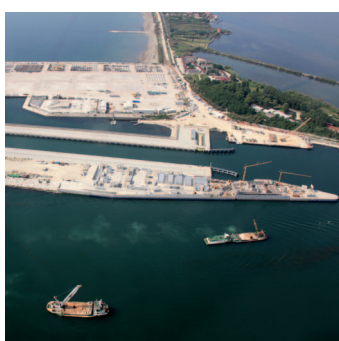
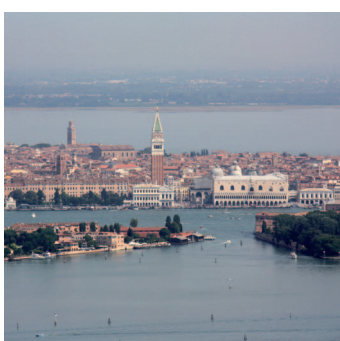
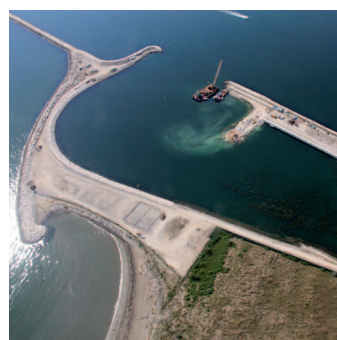
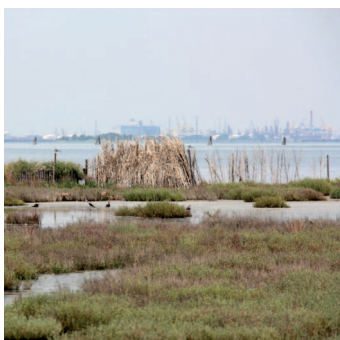


IL CONTROLLO AMBIENTALE DELLA COSTRUZIONE DEL MOSE

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.*

*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.*



Ingresso e distribuzione di uova, larve e giovanili di teleostei marini in laguna di Venezia: connettività mare-laguna e funzione di nursery

Fish eggs, larvae and juveniles entrance and distribution into the Venice lagoon: sea-lagoon connectivity and nursery functioning

Francesco Cavraro, Simone Redolfi Bristol,
Vyron Georgalas, Patrizia Torricelli, Matteo Zucchetta e
Piero Franzoi

Introduzione

Un aspetto cruciale della funzionalità ecologica degli ambienti lagunari è rappresentato dalla connettività mare-laguna, ed in particolare dal mantenimento dei flussi di organismi dal mare alla laguna e viceversa (Gillanders, 2002; Gillanders *et al.*, 2003; Able, 2005; Herzka, 2005; Sheaves, 2005; Able e Fahay, 2010; Vasconcelos *et al.*, 2012; Reis-Santos *et al.*, 2015; Sheaves *et al.*, 2015). Un elemento del tutto significativo di questa connettività ecologica è rappresentato dalla componente dei “migratori marini”, specie ittiche a riproduzione marina che compiono migrazioni periodiche fra l’ambiente marino e quello lagunare, in modo da sfruttare la grande disponibilità di risorse trofiche presenti negli ecosistemi costieri di transizione. Questi ultimi, sono infatti caratterizzati di norma da livelli di produttività ecologica superiori a quelli riscontrabili negli ecosistemi marini (McLusky e Elliott, 2004). Gli stadi postlarvali e giovanili delle specie di migratori marini si rinvergono in grandi abbondanze all’interno degli ambienti costieri, dove colonizzano massivamente gli habitat di basso fondale (Rossi, 1986; Elliott e Hemingway, 2002; Minello *et al.*, 2003). Dopo la riproduzione in mare, le uova e le larve arrivano sottocosta grazie al trasporto operato dalle correnti marine (Legget *et al.*, 1984; Miller *et al.*, 1984; Miller, 1988; Elliott e Hemingway, 2002). Questo ingresso di migratori giovanili all’interno degli ambienti acquatici di transizione è in genere legato al flusso di marea, anche se non si configura come un trasporto meramente passivo. Le larve possiedono infatti sia ritmi endogeni di comportamento che sistemi sensoriali precocemente funzionali in modo da percepire i “segnali” ambientali. Con il procedere dello sviluppo e all’aumentare delle dimensioni corporee, aumentano poi le capacità di nuoto che consentono agli individui di compiere spostamenti attivi (ad es., migrazioni verticali per la selezione di differenti masse d’acqua). Una volta entrati all’interno degli ambienti di transizione, i migratori giovanili si insediano rapidamente negli habitat di basso fondale, dove la forza delle correnti di marea è molto minore, riducendo così il rischio di essere trasportati nuovamente in mare con il flusso della marea uscente (Creutzberg *et al.*, 1978; Bohelert e Mundy, 1987; Elliott e Hemingway, 2002; Perez-Ruzafa *et al.*, 2004). Dopo un periodo di crescita all’interno degli habitat di transizione, di durata variabile a seconda della specie,

gli individui migrano in mare per reclutare nella popolazione adulta.

Gli ambienti acquatici di transizione rappresentano quindi habitat essenziali per le specie ittiche di migratori marini, svolgendo la funzione di aree elettive di nursery per gli stadi giovanili (Boesh e Turner, 1984; Deegan *et al.*, 2000; Elliott e Hemingway, 2002; Vasconcelos *et al.*, 2007, 2008). Gli habitat di estuario e di laguna offrono infatti ai giovani pesci condizioni e risorse vantaggiose in termini di sopravvivenza, accrescimento e sviluppo (Beck *et al.*, 2001; Elliott e Hemingway, 2002). La funzione di nursery svolta dagli ambienti costieri nei confronti della fauna ittica risulta essere comunque un fenomeno complesso, essendo caratterizzata da dinamiche che sono influenzate da molti fattori (Beck *et al.*, 2001; Dahlgren *et al.*, 2006; Sheaves *et al.*, 2006, 2015).

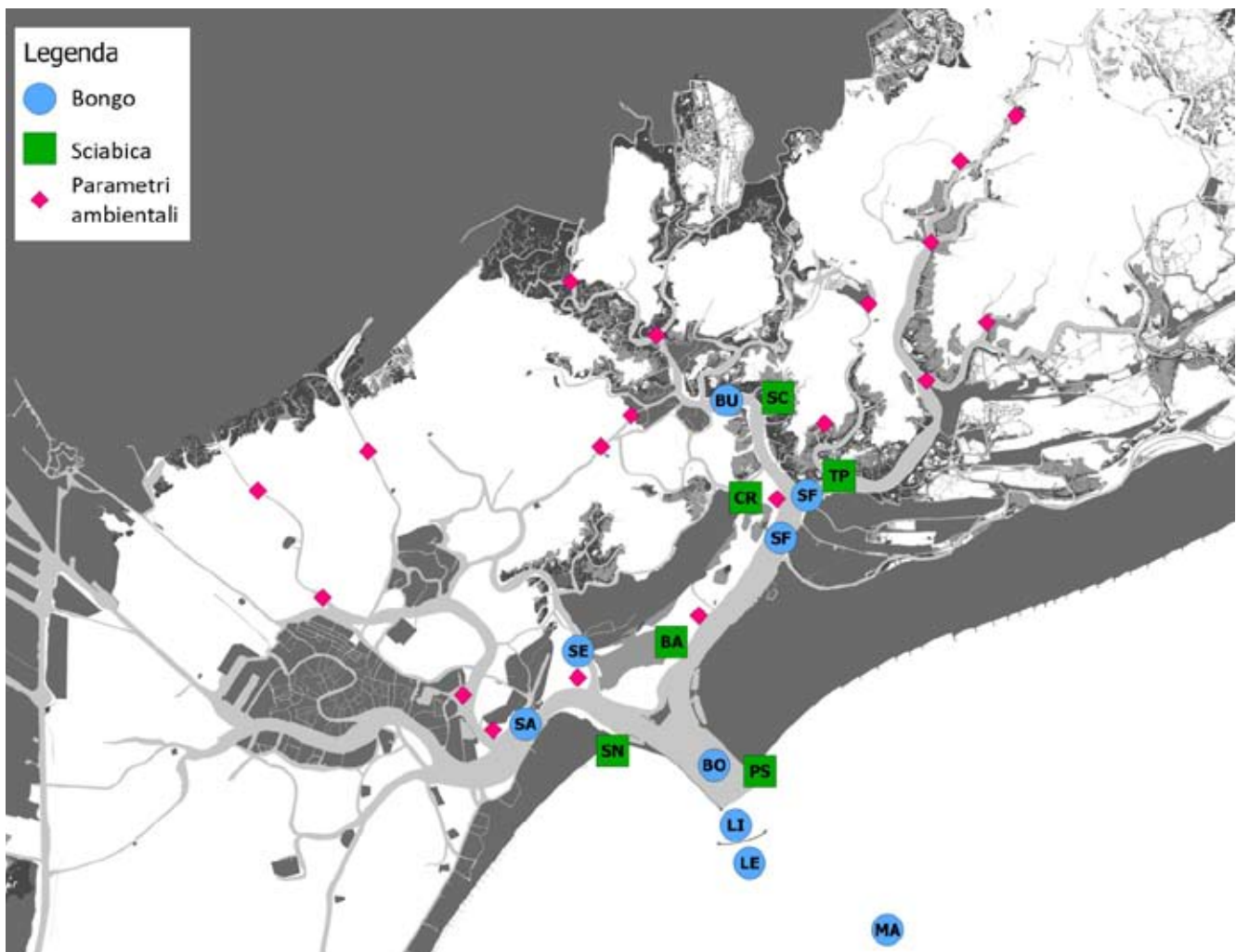
Lo studio della dinamica degli ingressi in laguna dei migratori marini giovanili da una parte, e l'identificazione, la caratterizzazione e la localizzazione degli habitat elettivi per i giovanili dall'altra, rappresentano importanti elementi a supporto della gestione degli ecosistemi lagunari (Beck *et al.*, 2001; Sheaves *et al.*, 2015). Uno degli approcci più usati per individuare la distribuzione degli habitat essenziali per una data specie è quello di sviluppare modelli di distribuzione dell'habitat (in alternativa, indicati anche come modelli di distribuzione delle specie) (Guisan e Zimmerman, 2000; Guisan e Thuiller, 2005; Franklin, 2009). I modelli di distribuzione dell'habitat si basano su una stima quantitativa delle relazioni esistenti tra la distribuzione delle specie e i parametri ambientali (fattori biotici o abiotici) che la influenzano. Una volta messi a punto, i modelli permettono di generare mappe che descrivono l'habitat potenziale di una specie, cioè l'insieme delle condizioni ambientali che assicurano alla specie di soddisfare i propri requisiti vitali fondamentali (Araujo e Guisan, 2006).

In Alto Adriatico, molte specie a riproduzione marina che costituiscono importanti stock sfruttati a fini di pesca, si concentrano allo stadio giovanile negli habitat di basso fondale degli ambienti costieri di transizione. Appartengono a questo gruppo l'orata *Sparus aurata*, la spigola *Dicentrarchus labrax*, la passera *Platichthys flesus*, la sogliola *Solea solea*, i cefali *Liza ramada*, *L. aurata*, *L. saliens*, *Chelon labrosus* e *Mugil cephalus*. I primi arrivi di queste specie sono caratterizzati da larve o postlarve di lunghezza standard inferiore, in genere, ai 20 mm (Rossi 1986; Franzoi *et al.*, 1989; Franzoi e Trisolini, 1991; Franzoi *et al.*, 2005). Anche gli stadi larvali e giovanili di acciuga *Engraulis encrasicolus*, sardina *Sardina pilchardus* e spratto *Sprattus sprattus* sono stagionalmente abbondanti negli ambienti marini costieri, rinvenendosi anche all'interno degli ecosistemi lagunari. Negli ambienti lagunari dell'Alto Adriatico il picco principale di presenze di migratori giovanili si registra in tardo inverno-inizio primavera, anche se un secondo picco di montata dal mare è osservabile a fine-estate-inizio autunno (Rossi, 1986). Gli individui di queste specie migrano poi in mare durante i mesi tardo-autunnali, in corrispondenza della brusca diminuzione di temperatura delle acque lagunari (Rossi, 1986; Franzoi *et al.*, 1989). Per quanto riguarda la laguna di Venezia, sono state condotte numerose ricerche sull'ittiofauna degli habitat lagunari di basso fondale (Mainardi *et al.*, 2002, 2004, 2005; Riccato *et al.*, 2003; Malavasi *et al.*, 2004, 2005, 2007; Franco *et al.*, 2003, 2006, 2012; Franzoi *et al.*, 2010). Fino ad ora erano invece molto scarse e limitate le informazioni relative alla componente ittioplanctonica (Spartà, 1942; Varagnolo 1964, 1971; Ziraldo, 1996).

Nel periodo 2013-15 è stato effettuato uno studio sulla dinamica spaziale e temporale delle abbondanze di uova, larve, postlarve e giovanili di Teleostei in aree marine e lagunari prossime alla bocca di porto di Lido (sottobacino settentrionale della laguna di Venezia). Questa indagine ha fatto parte delle attività di monitoraggio finalizzate alla valutazione degli effetti delle attività di cantiere relative alla costruzione del sistema di paratie mobili MOSE. Studi precedenti avevano già evidenziato l'importanza degli

habitat di basso fondale del sottobacino settentrionale della laguna di Venezia come aree potenziali di nursery per le specie ittiche di migratori marini (Franzoi e Pellizzato, 2002; Franzoi *et al.*, 2005; Franco *et al.*, 2006, 2010; Zucchetto *et al.*, 2009, 2010). I giovani individui che ogni anno si distribuiscono sui bassi fondali lagunari del bacino Nord entrano in laguna attraverso la bocca di porto di Lido. La presenza e l'abbondanza delle uova, delle larve e delle postlarve delle specie di migratori giovanili nelle aree lagunari prossime alla bocca di porto di Lido è strettamente legata alla circolazione idraulica e alle condizioni chimico-fisiche dell'acqua, essendo influenzata non solo dai flussi di marea, ma anche da cambiamenti della configurazione (profilo, portata) o struttura (morfologia, scabrosità) delle bocche di porto. Per questo motivo, questa componente biotica rappresenta un adeguato bio-monitore della connettività fra mare e laguna, anche in relazione al futuro funzionamento del sistema di paratie mobili. L'attività di monitoraggio ha previsto campionamenti stagionali sia di ittioplancton che di giovanili in stazioni prefissate distribuite lungo un ideale transetto mare-laguna. Inoltre, per due specie di migratori giovanili (l'orata e la passera) sono state indagate le relazioni tra i principali parametri ambientali e le presenze di avannotti sui bassi fondali lagunari, mediante l'applicazione di modelli di distribuzione dell'habitat già sviluppati in studi precedenti (Zucchetto *et al.*, 2009, 2010; MAG.ACQUE-DSA, 2011). Questi tipi di strumenti sono stati utilizzati come un'integrazione a supporto dell'interpretazione delle osservazioni raccolte in campo.

1. Laguna di Venezia con evidenziata l'area di studio e la posizione delle stazioni di campionamento dell'ittioplancton (Bongo) e del popolamento ittico di basso fondale (Sciabica) Sono indicati anche i siti di rilevamento dei parametri ambientali per l'applicazione dei modelli di idoneità.



Materiali e metodi

Attività di campo e di laboratorio

Le attività di campionamento sono state condotte nei pressi della bocca di porto di Lido (figura 1). Sono stati effettuati campionamenti di ittioplancton (uova e larve) in mare ed in zone lagunari di canale e campionamenti di postlarve e stadi giovanili sia in aree marine che lagunari di basso fondale (profondità inferiore a 1,5 m). Inoltre sono stati raccolti i parametri ambientali necessari all'applicazione dei modelli di idoneità. Le modalità di campionamento sono state standardizzate per garantire i confronti nello spazio e nel tempo, sia nel caso dei campionamenti di ittioplancton che in quello dei campionamenti di giovanili.

I campioni, sia di ittioplancton che di giovanili, sono stati raccolti durante due cicli annuali di monitoraggio (giugno 2013-maggio 2014 e giugno 2014-maggio 2015).

In ognuno dei due cicli annuali di monitoraggio sono state effettuate due campagne di campionamento di ittioplancton per stagione. I campionamenti sono stati condotti in sette stazioni collocate sia all'esterno (mare) che all'interno (laguna) della bocca di porto (figura 1). Nel secondo anno di monitoraggio due stazioni di campionamento (SE ed SF) sono state riposizionate (figura 1) in modo da poter meglio indagare la distribuzione dell'ittioplancton lungo un ideale gradiente dal mare all'interno dell'ambiente lagunare. Per la cattura di uova e larve di pesci sono stati utilizzati due retini conici accoppiati da ittioplancton del tipo "bongo net" (figura 2A), uno con maglia di 350 μm ed uno con maglia di 500 μm , secondo lo standard FAO. Ogni retino era lungo 2,5 m e aveva una bocca di 60 cm di diametro. Ogni retino era corredato di flussimetro, posto all'imboccatura, per la misura della lunghezza di traino; questa informazione è stata poi utilizzata per la valutazione del volume teorico filtrato.

I campionamenti di ittioplancton sono stati condotti sempre in corrispondenza della fase di marea entrante. In ogni stazione è stata effettuata una tirata obliqua, della durata complessiva di 5 minuti, in modo da esplorare l'intera colonna d'acqua. Il traino dei retini è stato effettuato in direzione opposta alla corrente, ad una velocità compresa tra uno e due nodi. Ogni campione è stato immediatamente fissato in formaldeide al 5% neutralizzata con tetraborato di sodio.

In laboratorio i campioni di ittioplancton sono stati filtrati e sciacquati per eliminare ogni residuo di formaldeide. Tutto il campione è stato successivamente osservato allo stereomicroscopio (ingrandimenti 6.3x-80x) per l'identificazione delle uova e delle larve dei Teleostei che sono state quindi separate dal resto del campione e identificate singolarmente. L'identificazione delle uova è stata possibile fino al livello di famiglia e, solo in

2. A) campionamento dell'ittioplancton con "bongo nets"; B) campionamento delle forme giovanili con sciabica da spiaggia.



pochi casi, fino al livello di genere o specie. Nel caso delle larve è stato possibile identificare gli individui, con poche eccezioni, fino al livello di genere o specie.

Per l'identificazione delle forme ittioplanctoniche rinvenute nei campioni è stata utilizzata una grande quantità di materiale bibliografico (Aboussouan, 1964; Arbault, 1968; Cunningham, 1889; D'Ancona e Lo Bianco, 1931-33; FAO, 1987; Fraser, 1976; Lee, 1966; Marinaro, 1971, 1991a, 1991b; Munk, 2005; Palomera e Rubies, 1977; Raffaele, 1888; Ré e Meneses, 2009; Richards, 2006; Russell, 1976; Saka et al., 2001; Spartà, 1942; Tsikliras et al., 2010; Varagnolo, 1964). Le chiavi tassonomiche maggiormente utilizzate in questo lavoro sono state tuttavia quelle proposte da Marinaro (1971), Raffaele (1888) e Russell (1976). Non è ancora presente infatti una chiave tassonomica di identificazione di uova e larve di teleostei mediterranei che riunisca tutte le informazioni presenti in letteratura.

Dopo l'identificazione tassonomica, ad ogni taxon individuato è stata attribuita una guild ecologica sulla base di quanto riportato in letteratura (Franco et al., 2008; Franzoi et al., 2010).

Postlarve e stadi giovanili

In entrambi i cicli di monitoraggio sono stati condotti campionamenti di fauna ittica in 5 stazioni di basso fondale (profondità dell'acqua < 1,5 m; figura 1). Nel secondo anno di indagine, per meglio rappresentare un ideale gradiente mare-laguna, è stata modificata la collocazione di una stazione (TP) (figura 1). Sono state effettuate complessivamente 6 campagne di campionamento per anno: 2 in primavera, 2 in estate e 2 in autunno. I campioni di fauna ittica sono stati raccolti utilizzando una sciabica da spiaggia (figura 2B) a maglia fitta (distanza internodo 2 mm nel sacco centrale e 4 mm nelle ali), lunga 20 m e alta 2.5 m nella porzione centrale. Durante ogni operazione di campionamento è stata calcolata la superficie di fondo esplorata dallo strumento (lunghezza di traino x distanza di apertura della rete), in modo da standardizzare i dati di cattura in termini di unità di superficie campionata. Lo sforzo di campionamento è stato mantenuto per quanto possibile costante, con una superficie di fondo esplorata per stazione e per data di campionamento di circa 600 m². I campioni raccolti venivano mantenuti refrigerati fino all'arrivo in laboratorio e poi surgelati a -20 °C.

In laboratorio, i campioni da processare sono stati di volta in volta tolti dal congelatore e lasciati scongelare per 24 ore in frigorifero a circa 6 °C. Tutti gli individui sono stati identificati, possibilmente fino al livello di specie. L'identificazione tassonomica è stata sempre confermata mediante confronto con la letteratura e l'iconografia scientifica sull'argomento (Tortonese, 1970, 1975; Whitehead *et al.*, 1984-1986; Fisher *et al.*, 1987; Gandolfi *et al.*, 1991; e, limitatamente alle sole forme giovanili: D'Ancona e Lo Bianco, 1932-33; Arias e Drake, 1990, Ré e Meneses, 2009). Per ogni taxon si è proceduto al conteggio degli individui e alla misura del peso totale per campione ($\pm 0,01$ g oppure $\pm 0,001$ g); sono state poi effettuate misure di lunghezza (Lunghezza Totale, LT, e Lunghezza Standard, LS, ± 1 mm oppure $\pm 0,1$ mm) e peso umido ($\pm 0,01$ g oppure $\pm 0,001$ g) individuali. Nel caso di campioni con meno di 100 individui per taxon, le misure sono state effettuate su tutti gli esemplari campionati; nel caso di campioni più abbondanti, le misure sono state limitate ad un sottoinsieme casuale di 100 individui per taxon.

Nel caso delle postlarve e degli stadi giovanili di cefali, l'identificazione effettuata sugli esemplari a fresco è stata confermata dall'osservazione del pattern di disposizione dei cromatofori (Serventi *et al.*, 1986; Franzoi *et al.*, 1989). A questo scopo, l'identificazione degli esemplari di queste specie è stata validata mediante analisi degli individui dopo permanenza per circa tre settimane in una soluzione di formaldeide all'8% neutralizzata

con tetraborato di sodio.

I taxa rinvenuti durante i campionamenti con la tratta sono stati poi classificati in categorie ecologiche (Franco *et al.*, 2009; Franzoi *et al.*, 2010), analogamente a quanto fatto nel caso dell'ittioplancton.

Parametri ambientali per la caratterizzazione delle stazioni e per l'applicazione dei modelli di distribuzione

Contestualmente ai campionamenti con bongo net e con sciabica sono stati rilevati i principali parametri chimico-fisici dell'acqua mediante l'utilizzo di una sonda multiparametrica (Hanna Instruments 9829). Sono stati rilevati: temperatura (± 0.01 °C), salinità (± 0.01 psu), ossigeno disciolto (± 0.1 % saturazione) e torbidità (± 0.1 fnu). È stata inoltre misurata la concentrazione di clorofilla totale (± 0.01 $\mu\text{g L}^{-1}$) mediante lettura spettrofotometrica (Lorenzen, 1967), nel primo anno di indagine, e mediante lettura fluorimetrica (Lorenzen, 1966) nel secondo anno di indagine. Durante l'ultima campagna primaverile di ogni anno di monitoraggio, nelle stazioni campionate con sciabica sono stati raccolti manualmente campioni di sedimento superficiale (carote con diametro di 3 cm), sui quali è stata poi determinata in laboratorio la granulometria (% di sabbia) con il metodo proposto da Sfriso *et al.* (2003).

Inoltre, ai fini dell'applicazione dei modelli di distribuzione dell'habitat, nei mesi di marzo e aprile di ciascun ciclo annuale di monitoraggio sono state effettuate 5 campagne di misura dei principali parametri chimico-fisici dell'acqua (temperatura, ± 0.01 °C; salinità, ± 0.01 psu; ossigeno disciolto, ± 0.1 % di saturazione; torbidità, ± 0.1 fnu). I rilevamenti sono stati effettuati in 19 siti di basso fondale (figura 1).

Analisi dei dati

Ittioplancton e popolamento ittico di basso fondale

I dati di densità, relativi sia ai campioni di ittioplancton (espressi come numero di uova o larve per m^3) che a quelli raccolti con la sciabica (espressi come numero di individui per 100 m^2), sono stati analizzati prendendo in considerazione due fattori: la posizione rispetto al gradiente mare-laguna ed il ciclo di monitoraggio (primo: 2013-2014; secondo: 2014-2015). Per quanto riguarda la posizione, per i campionamenti con bongo net le stazioni sono state distinte in marine (all'esterno della bocca di porto; MA, LE, LI), di bocca (BO) e lagunari (all'interno della bocca di porto; SA, SE, SF, BU). Nel caso dei campionamenti effettuati con sciabica, le stazioni PS e SN sono state considerate marine mentre le stazioni BA, CR, TR e SC come lagunari. L'effetto dei due fattori sulle densità registrate è stato analizzato mediante un'analisi basata sui GLM (Generalised Linear Models), con famiglia binomiale negativa, testando l'effetto dell'esclusione dei fattori (test chi-quadro sulla devianza, Vanables e Ripley, 2002).

Per valutare sinteticamente il grado di connettività tra il mare e la laguna è stato considerato un indice di colonizzazione delle acque lagunari IC, calcolato separatamente per uova, larve e giovanili:

dove $DENS_L$ rappresenta la densità di organismi all'interno della laguna (calcolato come media delle densità registrate nelle stazioni di laguna) e $DENS_M$ rappresenta la densità

$$I_C = \frac{DENS_L}{(DENS_L + DENS_M)}$$

di organismi in mare (calcolato come media delle densità registrate nelle stazioni di mare).

Per il calcolo di questo indice e relativamente ai campioni effettuati con bongo net, i valori di densità relativi alla stazione BO sono stati mediati con quelli delle stazioni lagunari.

L'indice calcolato in questo modo può variare, in linea teorica tra 0, quando gli individui sono presenti soltanto in mare, e 1, quando invece sono presenti soltanto all'interno della laguna. Valori superiori a 0.5 sono stati considerati come l'indicazione di un accumulo di organismi all'interno dell'ambiente lagunare.

Modelli di distribuzione di orata e passera

L'applicazione dei modelli di distribuzione è stata condotta per valutare l'idoneità dei fondali lagunari del sottobacino settentrionale della laguna di Venezia ad ospitare postlarve e giovanili di orata e passera, nei due periodi di monitoraggio considerati. A questo scopo, i risultati ottenuti sono stati confrontati con una situazione di riferimento, definita come la probabilità media di presenza dei giovanili delle due specie, ottenuta applicando gli stessi modelli per il periodo 2001-2012.

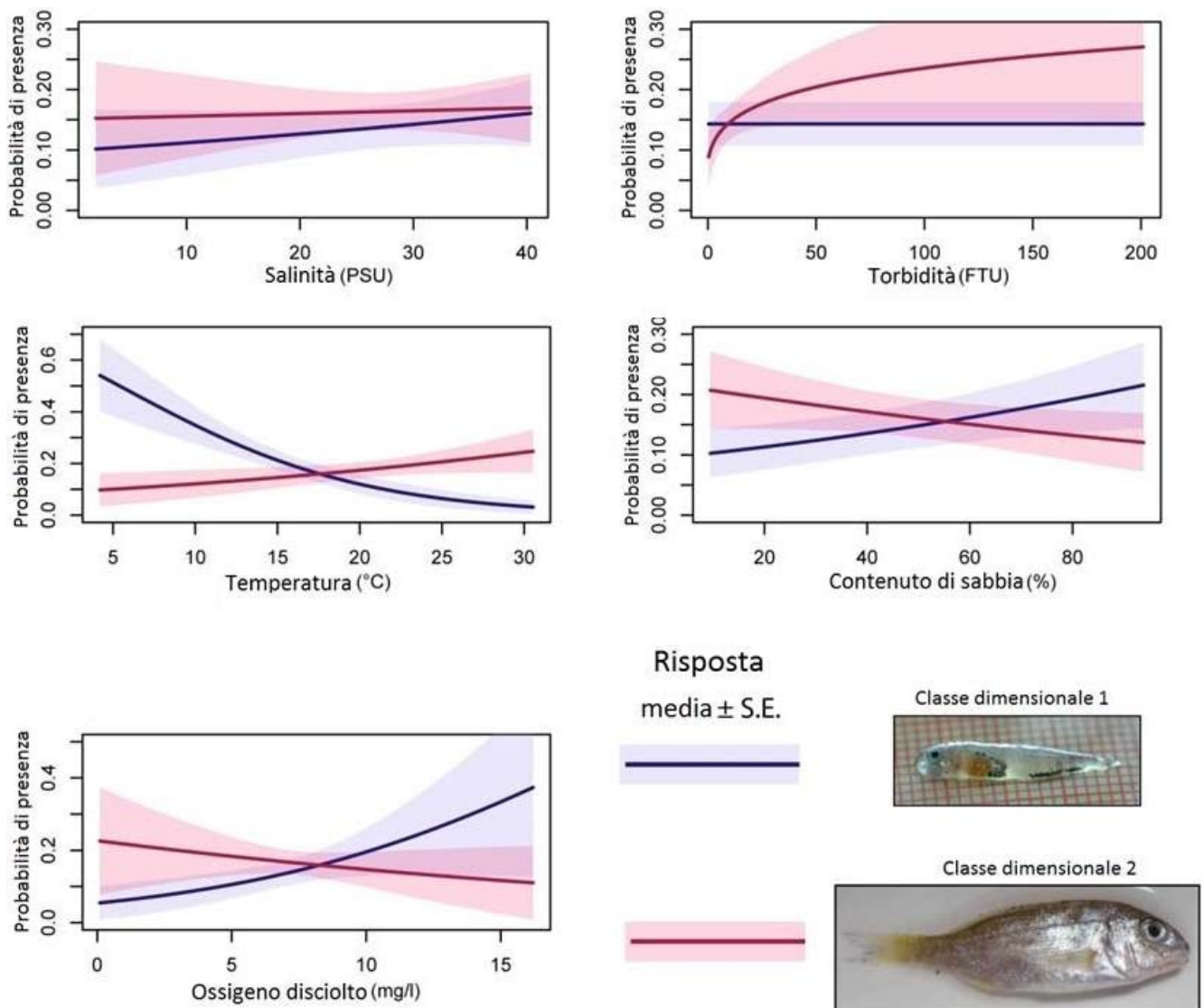
Le predizioni (probabilità di presenza attesa per ciascuna delle due specie, date le condizioni ambientali) sono state ottenute usando mappe dei parametri ambientali come input dei modelli di distribuzione. A tale scopo è stato necessario interpolare i dati raccolti nelle stazioni di monitoraggio su una griglia regolare con celle di 100 m di lato, sfruttando una procedura di *ordinary kriging* utilizzando la libreria "gstat" (Pebesma, 2004) per il pacchetto software R (R Core Team, 2015). Per poter valutare la situazione di riferimento 2001-2012 è stato utilizzato un data-base ottenuto integrando serie di dati raccolti in precedenti cicli di monitoraggio e provenienti da diverse fonti (tabella 1).

La montata dell' orata nell'ambiente lagunare avviene in genere allo stadio di postlarva (lunghezza standard compresa fra 15 e 20 mm) e coincide con il passaggio dalla vita pelagica a quella bentonico demersale (Ferrari e Chierigato, 1981; Rossi, 1986; Rossi *et al.*, 1999). All'interno dell'ambiente lagunare gli individui di questa specie sono caratterizzati da rilevanti cambiamenti ontogenetici, sia dal punto di vista morfologico che fisiologico (Cataldi *et al.*, 1987; Russo *et al.*, 2007; Koumoundouros *et al.*, 2009). Con la crescita si modificano anche le esigenze ecologiche degli individui (Ferrari e Chierigato, 1981; Boidinier *et al.*, 2010).

Per tener conto di queste variazioni, sono state considerate due classi dimensionali: individui con lunghezza standard inferiore a 20 mm e individui con lunghezza standard (LS) compresa fra 20 e 45 mm. Per ciascuna di queste due classi è stato sviluppato un modello statistico che lega la probabilità di presenza della specie con la temperatura, la salinità, la torbidità, l'ossigeno disciolto in acqua e il tenore di sabbia nei sedimenti superficiali (Zucchetto, 2010; MAG. ACQUE-DSA, Unive, 2011). Le forme delle curve

Tabella 1. Fonti dei dati utilizzati per l'allestimento del database ambientale.

Fonte - progetto	Frequenza	Periodo	N° stazioni
MAG. ACQUE Sezione Anti Inquinamento - Stazioni periodiche SAMA	mensile	2005-2008	18
MAG. ACQUE Sezione Anti Inquinamento - Monitoraggio continuo rete SAMANET	semioraria	2004-2012	10
MAG. ACQUE - CVN Progetto MELa 1	mensile	2001-2003	30
MAG. ACQUE - CVN Progetto MELa 3	mensile/quindicinale	2004-2005	23
MAG. ACQUE - CVN Progetto MELa 4	mensile/quindicinale	2007-2009	15
Unive DAIS - CEMAS	mensile	2009-2010	38
MAG. ACQUE - CORILA - STUDIO B.6.72 B/9	circa ogni 10 gg, tra marzo e aprile 2014	2014	18
MAG. ACQUE - CORILA - STUDIO B.6.72 B/10	circa ogni 10 gg, tra marzo e aprile 2015	2015	18



di risposta dei modelli calibrati utilizzando dati raccolti tra il 2002 e il 2010, relativamente ai parametri ambientali considerati e alle due classi dimensionali, vengono mostrate in figura 3.

Risultati

Monitoraggio dell'ittioplancton

Durante i due cicli annuali di campionamento sono stati rinvenuti complessivamente 30 differenti taxa ascrivibili a 19 famiglie di teleostei (tabella 2) 15 taxa sono stati rinvenuti sia allo stadio di uovo sia a quello di larva (*Arnoglossus* sp. pl., Callionymidae, *Trachurus trachurus*, *Sardina pilchardus*, *Sprattus sprattus*, *Engraulis encrasicolus*, Gadidae sp. pl., *Dicentrarchus labrax*, Mugilidae sp. pl., *Platichthys flesus*, Sciaenidae, *Buglossidium luteum*, *Pegusa* sp. pl., *Solea solea*, e *Diplodus* sp. pl.), per 3 taxa sono state rinvenute solamente le uova (*Gaidropsarus* sp., *Solea* sp., Trachinidae), mentre 12 taxa sono stati osservati soltanto allo stadio larvale (Bleniidae, *Merlangius merlangus*, *Micromesistius*

3. Curve di risposta per i modelli degli individui giovanili di orata appartenenti alla classe 1 ($LS \leq 20\text{mm}$) e alla classe 2 ($20\text{mm} < LS < 45\text{mm}$). In ciascun grafico è rappresentata la probabilità di presenza stimata al variare di uno dei parametri utilizzati nel modello, mentre gli altri parametri sono stati fissati al loro valor medio.

Tabella 2. Lista dei taxa ritrovati allo stadio di uovo (U) e larva (L) durante i campionamenti con bongo net, nei due periodi di monitoraggio. In grassetto sono evidenziati i migratori marini. R = Residenti, MM = Migratori marini, MS = Marini occasionali.

Famiglia	Taxon	Guild	2013-2014		2014-2015		Totale	
			U	L	U	L	U	L
Blenniidae	Blenniidae sp. pl.	R		X		X		X
Bothidae	<i>Arnoglossus</i> sp. pl.	MS	X	X	X	X	X	X
Callionymidae	Callionymidae	MS	X		X	X	X	X
Carangidae	<i>Trachurus trachurus</i>	MS		X	X	X	X	X
Clupeidae	<i>Sardina pilchardus</i>	MM	X	X	X	X	X	X
	<i>Sprattus sprattus</i>	MM	X	X	X	X	X	X
Engraulidae	<i>Engraulis encrasicolus</i>	MM	X	X	X	X	X	X
Gadidae	<i>Merlangius merlangus</i>	MS		X				X
	<i>Micromesistius poutassou</i>	MS		X				X
	Gadidae sp. pl.	MS	X		X	X	X	X
Lotidae	<i>Gaidropsarus</i> sp.	MS			X		X	
Gobiidae	Gobiidae sp. pl.	R		X		X		X
Moronidae	<i>Dicentrarchus labrax</i>	MM	X	X	X		X	X
Mugilidae	Mugilidae sp. pl.	MM	X	X		X	X	X
Pleuronectidae	<i>Platichthys flesus</i>	MM	X	X		X	X	X
Sciaenidae	Sciaenidae	MS	X	X		X	X	X
Scophthalmidae	Scophthalmidae	MS				X		X
Soleidae	<i>Buglossidium luteum</i>	MS	X	X	X	X	X	X
	<i>Monochirus</i> sp.	MS		X		X		X
	<i>Pegusa</i> sp. pl.	MS	X	X	X	X	X	X
	<i>Solea solea</i>	MM	X	X	X	X	X	X
	<i>Solea</i> sp.	MM			X		X	
Sparidae	<i>Diplodus</i> sp. pl.	MS	X	X	X	X	X	X
	<i>Sparus aurata</i>	MM		X		X		X
Syngnathidae	<i>Nerophis ophidion</i>	R		X		X		X
	<i>Hippocampus guttulatus</i>	R		X		X		X
	<i>Syngnathus abaster</i>	R		X		X		X
	<i>Syngnathus</i> sp.	R				X		X
Trachinidae	<i>Echichthys vipera</i>	MS	X		X		X	
Triglidae	Triglidae	MS		X				X

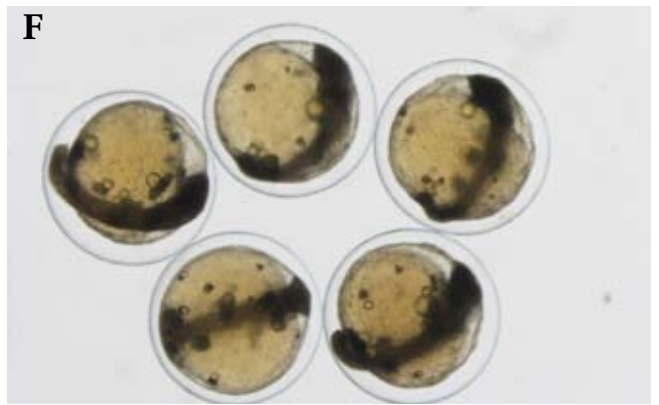
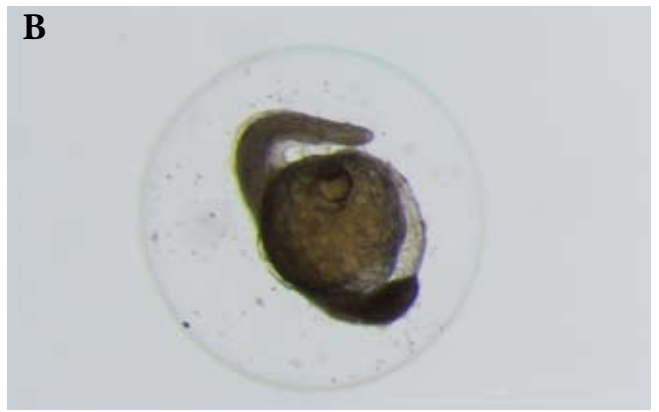
poutassou, Gobiidae sp. pl., Scophthalmidae, *Monochirus* sp., *Sparus aurata*, *Nerophis ophidion*, *Hippocampus guttulatus*, *Syngnathus abaster*, *Syngnathus* sp., Triglidae).

Confrontando i due periodi di monitoraggio, si evidenzia che il taxon Triglidae non è stato rinvenuto nel secondo ciclo annuale, mentre sono stati rinvenuti i taxa Lotidae (uova) e Scophthalmidae (larve). Con riferimento ai soli migratori marini (tabella 2; figura 4), il numero di taxa non è variato fra i due periodi di indagine, tuttavia nel secondo ciclo di monitoraggio non sono state rinvenute uova di cefali (Mugilidae sp. pl.), uova di passera e larve di spigola.

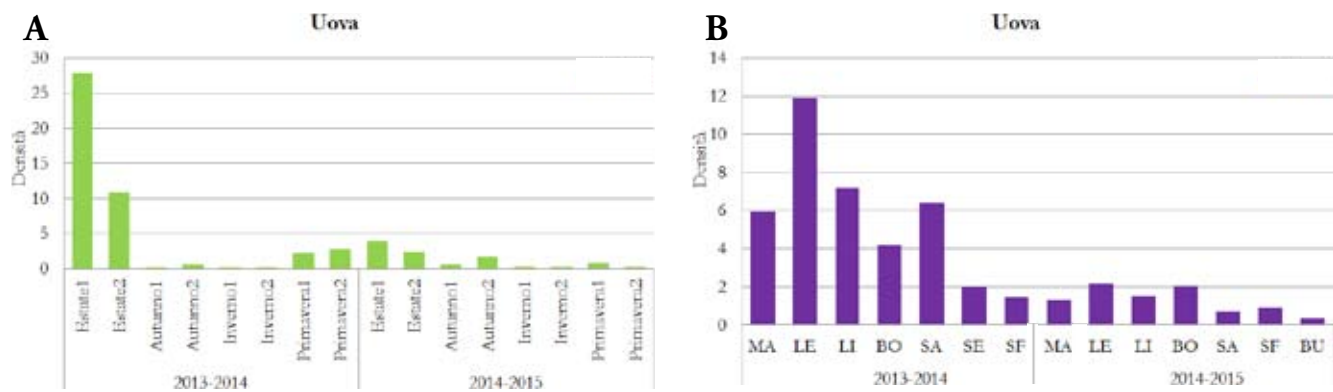
Per quanto riguarda la componente ittioplanctonica rappresentata dalle uova, questa risulta costituita soltanto da taxa marini (MM e MS; tabella 2). Le specie di residenti lagunari che caratterizzano il popolamento ittico della laguna di Venezia, infatti, depongono le uova o attaccandole ad un substrato (ad es. il latterino *Atherina boyeri* e il nono *Aphanius fasciatus*), o attaccandole all'interno di nidi o cavità (Blenniidae, Gobiidae), o all'interno di strutture specializzate del corpo del maschio (Syngnathidae) (Franco *et al.*, 2008).

Le maggiori densità di uova sono state osservate durante i mesi estivi, con un picco nel primo ciclo di indagine, mentre le densità sono risultate minime durante i mesi invernali (figura 5A). Le densità totali di uova sono risultate di norma maggiori nelle stazioni marine rispetto a quelle lagunari (figura 5B).

Le uova di gran lunga più abbondanti, in entrambi i cicli di monitoraggio, sono risultate quelle dell'acciuga, che sono state rinvenute dalla tarda primavera all'inizio dell'autunno (figura 6) e sono risultate il taxon dominante in tutte le stazioni di campionamento (figura 7). Significative nel popolamento ittioplanctonico sono risultate anche le presenze di uova di sardina, e in misura minore di spratto. Le uova di sardina sono state rinvenute nei campioni dall'autunno all'inizio della primavera, caratterizzando i campioni autunnali nel primo ciclo di monitoraggio e quelli del tardo-autunno-inizio



4. Esempi di migratori marini rinvenuti nei campioni di ittioplancton: uova di acciuga (A), uovo di sardina (B), uova e larve di spratto (C), larva di spigola (D), larva di passera (E), uova di sogliola (F), larva di Mugilide (G), larva di orata (H).



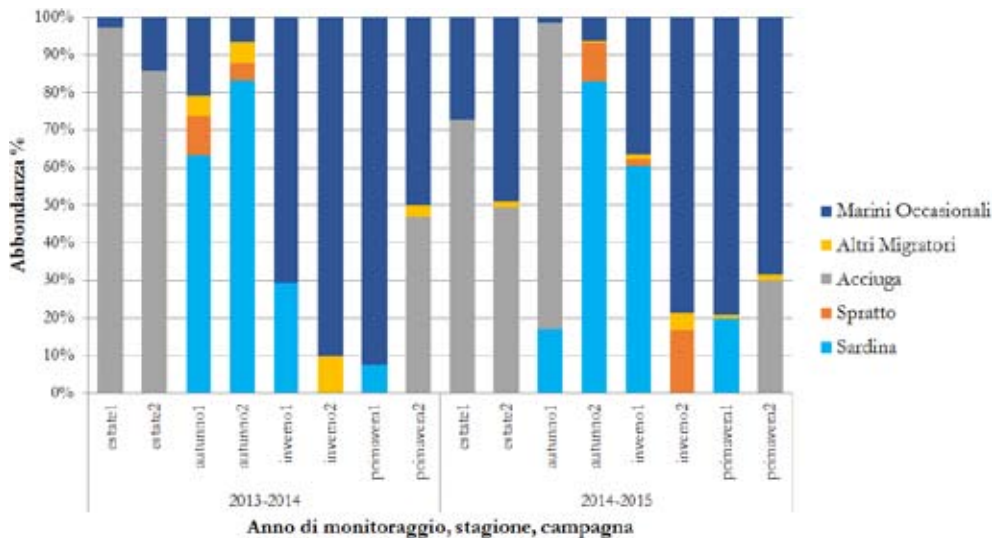
5. Densità totali di uova calcolate per campagna (A) e per stazione (B), separatamente per ciascun ciclo di monitoraggio. I numeri dopo le stagioni indicano la campagna di campionamento.

inverno nel secondo periodo di indagine (figura 6). Le uova di spratto sono state rinvenute in autunno nel primo ciclo di monitoraggio, e nel tardo autunno-inizio inverno durante il secondo ciclo (figura 6). Nel secondo periodo di indagine, l'importanza delle uova di sardina e spratto nel caratterizzare il popolamento ittioplanctonico è risultata diminuire procedendo dalle stazioni marine a quelle lagunari più interne (figura 7). Relativamente sporadica e caratterizzata da valori di densità molto bassi è risultata la presenza delle uova di altre specie di migratori marini (figura 6, 7). Soprattutto durante i campionamenti autunnali ed invernali sono state raccolte uova di sogliola, di spigola, di passera e di cefali (compresi nella categoria "altri migratori"). Le uova di questi taxa sono state rinvenute lungo tutto il gradiente studiato (figura 7), ad eccezione della stazione situata alla bocca di porto (BO) nel primo ciclo di monitoraggio e nella stazione più interna alla laguna (BU), nel corso del secondo ciclo.

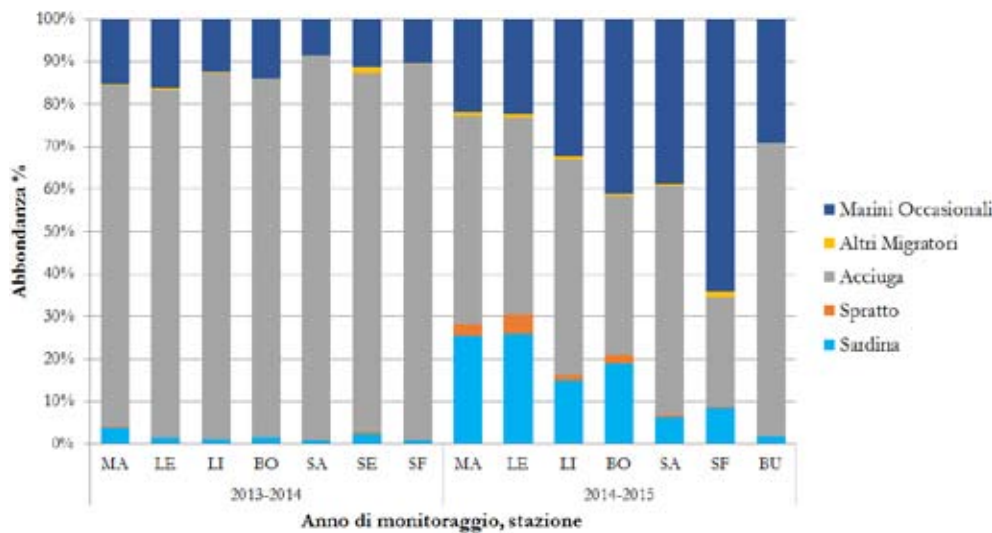
Significativa la presenza nei campioni delle uova di taxa marini occasionali (figura 6): Callionymidae, in estate, Bothidae (appartenenti in particolare al genere *Arnoglossus*), durante quasi tutti i campionamenti, Sparidae (appartenenti al genere *Diplodus*), in estate. Uova di taxa marini occasionali sono state rinvenute in tutte le stazioni di campionamento in entrambi i cicli di indagine (figura 7).

Anche nel caso della componente ittioplanctonica costituita dalle sole larve, le maggiori densità sono state rilevate nel primo ciclo di monitoraggio (figura 8A). Il picco di abbondanza totale è stato osservato nei mesi primaverili, quando il popolamento larvale è risultato dominato dal taxon Gobiidae (figura 9). Per quanto riguarda il gruppo delle specie marine (MM+MS), il picco di abbondanza è stato osservato invece all'inizio dell'estate del primo ciclo di indagine (figura 8A), quando sono risultate dominanti le larve di acciuga (figura 9). Le densità maggiori di larve sono state osservate in stazioni lagunari (SE nel primo ciclo e SF nel secondo ciclo di monitoraggio) (figura 8b), con una netta dominanza del taxon Gobiidae (figura 10).

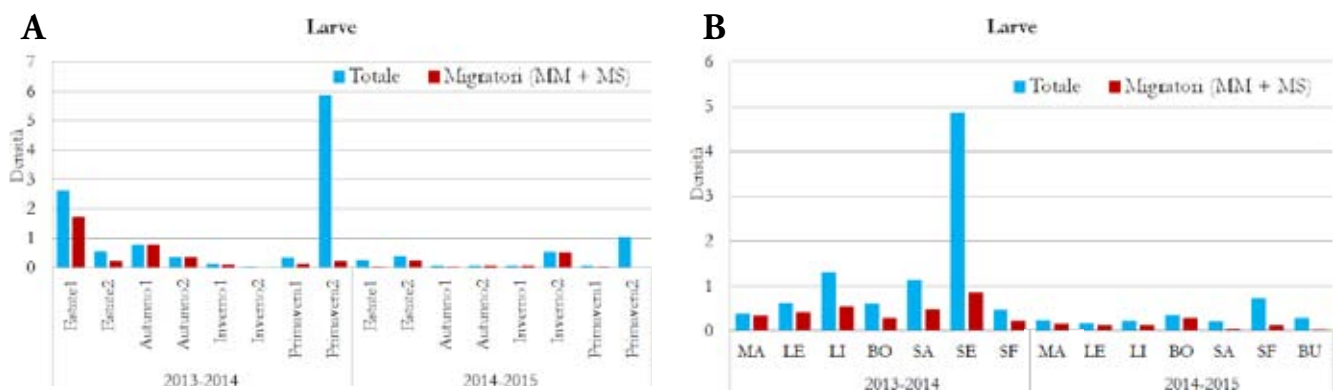
In termini di abbondanza relativa, le presenze di larve di residenti lagunari, principalmente Gobiidae, sono importanti dalla primavera all'inizio dell'autunno (figura 9). Tra i taxa di migratori marini, l'acciuga è ben rappresentata nei campioni durante l'estate nel primo ciclo di monitoraggio e in estate-inizio autunno nel secondo ciclo, mentre le larve di sardina e spratto sono risultate importanti nei mesi autunnali ed invernali di entrambi i cicli di monitoraggio (figura 9). In particolare, le larve di spratto sono risultate dominanti nel popolamento larvale in autunno-inverno nel primo ciclo e durante i mesi invernali nel secondo ciclo di indagine (figura 9). Oltre ai tre taxa appena citati, soprattutto tra l'autunno e l'inverno del primo ciclo di monitoraggio, e tra la fine dell'inverno e la primavera del secondo ciclo, sono state rinvenute nei campioni le larve di altri migratori marini (indicati come "altri migratori" in figura 9), come i cefali, la sogliola, l'orata, la spigola e la passera. Questi taxa sono stati rinvenuti con bassi valori di densità.



6. Abbondanze percentuali calcolate sulle densità totali di uova, cumulando i dati per campagna, separatamente per ciclo di monitoraggio. I numeri dopo le stagioni indicano la campagna di campionamento.

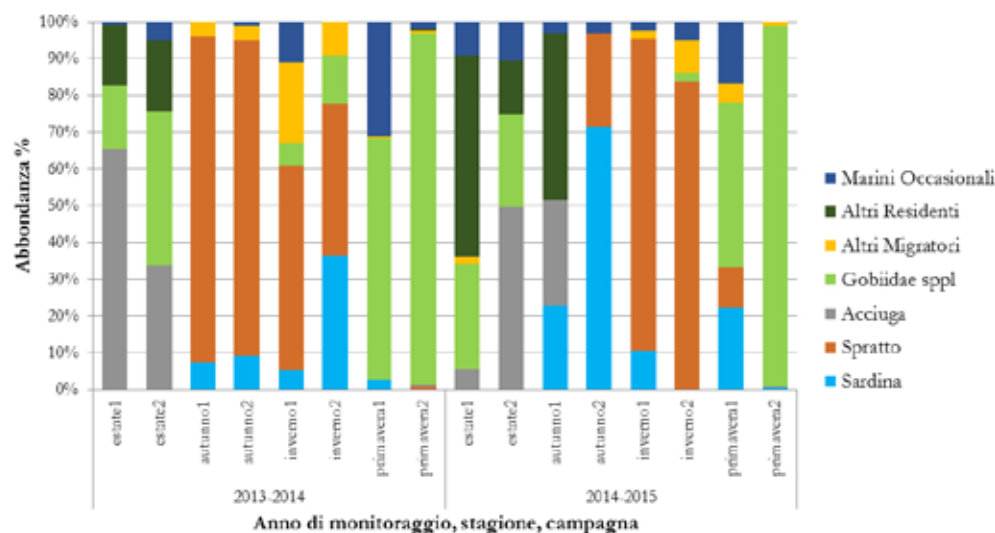


7. Abbondanze percentuali calcolate sulle densità totali di uova, cumulando i dati per stazione, separatamente per ciclo di monitoraggio.

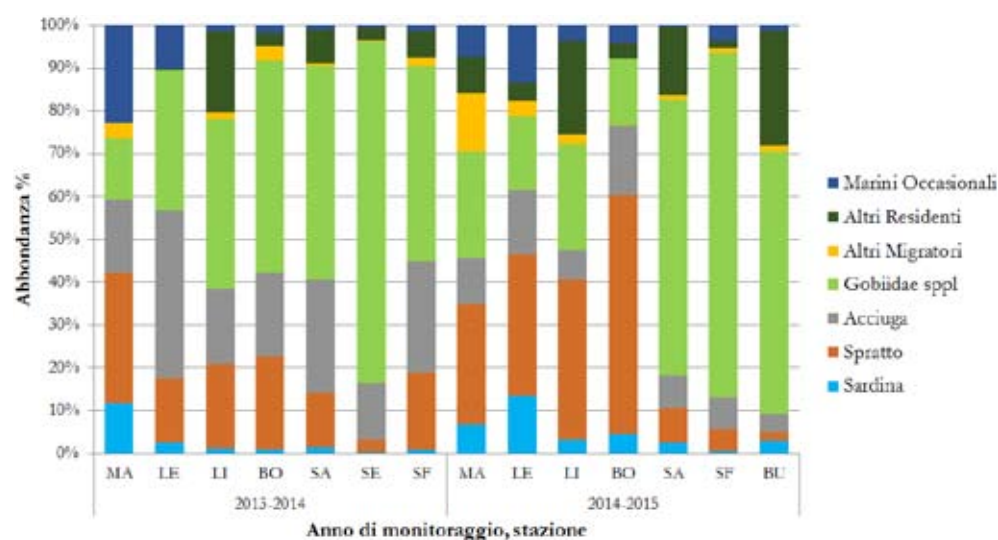


8. Densità medie del popolamento ittico totale e della componente rappresentata dai taxa marini (MM+MS) calcolate per campagna (A) e per stazione (B), separatamente per ciascun ciclo di monitoraggio. I numeri dopo le stagioni indicano la campagna di campionamento.

9. Abbondanze percentuali calcolate sulle densità totali delle larve, cumulando i dati per campagna, separatamente per ciclo di monitoraggio. I numeri dopo le stagioni indicano la campagna di campionamento.



10. Abbondanze percentuali calcolate sulle densità totali delle larve, cumulando i dati per stazione, separatamente per ciclo di monitoraggio.



In entrambi i periodi di studio, ma in particolare nel secondo ciclo, si osserva un trend di progressiva diminuzione dell'importanza delle larve dei taxa residenti passando dalle stazioni lagunari a quelle marine, con un aumento corrispondente dell'abbondanza percentuale dei taxa marini (migratori e occasionali) (figura 10).

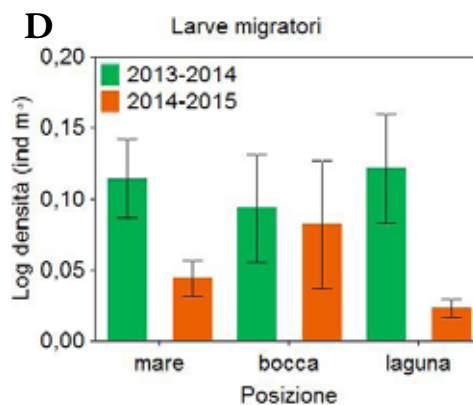
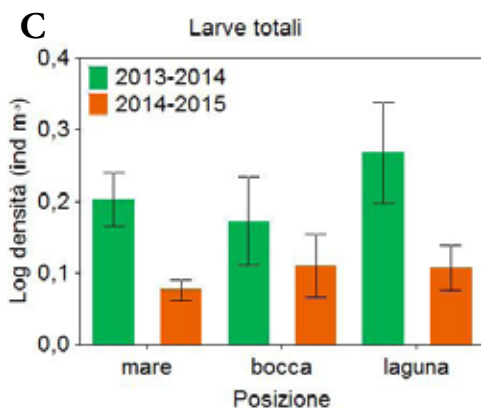
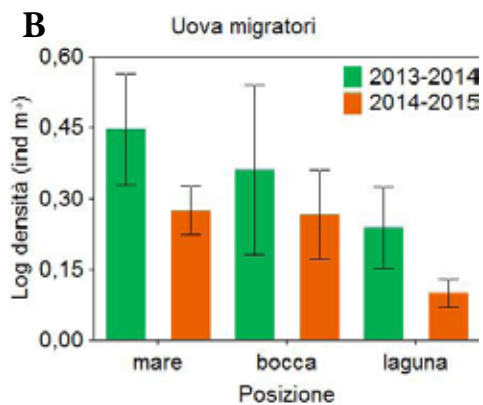
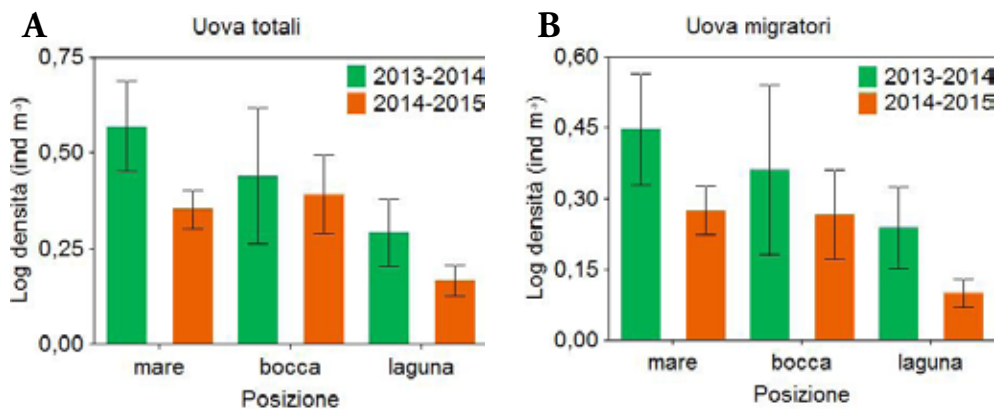
Per evidenziare eventuali differenze di distribuzione dell'ittioplancton tra il mare e la laguna, sono stati confrontati i dati medi annuali di densità dopo aver raggruppato le stazioni sulla base della loro posizione relativamente alla bocca di porto.

Nel caso delle densità di uova totali, i test effettuati mediante GLM hanno evidenziato differenze significative sia tra posizioni che tra i due periodi di monitoraggio (tabella 3): le densità sono risultate sempre minori nelle stazioni lagunari, rispetto a quelle di bocca e di mare, e nel secondo ciclo rispetto al primo ciclo di indagine (figura 11A). Lo stesso pattern è evidenziabile se si considerano le densità delle uova dei soli migratori marini (figura 11B, tabella 3).

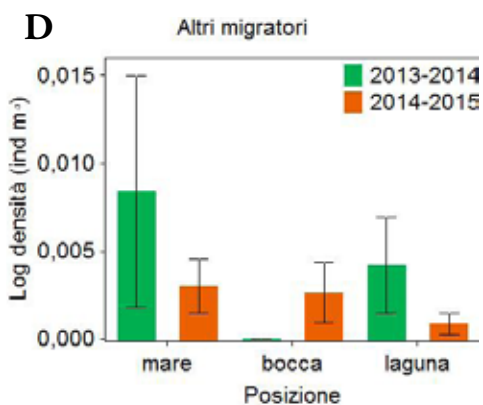
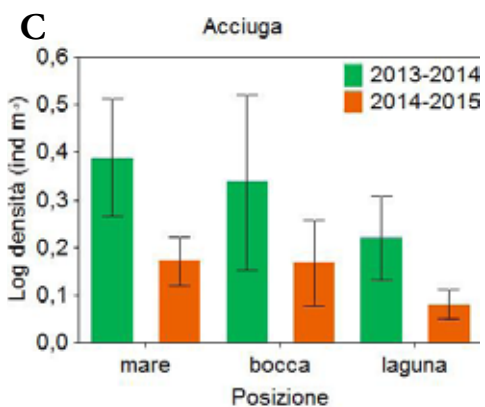
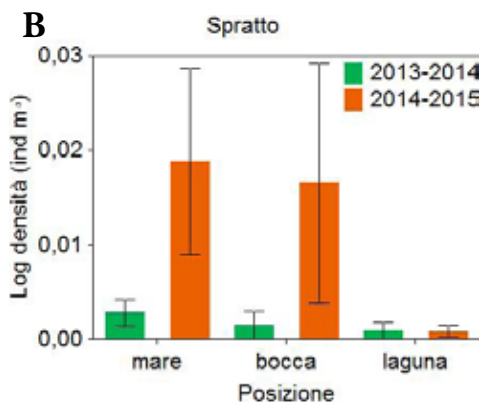
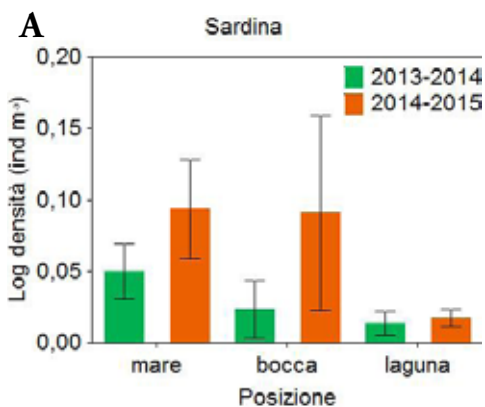
Differenze significative fra le posizioni e fra i due anni di indagine sono state osservate

Tabella 3. Risultati del test chi-quadro sulla devianza per i GLM per i confronti tra cicli di monitoraggio e posizioni, effettuato sulle densità di uova e larve relativamente all'intero popolamento e alla sola componente dei migratori marini * = test significativo per $P < 0.05$, n.s. = test non significativo.

Fattore	Uova totali	Uova Migratori	Larve totali	Larve migratori
Posizione	*	*	*	n.s.
Ciclo	*	*	*	*
PosizionexCiclo	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

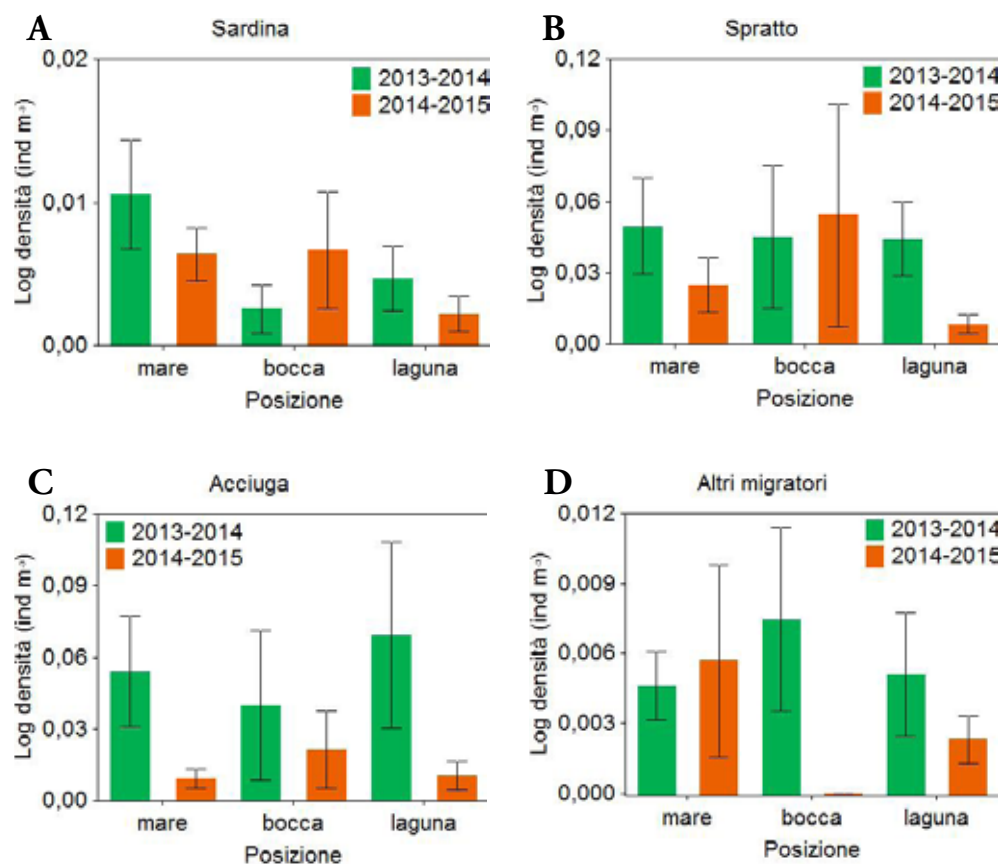


11. Densità medie (\pm E.S.) annuali delle uova e delle larve campionate nelle sette stazioni raggruppate in base alla posizione: mare (MA, LE, LI), bocca (BO), laguna (2013/2014: SA, SE, SF; 2014/2015: SA, SF, BU).



12. Densità medie (\pm E.S.) annuali delle uova dei taxa di migratori marini, campionati nelle sette stazioni raggruppate per posizione: mare (MA, LE, LI), bocca (BO), laguna (2013/2014: SA, SE, SF; 2014/2015: SA, SF, BU).

13. Densità medie (\pm E.S.) annuali delle larve dei taxa migratori marini, campionate nelle sette stazioni raggruppate per posizione: mare (MA, LE, LI), bocca (BO), laguna (2013/2014: SA, SE, SF; 2014/2015: SA, SF, BU).



anche per le densità totali di larve (figura 11C, tabella 3), con densità maggiori in laguna e nel primo rispetto al secondo periodo di indagine. Infine, nel caso delle larve dei soli migratori marini, le differenze sono risultate significative fra cicli ma non fra posizioni, con densità maggiori nel primo ciclo di monitoraggio (figura 11D, tabella 3). Il confronto delle densità fra posizioni e fra anni è stato effettuato anche per le tre specie di migratori giovanili che sono risultate più abbondanti in entrambi gli anni di monitoraggio. Nel caso delle uova di sardina le densità sono risultate significativamente maggiori in mare piuttosto che in laguna, mentre non sono state osservate differenze significative fra i due periodi di indagine (figura 12A, tabella 4). Differenze interannuali significative sono invece evidenziabili per le uova di acciuga, con densità maggiori nel primo ciclo di monitoraggio; in questo caso però, non sono osservabili differenze fra le posizioni (figura 12C, tabella 4). Invece, non sono state rilevate differenze significative nella distribuzione delle uova di spratto, né in termini di posizione né in termini di anno di indagine (figura 12B, tabella 4).

Tabella 4. Risultati del test chi-quadro sulla devianza per i GLM per i confronti tra cicli di monitoraggio e posizioni, effettuato sulle densità di uova di migratori marini relativamente ai taxa rinvenuti con le abbondanze maggiori. * = test significativo per $P < 0.05$, n.s. = test non significativo.

Per quanto riguarda invece la distribuzione delle larve, sono evidenziabili differenze significative soltanto nel caso di acciuga e limitatamente al confronto fra anni: con densità maggiori nel primo rispetto al secondo ciclo di indagine (figura 13C, tabella 5). Infine, sono stati calcolati e confrontati gli indici di colonizzazione per i due periodi di monitoraggio, separatamente per le uova e per le larve (figura 14). L'indice è stato calcolato per il popolamento totale, per l'intera componente dei migratori marini e per i

Fattore	Sardina	Spratto	Acciuga	Altri migratori
Posizione	*	n.s.	n.s.	n.s.
Ciclo	n.s.	n.s.	*	n.s.
Posizione x Ciclo	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Fattore	Sardina	Spratto	Acciuga	Altri migratori
Posizione	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Ciclo	n.s.	n.s.	*	n.s.
PosizionexCiclo	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

taxa di migratori presenti con le densità maggiori. Nel caso delle uova, l'indice di colonizzazione è risultato sempre inferiore a 0.5, mentre per le larve l'indice di è risultato superiore a 0.5 nel caso dell'intero popolamento, come conseguenza del contributo dei taxa residenti. Nel caso dei taxa migratori marini sono stati osservati valori dell'indice di colonizzazione superiori a 0,5 (accumulo relativo di larve nelle acque lagunari) in entrambi i cicli di monitoraggio soltanto nel caso dell'acciuga (figura 14B). La componente dei migratori marini nel suo complesso non sembra invece mostrare una preferenza né per le acque marine né per quelle lagunari.

Monitoraggio delle forme postlarvali e giovanili

L'analisi dei campioni raccolti monitoraggio nel 2013-2014 ha portato all'identificazione di 34 specie ittiche, mentre nel 2014-2015 le specie ittiche identificate sono state 32, alle quali si devono però aggiungere due taxa (post-larve di Blenniidae e di Gobiidae) per i quali non si è riusciti a spingere l'identificazione oltre il livello di famiglia (tabella 6). Nel complesso le specie in comune ad entrambi i cicli di monitoraggio sono risultate 25. Durante il secondo periodo di studio non sono stati campionati individui di *Gobius niger*, *Gobius paganellus*, *Zosterisessor ophiocephalus*, *Chelon labrosus*, *Sciaena umbra*, *Buglossidium luteum*, *Monochirus hispidus*, *Diplodus puntazzo* ed *Hippocampus guttulatus*, mentre sono stati rinvenuti individui di *Arnoglossus kessleri*, *Pomatoschistus canestrini*, *Gaidropsarus* sp., *Mugil cephalus*, *Pomatomus saltatrix*, *Solea solea* e *Boops boops*, non rinvenuti nel primo ciclo di indagine.

Considerando i soli migratori marini, le specie presenti in entrambi i cicli di monitoraggio sono state 11, a cui si devono aggiungere *C. labrosus* nel primo ciclo, *Mugil cephalus* e *S. solea* nel secondo ciclo (tabella 6).

Dei 43 taxa campionati durante i due anni di monitoraggio, il 33% apparteneva alla guild dei migratori marini (figura 15), mentre il 39% ed il 28% rispettivamente alla guild dei residenti e dei marini occasionali (tabella 6).

Nel primo ciclo di indagine sono stati osservati valori di densità relativamente bassi durante i campionamenti estivi ed autunnali (figura 16A), con una dominanza nel popolamento ittico delle specie residenti (figura 17). Il picco di densità è stato rilevato a fine primavera (figura 16A), quando gli habitat di basso fondale sono stati colonizzati dai giovanili di migratori marini: soprattutto cefali (*Liza aurata*, *L. ramada* e, in misura minore, *L. saliens*) e orata (figura 17). Il picco assoluto di densità è stato osservato nel secondo

Tabella 5. Risultati del test chi-quadro sulla devianza per i GLM per i confronti tra cicli di monitoraggio e posizioni, effettuato sulle densità di larve di migratori marini relativamente ai taxa rinvenuti con le abbondanze maggiori. * = test significativo per $P < 0.05$, n.s. = test non significativo.

14. Confronto fra l'indice di colonizzazione delle uova (A) e delle larve (B), calcolato per i due anni di monitoraggio. Vengono considerati il popolamento totale, il totale dei migratori marini, i singoli taxa più abbondanti di migratori marini e i taxa di migratori meno abbondanti raggruppati assieme (altri migratori).

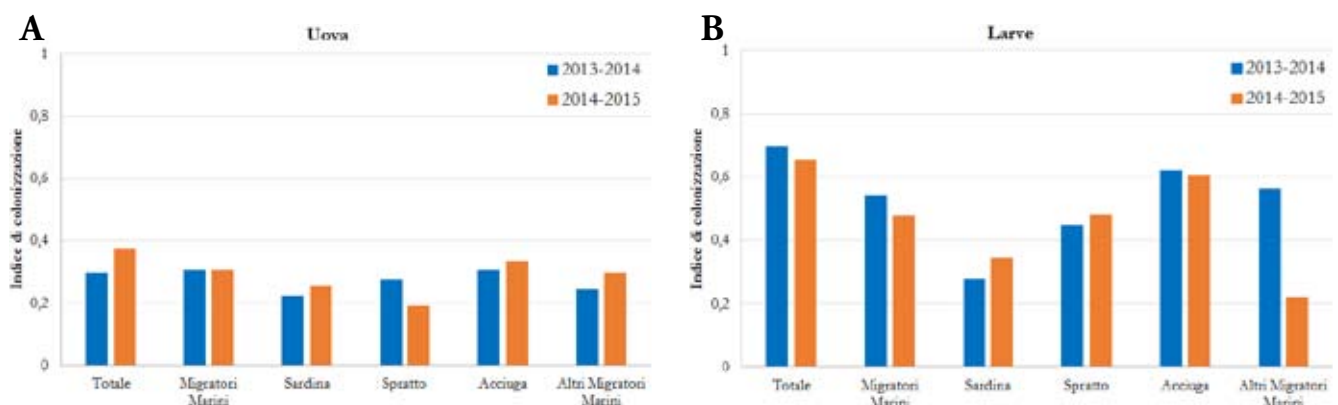
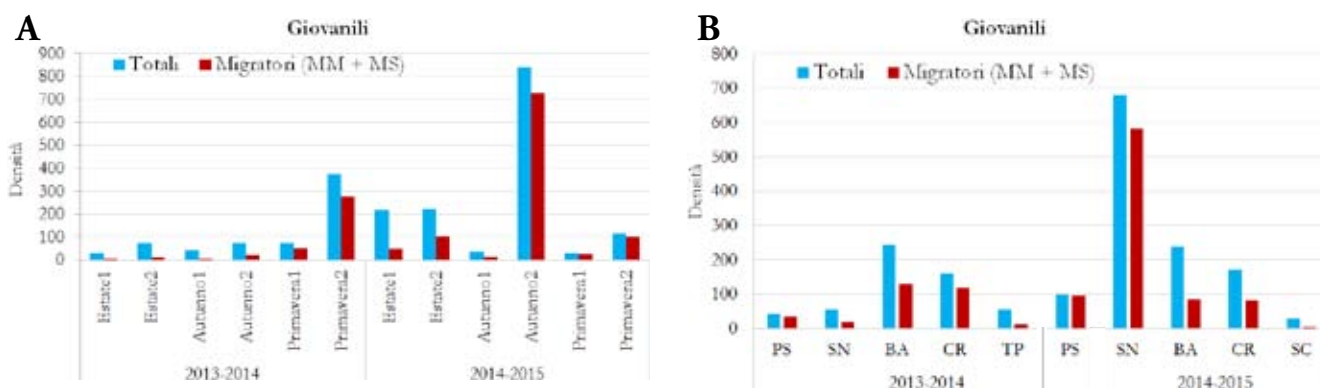


Tabella 6. Lista dei taxa di teleostei catturati durante di due anni di monitoraggio con la sciabica. In grassetto sono evidenziati i migratori marini.

FAMIGLIA	SPECIE	Guild	SIGLA	2013-2014	2014-2015
Atherinidae	<i>Atherina boyeri</i>	R	ABO	X	X
Belonidae	<i>Belone belone</i>	MM	BBE	X	X
Blenniidae	<i>Salaria pavo</i>	R	SPA	X	X
Blenniidae	Post-larva Blenniidae	R			X
Bothidae	<i>Arnoglossus kessleri</i>	MS	AKE		X
Callionymidae	<i>Callionymus risso</i>	MS	CRI	X	X
Clupeidae	<i>Sardina pilchardus</i>	MM	SPI	X	X
Clupeidae	<i>Sprattus sprattus</i>	MM	SSP	X	X
Cyprinodontidae	<i>Aphanius fasciatus</i>	R	APFA	X	X
Engraulidae	<i>Engraulis encrasicolus</i>	MM	EEN	X	X
Gobiidae	<i>Gobius niger</i>	R	GNI	X	
Gobiidae	<i>Gobius paganellus</i>	R	GPA	X	
Gobiidae	<i>Knipowischia panizgae</i>	R	KPA	X	X
Gobiidae	<i>Pomatoschistus canestrini</i>	R	PCA		X
Gobiidae	<i>Pomatoschistus marmoratus</i>	R	PMA	X	X
Gobiidae	<i>Pomatoschistus minutus</i>	MM	PMI	X	X
Gobiidae	<i>Zosterisessor ophiocephalus</i>	R	ZOP	X	
Gobiidae	Post-larva Gobiidae	R			X
Lotidae	<i>Gaidropsarus</i> sp.	MS	GBI		X
Moronidae	<i>Dicentrarchus labrax</i>	MM	DLA	X	X
Mugilidae	<i>Chelon labrosus</i>	MM	CLA	X	
Mugilidae	<i>Liza aurata</i>	MM	LAU	X	X
Mugilidae	<i>Liza ramada</i>	MM	LRA	X	X
Mugilidae	<i>Liza saliens</i>	MM	LSA	X	X
Mugilidae	<i>Mugil cephalus</i>	MM	MCE		X
Mullidae	<i>Mullus surmuletus</i>	MM	MSU	X	X
Poeciliidae	<i>Gambusia holbrooki</i>	R	GHO	X	X
Pomatomidae	<i>Pomatomus saltatrix</i>	MS	PSA		X
Sciaenidae	<i>Sciaena umbra</i>	MS	SUM	X	
Sciaenidae	<i>Umbrina cirrosa</i>	MS	UCI	X	X
Scophthalmidae	<i>Scophthalmus rhombus</i>	MS	SRH	X	X
Soleidae	<i>Buglossidium luteum</i>	MS	BLU	X	
Soleidae	<i>Monochirus hispidus</i>	MS	MHI	X	
Soleidae	<i>Solea solea</i>	MM	SSO		X
Sparidae	<i>Boops boops</i>	MS	BBO		X
Sparidae	<i>Diplodus puntazzo</i>	MS	DPU	X	
Sparidae	<i>Sparus aurata</i>	MM	SAU	X	X
Syngnathidae	<i>Hippocampus guttulatus</i>	R	HGU	X	
Syngnathidae	<i>Nerophis ophidion</i>	R	NOP	X	X
Syngnathidae	<i>Syngnathus abaster</i>	R	SAB	X	X
Syngnathidae	<i>Syngnathus taenionotus</i>	R	STA	X	X
Syngnathidae	<i>Syngnathus typhle</i>	R	STY	X	X
Triglidae	<i>Chelidonichthys lucerna</i>	MS	CLU	X	X

15. Giovanili di acciuga (particolare del capo)(A), sogliola (B) e orata (C).





campionamento autunnale del 2015 (figura 16A), quando il popolamento ittico è risultato dominato dalle postlarve di sardina (figura 17). Anche durante il secondo ciclo di indagine, i campioni estivi sono risultati dominati dalle reclute delle specie residenti e quelli primaverili dai giovanili delle specie marine migratrici (figura 17). Nel primo ciclo di monitoraggio, le densità medie più elevate sono state osservate nelle stazioni lagunari BA e CR (figura 1); nel secondo ciclo invece, le densità medie sia del popolamento totale che della sola componente marina (MM+MS) sono risultate di gran lunga maggiori in una delle due stazioni fuori della bocca di porto (SN; figura 16B).

Tra le specie residenti, presenti nei campioni in differenti stadi di sviluppo (postlarve, giovanili e adulti), quelle maggiormente rappresentate nei campioni sono risultate essere il nono, che caratterizza il popolamento ittico in estate e in autunno, e il latterino, presente in tutte le stagioni in entrambi i cicli di indagine (figura 17). Mentre il nono è stato campionato esclusivamente nelle stazioni lagunari, il latterino è stato rinvenuto in tutte le stazioni di indagine (figura 18).

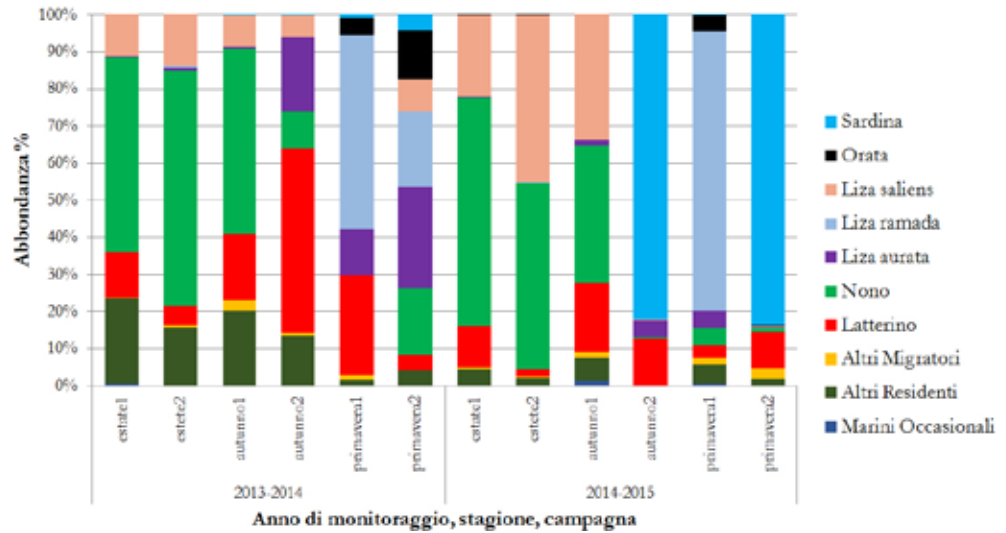
Solo alcune specie di migratori marini sono risultate presenti negli habitat di basso fondale con abbondanze significative. I giovanili di *L. aurata* hanno contribuito a caratterizzare il popolamento ittico in autunno e in primavera (figura 17); se si considera l'intero biennio di monitoraggio, questo mugilide è stato rinvenuto in tutte le stazioni di indagine (figura 18). Le presenze di *L. ramada* sono risultate limitate ai campioni primaverili (figura 17); questa specie ha contribuito a caratterizzare il popolamento ittico delle stazioni CR (primo ciclo di monitoraggio) e PS (primo e secondo ciclo) (figura 18). Anche gli avannotti di orata sono risultati colonizzare le aree di basso fondale durante i mesi primaverili (figura 17). I giovanili di *L. saliens* sono stati invece rinvenuti nei campioni dalla tarda primavera all'autunno (figura 17); le presenze di questo mugilide sono risultate caratterizzare soprattutto le stazioni lagunari BA e CR (figura 18). Infine, le presenze di postlarve e giovanili di sardina sono risultate dominare il popolamento ittico delle stazioni marine (PS e SN) nel tardo autunno e nella tarda primavera del secondo periodo di indagine (figura 17, 18).

Altre specie di migratori marini giovanili (*Belone belone*, *C. labrosus*, *D. labrax*, *E. encrasicolus*, *M. cephalus*, *Mullus surmuletus*, *Pomatoschistus minutus*, *S. sprattus* e *S. solea*; raggruppati come "altri migratori" nelle figure 17 e 18) sono stati rinvenuti soltanto occasionalmente nelle stazioni di basso fondale e con bassi valori di densità.

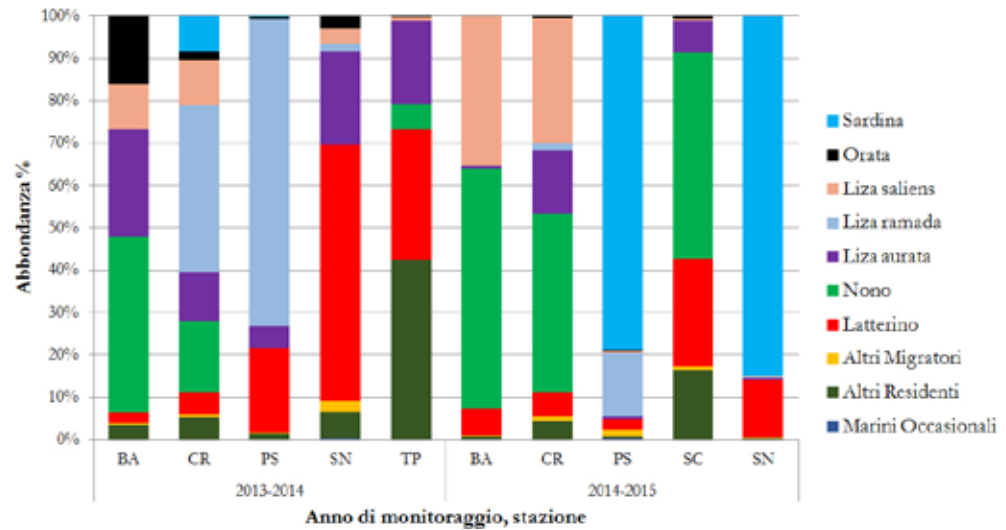
Come per le uova e le larve, anche per i giovanili sono stati confrontati i dati medi annuali di densità dopo aver raggruppato le stazioni sulla base della posizione ("mare" e "laguna") (figura 19). Sia nel caso dell'intero popolamento ittico, sia considerando le densità totali dei soli migratori marini, risulta significativa l'interazione tra posizione ed anno (tabella 7). Sono stati osservati valori medi maggiori nelle stazioni lagunari rispetto a quelle marine, in entrambi i cicli di monitoraggio nel caso delle densità totali, soltanto nel primo ciclo di studio nel caso dei migratori giovanili (figura 19).

16. Densità medie (ind 100 m⁻²) del popolamento ittico totale e della componente rappresentata dai giovanili di taxa marini (MM+MS) calcolate per campagna (A) e per stazione (B), separatamente per ciascun ciclo di monitoraggio. I numeri dopo le stagioni indicano la campagna di campionamento.

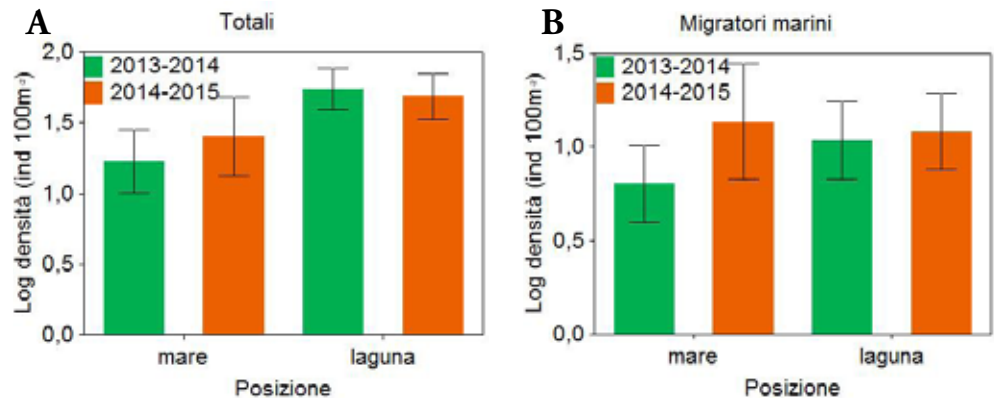
17. Abbondanze percentuali calcolate sulle densità totali dei campioni di sciabica, cumulando i dati per campagna, separatamente per ciclo di monitoraggio. I numeri dopo le stagioni indicano la campagna di campionamento.



18. Abbondanze percentuali calcolate sulle densità totali dei campioni di sciabica, cumulando i dati per stazione, separatamente per ciclo di monitoraggio.



19. Confronto dei campionamenti con sciabica tra i due cicli di monitoraggio delle densità medie (\pm E.S.) totali e dei soli migratori giovanili calcolate dopo aver raggruppato le stazioni per posizione: mare (PS e SN) e laguna (2013/2014: BA, CR, TP; 2014/2015: BA, CR, SC).

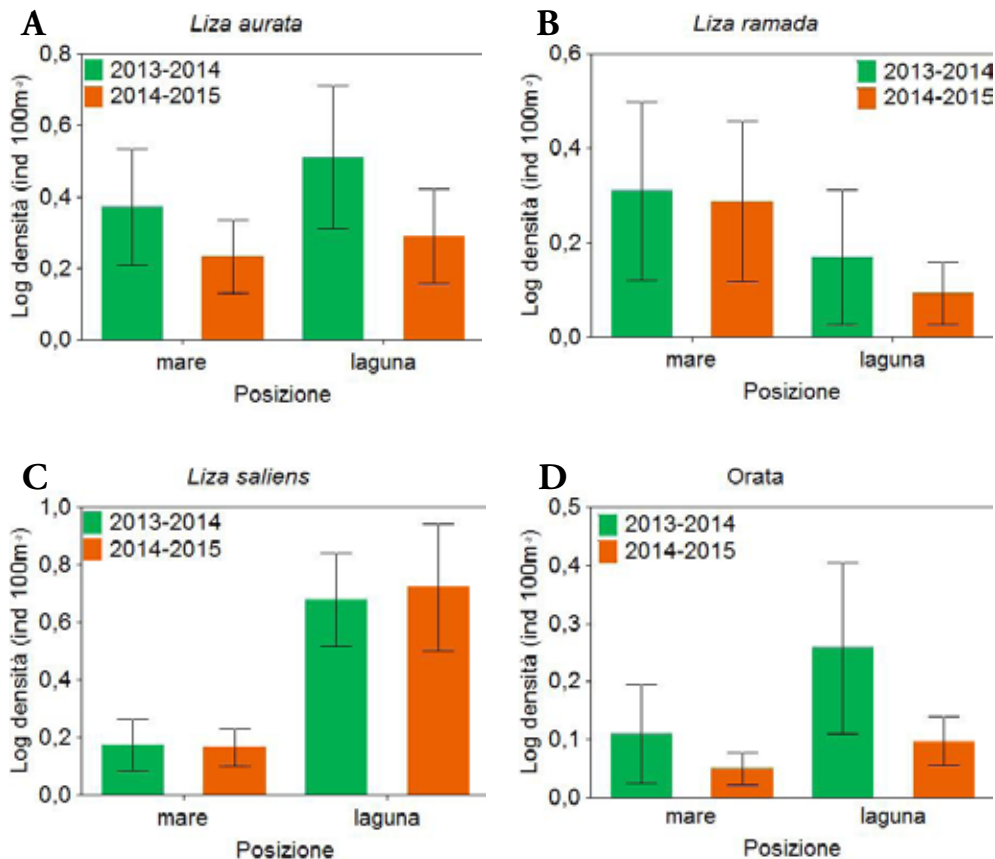


Fattore	Densità Totali	Densità Migratori Marini	<i>L. aurata</i>	<i>L. ramada</i>	<i>L. saliens</i>	Orata
Posizione	n.s.	n.s.	*	n.s.	*	n.s.
Ciclo	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
PosizionexCiclo	*	*	n.s.	*	n.s.	*

Tabella 7. Risultati del test chi-quadro sulla devianza per i GLM per i confronti tra cicli di monitoraggio e posizioni, effettuato sulle densità dell'intero popolamento neotonico e su quelle dei migratori marini (in toto e specie più significative). * = test significativo per $P < 0,05$, n.s. = test non significativo.

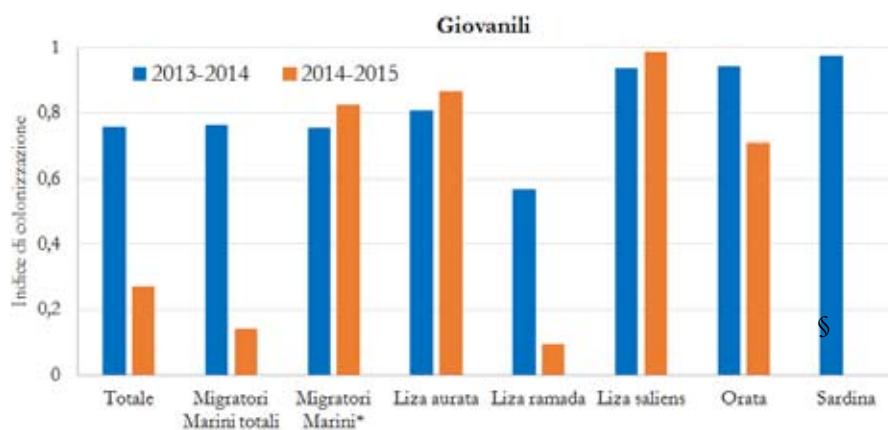
Sono state inoltre indagate le differenze tra posizioni e tra cicli di monitoraggio relativamente alle specie di migratori marini che sono state rinvenute nei campioni con le maggiori abbondanze (figura 20, tabella 7). Sia nel caso di *L. saliens* che di *L. aurata*, le densità sono risultate significativamente maggiori in laguna piuttosto che in mare, in entrambi i periodi annuali di indagine (tabella 7, figura 20C, A). Nel caso di *L. ramada* e di orata, è risultata invece significativa l'interazione tra posizione ed anno (tabella 7). Per quanto riguarda *L. ramada*, si osservano densità maggiori in mare in entrambi gli anni di indagine, ma queste differenze fra posizioni risultano più accentuate nel secondo ciclo di monitoraggio (figura 20B). Infine, le densità di orata sono risultate maggiori in laguna rispetto al mare in entrambi i cicli annuali di monitoraggio; nel complesso, le densità di questa specie sono risultate maggiori nel primo rispetto al secondo ciclo annuale (figura 20D).

Infine, sono stati calcolati gli indici di colonizzazione per i due periodi di monitoraggio, considerando le abbondanze dell'intero popolamento, le abbondanze totali di migratori marini e le abbondanze dei taxa più abbondanti di migratori giovanili (figura 21). L'indice di colonizzazione risulta molto condizionato dalle densità eccezionalmente elevate di postlarve di sardina riscontrate nelle stazioni marine a fine autunno e in tarda primavera nel secondo ciclo annuale di monitoraggio (2014-2015 in figura 21). L'indice di colonizzazione relativo alle densità dei migratori, ricalcolato dopo aver escluso la sardina, porta infatti ad ottenere valori dell'indice superiori a 0,5 e confrontabili con quelli



20. Confronto tra i due cicli di monitoraggio delle densità medie (\pm E.S.) delle specie di migratori giovanili più rappresentative calcolate dopo aver raggruppato le stazioni per posizione.

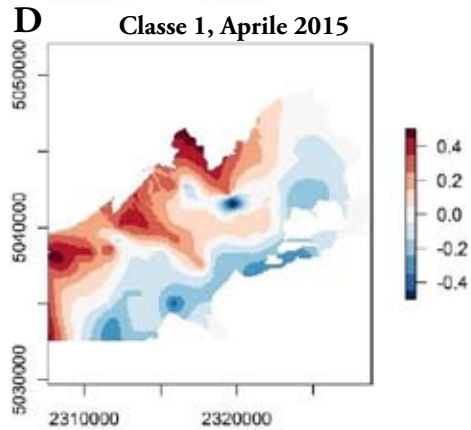
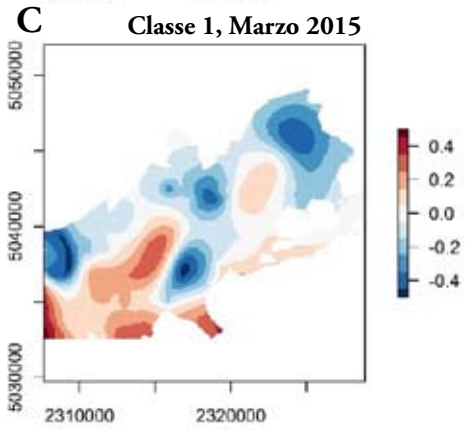
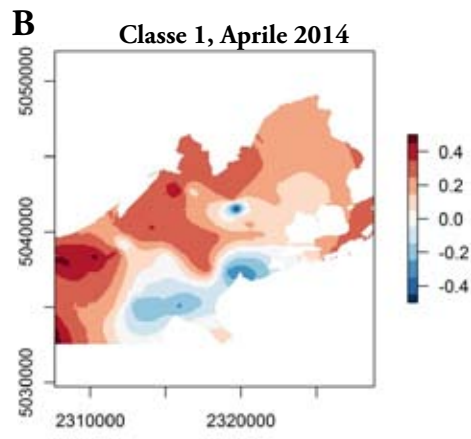
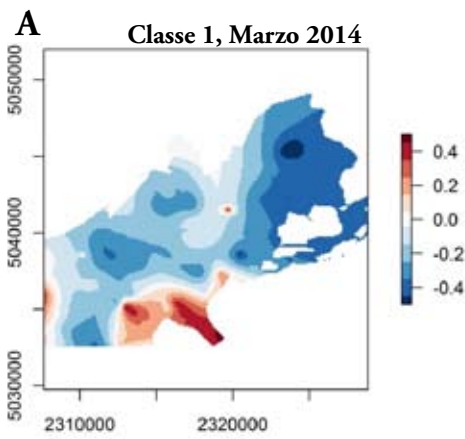
21. Confronto fra gli indici di colonizzazione relativi al popolamento di basso fondale calcolati per i due anni di monitoraggio. Vengono considerati il popolamento totale, il totale dei migratori marini con e senza (*) la sardina, i singoli taxa più abbondanti di migratori giovanili. Il valore dell'indice per la sardina nel secondo anno di monitoraggio (§) non risulta visibile in nel grafico in quanto uguale a 0.0001.



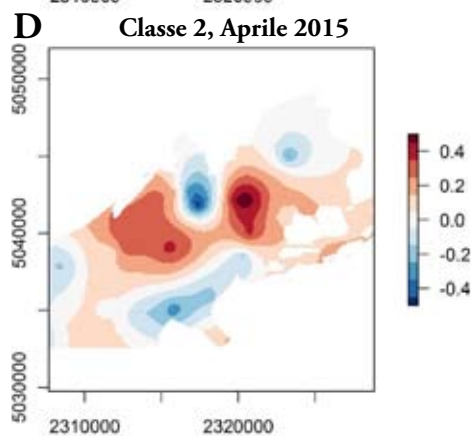
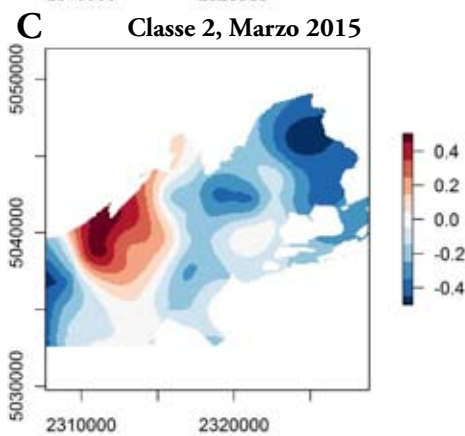
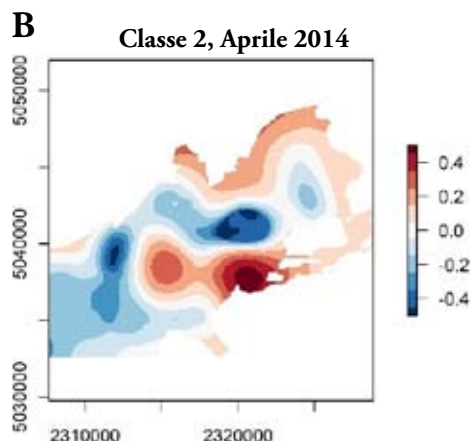
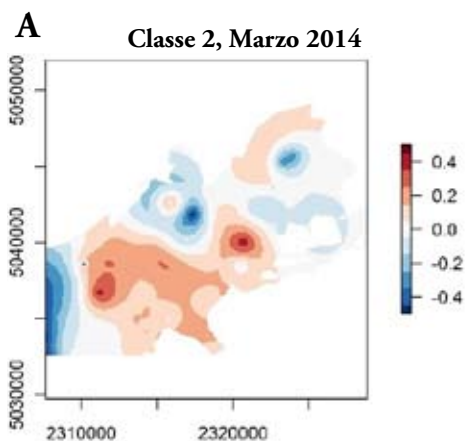
osservati nel primo ciclo di indagine (2013-2014 in figura 21). Se si considerano i singoli taxa più abbondanti, si osserva un complessivo accumulo di individui in laguna per entrambi i cicli di monitoraggio nel caso di *L. aurata*, *L. saliens* e orata. Per *L. ramada* e la sardina si osserva invece un pattern diverso nei due periodi, con valori dell'indice superiori a 0,5 nel primo ciclo e valori invece molto bassi nel secondo ciclo di monitoraggio (figura 21).

Applicazione dei modelli di distribuzione dell'habitat

Le mappe interpolate dei parametri ambientali rilevati nelle campagne primaverili 2014 e 2015 sono state utilizzate come input per i modelli di distribuzione, producendo mappe di distribuzione potenziale (probabilità di presenza stimata dai modelli di distribuzione). Queste stime, che rappresentano una quantificazione dell'idoneità dell'habitat alla luce delle condizioni ambientali, sono state ottenute per ciascuna campagna di rilievo dei parametri ambientali (5 occasioni di campionamento). Queste mappe sono state combinate in rappresentazioni medie mensili (marzo e aprile) per ciascun ciclo di indagine. Sono state poi analizzate le variazioni di ogni distribuzione mensile rispetto alla distribuzione media calcolata per il periodo di riferimento (2001-2012). Per quanto riguarda i giovanili di orata, le differenze riscontrate rispetto al periodo di riferimento sono state visualizzate come anomalie nella probabilità di presenza: un'anomalia positiva (in rosso sulle mappe) indica condizioni più favorevoli, mentre valori negativi (in blu) evidenziano condizioni meno idonee rispetto alle condizioni medie. Le anomalie delle probabilità di presenza per l'orata di dimensioni inferiori a 20 mm sono presentate in figura 22. In entrambi gli anni di monitoraggio, la bontà delle condizioni ambientali (stimata attraverso la probabilità di presenza predetta dal modello di distribuzione) a marzo risulta generalmente inferiore rispetto a quella del periodo di riferimento nella maggior parte del bacino nord. Rappresenta un'eccezione la zona a maggiore influenza marina in prossimità della bocca di porto di Lido e la parte meridionale del bacino nord, dove la probabilità di presenza è risultata più elevata rispetto alla media 2001-2012. In particolare, per quanto riguarda il 2015, si può evidenziare che in marzo la probabilità di presenza media delle orate più piccole è più bassa rispetto a quella del periodo 2001-2012 in tutta la parte più prossima alla gronda e nella zona della bocca di porto, nei pressi di Sant'Erasmo, mentre le aree del canale portuale vero e proprio e le zone a sud di Venezia mostrano una probabilità di presenza più elevata rispetto alla media (figura 22C). La situazione si inverte in aprile rispetto a quanto riscontrato a marzo, con condizioni più favorevoli in tutte le zone a medio-alto livello di confinamento e una probabilità di presenza di poco inferiore alla media nella zona della bocca di porto, in entrambi i periodi di indagine. Confrontando i risultati dei due anni



22. Anomalia delle probabilità di presenza per l'orata appartenenti alla classe 1 (< 20 mm) a marzo (A) e ad aprile (B) del 2015 e di quelle appartenenti alla classe 1 a marzo (C) e ad aprile (D) del 2015 (differenza tra il 2014 e il 2015 rispetto al periodo 2001-2012).

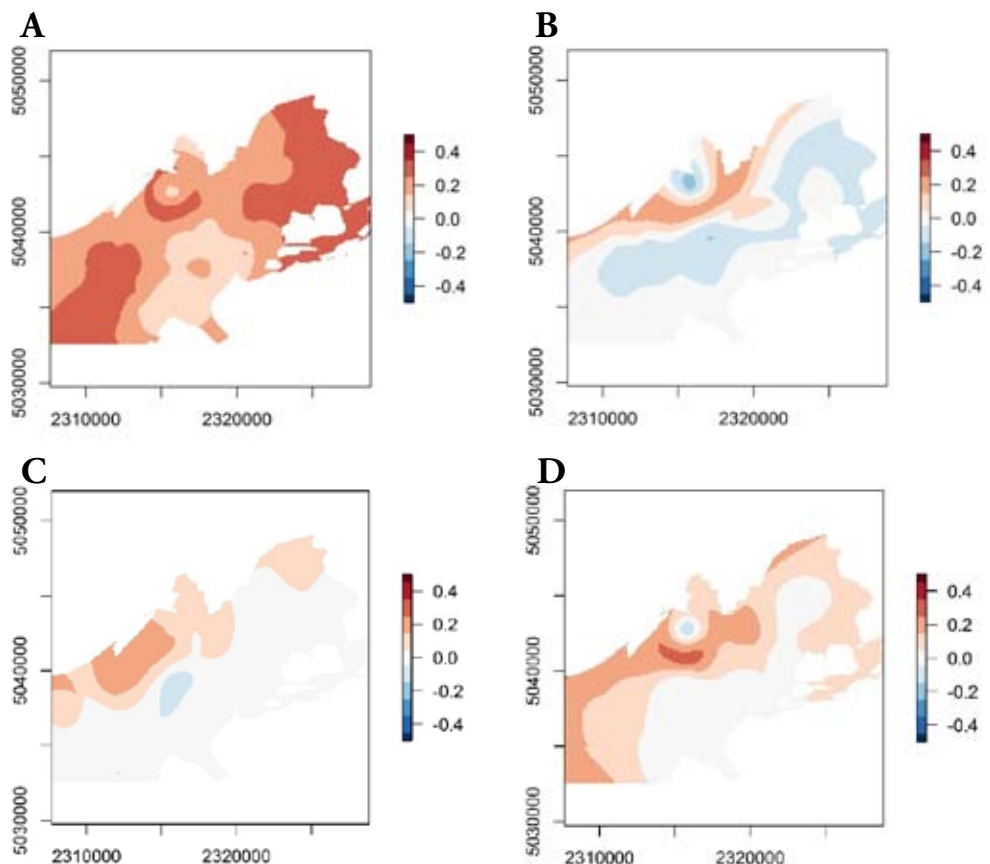


23. Anomalia delle probabilità di presenza per l'orata appartenenti alla classe 2 (> 20 mm) a marzo (a) e ad aprile (b) del 2014 e di quelle appartenenti alla classe 2 a marzo (c) e ad aprile (d) del 2015 (differenza tra il 2014 e il 2015 rispetto al periodo 2001-2012).

considerati, si nota come nel 2015 l'estensione delle aree idonee per le orate di minor dimensioni sia maggiore a marzo, e più concentrata nelle aree vicine alla gronda lagunare in aprile.

Per gli avannotti di orata di maggiori dimensioni, situazioni maggiormente favorevoli rispetto al periodo di riferimento sono state osservate in marzo 2014 e aprile 2015 (figura 23). In particolare, a marzo 2015 (figura 23C) la situazione sembra essere stata meno favorevole per le orate della seconda classe dimensionale a marzo (ad eccezione della zona tra Venezia e Tessera, che mostra valori di probabilità di presenza nettamente superiori a quelli medi del periodo di riferimento), mentre ad aprile dello stesso anno le aree a vocazionalità più elevata rispetto alla media hanno un'estensione maggiore rispetto a quanto riscontrato nello stesso mese del primo anno di monitoraggio (2014; figura 23B e D).

Per quanto riguarda i giovanili di passera, in figura 24 sono riportate le anomalie della probabilità di presenza nei mesi di marzo e aprile del 2014 e del 2015. In generale, le zone più confinate e prossime alla gronda lagunare, che sono le zone le più favorevoli ai giovanili di questa specie (Franco *et al.*, 2010; Zucchetta *et al.*, 2010), hanno una probabilità di presenza più elevata rispetto alla situazione media di riferimento. Emergono, tuttavia, delle differenze tra i due cicli di monitoraggio. Nel 2014, infatti, in marzo si registrano condizioni più favorevoli rispetto alla situazione media in tutto il sottobacino settentrionale, mentre ad aprile la probabilità di cattura di giovanili di passera è di poco più elevata della media nelle zone più confinate e influenzate dall'apporto di acque dolci, mentre risulta un po' più bassa della media nel resto del bacino. Nel 2015, invece, sia in marzo che in aprile si osserva un pattern simile: le condizioni ambientali sono più favorevoli della media nelle zone di gronda e risultano in linea con quanto atteso nelle zone a maggior afflusso marino.



24. Anomalia delle probabilità di presenza per la passera a marzo 2014 (A), aprile 2014 (B), marzo 2015 (C), aprile 2015 (D) (differenza con il periodo 2001-2012).

Discussione e conclusioni

Nelle due tabelle seguenti sono esposti i calendari di comparsa rispettivamente di uova (tabella 8) e larve (tabella 9) nel popolamento ittioplanctonico della laguna di Venezia, comparando le informazioni reperibili in letteratura (Spartà, 1942; Varagnolo, 1964; Schreiber *et al.*, 1979; Ziraldo, 1996) con quelle relative al presente studio. Date le differenze nelle modalità e nelle periodicità di campionamento tra i diversi studi, questi confronti sono da ritenersi come soltanto indicativi.

Per quanto riguarda le uova (tabella 8), i dati ottenuti nell'ambito del primo (2013-2014) e del secondo ciclo (2014-2015) di monitoraggio sono stati confrontati con le informazioni riportate in Varagnolo (1964) e Ziraldo (1996). Nel complesso, si osserva una sovrapposizione dei calendari di comparsa delle uova dei diversi taxa nel plancton: specie migratrici come l'acciuga e lo spratto compaiono in laguna di Venezia quasi negli stessi periodi e anche altri taxa, come Gadidae, Callionymidae, Trachinidae e Soleidae, sono presenti negli stessi mesi in cui erano stati rinvenuti negli studi passati. Tuttavia in altri casi, ad esempio la sardina e la tracina, *Echiichthys vipera*, la presenza delle uova nel plancton campionato durante i monitoraggi risulta anticipata rispetto a quanto riscontrato in passato (Varagnolo, 1964; Ziraldo, 1996).

Nel caso delle larve (tabella 9), i calendari di comparsa dei diversi taxa risultano ancora più frammentari, principalmente come conseguenza sia della scarsità di informazioni pregresse che della periodicità stagionale dei campionamenti. Comunque, confrontando fra loro i due cicli annuali di monitoraggio, si osserva una sostanziale corrispondenza dei periodi di presenza per molti dei taxa rinvenuti.

L'analisi del popolamento ittioplanctonico rinvenuto in questi due anni di monitoraggio risulta in accordo sia con la composizione tassonomica di altre lagune costiere del Mar Mediterraneo (Perez-Ruzafa *et al.*, 2004), sia con i periodi riproduttivi di molte specie ittiche presenti in letteratura. I clupeidi (sardina e spratto), che in Mar Adriatico si riproducono durante la stagione autunnale ed invernale (Legovini, 2008; Teskeredzic, 1978; Tsikliras, 2010; Vucetic, 1971), sono stati catturati da ottobre a marzo per quanto riguarda le uova, e da ottobre ad aprile per quanto riguarda le larve (Ferreiro e Labarta, 1988). Anche per l'acciuga, presente in maniera considerevole nei campioni raccolti durante i periodi più caldi, i calendari di comparsa coincidono con i periodi riproduttivi presenti in letteratura (Ferreiro e Labarta, 1988; Whitehead *et al.*, 1988).

L'approccio adottato nel presente studio ha così permesso di ottenere un quadro maggiormente esaustivo rispetto alle conoscenze pregresse, evidenziando in particolare la esistenza di una marcata stagionalità nella composizione della comunità ittica, che vede le densità più elevate di taxa migratori nel periodo compreso tra il tardo inverno e la primavera, coerentemente con i cicli biologici delle specie campionate (Rossi, 1986; Rossi *et al.*, 1999).

I dati raccolti mostrano un significativo trasporto passivo all'interno della laguna, in entrambi gli anni di monitoraggio, di uova appartenenti a specie a riproduzione marina, come ad esempio acciughe, sardine e spratti. Nel caso dell'acciuga, è interessante segnalare la presenza di uova anche nella stazione più interna lungo il gradiente mare-laguna considerato. L'ingresso più significativo all'interno delle acque lagunari sembra però avvenire ad uno stadio più avanzato dello sviluppo ontogenetico (Perez-Ruzafa *et al.*, 2004). Oltre al trasporto passivo delle uova è stato infatti osservato un ancor più rilevante ingresso di larve, postlarve e soprattutto giovanili appartenenti a specie migratrici (ad esempio l'acciuga, la sardina, lo spratto, l'orata, la passera, le sogliole, i cefali) che, in entrambi i cicli di monitoraggio, si sono concentrati nelle acque lagunari con densità generalmente superiori a quelle registrate in mare, analogamente a quanto osservato per

Famiglia uova	Specie	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Clupeidae	<i>Sardina pilchardus</i>												
	<i>Sprattus sprattus</i>												
	<i>Sardinella aurita</i>												
Engraulidae	<i>Engraulis encrasicolus</i>												
Lotidae	<i>Gaidropsarus</i> sp.												
Gadidae	<i>Merlangius merlangus</i>												
	<i>Onos</i> sp.												
	<i>Trisopterus capelano</i>												
	Gadidae sp.												
Callionymidae	<i>Callionymus pusillus</i>												
	Callionymidae sp.												
Moronidae	<i>Dicentrarchus labrax</i>												
Sciaenidae	Sciaenidae sp.												
Sparidae	<i>Diplodus anularis</i>												
	<i>Diplodus puntazzo</i>												
	<i>Diplodus</i> sp.												
	<i>Litognathus mormyrus</i>												
	Sparidae sp.												
Trachinidae	<i>Echiichthys vipera</i>												
	<i>Trachinus draco</i>												
Mugilidae	<i>Liça saliens</i>												
	Mugilidae sp.												
Bothidae	<i>Arnoglossus laterna</i>												
	<i>Arnoglossus tbori</i>												
	<i>Arnoglossus</i> sp. pl.												
Scophthalmidae	<i>Scophthalmus rhombus</i>												
	<i>Psetta maxima</i>												
Pleuronectidae	<i>Platichthys flesus</i>												
Soleidae	<i>Microchirus variegatus</i>												
	<i>Buglossidium luteum</i>												
	<i>Pegusa impar</i>												
	<i>Pegusa</i> sp. pl.												
	<i>Solea solea</i>												
	<i>Solea</i> sp.												
Uranoscopidae	<i>Uranoscopus scaber</i>												
Mullidae	<i>Mullus barbatus</i>												
Carangidae	<i>Trachurus</i> sp.												
	<i>Trachurus trachurus</i>												
Labridae	<i>Coris julis</i>												
Ophidiidae	<i>Ophidium barbatum</i>												
Serranidae	<i>Serranus scriba</i>												
	<i>Serranus hepatus</i>												

Tabella 8. Confronto tra i calendari di comparsa di uova di teleostei marini nella laguna di Venezia. Rosso: Varagnolo (1966); Blu: Ziraldo (1996); Verde: B/9; Arancione: B/10.

Famiglia larve	Specie	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Atherinidae	<i>Atherina</i> sp.												
Clupeidae	<i>Sardina pilchardus</i>												
	<i>Sprattus sprattus</i>												
Engraulidae	<i>Engraulis encrasicolus</i>												
Serranidae	<i>Serranus hepatus</i>												
Scorpaenidae	<i>Scorpaena</i> sp.												
Callionymidae													
Gadidae	<i>Merlangius merlangus</i>												
	<i>Micromesistius punctassou</i>												
	<i>Gadidae</i> sp. pl.												
Syngnathidae	<i>Hippocampus guttulatus</i>												
	<i>Nerophis ophidion</i>												
	<i>Syngnathus abaster</i>												
	<i>Syngnathus</i> sp. pl.												
Triglidae													
Blenniidae													
Trachinidae	<i>Trachinus</i> sp.												
Carangidae	<i>Carangidae</i> sp.												
	<i>Trachurus trachurus</i>												
Gobiidae													
Moronidae	<i>Dicentrarchus labrax</i>												
Scophthalmidae													
Sciaenidae													
Sparidae	<i>Sparus aurata</i>												
	Sparidae sp.												
	<i>Diplodus</i> sp. pl.												
Mugilidae	<i>Chelon labrosus</i>												
	Mugilidae sp. pl.												
Bothidae	<i>Arnoglossus laterna</i>												
	<i>Arnoglossus</i> sp. pl.												
Pleuronectidae	<i>Platichthys flesus</i>												
Soleidae	<i>Buglossidium luteum</i>												
	<i>Microbirus</i> sp.												
	<i>Pegusa impar</i>												
	<i>Pegusa</i> sp.												
	<i>Solea solea</i>												

Tabella 9. Confronto tra i calendari di comparsa di larve di teleostei marini nella laguna di Venezia. Azzurro: Spartà (1942); Viola: Schreiber et al. (1979); Verde: Studio B.6.72 B/9; Arancione: Studio B.6.72 B/10.

le coste atlantiche nord americane (Able *et al.*, 2006).

Nel complesso, in queste due fasi del monitoraggio è emersa una certa variabilità circa le specie che compongono la comunità ittica e le loro densità, sia considerando la componente ittioplanctonica che quella giovanile. Tale variabilità potrebbe essere imputabile ad oscillazioni naturali delle condizioni meteo-climatiche che possono influenzare il successo riproduttivo e il reclutamento degli stock marini.

Dai dati raccolti sembra dunque emergere come i tre stadi ontogenetici analizzati (uova, larve e giovanili) mostrino differenti comportamenti durante la fase di migrazione in laguna a seconda dei differenti taxa rinvenuti: mentre acciughe sardine e spratti sembrano entrare in laguna già allo stadio di uovo o larva, altre specie molto comuni nelle acque lagunari, come l'orata, sembrano completare in mare la fase larvale per poi entrare in laguna solo allo stadio di postlarva/giovanile (Perez-Ruzafa *et al.*, 2004). Nonostante queste differenze tra le tre componenti, i risultati mostrano come, nel complesso, il processo di migrazione dal mare alla laguna attraverso la bocca di porto di Lido porti ad una significativa colonizzazione degli habitat lagunari del bacino nord della laguna di Venezia.

L'applicazione dei modelli di distribuzione alle due specie selezionate, orata e passera, ha contribuito a spiegare, in parte, la variabilità delle catture di migratori marini riportata in questo studio. Infatti, sulla base dei risultati prodotti dai modelli si può sottolineare come non solo esista un certo grado di variabilità inter-annuale nell'idoneità dei fondali lagunari ad ospitare i giovanili delle due specie esaminate, ma anche come la situazione possa rapidamente cambiare all'interno della finestra temporale di presenza all'interno del bacino lagunare (differenze tra marzo ed aprile di uno stesso anno). In generale, per la passera le condizioni ambientali registrate nei due anni di indagine non risultano affatto sfavorevoli rispetto a quelle medie stimate per il periodo 2001-2012. Quindi, le esigue catture di questa specie osservate in questo studio sembrano essere legate ad un declino di lungo termine della popolazione (Pranovi *et al.*, 2013) e non a una diminuita variazione dell'idoneità ambientale. L'idoneità degli habitat lagunari per i giovanili di orata ha evidenziato un elevato grado di variabilità spaziale, aumentando la complessità del quadro generale. In entrambi gli anni, comunque, non si registrano particolari criticità, e ampie porzioni del sottobacino settentrionale presentano buone condizioni ad ospitare le giovani orate. Nel complesso le densità di orate sono più elevate all'interno della laguna nel 2014 rispetto al 2015, ma non si può evidenziare per il 2015 un livello di idoneità inferiore rispetto al 2014.

Queste osservazioni evidenziano la necessità di considerare ed integrare fra loro i principali aspetti che influenzano l'utilizzo delle lagune come aree di nursery nel monitoraggio delle specie migratrici: dinamica delle popolazioni; connettività tra mare e laguna e condizioni degli ambienti lagunari.

I campionamenti di uova, larve e giovanili hanno evidenziato la presenza di numerose specie, anche di interesse commerciale (lo spratto e la sardina, la spigola, l'orata, la passera, i cefali e le sogliole), che migrano all'interno della laguna nel periodo che va dal tardo autunno all'inizio della primavera. Questo è anche il periodo in cui si verificano con maggiore frequenza i fenomeni di "acqua alta" che determineranno il sollevamento delle barriere mobili del MOSE e la conseguente interruzione dei flussi in ingresso di uova, larve e giovanili di pesci. Da ciò deriva l'importanza di monitorare nel tempo questa componente della connettività ecologica mare-laguna sia per avere uno "stato zero" robusto (non influenzato cioè da oscillazioni dovute a fenomeni occasionali e puntiformi derivanti, ad esempio, da particolari condizioni meteo-climatiche), sia per poter valutare i possibili effetti derivanti da future interruzioni della connettività mare-laguna in seguito alla messa in opera del MOSE.

Ringraziamenti

Gli Autori desiderano ringraziare Federico Riccato e Riccardo Fiorin (Laguna Project srl) per l'apporto prestato durante l'effettuazione delle attività di campo.

Bibliografia

Able, K.W. (2005) A re-examination of fish estuarine dependence: Evidence for connectivity between estuarine and ocean habitats. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 64: 5-17.

Able, K.W., Fahay, M.P. (2010) *Ecology of Estuarine Fishes: Temperate Waters of the Western North Atlantic*. Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD, 566 pp.

Able, K.W., Fahay, M.P., Witting, D.A., McBride, R.S., Hagan, S.M., (2006) Fish settlement in the ocean vs. estuary: Comparison of pelagic larval and settled juvenile composition and abundance from southern New Jersey, U.S.A. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 66: 280-290.

Aboussouan, A., (1964) Contribution a l'etude des oeufs et larves pelagiques des poissons teleosteens dans le Golfe de Marseille. *Rec. Trav. St. Mar. End. Bull*, 32 (48): 87-117.

Araujo, M.B., Guisan, A. (2006) Five (or so) challenges for species distribution modeling. *Journal of Biogeography*, 33: 1677-1688.

Arbault, S., Boutin, N. (1968) Ichthyoplankton. Oeufs et larves de poissons teleosteens dans le Golfe de Gascogne en 1964. *Revue des Travaux de l'Institut des Peches Maritimes*, 32 (4): 413-476.

Arias, A.M.G., Drake, P.M. (1990) *Estadios juveniles de la ictiofauna en los canos de las salinas de la bahia de Cadiz*. Instituto de ciencias marinas de Andalucia, 164 pp.

Beck, M.W., Heck, J.K., Able, K.W., Childers, D., Eggleston, D., Gillanders, B.M., Halpern, B., Hays, C., Hoshino, K., Minello, T., Orth, R., Sheridan, P., Weinstein, M. (2001) The identification, conservation, and management of estuarine and marine nurseries for fish and invertebrates. *Bioscience*, 51: 633-641.

Boehlert, G.W., Mundy, B.C. (1987) Recruitment dynamics of metamorphosing English sole, *Parophrys vetulus*, to Yaquina Bay, Oregon. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*.

Boesh, D.F., Turner, R.E. (1984) Dependence of fishery species on salt marshes: the role of food and refuge. *Estuaries*, 7: 460-468.

Bodinier, C., Sucrè, E., Lecurieux-Belfond, L., Blondeau-Bidet, E., Charmantier, G. (2010) Ontogeny of osmoregulation and salinity tolerance in the gilthead sea bream *Sparus aurata*. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*, 157 (3): 220-228.

Cataldi, E., Cataudella, S., Monaco, G., Rossi, L., Trancioni, L. (1987) A study of the histology and morphology of the digestive tract of the sea-bream, *Sparus aurata*. *Journal of Fish Biology*, 30: 135-145.

Creutzberg, F., Eltink, A.T.G.W., Van Noort, G.J. (1978) The migration of plaice larvae, *Pleuronectes platessa*, into the western Wadden Sea. In: *Physiology and behavior of marine organisms*, McLusky, D.S., Berrij, J. (Eds.) Peergamon Press, New York: 243-251.

Cunningham, J.T. (1889) Studies of the reproduction and development of teleostean fishes occurring in the neighbourhood of Plymouth. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 1: 10-54, Pls I-VI.

- D'Ancona, U., Lo Bianco, S. (1931-1933) Fauna e flora del Golfo di Napoli. Stazione Zoologica. Monografia No. 38.
- Dahlgren, C.P., Kellison, G.T., Adams, A.J., Gillanders, B.M., Kendall, M.S., Layman, C.A., Ley, J.A., Nagelkerken, I., Serafy, J.E. (2006) Marine nurseries and effective juvenile habitats: Concepts and applications. *Marine Ecology Progress Series*, 312: 291-295.
- Deegan, L.A., Hughes, J.E., Rountree, R.A. (2000) Salt marsh ecosystem support of marine transient species. In: *Concepts and controversies in tidal Marsh Ecology*, Weinstein, M.P., Kreeger, D.A. (Eds.) Kluwer Academic Publisher.
- Elliott, M., Hemingway, K.L. (2002) *Fishes in Estuaries*. Blackwell Science, Oxford, 636 pp.
- FAO (1987) *Fishes FAO d'identification des especes pour les besoins de la peche. Mediterranee et Mer Noire, Zone de peche 37, Volume II*.
- Ferrari, I., Chierigato, A.R. (1981) Feeding habits of juvenile stages of *Sparus aurata* L., *Dicentrarchus labrax* L., and *Mugilidae* in a brackish embayment of the Po River Delta. *Aqua-culture*, 25: 243-257.
- Ferreiro, M.J., Labarta, U. (1988) Distribution and abundance of teleostean eggs and larvae on the NW coast of Spain. *Marine Ecology Progress Series*, 43: 189-199.
- Fischer, W., Schneider, M., Bauchout, M.L. (1987) *Fiches FAO d'identification des especes pour le besoins de la peche, Mediterranee et Mer Noire, zone de peche 37, Vol II, Vertebres*. FAO, Rome.
- Franco, A., Fiorin, R., Malavasi, S., Franzoi, P., Torricelli, P. (2003) Spatial and temporal variation in reproductive and somatic investment of *Zosterisessor ophiocephalus* (Pisces, Gobiidae) in the Venice Lagoon. *Biologia Marina Mediterranea*, 10 (2): 152-158.
- Franco, A., Franzoi, P., Malavasi, S., Riccato, F., Torricelli, P., Mainardi, D. (2006) Use of shallow water habitats by fish assemblages in a Mediterranean coastal lagoon. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 66: 67-83.
- Franco, A., Elliott, M., Franzoi, P., Torricelli, P. (2008) Life strategies of fishes in European estuaries: the functional guild approach. *Marine Ecology Progress Series*, 354: 219-228.
- Franco, A., Torricelli, P., Franzoi, P. (2009) A habitat-specific fish-based approach to assess the ecological status of Mediterranean coastal lagoons. *Marine Pollution Bulletin*, 58: 1704-1717.
- Franco, A., Fiorin, R., Zucchetta, M., Torricelli, P., Franzoi, P. (2010) Flounder growth and production as indicators of the nursery value of marsh habitats in a Mediterranean lagoon. *Journal of Sea Research*, 64: 457-464.
- Franco, A., Malavasi, S., Pranovi, F., Franzoi, P., Torricelli, P. (2012) Age and reproductive investment in grass goby females in the Venice lagoon. *Environmental Biology of Fishes*, 93: 419-425.
- Franklin, J. (2009) *Mapping Species Distributions: Spatial Inference and Prediction*. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press.
- Franzoi, P., Trisolini, R., Carrieri, A., Rossi, R. (1989) Caratteristiche ecologiche del popolamento ittico ripario della Sacca di Scardovari (Delta del Po) *Nova Thalassia*, 10: 399-405.
- Franzoi, P., Trisolini, R. (1991) Rimonta del novellame. *Laguna*, 2: 24-29.
- Franzoi, P., Pellizzato, M. (2002) La pesca del pesce novello da semina in laguna di Venezia nel periodo 1999-2001. *Lavori Società Veneziana di Scienze Naturali*, 27: 57-68.

- Franzoi, P., Maio, G., Pellizzato, M., Zucchetta, M., Franco, A., Georgalas, V., Fiorin, R., Riccato, F., Busatto, T., Rossi, R., Torricelli, P. (2005) Messa a punto di metodologie innovative applicabili alla valutazione del novellame da allevamento. Nuovi metodi ecologici per la valutazione del reclutamento e della distribuzione del novellame di orata, spigola e mugilidi ai fini della gestione sostenibile di ecosistemi lagunari. Ministero per le politiche agricole e forestali-Direzione Generale della Pesca e dell'Acquacoltura-VI Piano Triennale della pesca e dell'acquacoltura in acque marine e salmastre, 129 pp.
- Franzoi, P., Franco, A., Torricelli, P. (2010) Fish assemblage diversity and dynamics in the Venice lagoon. *Rendiconti Lincei*, 21 (3): 269-281.
- Fraser, J.H., Thorson, G. (1976) Fiches d'identification du zooplancton. Charlottenlund Slot, Conseil International pour l'Exploration de la Mer.
- Gandolfi, G., Zerunian, S., Torricelli, P., Marconato, A. (1991) I pesci delle acque interne italiane. Ministero dell'Ambiente e Unione Zoologica italiana. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma. pp. 450-472.
- Gillanders, B.M. (2002) Connectivity between juvenile and adult fish populations: Do adults remain near their recruitment estuaries?. *Marine Ecology Progress Series*, 240: 215-223.
- Gillanders, B.M., Able K.W., Brown, J.A., Eggleston, D.B., Sheridan, P.F. (2003) Evidence of connectivity between juvenile and adult habitats for mobile marine fauna: an important component of nurseries. *Marine Ecology Progress Series*, 247: 281-295.
- Guisan, A., Zimmermann, N.E. (2000) Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135: 147-186.
- Guisan, A., Thullier, W. (2005) Predicting species distributions: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*, 8: 993-1009.
- Herzka, S.Z. (2005) Assessing connectivity of estuarine fishes based on stable isotope ratio analysis. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 61 (1): 58-69.
- Koumoundouros, G., Ashton, C., Xenikoudakis, G., Giopanou, I., Georgakopoulou, E., Stickland, N. (2009) Ontogenetic differentiation of swimming performance in gilt-head seabream (*Sparus aurata*, Linnaeus 1758) during metamorphosis. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 370: 75-81.
- Lee, J.Y. (1966) Oeufs et larves planctoniques de Poissons. *Revue des Travaux de l'Office Scientifique et Technique des Peches Maritimes*, 30 (3): 171-208.
- Legget, W.C. (1984) Fish migrations in coastal and estuarine environments: a call for new approaches to the study of an old problem. In: *Mechanisms of migrations in fishes*. (Eds. McCleave J.D., Arnold, G.P., Dodson J.J., Neil, W.H.), NATO conference Series, IV (14), Plenum Press, New York-London, 159-178.
- Legovini, S. (2008) Ecologia trofica di sardina *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) e acciuga *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758) nel golfo di Trieste. Tesi di dottorato, Università degli studi di Trieste, 136 pp.
- Lorenzen, C.J. (1967) Determination of chlorophyll in sea water. UNESCO, Technical Papers of Marine Science, 35-120.
- Lorenzen, C.J. (1966), A method for the continuous measurement of in vivo chlorophyll concentration. *Deep-Sea Research*, 13: 223-227.
- Magistrato alle Acque di Venezia (ora Provveditorato Interregionale alle OO. PP. del Veneto- Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia)-DSA Unive, (2011) Studio B.12.3/V. La funzionalità dell'ambiente lagunare attraverso rilievi delle risorse alieutiche, dell'avifauna e dell'ittiofauna. Individuazione di indicatori di funzionalità ambientale. Seconda Relazione Finale. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

- Mainardi, D., Fiorin, R., Franco, A., Franzoi, P., Giovanardi, O., Granzotto, A., Liber-
tini, A., Malavasi, S., Pranovi, F., Riccato, F., Torricelli, P. (2002) Fish diversity in the
Venice lagoon: preliminary report (pp. 583-594). In: Scientific research and safeguar-
ding of Venice (Ed. P. Campostrini), Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti-Venezia,
CORILA, Venezia.
- Mainardi, D., Fiorin, R., Franco, A., Franzoi, P., Granzotto, A., Malavasi, S., Pranovi, F.,
Riccato, F., Zucchetto, M., Torricelli, P. (2004) Seasonal distribution of fish fauna in the
Venice Lagoon shallow waters: preliminary results. In: Scientific research and safeguar-
ding of Venice, CORILA Research Programme 2001-2003: Volume 2- 2002 Results (P.
Campostrini ed.), pp. 437-447.
- Mainardi, D., Fiorin, R., Franco, A., Franzoi, P., Malavasi, S., Pranovi, F., Riccato, F.,
Zucchetto, M., Torricelli, P. (2005) Composition and distribution of fish assemblages
in the shallow waters of the Venice Lagoon. In: Campostrini, P. (Ed.) Scientific resear-
ch and safeguarding of Venice, Corila Research Programme 2001-2003, 2003 results.
(vol.3, pp. 405-419). CORILA, Venezia.
- Malavasi, S., Fiorin, R., Franco, A., Franzoi, P., Granzotto, A., Riccato, F., Mainardi, D.
(2004) Fish assemblages of Venice Lagoon shallow waters: an analysis based on species,
families and functional guilds. *Journal of Marine Systems*, 51: 19-31.
- Malavasi, S., Franco, A., Fiorin, R., Franzoi, P., Torricelli, P., Mainardi, D. (2005) The
shallow water gobiid assemblage of the Venice Lagoon: abundance, seasonal variation,
and habitat partitioning. *Journal of Fish Biology*, 67 (Supplement B): 146-165.
- Malavasi, S., Franco, A., Riccato, F., Valerio, C., Torricelli, P., Franzoi, P. (2007) Habitat
selection and spatial segregation in three pipefish species. *Estuarine, Coastal and Shelf
Science*, 75: 143-150.
- Marinaro, J.Y. (1971) Contribution a l'etude des oeufs et larves pelagiques de poissons
mediterraneens. Oeufs pelagique de la Baie d'Alger. *Bulletin de l'Institut Oceanographi-
que*, 3 (1), 118 pp.
- Marinaro, J.Y. (1991 a) Eggs and larvae in some species of the genus *Solea* (Pisces, So-
leidae) of the north-eastern Atlantic and the Mediterranean. *Bollettino di Zoologia*,
58: 163-169.
- Marinaro, J.Y. (1991 b) Eggs of the *Microchirus* species (Soleidae) from the bay of Al-
giers. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 71: 117-
125.
- McLusky, D.S., Elliott, M. (2004) *The estuarine ecosystem: ecology, threats and mana-
gement*, 3rd edn. Oxford University Press, Oxford.
- Miller, J.M., Reed, J.P., Pietrafesa, L.J. (1984) Patterns mechanisms and approaches to
the study of migrations of estuarine-dependent fish larvae and juveniles. In: *Mechani-
sms of migration in fishes* (Eds. McCleave J.D., Arnold G.P., Dodson, J.J., Neil, W.H.),
NATO Conference series, IV (14), Plenum press, New York-London, 209-225.
- Miller, J.M. (1988) Physical processes and the mechanism of coastal migrations of im-
mature marine fishes. *American Fisheries Society Symposium*, 3: 68-76.
- Minello, T.J., Able, K.W., Weinstein, M.P., Hays, C.G. (2003) Salt marshes as nurseries
for nekton: testing hypotheses on density, growth and survival through meta-analysis.
Marine Ecology Progress Series, 246: 39-59.
- Munk, P., Nielsen, J.G. (2005) *Eggs and larvae of North Sea fishes*. Edition Biofolia,
Denmark, 215 pp.
- Palomera, M.I., Rubies, P. (1977) Descripcion de huevos y larvas de *Microchirus*
ocellatus y *M. azevia* (pleuronectiformes, soleidae) de las costas del NW de Africa. *Res.*

- Exp. Cient, 6: 211-220.
- Pebesma, E.J. (2004) Multivariable geostatistics in S: the 'gstat' package. *Computers & Geosciences*, 30: 683-691.
- Perez-Ruzafa, A., Quispe-Becerra, J.I., Garcia-Charton, J.A., Marcos, C. (2004) Composition, structure and distribution of the ichthyoplankton in a Mediterranean coastal lagoon. *Journal of Fish Biology*, 64: 202-218.
- Pranovi, F., Caccin, A., Franzoi, P., Malavasi, S., Zucchetta, M., Torricelli, P. (2013) Vulnerability of artisanal fisheries to climate change in the Venice Lagoon. *Journal of fish biology*, 82: 847-864.
- Provveditorato Interregionale alle OO. PP. del Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia (ex Magistrato alle Acque di Venezia)-CORILA (anni 2014-2015) Studi B.6.72 B/9-B/10. Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Area: Ecosistemi di pregio. Macroattività: Ittiofauna. Rapporti Finali. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.
- Raffaele, F. (1888) Le uova galleggianti e le larve dei Teleostei nel golfo di Napoli. *Mitt. Zool. Stn. Neapel*, 8: 1-85, Pls I-V.
- Ré, P., Meneses, I. (2009) Early stages of marine fishes occurring in the Iberian peninsula. IPMAR/IMAR, 282 pp.
- Reis-Santos, P., Tanner, S.E., Franca, S., Vasconcelos, R.P., Gillanders, B.M., Cabral, H.N. (2015) Connectivity within estuaries: An otolith chemistry and muscle stable isotope approach. *Ocean and Coastal Management*, 118: 51-59.
- Riccato, F., Fiorin, R., Franco, A., Franzoi, P., Libertini, A., Pranovi, F., Torricelli, P. (2003). Population structure and re production of three pipefish species (Teleostei, Synnathidae) in a seagrass meadow of the Venice Lagoon. *Biologia Marina Mediterranea*, 10 (2): 138-145.
- Richards, W.J. (2006) Early stages of Atlantic fishes: an identification guide for the Western Central North Atlantic. Volume I e II. Taylor and Francis Group.
- Rossi, R. (1986) Occurrence, abundance and growth of fish fry in Scardovari Bay, a nursery ground of the Po River Delta (Italy) *Archivio di Oceanografia e Limnologia*, 20: 259-280.
- Rossi, R., Trisolini, R., Franzoi, P. (1999) Elementi di biologia del pesce novello da semina. *Laguna*, 6/99 suppl.: 21-30.
- Russell, F.S. (1976) The eggs and planktonic stages of british marine fishes. Academic Press, London, UK, 524 pp.
- Russo, T., Costa, C., Cataudella, S. (2007) Correspondence between shape and feeding habit changes throughout ontogeny of gilthead seabream *Sparus aurata* L., 1758) *Journal of Fish Biology*, 71: 629-656.
- Saka, S., Firat, K., Kamaci, H.O. (2001) The development of European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax* L., 1758) eggs in relation to temperature. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 25: 139-147.
- Schreiber, B., Torricelli, P., Pesaro, M., Gandolfi, G. (1979) Ricerche sulla distribuzione di uova e larve di specie ittiche di interesse economico in Alto Adriatico. In: Estratto dagli Atti del Convegno Scientifico Nazionale, Progetto Finalizzato Oceanografia e Fondi Marini, Roma, 5-6-7 Marzo, 319-327.
- Serventi, M., Harrison, I.J., Torricelli, P., Gandolfi, G. (1996) The use of pigmentation and morphological character to identify Italian mullet fry. *Journal of Fish Biology*, 49: 1163-1173.

- Sfriso, A., Facca, C., Ceoldo, S., Silvestri, S., Ghetti, P.F. (2003) Role of macroalgal biomass and clam fishing on spatial and temporal changes in N and P sedimentary pools in the central part of the Venice lagoon. *Oceanologica Acta*, 26: 3-13.
- Sheaves, M. (2005) Nature and consequences of biological connectivity in mangrove systems. *Marine Ecology Progress Series*, 302: 293-305.
- Sheaves, M., Baker, R., Johnston, R. (2006) Marine nurseries and effective juvenile habitats: an alternative view. *Marine Ecology Progress Series*, 318: 303-306.
- Sheaves, M., Baker, R., Nagelkerken, I., Connolly, R.M. (2015) True value of estuarine and coastal nurseries for fish: incorporating complexity and dynamics. *Estuaries and Coasts*, 38: 401-414.
- Spartà, A. (1942) Sulla presenza di uova e larve di Teleostei nella Laguna veneta. Materiale raccolto dal Prof. Luigi Sanzo. Memoria CCXCIII. *Archivio di Oceanografia e Limnologia*, Roma, 2 (1): 3-12.
- Teskeredzic, Z. (1978) The spawning of the sardine (*Sardina pilchardus*, Walb.) in the Kvarner region of the Adriatic sea. *Thalas Jugoslav*, 14 (3/4): 323-338.
- Tortonese E. (1970) Fauna d'Italia-Osteichthyes (Pesci ossei), Parte 1, Calderini, Bologna.
- Tortonese E. (1975) Fauna d'Italia-Osteichthyes (Pesci ossei), Parte 2, Calderini, Bologna.
- Tsikliras, A.C., Antonopoulou, E., Stergiou, K.I. (2010) Spawning period of Mediterranean marine fishes. *Reviews in Fish Biology and Fishereis*, 20: 499-538.
- Varagnolo, S. (1964) Calendario di comparse di uova pelagiche di teleostei marini nel plancton di Chioggia. *Archivio di Oceanografia e Limnologia*, 13 (2): 249-279.
- Varagnolo, S. (1971) Variazioni diurne della presenza degli stadi di sviluppo di alcuni Teleostei marini nel plancton di Chioggia. *Bollettino di Zoologia*, 31 (2): 1037-1047.
- Vasconcelos, R.P., Reis-Santos, P., Tanner, S., Fonseca, V., Latkoczy, C., Gunther, D., Costa, M.J., Cabral, H. (2007) Discriminating estuarine nurseries for five fish species through otolith elemental fingerprints. *Marine Ecology Progress Series*, 350: 117-126.
- Vasconcelos, R.P., Reis-Santos, P., Tanner, S., Maia, A., Latkoczy, C., Gunther, D., Costa, M.J., Cabral, H. (2008) Evidence of estuarine nursery origin of five coastal fish species along the Portuguese coast through otolith elemental fingerprints. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 79: 317-327.
- Vasconcelos, R.P., Reis-Santos, P., Cabral, H.N., Costa, J.L., Costa, M.J. (2012) River-coast connectivity, estuarine nursery function and coastal fisheries. *Treatise on Estuarine and Coastal Science*, 10: 81-107.
- Venables, W.N., Ripley, B.D. (2002) *Modern applied statistics with S*. Fourth edition. Springer. XII, 498 pp.
- Vucetic, T. (1971) Fluctuations a long terme de meroplankton dans l'Adriatique centrale: oeufs de *Sardina pilchardus*, Walb., *Engraulis encrasicolus*, L., et larves de different poissons. *Arch Oceanog. Limol.*, 17: 141-156.
- Whitehead, P.J.P., Bauchot, M.L., Hureau, J.C., Nielsen, J., Tortonese E. (1984-1986) *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean*. Vol 1, 2, 3. Paris. Unesco.
- Whitehead, P.J.P., Nelson, G.J., Wongratana, T. (1988) *FAO Species Catalogue. Clupeoid fishes of the world (Suborder Clupeoidei) An annotated and illustrated catalogue of the herring, sardines, pilchards, sprats, shads, anchovies and wolf-herring*. Synop. 125 (7/2): 305-579. Rome.
- Ziraldò, L. (1996) Analisi qualitativa e quantitativa di campioni di ittioplancton nell'Al-

to Adriatico e considerazioni sulla capacità di bioaccumulo di microinquinanti nelle prime fasi di sviluppo dei pesci. Tesi di laurea in Scienze Ambientali. Università Ca' Foscari di Venezia, AA. 1996-1997, 100 pp.

Zucchetta, M., Franco, A., Torricelli, P., Franzoi, P. (2009) Using habitat distribution models to identify nursery areas in the Venice lagoon. *Biologia Marina Mediterranea*, 16: 220-221.

Zucchetta, M., Franco, A., Torricelli, P., Franzoi, P. (2010) Habitat distribution model for European flounder juveniles in the Venice lagoon. *Journal of Sea Research*, 64 (1-2): 133-144.

Zucchetta M. (2010) Modelli di distribuzione dell'habitat per la gestione di specie lagunari di interesse alieutico e conservazionistico. Tesi di Dottorato, Università Ca' Foscari di Venezia, 194 pp.

Summary

Sea-lagoon connectivity is a crucial aspect in the functioning of transitional waters, in particular considering the movements of aquatic organisms between the two ecosystems. Marine migrant fish strongly depend from this connectivity to complete their life cycle. Early life stages of these species enter lagoons and estuaries to colonise shallow water habitats, where they take advantage of the shelter function provided by these areas, together with the high levels of trophic resources available. Therefore, these habitats represent fundamental nursery areas for many species of marine fish. In the context of lagoon ecosystem management, it is strategic to analyse the entrance of juvenile marine migrant and to identify elective habitats, coupling experimental studies with the application of species distribution models.

In the Venice lagoon many studies have been carried out regarding the distribution of fish species in shallow water habitats, but information about the ichthyoplanktonic component are still scarce. In the years between 2013 and 2015 the spatio-temporal dynamics of eggs, larvae and juvenile of fish species have been studied with seasonal samplings along the sea-lagoon gradient of the Lido sea inlet. Furthermore, for two key species of marine migrants, habitat distribution models were applied to integrate the experimental data collected.

This study was carried out in the context of the monitoring activities related to the evaluation of the effects deriving from the construction of the MOSE infrastructure. Even if it is not a solely passive transport, the migration into transitional waters is linked to tidal fluxes. Therefore, this process can be influenced by the hydrodynamic regime, the chemico-physical condition of the water and, thus, by the structural modification of the sea inlets. For these reasons, early life stages of fish can be used as a biomonitor of sea-lagoon connectivity, also considering the functioning of the MOSE system in the next future.

Data collected gave a more complete picture of the spatio-temporal dynamics of fish early life stages in the North Adriatic, in accordance with the information available from the literature, showing a peak of marine migrant species from the late Autumn to Spring. Even if a significant transport of eggs was found for some species, our results suggested that the migration into lagoon waters occurs at the larval-juvenile stage for most of the marine migrant species. This migration seems to be characterised by a relevant variability in the density and composition of species, that could derive from natural variations in meteo-climatic oscillations on a wider geographic scale. This variability can be partly explained by the application of habitat distribution models, that confirmed the inter-annual variability of lagoon habitat suitability for juveniles.

The migration into the Venice lagoon of many fish species, some of which are of commercial interest, from the late Autumn till Spring coincides with the period of “high tide” phenomena in the city of Venice. Thus, the construction of a consistent baseline is essential to monitor, in the future, the possible effects of the interruption of tidal fluxes deriving from the MOSE functioning.