



Università  
Ca' Foscari  
Venezia

Corso di Laurea magistrale (*ordinamento, ex D.M. 270/2004*)

in Scienze Ambientali

Tesi di Laurea

***Monitoraggio di uova e larve di pesci come  
strumento per lo studio della connettività mare-  
laguna***

—  
Ca' Foscari  
Dorsoduro 3246  
30123 Venezia

**Relatore**

Prof. Piero Franzoi

**Correlatore**

Dr. Francesco Cavraro

**Laureando**

Simone Redolfi Bristol

Matricola 828646

**Anno Accademico**

**2013 / 2014**



## INDICE

<b>Abstract</b>	<b>3</b>
<b>1 - INTRODUZIONE</b>	<b>4</b>
<b>1.1 - FAUNA ITTICA DEGLI AMBIENTI DI TRANSIZIONE</b>	<b>4</b>
<b>1.2 - L'ITTIOPLANCTON</b>	<b>7</b>
<b>1.2.1 - LE UOVA</b>	<b>8</b>
<b>1.2.2 - LE LARVE</b>	<b>12</b>
<b>1.2.3 - CRITERI GENERALI DI CLASSIFICAZIONE DI UOVA E LARVE</b>	<b>14</b>
<b>1.3 - OBIETTIVI DELLA TESI</b>	<b>17</b>
<b>2 - AREA DI STUDIO</b>	<b>18</b>
<b>2.1 - IL MARE ADRIATICO</b>	<b>18</b>
<b>2.2 - LA LAGUNA DI VENEZIA</b>	<b>20</b>
<b>2.2.1 - ASPETTI IDROMORFOLOGICI</b>	<b>21</b>
<b>2.2.2 - ASPETTI ECOLOGICI</b>	<b>23</b>
<b>2.3 - LA BOCCA DI PORTO DI LIDO</b>	<b>26</b>
<b>3 - MATERIALI E METODI</b>	<b>28</b>
<b>3.1 - POSIZIONE DEI CAMPIONAMENTI</b>	<b>28</b>
<b>3.2 - PERIODO DEI CAMPIONAMENTI</b>	<b>29</b>
<b>3.3 - ATTIVITA' DI CAMPO</b>	<b>30</b>
<b>3.4 - ATTIVITA' DI LABORATORIO</b>	<b>33</b>
<b>3.5 - ANALISI DEI DATI</b>	<b>35</b>
<b>3.5.1 - ANALISI DEI PARAMETRI AMBIENTALI</b>	<b>35</b>
<b>3.5.2 - ANALISI QUALITATIVA DELL'ITTIOPLANCTON</b>	<b>35</b>
<b>3.5.3 - ANALISI QUANTITATIVA DELL'ITTIOPLANCTON</b>	<b>35</b>
<b>3.5.4 - RELAZIONE TRA DENSITA' E PARAMETRI AMBIENTALI (RDA)</b>	<b>36</b>
<b>3.5.5 - INDICE DI CONNETTIVITA' MARE-LAGUNA</b>	<b>37</b>
<b>4 - RISULTATI</b>	<b>38</b>
<b>4.1 - ANALISI DEI PARAMETRI AMBIENTALI</b>	<b>38</b>
<b>4.2 - ANALISI QUALITATIVA DELL'ITTIOPLANCTON</b>	<b>42</b>
<b>4.2.1 - TAXA RINVENUTI</b>	<b>42</b>

4.2.2 - DESCRIZIONE DELLE SPECIE	43
4.2.3 - CLASSIFICAZIONE ORGANISMI IN GUILD MODIFICATE	56
4.2.4 - CALENDARI DI COMPARSA	58
4.3 - ANALISI QUANTITATIVA DELL'ITTIOPLANCTON	62
4.4 - RELAZIONE TRA DENSITA' E PARAMETRI AMBIENTALI (RDA)	73
4.5 - INDICE DI CONNETTIVITA' MARE-LAGUNA	75
5 - DISCUSSIONE	77
6 - CONCLUSIONI	81
7 - BIBLIOGRAFIA	83

## Abstract

Per le specie ittiche marine, il successo del reclutamento necessita di una continuità tra l'area di riproduzione e quella di sviluppo delle forme giovanili, ed è fortemente influenzato dall'efficacia del trasporto di uova e larve verso le aree di nursery. Molte specie ittiche a riproduzione marina utilizzano gli ambienti lagunari come aree elettive di nursery, svolgendo all'interno di questi ambienti costieri la fase iniziale di vita. Il trasporto di uova e larve di specie nectoniche dal mare agli ambienti lagunari rappresenta quindi un aspetto importante della connettività ecologica tra ecosistemi marini e ecosistemi di transizione.

Questo lavoro di tesi è il primo studio quantitativo sull'intera componente ittioplanctonica (uova e larve di pesci) della Laguna di Venezia. Attraverso l'utilizzo di retini standard di tipo *Bongo net*, sono state effettuate otto campagne di campionamento, a coprire un anno solare, in sette stazioni localizzate in prossimità della Bocca di Porto di Lido. I campioni raccolti sono stati sortati e tutte le uova e larve di pesci sono state poi identificate fino al livello di specie, genere o famiglia. I dati raccolti sono stati analizzati con lo scopo di valutare le eventuali differenze di densità di individui tra le stagioni e tra le posizioni (mare, bocca di porto e laguna). I parametri ambientali raccolti durante i campionamenti sono stati messi in relazione con i valori di densità di uova e larve, al fine di valutarne l'influenza sulla struttura della comunità ittioplanctonica. È stato inoltre sviluppato un indice di connettività mare-laguna, utile a stimare numericamente l'accumulo di uova e larve in laguna.

I valori di densità di uova e larve delle differenti specie sono risultati essere caratterizzati da una marcata stagionalità, mentre non sono state rilevate marcate differenze in relazione alla posizione. Ciò a conferma dell'esistenza di una forte connessione tra il mare e la laguna.

## 1 - INTRODUZIONE

### 1.1 - FAUNA ITTICA DEGLI AMBIENTI DI TRANSIZIONE

Le lagune costiere, che occupano circa il 10% di tutte le aree costiere presenti nel mondo, sono zone di grandissimo interesse ecologico, funzionale (Franco *et al.*, 2008, 2009) e per lo sfruttamento delle risorse ittiche (Deegan *et al.*, 2000; Franco *et al.*, 2006a; Malavasi *et al.*, 2004; Perez-Ruzafa, 2012); sono inoltre influenzate da fattori sia antropici sia naturali (Kjerfve *et al.*, 1996).

Grazie alle loro caratteristiche morfologiche ma soprattutto ecologiche, gli ecosistemi acquatici di transizione sono tra gli ambienti marini più studiati e maggiormente conosciuti (Elliott e Hemingway, 2002; Potter *et al.*, 1990; Whitfield, 1999). In particolare è molto studiata la relazione tra i parametri ambientali e la distribuzione degli organismi all'interno di queste aree (Martino e Able, 2003).

Tra i vari motivi per cui questi ecosistemi caratterizzati da bassi fondali sono molto importanti, uno dei principali è che in essi la produzione secondaria raggiunge livelli molto elevati (Allen, 1982; Deegan *et al.*, 2000; Deegan e Thompson, 1985; McHugh, 1967; Elliott, 2002), spesso maggiori rispetto a quelli riscontrabili negli ecosistemi marini (McLusky e Elliott, 2004). Sono molti gli studi che testimoniano l'importanza economica delle specie ittiche presenti all'interno delle lagune, in particolare di quelle che vivono negli ambienti lagunari durante una sola fase del loro ciclo vitale, i cosiddetti migratori (Able, 2005; Blaber, 2000; Castello, 1985; Deegan *et al.*, 2000; Houde e Rutherford, 1993; Lindall e Saloman, 1977; Lenanton e Potter, 1987; McHugh, 1985; Perez-Ruzafa *et al.*, 2004; Pollard, 1981).

Questa consistente biodiversità ittica è attribuibile alla elevata eterogeneità di habitat all'interno delle lagune, dovuta soprattutto alla presenza di gradienti ambientali molto pronunciati (Elliott e Hemingway, 2002; McLusky e Elliott, 2004; Solidoro *et al.*, 2004) e alla diversità degli habitat presenti in questi ambienti (Elliott e Hemingway, 2002; Malavasi *et al.*, 2004; Franco *et al.*, 2006a, 2009; Franzoi, 2010;). Questi due fattori, assieme, generano una grandissima varietà di nicchie ecologiche e di risorse. L'esistenza di vari habitat, anche interconnessi tra loro, permette di sostenere la vita e lo sviluppo di molte specie ittiche (Deegan *et al.*, 2000; Elliott e Hemingway, 2002; Franzoi *et al.*, 2010). Vari studi confermano che i tassi di crescita di alcune specie sono maggiori negli estuari piuttosto che nelle acque marine (Able e Fahay, 1998; Deegan *et al.*, 2000; Lenanton, 1987; Le Pape, 2003).

In tutto il mondo, le modalità di sfruttamento degli ecosistemi di estuario e di laguna da parte della fauna ittica, nel suo complesso, sono simili (Whitfield, 1994; Blaber 2000; Elliott e Hemingway, 2002; Able e Fahay, 2010). Le specie ittiche che si rinvergono all'interno degli ambienti di estuario e di laguna possono venire suddivise e raggruppate

in categorie o guild funzionali o ecologiche (Elliott *et al.*, 2007). Per guild ecologica si intende un qualsiasi gruppo di specie che sfrutta, in maniera molto simile, la stessa tipologia di risorse ambientali (Simberloff e Dayan, 1991). Questa suddivisione può avvenire seguendo differenti tipologie di classificazione (Elliott *et al.*, 2007; Franco *et al.*, 2008). Le caratteristiche maggiormente osservate per il raggruppamento delle specie in guild sono: la capacità di tollerare le variazioni dei parametri ambientali, principalmente temperatura e salinità; il comportamento migratorio e riproduttivo; il tipo di risorse alimentari utilizzate e le modalità messe in atto dagli individui per procacciarsele (Dando, 1984; Deegan e Thompson, 1985; Whitfield, 1994; Able e Fahay, 1998; Elliott e Dewailly, 1995; Elliott e Hemingway, 2002; Able, 2005; Elliott *et al.*, 2007; Franco *et al.*, 2008a, 2008b; Franzoi *et al.*, 2010; Potter *et al.*, 2013).

Solitamente i *taxa* ittici presenti negli ambienti estuarini sono suddivisibili in: 1a) specie estuarine che vivono solo negli estuari; 1b) specie estuarine che vivono sia in ambienti estuarini sia in ambienti marini costieri; 2a) specie eurialine che vivono in mare ma i cui giovanili per sopravvivere devono obbligatoriamente entrare in laguna; 2b) specie eurialine che vivono in mare ma i cui giovanili utilizzano facoltativamente le lagune per trarne alcuni vantaggi; 2c) specie eurialine che vivono in mare ma i cui giovanili, con densità molto più basse, vengono trovati anche nelle lagune; 3) specie marine che solo occasionalmente vengono trovate in laguna in quanto non dipendono da essa in nessun stadio di vita; 4) specie diadrome (Able, 2005). In laguna di Venezia, la classificazione in guild maggiormente utilizzata è quella riassunta in Franzoi *et al.*, (2010). In particolare, secondo tale suddivisione, per questo studio, risultano di estrema importanza gli organismi appartenenti alla guild dei Migratori Marini.

Gli individui appartenenti a questa guild presentano un ciclo di migrazione di tipo “triangolare” (Barnes e Hughes, 1988) e una “strategia” di ciclo vitale comune (Elliott e Hemingway, 2002; Whitfield, 1990). Dopo essersi riprodotti ed aver deponso le uova in mare, dove la fluttuazione dei valori di salinità è bassa (Perez-Ruzafa *et al.*, 2004), i giovanili di queste specie, allo stadio di postlarva o di avannotto, ad una lunghezza generalmente inferiore ai 20 mm, entrano nelle lagune e le utilizzano come aree di nursery per i loro stadi giovanili (Barnes e Hughes, 1988; Beck *et al.*, 2001; Bell *et al.*, 1988; Elliott *et al.*, 2007; Elliott e Hemingway, 2002; Franco *et al.*, 2006a, 2008a, 2008b, 2010; Franzoi *et al.*, 2005, 2010; McLusky e Elliott, 2004; Malavasi *et al.*, 2004; Perez-Ruzafa *et al.*, 2004; Potter *et al.*, 2013; Rooker *et al.*, 1998; Rountree e Able, 2007; Tolan *et al.*, 1997; Zucchetta *et al.*, 2009, 2010). In seguito, raggiunto uno stadio di vita ed una dimensione favorevole, questi organismi reclutano nelle popolazioni marine (Elliott e Hemingway, 2002; Franzoi *et al.*, 2010; Rossi, 1986).

Dal punto di vista funzionale, gli ambienti lagunari ed estuarini svolgono quindi un importantissimo ruolo di nursery per alcune specie ittiche migratrici (Beck *et al.*, 2001;

Elliott e Hemingway, 2002; McLusky e Elliott, 2004; Franco *et al.*, 2006a, 2010; Franzoi *et al.*, 2005, 2010; Rooker *et al.*, 1998; Rountree e Able, 2007; Zucchetta *et al.*, 2009, 2010).

Un habitat viene definito “di nursery” per una specie nectonica se il contributo per unità di superficie che esso offre alla produzione di individui di quella specie che diventeranno adulti è maggiore di quello offerto dagli altri habitat nei quali si possono rinvenire i giovani di quella specie (Able, 2005; Beck *et al.*, 2001). Inizialmente si considerava tutta l’area lagunare come nursery, ora si focalizza l’attenzione su specifiche aree o habitat presenti all’interno degli ambienti estuarini (Able, 2005). In queste zone di basso fondale, grazie alla maggior torbidità dell’acqua, alle migliori condizioni chimico-fisiche e trofiche ed alla minore predazione, gli individui possiedono tassi di crescita e probabilità di sopravvivenza maggiori (Day *et al.*, 1989; Deegan e Day, 1984; Deegan *et al.*, 2000; Elliott e Hemingway, 2002; Joseph, 1973; Miltner *et al.*, 1995).

Dopo essersi riprodotti in mare, gli individui migratori depositano e disperdono le proprie uova pelagiche nell’acqua (Deegan *et al.*, 2000). Inizialmente le uova e larve di queste specie, non essendo in grado di vincere i moti della corrente, vengono trasportate in maniera completamente passiva (Chiappa-Carrara *et al.*, 2003; Dando, 1984; Kuipers, 1973); con il procedere dello sviluppo subentrano poi comportamenti come “cambiamenti di galleggiamento” e “migrazioni verticali” (Beck *et al.*, 2001; Boehlert e Mundy, 1988; Elliott e Hemingway, 2002; Leggett, 1984). L’entrata in estuario/laguna e negli habitat di nursery è comunque generalmente collegata al flusso tidale o alle correnti residue (Boehlert e Mundy, 1988; Chiappa-Carrara *et al.*, 2003; Creutzberg *et al.*, 1978; Dando, 1984; Kuipers, 1973).

Da queste considerazioni si comprende come la fase di sviluppo maggiormente critica per le specie di migratori marini sia quella pelagica passiva di entrata in estuario o in laguna (Deegan, 1990; Deegan *et al.*, 2000; Elliott e Hemingway, 2002). Per i *taxa* appartenenti a questa guild e per la loro sopravvivenza è essenziale quindi la presenza di una abbondante e continua connessione tra il mare e l’ambiente di estuario/laguna; il successo del reclutamento è infatti strettamente influenzato dall’efficacia del trasporto larvale verso le aree di nursery (Jennings *et al.*, 2001).

Dato che gli scambi di acqua tra il mare e la laguna, controllati dalle maree, dalle correnti e dalle condizioni climatiche (Cucco e Umgieser, 2006), influiscono direttamente non solo sul trasporto di uova e larve di pesci (Chiappa-Carrara *et al.*, 2003; Cucco e Umgieser, 2006; Gacic *et al.*, 2002, 2005; Kent *et al.*, 2013; Perez-Ruzafa *et al.*, 2004), ma anche sui valori dei parametri ambientali delle acque lagunari (Able *et al.*, 2006; Martino e Able, 2003; Perez-Ruzafa *et al.*, 2004; Solidoro *et al.*, 2004), appare nuovamente evidente l’importanza del mantenimento della connettività tra ambiente marino e ambiente di laguna/estuario.



La connettività mare-laguna risulta quindi essere un importantissimo indicatore circa il funzionamento e la qualità di un ecosistema di estuario o laguna (Able, 2005; Deegan *et al.*, 2000; Elliott e Hemingway, 2002). Questa connessione si può anche tradurre in un abbondante scambio di energia bidirezionale sotto varie forme (parametri chimico-fisici, nutrienti, detrito, organismi, prede, predatori) (Deegan *et al.*, 2000; Kneib, 2000). In assenza di un costante scambio di acqua tra i due ambienti si limiterebbero o bloccherebbero anche gli scambi di energia e soprattutto di organismi, con ricadute negative sia sull'ecosistema lagunare che su quello marino (Able, 2005; Chiappa-Carrara *et al.*, 2003; Deegan *et al.*, 2000). Sono molti, infatti, i *taxa*, non solo migratori, che entrano o stazionano necessariamente o facoltativamente in laguna per trarre dei vantaggi (Able, 2005).

Studiando la distribuzione dell'intera componente ittioplanctonica, dando particolare attenzione ai *taxa* migratori, si riesce efficacemente ad analizzare il grado e la qualità della connettività mare-laguna (Able, 2005; Chiappa-Carrara *et al.*, 2003; Deegan *et al.*, 2000).

Mentre sono numerose le osservazioni pregresse sulla dinamica della montata e della distribuzione in laguna di Venezia degli stadi giovanili delle specie ittiche di migratori marini (Franco *et al.*, 2006a; Franzoi e Pellizzato, 2002; Franzoi *et al.*, 2005, 2010; Malavasi *et al.*, 2004; Zucchetta *et al.*, 2009, 2010), relativamente poche e frammentarie sono le informazioni disponibili sulla componente ittioplanctonica (Spartà, 1942; Varagnolo, 1964, 1971; Ziraldo, 1996). Questa tesi rappresenta il primo studio che, con un approccio quantitativo, analizza la distribuzione dell'intera componente ittioplanctonica (sia uova che larve) in un'area della laguna di Venezia (Bocca di Porto di Lido).

## **1.2 - L'ITTIOPLANCTON**

Il termine Plancton, coniato per la prima volta da Viktor Hensen, deriva dal greco "πλαγκτόν", ossia errante, vagabondo e definisce un complesso di piccolissimi organismi animali (eterotrofi: zooplancton) e vegetali (autotrofi: fitoplancton) che vivono sospesi nella colonna d'acqua e che possiedono capacità locomotorie insufficienti a vincere i moti del mare (correnti, onde etc.).

Vi possono essere varie classificazioni del plancton a seconda delle caratteristiche e dei parametri considerati: dimensione, metabolismo, ciclo vitale, posizionamento nella colonna d'acqua.

La componente planctonica su cui questo studio è focalizzato, l'ittioplancton, è quella avente dimensione variabile tra 0.2 mm e 20 cm (meso- e macro- plancton), metabolismo

eterotrofo (zooplancton), e che trascorre solamente una parte del ciclo vitale come forma planctonica (meroplancton).

Al meroplancton appartengono quegli organismi che si rinvergono nel plancton solamente per una parte del loro ciclo vitale. A questa categoria sono quindi associate le uova, le larve e gli iniziali stadi giovanili degli animali nectonici o bentonici. Si differenziano dal meroplancton gli organismi oloplanctonici, cioè coloro che compiono l'intero ciclo vitale senza la capacità di vincere i moti del mare.

### 1.2.1 - LE UOVA

La maggior parte delle uova pelagiche ha forma sferica e dimensioni variabili comprese tra 0.52 mm e 1.80 mm. La dimensione e la forma varia a seconda della specie considerata; sono poche le specie che hanno uova molto grandi (fino a 2.6 mm di diametro) o che hanno forme diverse dalla sferica: le uova di acciuga, *Engraulis encrasicolus*, hanno forma ovale.

All'esterno, l'uovo (Fig. 1) si presenta rivestito da una membrana a doppio strato attraversata da piccoli pori; questa porzione è denominata zona radiata, capsula esterna o chorion. La capsula esterna presenta un lieve ispessimento, chiamato micropilo, il quale è il punto di passaggio dello spermatozoo (Russell, 1976). La superficie del chorion solitamente è liscia; tuttavia, in alcune uova, come alcune del genere *Callionymidae*, sono presenti sulla capsula esterna delle scanalature esagonali (Marinaro, 1971; Russell, 1976).

All'interno dell'uovo, sotto il chorion, è presente il vitello o tuorlo, il quale funge da nutrimento per l'embrione. Il vitello può avere, a seconda della specie, un aspetto omogeneo oppure parzialmente o totalmente segmentato. Per esempio nelle uova di *E. encrasicolus* e di *Sardina pilchardus* il vitello è completamente segmentato, mentre in alcune specie dei generi *Solea*, *Thrachurus* e *Callionymus*, la segmentazione si osserva solo in posizione periferica (Russell, 1976).

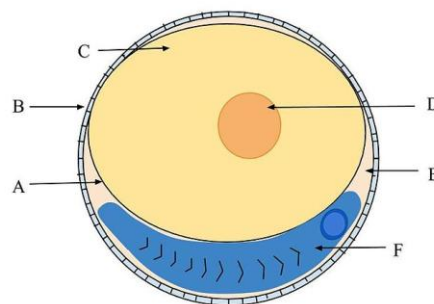


Figura 1 – Schema generico di un uovo di pesce: A = Membrana del vitello, B = Chorion, C = Vitello, D = Goccia oleosa, E = Spazio perivitellino, F = Embrione, Wikipedia.

Tra il vitello e la capsula esterna è infine presente uno spazio chiamato spazio perivitellino, la cui dimensione varia da specie a specie. In generale tale spazio è molto piccolo, se non quasi assente; vi sono però alcune eccezioni, come le uova di *S. pilchardus* o di *Hippoglossides platessoides*, in cui lo spazio perivitellino è molto grande (Russell, 1976) (Fig. 2).

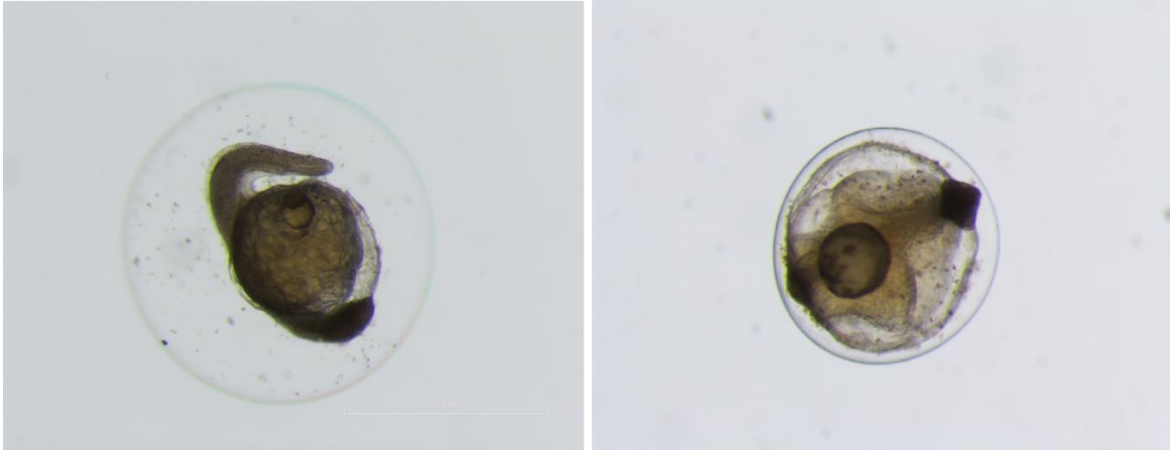


Figura 2 – Uova con spazio perivitellino di diversa dimensione: sinistra *S. pilchardus*, destra *Dicentrarchus labrax*.

Nelle uova pelagiche possono inoltre essere presenti una o più gocce oleose (Fig. 3). Quando è presente una sola goccia oleosa, questa, solitamente, è posta sul vitello verso il polo animale. Nel caso invece siano presenti più di una goccia oleosa, queste, generalmente più piccole, sono o distribuite su tutta la superficie vitellina o raggruppate assieme. In alcune specie in cui è presente una sola goccia oleosa si possono trovare, agli inizi dello sviluppo, più gocce oleose che poi si fondono nell'unica goccia durante la maturazione dell'embrione (Russell, 1976). Si ritiene che le gocce oleose svolgano un ruolo importante sia per il nutrimento dell'embrione sia per la capacità di galleggiamento delle uova pelagiche (Russell, 1976). Esistono, comunque, uova pelagiche galleggianti prive di gocce oleose (*Arnoglossus* sp., *Callionimidae*, *Sprattus sprattus*).

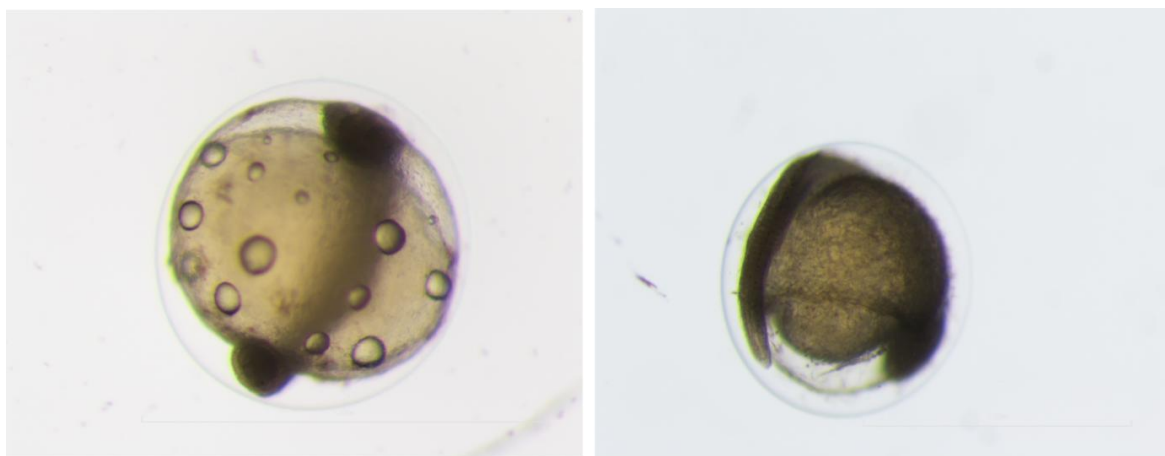


Figura 3 – Uova con (sinistra, *Buglossidium luteum*) e senza (destra, *S. sprattus*) gocce oleose.

Dopo che lo spermatozoo è entrato attraverso il micropilo ed è avvenuta la fecondazione inizia lo sviluppo dell'uovo (Fig. 4). La prima fase che si verifica è una segmentazione verticale al termine della quale si forma il blastodisco.

In seguito, le cellule del blastodisco si segmentano ulteriormente fino a diventare indistinguibili e formano la blastula (Jennings *et al.*, 1991). Avviene quindi la gastrulazione, con la formazione dell'anello germinale, i cui foglietti si spostano fino ad avvolgere metà della superficie del vitello (Jennings *et al.*, 1991; Varagnolo, 1971). L'area del vitello rimasta scoperta viene chiamata blastoporo, anche se, non essendoci invaginazione, non può considerarsi un blastoporo nel senso stretto del termine. In seguito il blastoporo si chiude gradatamente e l'intera superficie vitellina è circondata (chiusura del blastoporo). Questo momento segna la fine del periodo critico dello sviluppo (Russell, 1976).

Da questa fase l'embrione comincia ad essere distinguibile all'interno dell'uovo; si notano i contorni degli occhi e delle otocisti e compaiono i primi miomeri. Solitamente la pigmentazione inizia ad essere evidente quando il corpo dell'embrione si è allungato fino a circondare per metà il sacco vitellino. In questo momento il cuore inizia a battere e si sviluppano, all'estremità caudale dell'embrione, una o più vescicole dette vescicole di Keupfer, che hanno con molta probabilità una funzione escretoria (Russell, 1976).

Successivamente, l'estremità caudale dell'embrione si distacca dal sacco vitellino e tutto il corpo dell'embrione inizia ad ingrossarsi (Russell, 1976). Poco dopo questo evento, di norma, avviene la schiusa; questa solitamente è facilitata anche dalla secrezione, da parte di ghiandole localizzate sulla testa o sulla bocca, di enzimi che indeboliscono o liquefanno la membrana esterna (Bond, 1996).

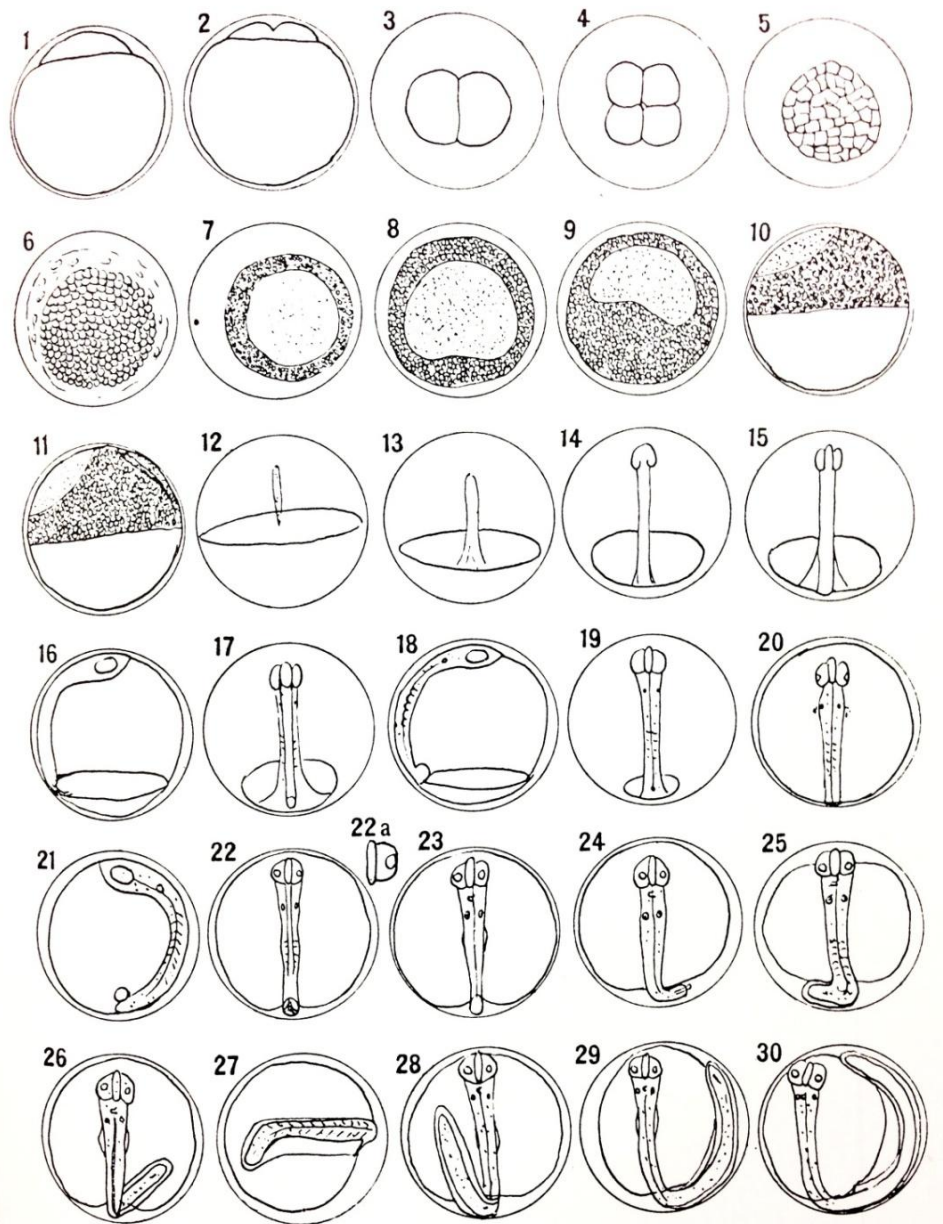


Figura 4 – Fasi dello sviluppo di un uovo di *Limanda limanda*, in Russell, 1976.

I pesci sono organismi ectotermi, cioè il loro metabolismo e la loro fisiologia dipende delle condizioni dell'ambiente esterno: non possono infatti regolare la temperatura corporea (Biology Online, Dictionary). Di conseguenza, il tempo di incubazione e di permanenza delle uova nell'acqua prima della schiusa varia molto a seconda della temperatura esterna, delle dimensioni stesse dell'uovo e del sacco vitellino (Russell, 1976). Per esempio Varagnolo (1971) ha osservato che le uova di *E. encrasicolus* rimangono nel plancton, prima di schiudersi, per 4 giorni se la temperatura è di 16.5 °C, 3 giorni se la temperatura è di 17-18 °C, 2 giorni se la temperatura è di 21-22 °C ed un giorno solamente se la temperatura è di 27-28 °C. Saka *et al.*, (2001) hanno effettuato un esperimento simile con le uova di *Dicentrarchus labrax*, durante il quale è emerso che per avere una schiusa completa di tutte le uova esaminate occorrono 87 ore se la

temperatura è mantenuta a 15 °C e 68 ore se la temperatura è di 17 °C. Secondo altri studi le uova di *S. pilchardus*, che possiedono un ampio spazio perivitellino ed un vitello ridotto, schiudono in tre o quattro giorni, mentre, alla stessa temperatura, le uova di grandi dimensioni ma con spazio perivitellino ridotto non schiudono per circa 3 settimane (Russell, 1976).

### 1.2.2 - LE LARVE

Solitamente le larve della maggior parte delle specie ittiche, subito dopo la schiusa, misurano, in lunghezza, da pochi *mm* a 4.0 *mm*. Alcune eccezioni si presentano per le specie aventi organismi di forma allungata (*Clupeidae*, *Engraulidae* etc.). Nei primi stadi di sviluppo (Fig. 5) il sacco vitellino, posto anteriormente alla larva, occupa circa metà dell'intero corpo embrionale ed assicura il nutrimento alla larva. In questa fase infatti la bocca e l'apertura anale, nonostante siano presenti, non sono ancora completamente funzionali. L'intero corpo della larva inoltre è circondato da una pinna primordiale, senza raggi, che permette lo scambio gassoso (Russell, 1976).

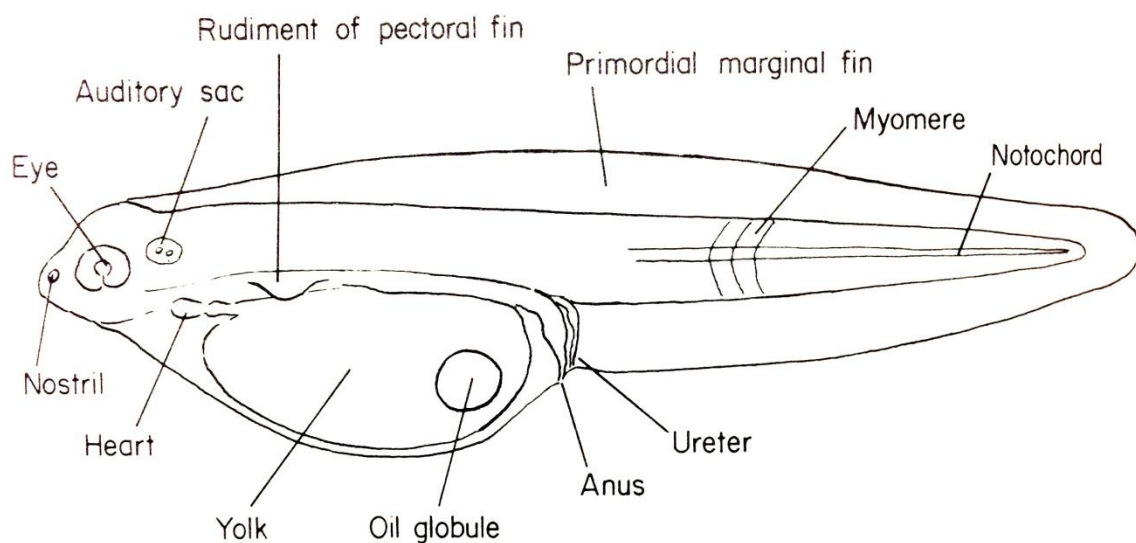


Figura 5 – Schema generico di una larva di pesce, in Russell, 1976.

Il contenuto del sacco vitellino viene progressivamente utilizzato per il nutrimento finché tutti gli organi necessari alla cattura ed alla digestione del cibo non si sviluppano completamente, diventando funzionali. Gradatamente quindi la dimensione del sacco vitellino diminuisce fino a che questo, completamente riassorbito, scompare.

Già dallo stadio larvale è presente un pattern di pigmentazione caratteristico per ogni specie o famiglia. La pigmentazione è data da cellule, dette cromatofori, che, nella loro forma finale sono puntiformi, stellate o diramate (Russell, 1976). In particolare le cellule con colorazione nera o marrone sono dette melafonori, quelle con colorazione gialla,

xantofori, mentre quelle con colorazione rossa sono dette eritrofori. Solitamente dopo la fissazione in formaldeide rimangono evidenti solamente i melanofori (Russell, 1976).

Lo stadio larvale di un pesce può essere ulteriormente suddiviso in 5 fasi: stadio del sacco vitellino, stadio di pre-flessione, stadio di flessione, stadio di post-flessione, stadio di trasformazione. Completati questi 5 stadi l'organismo entra nella fase giovanile, che si conclude con il raggiungimento della maturità sessuale. La classificazione riportata in questa tesi segue le indicazioni riportate nell'*Ittioplankton Information System (IIS)* dell'*Alaska Fisheries Science Center*; non esiste ancora una terminologia standardizzata e scientificamente universale per la descrizione dei primi stadi di sviluppo delle specie marittime ovipare.

Stadio del sacco vitellino (Fig. 6a): va dalla schiusa dell'uovo fino al completo riassorbimento del sacco vitellino da parte della larva. Questa fase, che varia temporalmente a seconda della specie considerata e delle condizioni ambientali, si osserva in quasi tutte le larve derivanti da uova pelagiche. Le larve di specie con uova non pelagiche spesso saltano lo stadio del sacco vitellino in quanto riassorbono il tuorlo mentre sono ancora nell'uovo (FAO-MedSudMed, 2011). Potendo sopravvivere nutrendosi delle sostanze contenute nel sacco vitellino, le larve che possiedono questo stadio, schiudono senza orifizi funzionali, senza pigmentazione degli occhi e senza pinne differenziate.

Stadio di pre-flessione (Fig. 6b): va dal completo riassorbimento del sacco vitellino all'inizio della flessione della notocorda.

Stadio di flessione (Fig. 6c): va dall'inizio della flessione della notocorda alla completa flessione delle notocorda. Inizia con la curvatura dell'estremità della notocorda, che coincide con lo sviluppo dei primi raggi della pinna caudale e di alcuni elementi scheletrici di sostegno. Questo stadio termina quando l'estremità della notocorda raggiunge la posizione finale (circa 45° rispetto l'asse della notocorda) ed i principali raggi della pinna caudale sono posizionati longitudinalmente (come nella fase adulta). In questa fase alcuni elementi scheletrici di supporto possono non essere sviluppati completamente (FAO-MedSudMed, 2011; Richards, 2006).

Stadio di post-flessione (Fig. 6d): va dal completamento della flessione della notocorda all'inizio della metamorfosi/trasformazione. Il pesce inizia ad assumere le caratteristiche proprie della fase giovanile, attraverso una sequenza di cambiamenti ontogenetici (FAO-MedSudMed, 2011).

Stadio di trasformazione: va dall'inizio della metamorfosi al completo sviluppo dei raggi delle pinne e l'inizio della formazione delle scaglie. In questa fase scompaiono i caratteri larvali dell'organismo e iniziano ad apparire i caratteri dei giovanili/adulti. Si possono

verificare bruschi cambiamenti nella distribuzione dei pigmenti ma soprattutto nella forma del corpo e nel posizionamento degli occhi e delle pinne.

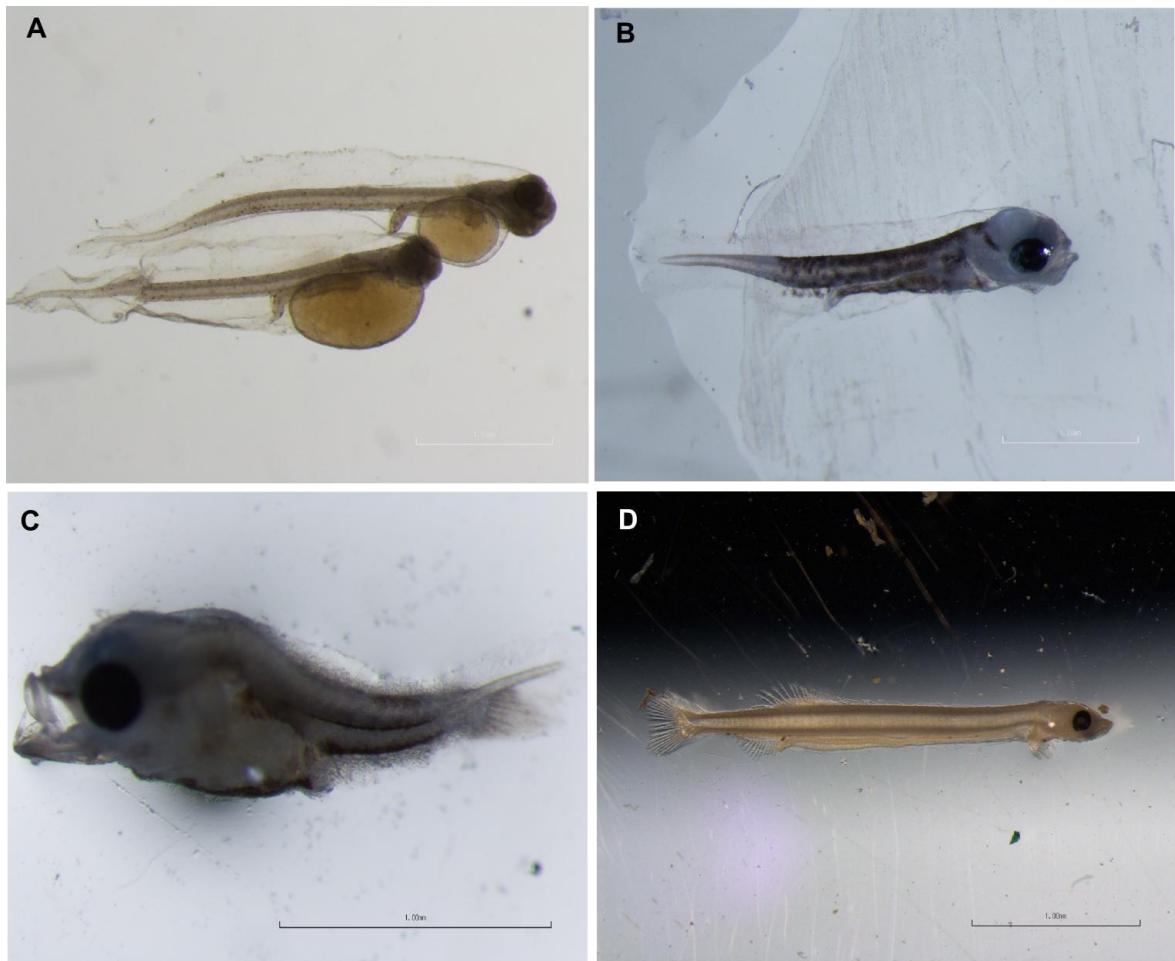


Figura 6 – Larve di pesce in diverse fasi di sviluppo: A = *Platichthys flesus*, fase sacco vitellino; B = *Mugilidae*, pre-flessione; C = *Sciaenidae*, flessione; D = *E. encrasicolus*, post-flessione.

Come per le uova, la velocità con cui una larva passa da uno stadio all'altro dipende molto dalla specie e dalla temperatura dell'acqua (Jennings *et al.*, 2001).

### 1.2.3 - CRITERI GENERALI DI CLASSIFICAZIONE DI UOVA E LARVE

Come già affermato, sono stati utilizzati diversi libri, articoli, chiavi tassonomiche e figure per identificare le uova e le larve dei teleostei al livello tassonomico più basso. Non è ancora presente in letteratura infatti una chiave tassonomica di identificazione di uova e larve di teleostei che riunisca tutte le informazioni presenti in letteratura.

Ad aumentare le difficoltà di classificazione vi è il fatto che le caratteristiche delle uova e delle larve di alcune specie possono variare in base all'area considerata ed alle condizioni



climatiche e di cattura. Vi sono inoltre alcune specie le cui uova sono molto simili tra loro e di conseguenza è molto difficile, se non impossibile, attribuire una corretta identificazione fino al livello tassonomico di specie, soprattutto se tali organismi hanno periodi riproduttivi coincidenti.

Le chiavi maggiormente utilizzate in questa tesi per la suddivisione dell'ittioplancton per famiglia e/o specie sono state quelle di Russell (1976), Marinaro (1971) e Raffaele (1888).

In generale, una buona ed abbastanza recente spiegazione circa le caratteristiche da osservare per l'identificazione delle uova e delle larve è data da FAO-MedSudMed (2006) e da Russell (1976). Schematicamente è riportato di seguito l'elenco di caratteristiche suggerito da Russell (1976).

Le caratteristiche attraverso le quali vengono identificate le uova sono principalmente:

- Presenza o assenza di gocce oleose;
- Vitello omogeneo o segmentato;
- Dimensione dello spazio perivitellino;
- Membrana dell'uovo con superficie liscia o rugosa;
- Dimensione dell'uovo;
- Forma dell'uovo;

in stadi di sviluppo dell'uovo avanzati:

- Presenza o assenza di pigmentazione sul sacco vitellino o nelle gocce oleose;
- Grado di pigmentazione degli occhi;
- Tipo di pigmentazione dell'embrione;
- Presenza o assenza di pigmenti gialli o rossi quando si osservano uova vive.

Le caratteristiche attraverso le quali vengono identificate le larve invece sono principalmente:

- Forma del corpo (compresso, allungato);
- Numero di miomeri;
- Sviluppo strutturale della notocorda e delle successive vertebre;
- Sviluppo delle pinne;
- Posizione dell'ano;
- Pattern di pigmentazione (posizione e tipologia di cromatofori);
- Posizione, grado di assorbimento e caratteristiche del sacco vitellino (presenza/assenza di goccia/gocce oleose, numero e posizione della goccia/gocce oleose, pigmentazione, segmentazione/non segmentazione etc.).

Le forme delle uova e delle larve possono presentare varie forme ed essere anche molto diverse da quelle assunte dall'individuo adulto o anche giovanile (Fig. 7).



*Figura 7 – Foto rappresentante le uova e le larve di 9 differenti taxa ittici.*

### 1.3 - OBIETTIVI DELLA TESI

Allo scopo di indagare un aspetto importante della connettività fra mare e laguna, rappresentato dai flussi di uova e larve di specie marine migratrici che ogni anno arrivano in laguna attraverso le bocche di porto, sono stati effettuati campionamenti stagionali di ittioplancton nell'area della Bocca di Porto di Lido, in Laguna di Venezia (per ulteriori dettagli si rimanda ai materiali e metodi). Lo studio ha coperto un intero ciclo annuale (dall'estate 2013 alla primavera 2014).

È stato così possibile studiare:

- La dinamica stagionale degli ingressi in laguna delle uova e delle larve di Teleostei, con una particolare attenzione per i *taxa* di migratori giovanili;
- La distribuzione di uova e larve di pesci nell'area oggetto di studio;
- L'abbondanza relativa delle diverse famiglie di teleostei nell'ittioplancton in entrata in laguna.

In laguna di Venezia è in atto la costruzione del Mo.S.E., il quale, quando sarà in funzione, durante i fenomeni mareali più sostenuti, avrà il compito di bloccare tutta l'acqua marina entrante in laguna, non permettendo quindi ricambi idrici con il mare. In parte le conseguenze ecologiche, chimico-fisiche e idromorfologiche sono già state stimate (Basterretxea *et al.*, 2012; Ghezzi *et al.*, 2010; IMAGE – Università di Padova, 2006; MAG. ACQUE-CORILA, 2014).

Questo studio circa la distribuzione spaziale della comunità ittioplanctonica costituisce anche una base per un futuro monitoraggio dei possibili effetti di tale opera sulla connettività mare-laguna; il presente lavoro costituisce infatti il "punto zero" di tale monitoraggio, cioè il momento in cui l'impatto del funzionamento del Mo.S.E. è considerato nullo.

## 2 - AREA DI STUDIO

### 2.1 - IL MARE ADRIATICO

Il Mare Adriatico (Fig. 8a) è un bacino del Mare Mediterraneo che si estende, con una superficie di circa  $132000 \text{ km}^2$ , tra  $40^\circ$  e  $46^\circ$  lat. N e tra  $12^\circ$  e  $20^\circ$  long. E. (Buljan e Zore-Armanda, 1976). È racchiuso ad occidente ed a nord dalla penisola italiana e ad oriente dalla penisola balcanica; occupa di conseguenza la depressione tra l'Appennino italiano e le Alpi Dinariche (Cushman-Roisin *et al.*, 2001; Moranta *et al.*, 2008; [www.treccani.it](http://www.treccani.it)). Questo bacino, che comunica con il Mar Mediterraneo attraverso il Canale di Otranto (Blake *et al.*, 1996; Cushman-Roisin *et al.*, 2001; Mannini *et al.*, 2005), è orientato in direzione SE-NO e, nella parte settentrionale, giunge fino alla laguna di Venezia (ad ovest) ed al golfo di Trieste (ad est). La sua profondità varia moltissimo in relazione alla latitudine in cui ci si trova; a nord vi sono solitamente pendenze e dislivelli lievi (Bombace *et al.*, 1994; Buljan e Zore-Armanda, 1976; Fonda Umani *et al.*, 1990). Nella parte più meridionale invece la profondità del Mar Adriatico può raggiungere anche 1200 metri (Blake *et al.*, 1996; Fonda Umani *et al.*, 1990; Mannini *et al.*, 2005; [www.venezia.isprambiente.it](http://www.venezia.isprambiente.it)) (Fig. 8b).

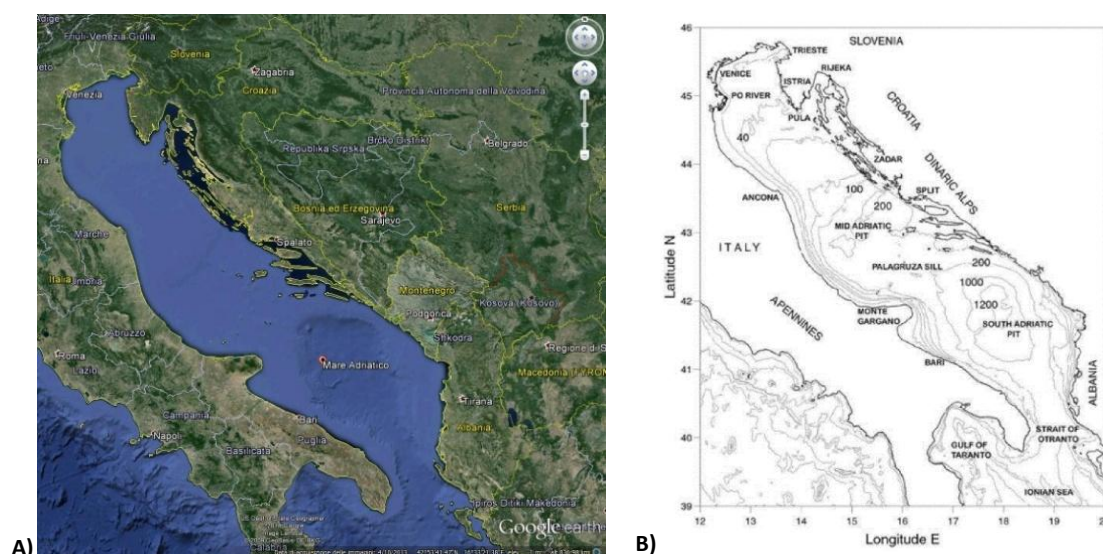


Figura 8 – A: Mar Adriatico, Google Earth; B: Batimetria Mar Adriatico, Venezia ISPRA.

La costa occidentale è, con rare eccezioni quali il Delta del Po ed i promontori del Conero e del Gargano, quasi sempre unita e piatta (Bombace, 1990; Bombace *et al.*, 1994; Cushman-Roisin *et al.*, 2001; Fonda Umani *et al.*, 1990). Il profilo costiero della parte settentrionale è invece interrotto dalla laguna di Venezia, di Marano e di Grado e dal Golfo di Trieste (Bombace, 1990; [www.treccani.it](http://www.treccani.it)).

La costa orientale settentrionale, compresa tra il Golfo di Trieste ed il confine tra il Montenegro e l'Albania, si presenta rocciosa (Blake *et al.*, 1996; Cushman-Roisin *et al.*, 2001; Fonda Umani *et al.*, 1990); l'altopiano carsico istriano e i rilievi dinarici giungono

infatti fino al mare e si dispongono allineati in solchi paralleli, formando anche vari promontori e penisole, allungate da SO a NE (Istria, penisole di Zara e di Sabbioncello) ([www.treccani.it](http://www.treccani.it)).

Le acque del Mar Adriatico presentano una grande uniformità in termini di composizione e di densità (Lipej e Dulcic, 2004; Odum, 1987; Zoe-Armanda, 1979; [www.treccani.it](http://www.treccani.it)). Di conseguenza, il calore si propaga facilmente, tramite moti convettivi, dalla superficie fino agli strati più profondi (Odum, 1987). La salinità, eccetto che per la laguna di Venezia e per le lagune del Delta del Po, in cui è minore a causa dell'afflusso delle acque fluviali, si mantiene intorno al valore di 38.5‰ (Sorokin *et al.*, 1996; [www.treccani.it](http://www.treccani.it)).

Dal punto di vista idrodinamico (Fig. 9) è presente una forte e costante corrente che spinge l'acqua entrante dal canale di Otranto, lungo la costa orientale, verso nord, da dove, in seguito, si espande verso il centro del bacino fino alla zona del Gargano (Cushman-Roisin *et al.*, 2001; Mannini *et al.*, 2005; [www.treccani.it](http://www.treccani.it)). Un'altra importante corrente, in questo caso discendente, muove le acque della costa occidentale da Ancona verso sud (Cushman-Roisin *et al.*, 2001; Mannini *et al.*, 2005). Nella parte settentrionale occidentale è presente inoltre un'altra forte corrente discendente che trasporta le acque lungo il litorale fino alle coste romagnole; qui spesso si forma una condizione tale che le acque marine, assieme alle acque del fiume Po, vengono spinte fino alle coste istriane (Franic e Petrinec, 2006; Mannini *et al.*, 2005; [www.treccani.it](http://www.treccani.it)).

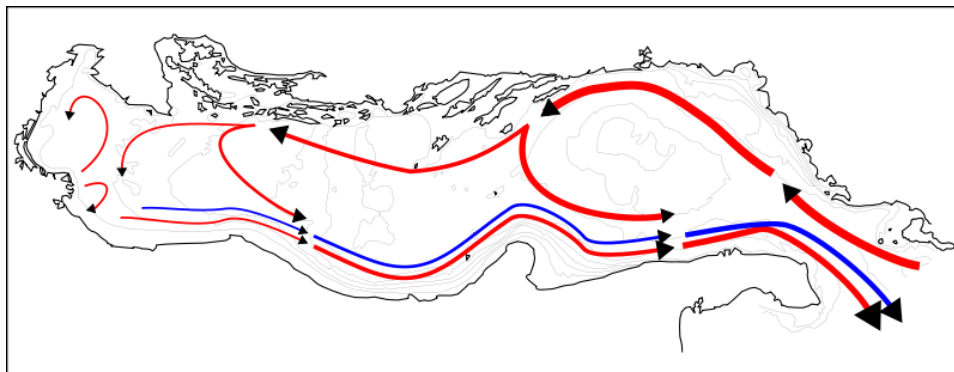


Fig. 9 – Schema delle correnti marine nel Mare Adriatico. Rosso: Correnti superficiali; Blu: Correnti di fondo. Wikipedia, [http://skola.gfz.hr/d6\\_8.htm](http://skola.gfz.hr/d6_8.htm).

Un fattore molto importante che determina variazioni sull'idrodinamismo del bacino adriatico è la marea (Camuffo, 2001; Gower, 2010; Valiela, 2006). Nel Mar Adriatico, specialmente nella parte settentrionale, sono infatti presenti maree molto più pronunciate rispetto al resto del Mar Mediterraneo (Goldman *et al.*, 1975; [www.treccani.it](http://www.treccani.it)). A contribuire a questo fenomeno, essenziale anche per lo scambio di nutrienti e di acqua tra le varie parti di questo bacino, è la presenza di venti da sud come lo *scirocco* (Camuffo, 2001).

Economicamente, il Mar Adriatico è stato, un tempo, il mare più pescoso tra quelli italiani. Tuttavia recentemente, a causa dell'eccessivo sfruttamento, ha subito un consistente depauperamento della sua fauna ittica (Tsikliras *et al.*, 2013).

Grazie alla grande variabilità morfologica del fondale e delle coste e grazie alle caratteristiche chimico-fisiche molto differenziate dell'acqua, sono presenti in tutto il Mare Adriatico, una grande quantità di habitat ed ambienti favorevoli al mantenimento di una grande biodiversità ittica. Secondo recenti stime, nel bacino Adriatico sono presenti 256 specie di pesci ossei (Superclasse Osteichthyes), raggruppati in 89 Famiglie a loro volta riunite in 23 Ordini (SIBM Checklist, 2010).

## 2.2 - LA LAGUNA DI VENEZIA

La Laguna di Venezia è situata a nordovest del Mar Adriatico (45°26' N, 12°20' E) ed il suo asse principale ha una direzione Nord-Est, Sud-Ovest. Essa misura circa 50 km di lunghezza e 10 km di larghezza (Gacic *et al.*, 2004). Possedendo quindi un'estensione di quasi 550 km<sup>2</sup>, dei quali circa 400 di acqua superficiale libera (Brigolin *et al.*, 2014), è la più grande laguna sia nel territorio italiano (Rapaglia *et al.*, 2011) sia nel bacino del Mar Mediterraneo (Franco *et al.*, 2006a) (Fig. 10).



Figura 10 – Laguna di Venezia, Google Earth.

## 2.2.1 - ASPETTI IDROMORFOLOGICI

La laguna di Venezia può essere definita come un ecosistema costiero lagunare microtidale poco profondo. Per laguna si intende uno specchio d'acqua lungo la costa o un bacino costiero in cui penetrano sia le acque marine sia quelle continentali, dominato dalle maree, separato dal mare da un cordone litorale (insieme di lidi), ma comunicante con esso attraverso bocche (foci) lagunari (Brambati, 1988).

La profondità media di questa laguna, nonostante vari a seconda della letteratura considerata, si aggira attorno ad 1 metro: 0.8 m (Rapaglia *et al.*, 2011),  $1 \pm 0.3$  m (Bonfà *et al.*, 2004), 1.2 m (Molinaroli *et al.*, 2007).

Dell'intera superficie lagunare, solamente il 5% possiede una profondità superiore a 5 metri (Brigolin *et al.*, 2014). Le grandi aree di basso fondale, che occupano circa il 75% di tutto il territorio (Molinaroli *et al.*, 2009) sono collegate tra loro da una fitta rete di canali, naturali ed artificiali, le cui profondità non superano quasi mai i 2 metri (Solidoro *et al.*, 2002). I canali che superano i 2 metri di profondità sono canali artificiali i quali necessitano spesso, per il loro mantenimento a profondità costante, dell'azione attiva dell'uomo tramite dragaggi.

La laguna di Venezia è collegata al Mar Adriatico tramite tre grandi "bocche di porto" (Lido, Malamocco e Chioggia). A queste tre aperture tra i lidi sono associati tre canali molto larghi e profondi (ampiezza tra 500 e 1000 metri e profondità tra 15 e 50 metri (Brigolin *et al.*, 2014)). Nello specifico, la bocca di Lido possiede l'apertura maggiore (massima di 900 m), quella di Malamocco la profondità maggiore (massima di 20 m) mentre quella di Chioggia è quella più piccola e con il fondale più basso (profondità massima di 8 m e ampiezza massima di 400 m) (Gacic *et al.*, 2004). Questi tre grandi canali permettono, oltre al passaggio delle imbarcazioni, anche uno scambio continuo e consistente di acqua e nutrienti tra il mare e la laguna.

Lo scambio d'acqua tra la laguna ed il mare, attraverso le bocche di porto, varia molto a seconda delle condizioni meteo-climatiche (Cucco e Umgiesser, 2006), della stagione e delle fasi di marea. Le maree inoltre possono essere a loro volta influenzate da condizioni climatiche come: forte vento caldo da sud (*scirocco*), bassa pressione atmosferica e forti temporali (Camuffo, 2001; Canestrelli *et al.*, 2001; Pirazzoli, 1991).

Il volume scambiato tra il mare e la laguna di Venezia, mediamente, è compreso tra 6500  $m^3/s$  (Cucco e Umgiesser, 2006; Gacic *et al.*, 2002) e 8000  $m^3/s$  (Gacic *et al.*, 2005). Come già citato in precedenza, un parametro molto importante che influenza lo scambio di acqua tra il mare e la laguna è la marea: l'escursione mareale in laguna di Venezia è di circa 0.3 metri durante le maree di quadratura e di 1.1 metri durante le maree di sizigia (Rapaglia *et al.*, 2011).

Solitamente la durata delle maree, nel Mar Mediterraneo, è di circa 12 ore. Queste, ovviamente, sono collegate al passaggio della luna sopra il punto considerato, sulla terra. In ogni mese la marea può essere influenzata in maniera diversa a seconda della fase lunare: quando la luna si trova in posizione di congiunzione o di opposizione con il sole (luna piena), si sviluppano maree con massime ampiezze (marea di sizigia); viceversa, quando la luna è in quadratura con il sole, le ampiezze di marea sono minime (marea di quadratura ([www.venezia.isprambiente.it](http://www.venezia.isprambiente.it))).

Complessivamente, in un giorno, l'escursione mareale in laguna di Venezia è mediamente di  $\pm 70$  cm attorno al livello di medio mare (Silvestri *et al.*, 2005): ed è la massima di tutto il bacino Mediterraneo (Goldman *et al.*, 1975). Di conseguenza, il volume di acqua scambiato tra il mare e la laguna in 12 ore è di  $175 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>, durante le maree di quadratura, e di  $350 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>, durante le maree di sizigia (Silvestri *et al.*, 2000). Secondo recenti stime, un terzo del volume dell'intero bacino è scambiato durante ogni ciclo di marea (Gacic *et al.*, 2004) ed il ricambio totale di tutta l'acqua della laguna avviene in tempi che variano da poche ore, nelle parti più vicine alle bocche di porto, a 30 giorni nelle parti più vicine all'entroterra (gronda lagunare) (Cucco e Umgiesser, 2006), fino a picchi di anche 100 giorni per i canali artificiali interni all'area industriale di Porto Marghera (Atlante della Laguna di Venezia, 2014).

Considerando l'apporto di acque dolci in laguna di Venezia, si può constatare come questo sia molto basso rispetto a quello ritrovabile in altre aree lagunari (Gacic *et al.*, 2004). La salinità si mantiene in un range compreso tra 32 e 36‰ (Sorokin *et al.*, 1996). Questo è dovuto principalmente alla deviazione, tra il 15esimo ed il 16esimo secolo, del flusso dei principali fiumi che sfociavano in laguna, i quali ora sfociano direttamente nel mare. Come conseguenza di ciò, ora, l'apporto annuale medio di acqua fluviale in laguna è di circa  $35.5$  m<sup>3</sup>/s (Zuliani *et al.*, 2001) e raggiunge mediamente, all'anno, quasi  $900 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup> (Silvestri *et al.*, 2000). La maggiore quantità di acqua fluviale, circa il 50% del totale (Zonta *et al.*, 2005; Zuliani *et al.*, 2005), sfocia nella parte più settentrionale della laguna (Solidoro *et al.*, 2002) e proviene principalmente dai fiumi: Silone (23.1%), Dese (21.1%), Naviglio-Brenta (14.3%) e Taglio-Nuovissimo (13.2%) (Molinaroli *et al.*, 2007).

Due "watersheds", che dividono l'area lagunare in tre sub-bacini (Settentrionale, Centrale, Meridionale), accentuano la complessità di questo ambiente lagunare (Avanzi *et al.*, 1979).

Il sub bacino settentrionale è il più ampio (circa  $260$  km<sup>2</sup>). Esso include la città di Venezia e molte altre isole abitate (Murano, Burano, ecc.) ed è collegato al mare dalla bocca di Lido. Questo sottobacino, nonostante presenti un grande ricambio di acqua tramite la bocca di Lido (scambio d'acqua di  $10.051$  m<sup>3</sup>/s; Cucco e Umgiesser, 2002), presenta mediamente la minor salinità, in quanto, come citato precedentemente, vi confluiscono la maggior parte dei fiumi provenienti dall'entroterra. Il sub bacino centrale ha una superficie di circa  $186$  km<sup>2</sup> ed è caratterizzato dalla presenza di un grande canale (Canale Malamocco-



Marghera), il quale collega il mare, attraverso la bocca di Malamocco, al porto industriale di Porto Marghera. Infine il sub bacino meridionale, di circa 105 km<sup>2</sup> di superficie, include la città portuale di Chioggia. Rispetto agli altri due, il sub bacino centrale risulta caratterizzato da un maggiore idrodinamismo causato dalle forti correnti di marea (100 cm/s) e dai grandi scambi d'acqua con il mare attraverso la bocca di Malamocco (10,718 m<sup>3</sup>/s). Il sub bacino meridionale è, invece, quello che presenta il minor scambio di acque rispetto al resto della laguna (Cucco e Umgieser, 2002).

### 2.2.2 - ASPETTI ECOLOGICI

Grazie ai continui scambi di acqua con il mare e grazie alle caratteristiche sia morfologiche sia chimico-fisiche, la laguna di Venezia si presenta come un ecosistema molto eterogeneo e di grande importanza. Per questo motivo la laguna di Venezia è sottoposta a numerosi piani di gestione e monitoraggio sia a livello locale sia a livello internazionale, tra i quali spicca la Water Framework Directive 2000/60/EC (Brigolin *et al.*, 2014; WFD; European Community, 2000).

La laguna di Venezia possiede inoltre una grande varietà di nicchie ecologiche e di risorse. Questo si traduce nella presenza di vari habitat, anche interconnessi tra loro, in grado di sostenere la vita di numerose specie ittiche (Franzoi *et al.*, 2010). Tra gli habitat di maggior pregio vi sono le praterie di fanerogame marine, le piane sabbiose e fangose sommerse o intertidali e le paludi intertidali (Franco *et al.*, 2006a; Malavasi *et al.*, 2005; Molinaroli *et al.*, 2009).

In laguna di Venezia si può osservare la presenza di un gradiente nord-sud circa la distribuzione delle piante acquatiche superiori; si può infatti riassumere che il bacino meridionale possiede la maggior quantità di biomassa di fanerogame, mentre il bacino settentrionale la minore (Rismondo *et al.*, 2003; Sfriso e Ghetti, 1998; Sfriso e Facca, 2007).

La presenza di molti tipi di habitat, tra cui principalmente quelli a fanerogame marine, è un fattore importantissimo per l'insediamento e lo sviluppo di popolamenti sia animali sia vegetali, sia residenti sia migratori. Sfriso *et al.*, (2001) hanno analizzato anche che la presenza di fanerogame o macroalghe può modificare le caratteristiche abiotiche dell'acqua della laguna e, di conseguenza, cambiare la struttura bentonica del territorio. Numerosi sono i lavori in cui emerge che la composizione delle comunità ittiche varia a seconda della tipologia di habitat (Bell *et al.*, 1988; Elliott e Hemingway, 2002; Franco *et al.*, 2006a, 2006b; Malavasi *et al.*, 2004).

Sono moltissimi gli studi che focalizzano l'attenzione sulla composizione della fauna ittica della laguna di Venezia (Franco *et al.*, 2006a, 2006b, 2008a, 2008b; Mainardi *et al.*, 2002,

2004, 2005; Malavasi *et al.*, 2004); secondo il lavoro più recente, Franzoi *et al.*, (2010), questa è composta da 80 specie (79 Osteichthyes e 1 Chondrichthyes).

Anche nell'ottica dello studio della connettività mare-laguna è molto utile suddividere i vari *taxa* ittici in guild funzionali ed ecologiche; infatti, come già affermato, la componente migratrice è di grandissima importanza per l'analisi della relazione tra mare e laguna.

Tutte le specie ittiche dei sistemi di acque di transizione possono venire suddivise in diverse categorie ecologiche (guild), sulla base delle differenti capacità di tollerare le variazioni dei parametri ambientali, principalmente temperatura e salinità, e sulla base dei differenti comportamenti migratori e riproduttivi compiuti dai vari individui (Elliott e Dewailly, 1995; Elliott *et al.*, 2007; Franco *et al.*, 2008a, 2008b). I primi lavori circa la suddivisione della fauna ittica estuarina in guild funzionali sono stati svolti da Elliott e Dewailly (1995).

La classificazione in guild maggiormente utilizzata per lo studio del comparto ittico della laguna di Venezia è quella riassunta in Franzoi *et al.*, (2010) e si basa sul comportamento migratorio degli individui delle varie specie. Secondo questa suddivisione, le specie estuarine presenti nel Mar Adriatico settentrionale, sono raggruppate in 5 categorie ecologiche (Franco *et al.*, 2006a, 2006b; Franzoi *et al.*, 2010; Malavasi *et al.*, 2004), di seguito elencate.

- Residenti Lagunari (LR): pesci che sono in grado di passare tutto o comunque la maggior parte del loro ciclo biologico all'interno degli ambienti lagunari.
- Migratori Marini (MM): pesci che, anche se depongono le uova in mare, compiono migrazioni stagionali o periodiche negli ambienti lagunari. Queste migrazioni possono essere legate ad una particolare fase del loro ciclo vitale oppure essere cicliche. I MM sono suddivisi ulteriormente in:
  - a. Migratori giovanili (MJ): utilizzano la laguna come area di nursery per gli individui giovani.
  - b. Migratori stagionali (MS): entrano in laguna con una periodicità stagionale ogni anno, anche se non dipendono esclusivamente dall'ambiente lagunare in nessun stadio della vita.
  - c. Migratori catadromi (MC): depongono le uova in mare e, quando hanno raggiunto lo stadio larvale o giovanile, migrano verso le acque dolci dei fiumi, dove rimarranno per la maggior parte della loro vita.
- Migratori Occasionali (MO): pesci che giungono in laguna in maniera sporadica ed irregolare in quanto non dipendono dalla laguna in nessun stadio del loro ciclo vitale.
- Migratori Anadromi (MA): pesci che depongono le uova nelle acque dolci e che, raggiunto lo stadio larvale o giovanile, inversamente dai MC, migrano verso le acque del mare.

- Specie dulcicole, Freshwater Species (FW): specie di acqua dolce che giungono negli ambienti di transizione occasionalmente e spesso sono rappresentate da un numero molto basso di individui.

Il numero di specie presenti in laguna di Venezia può essere suddiviso in 32 Migratori Occasionali, 24 migratori marini, 17 residenti lagunari e 1 migratore anadromo (Franzoi *et al.*, 2010).

Recentemente è stato sviluppato un nuovo approccio per la classificazione delle specie ittiche degli ambienti di estuario e laguna (Potter *et al.*, 2013). Questa nuova e più recente classificazione è stata utilizzata in questa tesi per la classificazione in guild delle uova e larve ritrovate.

Di seguito viene esposta brevemente (Tab. 1) la descrizione delle guild utilizzate in Potter *et al.* (2013).

Tabella 1 – Descrizione delle Guild secondo Potter et al. (2013).

Categoria	Sigla Guild	Guilds	Descrizione Categoria	Descrizione Guild
Diadromi	A	Anadromous (Anadromi)	Migrano tra il mare e l'acqua dolce	Crescono nel mare prima di migrare nei fiumi per riprodursi
	C	Catadromous (Catadromi)		Vita trofica nelle acque dolci prima di migrare in mare per riprodursi
Estuarini	ESs	Solely Estuarine (Esclusivamente Estuarini)	Popolazioni con individui che completano il loro ciclo vitale all'interno delle aree estuarine	Si trovano solo nelle aree estuarine
	ES	-Estuarine & marine (Estuarini e Marini) -Estuarine & freshwater (Estuarini e di Acque Dolci)		-Rappresentati anche da popolazioni marine. -Rappresentati anche da popolazioni di acqua dolce.
Marini	ME-D	Marine estuarine-dependent (Marini Estuarini – Dipendenti)	Si riproducono nel mare	I giovanili hanno bisogno di habitat estuarini protetti, e quindi durante la crescita non sono presenti lungo le coste esposte, dove

				loro vivono invece durante il resto della vita
	ME-O	Marine estuarine-opportunist (Marini Estuarini – Opportunisti)		Entrano regolarmente negli estuari in quantità abbondanti, specialmente in fase giovanile, ma usano, in maniera variabile, le acque marine costiere come aree alternative di nursery
	MS	Marine straggler (Marini Occasionali o Dispersi)		Entrano nelle aree estuarine sporadicamente e con basse quantità
Dolcicoli	FS	Freshwater straggler (Dolcicoli Occasionali o Dispersi)	Si riproducono nelle acque dolci	Entrano negli estuary in basso numero

In questo lavoro si è preferito utilizzare una guild modificata per suddividere in categorie funzionali i *taxa* ittici ritrovati. La spiegazione della guild modificata utilizzata, creata partendo dalle considerazioni di Franzoi *et al.* (2010) prima e Potter *et al.* (2013) poi, è riportata in materiali e metodi.

### 2.3 - LA BOCCA DI PORTO DI LIDO

Dato che lo scopo principale di questo lavoro di tesi era quello di indagare la connettività mare-laguna, è stato necessario, per i campionamenti, identificare un'area in cui le acque lagunari e quelle del Mar Adriatico fossero in contatto tra loro ed in cui il ricambio idrico fosse consistente.

Da alcuni anni sono in corso le opere di scavo e di modifica della morfologia del fondale di tutte le tre bocche di porto della laguna di Venezia. Tali operazioni sono essenziali per il posizionamento delle dighe mobili del sistema Mo.S.E. Di conseguenza, in questi ultimi anni, trovare un luogo in cui non vi fossero disturbi antropici considerevoli era molto difficile.

Fortunatamente, nell'ultimo anno, alla Bocca di Porto di Lido sono terminate le attività di scavo e le attività di posizionamento dei cassoni ed è iniziata la posa delle paratoie mobili del Mo.S.E. Grazie alla conclusione di questi lavori, i quali generavano il maggiore impatto durante la "fase di costruzione", e grazie all'inizio dei lavori meno perturbanti, è stato possibile reputare nullo, o comunque quasi assente, il disturbo causato dall'azione umana. La connettività mare-laguna del comparto planctonico poteva essere quindi considerata quasi inalterata: "stato quasi zero".

Vi sono inoltre ulteriori motivazioni che hanno portato alla scelta della Bocca di Lido come sito di campionamento per questo studio. Tra questi vi è il ruolo ecologico svolto dalla laguna nord circa la presenza e la distribuzione spaziale di varie specie ittiche nectoniche, tra cui in particolare i giovanili delle specie a riproduzione marina (Franzoi e Pellizzato, 2002; Franzoi *et al.*, 2005; Franco *et al.*, 2006a, 2010; Zucchetta *et al.*, 2009, 2010).

Il secondo motivo è perché per questa porzione di laguna sono presenti maggiori quantità di informazioni circa la distribuzione delle specie ittiche migratrici (Franco *et al.*, 2006a, 2006b, 2009, 2010; Franzoi *et al.*, 2010; Malavasi *et al.*, 2004, 2005; Zucchetta *et al.*, 2009, 2010).

### 3 - MATERIALI E METODI

La base di dati utilizzati in questa tesi è stata ricavata durante le “Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari”, Studio B.6.72 B/9 (MAG. ACQUE-CORILA, 2014). Tale attività è stata richiesta al Dipartimento di Scienze Ambientali e Statistiche dell’Università Ca’Foscari di Venezia dal Magistrato alle Acque di Venezia, al fine di osservare gli effetti e gli eventuali disturbi ambientali prodotti dalla costruzione e dal successivo funzionamento delle opere alle bocche di porto lagunari, Mo.S.E.

#### 3.1 - POSIZIONE DEI CAMPIONAMENTI

Si è proceduto nell’individuare, nell’area della Bocca di Porto di Lido e lungo un transetto ideale mare-laguna, sette stazioni di campionamento presso le quali effettuare le retinate utili alla cattura dell’ittioplancton ed alla registrazione dei parametri ambientali (Tab. 2; Fig. 11).

Tabella 2 – Nomi stazioni di campionamento.

Stazione	Sigla
Mare	MA
Lunata esterna	LE
Lunata interna	LI
Bocca di Lido	BO
Sant’Andrea	SA
Sant’Erasmus	SE
San Felice	SF

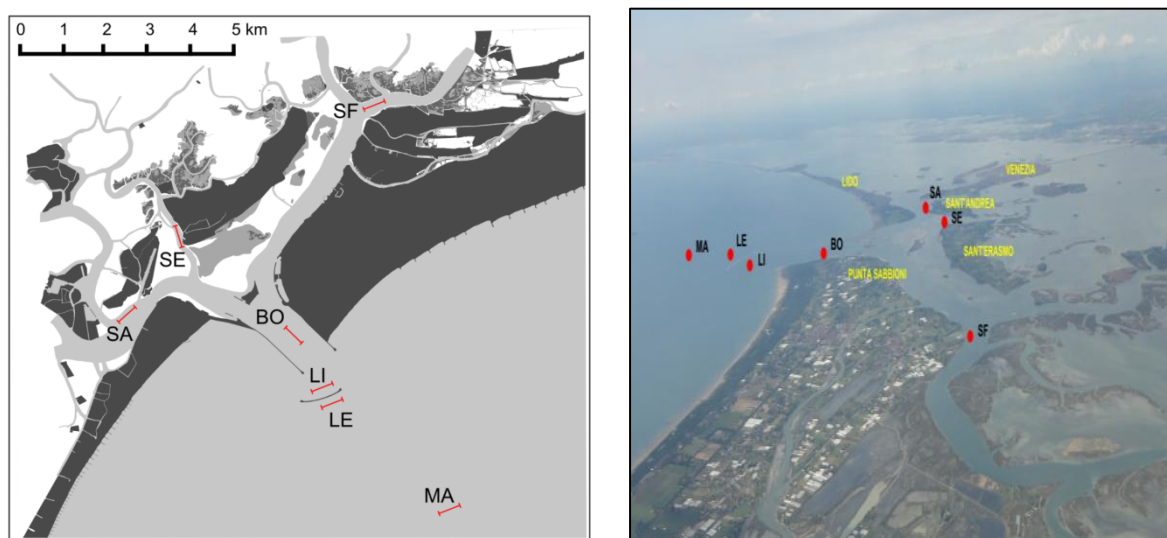


Figura 11 – Localizzazione delle stazioni di campionamento in località Bocca di Porto di Lido: GIS (sinistra), foto aerea (destra).

### 3.2 - PERIODO DEI CAMPIONAMENTI

Il campionamento e la raccolta delle uova e delle larve pelagiche di teleostei marini (Fig. 12) è iniziato nell'estate 2013 e si è concluso nella primavera del 2014. Complessivamente i dati si riferiscono quindi ad un intero ciclo annuale.



Figura 12 – Fase di campionamento con bongo net.

Per questa attività di raccolta dei campioni sono state effettuate due uscite in campo per ciascuna stagione (estate ed autunno 2013, inverno e primavera 2014). Inoltre, per ogni stagione, si facevano corrispondere ad una uscita le condizioni di “marea di quadratura” ed all'altra uscita le condizioni di “marea di sizigia” (Tab. 3).

Tabella 3 – Date e suddivisione dei lavori in campo.

Stagione	Campagna	Bongo net	Marea
Estate	1	07/08/2013	sizigia
	2	29/08/2013	quadratura
Autunno	1	11/12/2013	quadratura
	2	17/12/2013	sizigia
Inverno	1	07/02/2014	quadratura
	2	26/02/2014	sizigia
Primavera	1	21/03/2014	quadratura
	2	18/04/2014	sizigia

Compiendo i campionamenti in questi due distinti periodi di marea ed ad ore prestabilite del giorno, è stato possibile campionare quindi, nella stessa stagione, sia durante la massima corrente entrante sia durante la minima corrente entrante in laguna.

### 3.3 - ATTIVITA' DI CAMPO

Gli accorgimenti e le regole applicate per il campionamento e la fissazione dello zooplancton seguono i consigli riportati in Smith (1977) e Steedman (1976). Per garantire confronti nello spazio e nel tempo, le modalità di campionamento sono state standardizzate.

Il principale strumento campionario utilizzato in questo lavoro è stata una coppia di retini da zooplancton di tipo Bongo net (Fig. 13). Tale dispositivo è costituito da:

a) un cavo per il traino legato, ad una estremità, ad una barca ed all'altra estremità ad una struttura di alluminio formata da due cornici circolari alle quali vengono fissate le reti;

b) due reti conico-cilindriche in nylon poste vicine tra loro e fissate alla struttura da traino.

c) un collettore (recipiente) posto all'estremità finale di ogni rete. Questo è necessario per la raccolta del campione filtrato.

d) un peso (zavorra), attaccato alla struttura di alluminio, utile per facilitare l'affondamento di tutto il dispositivo e per far mantenere in posizione ottimale la struttura durante l'attività di campionamento;

e) un flussimetro, attaccato alla bocca della struttura portante, necessario alla misura dell'acqua filtrata dal retino. Esso è costituito da un'elica ed un contagiri e permette, dopo una apposita calibratura, di misurare la portata volumetrica di un corpo. Conoscendo il volume effettivo di acqua filtrata è possibile calcolare la densità di individui per  $m^3$  per ogni campionamento.

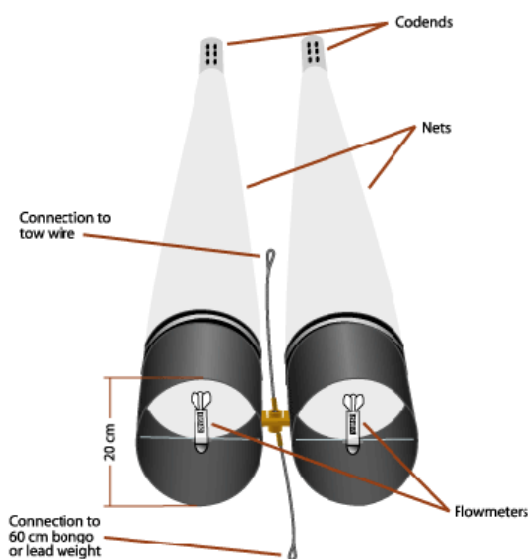


Figura 13 – Schema bongo net; National Oceanic and Atmospheric Administration, [www.noaa.gov](http://www.noaa.gov).



Le due reti conico-cilindriche utilizzate in questi campionamenti avevano entrambe una lunghezza di 3 metri ed una imboccatura di 0.6 metri di diametro; la dimensione delle maglie di entrambe le reti era di 350  $\mu\text{m}$ .

È nota in letteratura l'esistenza di un determinato rapporto tra l'ampiezza delle maglie delle reti e la dimensione degli organismi che si intendono campionare: principalmente la grandezza delle maglie dovrebbe essere pari a circa il 75% della taglia degli organismi più piccoli che devono essere catturati (Innamorati *et al.*, 1990).

La scelta della luce delle maglie deve essere fatta in maniera molto meticolosa in quanto da essa possono derivare vari errori. Tra questi i principali sono:

- Escapement; il passaggio forzato degli organismi più piccoli attraverso le maglie del retino;
- Clogging; il progressivo intasamento del retino, con conseguente diminuzione dell'efficienza di filtrazione;
- Avoidance; il rigurgito dell'acqua dalla bocca del retino. Questo fenomeno è causato dai moti di turbolenza dovuti dal fatto che l'efficienza di filtrazione, sempre inferiore al 100%, diminuisce al diminuire della luce delle maglie ed all'aumentare della velocità di traino.

Al fine di minimizzare l'evasione (*Avoidance*), seguendo le indicazioni trovate in letteratura (McGowan, 1966; Smith, 1977), è stata mantenuta una bassa velocità di traino. Di norma è consigliata una velocità inferiore a 3 nodi (1 nodo = 0.514  $\text{m/s}$ ). Un'ulteriore accortezza effettuata durante i campionamenti è stata quella di immergere in acqua il Bongo net lentamente, in modo che non si formassero delle bolle d'aria al suo interno.

Tutte le tirate hanno avuto una durata di 5 minuti ciascuna. Un'uscita preliminare aveva infatti permesso di stabilire che questo è un tempo sufficientemente lungo per esplorare un significativo volume di acqua prevenendo contemporaneamente l'occlusione delle maglie delle reti, che avrebbe determinato quindi una diminuzione dell'efficienza di campionamento.

Nelle stazioni caratterizzate da una profondità media dell'acqua superiore a 10 metri (BO, LE, LI, MA) sono state effettuate delle tirate oblique, dalla superficie verso il fondo, in modo da poter ottenere maggiori informazioni circa la composizione ittioplanctonica delle aree indagate. Nelle stazioni a minore profondità (SA, SE, SF) sono invece state effettuate delle tirate orizzontali, in posizione mediana rispetto alla colonna d'acqua.

Dopo aver eseguito la pescata, le reti venivano avvicinate alla barca per recuperarle. Ogni rete veniva sciacquata esternamente con acqua di mare in modo da convogliare tutto il

materiale raccolto nel collettore. Ciascun campione veniva poi immediatamente versato in barattoli da 1000 mL e fissato in formaldeide al 5% neutralizzata con tetraborato di sodio. L'aggiunta di tetraborato di sodio è necessaria per neutralizzare la soluzione acquosa di formaldeide.

In ogni stazione di campionamento, assieme ai campioni di ittioplancton, venivano registrati, mediante sonda multiparametrica (HI9828), anche i principali parametri chimico-fisici dell'acqua: temperatura ( $\pm 0.01$  °C), salinità ( $\pm 0.01$  psu) e ossigeno disciolto ( $\pm 0.01$  mg/L).

Sono state inoltre misurate, per ogni stazione, la torbidità dell'acqua ( $\pm 0.01$  ftu, nefelometro portatile HI93703) e la concentrazione di clorofilla presente in acqua ( $\pm 0.01$   $\mu\text{g/L}$ , attraverso la lettura spettrofotometrica in laboratorio secondo il metodo proposto da Lorenzen (1967)). Per ogni uscita sono state infine riportate, in un apposito protocollo (Fig. 14), anche le condizioni meteo-climatiche e le caratteristiche delle stazioni.

DATA							
STAZIONE	INIZIO			FINE			
	N° GIRI	WP	ORA	N° GIRI	WP	ORA	
MA							
LE							
LI							
BO							
SF							
SE							
SA							

	MA	LE	LI	BO	SF	SE	SA
METEO							
VENTO							
ONDE							
CORRENTE							
MAREA							
PROFONDITÀ							
TORBIDITÀ							
CLOROFILLA							

METEO	PIOGGIA – COPERTO – VARIABILE – SERENO – NEBBIA
VENTO	ASSENTE – DEBOLE – MODERATO – FORTE
ONDE	CALMO – INCRESPATO – POCO MOSSO – MOSSO
CORRENTE	ASSENTE – DEBOLE – MODERATA – FORTE – MOLTO FORTE
MAREA	MORTO – ENTRANTE – USCENTE

NOTE
------

Figura 14 – Protocollo utilizzato in campo durante il campionamento con bongo net.

Una volta raccolti i campioni e tutti i parametri ambientali necessari, il materiale veniva portato nei laboratori del Dipartimento di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica della Celestia, nei quali si procedeva all'analisi qualitativa e quantitativa del plancton.

### 3.4 - ATTIVITA' DI LABORATORIO

Prima dell'analisi e dell'identificazione delle uova e larve di teleostei marini, i campioni di ittioplancton sono stati filtrati e sciacquati per eliminare la formaldeide. Successivamente tutto il campione è stato osservato allo stereomicroscopio (Nikon SMZ1000) (Fig. 15) al fine di individuare e separare le uova e le larve di pesci dagli altri organismi animali o vegetali presenti.



Figura 15 – Stereomicroscopio utilizzato durante la fase di laboratorio.

Tramite questo stereomicroscopio, collegato ad una videocamera e ad un monitor, era possibile effettuare, dopo un'apposita calibrazione, la misura di tutto ciò che era presente nel vetrino.

Una volta completata la pulitura ed il sorting del campione (Fig. 16), si è proceduto all'identificazione delle uova e delle larve, cercando di giungere al più basso livello tassonomico possibile. Per la classificazione è stata consultata ed utilizzata una grande quantità di materiale bibliografico (Aboussouan, 1964; Arbault, 1968; Cunningham, 1889; D'Ancona *et al.*, 1931; FAO, 1987; Fraser, 1976; Lee, 1966; Marinaro, 1971, 1991a, 1991b; Munk, 2005; Palomera, 1977; Raffaele, 1888; Ré, 2009; Richards, 2006; Russell, 1976; Saka, 2001; Spartà, 1942; Tsikliras, 2010; Varagnolo, 1964). Le chiavi tassonomiche maggiormente utilizzate in questa tesi sono però state quelle proposte da Marinaro (1971), Raffaele (1888) e Russell (1976). L'analisi qualitativa ed i criteri per l'identificazione dell'ittioplancton sono stati approfonditi nel Paragrafo 2.

Spesso non è stato possibile identificare le uova e le larve fino al livello di specie in quanto il rischio di una classificazione errata era troppo alto.



Figura 16 – Fase di sorting del campione.

Per avere dei riscontri visivi e non dover eventualmente riaprire i campioni, alcune uova ed alcune larve sono state fotografate e misurate.

Terminata l'attività di identificazione quantitativa e qualitativa dell'ittioplancton, le uova e le larve sono state conservate con formaldeide neutralizzata con tetraborato di sodio e diluita al 5% con acqua salata, in provette etichettate e rintracciabili. Tutte le provette contenenti i campioni di ittioplancton sono tenute al buio al fine di non danneggiare gli organismi presenti.

## 3.5 - ANALISI DEI DATI

### 3.5.1 - ANALISI DEI PARAMETRI AMBIENTALI

Lo studio dei dati riguardanti i parametri ambientali raccolti durante ogni campionamento si è svolto utilizzando un approccio multivariato, mediante analisi delle componenti principali (PCA).

### 3.5.2 - ANALISI QUALITATIVA DELL'ITTIOPLANCTON

Al fine di valutare le differenze funzionali del popolamento ittioplanctonmico, i *taxa* rinvenuti sono stati classificati in categorie ecologico-funzionali. Partendo dalle guild proposte da Potter *et al.*, (2013) sono state considerate 3 guild modificate: Residenti (R), Migratori Marini (MM) e Migratori Occasionali (MS). Queste tre categorie erano sufficienti per catalogare ogni *taxa* rinvenuto ed erano adeguate per lo studio della connettività mare-laguna.

### 3.5.3 - ANALISI QUANTITATIVA DELL'ITTIOPLANCTON

Quando si è passati allo studio delle uova e delle larve, dopo la loro identificazione qualitativa ed il loro conteggio, è stato necessario calcolare il volume di acqua filtrata durante ogni campionamento. Per conoscere il volume effettivo di acqua filtrata sarebbe necessario conoscere l'efficienza di filtrazione del retino, la quale varia però in relazione all'intasamento delle maglie della rete, che varia a sua volta in base alle condizioni ambientali ed alla quantità di materiale disciolto in acqua. Di conseguenza, per i successivi calcoli di densità, si è considerato il volume teorico di acqua filtrata.

Conoscendo il numero di giri del flussimetro, utilizzando una formula fornita dallo stesso produttore del flussimetro, è stato facile calcolare il volume teorico di acqua filtrata:

$$\text{Volume teorico totale di acqua filtrata} = \left(\frac{N * c}{100}\right) * A$$

Dove:  $N$  = numero di giri dell'elica;  $c$  = costante di calibrazione in m;  $A$  = superficie della bocca del retino in  $m^2$ .

Una volta conosciuto il volume teorico totale di acqua filtrata è stato possibile conoscere le densità di individui per  $m^3$ .

Le analisi statistiche sono state effettuate nell'ambiente R (R Core Team 2014; versione 3.1.0), utilizzato attraverso l'interfaccia grafica "JGR" (Helbig *et al.*, 2012) ed il pacchetto "BiodiversityR" (Kindt, 2014).

Dato che lo scopo principale di questo lavoro era quello di osservare la connettività tra il mare e la laguna, i dati di densità di uova e di larve sono stati successivamente studiati prendendo in considerazione principalmente due fattori: la stagione (estate, autunno, inverno, primavera) e la posizione (mare, bocca, laguna). Infatti, per facilitare la comprensione di questo gradiente e poter eseguire dei test statistici significativi, le stazioni MA, LE e LI sono state raggruppate e considerate come stazioni di "mare", la stazione BO come stazione di "bocca" e le stazioni SA, SE, SF come stazioni di "laguna". I valori di densità sono stati di conseguenza mediati sulla base di queste considerazioni.

Particolare attenzione è stata data ovviamente ai valori di densità ed alla distribuzione spaziale delle specie ittiche considerate Migratrici Marine, per ciascuna delle quali sono stati eseguiti degli appositi grafici.

Le differenze nelle densità tra i fattori studiati sono state analizzate mediante un test chi-quadro sulla devianza (Venables e Ripley, 2002).

### **3.5.4 - RELAZIONE TRA DENSITA' E PARAMETRI AMBIENTALI (RDA)**

In questo studio si è scelto anche integrare i fattori abiotici con quelli biotici, cioè di osservare l'influenza dei parametri ambientali sulla distribuzione della densità di uova e larve di teleostei marini. Per questa analisi è stato utilizzato un approccio multivariato (Redundancy Analysis, RDA).

La RDA rappresenta un'estensione dell'Analisi delle Componenti Principali (PCA) e permette, tramite un approccio multivariato, lo studio della relazione tra due matrici.

La differenza principale tra PCA ed RDA è infatti che nella Redundancy Analysis l'ordinamento degli assi è vincolato dalle variabili ambientali. In particolare i nuovi assi della matrice di comunità (o matrice delle specie) sono ortogonali e sono le più significative combinazioni lineari delle colonne della matrice dei parametri ambientali. Gli assi che vengono rappresentati nella figura sono infatti quelli che spiegano meglio la variabilità nella matrice.

Numericamente, l'RDA permette di esaminare e stimare quanta variabilità, in un set di dati, è riconducibile statisticamente a valori provenienti da un altro set di dati (Gugger, 2014).

Per queste analisi sono stati presi in considerazione i valori di densità di tutti i *taxa* ritrovati, indistintamente e senza considerare la classificazione in guild. Tuttavia, come per le altre analisi, le uova e le larve sono state studiate separatamente.

Dato che erano presenti molti siti di campionamento contenenti dei valori nulli, prima di effettuare la RDA, è stata applicata al dataset la trasformazione di Hellinger per ridurre al minimo i possibili errori causati da questi valori. Inoltre per ordinare le distanze nel grafico e per calcolare quanto bene le distanze nel grafico rappresentavano le distanze totali della matrice, è stato utilizzato il metodo Bray-Curtis.

### 3.5.5 - INDICE DI CONNETTIVITA' MARE-LAGUNA

Allo scopo di quantificare numericamente la connettività presente tra il mare e la laguna, è stato anche sviluppato un indice di colonizzazione  $I_C$  delle acque lagunari. Questo indice è stato successivamente calcolato separatamente per uova e larve.

L'indice proposto è il seguente:

$$I_C = \frac{Dens_L}{Dens_M} \cdot 100$$

Dove  $Dens_L$  rappresenta la densità di uova o larve all'interno della laguna, calcolato come media delle densità registrate nelle stazioni SA, SE e SF; e  $Dens_M$  rappresenta la densità di uova o larve in mare, calcolato come media delle densità registrate nelle stazioni MA, LE e LI.

Le analisi sono state effettuate sia sull'interno dataset, sia prendendo in considerazione solamente i *taxa* appartenenti alla guild modificata dei Migratori Marini, sia considerando le specie di migratori marini maggiormente presenti durante i campionamenti (*Engraulis encrasicolus*, *Sardina pilchardus* e *Sprattus sprattus*).

## 4 - RISULTATI

### 4.1 - ANALISI DEI PARAMETRI AMBIENTALI

La raccolta dei parametri ambientali (Tab. 4) ha permesso di caratterizzare le sette stazioni indagate.

Osservando i valori di temperatura, salinità, ossigeno disciolto, torbidità e clorofilla riassunti nella tabella 4 e in figura 17, si può notare come, all'interno della stessa campagna, non siano presenti differenze rilevanti tra stazioni.

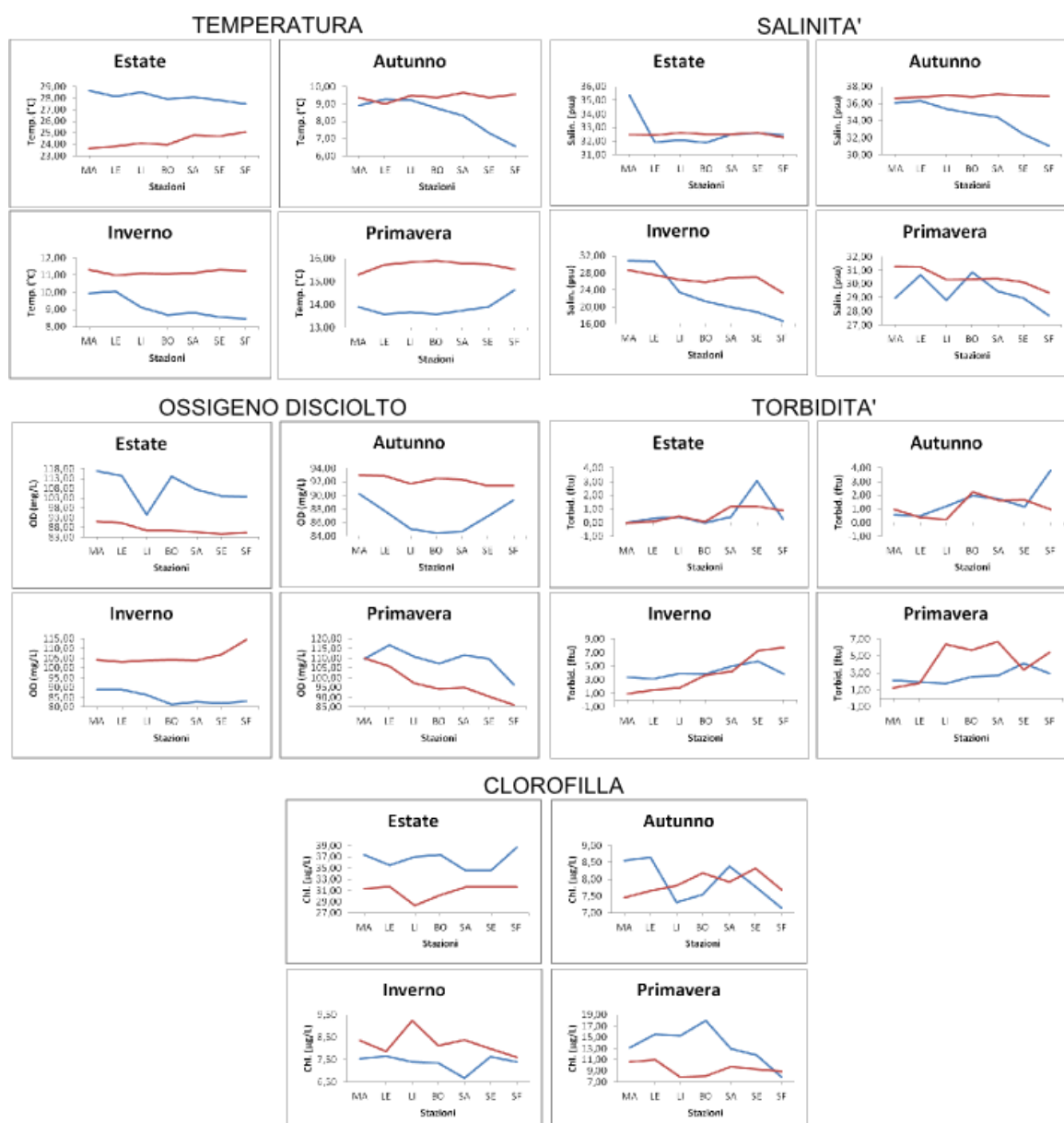


Figura 17 – Distribuzione dei valori dei parametri ambientali tra le stazioni, Linea blu = prima campagna della stagione, Linea rossa = seconda campagna della stagione.



Oltre che su base stagionale si osservano facilmente, anche tramite l'ordinamento mediante PCA (Fig. 18), differenze nei parametri ambientali tra le due campagne di ogni stagione. L'unica eccezione avviene durante la stagione autunnale durante la quale i due campionamenti sono stati svolti in un arco temporale più ristretto rispetto alle altre stagioni (prima campagna 11/12/2013, seconda campagna 17/12/2013). La causa principale di questa vicinanza tra i due campionamenti in autunno è da attribuire alle avverse condizioni meteo-climatiche presenti durante il mese di novembre.

Le variazioni più rilevanti riscontrate riguardano la salinità, in entrambe le campagne della stagione invernale, l'Ossigeno Disciolto, principalmente durante le due campagne primaverili, la Torbidità, durante le due campagne invernali e nella seconda campagna primaverile e la Clorofilla, specialmente durante la prima campagna primaverile.

Considerando la posizione delle stazioni, in mare o in laguna, durante le campagne estive, autunnali e primaverili non sembrano presentarsi differenze significative tra i valori dei differenti parametri ambientali (Fig. 17 e 18); i valori non si distribuiscono infatti lungo un gradiente (o transetto) mare-laguna.

Durante la stagione invernale invece, in entrambe le campagne, la distinzione tra le stazioni di mare e quelle lagunari sembra essere molto evidente. In inverno compare infatti, anche dai risultati della PCA (Fig. 18), un gradiente mare-laguna più strutturato; in particolare la salinità aumenta dalla laguna verso il mare e la torbidità aumenta dal mare alla laguna.

*Tabella 4 – Parametri ambientali registrati nelle stazioni campionate durante le otto campagne.*

<u>Temperatura (° C)</u>		<u>Stazione</u>						
<u>Stagione</u>	<u>Data</u>	<u>MA</u>	<u>LE</u>	<u>LI</u>	<u>BO</u>	<u>SA</u>	<u>SE</u>	<u>SF</u>
Estate	07/08/2013	28.67	28.14	28.54	27.93	28.12	27.82	27.48
	29/08/2013	23.63	23.81	24.08	23.97	24.80	24.70	25.09
Autunno	11/12/2013	8.92	9.29	9.22	8.74	8.32	7.31	6.55
	17/12/2013	9.36	9.00	9.49	9.39	9.66	9.39	9.55
Inverno	07/02/2014	9.95	10.06	9.14	8.69	8.80	8.55	8.46
	26/02/2014	11.32	11.00	11.08	11.06	11.12	11.31	11.23
Primavera	21/03/2014	13.91	13.58	13.68	13.58	13.74	13.91	14.62
	18/04/2014	15.30	15.72	15.84	15.92	15.80	15.75	15.54

<b>Salinità (psu)</b>					<b>Stazione</b>			
<u>Stagione</u>	<u>Data</u>	<u>MA</u>	<u>LE</u>	<u>LI</u>	<u>BO</u>	<u>SA</u>	<u>SE</u>	<u>SF</u>
Estate	07/08/2013	35.38	31.91	32.07	31.86	32.48	32.58	32.47
	29/08/2013	32.46	32.41	32.60	32.51	32.49	32.61	32.25
Autunno	11/12/2013	36.09	36.35	35.40	34.85	34.37	32.41	31.03
	17/12/2013	36.62	36.76	36.99	36.79	37.14	36.95	36.89
Inverno	07/02/2014	30.97	30.76	23.48	21.34	19.98	18.89	16.75
	26/02/2014	28.74	27.52	26.49	25.81	26.92	27.00	23.33
Primavera	21/03/2014	28.97	30.68	28.80	30.85	29.45	28.97	27.68
	18/04/2014	31.28	31.25	30.33	30.38	30.39	30.13	29.35

<b>Ossigeno disciolto (% sat)</b>					<b>Stazione</b>			
<u>Stagione</u>	<u>Data</u>	<u>MA</u>	<u>LE</u>	<u>LI</u>	<u>BO</u>	<u>SA</u>	<u>SE</u>	<u>SF</u>
Estate	07/08/2013	116.80	114.40	94.50	114.30	107.40	104.00	103.80
	29/08/2013	91.00	90.10	86.40	86.30	85.50	84.40	85.20
Autunno	11/12/2013	90.22	87.69	85.05	84.44	84.72	86.98	89.27
	17/12/2013	92.97	92.88	91.72	92.47	92.31	91.35	91.45
Inverno	07/02/2014	88.81	88.81	86.11	81.24	82.73	81.75	82.93
	26/02/2014	104.14	103.05	103.81	104.25	104.02	106.80	114.40
Primavera	21/03/2014	109.68	116.90	110.71	107.26	111.73	109.68	96.35
	18/04/2014	110.00	105.80	97.10	94.30	95.00	90.50	86.00

<b>Torbidità (ftu)</b>					<b>Stazione</b>			
<u>Stagione</u>	<u>Data</u>	<u>MA</u>	<u>LE</u>	<u>LI</u>	<u>BO</u>	<u>SA</u>	<u>SE</u>	<u>SF</u>
Estate	07/08/2013	0.01	0.30	0.42	0.00	0.43	3.07	0.25
	29/08/2013	0.00	0.05	0.44	0.06	1.21	1.20	0.89
Autunno	11/12/2013	0.57	0.48	1.19	1.99	1.73	1.14	3.85
	17/12/2013	0.98	0.36	0.24	2.25	1.64	1.65	0.97
Inverno	07/02/2014	3.36	3.15	3.92	3.81	5.03	5.69	3.88
	26/02/2014	0.97	1.50	1.85	3.70	4.23	7.25	7.75
Primavera	21/03/2014	2.11	1.93	1.73	2.55	2.71	4.13	2.92
	18/04/2014	1.28	1.83	6.36	5.68	6.67	3.38	5.44

<u>Clorofilla (<math>\mu\text{g L}^{-1}</math>)</u>		<u>Stazione</u>						
<u>Stagione</u>	<u>Data</u>	<u>MA</u>	<u>LE</u>	<u>LI</u>	<u>BO</u>	<u>SA</u>	<u>SE</u>	<u>SF</u>
Estate	07/08/2013	37.38	35.51	36.98	37.38	34.58	34.58	38.72
	29/08/2013	31.35	31.70	28.35	30.20	31.59	31.70	31.59
Autunno	11/12/2013	8.56	8.65	7.32	7.55	8.39	7.78	7.14
	17/12/2013	7.46	7.67	7.81	8.19	7.93	8.33	7.69
Inverno	07/02/2014	7.55	7.67	7.40	7.35	6.68	7.64	7.40
	26/02/2014	8.36	7.87	9.26	8.13	8.39	7.98	7.61
Primavera	21/03/2014	13.16	15.53	15.33	17.99	12.99	11.83	7.90
	18/04/2014	10.64	10.99	7.93	8.13	9.81	9.31	8.91

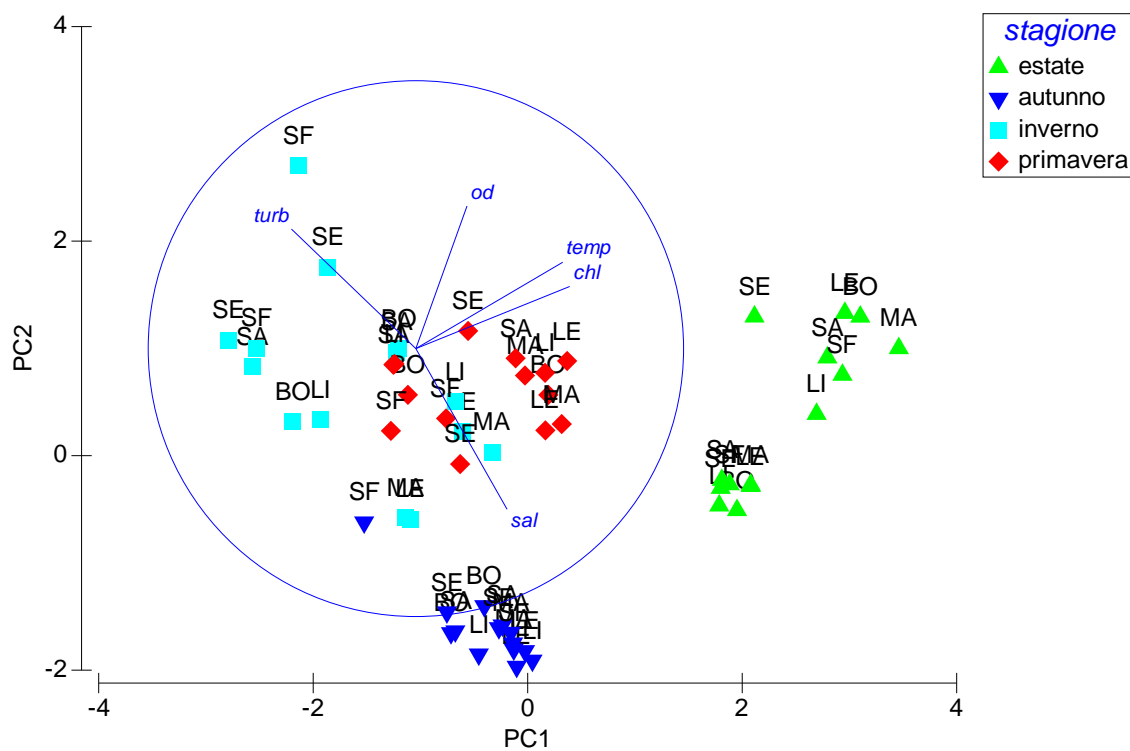


Figura 18 – Ordinamento mediante PCA delle stazioni di campionamento di uova e larve basato sui parametri ambientali registrati.

## 4.2 - ANALISI QUALITATIVA DELL'ITTIOPLANCTON

### 4.2.1 - TAXA RINVENUTI

Per l'identificazione delle uova e delle larve ritrovate durante i campionamenti è stata utilizzata una grande quantità di materiale bibliografico.

Di seguito sono elencati gli organismi raccolti durante questo studio. Si è seguita la nomenclatura proposta da FAO (1987).

#### CLUPEIFORMES

##### CLUPEIDAE

*Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792)

*Sprattus sprattus* (Linnaeus, 1758)

##### ENGRAULIDAE

*Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758)

#### GADIFORMES

##### GADIDAE

*Merlangius merlangus* (Linnaeus, 1758)

*Micromesistius poutassou* (Risso, 1827)

#### SYNGNATHIFORMES

##### SYNGNATHIDAE

*Hippocampus guttulatus* (Cuvier, 1829)

*Nerophis ophidion* (Linnaeus, 1758)

*Syngnathus abaster* (Risso, 1827)

#### SCORPAENIFORMES

##### TRIGLIDAE

*Triglidae* sp.

#### PERCIFORMES

##### BLENNIIDAE

*Blenniidae* sp.

##### CALLIONYMIDAE

*Callionymidae* sp.

##### CARANGIDAE

*Carangidae* sp.

##### GOBIIDAE

*Gobiidae* sp.

#### MORONIDAE

*Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758)

#### SCIAENIDAE

*Sciaenidae* sp.

#### SPARIDAE

*Diplodus* sp.

*Sparus aurata* (Linnaeus, 1758)

#### TRACHINIDAE

*Echiichthys vipera* (Cuvier, 1829)

### **MUGILIFORMES**

#### MUGILIDAE

*Chelon labrosus* (Risso, 1827)

*Mugilidae* sp.

### **PLEURONECTIFORMES**

#### BOTHIDAE

*Arnoglossus* sp.

*Arnoglossus laterna* (Walbaum (1792)

#### PLEURONECTIDAE

*Platichthys flesus* (Linnaeus, 1758)

#### SOLEIDAE

*Buglossidium luteum* (Risso, 1810)

*Microchirus* sp.

*Pegusa impar* (Bennett, 1831)

*Solea solea* (Linnaeus, 1758)

## **4.2.2 - DESCRIZIONE DELLE SPECIE**

Di seguito viene fornita una breve e sintetica descrizione delle uova e delle larve identificate, unitamente ad alcuni cenni sull'ecologia e la distribuzione degli esemplari appartenenti alle specie o alle Famiglie individuate.

#### CLUPEIDAE

- *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792), nome comune: sardine

*S. pilchardus* è la specie ittica più abbondante e una delle più importanti a livello commerciale nel Mar Adriatico (Sinovicic, 2001a, 2001b). È diffusa anche in tutto il Mar Mediterraneo e nell'Oceano Atlantico nord-orientale, dalle isole Canarie al Mare del Nord

(Tortonese, 1970). Questa specie, che si nutre principalmente di piccoli crostacei planctonici, si sposta in banchi e compie grandi migrazioni (FAO, 1987).

Le uova di *S. pilchardus* (Fig. 19) sono sferiche ed hanno un diametro compreso tra 1.3 mm e 1.8 mm. Esse sono caratterizzate da un ampio spazio perivitellino, un vitello segmentato ed una goccia oleosa con diametro compreso tra 0.14 e 0.18 mm (D'Ancona, 1931; Marinaro, 1971; Russell, 1976). Il sacco vitellino, che ha un diametro di 0.8-0.9 mm, è tangente alla capsula esterna nel punto dove questa affiora sull'acqua (D'Ancona, 1931). La capsula esterna è sottile e perforata solamente dal micropilo.

Per quanto riguarda le larve (Fig. 19), queste sono molto simili alle larve di *S. sprattus* e di *E. encrasicolus*. Possono essere tuttavia identificate, durante la fase del sacco vitellino osservando la forma del sacco vitellino stesso e la presenza della goccia oleosa. Nel caso ci si trovi in una fase successiva di sviluppo, per procedere all'identificazione e distinguere le larve di *S. pilchardus* da quelle degli altri Clupeiformes, bisogna misurare la proporzione tra la lunghezza della testa ed il resto del corpo e, successivamente, contare i miotomi presenti del tronco. Nelle larve di *S. pilchardus* con lunghezza inferiore a 10 mm la testa è lunga circa  $\frac{1}{7}$  del corpo e nel tronco sono presenti 41 o 42 miotomi.

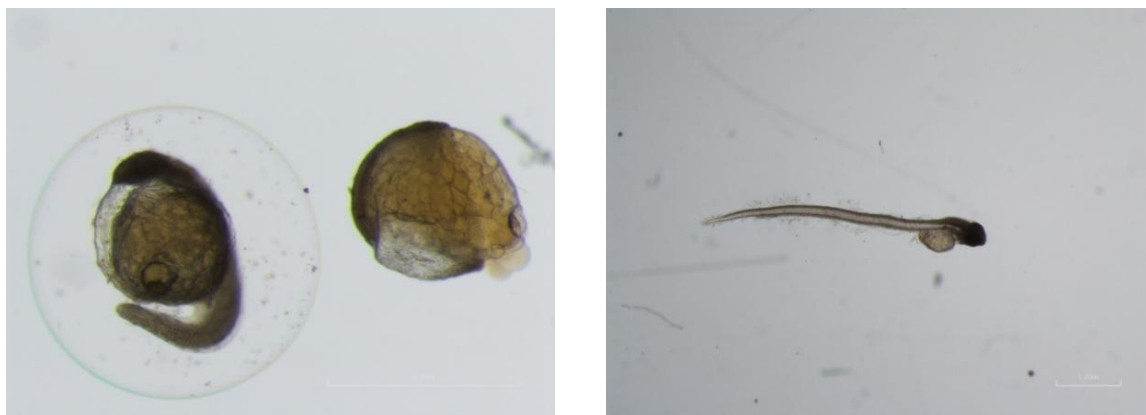


Figura 19 – Uova (sinistra) e larva (destra) di *S. pilchardus*.

Di questa specie, durante i campionamenti, sono state trovate sia le uova sia le larve. Le uova, ritrovate in grandi quantità in tutte le stazioni durante l'intera stagione autunnale, sono state catturate anche a febbraio ed a marzo. Le larve, come le uova, sono state ritrovate, sebbene con quantitativi minori, in quasi tutte le stazioni durante la stagione autunnale. Inoltre, come per le uova, le larve di *S. pilchardus* sono state catturate anche a febbraio e a marzo.

- *Sprattus sprattus* (Linnaeus, 1758), nome comune: spratto o papalina.

*S. sprattus* è solitamente presente nell'oceano Atlantico nord-orientale dal Portogallo alla Norvegia, nel Mar Baltico, nel Mar Nero e nel Mediterraneo Settentrionale (FAO, 1987).

Gli esemplari di questa specie riescono a sopportare valori di salinità anche molto bassi (fino al 4 ‰) e per questo motivo, oltre a vivere in prossimità delle coste, possono anche addentrarsi nelle foci dei fiumi (Tortonese, 1975; FAO, 1987). La dieta di questa specie si differenzia molto a seconda dello stadio di sviluppo in cui si trova: gli adulti si nutrono di piccoli crostacei planctonici, i giovanili si nutrono invece di Diatomee e di uova e larve di Copepodi (FAO, 1987).

Le uova (Fig. 20) hanno forma sferica, vitello segmentato ed un diametro totale compreso tra 0.8 mm e 1.3 mm (Russell, 1976). Diversamente dalle uova di *S. pilchardus*, queste hanno uno spazio perivitellino ridotto e non presentano goccia oleosa.

Le larve (Fig. 20), se hanno superato lo stadio del sacco vitellino, sono distinguibili dalle altre larve di Clupeiformes dal numero di miotomi nel tronco e dalla proporzione tra il corpo e la testa. Le larve di *S. sprattus* con lunghezza inferiore a 10 mm hanno infatti una testa lunga circa  $\frac{1}{7}$  del corpo e possiedono nel tronco 37 miotomi.

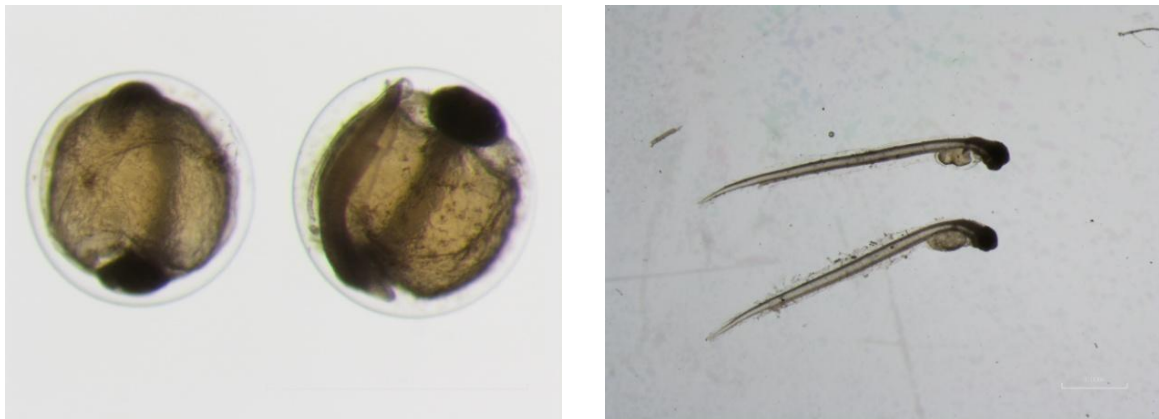


Figura 20 – Uova (sinistra) e larve (destra) di *S. sprattus*.

Durante i campionamenti sono state ritrovate sia larve sia uova di questa specie. Le uova erano presenti solamente a dicembre, mentre le larve erano presenti sia a dicembre, con grandissime quantità in tutte le stazioni, sia a febbraio, con basse densità ma in tutte le stazioni, e, con densità bassissime, anche in aprile.

#### ENGRAULIDAE

- *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758), nome comune: acciuga.

*E. encrasicolus* è diffusissima nel Mar Mediterraneo, nel Mar Nero e nell'oceano Atlantico nord-orientale. Questi pesci tendono a formare banchi molto numerosi. È una specie eurialina e sopporta una salinità compresa tra 5 e 41. *E. encrasicolus* si nutre di plancton, tra cui soprattutto Copepodi, di larve e di molluschi (Tortonese, 1970).

Le uova di *E. encrasicolus* (Fig. 21) sono facilmente distinguibili dalle uova di altri pesci in quanto hanno forma ellittica con gli assi, maggiore e minore, aventi rispettivamente dimensione comprese tra 1.2-1.9 mm e 0.5-0.6 mm.

Il vitello di queste uova si presenta segmentato ed il blastoderma si forma inizialmente al polo inferiore dell'elissoide: di conseguenza l'embrione si sviluppa seguendo la direzione dell'asse maggiore con il capo rivolto verso il polo inferiore (D'Ancona, 1931).

Le uova, sia in primavera sia in estate, sono state quelle rinvenute in quantità più abbondanti. Le larve (Fig. 21) invece sono state trovate solamente abbondantemente durante la stagione estiva. Alcuni esemplari larvali sono stati comunque catturati anche ad aprile, nelle stazioni di mare, ma complessivamente le densità in questa stagione sono state bassissime.

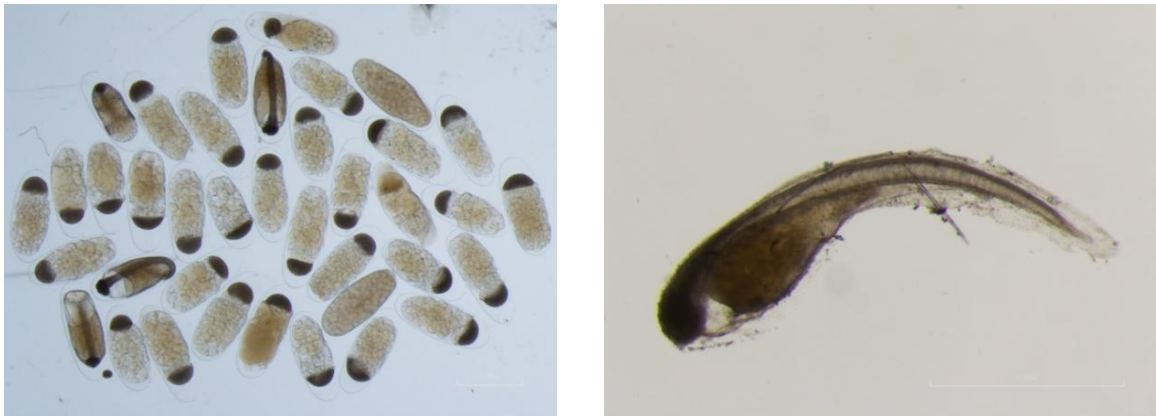


Figura 21 – Uovo (sinistra) e larva (destra) di *E. encrasicolus*.

#### GADIDAE

- *Merlangius merlangus* (Linnaeus, 1758) e *Micromesistius poutassou* (Risso, 1827), nome comune rispettivamente: molo e potassolo.

Per quanto riguarda la famiglia dei Gadidae sono state ritrovate pochissime larve e pochissime uova. Le uova e le larve ritrovate sono state attribuite, dopo attenti confronti, a due specie: *Merlangius merlangus* e *Micromesistius poutassou* (Fig. 22).

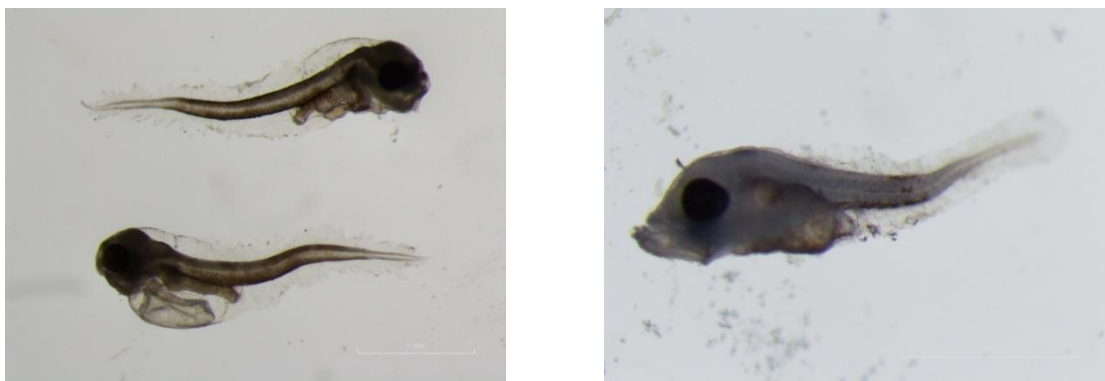


Figura 22 – Larve di Gadidae: *M. merlangus* (sinistra) e *M. poutassou* (destra).



## SYNGNATHIDAE

- *Hippocampus guttulatus* (Cuvier, 1829), *Nerophis ophidion* (Linnaeus, 1758) e *Syngnathus abaster* (Risso, 1827), nome comune rispettivamente: cavalluccio marino, pesce ago sottile, pesce ago di rio.

Di questa famiglia sono stati catturati solamente individui larvali (Fig. 23). L'assenza di uova di Syngnathidae durante i campionamenti coincide con la biologia di questi pesci; le uova di questi *taxa*, infatti, non dovrebbero essere pelagiche.

Le larve, che presentavano già l'aspetto e la morfologia degli adulti, sono state rinvenute solamente durante l'estate, principalmente durante la seconda campagna, ed in maggiori quantità nelle stazioni lagunari.

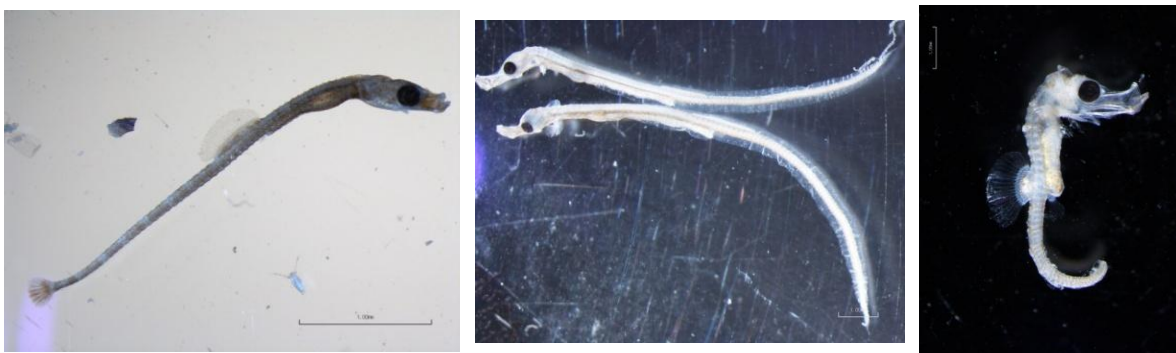


Figura 23 – Larve di Syngnathidae: *S. abaster* (sinistra), *N. ophidion* (centro) e *H. guttulatus* (destra).

## BLENNIIDAE

Carattere tipico per l'identificazione delle larve appartenenti a questa famiglia, è, oltre alla forma allungata, la forte colorazione nera delle pinne pelviche e della zona peritoneale (Fig. 24).

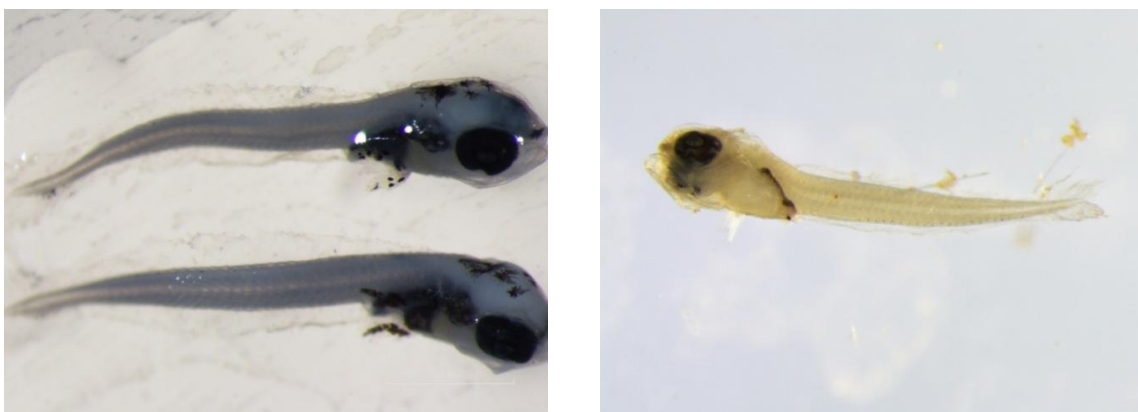


Figura 24 – Larve di Blenniidae.

Non si è proceduto all'identificazione di questi organismi a livello tassonomico più basso di quello di famiglia a causa della mancanza di materiale bibliografico di riferimento.

Larve di Blenniidae sono state catturate durante la stagione primaverile e, con densità maggiori, durante quella estiva.

#### CALLIONYMIDAE

Le uova di questa famiglia sono facilmente riconoscibili poiché non presentano goccia oleosa e possono essere anche molto piccole: diametro compreso tra 0.52 *mm* e 0.62 *mm*.

Di questa famiglia sono state ritrovate solamente uova (Fig. 25). Le uova sono state rinvenute e catturate, con una concentrazione crescente, da aprile fino a fine agosto.

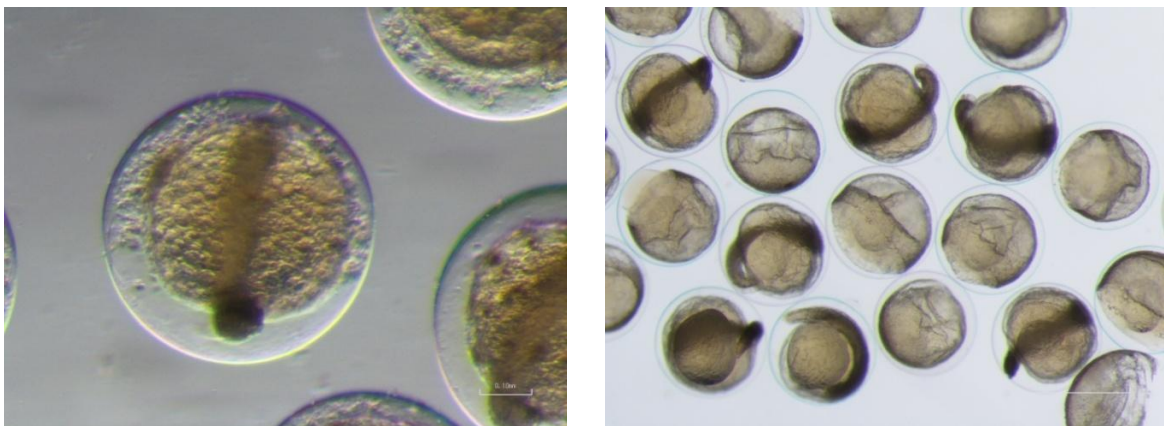


Figura 25 – Uova di Callionymidae.

#### GOBIIDAE

Le larve di questa famiglia sono facilmente identificabili per l'evidente vescica natatoria al centro della cavità peritoneale (Fig. 26). Non si è proceduto all'identificazione degli individui campionati ad un livello tassonomico più basso a causa della mancanza di materiale bibliografico di riferimento.



Figura 26 – Larve di Gobiidae.

Non sono state ritrovate le uova di questa famiglia, che vengono infatti deposte in apposite tane o cavità e non sono pelagiche.

Le larve di questa famiglia sono state trovate sia in primavera sia in estate. Le concentrazioni, dapprima basse a marzo, aumentavano in aprile e durante la prima campagna estiva, per poi tornare a diminuire durante la seconda campagna estiva, a fine agosto.

## MORONIDAE

- *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758), nome comune: branzino o spigola

*D. labrax* è un pesce che vive nelle acque temperate e principalmente nel Mar Mediterraneo, nel Mar Nero e nell'oceano Atlantico orientale, dalla Norvegia al Senegal (FAO, 1987). Può raggiungere fino a 100 metri di profondità e lo si può trovare sia sui fondali rocciosi sia sui fondali a praterie di fanerogame marine.

Gli individui di questa specie possono spingersi e risalire anche nelle foci dei fiumi; si nutrono di piccoli pesci e di una grande varietà di invertebrati, compresi gamberetti, granchi e calamari (FAO, 1987).

Le uova di *D. labrax* (Fig. 27) sono sferiche e con un diametro compreso tra 1.2 mm e 1.5 mm. Nell'uovo è presente una goccia oleosa del diametro di circa 0.36-0.46 mm. A volte può capitare che negli primi stadi di sviluppo dell'uovo le gocce siano più di una e che progressivamente si fondano tra loro.

La larva (Fig. 27) è facilmente identificabile, oltre che dalla pigmentazione e dalla forma, anche dalla forma dell'intestino e dell'ano, il quale è posizionato a circa metà del corpo.

Le larve e le uova di branzino sono state ritrovate durante la stagione autunnale, anche se con basse densità, sia nelle stazioni lagunari sia nelle stazioni di mare.

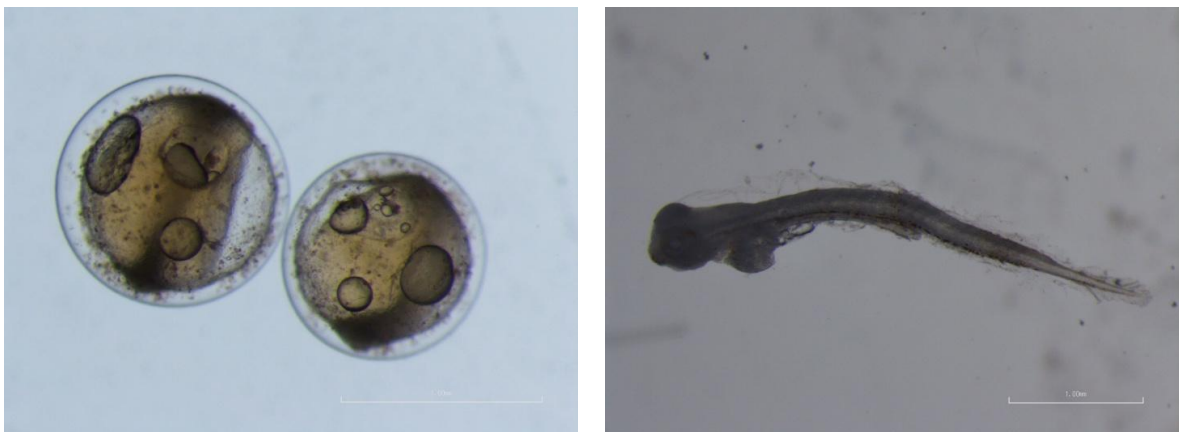


Figura 27 – Uova (sinistra) e larva (destra) di *D. labrax*.

## SPARIDAE

A questa famiglia appartengono una grande varietà di generi e di specie. Questo lavoro di tesi si è focalizzato su quei *taxa* che compiono una migrazione volontaria tra il mare e la laguna. Questo comportamento negli Sparidae è svolto solamente da *Sparus aurata*, l'orata. Di conseguenza, sia a causa delle grandi difficoltà nella differenziazione delle uova e delle larve delle varie specie di Sparidae, sia poiché non era necessario, sono stati classificati come *Sparidae* sp. tutte le uova e le larve che non appartenevano a *S. aurata*.

*S. aurata* è un pesce presente in tutto il bacino del Mar Mediterraneo ed anche nell'oceano Atlantico orientale, dalle isole Britanniche a Capo Verde. Solitamente vive tra i 5 ed i 150 metri dalla costa e tra i 3 ed i 30 metri di profondità (FAO, 1987). È presente frequentemente nelle acque costiere marine e nelle acque interne estuarine e lagunari. Osservando il suo comportamento riproduttivo si comprende che questa è una specie migratoria, in quanto passa una parte della sua vita, lo stadio giovanile, all'interno delle lagune, per poi tornare in mare a riprodursi e deporre le uova (Franco et al., 2006a, 2008a; Gandolfi e Torricelli, 1978; Rossi, 1986).

Le uova di *S. aurata* hanno un diametro di 0.93-1.1 mm e presentano una goccia oleosa di diametro 0.20-0.25 mm. Le uova delle altre specie di Sparidae (Fig. 28) hanno una dimensione che varia da 0.70 mm circa, con goccia oleosa di 0.16-0.18 mm, degli individui appartenenti al genere *Diplodus*, a 1.2 mm circa, con goccia oleosa di 0.28 mm, di *Dentex dentex*.

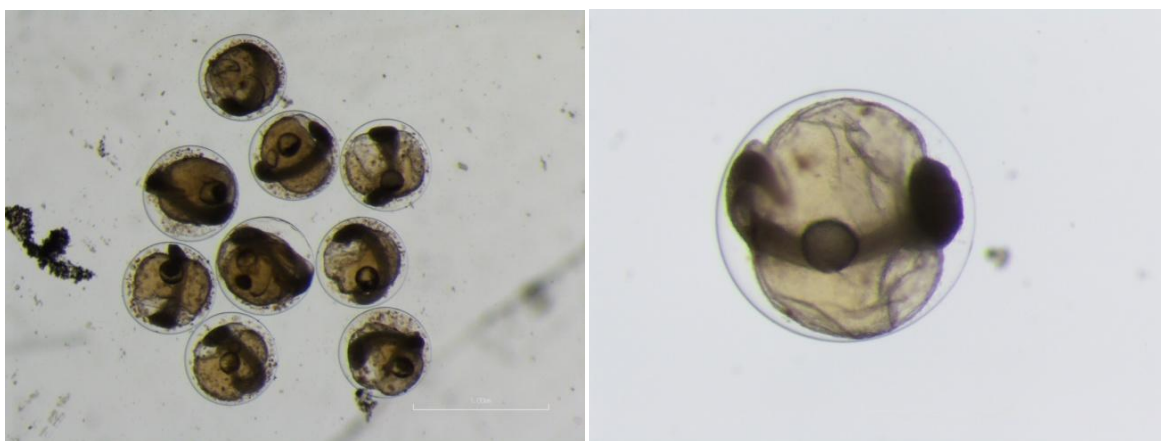


Figura 28 – Uova di Sparidae, probabilmente appartenenti al genere *Diplodus*.

Confrontando le caratteristiche delle uova ritrovate durante i campionamenti con quelle presenti in letteratura e osservando i periodi di riproduzione, con molta probabilità, tutte le uova di Sparidae ritrovate in questo lavoro appartengono ad individui del genere *Diplodus*.

Una particolare attenzione durante la classificazione delle uova va fatta durante la distinzione tra uova di Bothidae (Fig. 31) e uova di Sparidae del genere *Diplodus* (Fig. 28).

Entrambi questi *taxa* presentano infatti uova con dimensione relativamente piccola, spazio perivitellino limitato ed una goccia oleosa. Tuttavia le gocce oleose delle uova di Sparidae sono notevolmente più grandi rispetto a quelle di Bothidae.

In questo lavoro le larve di Sparidae ritrovate sono state pochissime. Tra queste, solamente una larva, ritrovata in primavera, era inconfondibilmente una larva di *S. aurata*. Situazione inversa si è verificata con le uova di Sparidae, le quali sono state catturate in grandi quantità durante tutto l'arco dell'anno, con concentrazioni molto elevate durante l'estate.

## TRACHINIDAE

- *Echiichthys vipera* (Cuvier, 1829), nome comune: tracina vipera.

Questo pesce è presente in Mediterraneo, nel Mar del Nord ed in oceano Atlantico, dalla Scozia fino alle Canarie (Tortonese, 1975). È un pesce demersale con abitudini fossorie (FAO, 1987); tra i Trachinidae, questa specie è quella più velenosa perché è in grado di pungere sia con le spine della prima pinna dorsale sia con quelle degli opercoli (FAO, 1987).

L'uovo di questa specie (Fig. 29) è facilmente distinguibile dalle uova degli altri pesci in quanto ha un diametro di 0.95-1.37 mm ed è dotato di numerose gocce oleose (da 6 a 30) sparpagliate, le quali cambiano posizione in relazione allo stadio di maturazione dell'uovo.

Se l'embrione è già sviluppato all'interno dell'uovo, si possono notare le pinne pelviche che si sviluppano prima che l'uovo si schiuda (Fig. 29).

Le uova di *E. vipera* in questo lavoro sono state ritrovate, con basse quantità, solamente durante la primavera.

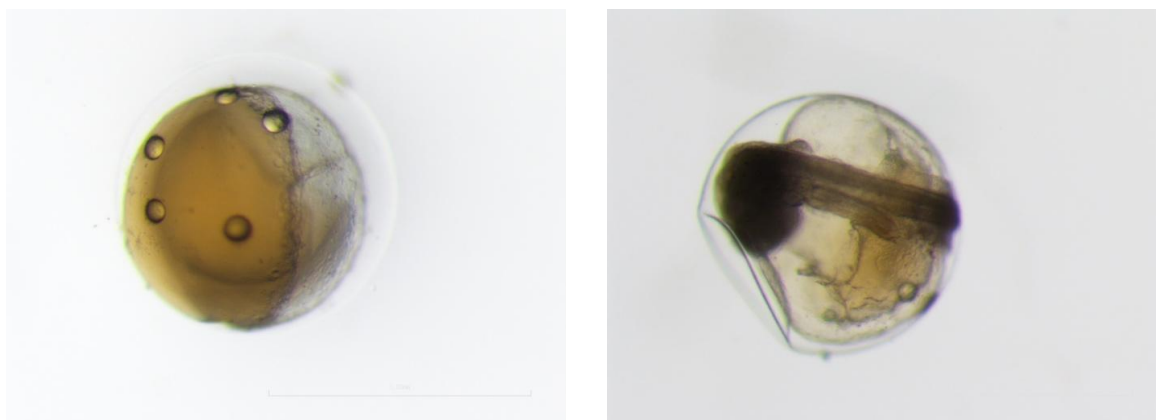


Figura 29 – Uova di *E. vipera*, con particolare dello sviluppo delle pinne pelviche (destra).

## MUGILIDAE

A questa famiglia appartengono alcune specie migratrici marine molto abbondanti in laguna di Venezia.

Le uova di Mugilidae (Fig. 30) sono sferiche, con vitello non segmentato e presentano una goccia oleosa. Non è raro però trovare uova con più di una goccia oleosa che successivamente, anche in uno stadio di sviluppo avanzato, si fondono tra loro. Le dimensioni delle uova e della goccia oleosa, come il periodo di riproduzione, variano molto a seconda della specie considerata; a volte può verificarsi infatti una parziale sovrapposizione dei periodi riproduttivi (Shreiber *et al.*, 1979).

L'identificazione delle larve è più semplice rispetto a quella delle uova poiché ogni specie presenta un particolare pattern di pigmentazione.

In questo lavoro sono state trovate due uova di Mugilidae a febbraio e 4 larve (Fig. 30), ad aprile, che appartenevano con molta probabilità a *C. labrosus*.



Figura 30 – Uova (sinistra) e larve (centro e destra) di Mugilidae, larve probabilmente di *C. labrosus*.

## BOTHIDAE

I pesci appartenenti alla famiglia Bothidae presenti in laguna di Venezia, appartengono tutti al genere *Arnoglossus* e sono suddivisi in 4 specie molto simili tra loro sia morfologicamente sia biologicamente. L'identificazione a livello di specie delle uova è, a differenza di quella delle larve, molto complicata. Le uova degli individui appartenenti a questa famiglia sono molto simili tra loro: relativamente piccole e con una goccia oleosa di piccole dimensioni.

In particolare, le uova di *Arnoglossus laterna* e di *A. thori* hanno rispettivamente un diametro di 0.62-0.65 mm (goccia oleosa d. 0.12 mm) e 0.58-0.60 mm (goccia oleosa d. 0.12-0.15 mm). Come si può facilmente capire, le differenze dimensionali tra queste uova sono tali da rendere molto difficile la loro identificazione specifica. Per questo motivo tutte le uova di questa famiglia sono state classificate come *Arnoglossus* sp. e non è stata data loro un'attribuzione tassonomica più approfondita (Fig. 31).

Al contrario delle uova, le larve di Bothidae (Fig. 31) sono più facilmente identificabili. Un carattere che aiuta nell'identificazione della larva durante lo stadio del sacco vitellino, è la chiara presenza di una goccia oleosa posta vicino all'ano. Quando il vitello è riassorbito, si può distinguere una larva di Bothidae dalle larve di altre famiglie dalla presenza di una protuberanza sulla testa, tipica di tutti i pesci piatti, dalla forma dell'intestino e dalla posizione dell'ano.

In questo lavoro sono state trovate sia uova sia larve di Bothidae. In particolare, le larve erano presenti solamente in primavera, sia a marzo sia ad aprile, mentre le uova, nonostante presentassero valori di densità considerevoli solo in primavera, sono state trovate anche in estate ed in autunno.

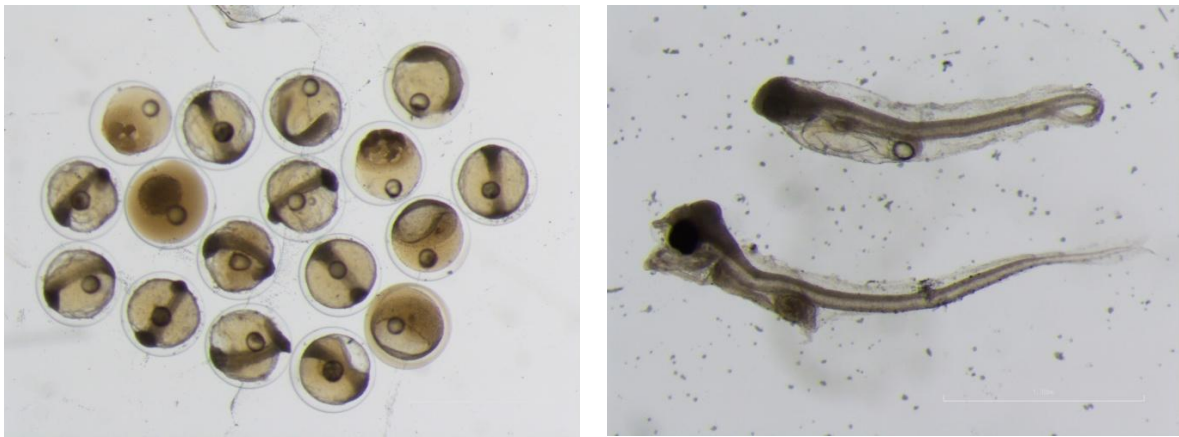


Figura 31 – Uova (sinistra) e larve (destra) di Bothidae.

## PLEURONECTIDAE

- *Platichthys flesus* (Linnaeus, 1758), nome comune: passera.

*P. flesus* ha una distribuzione spaziale non uniforme, ha infatti un areale principale e più ampio nel Nord Atlantico, fino allo stretto di Gibilterra, compreso il Mar Baltico occidentale ed il Mare del Nord; il secondo areale, relitto, si trova a nord del Mar Adriatico, nel Mar Nero e nel Mar d'Azov (FAO, 1987; Franco *et al.*, 2010; Zucchetta *et al.*, 2009, 2010).

Questa specie compie delle migrazioni tra il mare e la laguna, nella quale riesce ad accrescersi più facilmente. La laguna viene infatti utilizzata dagli individui di questa specie come area di nursery (Franco *et al.*, 2010; Zucchetta *et al.*, 2009, 2010).

Le uova (Fig. 32) hanno un diametro compreso tra 0.8 e 1.13 mm, sono sferiche, molto trasparenti, con un vitello omogeneo e non possiedono goccia oleosa (Russell, 1976).

In seguito alla schiusa, la larva è facilmente identificabile quando si trova nello stadio del sacco vitellino in quanto, oltre a presentare sulla testa la protuberanza tipica dei pesci piatti, ha un sacco vitellino privo di goccia oleosa con un pattern di pigmentazione simile a

quello dell'uovo (Fig. 32). Quando invece il sacco vitellino si è riassorbito, la posizione e la forma dell'ano sono dei caratteri che aiutano ad identificare la larva di questa specie dalle altre larve di pesci piatti.

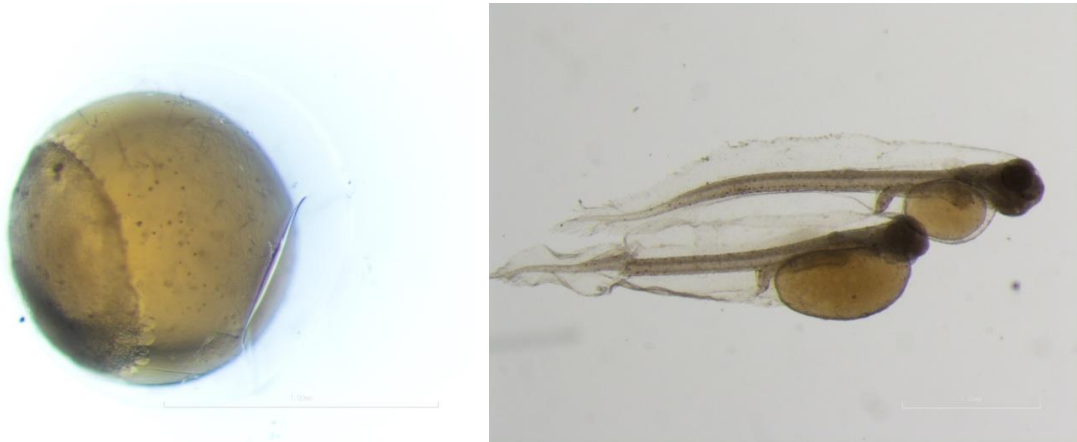


Figura 32 – Uovo (sinistra) e larve (centro e destra) di *P. flesus*.

In accordo con la biologia riproduttiva di questa specie, le uova di *P. flesus* sono state trovate durante l'autunno, a dicembre, mentre le larve sono state trovate durante la campagna invernale, a febbraio. Le concentrazioni con cui sono state trovate le uova e le larve di *P. flesus* sono state comunque molto basse.

#### SOLEIDAE

- *Buglossidium luteum* (Risso, 1810), *Microchirus* sp., *Pegusa impar* (Bennett, 1831), *Solea solea* (Linnaeus, 1758).

I pesci appartenenti alla famiglia dei Soleidae sono individui in grado di vivere sia in acqua salata sia in acqua salmastra. Si trovano nel Mar Mediterraneo, nell'oceano Atlantico orientale, nell'oceano Indiano e nell'oceano Pacifico centrale e occidentale. Solitamente si nutrono di piccoli crostacei o di invertebrati (FAO, 1987).

Tutte le specie di questa famiglia sono classificate come migratori occasionali ad eccezione di *S. solea* che durante le prime fasi del ciclo vitale ha bisogno di entrare in un'area lagunare per accrescersi, appartenendo quindi alla guild dei migratori marini (Amara *et al.*, 1998; Franco *et al.*, 2006a, 2008b; Franzoi *et al.*, 2010).

Tutte le uova dei Soleidae presenti in laguna di Venezia presentano numerose gocce oleose. Integrando il diametro dell'uovo con la disposizione ed il numero di gocce oleose si possono identificare con un buon margine di sicurezza, almeno a livello di genere, le uova di Soleidae (Fig. 33).



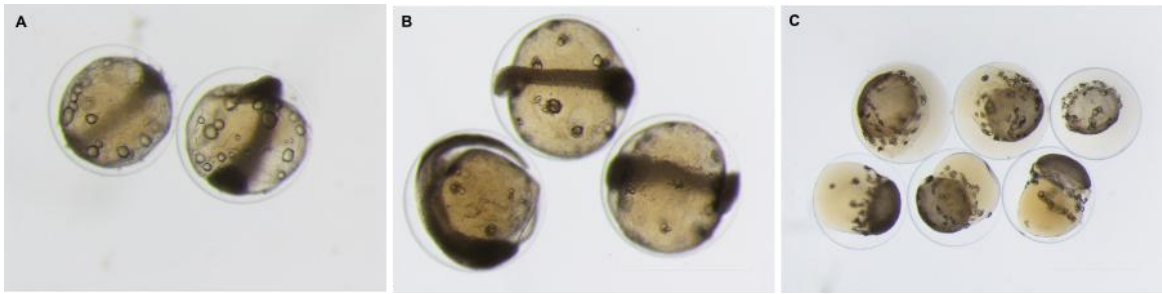


Figura 33 – Uova di Soleidae: *B. luteum* (A), *P. impar* (B) e *S. solea* (C).

Le uova di *B. luteum* hanno un diametro di 0.64-0.94 mm e hanno molte gocce oleose (12-15), sparse, che non tendono a confluire. Le uova di *Microchirus* hanno un diametro di 1.26-1.36 mm ed una quarantina di gocce oleose (il numero varia a seconda della specie) sparse nell'uovo. Le uova di *S. solea* hanno un range dimensionale molto più grande, 1.0-1.5 mm di diametro, e sono caratterizzate dalla presenza di moltissime goccioline oleose riunite in gruppi e situate in posizione periferica, vicino al polo animale. Le uova di *Pegusa* hanno invece una dimensione di circa 1.06 mm e presentano anch'esse numerose goccioline oleose raggruppate ma disposte su tutta la superficie dell'uovo, e non solo sul polo animale come avviene in *S. solea*.

L'identificazione specifica delle larve, se il sacco vitellino è già stato riassorbito, è molto complicata. Solitamente i caratteri che si utilizzano sono: presenza di una protuberanza accentuata nella membrana all'altezza della testa (*P. impar*); pigmentazione pronunciata in tutto il corpo ed anche nella membrana (*Microchirus* sp.); 6-7 cromatofori nella parte superiore della membrana (*S. solea*) (Fig. 34).

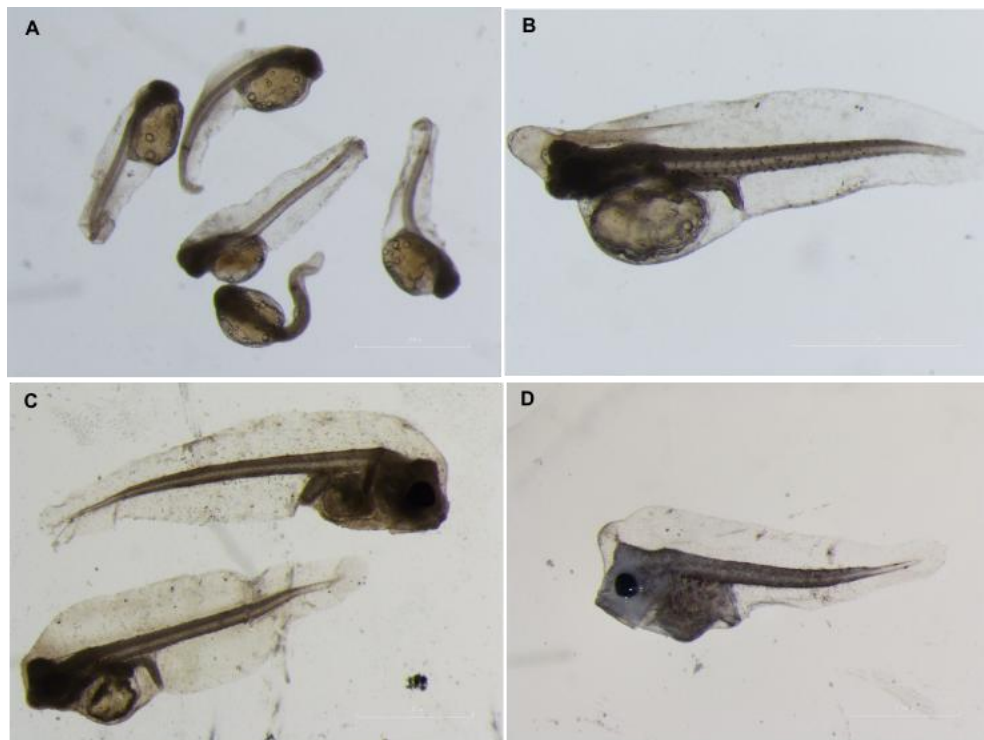


Figura 34 – Larve di Soleidae: *B. luteum* (A), *P. impar* (B), *S. solea* (C) e *Microchirus* sp. (D).

Di questa famiglia, le uova presenti con maggiori densità ed in maggiore quantità durante i campionamenti sono state quelle di *B. luteum*, le quali sono state trovate durante le campagne primaverili. Solo un uovo è stato catturato in un differente periodo (febbraio). Sempre durante la stagione primaverile, a marzo ed ad aprile, sono state catturate, anche se con quantità molto minori, le uova di *P. impar* e di *S. solea*. Ad agosto sono inoltre state trovate alcune uova di *P. impar*.

Per quanto riguarda le larve, quelle di *B. luteum* sono state nuovamente quelle presenti con maggiori quantità (durante la primavera), seguite da quelle di *Microchirus* (in primavera) e da quelle di *Solea solea* (in autunno ed inverno). Le larve di *P. impar* sono state invece rinvenute solamente in primavera, ma con densità bassissime.

Alcune specie o famiglie ritrovate occasionalmente durante i campionamenti (Fig. 35) sono state:

- *Triglidae* sp., una larva a dicembre;
- *Carangidae* sp., una larva ad agosto;
- *Sciaenidae* sp., un uovo e 10 larve in estate.



Figura 35 – Larva di *Triglidae* sp. (A), *Carangidae* sp. (B) e *Sciaenidae* sp. (C).

#### 4.2.3 - CLASSIFICAZIONE ORGANISMI IN GUILD MODIFICATE

Di seguito è esposta (Tab. 5) una tabella riassuntiva circa la suddivisione in guild dei vari *taxa* ritrovati durante tutti i campionamenti. Nella prima colonna è riportata la classificazione secondo le Guild modificate utilizzate in questa tesi, nella seconda la classificazione secondo Franzoi *et al.* (2010) e nella terza la classificazione secondo Potter *et al.* (2013).

Tabella 5 – Suddivisione in Guild (modificate, Potter et al., 2013, Franzoi et al., 2010) dei taxa ritrovati.

Famiglia	Specie	Guild Modific.	Potter et al. 2013	Franzoi et al. 2010
Blenniidae		R	ES o MS	LR o MO
Bothidae		/	/	/
Bothidae	<i>Arnoglossus laterna</i>	MS	MS	
Bothidae	<i>Arnoglossus Spp</i>	MS	MS	
Callionymidae		MS	MS	
Carangidae		MS	MS	MO
Clupeidae		/	/	/
Clupeidae	<i>Sardina pilchardus</i>	MM	ME-O	MM
Clupeidae	<i>Sprattus sprattus</i>	MM	ME-O	MM
Engraulidae		/	/	/
Engraulidae	<i>Engraulis encrasicolus</i>	MM	ME-O	MM
Gadidae		/	/	/
Gadidae	<i>Merlangius merlangus</i>	MS	MS	MO
Gadidae	<i>Micromesistius poutassou</i>	MS	MS	
Gobiidae		R	ES o MS	LR o MS
Moronidae		/	/	/
Moronidae	<i>Dicentrarchus labrax</i>	MM	ME-O	MM
Mugilidae		/	/	/
Mugilidae	<i>Mugilidae Spp</i>	MM	ME-D	MM
Mugilidae	<i>Chelon labrosus</i>	MM	ME-O	MM
Pleuronectidae		/	/	/
Pleuronectidae	<i>Platichthys flesus</i>	MM	ME-D	MM
Sciaenidae		MS	MS	MM o MO
Soleidae		/	/	/
Soleidae	<i>Buglossidium luteum</i>	MS	MS	
Soleidae	<i>Microchirus Spp</i>	MS	MS	
Soleidae	<i>Pegusa impar</i>	MS	MS	MM
Soleidae	<i>Solea solea</i>	MM	ME-O	MM
Sparidae		MS	MS	MM o MO
Sparidae	<i>Sparus aurata</i>	MM	ME-D	
Syngnathidae		/	/	/
Syngnathidae	<i>Hippocampus guttulatus</i>	R	ES	LR
Syngnathidae	<i>Nerophis ophidion</i>	R	ES	LR
Syngnathidae	<i>Syngnathus abaster</i>	R	ESs	LR
Trachinidae		/	/	/
Trachinidae	<i>Echiichthys vipera</i>	MS	MS	MO
Triglidae		MS	ME-O	

Nel complesso in questo studio sono state identificate uova e larve attribuibili a 17 famiglie di teleostei marini. In particolare i *taxa* ritrovati sono stati 27. Di questi, 5

appartenevano alla guild modificata dei Residenti (R), 13 a quella dei Migratori Occasionali (MS) e 9 a quella dei Migratori Marini (MM).

#### 4.2.4 - CALENDARI DI COMPARSA

Dai dati raccolti in questo studio è stato possibile definire il calendario di comparsa delle uova (Tab. 6) e larve (Tab. 7) di Teleostei alla Bocca di Porto di Lido. Questo calendario è stato poi confrontato con quelli già presenti in letteratura per la laguna di Venezia. Per il confronto dei calendari sono stati in particolare considerati i lavori di Varagnolo (1964) e Ziraldo (1996) per le uova e Spartà (1942) e Schreiber (1979), per le larve.

Nelle seguenti tabelle il colore rosso corrisponde a Varagnolo (1964), il blu a Ziraldo (1996), l'azzurro a Spartà (1942), l'arancione a Schreiber *et al.* (1979) ed infine il verde al presente studio.

Bisogna tenere in considerazione che per il nostro lavoro i valori presentano una bassa risoluzione temporale; i campionamenti venivano infatti eseguiti stagionalmente. Gli altri studi inerenti alle uova di teleostei marini sono stati eseguiti con una frequenza di campionamento molto maggiore, anche settimanale. Per le larve invece gli studi pregressi risultano sfortunatamente molto ridotti ed eseguiti anch'essi in maniera molto puntiforme e non continua.

In queste tabelle riassuntive non vengono comunque tenute in considerazione le abbondanze e le densità, ma solamente la presenza/assenza di un determinato *taxa*.

Tabella 6 – Confronto tra i calendari di comparsa di uova di teleostei marini nella Laguna di Venezia. Rosso: Varagnolo (1966); Blu: Ziraldo (1996); Verde: presente studio.

Famiglia uova	Specie	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	XI	X	XI	XII
Clupeidae	<i>Sardina pilchardus</i>					■	■						
			■	■	■	■				■	■	■	■
			■	■									■
Clupeidae	<i>Sprattus sprattus</i>	■	■	■								■	■
		■	■	■	■	■							■
	<i>Sardinella aurita</i>				■	■				■	■	■	■
Engraulidae	<i>Engraulis encrasicolus</i>				■	■	■	■	■	■	■		
					■	■	■	■	■	■	■		
Gadidae	<i>Gaidropsarus</i> sp.	■											
	<i>Merlangius merlangus</i>												■
	<i>Onos</i> sp.			■	■								
	<i>Trisopterus capelano</i>	■	■	■						■			





Tabella 7 – Confronto tra i calendari di comparsa di larve di teleostei marini nella Laguna di Venezia.  
 Azzurro: Spartà (1942); Arancione: Schreiber et al. (1979); Verde: presente studio.

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 poutassou</i>			■									
Syngnathidae	<i>Hippocampus guttulatus</i>								■				
	<i>Nerophis ophidion</i>								■				
	<i>Syngnathus abaster</i>								■				
Triglidae	<i>Triglidae</i> sp.											■	
Blenniidae	<i>Blenniidae</i> sp.				■	■			■				
Trachinidae	<i>Trachinus</i> sp.									■			
Carangidae	<i>Carangidae</i> sp.								■				
Gobiidae	<i>Gobiidae</i> sp.					■				■			
			■	■	■				■				
Moronidae	<i>Dicentrarchus labrax</i>												■
Sciaenidae	<i>Sciaenidae</i> sp.					■			■				
Sparidae	<i>Sparus aurata</i>			■									
	<i>Sparidae</i> sp.				■				■				
Mugilidae	<i>Chelon labrosus</i>				■	■							
Bothidae	<i>Arnoglossus laterna</i>			■	■								
Pleuronectidae	<i>Platichthys flesus</i>		■										
Soleidae	<i>Buglossidium luteum</i>			■	■								
	<i>Microchirus</i> sp.			■	■								
	<i>Pegusa impar</i>			■	■								
	<i>Solea solea</i>		■										■

### 4.3 - ANALISI QUANTITATIVA DELL'ITTIOPLANCTON

Nel complesso in questo studio sono stati identificati un maggior numero di *taxa* allo stadio larvale (23) rispetto alle uova (15).

Osservando le quantità di uova, si nota come l'ordine di grandezza tra le uova totali e quelle dei soli organismi migratori marini sia lo stesso (Fig. 36). Tuttavia, se si considerano separatamente le singole stagioni (Fig. 37), appare evidente come durante l'inverno il contributo delle uova dei migratori marini è nettamente inferiore. Questo fenomeno è comprensibile considerando che le specie migratrici che si riproducono durante l'inverno sono molto meno rispetto a quelle che si riproducono nelle stagioni calde. È inoltre interessante osservare che durante l'inverno le uova sono state ritrovate solamente in mare (MA e LI) e non in laguna. Durante la stagione estiva invece, probabilmente a causa della presenza di molte uova di *E. encrasicolus* (Tab. 8) e di altri teleostei migratori marini, si osservano le densità di uova più elevate (Fig. 37).

Mediando i valori di densità di uova e larve in base alla loro posizione (MA, LE, LI = mare; BO = bocca; SA, SE, SF = laguna) si nota, anche graficamente, come vi sia, sia annualmente sia stagionalmente, una diminuzione della densità delle uova procedendo lungo il transetto mare-laguna (Fig. 36 e 37).

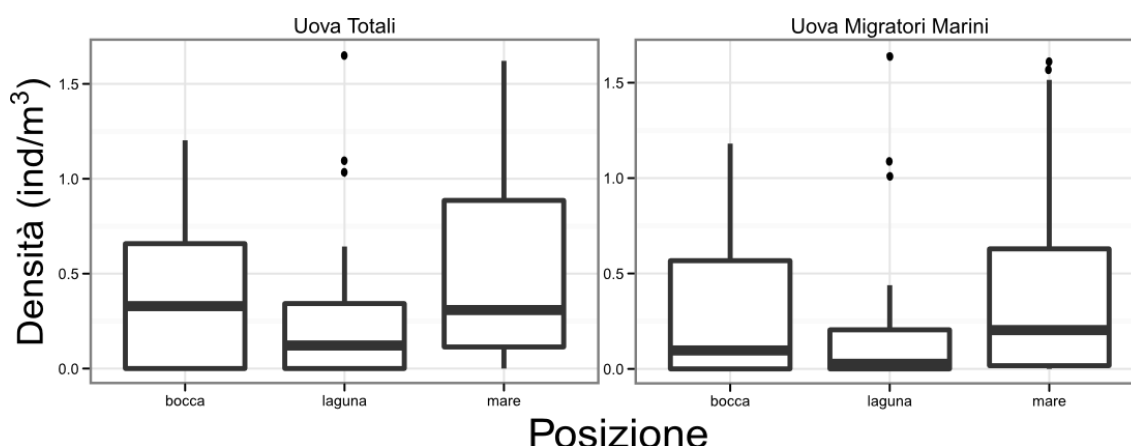


Figura 36 – Distribuzione delle densità delle uova campionate in questo lavoro.



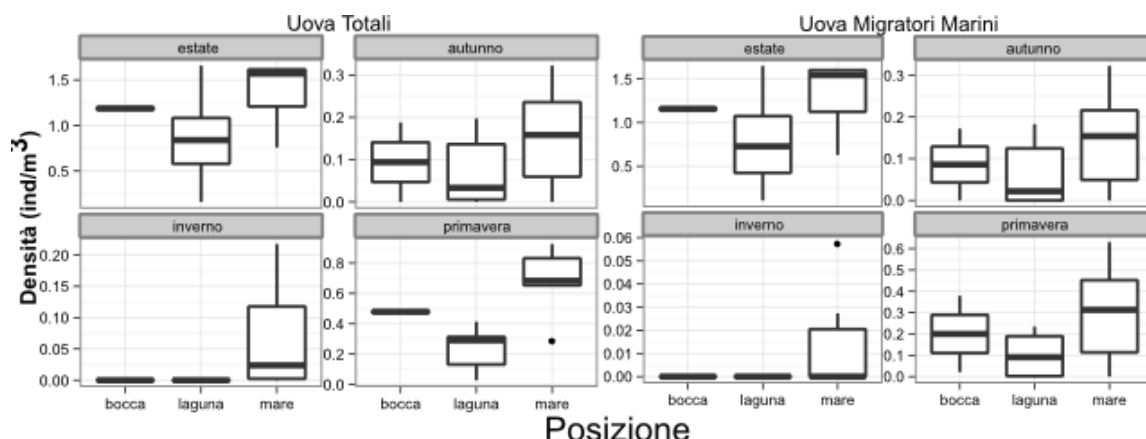


Figura 37 – Distribuzione delle densità delle uova campionate in questo lavoro, suddivise per stagione.

Quantitativamente, le uova di *E. encrasicolus* sono state quelle trovate con maggiori densità (Tab. 8, Fig. 38). Progressivamente, con tuttavia un ordine di grandezza inferiore di circa 15-20 volte, le uova con densità più rilevanti sono state quelle di Callionymidae, di *Arnoglossus* sp., di *B. luteum* e di *S. pilchardus*.

Tabella 8 – Densità di uova di migratori marini. Giallo dens. <0.10 ind/m<sup>3</sup>; Arancione chiaro 0.10 < dens. <1.0 ind/m<sup>3</sup>; Arancione scuro 1.0 < dens. <15.0 ind/m<sup>3</sup>; Rosso dens. >15.0 ind/m<sup>3</sup>.

Ind/m <sup>3</sup>	Stagione			
	Estate	Autunno	Inverno	Primavera
<i>Sardina pilchardus</i>		3.74	0.14	1.17
<i>Sprattus sprattus</i>		0.24		
<i>Engraulis encrasicolus</i>	255			9.12
<i>Dicentrarchus labrax</i>		0.21		
<i>Migilidae</i> sp			0.07	
<i>Platichthys flesus</i>		0.05		
<i>Solea solea</i>				0.58

Le uova dei migratori marini, eccetto che quelle di Clupeiformes (*E. encrasicolus*, *S. pilchardus*, *S. sprattus*), sono state campionate con densità molto basse (Tab. 8) e non sono state riportate in figura. Le uova di *D. labrax* sono state ritrovate con circa le stesse abbondanze, sia nelle stazioni di mare, sia in quelle di laguna, ma solamente durante l'autunno. Situazione simile si era verificata con *P. flesus*, le cui uova erano presenti in autunno, con le stesse abbondanze, sia in una stazione lagunare (SF), sia in una stazione di mare (LI). Per le uova dell'altro Pleuronectiformes migratore marino, *S. solea*, queste sono state ritrovate, come per *P. flesus*, sia in laguna (SE), sia in mare (LI), anche se in questo caso le abbondanze erano più alte in mare. Infine le uova di *Mugilidae* sp. sono state invece catturate con bassissime densità (Tab. 8) e solamente in una stazione (MA) durante la seconda campagna invernale.

Per quanto riguarda i *taxa* di Clupeiformes ritrovati, dato che sono stati quelli presenti con le densità maggiori, sia per quanto riguarda le uova sia per le larve, è stato scelto di riportarli graficamente in figure separate (Tab. 8 e 9, Fig. 38 e 42).

Le uova di Clupeidae (*S. pilchardus* e *S. sprattus*) sono presenti durante le stagioni fredde, specialmente in autunno, mentre *E. encrasicolus* è presente maggiormente in primavera ed in estate.

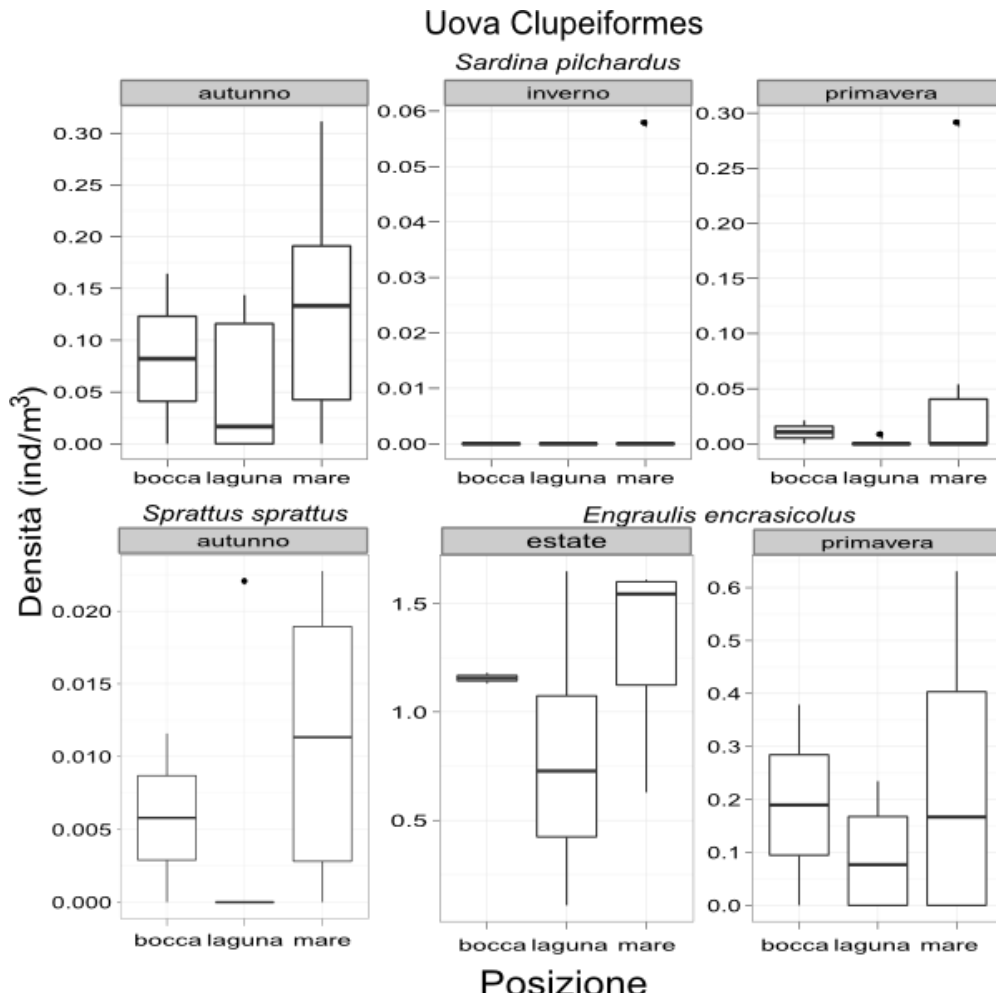


Figura 38 - Distribuzione delle densità di uova di Clupeiformes durante le stagioni in cui erano presenti.

Nonostante dai grafici appena descritti sembrano essere presenti e ben visibili delle differenze tra le stazioni e/o tra le stagioni, statisticamente non è sempre così. Eseguendo il test chi-quadro (Tab. 10) è stato possibile verificare che, considerando il logaritmo della densità delle uova, le eventuali differenze si osservano solamente tra le varie stagioni, e non tra le posizioni. Non vi sono quindi mai, in nessun caso, differenze significative per quanto riguarda la posizione (mare, bocca, laguna) (Tab. 10). Analizzando in dettaglio i test statistici effettuati si nota che, mentre per le uova di *S. pilchardus* e di *S. sprattus* non si verificano differenze né tra le stagioni né tra le posizioni, per quelle di *E. encrasicolus* vi sono differenze tra le stagioni, molto probabilmente dovute alla grande abbondanza di queste durante le stagioni calde. In tutti i casi comunque, le densità delle uova di queste

specie seguono un evidente gradiente mare-laguna, con abbondanze maggiori in mare e minori in bocca ed in laguna.

Per le larve, la percentuale di residenti sull'intera comunità è molto più elevata rispetto alle uova (Fig. 39); queste differenze inoltre si verificano maggiormente durante la stagione primaverile (Fig. 40), che possiede i valori di densità larvali totali maggiori, ma che possiede anche grandissime quantità di larve di Gobiidae. Considerando invece i soli organismi migratori marini, le densità più elevate sono state registrate in estate e primavera.

Provando a mediare i valori di densità delle larve in base alla loro posizione si sviluppa un fenomeno opposto a quello verificatosi con le uova: le densità aumentano procedendo dal mare all'interno della laguna (Fig. 38 e 39).

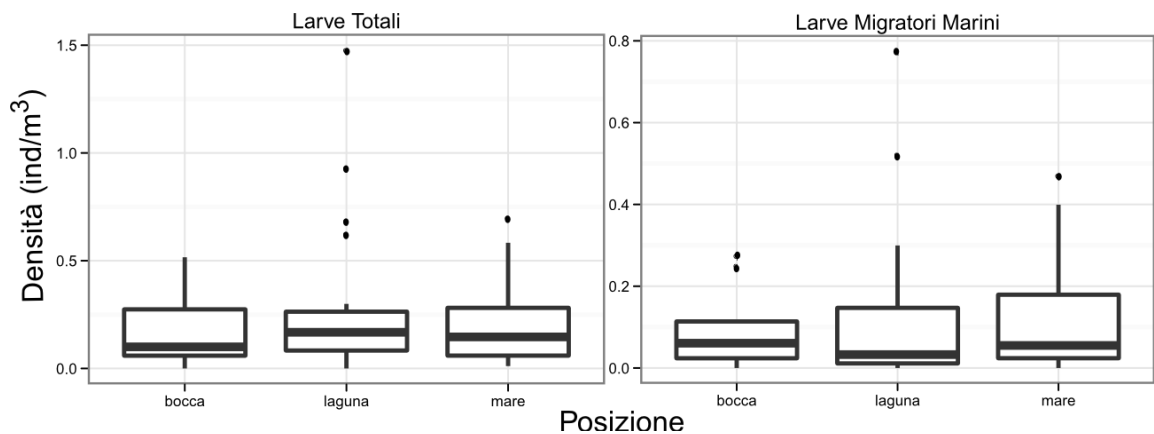


Figura 39 – Distribuzione delle densità delle larve campionate in questo lavoro.

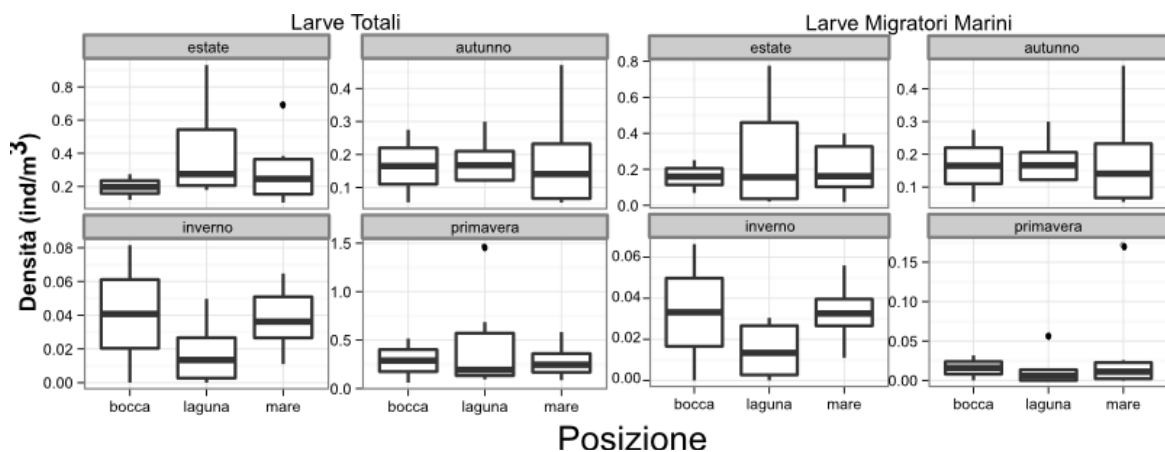


Figura 40 – Distribuzione delle densità delle larve campionate in questo lavoro, suddivise per stagione.

Statisticamente, per le larve, nel complesso, non sono presenti differenze significative né tra le stagioni né tra le posizioni (Tab. 10).

La posizione quindi, nuovamente, non influisce statisticamente sulle differenze tra le densità delle larve. Questa informazione può rappresentare la presenza di una forte relazione tra il mare e la laguna, nonostante i valori di individui per  $m^3$  rinvenuti nelle varie posizioni non siano apparentemente simili.

Le larve maggiormente presenti durante i campionamenti appartenevano alla famiglia Gobiidae; a queste, in termini di densità, seguivano quelle di *E. encrasicolus*, di *S. pilchardus* (Fig. 42) e quelle di Blenniidae. La presenza di grandi quantità di larve di Gobiidae e di Blenniidae, considerate in questo studio come Residenti, influenza molto i valori di densità totali (Fig. 39). Tra le larve di migratori marini (Tab. 9), si nota come il contributo principale è dato da quelle di *E. encrasicolus* e di *S. sprattus*, il quale è tuttavia molto inferiore rispetto a quello dato dai Gobiidae.

Tabella 9 – Densità di larve di migratori marini. Giallo  $dens.<0.10\ ind/m^3$ ; Arancione chiaro  $0.10<dens.<1.0\ ind/m^3$ ; Arancione scuro  $1.0<dens.<15.0\ ind/m^3$ .

Ind/ $m^3$	Stagione			
	Estate	Autunno	Inverno	Primavera
<i>Sardina pilchardus</i>		0.63	0.13	0.16
<i>Sprattus sprattus</i>		7.04	0.53	0.22
<i>Engraulis encrasicolus</i>	13.4			0.23
<i>Dicentrarchus labrax</i>		0.08		
<i>Chelon labrosus</i>				0.24
<i>Platichthys flesus</i>			0.16	
<i>Solea solea</i>		0.24	0.02	
<i>Sparus aurata</i>				0.01

Anche in questo caso, in figura vengono riportate le densità delle larve delle specie più abbondanti e frequenti (Fig. 41 e 42).

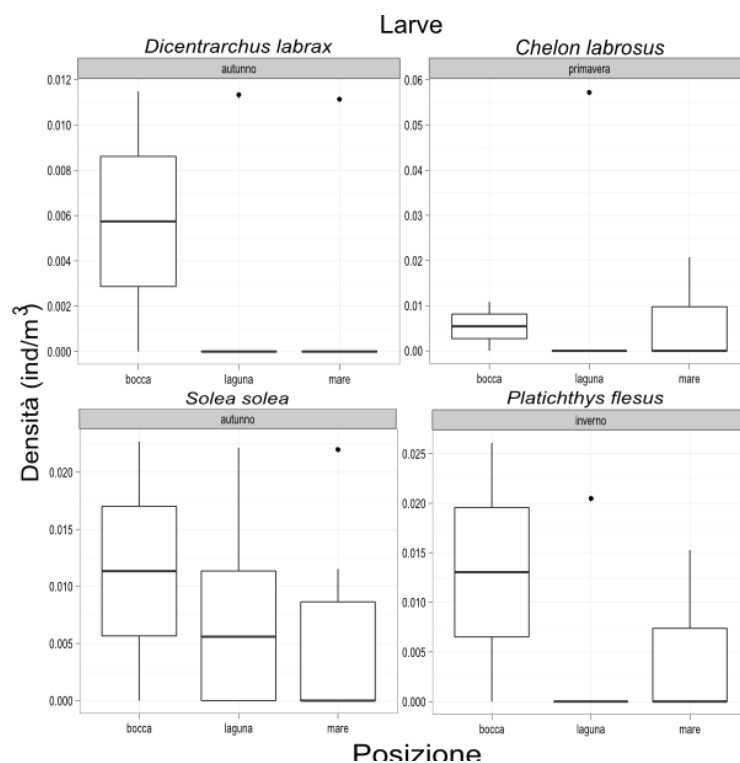


Figura 41 – Distribuzione delle densità di uova di alcuni migratori marini durante le stagioni in cui erano maggiormente presenti.

Le larve di Clupeiformes sono presenti in questi campionamenti con densità minori rispetto alle uova (Tab. 9). Tuttavia le larve, specialmente quelle di *S. pilchardus* e *S. sprattus*, mostrano una distribuzione temporale più ampia: queste sono state infatti catturate con densità relativamente alte durante tutte le stagioni fredde e, sebbene con densità minori, anche in primavera (Tab. 9, Fig. 42). Per le larve di Clupeidae, come per le uova, l'autunno è stata la stagione in cui le densità erano maggiori (Tab. 9). Anche per le larve di Clupeidae non sono presenti differenze significative tra né tra le stagioni né tra le posizioni (Tab. 10).

Le larve di *E. encrasicolus* sono state ritrovate durante la stagione estiva, con abbondanze considerevoli, e, durante la stagione primaverile, con abbondanze molto minori (Tab. 9). Come per le uova invece, le larve di questa specie presentano differenze significative per quanto riguarda la distribuzione della densità tra le stagioni (Tab. 10), ma non vi sono differenze tra le tre posizioni.

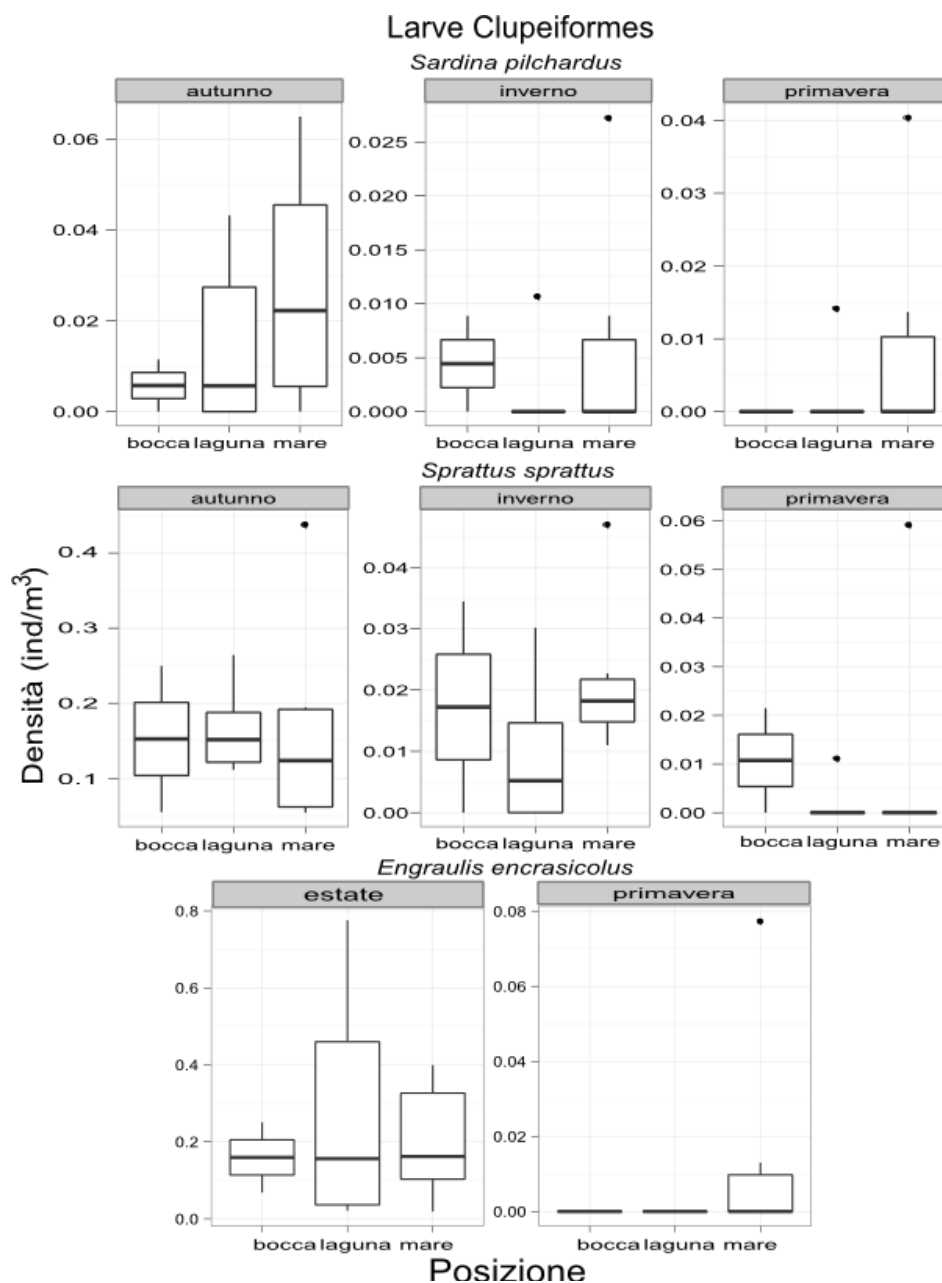


Figura 42 - Distribuzione delle densità di larve di Clupeiformes durante le stagioni in cui erano presenti.

Per avere ulteriori conferme circa l'assenza di differenze significative tra le posizioni, è stato effettuato, per alcune specie, un secondo test statistico chi-quadro (Tab. 11). Da questo test emerge nuovamente l'assenza di differenze significative dei dati di densità tra le varie posizioni.

Tabella 10 – Risultati del test chi-quadro sulla devianza per i campioni di uova e larve, effettuato sull'intera comunità, sulla componente dei migratori nel suo complesso e separatamente per alcune specie di migratori marini.

• Uova Totali	d.f.	devianza	d.f. res.	dev. res.	p
Posizione	2	2.1925	53	47.338	0.3341
<b>Stagione</b>	<b>3</b>	<b>24.6557</b>	<b>50</b>	<b>22.683</b>	<b>&lt;0.001</b>
PosizionexStagione	6	0.7768	44	21.906	0.9927

• Uova Migratori	d.f.	devianza	d.f. res.	dev. res.	p
Posizione	2	1.5469	53	47.875	0.5614
<b>Stagione</b>	<b>3</b>	<b>26.6865</b>	<b>50</b>	<b>21.189</b>	<b>&lt;0.001</b>
PosizionexStagione	6	0.2641	44	20.925	0.9997

• Larve Totali	d.f.	devianza	d.f. res.	dev. res.	p
Posizione	2	0.3477	53	38.479	0.8404
Stagione	3	5.5363	50	32.942	0.1365
PosizionexStagione	6	0.2547	44	32.688	0.9997

• Larve Migratori	d.f.	devianza	d.f. res.	dev. res.	p
Posizione	2	0.0432	53	27.725	0.9786
Stagione	3	4.5846	50	23.140	0.2049
PosizionexStagione	6	0.2087	44	22.931	0.9998

• Larve <i>D. labrax</i>	d.f.	devianza	d.f. res.	dev. res.	p
Posizione	2	0.008143	53	0.49577	0.9959
Stagione	3	0.094323	50	0.40145	0.9925
PosizionexStagione	6	0.00	44	0.40145	1.0000

• Larve <i>C. labrosus</i>	d.f.	devianza	d.f. res.	dev. res.	p
----------------------------	------	----------	--------------	--------------	---

Posizione	2	0.007449	53	1.28068	0.9963
Stagione	3	0.283135	50	0.99754	0.9632
PosizionexStagione	6	0.00	44	0.99754	1.0000
<hr/>					
• Larve <i>S. solea</i>	d.f.	devianza	d.f. res.	dev. res.	p
Posizione	2	0.003180	53	1.3739	0.9984
Stagione	3	0.241607	50	1.1323	0.9706
PosizionexStagione	6	0.019367	44	1.1129	1.0000
<hr/>					
• Larve <i>P. flesus</i>	d.f.	devianza	d.f. res.	dev. res.	p
Posizione	2	0.022004	53	0.93408	0.9891
Stagione	3	0.199027	50	0.73505	0.9777
PosizionexStagione	6	0.00	44	0.73505	1.0000
<hr/>					
• Uova <i>S. pilchardus</i>	d.f.	devianza	d.f. res.	dev. res.	p
Posizione	2	0.54871	53	11.4364	0.7601
Stagione	3	2.48241	50	8.9540	0.4785
PosizionexStagione	6	0.19947	44	8.7545	0.9998
<hr/>					
• Uova <i>S. sprattus</i>	d.f.	devianza	d.f. res.	dev. res.	p
Posizione	2	0.024193	53	1.24766	0.9880
Stagione	3	0.278890	50	0.96877	0.9639
PosizionexStagione	6	0.00	44	0.96877	1.0000
<hr/>					
• Uova <i>E. encrasicolus</i>	d.f.	devianza	d.f. res.	dev. res.	p
Posizione	2	1.153	53	47.792	0.5618
<b>Stagione</b>	<b>3</b>	<b>34.285</b>	<b>50</b>	<b>13.508</b>	<b>&lt;0.05</b>
PosizionexStagione	6	0.057	44	13.451	1.0000
<hr/>					



• Larve <i>S. pilchardus</i>	d.f.	devianza	d.f. res.	dev. res.	p
Posizione	2	0.08814	53	3.7536	0.9569
Stagione	3	0.4136	50	3.3400	0.9374
PosizionexStagione	6	0.02304	44	3.3169	1.0000

• Larve <i>S. sprattus</i>	d.f.	devianza	d.f. res.	dev. res.	p
Posizione	2	0.0079	53	15.979	0.9961
Stagione	3	4.9239	50	11.055	0.1755
PosizionexStagione	6	0.0657	44	10.989	1.0000

• Larve <i>E. encrasicolus</i>	d.f.	devianza	d.f. res.	dev. res.	p
Posizione	2	0.1082	53	18.521	0.94733
<b>Stagione</b>	<b>3</b>	<b>8.2761</b>	<b>50</b>	<b>10.245</b>	<b>&lt;0.05</b>
PosizionexStagione	6	0.1722	44	10.072	0.9999

*Tabella 11 – Risultati del test chi-quadro sulla devianza per i campioni di uova e larve, effettuato su alcune specie di migratori marini per specifiche stagioni.*

• Larve <i>S. solea</i> Autunno	d.f.	devianza	d.f. res.	dev. res.	p
Posizione	2	0.01615	39	0.14379	0.992

• Uova <i>S. pilchardus</i> Autunno	d.f.	devianza	d.f. res.	dev. res.	p
Posizione	2	0.52429	39	3.4530	0.7694

• Uova <i>S. pilchardus</i> Inverno	d.f.	devianza	d.f. res.	dev. res.	p
Posizione	2	0.49245	39	10.245	0.7817

• Uova <i>S. pilchardus</i> Primavera	d.f.	devianza	d.f. res.	dev. res.	p
Posizione	2	0.25974	39	8.9906	0.8782
• Uova <i>E. encrasicolus</i> Estate	d.f.	devianza	d.f. res.	dev. res.	p
Posizione	2	0.3722	39	13.108	0.8302
• Uova <i>E. encrasicolus</i> Primavera	d.f.	devianza	d.f. res.	dev. res.	p
Posizione	2	0.838	39	38.350	0.6577
• Larve <i>S. pilchardus</i> Autunno	d.f.	devianza	d.f. res.	dev. res.	p
Posizione	2	0.045439	39	1.4030	0.9775
• Larve <i>S. pilchardus</i> Inverno	d.f.	devianza	d.f. res.	dev. res.	p
Posizione	2	0.085899	39	3.1129	0.958
• Larve <i>S. pilchardus</i> Primavera	d.f.	devianza	d.f. res.	dev. res.	p
Posizione	2	0.054527	39	3.0465	0.9731
• Larve <i>S. sprattus</i> Autunno	d.f.	devianza	d.f. res.	dev. res.	p
Posizione	2	0.063528	39	3.0159	0.9687
• Larve <i>S. sprattus</i> Inverno	d.f.	devianza	d.f. res.	dev. res.	p
Posizione	2	0.0021589	39	13.674	0.9989
• Larve <i>S. sprattus</i> Primavera	d.f.	devianza	d.f. res.	dev. res.	p
Posizione	2	0.0043367	39	14.151	0.9978

• Larve <i>E. encrasicolus</i> Estate	d.f.	devianza	d.f. res.	dev. res.	p
Posizione	2	0.15352	39	0.9588	0.9261

• Larve <i>E. encrasicolus</i> Primavera	d.f.	devianza	d.f. res.	dev. res.	p
Posizione	2	0.12687	39	16.329	0.9385

#### 4.4 - RELAZIONE TRA DENSITA' E PARAMETRI AMBIENTALI (RDA)

Per valutare il ruolo dei parametri ambientali nell'influencare la distribuzione e la densità delle uova e delle larve di teleostei marini è stato utilizzato un approccio multivariato, tramite la Redundancy Analysis (RDA).

I dati sono stati studiati separatamente per uova (Fig. 43) e larve (Fig. 44).

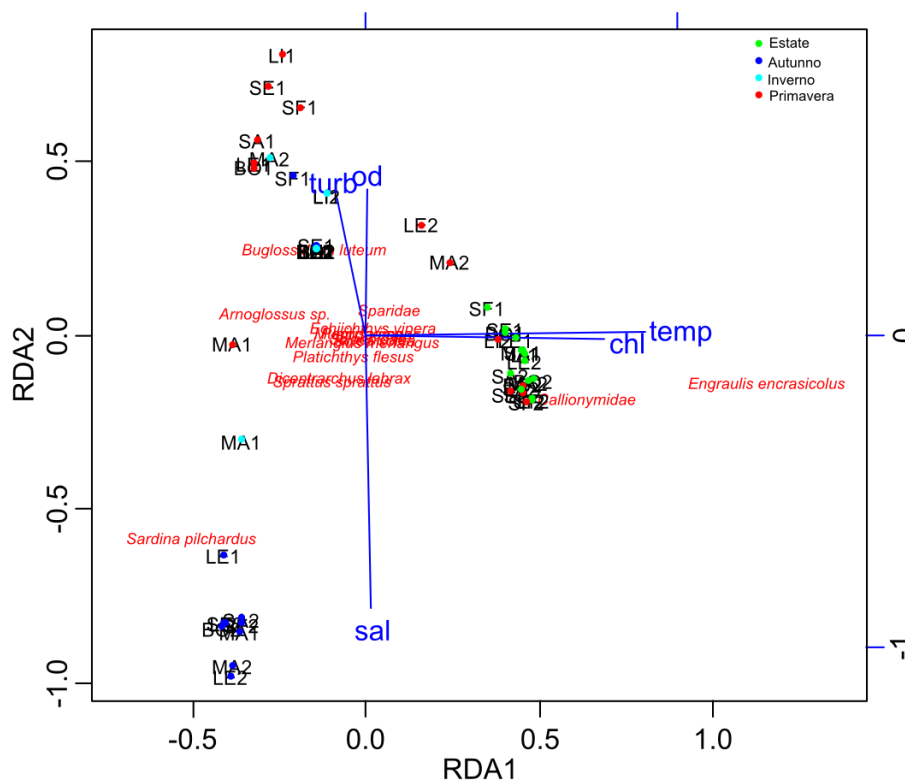


Figura 43 – Analisi multivariata (Redundancy Analysis, RDA) sui dati di densità delle uova campionate nelle sette stazioni nelle quattro campagne.

Da questa analisi è emerso che la configurazione spaziale dei punti della RDA eseguita sui dati riguardanti le uova, spiega il 53.7% della varianza totale presente tra i valori di



Dalla RDA effettuata sui dati di densità delle larve (Fig. 44) è emerso che l'ordinamento dei punti spiega il 56.0% della variabilità totale. Di questo 56%, il 49.9% è dovuto all'influenza dei parametri ambientali.

Si può riassumere quindi che sia per le larve sia per le uova i parametri ambientali influiscono in maniera molto simile sulla distribuzione dei dati di densità.

Per quanto riguarda il raggruppamento stagionale dei campioni, l'analisi tramite RDA dei dati di densità delle larve è leggermente differente da quello delle uova. Si nota come infatti i campioni di autunno e di primavera siano strettamente vicini tra loro e non presentino differenze tra le due campagne di campionamento. I campioni invernali ed estivi tendono invece a disporsi vicini tra loro in base al periodo di campionamento; in particolare la prima campagna invernale risulta essere molto simile alle due campagne autunnali. Tuttavia, nonostante questo particolare, non emerge né la presenza di un gradiente mare-laguna, né la differenza tra campioni lagunari e campioni di mare.

I taxa più evidenti nei risultati della RDA delle densità delle larve sono *E. encrasicolus*, *S. sprattus*, Gobiidae e Blenniidae. Per quanto riguarda *E. encrasicolus*, queste si posizionano vicino ad i campioni estivi, *S. sprattus* invece sono presenti maggiormente durante l'autunno e la prima campagna invernale, Gobiidae e Blenniidae invece sono presenti rispettivamente in primavera-estate ed in estate.

#### 4.5 - INDICE DI CONNETTIVITA' MARE-LAGUNA

La connettività mare-laguna è stata quantificata mediante un indice di colonizzazione, calcolato separatamente per uova e larve (Tab. 12).

Si è scelto di calcolare tale indice sia per tutti i valori di densità del dataset sia sulla sola componente dei migratori marini. Inoltre, dato che erano le specie migratrici più abbondanti, è stato calcolato l'indice di colonizzazione anche per *S. pilchardus*, *S. sprattus* ed *E. encrasicolus*.

Tabella 12 – Risultati indice di colonizzazione calcolato separatamente per uova e larve.

	Uova	Larve
Totale	39.12 %	280.80 %
Migratori Marini	41.60 %	134.48 %
<i>Sardina pilchardus</i>	24.28 %	43.77 %
<i>Sprattus sprattus</i>	33.25 %	80.20 %
<i>Engraulis encrasicolus</i>	41.99 %	196.38 %

Per quanto riguarda le uova si può osservare come solo il 40% entra nelle acque lagunari. Questa quota inoltre si riduce a circa 35% per *S. sprattus* ed addirittura 25% per la *S. pilchardus*.

Per quanto riguarda invece le larve, si può vedere come la percentuale entrante in laguna è anche superiore al 100%. In particolare per *E. encrasicolus* si presenta la percentuale maggiore (quasi 200%), seguita da *S. sprattus* (80%) ed infine da *S. pilchardus* (45%). Questi risultati indicano quindi che, oltre all'ingresso nelle acque lagunari, esiste un fenomeno di accumulo di organismi in laguna. Come era prevedibile questo accumulo è molto alto se si considerano le larve di tutti i *taxa* ritrovati (Residenti, Migratori Marini e Migratori Occasionali), ma è comunque superiore al 100% anche considerando i soli Migratori marini.

In conformità a queste ultime considerazioni riguardo alle percentuali di organismi entranti in laguna, bisogna ricordare che l'indice di colonizzazione per le larve di *E. encrasicolus* raggiunge quasi il 200%. Il valore dell'indice, per le larve, sia considerando la sola componente migratrice, sia l'intera comunità, è quindi in parte influenzato da questo fenomeno. Le percentuali, infatti, diminuiscono sensibilmente quando si osservano i risultati dell'indice per le due specie larvali di Clupeidae rinvenute.

## 5 - DISCUSSIONE

Le parti più consistenti di questo lavoro di tesi sono state il reperimento e la raccolta del materiale bibliografico utile all'identificazione tassonomica delle uova e larve di teleostei marini e, successivamente, l'attività stessa di identificazione degli organismi. Non è tuttora presente infatti in letteratura un manuale riassuntivo generale né esistono delle chiavi tassonomiche esaustive e complete per l'identificazione delle uova e larve di pesci del Mar Mediterraneo. Inoltre, ogni uovo o larva possiede differenti stadi di sviluppo ai quali sono associate differenti caratteristiche (FAO-MedSudMed, 2011; Ré e Meneses, 2009; Russell 1976).

Il materiale bibliografico raccolto per l'identificazione tassonomica degli organismi ittioplanctonici è molto eterogeneo: alcune pubblicazioni soffermano l'attenzione su singole specie (Jennings *et al.*, 1991), altre confrontano due o più specie appartenenti alla stessa famiglia (Amara *et al.*, 1998; Marinaro, 1991), altre sono risultate più generiche raggruppando *taxa* differenti presenti in determinate aree (Arbault, 1968; Cunningham, 1889; FAO-MedSudMed, 2011; Munk *et al.*, 2005; Russell, 1976). Alcuni documenti inoltre sono risultati molto datati e di difficile reperimento (Aboussouan, 1964; Arbault e Boutin, 1968; Cunningham, 1889; D'Ancona e Lo Bianco, 1931-1933; Lee, 1966; Marinaro, 1971; Raffaele, 1888; Schreiber *et al.*, 1979; Sparta, 1942; Varagnolo, 1964, 1971).

Spesso nelle aree estuarine i parametri ambientali danno origine a dei gradienti tra il mare e la laguna (Able *et al.*, 2006; Martino e Able, 2003; Perez-Ruzafa *et al.*, 2004; Solidoro *et al.*, 2004) i quali, a volte, influenzano la distribuzione spaziale dell'ittioplancton (Cotrim Marques *et al.*, 2006; Genner *et al.*, 2010; Gunter, 1956; Martino e Able, 2003; Menge e Olson, 1990; Rowe e Dunson, 1995; Weinstein *et al.*, 1980). In particolare la salinità, la temperatura, la torbidità e l'ossigeno disciolto sono parametri ambientali che possono influire sulla struttura della comunità ittioplanctonica in un'area estuarina (Martino e Able, 2003).

I valori dei parametri ambientali non sono però gli unici fattori che influenzano la distribuzione dell'ittioplancton; dalla letteratura è noto che la distribuzione spaziale delle uova e delle larve è attribuibile anche allo scambio idrico tra il mare e gli ambienti di transizione (Basterretxea *et al.*, 2012; Chiappa-Carrara *et al.*, 2003; Grinson *et al.*, 2011; Jenkins *et al.*, 1999; Kent *et al.*, 2013; Menge e Olson, 1990; Perez-Ruzafa *et al.*, 2004). I principali fattori idrodinamici che agiscono sul trasporto ittioplanctonico sono le correnti mareali (Basterretxea *et al.*, 2012; Chiappa-Carrara *et al.*, 2003; Jenkins *et al.*, 1999), il vento (Chiappa-Carrara *et al.*, 2003), la morfologia e l'intera idrografia e morfologia dell'area considerata (Basterretxea *et al.*, 2012; Martino e Able, 2003).

La raccolta dei parametri ambientali in ogni stazione ha evidenziato una certa omogeneità tra le stazioni campionate. La collocazione delle stazioni in aree prossime alla bocca di porto, anche per quanto riguarda quelle lagunari, pur seguendo un transetto mare-

laguna, ha probabilmente determinato l'assenza di un significativo gradiente. Di conseguenza, se non su base stagionale o di campagna, non sono state riscontrate differenze significative tra le stazioni.

L'unica eccezione in cui si è verificato un evidente gradiente è data dalle due campagne invernali, durante le quali, passando dalle stazioni più esterne a quelle più interne alla laguna, aumentava la torbidità e diminuiva la salinità, come tipicamente accade nelle aree estuarine (Martino e Able, 2003; Solidoro *et al.*, 2004; Weinstein *et al.*, 1980).

In generale, l'ingresso delle uova e delle larve in laguna sembra dipendere fortemente dai moti delle correnti che, attraversando le bocche di porto, mettono in connessione il mare con la laguna (Chiappa-Carrara *et al.*, 2003; Cucco e Umgiesser, 2006; Gacic *et al.*, 2002, 2005; Kent *et al.*, 2013; Perez-Ruzafa *et al.*, 2004).

Le RDA eseguite hanno infatti evidenziato un'elevata stagionalità, dovuta in parte alle variazioni nella composizione in *taxa* della comunità ittioplanctonica. Le differenze osservate possono derivare dai differenti periodi riproduttivi delle varie specie (Chiappa-Carrara *et al.*, 2003; Gray e Miskiewicz, 2000; Tsikliras *et al.*, 2010). In accordo con Chiappa Carrara *et al.* (2003) il contributo dei parametri ambientali sembra influenzare solo in parte la distribuzione degli organismi ittioplanctonici.

Durante l'analisi dei risultati bisogna inoltre considerare i differenti tratti di life-history dei vari *taxa* (Able, 2005; Kendall *et al.*, 1984; Leis, 2007; Whitfield, 1990). Non tutte le specie entrano in laguna allo stesso stadio di sviluppo: Engraulidae, Clupeidae e molti altri *taxa* migratori-dipendenti migrano negli ambienti di transizione già allo stadio larvale o di uovo; altri *taxa*, come per esempio Soleidae, Mugilidae e *S. aurata*, compiono tale migrazione ad uno stadio di sviluppo più avanzato (postlarva o giovanile), tendendo a completare in mare la fase larvale (Amara *et al.*, 1998; Cotrim Marques *et al.*, 2006; Ferrari e Chierogato, 1981; Franzoi *et al.*, 2005; Franzoi e Pellizzato, 2002; Gandolfi *et al.*, 1981; Martim *et al.*, 2008; 2014; Rossi, 1986; Russell, 1976).

Per quanto riguarda la distribuzione delle uova, soprattutto quelle di migratori come *S. pilchardus*, *S. sprattus* ed *E. encrasicolus*, si possono notare, come già osservato da Varagnolo (1964) e Ziraldo (1996) ed in accordo con la biologia di questi organismi, densità maggiori in mare rispetto alla bocca di porto ed alla laguna. Queste differenze sono inoltre maggiormente accentuate durante la stagione estiva e primaverile. Tale evento è comprensibile in quanto durante le stagioni calde si riproduce la più abbondante delle specie migratrici, *E. encrasicolus* (Able *et al.*, 2006; FAO, 1987; Genner *et al.*, 2010; Kent *et al.*, 2013; Malavasi *et al.*, 2004; Spartà, 1942; Tsikliras *et al.*, 2010; Varagnolo, 1964, 1971; Ziraldo, 1996).

Osservando le densità di tutte le larve, soprattutto in primavera, si nota come, pur non essendoci differenze significative, all'interno della laguna le quantità siano maggiori.



Questo fenomeno è probabilmente attribuibile al fatto che, in questa stagione, si riproducono all'interno della laguna, residenti lagunari come Gobidae e Syngnathidae, i quali inoltre non possiedono uova pelagiche.

Considerando invece le densità in mare e in laguna dei soli *taxa* migratori, le differenze osservate nelle uova, per le larve si attenuano. Biologicamente questo fenomeno può essere spiegato considerando le life-history dei vari *taxa*: le specie migratrici si riproducono in mare ed entrano negli ambienti di transizione in maniera non completamente passiva (Bolle *et al.*, 2009; Grinson *et al.*, 2011; Jenkins *et al.*, 1999) durante gli stadi di larva, postlarva o giovanile (Franzoi e Pellizzato, 2002; Gandolfi *et al.*, 1981; Rossi, 1986).

La presenza di discrete quantità di uova e di consistenti quantità di larve di migratori anche all'interno della laguna, fa quindi comprendere e conferma quanto l'entrata di acqua in laguna sia importante per la diffusione degli individui negli ambienti di nursery (Jennings *et al.*, 2001).

Le attività di campionamento si sono svolte tramite l'utilizzo di un retino da ittioplancton con maglie da 350 µm. A causa di ciò, particolare attenzione deve essere data alla fase di sviluppo degli individui larvali. Infatti, campionando con maglia da 350 µm, è maggiore la probabilità che gli individui di dimensioni maggiori, a causa del fenomeno dell'occlusione delle maglie e dell'evasione (*avoidance*), in parte quest'ultima causata proprio dall'occlusione delle maglie, vengano rigurgitati dal retino e non trattenuti nel campione (Cotrim Merques *et al.*, 2006; Fleminger e Clutter, 1965; Ohman e Lavaniegos, 2002; Smith, 1977; Stehle *et al.*, 2007). È probabile quindi che gli individui larvali ad una avanzata fase di sviluppo non siano stati trovati perché, avendo dimensioni maggiori, non venivano trattenuti e venivano rigurgitati dal retino (Smith, 1977; Stehle *et al.*, 2007).

Riassumendo, dai valori di densità degli individui emergono informazioni molto utili allo studio della connettività presente tra il mare e la laguna. Dai risultati ottenuti è innanzitutto evidente come non esistano differenze significative tra le posizioni, in nessuna stagione, per nessun *taxa*. Questo conferma anche per il comparto ittioplanctonico ciò che era già ben conosciuto e studiato per altri stadi di vita dei pesci migratori: la presenza e l'importanza della connettività mare-laguna.

Come si era verificato anche in Varagnolo (1964) ed in Ziraldo (1996), dai risultati è evidente l'esistenza di un abbondante trasporto passivo verso la laguna di uova appartenenti soprattutto a specie a riproduzione marina: *E. encrasicolus* in estate e *S. pilchardus* e *S. sprattus* in autunno ed inverno. Questo forte trasporto avviene anche per la componente larvale; specie come *E. encrasicolus*, *S. pilchardus*, *S. sprattus*, *S. aurata*, *D. labrax*, *P. flesus* e *S. solea* entrano largamente in laguna e, in alcuni casi, si concentrano nelle acque lagunari con densità superiori a quelle presenti in mare. Un caso particolare è quello di *E. encrasicolus*, per la quale l'indice di connettività possiede un valore di quasi

200%, indicando che gli individui appartenenti a questa specie si accumulano ampiamente nelle acque lagunari.

Interessante è anche il ritrovamento, all'interno della laguna, di uova o larve di individui che poi, secondo recenti studi, non vengono ritrovati con grandi abbondanze durante la loro fase giovanile, per esempio *P. flesus* e *S. solea* (Zucchetta *et al.*, 2009, 2010). Molto probabilmente gli individui giovanili di queste specie potrebbero essere presenti in zone lagunari più confinate, situate in prossimità della gronda. *P. flesus* e *S. solea* possiedono un elevato interesse commerciale; di conseguenza lo studio della distribuzione delle loro uova e larva potrebbe avere importanti sviluppi e ripercussioni economiche (Elliott e Hemingway, 2002; Franco *et al.*, 2010; FAO, 1987; Rochette *et al.*, 2010; Zucchetta *et al.*, 2010).

## 6 - CONCLUSIONI

In questo studio viene posta l'attenzione su una componente poco studiata nell'area della Laguna di Venezia ed in tutto l'alto Adriatico: l'ittioplancton, rappresentato dalle uova e dalle larve dei teleostei marini (Perez-Ruzafa, 2004, 2012). Questo lavoro inoltre è il primo a considerare quantitativamente l'intera componente ittioplanctonica della Laguna di Venezia, in prossimità della Bocca di porto di Lido. Le informazioni pregresse sull'argomento sono infatti scarse e, in generale, si limitano o alla sola componente larvale o alle sole uova (Schreiber, 1979; Spartà, 1942; Varagnolo, 1964, 1971; Ziraldo, 1996).

L'analisi di questo comparto ittico tramite un approccio integrato ha permesso di evidenziare che:

- non sono presenti, se non stagionalmente o per campagna, differenze significative tra le posizioni (mare, bocca, laguna) né per quanto riguarda i parametri ambientali, né per la distribuzione degli organismi;
- la quantità di uova appartenenti a specie a riproduzione marina che vengono trasportate passivamente all'interno della laguna è alta (p. es. *E. encrasicolus* e *S. pilchardus*);
- la quantità di larve appartenenti a specie migratrici che entrano in laguna raggiunge livelli considerevoli. Inoltre, in alcuni casi, queste larve si concentrano all'interno della laguna con densità superiori a quelle presenti in mare (p.es. *E. encrasicolus*);
- è presente, elevato ed importante soprattutto per le specie migratrici, uno scambio di acqua tra il mare e la laguna, in ogni stagione;
- sono state ritrovate uova e/o larve di specie che solitamente non vengono catturate durante la loro fase di vita giovanile;
- sono probabilmente presenti differenti strategie durante la fase di migrazione all'interno della laguna. A seconda delle famiglie o specie rinvenute infatti alcune entrano già allo stadio larvale mentre altre sembrano completare in mare la fase larvale, migrando in laguna solo allo stadio di postlarva/giovanile.

Ciò che emerge da questa tesi può essere considerato come un punto iniziale per successive analisi e successivi studi. Le informazioni ottenute potrebbero inoltre segnare l'inizio di una futura serie storica, utile a verificare eventuali modifiche dello stato attuale nel tempo. Questo ultimo punto è posto in stretta relazione con la costruzione dell'intero sistema di dighe mobili del Mo.S.E., il quale, già durante le attività di cantiere, ha determinato consistenti modifiche alle condizioni idrodinamiche ed alla morfologia delle Bocche di Porto della Laguna di Venezia (Ghezzi *et al.*, 2010; IMAGE – Università di Padova, 2006), rilevanti per la distribuzione della fauna ittica (Basterretxea *et al.*, 2012).

Sono auspicabili anche studi più mirati. Con campionamenti più intensificati e mantenuti nel tempo; è possibile, per esempio, creare e comparare calendari di comparsa di uova e larve di pesci, in un ottica di cambiamenti climatici e di aumento della temperatura (Genner *et al.*, 2010; Lepetz *et al.*, 2009; Pranovi *et al.*, 2013; Zucchetta *et al.*, 2012).

Dall'estate 2014 alla primavera 2015 sono già stati pianificati ed avviati nuovi campionamenti per lo studio quantitativo di tutto l'ittioplancton della laguna di Venezia. In accordo con quanto osservato da questo primo lavoro, nei campionamenti dell'anno 2014/2015 è stata migliorata ed incrementata la cadenza stagionale delle campagne ed è stata modificata la posizione di alcune stazioni di campionamento, al fine di rendere lo studio della distribuzione in laguna dell'ittioplancton più rappresentativo.

## 7 - 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., (1998). The first year in the life of estuarine fishes in the Middle Atlantic Bight, Rutgers University Press, New Brunswick, New Jersey, USA.
- Aboussouan, A., (1964). Contribution a l'étude des oeufs et larves pelagiques des poissons teleosteens dans le Golfe de Marseille. *Rec. Trav. St. Mar. End. Bull*, 32 (48): 87-117.
- Acri, F., Bernardi Aubry, F., Berton, A., Bianchi, F., Boldrin, A., Camatti, E., Comaschi, A., Ribitti, S., Socal, G., (2004). Plankton communities and nutrients in the Venice Lagoon. Comparison between current and old data. *Journal of Marine Systems*, 51: 321-329.
- Alaska Fisheries Science Center, (2014). Sito web: [www.afsc.noaa.gov](http://www.afsc.noaa.gov)
- Allen, L.G., (1982). Seasonal abundance, composition and productivity of the littoral zone assemblage in upper Newport Bay, California. *Fishery Bulletin*, 80: 769-790.
- Amara, R., Poulard, J-C., Lagardere, F., Desaunay, Y., (1998). Comparison between the life cycles of two Soleidae, the common sole, *Solea solea*, and the thickback sole, *Microchirus variegates*, in the Bay of Biscay (France). *Environmental Biology of Fishes*, 53: 193-209.
- 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.
- Atlante della Laguna di Venezia, (2014). Sito web: [www.silvenezia.it](http://www.silvenezia.it)
- Avanzi, C., Fossato, V., Gatto, P., Rabagliati, R., Rosa Salva, P., Zitelli, A., (1979). Ripristino, conservazione ed uso dell'ecosistema lagunare veneziano. Comune di Venezia, Venezia. 197 pp.
- Baltus, C.A.M., Van Der Veer, H.W., (1995). Nursery areas of solenette *Buglossidium luteum* (Risso, 1810) and scaldfish *Arnoglossus laterna* (Walbaum, 1972) in southern North Sea. *Netherlands Journal of Sea Research*, 34 (1-3): 81-88.
- Barnes, R.S.K., Hughes, R.N., (1988). An introduction to marine ecology. Blackwell Scientific Publication, pp. 351.
- Basterretxea, G., Jordi, A., Catalan, I.A., Sabates, A., (2012). Model-based assessment of local-scale fish larval connectivity in a network of marine protected areas. *Fisheries Oceanography*, 21 (4): 291-306.

- 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.
- Bell, J.D., Steffe, A.S., Westoby, M., (1988). Location of seagrass bed in estuaries: effects on associated fish and decapods. *Journal of Experimental Biology and Ecology*, 122: 127-146.
- Bianchi, F., Acri, F., Bernardi Aubry, F., Berton, A., Boldrin, A., Camatti, E., Cassin, D., Comaschi, A., (2003). Can plankton communities be considered as bio-indicators of water quality in the Lagoon of Venice?. *Marine Pollution Bulletin*, 46: 964-971.
- Biology Online, (2014). Sito web: [http://www.biology-online.org/dictionary/Main\\_Page](http://www.biology-online.org/dictionary/Main_Page)
- Blaber, S.J.M., (2000). Tropical Estuarine Fishes: Ecology, Exploitation and Conservation, Blackwell Science, Oxford.
- Blake, G.H., Topalovic, D., Schofield, C.H., (1996). The maritime boundaries of the Adriatic Sea. *International Boundaries Research Unit*. Vol. 1 n. 8, 67 pp.
- Boehlert, G.W., Mundy, B.C., (1987). Recruitment dynamics of metamorphosing English sole, *Parophrys vetulus*, to Yaquina Bay, Oregon. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*.
- Boehlert, G.W., Mundy, B.C., (1988). Roles of behavioural and physical factors in larval and juvenile fish recruitment to estuarine nursery areas. *American Fisheries Society Symposium*, 3: 51-67.
- Bolle, L.J., Dickey-Collas, M., Van Beek, J.K.L., Eritemeijer, P.L.A., Witte, J.I.J., Van Der Veer, H.W., Rijnsdrop, A.D., (2009). Variability in transport of fish eggs and larvae. III. Effects of hydrodynamics and larval behavior on recruitment in plaice. *Marine Ecology Progress Series*, 390: 195-211.
- Bombace, G., (1990). Fisheries of the Adriatic Sea. The Adriatic Sea, Papers presented at the 25<sup>th</sup> European Marine Biology Symposium, University of Ferrara, pp. 57-67.
- Bombace, G., Fabi, G., Fiorentini, L., Speranza, S., (1994). Analysis of the efficacy of artificial reefs located in five different areas of the Adriatic Sea. *Bulletin of Marine Science*, 55 (2-3): 559-580.
- Bond, C.E., (1996). Biology of fishes. *Saunders college publishing*, 723 pp.
- Bonfà, A., Busetti, F., Gomiero, A., Poiana, G., Marcomini, A., (2004). Exposure levels to estrogenic compounds in the Venice Lagoon. In: Campostrini, P. (Ed.), Scientific research and safeguarding of Venice, Corila Research Programme 2001 e 2003, Volume II, 2002 results. Multigraf, Venezia, pp 259-272.

- Borcard, D., Gillet, F., Legendre, P., (2011). Numerical Ecology with R. *Springer Science*. 306 pp.
- Brambati, A., (1988). Lagune e stagni costieri: due ambienti a confronto. In: Carrada, G.C., Cicogna, F., Fresi, E., (Eds). "Le lagune costiere: ricerca e gestione". CLEM pubbl., Massa Lubrense (Napoli): 9-33.
- Brigolin, D., Facca, F., Franco, A., Franzoi, P., Pastres, R., Sfriso, A., Sigovini, M., Soldatini, C., Tagliapietra, D., Torricelli, P., Zucchetta, M., Pranovi, F., (2014). Linking food web functioning and habitat diversity for an ecosystem based management: A Mediterranean lagoon case study. *Marine Environmental Research*, 97: 58-65.
- Buljan, M., Zore-Armanda, M., (1976). Oceanographic properties of the Adriatic Sea. *Oceanography and Marine Biology*, 14: 11-98.
- Camuffo, D., (2001). Lunar influences on climate. In: Barbieri, C., Rampazzi, F., Earth-Moon Relationships Proceedings of the Conference Held in Padova, Italy at the Accademia Galileiana di Scienze Lettere ed Arti, November 8-10, 2000. Springer, 107-108.
- Canestrelli, P., Mantich, M., Pirazzoli, P.A., Tomasin, A., (2001). Wind, depression and seiches: tidal perturbations in Venice (1951-2000). Technical report, Comune di Venezia, Centro Previsioni e Segnalazioni Maree, Venice, Italy.
- Castello, J.P., (1985). The ecology of consumers from dos Patos Lagoon estuary, Brazil. In: Yanez-Arancibia, A. (Ed.), Fish Community Ecology in Estuarine and Coastal Lagoons: Towards and Ecosystem Integration. UNAM Press, Mexico, pp. 383-406.
- Chiappa-Carrara, X., Sanvicente-Anorve, L., Monreal-Gomez, A., Salas De Leon, D., (2003). Ichthyoplankton distribution as an indicator of hydrodynamic conditions of a lagoon system in the Mexican Caribbean. *Journal of Plankton Research*, 25 (7): 687-696.
- Cotrim Marques, S., Miranda Azeiteiro, U., Marques, J.C., Neto, J.M., Pardal, M.A., (2006). Zooplankton and ichthyoplankton communities in a temperate estuary: spatial and temporal patterns. *Journal of Plankton Research*, 28 (3): 297-312.
- 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., Berrj, J. (Eds.). Peergamon Press, New York: 243-251.
- Cucco, A., Umgiesser, G., (2002). Modelling the water exchanges between the Venice Lagoon and the Adriatic Sea. In: Campostrini, P. (Ed.), Scientific Research and Safeguarding of Venice, Corila Research: Program 2001 result. La Garangola, Padova, pp 499-514.

- Cucco, A., Umgiesser, G., (2006). Modeling the Venice Lagoon residence time. *Ecological Modelling*, 193: 34-51.
- 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.
- Cushing, D.H., (1975). *Marine Ecology and Fisheries*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- Cushing, D.H., (1982). *Climate and Fisheries*. London Academic Press, U.K.
- Cushman-Rosin, B., Gacic, M., Poulain, P.M., (2001). *Physical oceanography of the Adriatic Sea: Past, Present and Future*. Springer. 304 pp.
- D'Ancona, U., Lo Bianco, S., (1931-1933). *Fauna e flora del Golfo di Napoli*. Monografia No. 38. (1956). Tavole.
- Dando, P.R., (1984). Reproduction in estuarine fish. In: Potts, G.W. e Wootton, R.J. (eds), *Fish Reproduction: strategies and tactics*. Academic Press, Harcourt Brace, Jovanovich Publishers, London, 155-170.
- Day, J.W. Jr., Hall, C.A.S., Kemp, W.M., Yanez-Arancibia, A., (1989). *Estuarine Ecology*. John Wiley and Sons, New York, New York, USA.
- Deegan, L.A., (1990). Effects of estuarine environmental conditions on population dynamics of young-of-the-year gulf menhaden. *Marine Ecology Progress Series*, 68: 195-205.
- Deegan, L.A., Day, J.W. Jr., (1984). Estuarine fishery habitat requirements. Pages 315-336 in B.J. Copeland, B.J., Hart, K., Davis, N., Friday, S., Editors. *Research for managing the nation's estuaries: proceedings of a conference in Raleigh, North Carolina*, UNC Sea Grant College Publication UNC-SG-84-08, Raleigh, North Carolina, USA.
- 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.
- Deegan, L.A., Thompson, B.A., (1985). The ecology of fish communities in the Mississippi River deltaic plain, In: Yanez-Arancibia, A. (Ed.), *Fish Community Ecology in Estuarine and Coastal Lagoons: Towards an Ecosystem Integration*. UNAM Press, Mexico, pp. 35-56.
- Edwards, M., Richardson, A.J., (2004). Impact of climate change on marine pelagic phenology and trophic mismatch. *Nature*, 430: 881-884.
- Elliott, M., Dewailly, F., (1995). The structure and components of European estuarine fish assemblages. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, 29: 397-417.



- Elliott, M., Hemingway, K.L., (2002). *Fishes in Estuaries*. Blackwell Science, Oxford, 636 pp.
- Elliott, M., Whitfield, A.K., Potter, I.C., Blaber, S.J.M., Cyrus, D.P., Nordlie, F.G., Harrison, T.D., (2007). The guild approach to categorizing estuarine fish assemblages: a global review. *Fish and Fisheries*, 8: 241-268.
- Enciclopedia Italiana Treccani. (2014). Sito web: [www.treccani.it](http://www.treccani.it)
- European Community, (2000). Directive 2000/60/EC of the European parliament and of the council of 23 October 2000 establishing a framework for community action in the field of water policy. Official Journal of the European Communities. L327 (Bruxelles).
- FAO, (1987). *Fishes FAO d'identification des especes pour les besoins de la peche. Mediterranee et Mer Noire, Zone de peche 37, Volume II*.
- FAO-MedSudMed, (2011). Identification sheets of early life stages of bony fish (Western Libya, Summer 2006). Technical Documents, 251 pp.
- Ferrari, I., Chierigato, A.R., (1981). Feeding habits of juvenile stages of *Sparus auratus* L., *Dicentrarchus labrax* L. and Mugilidae in a brackish embayment of the Po River Delta. *Aqua-culture*, 25: 243-257.
- Fleminger, A., Clutter, R.I., (1965). Avoidance and towed nets by zooplankton. *Limnology and Oceanography*, 10(1): 96-104.
- Fonda Umani, S., Franco, P., Ghirardelli, E., Malej, A., (1990). Outline of oceanography and the plankton of the Adriatic Sea. The Adriatic Sea, Papers presented at the 25th European Marine Biology Symposium, University of Ferrara, pp. 25-43.
- Franco, A., Franzoi, P., Malavasi, S., Riccato, F., Torricelli, P., Mainardi, D., (2006 a). Use of shallow water habitats by fish assemblages in a Mediterranean coastal lagoon. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 66: 67-83.
- Franco, A., Franzoi, P., Malavasi, S., Riccato, F., Torricelli, P., (2006 b). Fish assemblages in different shallow water habitats of the Venice Lagoon. *Hydrobiologia*, 555: 159-174.
- Franco, A., Elliott, M., Franzoi, P., Torricelli, P., (2008 a). Life strategies of fishes in European estuaries: the functional guild approach. *Marine Ecology Progress Series*, 354: 219-228.
- Franco, A., Franzoi, P., Torricelli, P., (2008 b). Structure and functioning of Mediterranean lagoon fish assemblages: a key for the identification of water body types. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 79: 549-558.

- 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.
- Franic, Z., Petrinc, B., (2006). Marine Radioecology and waste management on the Adriatic. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology* (Institute for Medical Research and Occupational Health), 57 (3): 347-352.
- 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.
- Gacic, M., Kovacevic, V., Mazzoldi, A., Paduan, J., Mancero, I., Arena, F., Gelsi, G., (2002). Measuring water Exchange between the Venetian lagoon and the open sea. *EOS Transaction American Geophysical Union*, 83: 217-222.
- Gacic, M., Mancero Mosquera, I., Kovacevic, V., Mazzoldi, A., Cardin, V., Arena, F., Gelsi, G., (2004). Temporal variation of water flow between the Venetian lagoon and the open sea. *Journal of Marine Systems*, 51: 33-47.
- Gacic, M., Kovacevic, V., Mancero Mosquera, I., Mazzoldi, A., Cosoli, S., (2005). Water fluxes between the Venice Lagoon and the Adriatic Sea. In: Fletcher, C.A., Spencer, T. (Eds.), *Flooding and Environmental Challenges for Venice and its Lagoon: State of Knowledge*. Cambridge University Press, Cambridge, pp 431-444.
- Gandolfi, G., Rossi, R., Tongiorgi, P., (1981). Osservazioni sulla montata del pesce novello lungo le coste italiane. *Quad. Lab. Tecnol. Pesca*, 3 suppl. 1, 215-232

- Hastie, T & Tibshirani, R. (1990), *Generalized Additive Models*, Chapman and Hall.
- Gandolfi, G., Torricelli, P., (1978). La rimonta del novellame di mugilidi (Pisces, Mugilidae) alla foce del fiume Magra (Golfo di La Spezia). *Ateneo parmense, Acta Naturalia*, 14: 157-166.
- Genner, M.J., Halliday, N.C., Simpson, S.D., Southward, A.J., Hawkins, S.J., Sims, D.W., (2010). Temperature-driven phenological changes within a marine larval fish assemblage. *Journal of Plankton Research*, 32 (5): 699-708.
- Ghezzi, M., Guerzoni, S., Cucco, A., Umgiesser, G., (2010). Changes in Venice Lagoon dynamics due to construction of mobile barriers. *Coastal Engineering*, 57: 694-708.
- Giani, M., Djakovac, T., Degobbis, D., Cozzi, S., Solidoro, C., Fonda Umani, S., (2012). Recent changes in the marine ecosystems in the northern Adriatic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 115: 1-13.
- Goldman, A., Rabagliati, R., Sguazzero, P., (1975). Characteristics of the tidal wave in the Lagoon of Venice. *Venice Scientific Center Technical Report*: 47.
- Gower, J.F.R., (2010). Oceans from Space, a Once-a-Decade Review of Progress: Satellite Oceanography in a Changing World. In: Barale, V., Gower, J.F.R., Alberotanza, L., *Oceanography from Space: Revisited*. Springer, p. 11.
- Gray, C.A., Miskiewicz, A.C., (2000). Larval fish assemblages in south-east Australian coastal waters: seasonal and spatial structure. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 50: 549-570.
- Greve, W., Prinage, S., Zidowitz, H., Nast, J., Reiners, F., (2005). On the phenology of North Sea ichthyoplankton. *ICES Journal of Marine Science*, 62: 1216-1223.
- Grinson, G., Ponnumony, V., Kotteppad, S., Madavana, T.B., (2011). Fish larval transport in a macro-tidal regime: Gulf of Kachchh, west coast of India. *Fisheries Research*, 110: 160-169.
- Gugger, P.F., (2014). Redundancy Analysis Tutorial: Landscape Genetics. Materiale didattico. Ecology and Evolutionary Biology, University of California, Los Angeles.
- Gunter, G., (1956). Some relations of faunal distributions to salinity in estuarine waters. *Ecology*, 37(3): 616-619.
- Helbig, M., Urbanek, S., Fellows, I., (2012). JGR: JGR-Java Gui for R. R package version 1.7-10.
- Hoide, E., Rutherford, E., (1993). Recent trends in estuarine fisheries: predictions of fish production and yield. *Estuaries*, 16: 161-176.

- IMAGE – Univeristà di Padova, (2006). Valutazioni preliminary degli effetti idrodinamici dovuti all'incremento delle resistenze localizzate allo bocche di porto della laguna di Venezia. Tech. Rep. Luglio. IVSSLLAA-CORILA.
- Innamorati, M., Ferrari, I., Marino, D., Ribera D'Alcalà, M., (1990). Metodi nell'Ecologia del Plancton Marino. Società italiana di biologia marina, comitato plancton, Ministero dell'Ambiente. Provincia, Comune e Università di Trieste, Università di Udine. *Nova Thalassia*, vol. 11, 372 pp.
- Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale, (2014). Sito web: [www.venezia.isprambiente.it](http://www.venezia.isprambiente.it)
- IPCC, (2007). Summary for policymakers. In: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, M., Marquis, M., Aveyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L. (eds). *Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Jenkins, G.P., Black, K.P., Keough, M.J., (1999). The role of passive transport and the influence of vertical migration on the pre-settlement distribution of a temperate, demersal fish: numerical model predictions compared with field sampling. *Marine Ecology Progress Series*, 184: 259-271.
- Jennings, S., Pawson, M.G., (1991). The development of bass, *Dicentrarchus labrax*, eggs in relation to temperature. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 71: 107-116.
- Jennings, S., Kaiser, M.J., Reynolds, J.D., (2001). *Marine fisheries ecology*. Blackwell Science, 393 pp.
- Joseph, E.B., (1973). Analysis of a nursery ground. Pages 118-121 in Pacheco, A.L., Editor. Proceedings of a workshop on egg, larval and juvenile stages of fish in Atlantic Coast estuaries. Technical Publication No. 1, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Marine Fisheries Service, Mid-Atlantic Coast Fisheries Center, Highlands, New Jersey, USA.
- Kendall Jr., A.W., Ahlstrom, E.H., Moser, H.G., (1984). Early life history stages of fishes and their characters. In: Moser, H.G., Richards, W.J., Cohen, D.M., Fahay, M.P., Kendall Jr., A.W., Richardson, S.L. (Eds.), *Ontogeny and Systematics of Fishes*. National Marine Fisheries Service, Special Publication, No. 1. Allen Press, Lawrence, KS, 11-22.
- Kent, J., Jenkins, G., Acevedo, S., (2013). Temporal and spatial patterns in ichthyoplankton assemblages in bay and open coastal environments. *Journal of Fish Biology*, 82: 408-429.

- Kerr, R.A., (2007 a). Global warming: how urgent is climate change?. *Science*, 318: 1230-1231.
- Kerr, R.A., (2007 b). Climate change: global warming is changing the world. *Science*, 316: 188-190.
- Kindt, R., (2014). GUI for biodiversity, suitability and community ecology analysis. R package version 2.4-4.
- Kjerfve, B., Schettini, C.A.F., Knoppers, B., Lessa, G., Ferreira, H.O., (1996). Hydrology and salt balance in a large, hypersaline coastal lagoon: Lagoa de Araruama, Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 42: 701-725.
- Kneib, R.T., (2000). Salt marsh ecoscapes and production transfers by estuarine nekton in the Southeastern United States. In: Concepts and controversies in tidal Marsh Ecology, Weinstein, M.P., Kreeger, D.A. (Eds.). Kluwer Academic Publisher.
- Kuipers, B.R., (1973). On the tidal migration of young plaice (*Pleuronectes platessa*) in the Wadden Sea. *Netherlands Journal of Sea Research*, 6 (3): 376-388.
- Lam, K.C., Hu, T.S., Ng, S.T., (2005). Using the principal component analysis method as a tool in contractor pre qualification. *Construction Management and Economics*, 23: 7, 673-684.
- 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.
- Leis, J.M., (2007). Behaviour as input for modelling dispersal of fish larvae: behavior, biogeography, hydrodynamics, ontogeny, physiology and phylogeny meet hydrography. *Marine Ecology Progress Series*, 347: 185-193.
- Lenanton, R.C., Potter, I.C., (1987). Contributions of estuaries to commercial fisheries in temperate western Australia and the concept of estuarine dependence. *Estuaries*, 10 (1): 28-35.
- Lepetz, V., Massot, M., Schmeller, D.S., Clobert, J., (2009). Biodiversity monitoring: some proposals to adequately study species' responses to climate change. *Biodiversity and Conservation*, 18: 3185-3203.
- Le Pape, O., Holley, J., Guérault, D., Désaunay, Y., (2003). Quality of coastal and estuarine essential fish habitats: estimations based on the size of juvenile common sole (*Solea solea* L.). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 58: 793-803.

- Lindall Jr., W.N., Saloman, C.H., (1977). Alteration and destruction of estuaries affecting gishery resources of the Gulf of Mexico. *Marine Fisheries Rewiew*, 39: 1-7.
- Lipej, L., Dulcic, J., (2004). Fish biodiversity in the Adriatic Sea. In: Griffiths, H.I., Krystufek, B., Reed, J.M., *Balkan Biodiversity: Patterns and Process in European Hotspot*. Kluwer Academic Publishers. 293 pp.
- Lorenzen, C.J., (1967). Determination of chlorophyll and phaeopigments: spectrophotometric equations. *Association for the sciences of Limnology and Oceanography*, 12 (2): 343-346.
- Magistrato alle Acque di Venezia – CORILA. (2014). Studio B.6.72 B/9 – Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. M Area: Ecosistemi di pregio. Macroattività: Ittiofauna. Rapposto finale.
- Mainardi, D., Fiorin, R., Franco, A., Franzoi, P., Giovanardi, O., Granzotto, A., Libertini, A., Malavasi, S., Pranovi, F., Riccato, F., Torricelli, P., (2002). Fish diversity in the Venice lagoon: preliminary report. In: Campostrini P. (Ed.), Scientific research and safeguarding of Venice, Corila Research Program 2001 Result. La Garangola, Padova, pp 583-594.
- Mainardi, D., Fiorin, R., Franco, A., Franzoi, P., Granzotto, A., Malavasi, S., Pranovi, F., Riccato, F., Zucchetta, M., Torricelli, P., (2004). Seasonal distribution of fish fauna in the Venice lagoon shallow waters: preliminary result. In: Campostrini P. (Ed.), Scientific research and safeguarding of Venice, Corila Research Program 2002 Result. Multigraf, Venezia, pp 437-447.
- Mainardi, D., Fiorin, R., Franco, A., Franzoi, P., Malavasi, S., Pranovi, F., Zucchetta, M., Torricelli, P., (2005). Composition and distribution of fish assemblages in the shallow waters of the Venice lagoon. In: Campostrini P. (Ed.), Scientific research and safeguarding of Venice, Corila Research Programm 2003. Multigraf, Venezia, pp 405-419.
- Malavasi, S., Fiorin, R., Franco, A., Franzoi, P., Granzotto, A., Riccato, F., Mainardi, D., (2004). Fish assemblages of Venice Lagoon shallow water: an analysis based on species, famiglie 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.
- Mannini, P., Massa, F., Milone, N., (2005). Adriatic Sea fisheries: outlines of some main facts. In: Cataudella, S., Massa, F., Crosetti, D. (Eds.), *Interactions Between Aquaculture and Capture Fisheries: A Methodological Perspective*. Studies and

- Reviews, vol. 78. General Fisheries Commission for the Mediterranean, pp. 124-143.
- Marinaro, J.Y., (1971). Contribution a l'étude des oeufs et larves pelagiques de poissons mediterraneens. Oeufs pelagique de la Baie d'Alger. *Bulletin de l'Institut Oceanographique*, 3 (1), 118 pp.
- Marinaro, J.Y., (1991 a). Eggs and larvae in some species of the genus *Solea* (Pisces, Soleidae) 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 Algiers. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 71: 117-125.
- Marsili Libelli, S., (2011). Principal Component Analysis, PCA. Materiale didattico corso di Analisi dei Sistemi Ambientali, Laurea Magistrale di Ing. per la Tutela dell'Ambiente e del Territorio. A.A. 2010/2011. Università di Firenze.
- Martin, P., Bahamon, N., Sabates, A., Maynou, F., Sanchez, P., Demestre, M., (2008). European anchovy (*Engraulis encrasicolus*) landing and environmental conditions on the Catalan Coast (NW Mediterranean) during 2000-2005. *Hydrobiologia*, 612: 185-199.
- Martino, E.J., Able, K.W., (2003). Fish assemblages across the marine to low salinity transition zone of a temperate estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 56: 969-987.
- McHugh, J.L., (1967). Estuarine nekton. In: Lauff, G.H. (Ed.), *Estuaries*, vol. 83. Am. Assoc. Adv. Sci., Washington, DC, pp. 581-620.
- McHugh, J.L., (1985). The estuarine ecosystem integrated. Foreword. In: Yanez-Arancibia, A. (Ed.), *Fish Community Ecology in Estuaries and Coastal Lagoons: Towards in Ecosystem Integration*. UNAM Press, Mexico, pp. 9-16.
- McLusky, D.S., Elliott, M., (2004). *The estuarine ecosystem: ecology, threats and management*, 3<sup>rd</sup> edn. Oxford University Press, Oxford.
- Menge, B.A., Olson, A.M., (1990). Role of scale and environmental factors in regulation of community structure. *Trends in Ecology and Evolution*, 5: 52-57.
- Miltner, R.J., Ross, S.W., Posey, M.H., (1995). Influence of food and predation on the depth distribution of juvenile spot (*Leiostomus xanthurus*) in tidal nurseries. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 52: 971-982.
- Molinaroli, E., Guerzoni, S., Sarretta, A., Cucco, A., Umgiesser, G., (2007). Links between hydrology and sedimentology in the Lagoon of Venice, Italy. *Journal of Marine systems*, 68: 303-317.

- Molinaroli, E., Guerzoni, S., Sarretta, A., Masiol, M., Pistolato, M., (2009). Thirty-year changes (1970 to 2000) in bathymetry and sediment texture recorded in the Lagoon of Venice sub-basin, Italy. *Marine Geology*, 258: 115-125.
- Moranta, J., Quetglas, A., Masutti, E., Guijarro, B., Ordines, F., Valls, M., (2008). Research trends on demersal fisheries oceanography in the Mediterranean. In: Rades, C.V., Tilesman, E.B, *Advances in Environmental Research*. Nova Publishers.
- Munk, P., Nielsen, J.G., (2005). Eggs and larvae of North Sea fishes. Edition biofolia, Denmark, 215 pp.
- National Oceanic and Atmospheric Administration, (2014). Sito web: [www.noaa.gov](http://www.noaa.gov)
- Odum, E., (1987). *Basi di Ecologia*. Piccin, 544 pp.
- Ohman, M.D., Lavaniegos, B.A., (2002). Comparative zoo plankton sampling efficiency of a ring net and bongo net with comments on pooling of subsamples. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations*, 43: 162-173.
- Palomera, M.I., Rubies, P., (1977). Descripción 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.
- Perez-Ruzafa, A., Quispe-Becerra, J.I., García-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.
- Perez-Ruzafa, A., (2012). Fisheries in coastal lagoons: An assumed but poorly researched aspect of the ecology and functioning of coastal lagoons. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 110: 15-31.
- Pietrafesa, L.J., Janowitz, G.S., Miller, J.M., Noble, E.B., Ross, S.W., Epperly, S.P., (1986). Abiotic factors influencing the spatial and temporal variability of juvenile fish in Pamlico Sound, North Carolina. In: *Estuarine Variability* (Ed. Wolfe, D.A.), Academic Press Inc, 341-353.
- Pirazzoli, P.A., (1991). Possible defences against a sea level rise in the Venice area, Italy. *Journal of Coastal Research*, 7: 231-248.
- Pollard, D.A., (1981). Estuaries must be protected. *Australian Fisheries*, 35: 6-10.
- Pope, J.G., Shepherd, J.G., Webb, J., (1994). Successful surf-riding on size spectra: the secret of survival in the sea. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 343: 41-49.
- Potter, I.C., Beckley, L.E., Whitfield, A.K., Lenanton, R.C.J., (1990). Comparisons between the roles played by estuaries in the life cycles of fishes in temperate western Australian and southern Africa. *Environmental Biology of Fishes*, 28:143-178.



- Potter, I.C., Tweedley, J.R., Elliott, M., Whitfield, A.K., (2013). The ways in which fish use estuaries: a refinement and expansion of the guild approach. *Fish and Fisheries*.
- 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*, 83: 847-864.
- Potenza, P., (2005). Lo studio dell'ittioplancton in Laguna di Venezia: approccio metodologico e stato dell'arte. Tesi di laurea in Scienze Ambientali. Università Ca' Foscari di Venezia, AA. 2004-2005, 56 pp.
- Quartarella, E., (2013). Analisi del popolamento ittico della laguna di Venezia: interazioni con le variabili e le pressioni ambientali. Tesi di laurea magistrale in Scienze Ambientali, Università Ca' Foscari di Venezia, AA. 2012-2013, 67 pp.
- 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.
- Rapaglia, J., Zaggia, L., Ricklefs, K., Gelinas, M., Bokuniewicz, H., (2011). Characteristics of ships' depression waves and associated sediment resuspension in Venice Lagoon, Italy. *Journal of Marine Systems*, 85: 45-56.
- Ré, P., Meneses, I., (2009). Early stages of marine fishes occurring in the Iberian peninsula. IPMAR/IMAR, 282 pp.
- Rochette, S., Rivot, E., Morin, J., Mackinson, S., Riou, P., Le Pape, O., (2010). Effect of nursery habitat degradation on flatfish population: Application to *Solea solea* in the Eastern Channel (Western Europe). *Journal of Sea Research*, 64: 34-44.
- Rooker, J.R., Holt, S.A., Soto, M.A., Holt, G.J., (1998). Postsettlement patterns of habitat use by sciaenid fishes in subtropical seagrass meadows. *Estuaries*, 21 (2): 318-327.
- 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.
- Rountree, R.A., Able, K.W., (2007). Spatial and temporal habitat use patterns for salt marsh nekton: implications for ecological functions. *Aquatic Ecology*, 41: 25-45.
- Rowe, C.L., Dunson, W.A., (1995). Individual and interactive effects of salinity and initial fish density on a salt marsh assemblage. *Marine Ecology Progress Series*, 128: 271-278.
- 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.

- Rismondo, A., Curiel, D., Scarton, F., Mion, D., Caniglia, G., (2003). A new seagrass map for the Venice Lagoon. In *Proceedings of the Sixth International Conference on the Mediterranean Coastal Environment*, MEDCOAST 03, 7-11 October 2003, Ravenna, Italy, Vol. 2 (Ozhan, E., Ed.), pp. 843-852. Ankara: Middle East Technical University.
- Rossi, R., Franzoi, P., (1999). La tecnica di pesca del pesce novella da semina. In: *La pesca del novellame, Laguna (suppl.)* 6/99: 31-37.
- Russell, F.S., (1976). *The eggs and planktonic stages of british marine fishes*. Academic Press, London, UK, 524 pp.
- 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.
- Sfriso, A., Ghetti, P.F., (1998). Seasonal variation in biomass, morphometric parameters and production of seagrasses in the lagoon of Venice. *Aquatic Botany*, 61: 207-223.
- Sfriso, A., Birkemeyer, T., Ghetti, P.F., (2001). Benthic macrofauna changes in areas of Venice lagoon populate by seagrasses or seaweeds. *Marine Environmental Research*, 52: 323-349.
- Sfriso, A., Facca, C., Ghetti, P.F., (2003). Temporal and spatial changes of macroalgae and phytoplankton in a Mediterranean coastal area: the Venice lagoon as a case studt. *Marine Environmental Research*, 56: 617-636.
- Sfriso, A., Facca, C., (2007). Distribution and production of macrophytes and phytoplankton in the lagoon of Venice: comparison of actual and past situation. *Hydrobiologia*, 577: 71-85.
- SIBM Checklist, (2010). Checklist della flora e della fauna dei mari italiani (Parte II). *Biologia Marina Mediterranea*, 17 (1).
- Silvestri, S., Marani, M., Rinaldo, A., Marani, A., (2000). Vegetazione alofila e morfologia lagunare, Atti dell'Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, 68, Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali, pp 333-359.
- Silvestri, S., Defina, A., Marani, M., (2005). Tidal regime, salinity and salt marsh plant zonation. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 62: 119-130.
- Simberloff, D., Dayan, T., (1991). The guild concept and the structure of ecological communities. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematic*, 22: 115-143.

- Sinovcic, G., (2001 a). Biotic and abiotic factors influencing sardine *Sardina pilchardus* (Walb.) abundance in the Croatian part of the eastern Adriatic. In: P. Mannini, F. Massa e N. Milone (Editors). Priority Topics to Small Pelagic Fishery Resources of the Adriatic Sea, GCP/RER/ITA/TD-03, Termoli, AdriaMed Techn. Doc., pp 82-86.
- Sinovcic, G., (2001 b). Small pelagic fish from the Croatian fishing grounds. In: P. Mannini, F. Massa e N. Milone (Editors). Priority Topics to Small Pelagic Fishery Resources of Adriatic Sea, GCP/RER/ITA/TD-03, Termoli, AdriaMed Techn. Doc., pp 53-58.
- Smith, P.E., Richardson, S.L. (1977). Standard techniques for pelagic fish egg and larval surveys. FAO Fisheries Technical Paper, 175, 100 pp.
- Solidoro, C., Cossarini, G., Pastres, R., (2002). Numerical analysis of the nutrient fluxes through the Venice Lagoon inlets. In: Campostrini P. (Ed.), Scientific research and safeguarding of Venice, Corila Research Program 2001 Results. La Garangola, Padova, pp 545-555.
- Solidoro, C., Pastres, R., Cossarini, G., Ciavatta, S., (2004). Seasonal and spatial variability of water quality parameters in the lagoon of Venice. *Journal of Marine Systems*, 51: 7-18.
- Sorokin, Yu.I., Sorokin, P.Yu., Giovanardi, O., Dalla Venezia, L., (1996). Study of the ecosystem of the lagoon of Venice, with emphasis on anthropogenic impact. *Marine Ecology Progress Series*, 141: 247-261.
- 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.
- Steedman, H.F., (1976). Zooplankton fixation and preservation. The UNESCO Press, Paris, 350 pp.
- Stehle, M., Dos Santos, A., Queiroga, H., (2007). Comparison of zoo plankton sampling performance of Longhurst-Hardy Plankton Recorder and Bongo nets. *Journal of Plankton Research*, 29: 169-177.
- Tagliapietra, D., Aloui-Bejaoui, N., Bellafiore, D., de Wit, R., Ferrarin, C., Gamito, S., Lasserre, P., Magni, P., Mistri, M., Perez-Ruzafa, A., Pranovi, F., Reizopoulou, S., Rilov, G., Solidoro, C., Tunberg, B., Valiela, I., Viaroli, P., (2011). The ecological implications of Climate Change on the Lagoon of Venice. Workshop organized by UNESCO Venice Office and ISMAR-CNR, 26-27 Maggio 2011. UNESCO, Venice.
- Tolan, J.M., Holt, S.A., Onuf, C.P., (1997). Distribution and community structure of ichthyoplankton in Laguna Madre seagrass meadows: potential impact of seagrass species. *Estuaries*, 20 (2): 202-218.

- Tortonese, E., (1970). Osteichthyes, pesci ossei. Parte prima. Fauna d'Italia, Calderini, 564 pp.
- Tortonese, E., (1975). Osteichthyes, pesci ossei. *Fauna d'Italia*, XI. Calderini, 636 pp.
- Tsikliras, A.C., Antonopoulou, E., Stergiou, K.I., (2010). Spawning period of Mediterranean marine fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 20: 499-538.
- Tsikliras, A.C., Dinouli, A., Tsalkou, E., (2013). Exploitation trends of the Mediterranean and Black Sea fisheries. *Acta Adriatica*, 54 (2): 273-282.
- Valiela, I., (2006). Global coast change. John Wiley and Sons, pp. 49-56.
- 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.
- Venables, W.N., Ripley, B.D., (2002). Modern applied statistics with S. Fourth edition. Springer. XII, 498 pp.
- Walther, G.R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, J.C., Formentin, J.-M., Hoegh-Guldberg, O., Bairlein, F., (2002). Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 416: 389-395.
- Weinstein, M.P., Weiss, S.L., Walters, M.F., (1980). Multiple determinants of community structure in shallow marsh habitats, Cape Fear River Estuary, North Carolina, USA. *Marine Biology*, 58: 227-243.
- Whitfield, A.K., (1990). Life-history styles of fishes in South African estuaries. *Environmental Biology of Fishes*, 28: 295-310.
- Whitfield, A.K., (1994). An estuary-association classification for the fishes of southern Africa. *Suid-Afrikaans Tydskrif Wetlands*, 90: 411-417.
- Whitfield, A.K., (1999). Ichthyofaunal assemblages in estuaries: a South African case study. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 9: 151-186.
- Whitfield, A.K., Elliott, M., (2002). Fishes as indicators of environmental and ecological changes within estuaries: a review of progress and some suggestions for the future. *Journal of Fish Biology*, 61 (Suppl. A): 229-250.
- Wikipedia, (2014). Sito web: [en.wikipedia.org](http://en.wikipedia.org).
- Zirardo, L., (1996). Analisi qualitativa e quantitativa di campioni di ittioplancton nell'Alto 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.

- Zoe-Armanda, M., (1979). Oceanographic Time Series in the Adriatic Sea. *Bruun memorial lectures: The importance and application of satellite and remotely sensed data to oceanography*. UNESCO. Technical Series – Intergovernmental Oceanographic Commission, p. 43.
- Zonta, R., Costa, F., Collavini, F., Zaggia, L., (2005). Objectives and structure of the DRAIN project: An extensive study of the delivery from the drainage basin of the Venice Lagoon (Italy). *Environment International*, 31: 923-928.
- Zucchetto, M. (2009). Modelli di distribuzione dell'habitat per la gestione di specie lagunari di interesse alieutico e conservazionistico. Tesi di Dottorato di ricerca in Scienze Ambientali. Università Ca' Foscari di Venezia, XXII Ciclo, 198 pp.
- Zucchetto, 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.
- Zucchetto, 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.
- Zucchetto, M., Cipolato, G., Pranovi, F., Antonietti, P., Torricelli, P., Franzoi, P., Malavasi, S., (2012). The relationships between temperature changes and reproductive investment in a Mediterranean goby: Insights for the assessment of climate change effects. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 101: 15-23.
- Zuliani, A., Fagarazzi, O.E., Zonta, R., Zaggia, L., (2001). Fresh water transfer from the drainage basin to the Venice Lagoon. Preliminary Proceedings, DRAIN Project Workshop, Venice, Ministero dei Lavori Pubblici, Magistrato alle Acque, Venice, pp 1-8.
- Zuliani, A., Zaggia, L., Collavini, F., Zonta, R., (2005). Freshwater discharge from the drainage basin to the Venice Lagoon (Italy). *Environment International*, 31: 929-938.