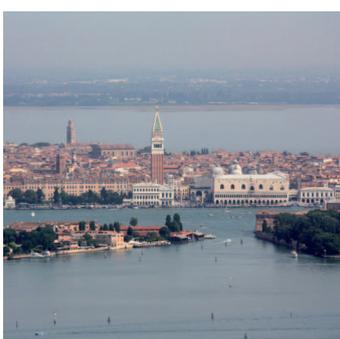


# IL CONTROLLO AMBIENTALE DELLA COSTRUZIONE DEL MOSE

10 anni di monitoraggi  
tra mare e laguna di Venezia  
2004 - 2015



*Editors*

*P. Campostrini, C. Dabalà, P. Del Negro, L. Tosi*



Questo volume riassume i principali risultati dei "Monitoraggi degli effetti dei cantieri prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari" condotti a partire dal 2004 nell'ambito degli Studi B.6.72 B/1 - B/11 del Provveditorato Interregionale per le Opere Pubbliche Veneto - Trentino Alto Adige - Friuli Venezia Giulia (già Magistrato alle Acque di Venezia), affidati al Consorzio Venezia Nuova e sviluppati da CORILA.

#### **Alta sorveglianza**

Provveditorato Interregionale per le Opere Pubbliche Veneto - Trentino Alto Adige - Friuli Venezia Giulia (già Magistrato alle Acque)

Ufficio Salvaguardia di Venezia  
*Giampietro Mayerle, Fabio Riva,  
Valerio Volpe, Maria Adelaide Zito*

#### **A cura di**

CORILA

*Editors: Pierpaolo Campostrini, Caterina Dabalà,  
Paola Del Negro, Luigi Tosi*

#### **Con i contributi specialistici di**

CORILA

*Pierpaolo Campostrini, Caterina Dabalà, Chiara Dall'Angelo*

Dipartimento di Biologia, sezione di Etologia, Università di Pisa  
*Natale Emilio Baldaccini*

Dipartimento di Georisorse e Territorio, Politecnico di Torino  
*Alessandro Casasso, Antonio Di Molfetta, Rajandrea Sethi*

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale,  
Università degli Studi di Padova (DICEA-UNIPD)  
*Giampaolo Di Silvio*

Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi di Ferrara  
*Renzo Cremonini, Patrizio Fausti, Maria Carmen Guerra,  
Andrea Santoni, Giuliano Scalpelli Quiqueto,  
Nicolò Zuccherini Martello*

Dipartimento di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica,  
Università Ca' Foscari di Venezia (DAIS-UNIVE)  
*Marco Anelli Monti, Francesco Cavarro, Francesca Coccon,  
Piero Franzoi, Vyrion Georgalas, Elisa Morabito, Fabio Pranovi,  
Simone Redolfi Bristol, Giovanni Sburlino, Patrizia Torricelli,  
Matteo Zucchetto*

© Copyright CORILA

Consorzio per il Coordinamento delle Ricerche  
inerenti al sistema Lagunare di Venezia

S. Marco 2847, Palazzo Franchetti  
30124 Venezia

Tel. +39-041.2402511 - pec: corila@pec.it

direzione@corila.it

www.corila.it

This work is licensed under a  
Creative Commons Attribution 4.0 International License.  
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Stampa Nuova Jolly, Padova 2017

#### **Coordinamento generale**

Consorzio Venezia Nuova

*Fabio Beraldin, Giovanni Cecconi, Claudia Cerasuolo,  
Massimo Gambillara*

Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima,  
Consiglio Nazionale delle Ricerche (ISAC-CNR)  
*Franco Belosi, Daniela Cesari, Daniele Contini*

Istituto di Scienze Marine, Consiglio Nazionale delle Ricerche  
(ISMAR-CNR)  
*Giuliano Lorenzetti, Giorgia Manfè, Marco Sigovini,  
Davide Tagliapietra, Luca Zaggia*

Istituto per la Dinamica dei Processi Ambientali,  
Consiglio Nazionale delle Ricerche (IDPA-CNR)  
*Andrea Gambaro*

Museo di Storia Naturale di Venezia  
*Luca Mizzan, Marco Uliana, Cecilia Vianello*

SELC soc. coop.  
*Isabelle Cavalli, Emiliano Checchin, Daniele Curiel,  
Daniele Mion, Chiara Miotti, Andrea Rismondo, Francesco Scarton*

Università IUAV di Venezia  
*Marco Della Puppa, Marco Mazzarino*

*Francesco Barbieri, Elena Elvini, Leonardo Ghirelli,  
Lorenzo Zanella*

*Tutti i rapporti relativi ai monitoraggi dei cantieri del MOSE sono  
a disposizione al sito web [www.monitoraggio.corila.it](http://www.monitoraggio.corila.it).*

*La presente relazione scientifica è parte delle attività finanziate  
dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Provveditorato  
Interregionale per le Opere Pubbliche del Veneto - Trentino  
Alto Adige - Friuli Venezia Giulia (PROVV.OO.PP.), già  
Magistrato alle Acque di Venezia (MAG.ACQUE), tramite il  
concessionario Consorzio Venezia Nuova (CVN).*

*Tutte le figure, salvo quelle di cui è indicata esplicitamente la  
fonte, sono di proprietà di CORILA e degli autori.*

*Le affermazioni qui riportate sono di responsabilità degli autori  
e non necessariamente sono condivise dal Provveditorato  
o dal Concessionario.*



# **Analisi delle variazioni temporali delle comunità ornitiche costiere e lagunari durante i lavori di costruzione del Sistema MOSE**

## ***Temporal analysis of bird communities in Venice lagoon during the construction of the MOSE System***

Francesca Coccon, Natale Emilio Baldaccini

### **Introduzione**

Nel 2003 hanno preso avvio in laguna di Venezia i lavori per la realizzazione del Sistema MOSE, un insieme di barriere mobili collocate alle bocche di porto di Lido, Malamocco e Chioggia, atte a separare temporaneamente la laguna dal mare nei casi di alte maree eccezionali, così da salvaguardare la città di Venezia e mitigarne gli effetti sull'ecosistema. Il progetto, ancora in fase di realizzazione, ricade in un'area di particolare valore naturalistico-ambientale per l'immenso patrimonio biologico che la caratterizza. La laguna di Venezia infatti è la più importante zona umida italiana di livello internazionale (Convenzione di Ramsar) ed è ampiamente rappresentata all'interno della rete ecologica europea "Natura 2000" (Direttive 92/43/CEE "Habitat" e 2009/147/CE "Uccelli"), con una Zona di Protezione Speciale estesa all'intero bacino lagunare (ZPS IT3250046-Laguna di Venezia), due Siti di Importanza Comunitaria (SIC IT3250030-Laguna medio-inferiore di Venezia; SIC IT3250031-Laguna superiore di Venezia) e due zone SIC/ZPS situate attorno alle bocche di porto (IT3250003-Penisola del Cavallino: biotopi litoranei e IT3250023-Lido di Venezia: biotopi litoranei). Inoltre, la laguna veneta costituisce la più estesa tra le Important Bird Areas (IBA) nazionali, con il maggior numero di specie di interesse comunitario da preservare (Gariboldi *et al.*, 2000; Brunner *et al.*, 2002).

Data l'importanza ambientale e conservazionistica delle aree interessate dai cantieri per la costruzione del MOSE, per le quali il nostro Paese si è assunto vincolanti impegni nei confronti dell'Unione Europea finalizzati al mantenimento e salvaguardia degli habitat e delle specie in esse presenti, a partire dal 2005 ha preso avvio un Piano di Monitoraggio con l'obiettivo di documentare l'esistenza di eventuali fenomeni di disturbo conseguenti ai lavori alle bocche di porto sull'avifauna. I rilevamenti hanno coinvolto siti di interesse comunitario rappresentativi dei principali habitat presenti in laguna e sono stati condotti durante tutto l'anno, dalla nidificazione allo svernamento passando per i periodi di migrazione primaverile e autunnale, così da seguire in modo continuativo ed esaustivo l'evoluzione specifica e quantitativa delle comunità e documentarne lo status nelle varie fasi del ciclo biologico degli uccelli.

Tale monitoraggio risulta unico nel suo genere non solo per la vastità dell'area interessata dai rilevamenti e il periodo decennale durante cui si è protratto, ma soprattutto perché ha permesso di descrivere le variazioni qualitative e quantitative annuali ed inter-annuali delle comunità terrestri e acquatiche, mettendo in evidenza i mutamenti inter-

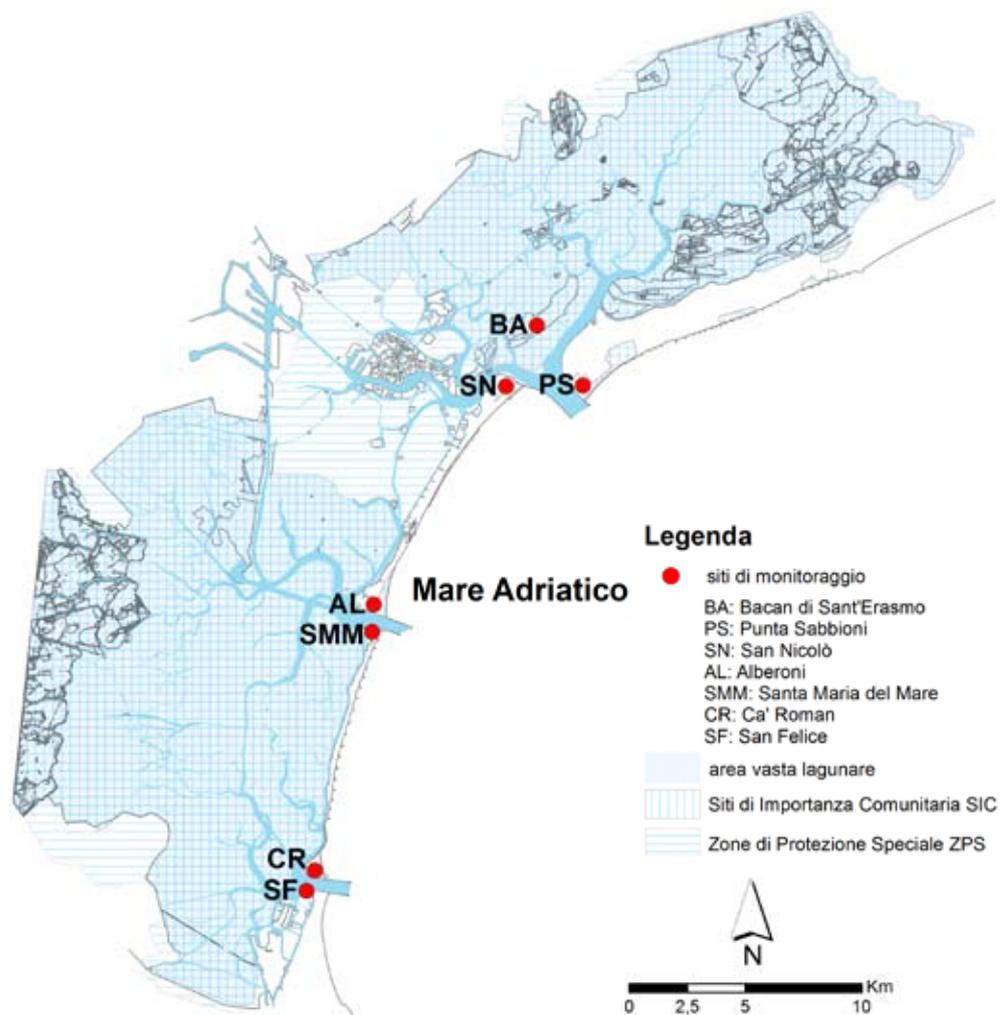
venuti nei diversi siti e definendo le tendenze cui le comunità sono andate incontro nel tempo. Se è vero infatti che sono disponibili numerosi studi sull'avifauna presente in laguna di Venezia, dai Progetti Atlante condotti a livello locale (Bon e Scarton, 2012; Bon e Stival, 2013; Bon *et al.*, 2014), ai risultati dei censimenti degli uccelli acquatici svernanti IWC, iniziati in laguna nel 1993 (Basso e Bon, 2015 e precedenti), ai lavori condotti da alcuni Autori sull'utilizzo delle barene, naturali e artificiali, come siti di alimentazione, sosta e nidificazione da parte di numerose specie acquatiche (Scarton, 2005; Scarton *et al.*, 2009; Scarton, 2010; Scarton *et al.*, 2013a; Scarton, 2014), altrettanto non si può dire per studi che evidenzino l'evoluzione quantitativa delle comunità ornitiche e le tendenze cui esse sono soggette.

In questo lavoro sono esposti i risultati della analisi dei dati raccolti durante il monitoraggio condotto tra il 2005 e il 2015 nei siti di Punta Sabbioni, San Nicolò, Alberoni, Santa Maria del Mare, Ca' Roman, San Felice, Bacan di Sant'Erasmus e bacino lagunare aperto all'escursione di marea (figura 1). Tale analisi viene presentata in un momento particolarmente significativo dello stato di esecuzione del MOSE, a quasi conclusione dei lavori di maggior portata dell'intero progetto. L'obiettivo è quello di descrivere l'evoluzione temporale delle comunità ornitiche presenti nei siti monitorati e di rilevare possibili variazioni, indicative di modificazioni ecologiche in atto. In particolare questa analisi intende:

- a) valutare le comunità ornitiche proprie dei diversi siti sotto il profilo conservazionistico, evidenziando i cambiamenti intervenuti nella occorrenza di specie incluse nelle categorie di minaccia IUCN, ovvero presenti nell'Allegato I della Direttiva 2009/147/CE "Uccelli";
- b) caratterizzare dal punto di vista trofico le comunità proprie dei siti costieri monitorati, valutando i cambiamenti intervenuti nella occorrenza delle singole classi al fine di evidenziare possibili stati di sofferenza degli habitat cui esse sono legate o eventuali alterazioni dell'ambiente che caratterizza tali siti;
- c) valutare gli andamenti delle popolazioni nidificanti nei siti costieri mediante applicazione dell'Indice Puntiforme di Abbondanza (IPA);
- d) valutare le variazioni intervenute nella comunità ornitica propria del Bacan di Sant'Erasmus attraverso lo studio degli andamenti di tre specie target rilevate nell'area sin dall'inizio del monitoraggio e quindi utili per evidenziare eventuali modificazioni sul lungo periodo.

Il fattore causale primo che viene considerato nella presente analisi è rappresentato dai lavori per la costruzione del MOSE che hanno interessato e tuttora interessano l'area monitorata. È infatti noto che i rumori derivanti da macchine operatrici ed altre attività antropiche non solo possono influenzare parametri descrittivi delle comunità ornitiche quali la composizione in specie e la numerosità, ma possono altresì recare un danno fisiologico e modificazioni comportamentali sui singoli individui (Rheindt, 2003; Dooling e Popper, 2007; Brumm e Slabbekoorn, 2005; Slabbekoorn e Ripmeester 2008). Tuttavia, una relazione causale certa non è dimostrabile a priori in quanto nel periodo considerato possono essere intervenuti fattori ambientali plurimi e pressioni antropiche diverse dal MOSE, a causare modificazioni nelle comunità ornitiche e di conseguenza dei parametri ecologici utili a valutarne lo stato. Ne sono un esempio la sempre più frequente sommersione delle barene naturali nel periodo primaverile-estivo ed il crescente disturbo antropico sui litorali che hanno portato ad una modifica dell'habitat di nidificazione di alcune specie come fratino, *Charadrius alexandrinus*, e fraticello, *Sternula albifrons*, passate da nidificare sulle spiagge del litorale veneziano alle barene naturali prima e a quelle artificiali nell'ultimo decennio. Risultati questi messi in evidenza dal contributo di F. Scarton contenuto nel presente volume.

1. Delimitazione delle zone SIC e ZPS presenti in laguna di Venezia e siti interessati dalle attività di monitoraggio dell'avifauna.



## Materiali e metodi

### Area di studio e raccolta dati

Le attività di monitoraggio dell'avifauna hanno preso avvio nell'aprile 2005 e stanno tuttora proseguendo. I rilevamenti hanno interessato dapprima le sole zone SIC/ZPS di Punta Sabbioni, Alberoni, Ca' Roman (d'ora in poi "siti costieri maggiori") ed il Bacan di Sant'Erasmo, poiché rappresentano le aree più prossime ai cantieri e sono dunque potenzialmente più suscettibili di accusarne gli effetti (figura 1). I dati sono stati raccolti da ornitologi professionisti durante tutto l'anno, così da documentare le varie fasi del ciclo biologico dell'avifauna (nidificazione, svernamento e migrazioni), utilizzando diverse tecniche di censimento a seconda delle caratteristiche delle specie da monitorare, del periodo dell'anno e della morfologia dell'area di studio (Bibby *et al.*, 1998; Bibby *et al.*, 2000). Nella fattispecie, nei siti costieri è stato utilizzato il metodo del transetto che consiste nell'effettuare un percorso rettilineo (transetto), a velocità moderata (1,5 km/ora circa), annotando gli individui di tutte le specie osservate o udite durante il tragitto e distinguendo fra quelli osservati entro una fascia di 50 m da ambo i lati del transetto (IN) e quelli esterni a tale fascia (OUT). Tale tecnica risulta particolarmente vantaggiosa in quanto può essere applicata in tutte le stagioni e consente di censire un considerevole numero di specie. Nell'ottica di fornire un campione rappresentativo dei siti indagati, in ciascuna area sono stati individuati tre transetti ortogonali all'arenile ed un quarto transetto parallelo alla li-

nea di spiaggia. Il metodo di censimento per transetti è stato alternato, nel solo periodo riproduttivo (aprile-agosto), con il metodo dei punti di ascolto. Ciò al fine di individuare le specie nidificanti nell'area di studio e descriverne il relativo uso degli habitat presenti. Tale tecnica consente infatti di contattare con maggior facilità anche le specie più difficili da osservare (come nel caso dei passeriformi) attraverso l'ascolto dei canti da un certo numero di stazioni di rilevamento (punti di ascolto) opportunamente scelte. Risulta inoltre particolarmente indicata per ambienti eterogenei e con una fitta copertura vegetazionale in cui la contattabilità è inferiore. Per ciascun sito sono state quindi individuate nove stazioni fisse ed ognuna di esse è stata visitata dai rilevatori per 10 minuti registrando tutti gli individui visti o sentiti e separando i contatti tra interni ed esterni ad un raggio di 100 m (Hutto *et al.*, 1986). Nel caso del Bacan di Sant'Erasmus invece, date le peculiarità ambientali del sito, sono state censite esclusivamente le specie acquatiche tramite conteggio diretto degli individui avvistati; tale tecnica risulta infatti particolarmente indicata per il censimento di anatidi, ardeidi e limicoli, specie che caratterizzano quest'area.

In un primo momento la frequenza di campionamento nei siti costieri maggiori indagati era di una uscita a settimana nel periodo di nidificazione (tra aprile e agosto) con alternanza di tipologia di campionamento (punti di ascolto/transetto) e di una uscita ogni quindici giorni nei mesi restanti (solo transetti). Al Bacan invece sono state pianificate uscite quindicinali durante tutto l'anno, condotte nei giorni di picco massimo di marea (in tali condizioni infatti gli animali possono essere conteggiati con maggior facilità mentre sono raggruppati presso i posatoi o roost di alta marea), cui si aggiungevano quattro uscite serali nel periodo precedente la migrazione autunnale, nei mesi di luglio e agosto, per documentare l'uso dell'area come roost notturno pre-migratorio.

A partire dal quarto anno di monitoraggio (maggio 2008), si è optato per un ampliamento dei target del monitoraggio allo scopo di:

- a) documentare eventuali variazioni delle comunità ornitiche in tutta l'area ecologicamente coinvolta dagli interventi alle bocche di porto;
- b) contestualizzare le osservazioni relative alle comunità ornitiche insistenti nelle aree prossime ai cantieri e al Bacan di Sant'Erasmus;
- c) documentare l'effettivo utilizzo da parte dell'avifauna delle velme e barene artificiali realizzate, nei bacini nord e sud lagunari, nell'ambito dei lavori per la costruzione del MOSE e valutarne il successo o meno.

Le indagini pianificate hanno dunque incluso il monitoraggio dei tre siti costieri di San Nicolò, Santa Maria del Mare e San Felice (d'ora in poi "siti costieri minori") (a San Felice le uscite in campo sono iniziate a maggio 2009), in cui i rilevamenti per punti di ascolto venivano effettuati con cadenza quindicinale. A ciò si è aggiunto il rilevamento di limicoli e sterne in area vasta lagunare, condotto in ambo i bacini lagunari, nord e sud, mediante conteggio diretto da imbarcazione nelle giornate di picco massimo di marea (figura 1). Tale rilevamento, con frequenza mensile, è stato inizialmente condotto nel solo periodo invernale (tra ottobre e marzo), per poi essere esteso a tutto l'anno a partire dal sesto anno di monitoraggio (maggio 2010). Ciò con l'obiettivo di rilevare le variazioni qualitative e quantitative cui sono soggette le comunità ornitiche lagunari nel corso dell'anno. Parallelamente, onde evitare di incrementare ulteriormente lo sforzo di campionamento, di per sé già elevato, è stata ridotta la frequenza di campionamento nelle aree costiere. Pertanto, nei siti di Punta Sabbioni, Alberoni e Ca' Roman si è passati ad attuare rilevamenti quindicinali con sessioni alterne tra transetti e punti di ascolto nel solo periodo compreso tra marzo e agosto, che comprende la fase di nidificazione per un gran numero di specie, dall'arrivo delle prime specie nidificanti fino all'involto dei piccoli, mentre rilievi mensili per transetto nei mesi restanti; a San Nicolò, Santa Maria del Mare e San Felice invece sono stati condotti rilievi mensili per punti di ascolto durante tutto l'anno.

## **Analisi dei dati**

L'andamento di presenza delle comunità ornitiche nei diversi siti è stato analizzato utilizzando metodi statistici sia univariati che multivariati.

Sono stati analizzati:

- a) i dati raccolti tra aprile 2005 e dicembre 2015 nei siti costieri di Punta Sabbioni, Alberoni e Ca' Roman con il metodo dei transetti e quelli registrati al Bacan di Sant'Erasmo nello stesso periodo;
- b) i dati dei punti di ascolto registrati a San Nicolò, Santa Maria del Mare e San Felice da maggio 2009 a dicembre 2015;
- c) i dati rilevati in area vasta lagunare da maggio 2010 a dicembre 2015.

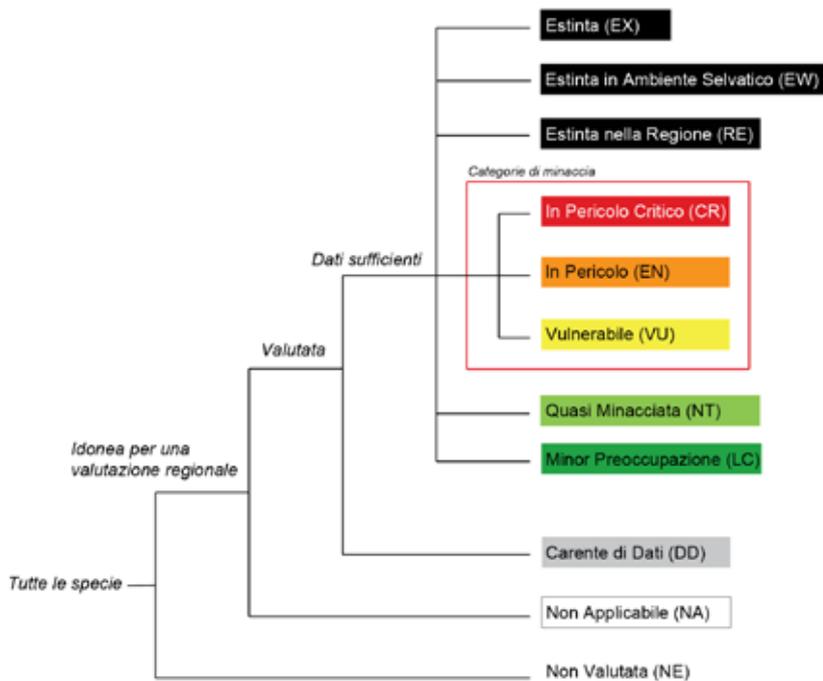
Utilizzando i dati di abbondanza media mensile per specie, sono stati calcolati i seguenti indici:

- ricchezza specifica (S), che rappresenta il numero di specie rilevate in ciascun sito in un determinato periodo dell'anno, indipendentemente dalla loro abbondanza e frequenza di osservazione;
- numero totale di individui (N), ovvero la somma delle abbondanze delle singole specie campionate in ciascun sito in un determinato periodo dell'anno;
- indice di equiripartizione di Pielou (J) (Pielou, 1966), che valuta il grado di uniformità nella distribuzione degli individui tra le diverse specie ed è massimo quando tutte le specie sono presenti con la stessa abbondanza mentre ha valori bassi quando c'è una sola specie abbondante e numerose specie rare;
- indice di diversità di Shannon (H) (Shannon e Weaver, 1963), che esprime sia la ricchezza in specie (numero di specie entro la comunità) sia l'equitabilità della comunità ed assume valori crescenti all'aumentare del numero di specie e della loro uniformità all'interno della comunità mentre tende a zero quanto più la ripartizione è sbilanciata a favore di una sola specie.

Le specie rilevate sono state suddivise in classi di rischio di estinzione secondo la Lista rossa europea degli uccelli (EU 27 Red List Category, BirdLife International 2015) che segue ed accorpa i criteri e le categorie della Lista rossa IUCN (IUCN 2012) per la definizione dello status di ciascuna specie. Tale lista classifica le specie in otto categorie di minaccia sulla base di valutazioni quantitative relative al trend demografico, alle dimensioni e struttura della popolazione ed alla distribuzione delle specie. Le classi sono ordinate secondo il criterio del rischio di estinzione crescente: dalla categoria "A minor preoccupazione (LC, Least Concern)", adottata per le specie che non rischiano l'estinzione nel breve o medio termine, a quella "Estinta (EX, Extinct)", applicata alle specie per le quali si ha la definitiva certezza che anche l'ultimo individuo sia deceduto (figura 2).

Per ciascun sito è stata calcolata la percentuale di specie minacciate e la percentuale di specie incluse nell'allegato I della Direttiva Uccelli (2009/147/CE) sul totale rilevato nel corso del monitoraggio, con l'obiettivo di valutare le aree di studio da un punto di vista conservazionistico. Inoltre, per ogni categoria di minaccia IUCN (NT, VU, EN, CR) e per le specie incluse nell'allegato I della Direttiva Uccelli è stato calcolato il rapporto tra il numero di individui e il numero di specie contattate per mese (Indice N/S) ed è stata utilizzata la media annuale di tale rapporto per descrivere l'andamento temporale delle singole classi.

Data l'elevata eterogeneità ambientale che caratterizza i siti costieri, costituiti da ambienti dunali e retrodunali, fasce boscate e specchi d'acqua salmastra, le specie qui rilevate sono state altresì suddivise in base alle loro abitudini alimentari, che ne rispecchiano



2. Categorie di rischio di estinzione della Lista rossa IUCN (da BirdLife International, 2015).

le esigenze ecologiche. Sono state così definite quattro categorie trofiche: carnivori, che comprende i rapaci (diurni e notturni) e specie ittiofaghe e che si nutrono di molluschi e di altri invertebrati marini, come ad esempio i limicoli; granivori, tra cui vi sono i columbidi oltre a diverse specie di passeri e fringillidi; insettivori, che raggruppa le specie la cui dieta è costituita in maniera prevalente da insetti tra cui troviamo silvidi, picchi, rondini e rondoni; onnivori, che include le specie che si cibano sia di materiale vegetale (ad esempio semi, grano e frutta) che di quello animale (ad esempio insetti, pesci e crostacei) come gli anatidi e alcune specie sinantropiche come le cornacchie e i gabbiani reali. Per ciascuno dei siti costieri è stata quindi calcolata la percentuale di presenza delle singole classi trofiche come misura indiretta della struttura e delle tipologie di habitat presenti ed è stata utilizzata la numerosità media annuale di tali classi per descriverne l'andamento temporale.

I dati ottenuti mediante punti di ascolto registrati nei siti costieri maggiori e minori tra marzo e agosto sono stati utilizzati per calcolare un Indice Puntiforme di Abbondanza (IPA). A tale scopo è stato attribuito un punteggio ad ogni contatto a seconda dello status degli individui contattati ( $p=1$  specie con evidenti segnali di nidificazione;  $p=0.5$  specie che non presenta evidenti segnali di nidificazione) e l'indice IPA è stato calcolato suddividendo il totale dei contatti rilevati in un certo sito in un determinato periodo dell'anno per il numero di punti di ascolto effettuati. Tale indice fornisce una stima dell'abbondanza della comunità ornitica nel periodo riproduttivo, pesata sulle specie nidificanti nell'area. L'andamento dell'indice IPA negli anni di monitoraggio è stato analizzato mediante una esplorazione grafica dei dati utilizzando il metodo dei boxplot.

Relativamente al Bacan di Sant'Erasmus, è stato inoltre effettuato un approfondimento su tre specie target: fratino, *Charadrius alexandrinus*, pivieressa, *Pluvialis squatarola*, e piovanello pancianera, *Calidris alpina*. Tali specie sono state selezionate in quanto:

- a) specialiste della fascia tidale che caratterizza l'area di studio;
- b) indicatrici della comunità di limicoli;
- c) rilevate nel sito sin dall'inizio del monitoraggio e dunque particolarmente indicate per rilevare variazioni sul lungo periodo.

Per ciascuna specie è stato calcolato un indice di abbondanza media mensile, non con-

siderando ai fini delle analisi i dati relativi alle uscite serali. Tale parametro è stato utilizzato per descrivere l'andamento delle specie target nell'area del Bacan nel corso degli anni.

Le analisi multivariate hanno previsto l'individuazione della tendenza degli indici ecologici e matematici sopra descritti utilizzando il metodo della media mobile, che consente di catturare il trend dei dati in modo fedele senza perdere di vista le variazioni che si sono succedute nel tempo. Inoltre, è stata valutata la significatività delle variazioni osservate nel corso del monitoraggio utilizzando test statistici parametrici o non parametrici a seconda della distribuzione dei dati.

Per contestualizzare le osservazioni fatte al Bacan di Sant'Erasmus, l'andamento delle specie target rilevato in quest'area è stato confrontato con quello da esse evidenziato nell'intero bacino lagunare mediante una ispezione grafica dei dati. Infine, a verifica della attendibilità dei risultati emersi dal monitoraggio, è stato utilizzato il test di correlazione di Pearson per confrontare i dati di presenza media di limicoli e sterne (calcolati sul periodo novembre-gennaio), rilevati in laguna tra il 2008 e il 2015, con i dati dei censimenti degli uccelli acquatici svernanti (IWC, International Waterfowl Census), qui registrati nello stesso periodo. I censimenti IWC vengono svolti dal 1993 in area vasta, nel mese di gennaio, con lo scopo di ottenere una stima verosimile della popolazione delle specie svernanti in laguna.

I dati sono stati analizzati utilizzando i software PRIMER v6 (Clarke e Gorley, 2006) e R versione 3.0.2 (R Core Team, 2013). Per tutte le analisi la significatività statistica è stata posta a  $P < 0.05$ .

## Risultati

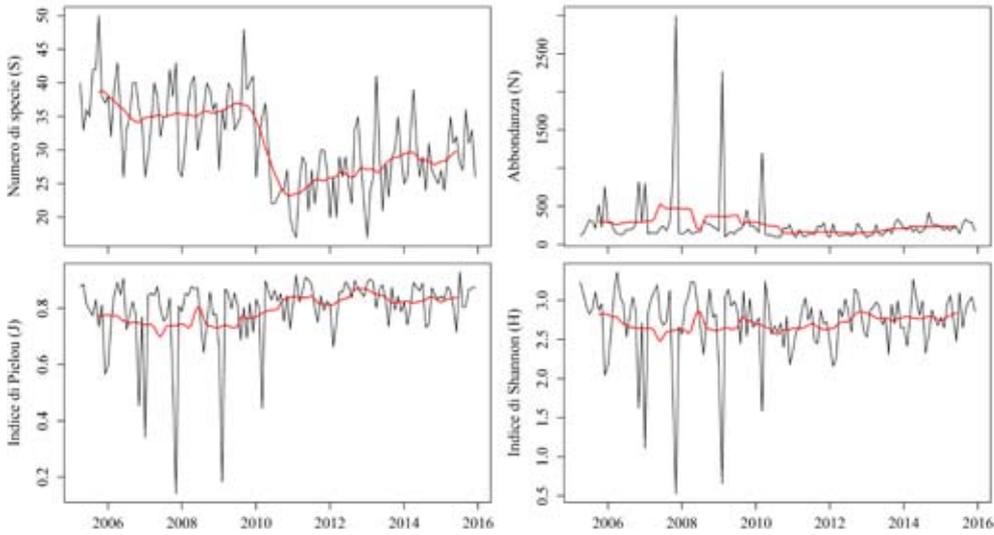
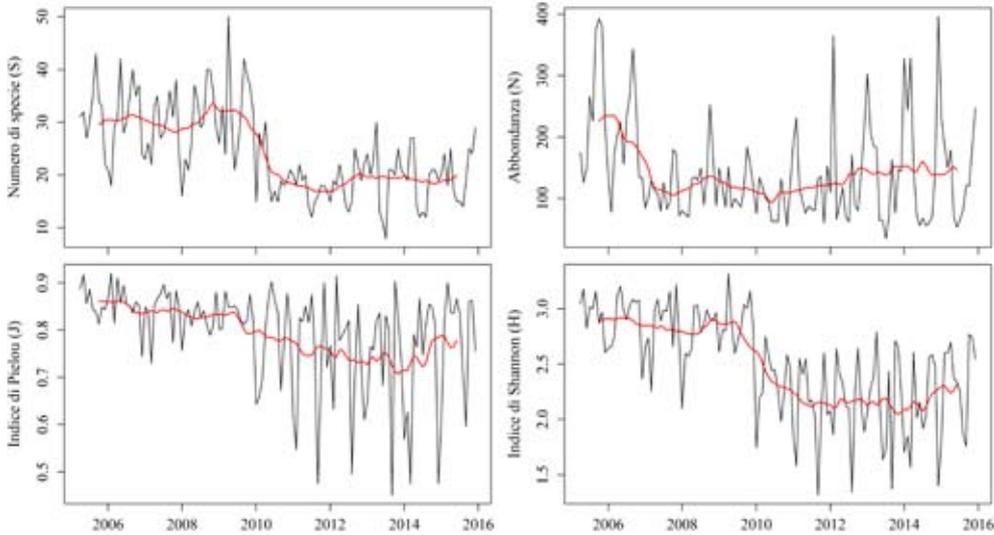
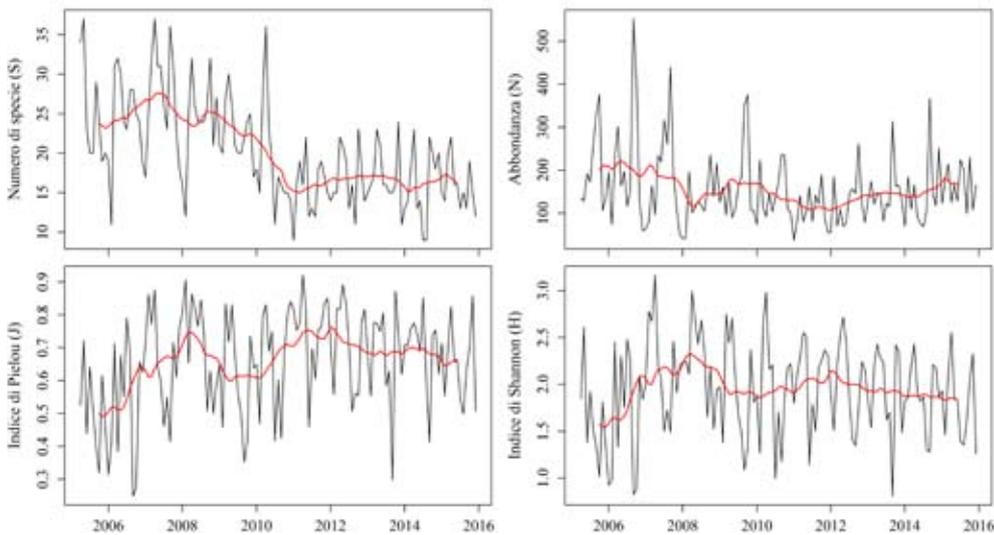
### Andamento degli indici ecologici nei siti monitorati

#### *Alberoni, Ca' Roman e Punta Sabbioni*

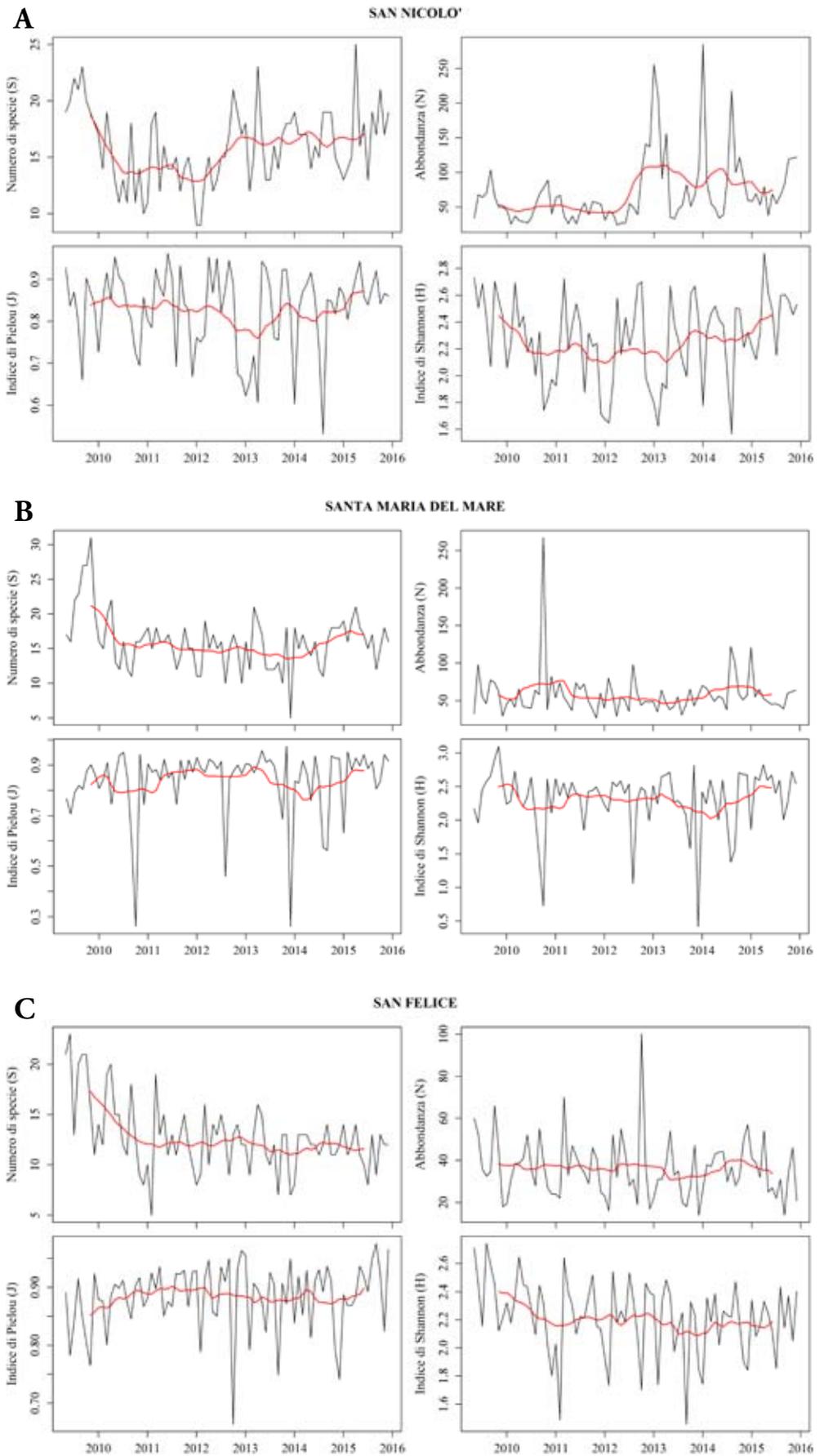
Nei tre siti costieri maggiori l'indice di ricchezza specifica  $S$  è variato significativamente nel tempo (in tutti i casi  $P < 0.05$ ). Ad Alberoni e Ca' Roman il numero di specie è diminuito nel 2010 e si è poi stabilizzato su valori inferiori rispetto ai primi anni di monitoraggio, mentre a Punta Sabbioni il trend è ritornato positivo a partire dal 2011. L'indice di abbondanza  $N$  è variato significativamente a Punta Sabbioni (Friedman test,  $\chi^2_{10} = 37.067$ ,  $P = 5.509e^{-05}$ ), dove si osserva un calo nel 2010 ed un assestamento della numerosità su un valore medio mensile di 200 individui nel periodo 2011-2015 e ad Alberoni (Friedman test,  $\chi^2_{10} = 35.627$ ,  $P = 9.755e^{-05}$ ) dove si evidenzia una netta contrazione nel 2007 cui segue un trend positivo a partire dal 2010. A Ca' Roman, invece, le variazioni dell'indice sono risultate non significative (Friedman test,  $\chi^2_{10} = 17.3862$ ,  $P = 0.066$ ) (figura 3).

Sono state inoltre rilevate delle variazioni temporali significative nell'indice di equitabilità  $J'$ . A partire dal 2010 è stato evidenziato un andamento positivo dell'indice a Punta Sabbioni e Ca' Roman, ad indicare un aumento della equiripartizione della comunità ornitica in questi siti, mentre ad Alberoni si è osservato un evidente calo (figura 3).

Ancora, l'indice di Shannon  $H$  è variato significativamente ad Alberoni (Friedman test,  $\chi^2_{10} = 66.2828$ ,  $P = 2.302e^{-10}$ ) con una diminuzione a partire dal 2010 che indica come la comunità tenda ad essere dominata da poche specie. Diversa la situazione rilevata negli altri due siti in cui le variazioni dell'indice sono statisticamente non significative (Punta Sabbioni: Friedman test,  $\chi^2_{10} = 8.9899$ ,  $P = 0.533$ ; Ca' Roman: Welch test,  $F_{10,46} = 1.542$ ,  $P = 0.155$ ) indicando come le specie siano variate nel tempo nella stessa misura (figura 3).

**A****PUNTA SABBIONI****B****ALBERONI****C****CA' ROMAN**

3. Andamento e media mobile degli indici ecologici descrittivi delle comunità ornitiche rilevate nei siti costieri di Punta Sabbioni (A), Alberoni (B) e Ca' Roman (C) tra aprile 2005 e dicembre 2015.



4. Andamento e media mobile degli indici ecologici descrittivi delle comunità ornitiche rilevate nei siti costieri di San Nicolò (A), Santa Maria del Mare (B) e San Felice (C) tra maggio 2009 e dicembre 2015.

### San Nicolò, Santa Maria del Mare, San Felice

Variazioni temporali significative dell'indice di ricchezza specifica S sono state osservate anche nei tre siti costieri minori (in tutti i casi  $P < 0.05$ ). A San Nicolò è stato evidenziato un calo del numero di specie fino al 2012 cui è seguito un aumento dei valori dell'indice; a Santa Maria del Mare il calo della ricchezza specifica si è verificato fino a dicembre 2013 con conseguente ripresa nel 2014 e 2015, mentre a San Felice è stato rilevato un trend negativo tra il 2009 e il 2015 (figura 4).

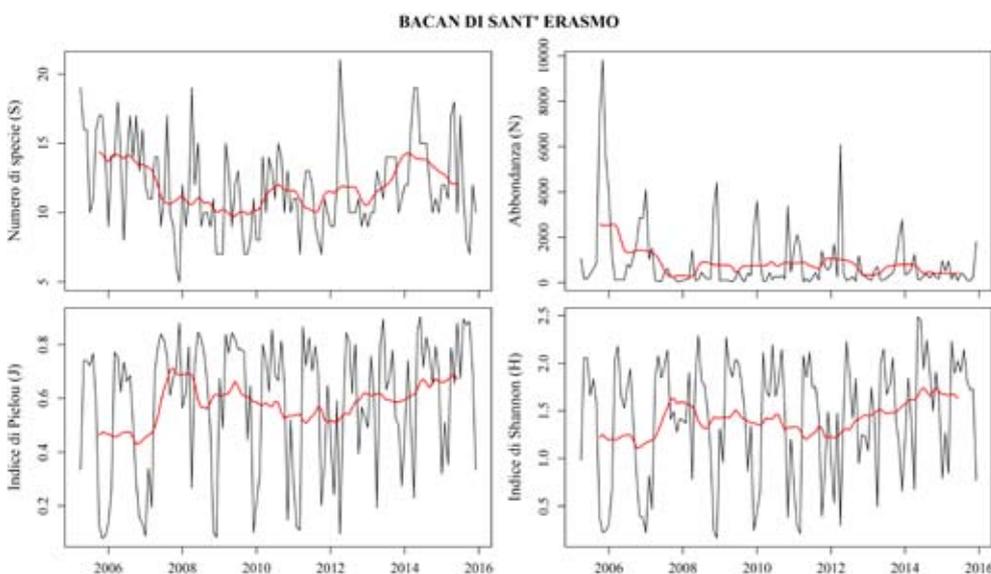
L'indice di abbondanza N è variato significativamente soltanto a San Nicolò (Friedman test,  $\chi^2_6 = 17.702$ ,  $P = 0.007$ ), dove si osserva un aumento della numerosità nel 2013 ed un successivo assestamento dell'indice su valori visibilmente più elevati rispetto ai primi anni di monitoraggio. Negli altri due siti invece le fluttuazioni inter-annuali dell'indice sono risultate statisticamente non significative, ad indicare una certa stabilità della numerosità della comunità ornitica nel corso del monitoraggio (figura 4).

L'indice di equiripartizione J non ha evidenziato variazioni temporali significative, ma è fluttuato entro un range abbastanza ristretto in tutti i siti.

L'indice di Shannon H ha mostrato differenze significative soltanto a San Nicolò (Welch test,  $F_{6,31} = 2.934$ ,  $P = 0.021$ ), con un andamento negativo fino al 2013 ed una successiva crescita fino al 2015. Ciò indica una maggior complessità del popolamento ornitico in questo sito negli ultimi anni. A San Felice, invece, sebbene le variazioni non siano risultate significative, si è osservato un calo dell'indice di diversità H tra il 2009 e il 2015, evidenziando una regressione del grado di maturità dell'ecosistema (figura 4).

### Bacan di Sant'Erasmus

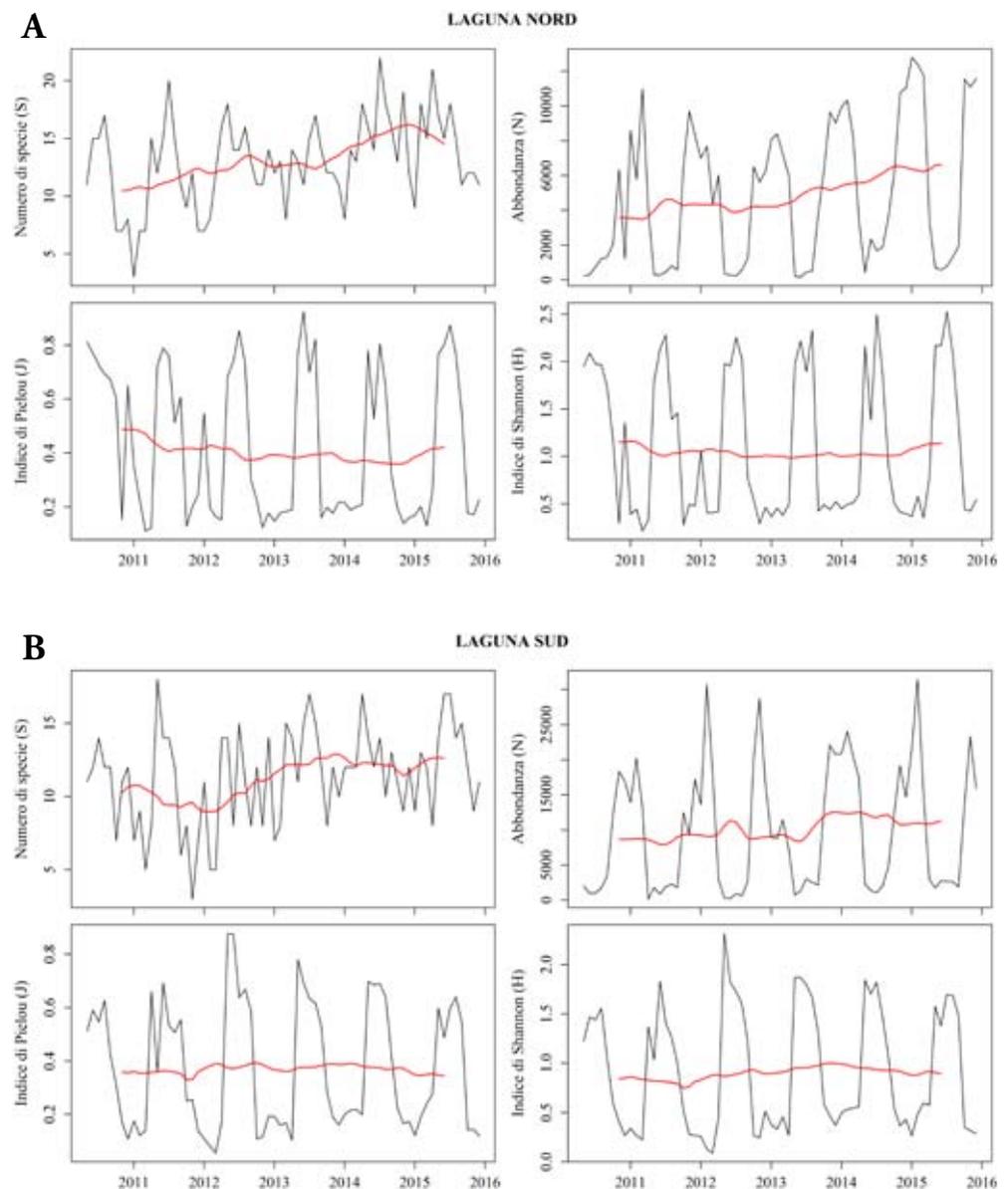
Al Bacan di Sant'Erasmus sono state evidenziate delle variazioni temporali significative relativamente a tutti gli indici ecologici considerati (Friedman test, Ricchezza specifica:  $\chi^2_{10} = 25.673$ ,  $P = 0.004$ ;; Abbondanza totale:  $\chi^2_{10} = 20.808$ ,  $P = 0.022$ ; Indice di Pielou:  $\chi^2_{10} = 23.293$ ,  $P = 0.009$ ; Indice di Shannon:  $\chi^2_{10} = 22.444$ ,  $P = 0.013$ ). Per quanto riguarda l'indice di ricchezza specifica S è stato osservato un calo del numero di specie tra il 2008 e il 2012 con successiva ripresa fino al 2015. L'indice di abbondanza N mostra una netta contrazione nel 2007 cui segue un assestamento della numerosità su un plafond inferiore rispetto agli inizi del monitoraggio, mentre l'indice di Pielou e l'indice di Shannon aumentano visibilmente a partire dal 2008 ad indicare una maggiore uniformità ed una crescita della complessità della comunità ornitica (figura 5).



5. Andamento e media mobile degli indici ecologici descrittivi della comunità ornitica rilevata al Bacan di Sant'Erasmus tra aprile 2005 e dicembre 2015.

### Area vasta lagunare

L'analisi dell'andamento degli indici ecologici nei due bacini lagunari nord e sud ha evidenziato delle variazioni temporali significative dell'indice di ricchezza specifica  $S$  in entrambi i casi (ANOVA test, Laguna Nord:  $F_{1,66}=8.938$ ,  $P=0.003$ ; Laguna Sud:  $F_{1,66}=5.457$ ,  $P=0.022$ ), con un evidente trend positivo tra il 2010 e il 2015. Si osserva inoltre un considerevole aumento dei contingenti; ciò nonostante, le variazioni temporali dell'indice di abbondanza risultano statisticamente significative nel solo bacino settentrionale (Friedman test,  $\chi^2_5=20.571$ ,  $P=0.0009$ ). In nessun caso, l'indice di equiripartizione  $J$  ha evidenziato delle variazioni significative negli anni, quanto piuttosto delle oscillazioni entro un range abbastanza ristretto. L'indice di Shannon  $H$  invece ha mostrato delle differenze temporali significative nel bacino meridionale (Friedman test,  $\chi^2_5=12.571$ ,  $P=0.027$ ), evidenziando un trend in aumento. Ciò indica come la laguna sud tenda ad essere caratterizzata da una comunità ornitica equiripartita e sufficientemente complessa. Il trend dell'indice di Shannon in laguna nord risulta invece stabile indicando come, in quest'area, le specie siano variate nel tempo nella stessa misura (figura 6).



6. Andamento e media mobile degli indici ecologici descrittivi delle comunità ornitiche (uccelli acquatici) rilevate nel bacino lagunare settentrionale (A) e meridionale (B) tra maggio 2010 e dicembre 2015.

## Valutazioni conservazionistiche

Circa il 90% delle specie contattate nei siti costieri è risultato “A Minor Preoccupazione” (LC), il 3% “Quasi Minacciato” (NT) e il 6% minacciato, in quanto appartenente alla categoria “Vulnerabile” (VU) e, nel caso di una sola specie, alla categoria “In pericolo” (EN), rappresentata dal voltapietre, *Arenaria interpres*, osservato a Ca’ Roman nel mese di agosto 2015. Per quanto concerne le specie incluse nell’allegato I della Direttiva Uccelli, nel corso del monitoraggio sono state rilevate 20 specie a Punta Sabbioni e Ca’ Roman e 14 specie ad Alberoni che rappresentano rispettivamente il 15%, 17% e 12% del totale. Nei siti costieri minori sono state invece rilevate 9 specie a San Nicolò, 11 specie a Santa Maria del Mare e 6 a San Felice costituenti rispettivamente il 9,5%, 11,6% e 8,7 dell’intera comunità (tabella 1).

Più rilevante sotto il profilo conservazionistico risulta il Bacan di Sant’Erasmus in cui il 20% delle specie contattate (60) è risultato minacciato (con l’1,6% “In Pericolo critico” (CR), il 5% EN e il 13% VU), il 7% NT ed il restante 73% LC. Inoltre, il 33,3% (20 specie) delle specie registrate in quest’area sono incluse nell’Allegato I della Direttiva Uccelli (tabella 1). La presenza di un numero così elevato di specie di interesse conservazionistico in un’area di estensione limitata come quella del Bacan di Sant’Erasmus (pari a 406 Ha) rende questo sito di particolare importanza e la salvaguardia del suo habitat indispensabile per la tutela e la conservazione di tali specie.

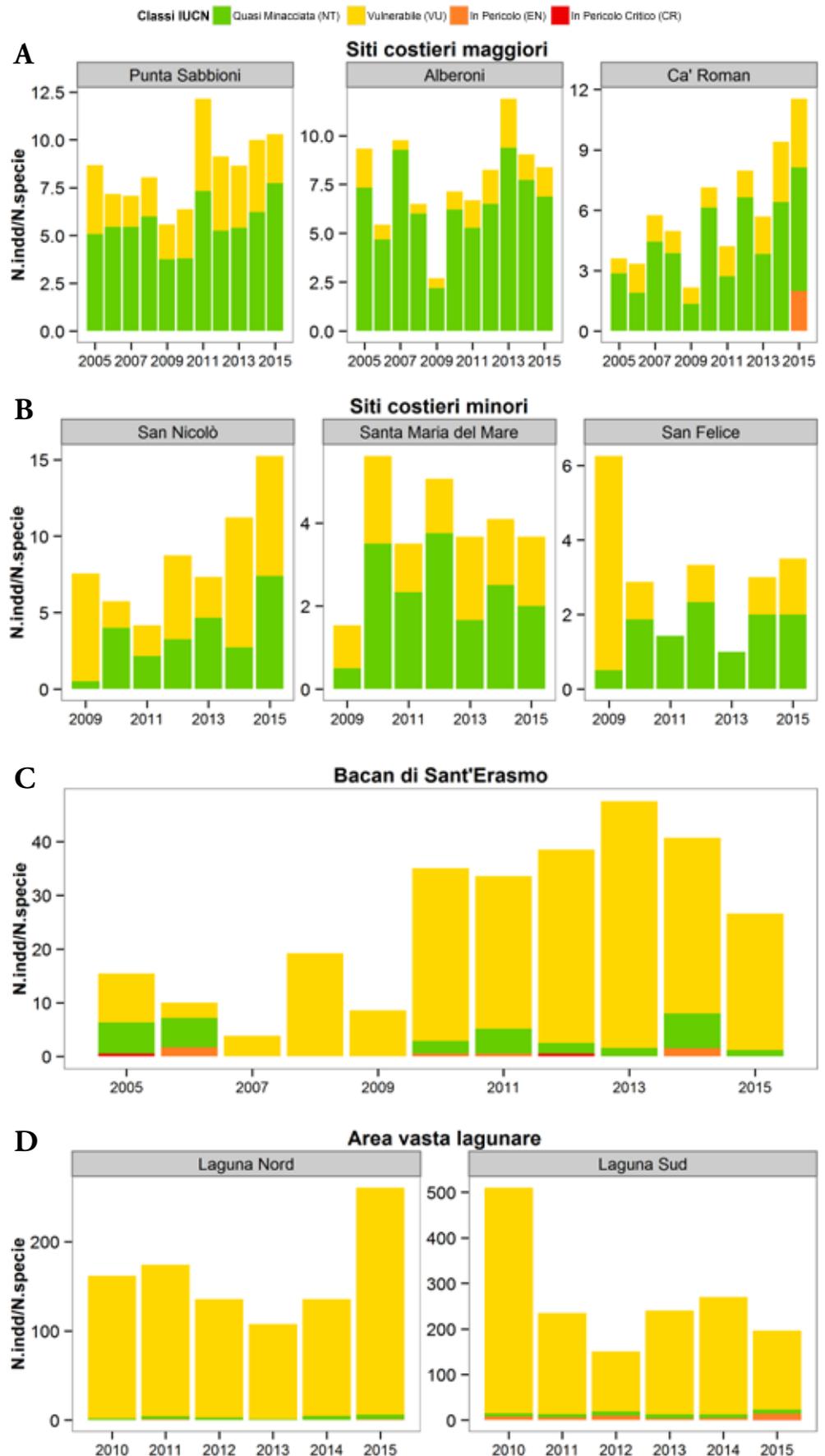
Una situazione analoga è stata riscontrata in laguna di Venezia, con il 19% delle specie rilevate (58 specie) in stato di minaccia, di cui il 2% circa CR, il 5% EN e il 12% VU. L’8,6% delle specie è risultato NT e il 72,4% LC. Inoltre, anche in questo caso, è stata rilevata la presenza di 19 specie (costituenti il 32,7% dell’intera comunità) incluse nell’allegato I della Direttiva Uccelli (tabella 1).

L’andamento dell’indice N/S calcolato per la categoria NT è risultato positivo in tutti i siti costieri monitorati evidenziando un aumento della numerosità di individui appartenenti a tale categoria a parità di numero di specie. Relativamente alla categoria VU, l’andamento è positivo in tutti i casi ad eccezione di San Felice, in cui è stato registrato un trend negativo ad indicare una contrazione del numero di individui appartenenti a tale classe, e di Santa Maria del Mare che mostra un trend stabile, indicando come il rapporto tra numerosità e numero di specie non sia variato negli anni. La classe di minaccia CR è esclusa da tale descrizione in quanto nel corso del monitoraggio è stata rilevata una sola specie appartenente a tale categoria nel sito di Ca’ Roman (figura 7A e B).

Al Bacan di Sant’ Erasmus è stato rilevato un trend negativo dell’indice N/S per quanto concerne la categoria NT, indicando una riduzione della numerosità a parità di numero

	N totale specie	Categorie IUCN					% Specie minacciate	%NT	% LC	Direttiva Uccelli Allegato I	
		CR	EN	VU	NT	LC				N specie	% specie sul totale
Punta Sabbioni	135			9	4	122	6,67	2,96	90,37	20	14,81
Alberoni	118			6	4	108	5,08	3,39	91,53	14	11,86
Ca’ Roman	119		1	9	4	105	8,40	3,36	88,24	20	16,81
San Nicolò	95			5	3	87	5,26	3,16	91,58	9	9,47
Santa Maria del Mare	95			8	3	84	8,42	3,16	88,42	11	11,58
San Felice	69			3	2	64	4,35	2,90	92,75	6	8,70
Bacan di Sant’Erasmus	60	1	3	8	4	44	20,00	6,67	73,33	20	33,33
Area vasta lagunare	58	1	3	7	5	42	18,97	8,62	72,41	19	32,76

Tabella 1. Totale delle specie rilevate, percentuale di specie minacciate secondo la Lista rossa europea degli uccelli (EU 27 Red List Category) e di specie incluse nella Direttiva Uccelli (2009/147/CE) per ciascun sito monitorato.

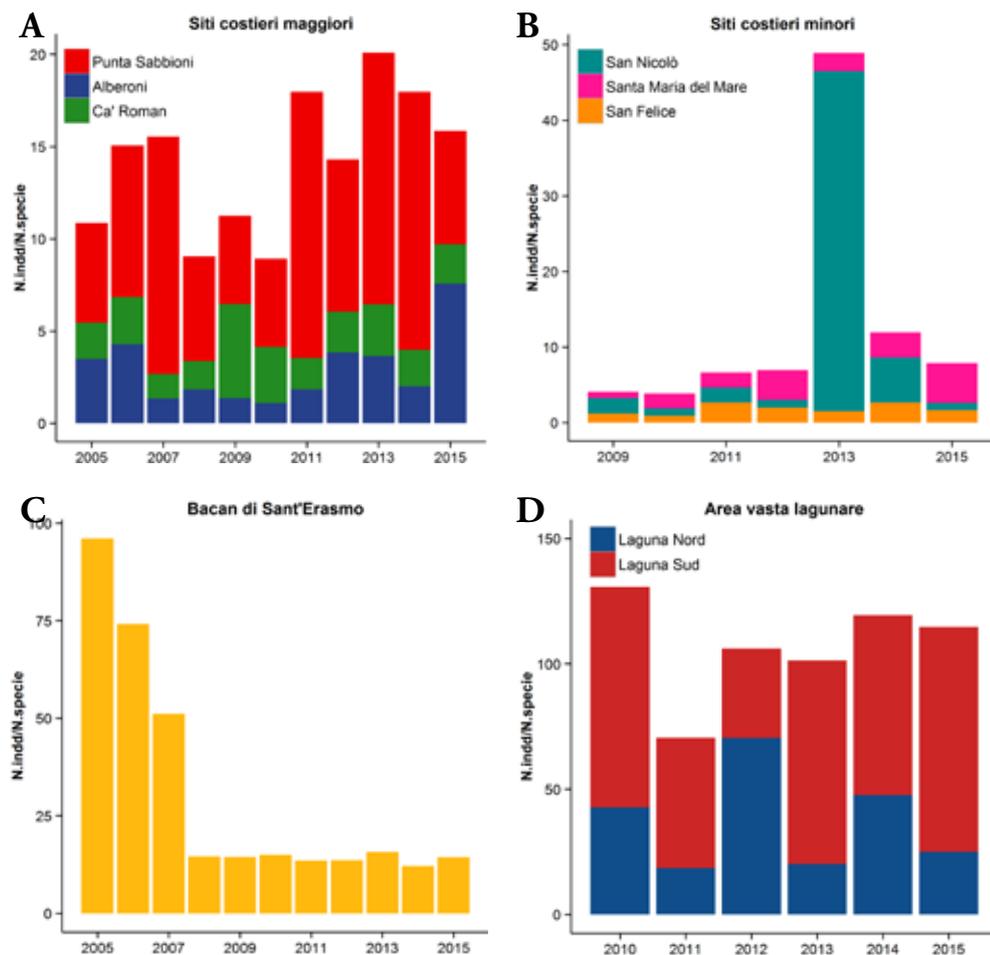


7. Media annuale del rapporto tra numero di individui e numero di specie (Indice N/S) calcolato per le specie incluse nelle categorie di minaccia IUCN rilevate nei siti costieri maggiori tra il 2005 e il 2015 (A), nei siti costieri minori nel periodo 2009-2015 (B), al Bacan di Sant'Erasmo nel periodo 2005-2015 (C) e nei due bacini lagunari nord e sud tra il 2010 e il 2015 (D).

di specie. Per la classe VU si osserva invece un sostanziale aumento dell'indice a partire dal 2010 evidenziando un aumento del numero di individui appartenenti a tale categoria (a tale innalzamento dell'indice contribuisce in maniera sostanziale l'aumento dei contingenti di chiurlo maggiore, *Numenius arquata*, registrato nell'area negli ultimi sei anni di monitoraggio). Le altre due classi di minaccia (EN e CR) sono state rilevate solo sporadicamente nel sito e non è quindi possibile descriverne l'andamento (figura 7C).

In laguna nord è stato rilevato un trend positivo dell'indice N/S relativamente alle classi NT e VU evidenziando un aumento dei contingenti appartenenti a tali categorie a parità di numero di specie. Sporadici gli avvistamenti di specie appartenenti alla classe EN. Per quanto concerne la laguna sud l'andamento dell'indice per la categoria NT è risultato pressoché stabile ad indicare come numerosità e numero di specie siano variate negli anni in maniera proporzionale. Si rileva poi un trend negativo per la classe VU, segno di un sensibile aumento del numero di specie appartenenti a tale classe, mentre nel caso della classe EN, il trend è positivo ad indicare un aumento della numerosità a parità di numero di specie. La categoria di minaccia CR è esclusa da tale descrizione in quanto nel corso del monitoraggio è stata rilevata un'unica specie appartenente a tale classe nel solo bacino meridionale (figura 7D).

L'indice N/S calcolato per le specie incluse nell'allegato I della Direttiva Uccelli rilevate nei siti costieri maggiori nel corso del monitoraggio ha mostrato un andamento positivo nel caso di Punta Sabbioni e Alberoni indicando un impoverimento del numero di specie prioritarie ed un parallelo aumento della numerosità di individui per specie. A Ca' Roman invece l'andamento dell'indice è risultato stabile, indicando come numerosità e



8. Media annuale del rapporto tra numero di individui e numero di specie (Indice N/S) calcolato per le specie incluse in Allegato I della Direttiva Uccelli rilevate nei siti costieri maggiori tra il 2005 e il 2015 (A), nei siti costieri minori nel periodo 2009-2015 (B), al Bacan di Sant'Erasmus nel periodo 2005-2015 (C) e nei due bacini lagunari nord e sud tra il 2010 e il 2015 (D).

numero di specie siano variati in maniera proporzionale negli anni (entrambi gli indici N ed S hanno subito un leggero calo nel corso del monitoraggio) (figura 8A).

Nei siti costieri minori, si osserva un trend positivo dell'indice N/S in tutti i casi. Tuttavia, mentre a San Nicolò e Santa Maria del Mare tale aumento è determinato da una crescita della numerosità di individui a parità di numero di specie, a San Felice si rileva una considerevole riduzione del numero di specie prioritarie. Ciò che fa innalzare sensibilmente l'indice a San Nicolò è il rilevamento di un cospicuo numero di gabbiani corallini, *Larus melanocephalus*, (N=85) nel mese di aprile 2013 (figura 8B).

Diversa la situazione rilevata al Bacan di Sant'Erasmus, in cui si osserva un trend negativo dell'indice, con una netta contrazione tra il 2007 e il 2008. Tale andamento è causato da una riduzione della numerosità degli uccelli mentre il numero di specie incluse in Allegato I è rimasto pressoché invariato negli anni. Ciò indica una tendenza alla equidistribuzione degli individui fra le varie specie (figura 8C).

Per quanto concerne l'area vasta lagunare, nel bacino settentrionale l'andamento dell'indice N/S risulta in leggero calo indicando un aumento del numero di specie prioritarie ed una maggiore equidistribuzione degli individui fra di esse. In laguna sud invece, fatto salvo per la contrazione registrata nel 2011 e 2012 causata da una riduzione del numero di individui rilevati, l'andamento risulta tendenzialmente stabile ad indicare un equilibrio nel rapporto tra numerosità e numero di specie di interesse conservazionistico (gli indici N ed S sono variati in maniera proporzionale negli anni) (figura 8D).

### **Caratterizzazione trofica delle comunità costiere**

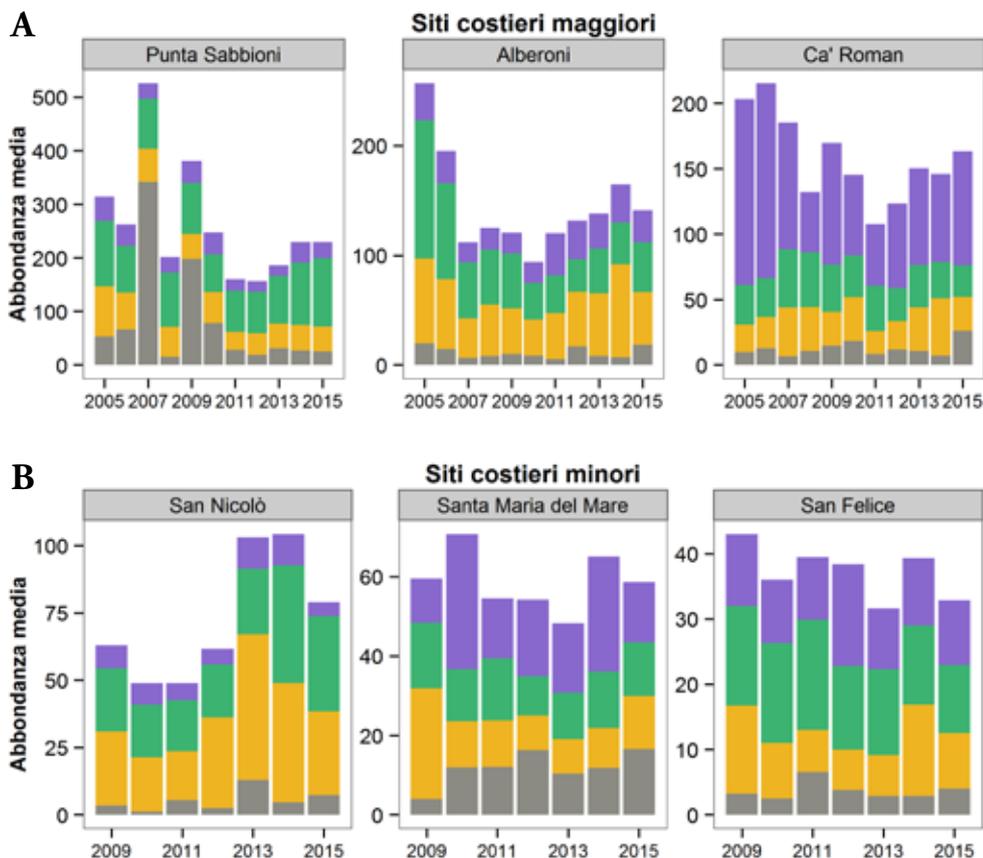
La caratterizzazione trofica delle comunità costiere ha evidenziato a Punta Sabbioni una prevalenza di specie predatrici insettivore e carnivore, costituenti rispettivamente il 37% e il 31% della comunità ornitica. Il sito degli Alberoni è risultato caratterizzato dai gruppi insettivori e granivori per il 73%, mentre a Ca' Roman prevalgono le specie onnivore per il 53%. Nel caso dei siti minori, si rileva a San Nicolò una predominanza di specie insettivore e granivore, pari al 76% della comunità; a Santa Maria del Mare una leggera prevalenza di specie onnivore (33%), mentre i restanti gruppi risultano equamente ripartiti. A San Felice infine si osserva una dominanza delle specie insettivore (37%) e onnivore (30%) (tabella 2).

Osservando l'andamento delle singole classi trofiche si rileva a Punta Sabbioni un calo delle specie carnivore tra il 2009 e il 2010 ed una stabilizzazione su un plafond inferiore rispetto ai primi anni di monitoraggio tra il 2011 e il 2015. Diminuiscono anche le specie granivore e onnivore mentre le specie insettivore mostrano un trend stabile negli anni. Diversa la situazione nel sito di Alberoni in cui si rileva un trend pressoché stabile delle classi dei carnivori, granivori e onnivori (nel caso dei granivori si nota una contrazione nel periodo centrale del monitoraggio, tra il 2007 e il 2010 ed una successiva ripresa negli ultimi cinque anni fino a toccare valori simili a quelli registrati nei primi anni di studio), mentre gli insettivori evidenziano uno spiccato trend negativo. Nel caso di Ca' Roman invece si osserva una lieve crescita del gruppo dei carnivori, un andamento

Tabella 2. Percentuale di presenza delle singole classi trofiche rilevate nei siti costieri maggiori e minori.

	<b>Percentuale di presenza dei gruppi (%)</b>			
	<b>Carnivori</b>	<b>Granivori</b>	<b>Insettivori</b>	<b>Onnivori</b>
<b>Punta Sabbioni</b>	30,92	20,48	36,57	12,03
<b>Alberoni</b>	7,58	36,62	36,23	19,57
<b>Ca' Roman</b>	7,89	18,48	20,82	52,81
<b>San Nicolò</b>	9,91	37,71	37,72	14,66
<b>Santa Maria del Mare</b>	21,56	20,82	24,15	33,48
<b>San Felice</b>	8,92	24,31	37,06	29,71

Categorie trofiche ■ carnivora ■ granivora ■ insettivora ■ onnivora



9. Classificazione delle specie per categoria trofica. Abbondanza media annuale dei gruppi trofici rilevati nei siti costieri maggiori nel periodo 2005-2015 (A) e nei siti costieri minori nel periodo 2009-2015 (B).

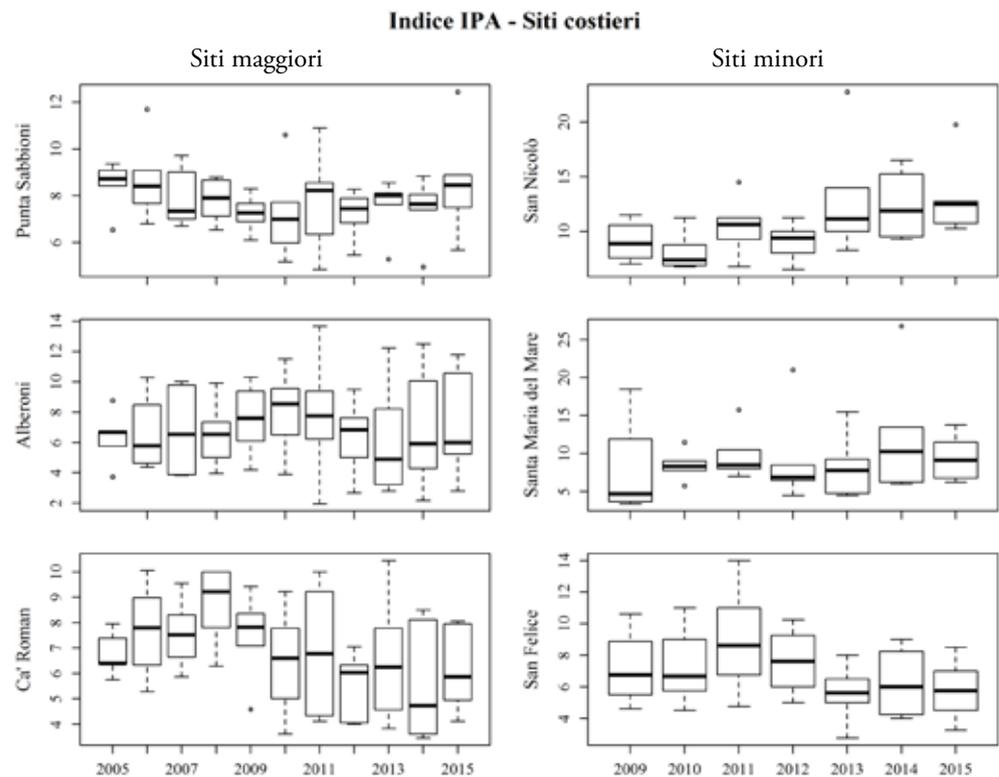
pressoché stabile di granivori e insettivori mentre gli onnivori diminuiscono in maniera sostanziale (figura 9A).

Relativamente ai siti minori, a San Nicolò si osserva un trend positivo di tutte le classi trofiche, specialmente di quella insettivora e granivora, ad eccezione del gruppo degli onnivori che mostra un leggero calo. A Santa Maria del Mare aumentano le specie carnivore e onnivore, gli insettivori mostrano un andamento stabile negli anni, mentre la classe dei granivori evidenzia un drastico calo nel 2010 cui tuttavia segue una stabilizzazione delle presenze negli anni successivi. A San Felice infine si rileva un trend negativo degli insettivori mentre le classi trofiche restanti risultano stabili (figura 9B).

### Andamento dell'Indice Puntiforme di Abbondanza IPA (periodo riproduttivo) nei siti costieri

Il grafico in figura 10 mostra l'andamento dell'indice IPA calcolato per i siti costieri maggiori e minori. A Punta Sabbioni si osserva un trend negativo dell'indice fino al 2010 ed una successiva ripresa a partire dal 2011, ad Alberoni un trend positivo fino al 2010 con un successivo calo sino al 2013 ed un lieve aumento negli ultimi due anni di monitoraggio, mentre a Ca' Roman uno spiccato trend positivo fino al 2008 cui ne segue uno negativo sino al 2015. Per quanto concerne i siti costieri minori invece il trend dell'indice IPA risulta positivo a San Nicolò e Santa Maria del Mare, mentre è negativo a San Felice a partire dal 2012 ad indicare una graduale diminuzione della popolazione nidificante in quest'area negli ultimi anni di monitoraggio.

10. Boxplot dell'indice IPA nei sei siti costieri. L'indice si riferisce al solo periodo riproduttivo marzo-agosto ed è stato calcolato per il periodo 2005-2015 nei siti maggiori (a sinistra) e per il periodo 2009-2015 nei siti minori (a destra).

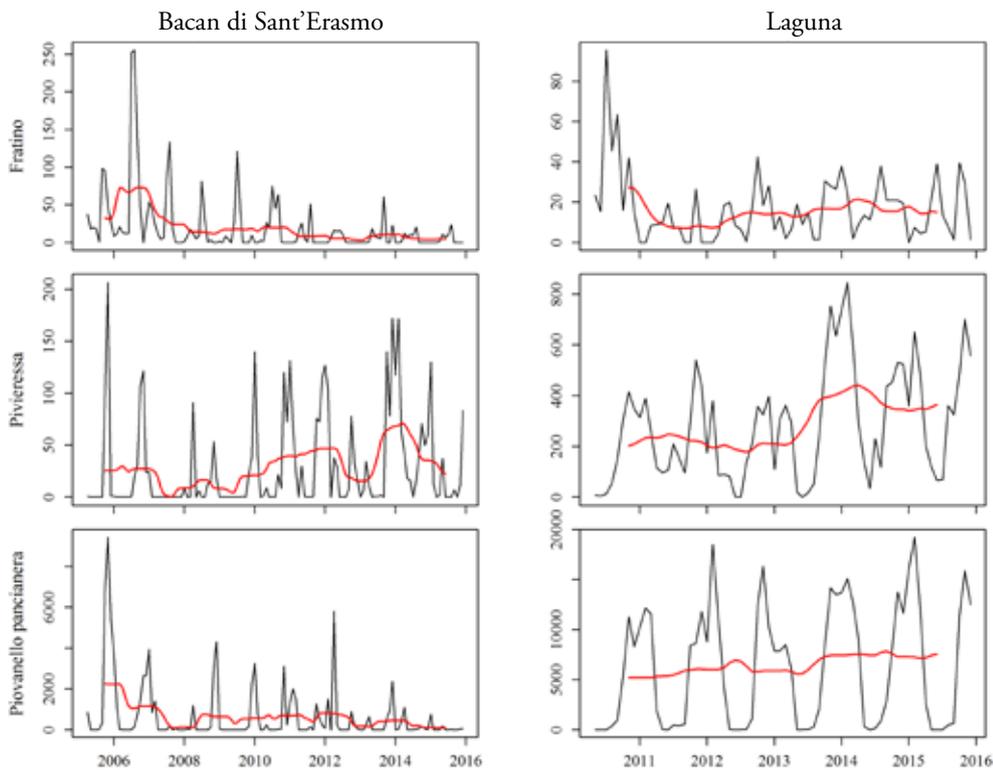


### **Andamento delle specie target al Bacan di Sant'Erasmo e in area vasta lagunare**

L'analisi dell'andamento della abbondanza delle tre specie target al Bacan di Sant'Erasmo ha evidenziato un trend negativo di piovanello pancianera e di fratino ed uno positivo nel caso di pavieressa. Ciò nonostante, le variazioni temporali dell'indice sono risultate statisticamente significative nel solo caso di fratino e pavieressa (Friedman test, fratino:  $\chi^2_{10}=32.137$ ,  $P=0.0003$ ; pavieressa:  $\chi^2_{10}=33.153$ ,  $P=0.0002$ , in entrambi i casi  $P<0.05$ ), indicando come tali specie abbiano subito dei cambiamenti sostanziali nel numero di effettivi registrati in quest'area nel corso del monitoraggio. Nel caso di piovanello pancianera invece le variazioni dell'indice sono risultate non significative (Friedman test,  $\chi^2_{10}=14.707$ ,  $P=0.143$ ). Si rileva infatti una contrazione nel 2007 cui segue una stabilizzazione delle abbondanze su un plafond inferiore rispetto a quelle rilevate nei primi anni di monitoraggio, verso cui i dati non mostrano alcun segno di riavvicinamento (figura 11). Il declino e successivo assestamento osservato in questo sito è stato causato da una massiva traslocazione dei contingenti di piovanello pancianera dall'arenile del Bacan verso altre aree del complesso lagunare, prima fra tutte la lunata della bocca di porto di Lido, regolarmente utilizzata dalla specie come posatoio di alta marea dall'ottobre 2011 (figura 12).

L'andamento delle specie target in area vasta lagunare è risultato differente da quello rilevato al Bacan di Sant'Erasmo per quanto concerne il piovanello pancianera. In laguna infatti la popolazione di tale specie risulta in crescita, raggiungendo nel mese di febbraio 2015 una numerosità media per bacino lagunare di 19.235 individui, picco massimo finora registrato. Il fratino ha evidenziato un calo nel 2011 cui segue una leggera ripresa ed un assestamento a partire dal 2013, mentre la pavieressa presenta un trend positivo anche in area vasta (figura 11).

Infine, è stata rilevata una correlazione statisticamente significativa tra i dati di moni-



11. Andamento e media mobile della abbondanza media mensile di fratino, *Charadrius alexandrinus*, pivieressa, *Pluvialis squatarola* e piovanello pancianera, *Calidris alpina*, registrata al Bacan di Sant'Erasmus tra aprile 2005 e dicembre 2015 (a sinistra) e in area vasta lagunare tra maggio 2010 e dicembre 2015 (a destra).

toraggio e i dati IWC relativamente alla presenza di limicoli e sterne svernanti in laguna (Pearson test,  $P=0.008$ ,  $r=0.845$ ) (figura 13). Entrambi i rilevamenti hanno infatti evidenziato un trend positivo delle comunità ornitiche lagunari (cfr. figura 14 e figura 6). Tale risultato evidenzia la generale situazione di positività che si rileva all'interno del complesso lagunare.

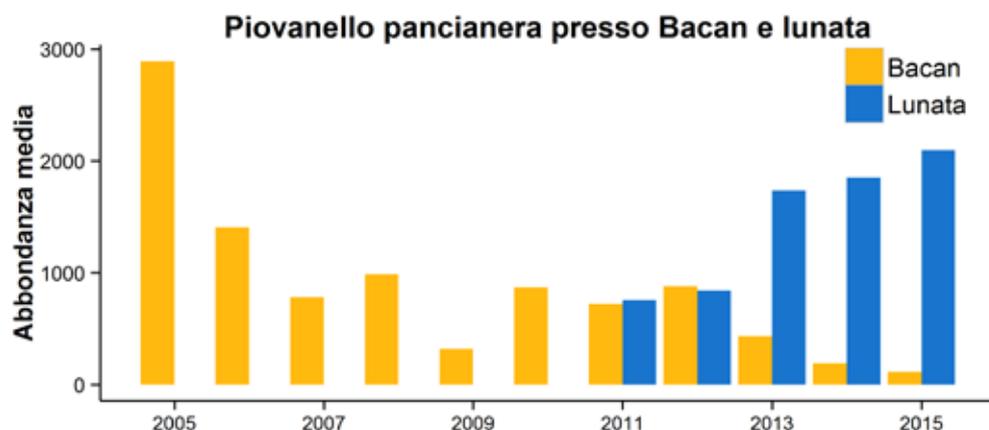
## Discussione

I risultati ottenuti hanno permesso di tracciare l'andamento delle comunità ornitiche lagunari in un periodo di elevato impatto antropico, caratterizzato da una diffusa e persistente presenza umana, associata a lavorazioni rumorose spesso al di sopra di 60 dB(A), dunque perturbative per l'avifauna. L'evoluzione temporale delle comunità, puntualmente seguita durante tutte le fasi del ciclo biologico dell'avifauna, ha mostrato tuttavia andamenti disomogenei con effetti differenti nei vari siti monitorati.

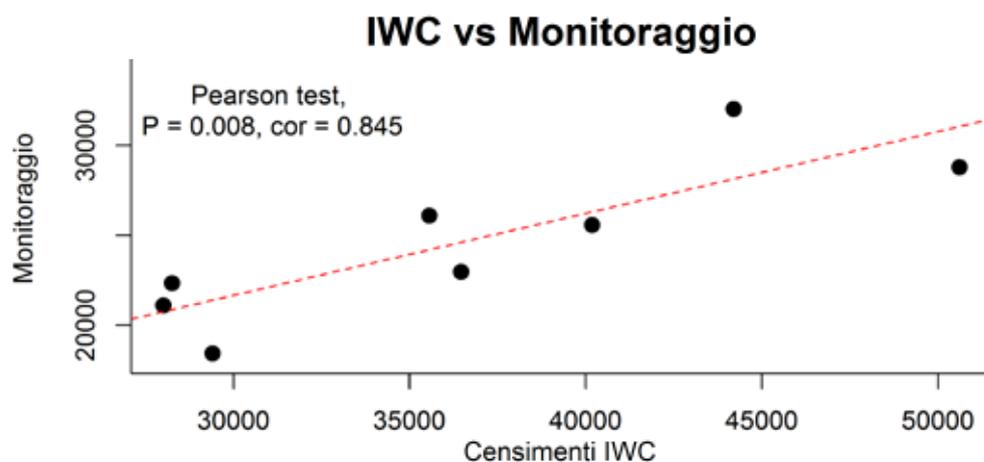
Nei siti costieri maggiori, monitorati sin dal 2005 (Punta Sabbioni, Alberoni e Ca' Roman), è stata osservata una generale riduzione del numero di specie nell'anno 2010 (figura 3). In seguito, a partire dal 2011, è stato evidenziato, a Punta Sabbioni e Ca' Roman, un aumento della equidistribuzione delle specie che indica la tendenza verso un ecosistema più stabile e maturo. Ad Alberoni, invece, è seguito un incremento della numerosità ed un drastico calo sia dell'equitabilità ( $J'$ ) sia della diversità del popolamento ( $H$ ) ad indicare una comunità sottoposta ad un forte stress, caratterizzata da un basso numero di specie e con una forte gerarchia di abbondanza (ovvero la maggior parte delle specie sono fortemente dominanti e poche altre sono scarsamente rappresentate).

I risultati del monitoraggio hanno evidenziato come, anche nei siti costieri minori di San Nicolò, Santa Maria del Mare e San Felice si sia verificata, nel 2010, una contrazione del numero di specie (figura 4). A San Felice, in particolare, si osserva, dal 2009

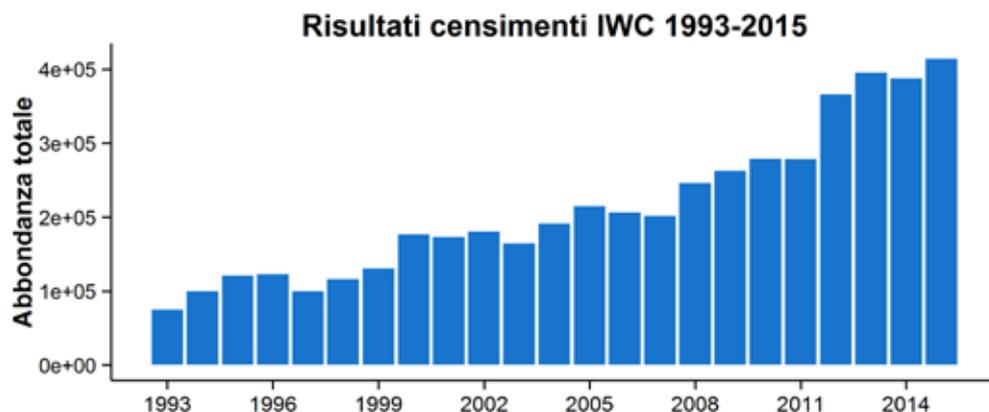
12. Abbondanza media di piovanello pancianera, *Calidris alpina*, registrata al Bacan di Sant'Erasmus e presso la lunata della bocca di porto di Lido. Si nota uno spostamento degli individui verso la lunata a partire dal 2011.



13. Correlazione esistente tra i dati rilevati nell'ambito del Piano di Monitoraggio e dei censimenti IWC nel periodo di svernamento 2008-2015.



14. Abbondanza di uccelli acquatici svernanti in laguna di Venezia tra il 1993 e il 2015 (da Basso e Bon, 2015 e precedenti).



al 2015, un andamento negativo sia dell'indice di ricchezza specifica  $S$  sia dell'indice di diversità  $H$  a conferma che l'ecosistema è caratterizzato da un basso grado di biodiversità, con poche specie dominanti ed altre scarsamente rappresentate; potrebbe trattarsi di un ecosistema giovane o di un ecosistema sottoposto ad una condizione di stress. A San Nicolò invece l'indice di diversità del popolamento  $H$  aumenta, evidenziando una progressiva maggior complessità del popolamento ornitico. Presso il Bacan di Sant'Erasmus la numerosità è diminuita nettamente nel 2007 e successivamente l'indice di abbondanza si è stabilizzato su valori inferiori rispetto ai primi anni di monitoraggio. A ciò si contrappone tuttavia un aumento dell'uniformità e della diversità  $H$  del popolamento a partire dal 2008 ad indicare una crescita della comples-

sità della comunità ornitica, confermata dall'aumento del numero di specie a partire dal 2012 (figura 5). Dall'insieme delle informazioni raccolte si può ipotizzare che il Bacan di Sant'Erasmus stia evolvendo verso un ecosistema più maturo in cui la frequenza delle specie è ben distribuita, contrariamente a quanto rilevato nei primi anni di monitoraggio in cui la comunità era dominata da poche specie come, ad esempio, il piovanello pancianera.

È dunque possibile affermare che le comunità ornitiche dei siti costieri e del Bacan di Sant'Erasmus siano state influenzate dalle lavorazioni per la costruzione del MOSE, come è del resto deducibile dal calo del numero di specie osservato, rispettivamente, nel 2010 e nel 2007. Tali contrazioni dei parametri ecologici descrittivi delle comunità ornitiche sono imputabili alla rumorosità dei cantieri, in particolare a quelle attività con emissioni rumorose superiori ai 70 dB(A), come la battitura pali o le opere di trivellazione; attività queste che sono state concentrate nei primi anni di monitoraggio, periodo concomitante con i maggiori cambiamenti registrati nello stato delle comunità ornitiche. Tale tesi è sostenuta dal recente Studio B.6.72 B/11, in cui è stata verificata, per i siti costieri di Alberoni e Ca' Roman, l'esistenza di una correlazione significativamente negativa tra livello di rumore in dB(A) e indici ecologici di presenza ornitica.

Pur sottolineando tali negative interferenze, negli ultimi anni si sta assistendo, in tutti i siti monitorati, ad una ripresa o ad una stabilizzazione dei parametri descrittivi delle comunità ornitiche, riavvicinandosi a quanto ci si possa attendere dalla specificità dei siti oggetto di studio. È noto infatti che gli uccelli possono differenzialmente controbattere condizioni di stress e di disturbo (Rheindt, 2003; Walker *et al.*, 2006; Gill, 2007) tornando rapidamente alle loro normali attività e pattern comportamentali (Rees *et al.*, 2005; Baudains e Lloyd, 2007). I siti monitorati non hanno evidentemente perso la loro attrattività nei confronti dell'avifauna che in essi trova ancora habitat almeno parzialmente idonei per la sosta, l'alimentazione e la nidificazione.

Risultati del tutto positivi si sono al contrario ottenuti monitorando le comunità dell'area vasta lagunare, allorché ci si allontani dai siti di cantiere. Sia nel bacino settentrionale sia in quello meridionale si è registrato, tra il 2010 e il 2015, un forte incremento della ricchezza specifica e della numerosità di individui, indicando un ambiente complesso, caratterizzato da diverse tipologie di habitat (laguna viva, velme, barene naturali e artificiali), in grado di ospitare un numero sempre più elevato di specie e di individui (figura 6). Tale risultato coincide con quanto riportato in letteratura (Bon *et al.*, 2014) che evidenzia un trend positivo degli uccelli nidificanti e svernanti in provincia di Venezia, annoverando attualmente la presenza di 186 specie svernanti e di 140 specie nidificanti, valori nettamente superiori a quanto riportato negli atlanti provinciali precedenti (Stival, 1996; Bon *et al.*, 2000).

L'importanza dei siti monitorati è altresì sottolineata dalla presenza di specie di interesse conservazionistico e con un diverso grado di minaccia, che risultano in numero particolarmente elevato al Bacan di Sant'Erasmus e in laguna aperta (tabella 1). I nostri risultati consentono una valutazione complessivamente positiva riguardo alle specie incluse nelle categorie di minaccia IUCN evidenziando, nella maggior parte dei casi, un aumento della numerosità delle categorie a parità di numero di specie contattate. Fanno eccezione San Felice e la laguna sud, in cui è stato rilevato un trend negativo della classe "Vulnerabile" causato da un lato da una riduzione dei contingenti a parità di numero di specie, dall'altro da un sensibile aumento del numero di specie appartenenti a tale classe. Egualmente, al Bacan di Sant'Erasmus si è osservata una riduzione della numerosità della classe "Quasi Minacciata" a parità di numero di specie (figura 7).

La situazione si discosta da quella sopra descritta per quanto concerne le specie incluse nell'Allegato I della Direttiva Uccelli: queste diminuiscono nei siti costieri maggiori, aumentano in numerosità, a parità di numero di specie, nei siti minori (ad eccezione di

San Felice dove si osserva una contrazione del numero di specie prioritarie nel corso del monitoraggio) e tendono all'equidistribuzione degli individui al Bacan di Sant'Erasmus e in laguna aperta. Tale tendenza è causata dalla riduzione del numero di individui a parità di numero di specie al Bacan, mentre in laguna da un aumento del numero di specie prioritarie (figura 8).

I risultati ottenuti dimostrano uno sfruttamento, continuativo negli anni, dei siti monitorati da parte delle specie minacciate e prioritarie ed evidenziano la necessità di adottare tutte le misure di conservazione opportune per tutelare tali specie come, ad esempio, una corretta gestione degli habitat, la protezione dei nidi per le specie nidificanti a terra o la limitazione e delocalizzazione del disturbo antropico nel periodo riproduttivo, come la presenza di bagnanti, le attività nautico-sportive, il transito di motoveicoli e di cani sciolti sui litorali o l'abbandono incontrollato di rifiuti, specialmente nel periodo riproduttivo.

In relazione alla caratterizzazione trofica delle comunità ornitiche, i siti costieri monitorati sono risultati caratterizzati dalla presenza preponderante di specie insettivore e granivore, maggiormente specializzate dal punto di vista alimentare e ecologico (tabella 2 e figura 9). Soltanto a Ca' Roman è stata registrata una prevalenza di specie onnivore. È stata evidenziata una netta contrazione delle specie insettivore ad Alberoni e a San Felice, probabile indice di una alterazione strutturale dell'habitat boschivo cui tali specie sono strettamente legate. Al contrario, a San Nicolò e a Ca' Roman è emersa una riduzione delle specie generaliste, tipiche di ambienti marginali e antropizzati, di cui un esempio lampante è il gabbiano reale. Gli altri gruppi trofici mostrano una condizione di stabilità a Ca' Roman ed un andamento positivo a San Nicolò. Tale risultato consente una valutazione positiva per questi due siti, indicando uno stato di salute degli ambienti naturali in essi presenti ed un grado di disturbo trascurabile. È stato infatti dimostrato che le specie sensibili o specialiste (ovvero quelle legate ad habitat specifici) tendono ad essere rilevate in paesaggi meno frammentati e con un minor grado di disturbo antropico rispetto alle specie generaliste (Devictor *et al.*, 2008). A Punta Sabbioni invece si osserva un calo delle specie carnivore, come sterne e limicoli, portando a pensare ad uno stato di sofferenza della fascia litoranea, probabilmente in parte causata dalla balneazione e dallo sfruttamento turistico del sito durante il periodo estivo che ne provoca sia il degrado che una riduzione di superficie utile per gli uccelli.

Le popolazioni nidificanti nei siti costieri hanno delineato una tendenza alla diminuzione negli ultimi anni di monitoraggio ad Alberoni, Ca' Roman e San Felice (figura 10). Tali risultati concordano con quanto riportato in letteratura, in cui si evidenzia nell'ultimo decennio un drastico calo di alcune specie nidificanti lungo i litorali del Comune di Venezia, quali fratino e fraticello; quest'ultima specie non è più stata osservata come ni-

15. Esemplare di fratino, *Charadrius alexandrinus*. La specie risulta in forte calo nel nostro Paese tanto da essere classificata come "In Pericolo" (EN) nella Lista Rossa nazionale. In laguna di Venezia si sta assistendo, nell'ultimo ventennio, ad un crollo delle coppie nidificanti nei litorali e ad un parallelo aumento di quelle insediate sulle barene lagunari (Foto di M. Basso).



dificante nei siti di indagine negli ultimi anni (Scarton *et al.*, 2001; Scarton *et al.*, 2007). Il declino di tali specie nei siti monitorati è probabilmente da imputarsi alla elevata pressione antropica cui sono soggetti i litorali, in particolar modo nel periodo estivo, oltre al degrado degli habitat cui esse sono legate per la nidificazione. Migliore la situazione negli altri tre siti (Punta Sabbioni, San Nicolò e Santa Maria del Mare) in cui è stato rilevato un andamento positivo dell'indice IPA a partire dal 2010 (figura 10). Questo risultato è di particolare importanza in quanto indica che tali aree soddisfano i bisogni delle specie, note per essere particolarmente esigenti nel periodo riproduttivo (presenza di habitat idonei alla nidificazione, sufficienti risorse trofiche e ripari dai predatori).

Gli andamenti delle abbondanze delle specie target hanno evidenziato una differenza tra il Bacan di Sant'Erasmus e l'area vasta lagunare relativamente al piovanello pancianera: mentre al Bacan la specie diminuisce, in laguna aperta si ha un forte incremento della popolazione (figura 11). Tale risultato appare in linea con quanto riportato in bibliografia circa il continuo aumento di piovanelli pancianera svernanti in laguna di Venezia: si è passati dai 10.800 individui registrati nel gennaio 1993 ai 37.587 individui rilevati nel 2015 (Basso e Bon, 2015). Tale valore risulta nettamente superiore alla soglia dell'1% della relativa popolazione nazionale (criterio dell'1% della Convenzione di Ramsar), che si attesta sui 65-79.000 individui svernanti (Birdlife International, 2015), rendendo la laguna di Venezia il più importante sito di sverno per questa specie a livello nazionale. Dunque, il declino di piovanello pancianera registrato al Bacan di Sant'Erasmus risulta compensato da un aumento dei contingenti di tale specie nel complesso lagunare, indicando una ridislocazione delle presenze all'interno della laguna. Risultato questo messo in evidenza dal massivo spostamento della specie dall'arenile del Bacan, che fino alla metà degli anni Duemila costituiva il principale posatoio della specie (Bon *et al.*, 2014), verso la lunata della bocca di porto di Lido (figura 12). Ciò indica uno sfruttamento degli habitat artificiali di neoformazione presenti in laguna da parte delle specie ornitiche. Tale utilizzo è confermato dagli studi di alcuni Autori che hanno dimostrato una progressiva e crescente tendenza degli uccelli acquatici ad utilizzare le barene artificiali lagunari per l'alimentazione, la nidificazione e la sosta (Scarton e Valle, 1999; Scarton, 2005; Scarton *et al.*, 2009; Scarton, 2014). Ne è un esempio il fratino che, negli ultimi venti anni, ha progressivamente abbandonato i litorali veneziani come siti di nidificazione per insediarsi sulle barene naturali prima e su quelle artificiali successivamente (Scarton *et al.*, 2013b; Scarton, 2017, in questo volume). I nostri risultati tuttavia hanno evidenziato una tendenza alla diminuzione di questa specie sia al Bacan che in area vasta. La specie infatti è in declino in tutto il territorio nazionale avendo registrato negli ultimi 10 anni un calo del 50% dei nidificanti (Peronace *et al.*, 2012). Risulta in calo anche come svernante, passando dai 59 individui registrati in laguna di Venezia nel gennaio 1993 ai



16. Esempi di piovanello pancianera, *Calidris alpina*, posati su delle paline in laguna sud. La popolazione svernante di questa specie risulta in forte incremento in laguna di Venezia essendo più che triplicata in un ventennio circa (1993-2015) (Foto di M. Basso).

48 dell'inverno 2015 (Basso e Bon, 2015).

Diversa la situazione per pивierezza che mostra un generale aumento nel corso del monitoraggio, evidenziando un andamento prettamente stagionale con picchi di presenza nel periodo di migrazione post-riproduttiva e dello svernamento. La laguna di Venezia rappresenta il terzo sito italiano per entità del nucleo svernante di questa specie, dopo la laguna di Grado-Marano e Panzano e il parco del Delta del Po (Zenatello *et al.*, 2014), con una media di 1.256 individui svernanti nel gennaio 2011-2015 (Basso e Bon, 2015).

Infine, i dati del monitoraggio sono risultati correlati significativamente con i dati IWC (figura 13) indicando la validità dei metodi di campionamento impiegati ai fini del progetto e l'attendibilità dei risultati emersi dalle analisi.

I risultati esposti in questo lavoro vanno oltre la contingenza dei lavori alle bocche di porto e assumono un valore generale per l'intero comprensorio lagunare, in particolare per la corretta gestione dei siti di interesse comunitario in esso presenti. L'attività di monitoraggio condotta a partire dal 2005 ha consentito di acquisire una ingente mole di dati, permettendo di passare da una fase di conoscenza qualitativa e descrittiva delle comunità ornitiche presenti nei siti in esame (check-list e fenologia delle specie) ad una conoscenza quantitativa (incidenza numerica e trend di presenza delle specie). Tali informazioni si configurano come uno strumento di supporto decisionale utile per una corretta programmazione e gestione territoriale, in equilibrio tra necessità di salvaguardia ambientale e realizzazione di grandi opere.

## Conclusioni

Nelle comunità ornitiche proprie dei diversi siti monitorati è intervenuto un processo evolutivo, come testimoniato dalle variazioni dei parametri ecologici descrittivi delle comunità stesse.

Il periodo di osservazione decennale ha permesso di inquadrare bene i mutamenti intervenuti, facendoli ritenere non tanto delle variazioni casuali momentanee, bensì delle effettive tendenze a cui le comunità sono andate incontro nel tempo. Tali andamenti tuttavia non sono univoci e questa è una delle evidenze principali a cui il Monitoraggio ha portato; le analisi degli andamenti degli indici ecologici effettuate hanno infatti dimostrato chiaramente come alcune delle comunità monitorate sono andate incontro a fenomeni depauperativi, altre sono state interessate da un tangibile arricchimento in termini di numero di specie e di numerosità degli individui ed altre ancora risultano tendenzialmente stabili.

La eterogeneità delle fenomenologie riscontrate ammette una lettura complessa e proiettata sui vari cambiamenti intervenuti in laguna nel periodo qui considerato. Innegabilmente i lavori alle bocche di porto hanno mutato lo stato dei luoghi, per la perdurante presenza dei cantieri, per la occupazione fisica di aree considerevoli, ovvero per la creazione ex novo di elementi, quali infrastrutture portuali o barene artificiali per riutilizzare i sedimenti movimentati dai lavori alle bocche di porto stesse. Ciò ha creato disponibilità di siti di nidificazione o di riposo prima inesistenti, ben presto e massivamente sfruttati dalle specie acquatiche (Anseriformi e Caradriformi); nell'area vasta lagunare, infatti, le comunità ornitiche sono risultate in una condizione di espansione numerica generalizzata, salvo limitate eccezioni (Scarton, 2017, in questo volume). Ciò depone a favore della capacità portante della laguna, in grado di ospitare frazioni significative delle popolazioni svernanti e nidificanti delle specie acquatiche del Palearctico occidentale, alcune delle quali di particolare importanza conservazionistica.

Al contrario, le comunità degli ambienti costieri prospicienti le bocche di porto, domi-

nate in questo caso da Passeriformi, hanno subito modelli evolutivi differenti, in taluni casi negativi, con cambiamenti significativi dei parametri descrittivi del loro stato popolazionistico.

In un quadro così complesso di cambiamenti intervenuti, appare difficile trovare un fattore causale ad essi comune. La laguna veneta è un'area densamente antropizzata, ricca di infrastrutture e siti produttivi; soprattutto è, dal punto di vista ecologico, un'area tipicamente aperta, soggetta ad una elevata dinamicità e complessità dei flussi energetici, con spesso imprevedibili andamenti dei parametri ambientali. Delle comunità ornitiche lagunari fanno parte contingenti migratori di grande portata che determinano cambiamenti nella biodiversità di tali comunità lungo tutto il corso dell'anno. Portata, intensità, composizione specifica dei flussi migratori sono elementi del tutto indipendenti dallo stato lagunare, che potrà o meno accoglierli ma non certo determinarli.

Inoltre, l'individuazione dei fattori responsabili delle tendenze negative riscontrate in alcune delle comunità ornitiche monitorate risulta piuttosto difficile, dal momento che non sono disponibili dei dati di controllo, puntuali e ripetuti, inerenti comunità ornitiche presenti in siti analoghi a quelli indagati, ma lontani dalle bocche di porto, da utilizzarsi per confronto.

Fatti incontrovertibili sono gli incrementi registrati nel numero di uccelli acquatici svernanti in laguna, fenomeno comune a molte aree del nostro Paese, ma anche segno della disponibilità di siti di sosta, alimentazione e nidificazione che la laguna può offrire agli uccelli stanziali e migratori. Alcune specie di Limicoli, che avevano abbandonato aree di riposo notturno dove ampiamente si congregavano all'inizio del monitoraggio, sono state successivamente ritrovate in nuove localizzazioni prima inesistenti e dunque sono semplicemente andate incontro a fenomeni di dislocazione ma non di depauperamento popolazionistico.

Le comunità dei siti costieri, localizzati in stretta vicinanza con le bocche di porto, hanno evidenziato, in taluni casi, uno stato di sofferenza; tuttavia, alle flessioni in essi registrate ha fatto seguito un diverso grado di recupero. Tali siti, essendo stati designati come aree SIC/ZPS, rivestono una importanza prioritaria e come tali risulta ineludibile la loro salvaguardia e conservazione.

Durante il monitoraggio non sono stati individuati fattori causali responsabili dei cambiamenti dello stato popolazionistico delle comunità di queste aree, se non quelli derivanti dalla contiguità con le aree di cantiere. Due sono i siti che sembrano aver subito i maggiori effetti sulle loro comunità ornitiche, nella fattispecie Alberoni e San Felice, nonostante le misure di mitigazione per la tutela faunistica e ambientale imposte ai cantieri. Tali mitigazioni hanno compreso sia l'adozione di apparati silenziatori capaci di abbassare i livelli acustici provenienti dalle macchine operatrici più rumorose, come quel-



17. Stormo di piovanelli pancianera, *Calidris alpina*, in volo sopra una barena artificiale in laguna sud e censitore al lavoro per stimarne il numero di individui (Foto di M. Basso).

le per la battitura dei pali o per la trivellazione, sia la sospensione degli interventi che producono un forte rumore e/o vibrazioni nelle ore immediatamente successive all'alba, nel periodo riproduttivo; il primo mattino, infatti, è il momento di massima attività canora ("dawn chorus"), in cui le attività comportamentali connesse con la conquista del territorio, con il corteggiamento e con la successiva nidificazione hanno la massima efficacia biologica.

Nonostante i suddetti accorgimenti, i risultati esposti nel recente Studio B.6.72 B/11 (PROVV.OO.PP.-CORILA, 2016) hanno indicato un effetto negativo della sorgente rumorosa proveniente dai cantieri, in particolare delle attività con emissioni superiori ai 70 dB(A), sulle comunità ornitiche dei siti costieri prospicienti i cantieri; infatti, come accennato nell'introduzione, i rumori derivanti da cantieri non solo sono in grado di determinare effetti negativi sulla composizione in specie e sulla abbondanza relativa delle comunità ornitiche ad essi esposte, ma possono anche causare un danno diretto all'apparato uditivo di alcune delle specie presenti (Rheindt, 2003; Dooling e Popper, 2007). Ancora, i rumori derivanti dalle attività antropiche possono essere causa di una sovrapproduzione di ormoni corticosteroidi, indice di uno stato di stress degli individui oltre che di un mascheramento del canto di specie canore (ordine Passeriformi) (Brumm e Slabbekoorn, 2005; Slabbekoorn e Ripmeester 2008). Queste due situazioni sono state verificate nelle comunità ornitiche monitorate rispettivamente all'interno dello Studio B.6.72 B/3 (MAG.ACQUE-CORILA, 2008; Albores-Barajas *et al.*, 2012) e dello Studio B.6.72 B/9 (PROVV.OO.PP.-CORILA, 2014; Baldaccini *et al.*, 2014), dimostrando come in esse abbiano operato sia fattori di stress che fattori di mascheramento della comunicazione intraspecifica.

Ciò porta a ritenere la rumorosità dei cantieri il fattore causale primo della contrazione del popolamento ornitico osservata nei siti costieri nei primi anni di monitoraggio. Non a caso le attività più rumorose e perturbative, quali la battitura pali, la vibro-infissione delle palancole o le opere di trivellazione, sono state condotte tra il 2008 e il 2011, periodo concomitante con i maggiori cambiamenti registrati nello stato di tali comunità. Tuttavia non si possono escludere altri fattori concausali, primo fra tutti la pesante pressione antropica riscontrabile nei siti monitorati specialmente nel periodo estivo, che possano aver contribuito in maniera sostanziale alla diminuzione della diversità e numerosità dei popolamenti ornitici osservata nei siti costieri nel corso degli anni.

Ciò detto, dai risultati emersi in questo lavoro che mostrano in taluni casi un recupero, in altri una stabilizzazione delle comunità costiere, appare ragionevole pensare che, una volta tornati i livelli sonori entro la soglia di accettabilità per l'avifauna (< 60 dB(A)) e una volta concluse le fasi esecutive dei cantieri, tali comunità possano recuperare gli assetti popolazionistici loro propri, a meno che nel frattempo non siano intervenuti altri fattori, non direttamente legati ai lavori, a determinare una evoluzione sfavorevole delle condizioni ambientali dei territori su cui insistono le comunità o ancora dei cambiamenti popolazionistici di larga scala a carico delle specie che le compongono.

## Ringraziamenti

Un sentito ringraziamento va ai rilevatori, Lucio Panzarin e Marco Basso, che hanno condotto i censimenti nel corso di questi dieci anni. Un ringraziamento particolare va a Mauro Bon per la proficua collaborazione scientifica che si è protratta durante tutto il monitoraggio. Si ringraziano infine quanti hanno collaborato sin dagli esordi del monitoraggio e che hanno reso possibile la realizzazione di questo lavoro, dai supervisori scientifici, a Cecilia Soldatini, Yuri Albores-Barajas e Simone Tenan, a Federico Riccato e Riccardo Fiorin di Laguna Project, che hanno condotto le imbarcazioni con cui sono stati effettuati i censimenti in laguna.

## Bibliografia

- Albores-Barajas Y.V., Baldaccini N.E., Möstl E., Soldatini C. (2012) Use of captive bred Passerines to monitor human disturbance using corticosterone metabolites. *International Journal of Biology* 4: 39-46.
- Baldaccini N.E., Campostrini P., Coccon F., Dabalà C., Fausti P., Santoni A., Soldatini C. (2014) Birds and noise: the MOSE yards case (Lagoon of Venice, Italy). Fifth International Symposium Monitoring of mediterranean Coastal Areas. Problems and Measurements Techniques. Livorno, June 17-19: pp. 807-816.
- Basso M. & Bon M. (2015) Censimento degli uccelli acquatici svernanti in provincia di Venezia, Gennaio 2015. Provincia di Venezia-Servizio Caccia e Pesca. Relazione non pubblicata.
- Baudains T. P. & Lloyd P. (2007) Habituation and habitat changes can moderate the impacts of human disturbance on shorebird breeding performance. *Animal Conservation* 10: 400-407.
- Bibby C., Jones M., Marsden S. (1998) Expedition Field Techniques: Bird Surveys. Royal Geographical Society, London.
- Bibby C. J., Burgess N.D., Hill, D.A., Mustoe, S.H. (2000) Bird Census Techniques. Academic Press, London.
- BirdLife International (2015) European red list of birds. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Bon M. & Scarton F. (a cura di) (2012) Lo svernamento degli uccelli acquatici in provincia di Venezia (1993-2012). Provincia di Venezia-Assessorato alla caccia.
- Bon M. & Stival E. (a cura di) (2013) Uccelli di laguna e di città. L'atlante ornitologico nel comune di Venezia 2006-2011. Marsilio Ed., Venezia.
- Bon M., Cherubini G., Semenzato M., Stival E. (a cura di) (2000) Atlante degli uccelli nidificanti in provincia di Venezia, Provincia di Venezia. Servizi Grafici Editoriali, Padova.
- Bon M., Scarton F., Stival E., Sattin L., Sgorlon G. (a cura di) (2014) Nuovo atlante degli uccelli nidificanti e svernanti in provincia di Venezia, Associazione Faunisti Veneti, Museo di Storia Naturale di Venezia.
- Brumm H. & Slabbekoorn H. (2005) Acoustic communication in noise. *Advances in the Study of Behavior* 35: 151-209.
- Brunner A., Celada C., Rossi P. and Gustin M. (2002) Sviluppo di un sistema nazionale delle ZPS sulla base delle rete delle IBA (Important Bird Areas). LIPU-BirdLife Italia-Ministero Ambiente, Servizio Conservazione Natura, Roma. .
- Clarke K. & R. Gorley (2006) PRIMER v6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth.
- Devictor V., Julliard R., Jiguet F. (2008) Distribution of specialist and generalist species along spatial gradients of habitat disturbance and fragmentation. *Oikos* 117: 507-514.
- Dooling R.J. & Popper A.N. (2007) The effects of highway noise on birds. The California Department of Transportation Division of Environmental Analysis. Sacramento, CA.
- Gariboldi A., Rizzi V., Casale F. (2000) Aree importanti per l'avifauna in Italia. LIPU, Parma.
- Gill J.A. (2007) Approaches to measuring the effects of human disturbance on birds. *Ibis* 149: 9-14.

- Hutto R.L., Pletschet S.M., Hendricks P. (1986) A fixed-radius point count method for nonbreeding and breeding season use. *The Auk* 103: 593-602.
- IUCN (2012) IUCN red list. Categories and criteria: Version 3.1. Second edition. Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Magistrato alle Acque di Venezia (ora Provveditorato Interregionale alle OO. PP. del Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia)-CORILA (anni 2006-13) Studi B.6.72 B/1-B/8. Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Area Ecosistemi di pregio. Macroattività: Avifauna. Rapporti Finali. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.
- Peronace V., Cecere J.G., Gustin M., Rondinini C. (2012) Lista Rossa 2011 degli uccelli nidificanti in Italia. *Avocetta* 36: 11-58.
- Pielou, E.C. (1966) The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology* 13: 131-144.
- Provveditorato Interregionale alle OO. PP. del Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia (ex Magistrato alle Acque di Venezia)-CORILA (anni 2014-2016) Studi B.6.72 B/9-B/11. Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Area Ecosistemi di pregio. Macroattività: Avifauna. Rapporti Finali. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.
- R Core Team (2013) R: A language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <http://www.R-project.org/>
- Rees E.C., Bruce J.H., White G.T. (2005) Factors affecting the behavioural responses of whooper swans (*Cygnus c. cygnus*) to various human activities. *Biological Conservation* 12: 369-382.
- Rheindt F.E. (2003) The impact of roads on birds: Does song frequency play a role in determining susceptibility to noise pollution?. *Journal fur Ornithologie* 14: 295-306.
- Scarton F. (2005) Breeding birds and vegetation monitoring in recreated salt marshes of the Venice lagoon. In: Fletcher C. A., Spencer T., (eds). *Flooding and Environmental Challenges for Venice and its Lagoon*. State of Knowledge. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 573-579.
- Scarton F. (2010) Long term decline of a Common Tern (*Sterna hirundo*) population nesting in salt marshes in Venice lagoon, Italy. *Wetlands* 30: 1153-1159.
- Scarton F. (2014) Occurrence and habitat use of five waders in the Lagoon of Venice (Italy) [in Italian]. *Bollettino del Museo civico di Storia Naturale di Venezia* 65: 163-179.
- Scarton F. (2017) Le specie di interesse conservazionistico nidificanti nella laguna aperta. In "Il controllo ambientale della costruzione del MOSE. 10 anni di monitoraggi tra mare e laguna di Venezia", P. Campostrini, C. Dabalà, P. Del Negro, L. Tosi (editors), CORILA, Venezia.
- Scarton F. & Valle R. (1999) The use of dredge islands by birds in northern Adriatic lagoons. *Avocetta* 23: 75-75.
- Scarton F., Scattolin M., Valle R. (2001) Interventi di pulizia degli arenili e conservazione delle popolazioni nidificanti di Fraticello *Charadrius alexandrinus* Linnaeus, 1758 e fraticello *Sterna albifrons* Pallas, 1764: un esempio nei litorali veneziani. *Bollettino del Museo civico di Storia Naturale di Venezia Suppl.* 51: 199-201.
- Scarton F., Baldin M., Scattolin M. (2007) Fraticello, *Charadrius alexandrinus* Linnaeus, 1758, fraticello, *Sterna albifrons* Pallas, 1794 e gruccione, *Merops apiaster* Linnaeus, 1758 nidificanti lungo i litorali del Comune di Venezia: aggiornamento al 2005. *Lavori Società Veneziana Scienze Naturali* 32: 77-79.

- Scarton F., Baldin M., Valle R. (2009) L'avifauna acquatica nidificante nelle barene artificiali della laguna di Venezia. *Bollettino del Museo civico di Storia Naturale di Venezia* 60: 127-141.
- Scarton F., Cecconi G., Cerasuolo C., Valle R. (2013a) The importance of dredge islands for breeding waterbirds. A three-year study in the Venice Lagoon (Italy). *Ecological Engineering* 54: 39-48.
- Scarton F., Cecconi G., Valle R. (2013b) Use of dredge islands for a declining European shorebird, The Kentish Plover *Charadrius alexandrinus*. *Wetlands Ecology and Management* 21: 15-27.
- Shannon C.E. & Weaver W. (1963) *The mathematical theory of communication*, University of Illinois Press, Champaign IL .
- Slabbekoorn H. & Ripmeester E.A. (2008) Birdsong and anthropogenic noise: implications and applications for conservation. *Molecular Ecology* 17: 72-83.
- Stival E. (1996) *Atlante degli uccelli svernanti in provincia di Venezia*. Grafiche Italprint, Treviso.
- Walker B.G., Boersma P.D., Wingfield J.C. (2006) Habituation of adult magellanic penguins to human visitation as expressed through behavior and corticosterone secretion. *Conservation Biology* 20: 146-154.
- Zenatello M., Baccetti N., Borghesi F. (2014) Risultati dei censimenti degli uccelli acquatici svernanti in Italia. Distribuzione, stima e trend delle popolazioni nel 2001-2010. ISPRA, Serie Rapporti, 206/2014.

## Summary

With over 370.000 birds recorded each year in the wintering period and the largest number of species of European Community interest, the lagoon of Venice has an exceptional value to bird conservation. Considering the environmental importance of the areas interested by the MOSE construction yards, in order to preserve the integrity of the habitats a Monitoring Program was started in 2005 with the aim to check the possible disturbances of the works on birds. Here, we present results of surveys conducted in the period 2005-2015 with the aim to describe the temporal evolution of bird communities within the study sites. At the beginning, such monitoring activities were focused only on the SCI/SPA areas of Punta Sabbioni, Alberoni, Ca' Roman and Bacan Sant'Erasmus. Afterwards, starting from the fourth year, surveys were extended to the coastal sites of San Nicolò, Santa Maria del Mare, San Felice and to the entire lagoon open to tidal expansion. Our results show that birds have been influenced by the MOSE construction yards, revealing substantial changes in the ecological parameters descriptive of the status of bird communities within the study areas. Such changes were positive in some cases while negative in some others. The exploitation of the study sites by a considerable number of priority and threatened species has been also highlighted. Finally, this study pointed out a general positive situation in the whole lagoon, where a significant increase of biodiversity and abundance of individuals has been found. This suggests a high carrying capacity of the lagoon of Venice. The Monitoring Plan represents a real investigation on the effects of the MOSE yards on bird communities within the study area. This allowed us to adopt all the appropriate actions to protect the monitored sites and preserve habitats and species present in them. More importantly, the Monitoring allowed us to move from a qualitative and descriptive knowledge on birds, both migratory and resident, which exploit the lagoon to a quantitative one. The latter much more useful for management purposes of the territory. Information presented in this paper can be used as a decision support tool for a proper planning and management of the lagoon, in equilibrium between the necessity of environmental protection and the development of man-made infrastructures.