellos M., H. Castro, J.C.Nevado, J.A. Ona, J.J. Matamala, L. Garcia & G. Salas, 2002. Repercussions of the Abandonment of Mediterranean Salt pans on Waterbird Communities. *Waterbirds* 25(4):492-498.

Paradisi S., F. Perco e L. Serra, 2004. Aspetti di Conservazione e Gestione. In: Stoch F. (Ed.) Laghi costieri e stagni salmastri. Un delicato equilibrio fra acque dolci e salate. Quaderni habitat Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio Museo Friulano di Storia Naturale - Comune di Udine. Pp:129-144.

Pérez-Hurtado A., Goss-Custard, J.D. & Garcia, F., 1997. The diet of wintering waders in Cádiz, southwest Spain. *Bird Study* 44:42-52.

Pietrelli L., Biondi M., Guerrieri G., 1993. Insediamento di una colonia di Cavaliere d'Italia, *Himantopus himantopus*, nel Lazio. *Riv. Ital. Orn.*, 63 (2): 222-225.

Pietrelli L., Biondi M., Menegoni P., Martucci O., 1997. La nidificazione del Frattino *Charadrius alexandrinus* nel Lazio. *Avocetta* 21:131.

Rendon Martos M. & A.R. Johnson, 1996. Management of Nesting Sites for Greater Flamingos. *Colonial Waterbirds* 19 (Spec. Publ. 1):167-183.

Rigoli M., M.Biondi, S.Laurenti, E.Savo, J.Cecere, 2001. Prima nidificazione di Garzetta, *Egretta garzetta*, nel Lazio (Italia Centrale). *Alula* VIII(1-2):69-73.

Sacchi Ladispolo G., Le saline ottocentesche di Corneto. *Boll. Soc. Tarquiniese di arte e storia*. 11:25- 46 1981.

Sadoul N., 2002. Ecological management in the Mediterranean salinas: from theory to practical experience. In: Salt and salinas as natural resources and alternative poles for local development. Final Conference of ALAS Proceedings. Laboratory of Biogeography and Cultural Ecology, Department of Geography, University of Aegean, Mytilene, Greece. Pp:73-82. Accessed Online September 2008 at www.aegean.gr/alas/general.htm.

Sadoul N., A.R. Johnson, J.G. Walmsley and R. Levéque, 1996. Changes in the Numbers and the Distribution of Colonial Charadriiformes Breeding in the Camargue, Southern France. *Colonial Waterbirds* 19 (Spec.Publ.1):46-58.

Saino N. & Canova L., 1992. Volpoca, Tadorna tadorna (Linnaeus, 1758). In: Bricchetti et al., (Eds). Fauna d'Italia, Vol. XX IX – Aves. I. Gaviidae – Phasianidae. Edizione Calderini, Bologna: 305-310.

Sánchez M.I. & Green A.J., 2006. Shorebird predation affects density, biomass and size distribution of benthic chironomids in salt pans: an enclosure experiment. *J.N.Am. Benthol. Soc.* 25(1):9-18.

Sánchez M.I., A.J. Green, E.M. Castellanos, 2005. Seasonal variation in the diet of Redshank *Tringa totanus* in the Odiel Marshes, southwest Spain: a comparison of faecal and pellet analysis. *Bird Study*, 52:210-216.

- Sánchez M.I., A.J. Green, E.M. Castellanos, 2006. Temporal and spatial variation of an aquatic invertebrate community subjected to avian predation at the Odiel salt pans (SW Spain). *Arch. Hydrobiol.* 166:199-223.
- Sánchez M.I., A.J. Green & Alexandre, 2006. Shorebird predation affects abundance and size distribution of benthic chironomids in salt pans: an enclosure experiment. *Journal of the North American Benthological Society*.
- Sánchez M.I., A.J. Green, & E.M. Castellanos, 2006. Spatial and temporal fluctuations in presence and use of chironomid prey by shorebirds in the Odiel salt pans, south-west Spain. *Hydrobiologia* 567:329-340.
- Scardi m., 1994. Tecniche di analisi dei dati in ecologia marina. Reperibile al sito: www.marenet.com/mscardi/work/numecol/viterbo.htm.
- Scarton F., Valle R., Grussu M., Rusticani R., Corso A. & Utmar P., 1997. Nuovi dati sulla biologia riproduttiva della Volpoca, Tadorna tadorna, in Italia. *Riv. ital. Orn.*, 67 (1): 85-94.
- Serra L. & Brichetti P., 2000. Uccelli acquatici nidificanti: 1999. *Avocetta* 24 (2): 133-138.
- Serrano S., 1998. Caratterizzazione ecologica delle Saline di Tarquinia: III) Analisi temporale della comunità macrozoobentonica. Università della Tuscia di Viterbo, Facoltà di Scienze, Tesi di Laurea A.A. 1997-1998. Pp:1-67.
- Signorelli G., Tarquinia: Le Saline. Dai resti del passato all'oasi dell'avifauna. *Quad. Ris. Nat. Saline di Tarquinia*, Ed. Kronos, 1991.
- Silvestri F., 2008. Studio della struttura del popolamento zooplanctonico di un ambiente iperalino: le Saline di Tarquinia. Università della Tuscia di Viterbo, Tesi di Dottorato di Ricerca in Ecologia e Gestione delle Risorse Biologiche, XX Ciclo. Pp:1- 229.
- Smart J., J.A. Gill, W.J. Shuterland & A. Watkinson, 2006. Grassland-breeding waders: identifying key habitat requirement for management. *Journal of Applied Ecology*, 43:454-463.
- Sovinc A., 2004. Salinas and birds. In: Neves R., T.Petanidou, R.Rufino & S.Pinto (Eds), 2004. *Alas – All About Salt. Salt and salinas in the Mediterranean*. Accessed Online September 2008 at www.aegean.gr/alas/general.htm.
- Sovinc A., 2006. Secovlje Salina Nature Park, Slovenia. New Business Model for preservation of wetlands at risk. *Proceedings of the 1st International Conference on the Ecological Importance of Solar Saltworks (CEISSA 06)*, Santorini Island, Greece, 20-22 October 2006. Pp:254-258.
- Stoch F. (Ed.), 2004. Laghi costieri e stagni salmastri. Un delicato equilibrio fra acque dolci e salate. *Quaderni habitat Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio Museo Friulano di Storia Naturale - Comune di Udine*. Pp:1-159.
- Székelly T., and Z. Bamberger, 1992. Predation of waders (Charadrii) on prey populations: an enclosure experiment. *Journal of Animal Ecology*, 61:447-456.
- Takekawa J.Y., Miles A.K., Schoellhamer D.H., Athearn N.D., Saiki M.K., Duffy W.D., Kleinschmidt S., Shellenbarger G.G., Jannusch C.A., 2006. Trophic structure and avian

communities across a salinity gradient in evaporation ponds of the San Francisco Bay estuary. *Hydrobiologia* 567: 307-327.

Taramelli E., Pezzali S., 1986. Ecologia e distribuzione dei crostacei anfipodi nei laghi costieri della provincia di Latina. *Boll. Mus. Civ. St. nat. Verona*, 13: 295 – 318.

Timms B.V., 1997. A comparison between saline and freshwater wetlands on Bloodwood station, the Paroo, Australia, with special reference to their use by waterbirds. *International Journal of Salt Lake Research* 5: 287-313.

Tinarelli R., 1990. Risultati dell'indagine nazionale sul Cavaliere d'Italia *Himantopus himantopus* (Linnaeus 1758). *INFS n. 87, Ricerche di Biologia della Selvaggina*: 1-102 pp.

Valle R., Piacentini D., Scarton F., Serra L., Grussu M., Corso A. & Utmar P., 1995. Status e distribuzione della Volpoca, *Tadorna tadorna*, nidificante in Italia. *Avocetta* 19: 163.

Velasquez C.R., 1992. Managing Artificial Saltpans as a Waterbird Habitat: Species' Responses to Water Level Manipulation. *Colonial Waterbirds* 15(1):43-55.

Venzi, L. (1997). Rehabilitation and restructuring of Salina salt pans. *Nature and workmanship, Insula*, pp. 51-52.

Venzi L. (a cura di), 1998. Modello socio-economico di riconversione ad usi multipli dell'ex area a Saline nel Comune di Tarquinia (VT). Working paper, Dipartimento di Economia Agroforestale e dell'Ambiente Rurale. Università degli Studi della Toscana.

Venzi L. et al., 2000. Effetti ambientali ed economici della dismissione della produzione di sale alla Salina di Tarquinia. Working paper, Dipartimento di Economia Agroforestale dell'Ambiente Rurale, Università della Toscana.

Walmsley J.G., 1991. *Salinas meconnues/Misappreciated Salinas*. *Naturopa* n. 67(91):28.

Walmsley J.G., 1993. *Industrial Salinas in the Camargue and the Conservation of breeding Seabird populations*. Proceedings of the 2n Symposium Medmaravis, Calvià, Majorca, march 1989.

Walmsley, 1994. *Un approccio pratico alla gestione ambientale nelle saline del Mediterraneo*. In: Monbailliu X. e Torre A. (1994). *La gestione degli ambienti costieri e insulari del Mediterraneo*. Medmaravis, Edizione del Sole, Alghero. Pp:147-168.

Warnock N., 2004(?). Synthesis of scientific knowledge for managing salt ponds to protect bird populations. South Bay Salt Pond Restoration Project. Report available online www.prbo.org.

Warnock N., G.W.Page, T.D.Ruhlen, N. Nur, J.Y. Takekawa & J.Hanson, 2002. Management and Conservation of San Francisco Bay Salt Ponds: Effects on Pond Salinity, Area, Tide and Season on Pacific Flyway Waterbirds. *Waterbirds* 25 (Spec. Publ. 2):79-92.

Williams M., 1990 – Wetlands: a threatened landscape. The Institute of British Geographers Special Publication Series n. 25. Blackwell, Oxford UK and Cambridge USA. Pp:1-419.

8.0 RINGRAZIAMENTI

Desidero ringraziare innanzitutto il Prof. Giuseppe Nascetti del DECOS – Università della Tuscia, per aver fortemente voluto realizzare una tesi di dottorato sugli uccelli delle Saline di Tarquinia che mi ha permesso di approfondire questo affascinante tema, nonché la dott.ssa Roberta Cimmaruta, Coordinatrice del Dottorato, per la continua assistenza e supporto.

Ringrazio la Regione Lazio, in particolare il dott. Raniero De Filippis, l'Arch. Giovanna Bargagna e la dott.ssa Antonella Del Vecchio, in quanto il dottorato è stato svolto per i primi tre anni in aspettativa retribuita dal Ruolo Unico Regionale delle Aree Protette.

Ringrazio vivamente Massimo Biondi e Jacopo Cecere per avere messo a disposizione i loro dati (solo in parte pubblicati) sugli uccelli delle Saline di Tarquinia, che hanno dato un forte contributo ai contenuti della presente tesi di dottorato, e gli altri autori che hanno fornito dati, citati nel testo. Jacopo Cecere è stato supportato per il lavoro degli inverni 2006-7 e 2007-8 dall'ARP (Agenzia Regionale Parchi), che ringrazio per avere permesso di utilizzare i relativi dati nella persona del Direttore, il dott. Vito Consoli.

Ringraziamenti particolari anche all'intero gruppo di ricerca del DECOS sulle Saline, ed in particolare a Silvia Blasi per avere messo a disposizione i dati di confronto sul benthos, a Federico Silvestri per i dati sul plancton e Fulvio Cefolli per i dati sui parametri ambientali, che sono stati utilizzati nelle elaborazioni, nonché a Dario Angeletti per l'aiuto in varie occasioni.

Ringrazio il Corpo Forestale dello Stato, in particolare il dott. Carlo Costantini, attuale responsabile dell'UTB di Roma, per avermi autorizzato all'accesso alle Saline per svolgere il lavoro di ricerca, nonché Sergio Andreaus e Sergio Cecchetti per il supporto in loco e le segnalazioni di uccelli da loro avvistati. Un grazie anche al personale dei Monopoli di Stato "superstite" alle Saline per l'aiuto quotidiano.

Ringrazio infine mio marito, Giuliano Tallone, con il quale ho svolto tutto il lavoro di campo e l'elaborazione dei dati della presente tesi e della sua, parallela, sull'ecologia del paesaggio dei comuni di Montalto di Castro e Tarquinia, studiata attraverso gli uccelli. Nel periodo di elaborazioni di questo dottorato è nata anche Anna Giulia, che ha reso il lavoro più impegnativo ma le giornate più piene.

San Felice Circeo (LT) e Viterbo, Gennaio 2009