



Consorzio per il coordinamento delle ricerche
inerenti al sistema lagunare di Venezia

Palazzo Franchetti S. Marco 2847 30124 Venezia

Tel. +39.041.2402511 Fax +39.041.2402512

Progetto **STUDIO B.6.72 B/11**

**ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL
MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI
DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE
BOCCHIE LAGUNARI**

Contratto CVN-CORILA n. 12198 spo/va/cer

Documento **MACROATTIVITÀ: ITTIOFAUNA
RAPPORTO FINALE**

Versione **1.0**

Emissione **1 Luglio 2016**

Responsabile scientifico

Prof. Piero Franzoi
(DAIS-UNIVE)

Verifica

Dott.ssa Paola Del Negro
(OGS)

Approvazione

Ing. Pierpaolo
Campostrini

Indice

1. INTRODUZIONE.....	4
1.1 Premessa.....	4
1.2 Struttura e obiettivi dello studio.....	5
2. MATERIALI E METODI.....	8
2.1 Attività di campo	8
2.1.1 Campionamento dell'ittioplancton.....	8
2.1.2 Campionamento del popolamento ittico di basso fondale.....	8
2.1.3 Rilevamento dei parametri ambientali	13
2.2 Attività di laboratorio.....	14
2.2.1 Ittioplancton.....	14
2.2.2 Popolamento ittico di basso fondale	15
2.2.2 Analisi della clorofilla	16
2.2.2 Analisi del sedimento superficiale.....	16
2.3 Analisi dei dati	16
2.3.1 Monitoraggio biologico	16
2.3.1 Modelli di distribuzione dell'habitat.....	17
3. RISULTATI E DISCUSSIONE.....	19
3.1 Monitoraggio dell'ittioplancton.....	19
3.2 Monitoraggio del popolamento ittico di basso fondale	38
3.3 Modelli di distribuzione	52
3.3.1 Modelli di distribuzione spaziale per i giovanili di orata, <i>Sparus aurata</i>	57
3.3.2 Modelli di distribuzione per la passera, <i>Platichthys flesus</i>	57
3.3.3 Applicazione del modello dei giovanili di <i>S. aurata</i> ai parametri ambientali del 2015.....	57
3.3.4 Applicazione del modello dei giovanili di <i>P. flesus</i> ai parametri ambientali del 2015.....	61
4. CONCLUSIONI	64
BIBLIOGRAFIA.....	66
APPENDICE	71

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Gruppo di lavoro

Responsabile scientifico	Piero Franzoi
Raccolta campioni	Laguna Project s.n.c.
Analisi campioni	Francesco Cavraro, Piero Franzoi, Simone Redolfi Bristol
Modelli di distribuzione	Matteo Zucchetta
Elaborazione e analisi dati	Francesco Cavraro, Piero Franzoi, Simone Redolfi Bristol, Matteo Zucchetta
Redazione testi	Francesco Cavraro, Piero Franzoi, Simone Redolfi Bristol, Matteo Zucchetta

1. INTRODUZIONE

1.1 Premessa

La fauna ittica rappresenta una componente importante della biodiversità degli ecosistemi acquatici di transizione (Elliott e Hemingway, 2002). Le aree di basso fondale di questi ambienti costieri sono infatti caratterizzate, su base stagionale, da elevate abbondanze ittiche. I pesci che si rinvergono all'interno degli ecosistemi di transizione devono essere in grado di affrontare una variabilità ed instabilità dell'ambiente abiotico molto maggiore di quella che caratterizza invece gli ecosistemi marini. Gli ecosistemi di transizione sono però di norma caratterizzati da livelli di produttività ecologica molto maggiori a quelli riscontrabili negli ecosistemi marini ad essi adiacenti, il che si traduce in una grande disponibilità di risorse trofiche sfruttabili dalla fauna ittica. Le specie ittiche che si rinvergono all'interno di questi sistemi si possono classificare in differenti gruppi ecologici sulla base delle differenze di tolleranza eco-fisiologica nei confronti della variazione ambientale, di stili riproduttivi e comportamenti migratori diversi (Elliott *et al.*, 2007; Franco *et al.*, 2008; Potter *et al.*, 2015). Poche specie sono in grado di riprodursi e di completare il proprio ciclo biologico all'interno dell'ambiente lagunare. Queste specie, relativamente di piccole dimensioni e poco longeve, sono raggruppate nella categoria dei "residenti estuarini". Molte specie marine rappresentano invece una componente transiente del popolamento ittico, rinvenendosi negli ambienti di transizione soltanto stagionalmente. Vengono classificate come "migratori marini" quelle specie che ogni anno migrano all'interno degli ambienti di estuario e laguna (Franzoi *et al.*, 2010). Queste migrazioni possono essere ontogenetiche, legate cioè ad un preciso stadio del ciclo biologico delle specie, oppure cicliche, quando un individuo compie nell'arco della sua vita ripetuti cicli periodici di migrazione tra il mare e gli ambienti di transizione (Rountre e Able, 2007). Le specie di migratori marini sono euriterme ed eurialine, almeno in una fase del loro ciclo biologico. Altre specie marine si rinvergono sporadicamente all'interno degli ambienti di transizione, in genere nelle porzioni degli stessi a maggior influsso marino. Si tratta di specie stenoaline e stenoterme, la cui presenza all'interno di estuari e lagune è occasionale e legata a condizioni locali momentaneamente favorevoli all'ingresso di queste specie (temperature e salinità simili a quelle riscontrate nelle aree marine adiacenti agli ambienti di transizione). Queste specie sono classificate come "migratori occasionali" (Franco *et al.*, 2008).

Molte specie di migratori marini svolgono elettivamente la fase iniziale di vita all'interno degli ambienti costieri di transizione. Queste specie di "migratori giovanili" (Franco *et al.*, 2009; Franzoi *et al.*, 2010) si riproducono in mare e le uova e le larve arrivano poi sottocosta grazie al trasporto operato dalle correnti marine (Beck *et al.*, 2001; Elliott e Hemingway, 2002). Gli stadi postlarvali e giovanili di queste specie si rinvergono in grandi abbondanze all'interno degli ambienti costieri, dove colonizzano massivamente gli habitat di basso fondale (Rossi, 1986; Elliott e Hemingway, 2002; Minello *et al.*, 2003). Si ritiene che gli habitat di estuario e di laguna offrano ai giovanili delle specie migratrici condizioni e risorse vantaggiose in termini di sopravvivenza, accrescimento e sviluppo (Deegan *et al.*, 2000; Beck *et al.*, 2001; Elliott e Hemingway, 2002). Dopo un periodo di crescita di durata variabile a seconda della specie, gli individui migrano in mare per reclutare nella popolazione adulta. Per queste specie di migratori marini quindi, gli ecosistemi acquatici di transizione svolgono l'importante funzione di aree di nursery per gli stadi giovanili, garantendo il ripopolamento annuale degli stock marini (Boesh e Turner, 1984; Elliott e Hemingway, 2002; Vasconcelos *et al.*, 2007; 2008; Sheaves *et al.*, 2006; 2015).

Un aspetto importante della connettività biologica tra ecosistemi di transizione ed ecosistemi marini è costituito quindi dalla migrazione ontogenetica all'interno degli ambienti estuarini e lagunari di larve, postlarve e giovanili di migratori marini. Questo ingresso di migratori giovanili all'interno degli ambienti acquatici di transizione è in genere legato al flusso di marea, anche se

non si configura come un trasporto meramente passivo. Le larve possiedono infatti sia ritmi endogeni di comportamento che sistemi sensoriali precocemente funzionali in modo da percepire i "segnali" ambientali. Con il procedere dello sviluppo e all'aumentare delle dimensioni corporee, aumentano poi le capacità di nuoto che consentono agli individui di compiere spostamenti attivi (ad es., migrazioni verticali per la selezione di differenti masse d'acqua). Una volta entrati all'interno degli ambienti di transizione, i migratori giovanili si insediano rapidamente negli habitat di basso fondale, dove la forza delle correnti di marea è molto minore, riducendo così il rischio di essere trasportati nuovamente in mare con il flusso della marea uscente (Bohelert e Mundy, 1988; Elliott e Hemingway, 2002; Perez-Ruzafa, 2004).

In Alto Adriatico, molte specie a riproduzione marina che costituiscono importanti stock sfruttati a fini di pesca si concentrano allo stadio di giovanile negli habitat di basso fondale degli ambienti costieri di transizione. Appartengono a questo gruppo lo sparide *Sparus aurata*, il moronide *Dicentrarchus labrax*, il pleuronettide *Platichthys flesus*, il soleide *Solea solea*, i mugilidi *Liza ramada*, *L. aurata*, *L. saliens*, *Chelon labrosus* e *Mugil cephalus*. I primi arrivi di queste specie sono caratterizzati da larve o postlarve di lunghezza standard inferiore, in genere, ai 20 mm (Rossi 1986; Franzoi *et al.*, 1989; Franzoi e Trisolini, 1991; Franzoi *et al.*, 2005). Anche gli stadi larvali e giovanili di engraulidi (*Engraulis encrasicolus*) e clupeidi (*Sardina pilchardus* e *Sprattus sprattus*) sono stagionalmente abbondanti negli ambienti marini costieri, rinvenendosi anche all'interno degli ecosistemi lagunari. Negli ambienti lagunari dell'Alto Adriatico il picco principale di presenze di migratori giovanili si registra in tardo inverno-inizio primavera, anche se un secondo picco di montata dal mare è osservabile a fine-estate-inizio autunno (Rossi, 1986). Gli individui di queste specie migrano poi in mare durante i mesi tardo-autunnali, in corrispondenza della brusca diminuzione di temperatura delle acque lagunari (Rossi, 1986; Franzoi *et al.*, 1989). Per quanto riguarda la laguna di Venezia, è stata messa in evidenza in studi precedenti l'importanza degli habitat lagunari di basso fondale come aree potenziali di nursery per i giovanili di specie ittiche marine (Franzoi e Pellizzato, 2002; Franzoi *et al.*, 2005, 2010; Franco *et al.*, 2006, 2010; Zucchetta *et al.*, 2009; 2010).

I risultati dei primi due cicli di monitoraggio (Studi B.6.72 B/9 e B/10; PROV. OO. PP. - CORILA, 2014; 2015), condotti nell'area della bocca di porto di Lido, hanno permesso di ottenere informazioni sulla dinamica spaziale e temporale degli ingressi di uova, larve, postlarve e giovanili di Teleostei nel sottobacino nord della laguna di Venezia. La distribuzione di questi organismi all'interno dell'ambiente lagunare dipende da molti fattori, tra i quali i principali sono quelli relativi all'idrodinamismo, alle condizioni chimico-fisiche e all'eterogeneità di habitat dell'ambiente lagunare, e rappresenta un adeguato bio-monitore della connettività fra mare e laguna. Il biennio di monitoraggio in laguna nord (B/9 e B/10) ha mostrato l'esistenza di una sostanziale connettività biologica tra mare costiero e laguna, con l'ingresso in laguna delle uova e delle larve di taxa marini appartenenti ad otto famiglie di Teleostei. Nel caso degli stadi postlarvali e giovanili di migratori marini, è stato osservato un progressivo accumulo di questi organismi all'interno del sottobacino lagunare (PROV. OO. PP., 2014; 2015). L'applicazione di modelli di distribuzione dell'habitat (Zucchetta *et al.*, 2009, 2010; MAG. ACQUE-CORILA, 2011) ha permesso poi di valutare l'idoneità delle condizioni registrate all'interno del sottobacino lagunare nei confronti di due specie target di migratori giovanili, l'orata *Sparus aurata* e la passera *Platichthys flesus*. In particolare, sono state valutate le variazioni nella distribuzione potenziale di queste due specie nel biennio di monitoraggio rispetto alla distribuzione media calcolata sul periodo 2001-2012 (PROV. OO. PP., 2014; 2015).

1.2 Struttura e obiettivi dello studio

La principale finalità della presente indagine è stata quella di valutare la connettività mare-laguna mediante il monitoraggio degli ingressi dal mare di uova, larve, stadi postlarvali e giovanili di

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

pesci. Nel presente Studio, a differenza dei due anni precedenti, le attività di monitoraggio della fauna ittica sono state estese a comprendere anche le aree marine e lagunari influenzate dalle bocche di porto di Malamocco e Chioggia. Questa estensione spaziale dell'attività di monitoraggio è stata operata sulla base delle seguenti considerazioni:

- L'elevato stato di avanzamento dei lavori in tutte e tre le bocche di porto lagunari, che prefigura una situazione di "stato quasi zero" a livello dell'intero bacino lagunare, prima dell'entrata in funzione a regime del sistema di paratie mobili.
- I tre sottobacini lagunari in cui è suddivisa la laguna di Venezia, e che sono influenzati rispettivamente dalle bocche di porto di Lido, Malamocco e Chioggia, si differenziano marcatamente tra di loro in termini di caratteristiche idrodinamiche, morfologiche, biologiche e per quanto concerne le pressioni antropiche che su di essi insistono (Molinarioli *et al.*, 2009; Solidoro *et al.*, 2004; 2010). Per poter quindi considerare l'intero spettro della variabilità ambientale presente all'interno dell'ecosistema lagunare veneziano, risulta quindi fondamentale estendere la valutazione della connettività mare-laguna, e della funzione di nursery svolta dagli habitat lagunari di basso fondale nei confronti della fauna ittica, alla scala dell'intero ecosistema lagunare.

I primi due cicli di monitoraggio (PROVV.OO.PP., 2014; 2015), insieme agli studi condotti in precedenza, hanno permesso:

- di confermare l'importanza della componente ittica dei migratori giovanili per valutare la connettività mare-laguna. Questi organismi infatti, dopo la riproduzione in mare, fanno il loro ingresso in laguna (a stadi di sviluppo diversi a seconda delle specie) colonizzando elettivamente gli habitat di basso fondale. Dopo un periodo di crescita all'interno dell'ambiente lagunare, migrano nuovamente in mare, esportando così individui, biomassa ed energia dall'ecosistema lagunare a quello marino.
- di individuare nel periodo che va dal tardo autunno alla primavera quello caratterizzato dalle maggiori presenze di stadi giovanili di migratori marini, sia in termini di numero di specie che di densità osservate.

Al fine di ottimizzare le attività di monitoraggio, lo sforzo di campionamento è stato quindi focalizzato su due finestre temporali più ridotte rispetto a quelle considerate nel biennio di studio precedente:

- tardo autunno-inizio primavera, relativamente alla componente rappresentata dall'ittioplancton (uova e larve);
- fine inverno-primavera, per quanto ha riguardato la componente rappresentata dalle postlarve e dai giovanili che reclutano nelle aree lagunari di basso fondale.

Come nei precedenti due cicli di monitoraggio (B/9 e B/10), sono state previste tre differenti attività:

- Monitoraggio delle variazioni nel tempo e nello spazio (diversi sottobacini e, all'interno di ogni sottobacino, differente "posizione" rispetto alla bocca di porto) della composizione in taxa e della densità del popolamento ittioplanctonico, con particolare attenzione per la componente dei migratori marini. Questa attività ha previsto l'effettuazione di un ciclo di campionamenti in colonna d'acqua utilizzando retini standard da ittioplancton.
- Monitoraggio delle variazioni nel tempo e nello spazio (diversi sottobacini e, all'interno di ogni sottobacino, differente "posizione" rispetto alla bocca di porto) della composizione in taxa e della densità del popolamento ittico delle aree di basso fondale, con particolare attenzione per la componente rappresentata dagli stadi postlarvali e giovanili dei migratori

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

marini. Questa attività ha previsto l'effettuazione di un ciclo di campionamenti su basso fondale utilizzando come strumento campionario una sciabica da spiaggia a maglia fitta.

- Valutazione dell'effetto potenziale di variazioni delle condizioni chimico-fisiche sul ruolo di nursery svolto dagli habitat di basso fondale della laguna di Venezia, mediante l'applicazione di modelli di distribuzione spaziale sviluppati per due specie di migratori marini (orata e passera). Questa attività ha previsto l'effettuazione di un ciclo di campagne di rilevamento di parametri chimico-fisici condotte sull'intero bacino lagunare.

Le tre attività previste sono servite a fornire un quadro complessivo che ha permesso di rilevare variazioni delle dinamiche spazio-temporali delle specie ittiche migratrici in relazione alle condizioni morfologiche, chimico fisiche e di circolazione dell'acqua registrate nei tre sottobacini lagunari.

Le attività previste sono state indirizzate principalmente a:

- a. acquisire uno "stato zero"¹ sufficientemente accurato sulla connettività mare-laguna relativamente alle specie ittiche di maggiore interesse ecologico, ma anche commerciale, che sarà utile per le fasi successive di pre-esercizio ed esercizio dell'opera attualmente in costruzione.
- b. definire un set di indicatori quantitativi, in grado di supportare eventuali attività di mitigazione o comunque necessari per la gestione futura del sistema lagunare.
- c. verificare comunque eventuali occorrenze di fenomeni di tipo acuto collegabili alle operazioni in atto alle bocche di porto, incluse le prove in bianco delle paratoie.

Oltre a fornire una quantificazione del livello di connettività tra mare e laguna (valutato in termini di ingresso di uova, larve e stadi postlarvali e giovanili di pesci), questo monitoraggio permetterà, se mantenuto nel tempo, di costituire un data-base strutturato, fondamentale per documentare eventuali variazioni nel medio e lungo termine della connettività stessa, a livello dell'intero bacino lagunare. A questo scopo sono stati proposti diversi indicatori per valutare le variazioni della connettività mare-laguna, come ad esempio la presenza e l'abbondanza di uova, larve, postlarve e giovanili di specie target, l'abbondanza percentuale di specie marine migratrici rispetto all'intera comunità ittioplanctonica e le percentuali di uova e larve di specie demersali e pelagiche. In particolare, per le specie a riproduzione marina che sono note entrare in laguna durante le prime fasi del ciclo vitale, il confronto delle abbondanze all'esterno e all'interno della bocca di porto è stato utilizzato come un indice sintetico per valutare l'accumulo di individui all'interno dei tre sottobacini lagunari.

¹ Va esplicitato che in una laguna, ed in particolare in una laguna antropizzata come quella veneziana, lo "stato zero" non può che venir definito in modo "relativo", cioè ricostruendo lo stato indisturbato a partire da una "fotografia" del sistema che, in più, è soggetto ad una forte variabilità stagionale dovuta a molteplici fattori.

2. MATERIALI E METODI

2.1 Attività di campo

Le attività di monitoraggio sono state condotte in tutti e tre i sottobacini in cui può essere suddivisa la laguna di Venezia, influenzati rispettivamente dalle bocche di porto di Lido (laguna settentrionale), di Malamocco (laguna centrale) e di Chioggia (laguna meridionale) (fig. 1, 2, 3). In ogni sottobacino sono state effettuate due distinte attività di campionamento: la raccolta di campioni di ittioplancton e la raccolta di campioni di fauna ittica in aree di basso fondale. In entrambe le tipologie di campionamento sono stati raccolti campioni anche in stazioni poste nel tratto di mare adiacente alle tre bocche di porto. Qui di seguito viene riportato il dettaglio delle due attività svolte.

2.1.1 *Campionamento dell'ittioplancton*

Sono stati individuati degli ideali transetti mare-laguna attraverso le tre bocche di porto; lungo ognuno dei tre transetti così individuati sono state collocate sette stazioni di campionamento, tre collocate in mare in prossimità della bocca di porto, una all'interno della bocca stessa e tre nei canali lagunari direttamente influenzati dall'acqua in entrata dalla bocca a mare (fig. 1, 2, 3; tab. 1). Da novembre 2015 ad aprile 2016 sono state condotte in ogni transetto quattro campagne giornaliere di campionamento (tab. 3). Durante ogni campagna sono stati raccolti campioni di ittioplancton utilizzando due retini accoppiati del tipo "bongo net", uno con maglia di 350 μm e uno con maglia di 500 μm , secondo lo standard FAO (fig. 4); ognuno dei due retini era lungo 2,5 m e aveva una bocca di 60 cm di diametro. Ogni retino era corredato di flussimetro, posto all'imboccatura, per la misura della lunghezza di traino; questa informazione è stata poi utilizzata per la valutazione del volume d'acqua teorico filtrato. I campionamenti di ittioplancton sono stati condotti sempre in corrispondenza della fase di marea entrante. In ogni stazione è stata effettuata una tirata obliqua, della durata complessiva di cinque minuti, in modo da esplorare l'intera colonna d'acqua (Società Italiana di Biologia Marina-Ministero dell'Ambiente, 1990). Il traino dei retini veniva effettuato in direzione opposta alla corrente, ad una velocità compresa tra uno e due nodi. Ogni campione veniva immediatamente fissato in formaldeide al 5% neutralizzata con tetraborato di sodio.

2.1.2 *Campionamento del popolamento ittico di basso fondale*

In ognuno dei tre sottobacini sono state individuate cinque stazioni di campionamento in aree di basso fondale (profondità dell'acqua < 1,5 m) situate sia all'interno (laguna, tre stazioni) che all'esterno (mare, due stazioni) della bocca di porto (fig. 1, 2, 3; tab. 2). In ogni sottobacino sono state effettuate tre campagne giornaliere di campionamento, da febbraio ad aprile 2016 (tab. 4). I campioni di ittiofauna sono stati raccolti utilizzando come strumento campionatore una sciabica da spiaggia (fig. 5) a maglia fitta (distanza internodo 2 mm nel sacco centrale e 4 mm nelle ali), lunga 20 m e alta 2.5 m.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

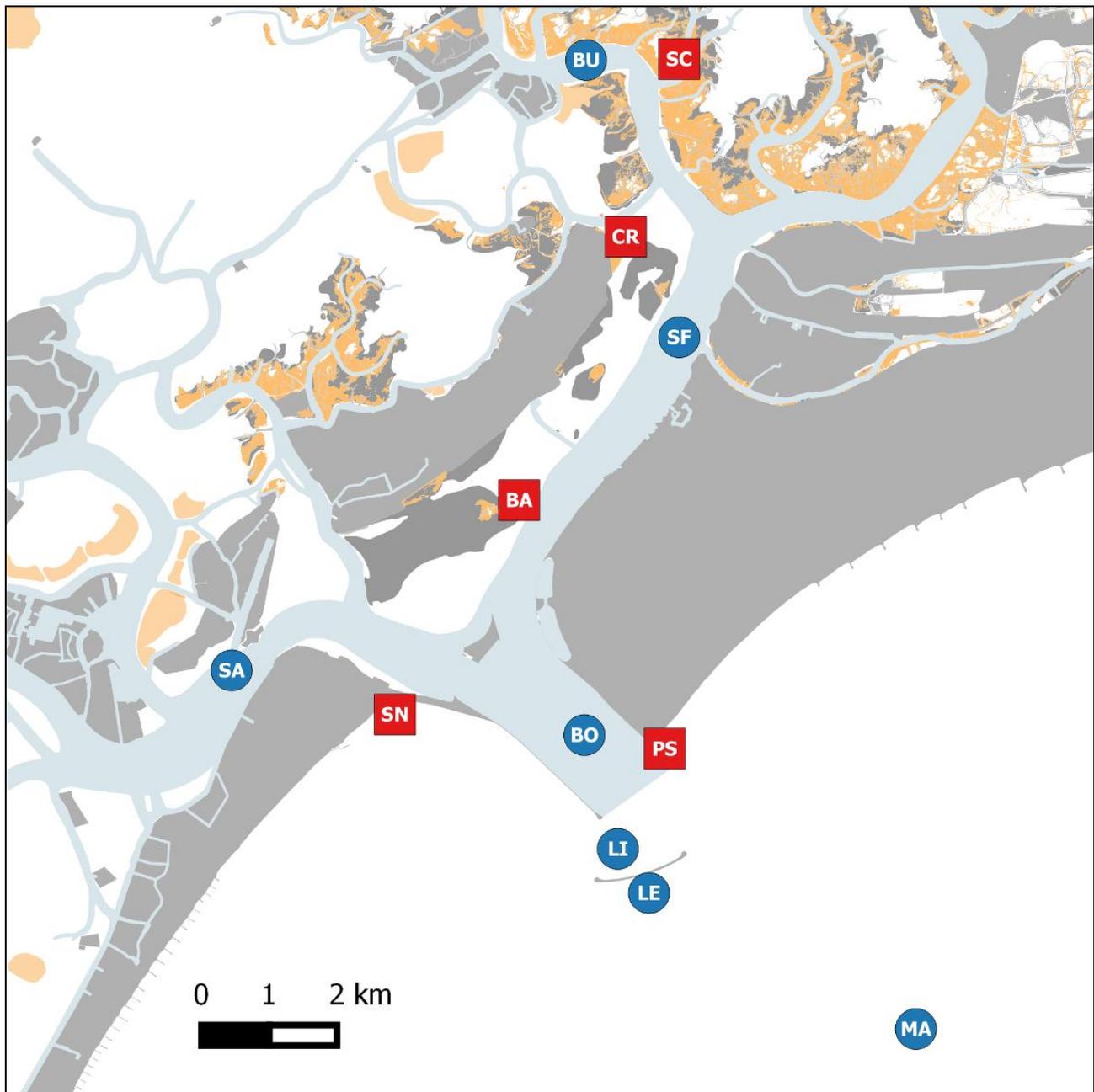


Figura 1. Ubicazione delle stazioni di campionamento con bongo net (in blu) e con sciabica (in rosso) nell'area della bocca di porto di Lido, laguna nord.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

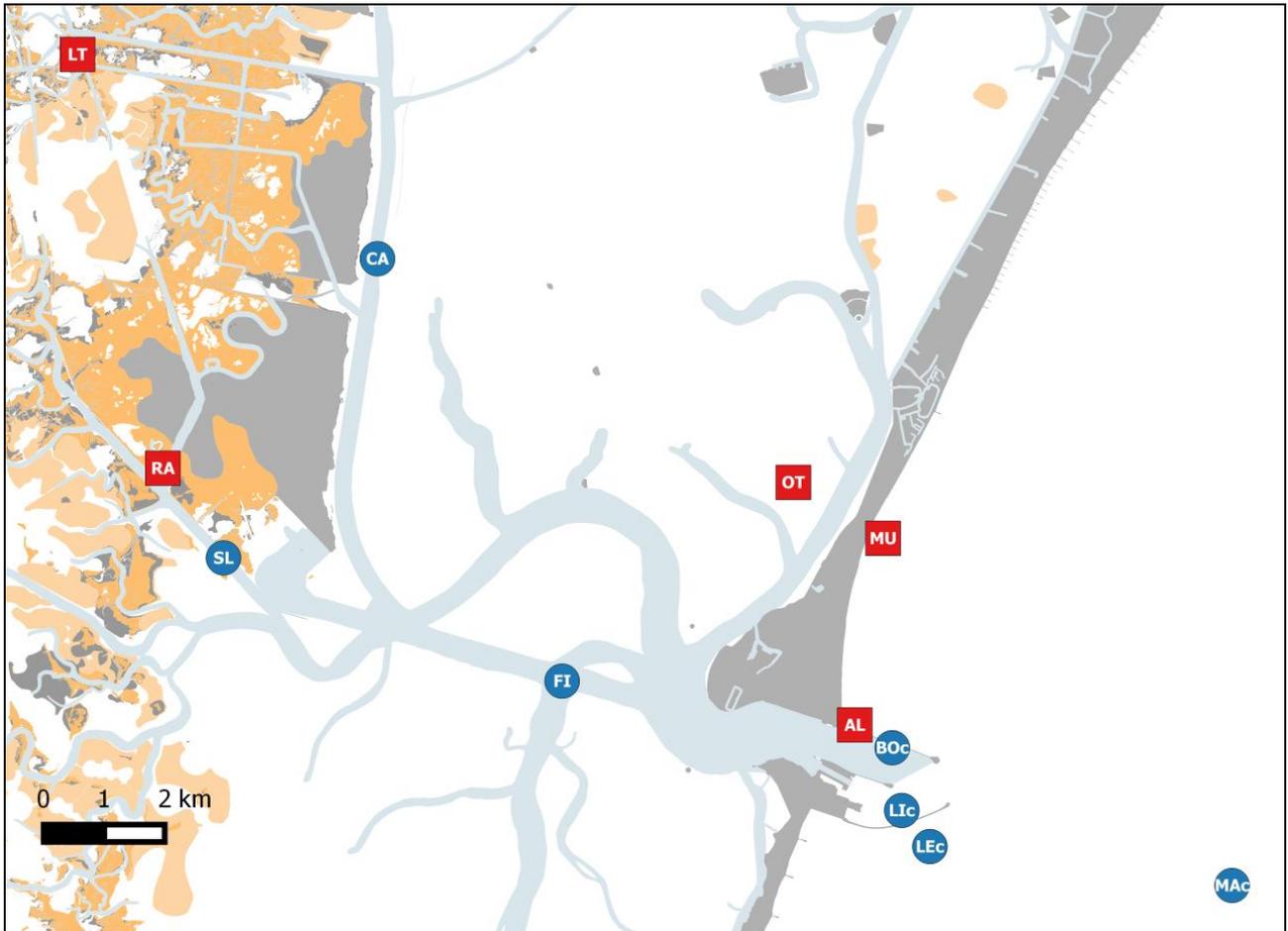


Figura 2. Ubicazione delle stazioni di campionamento con bongo net (in blu) e con sciabica (in rosso) nell'area della bocca di porto di Malamocco, laguna centrale.

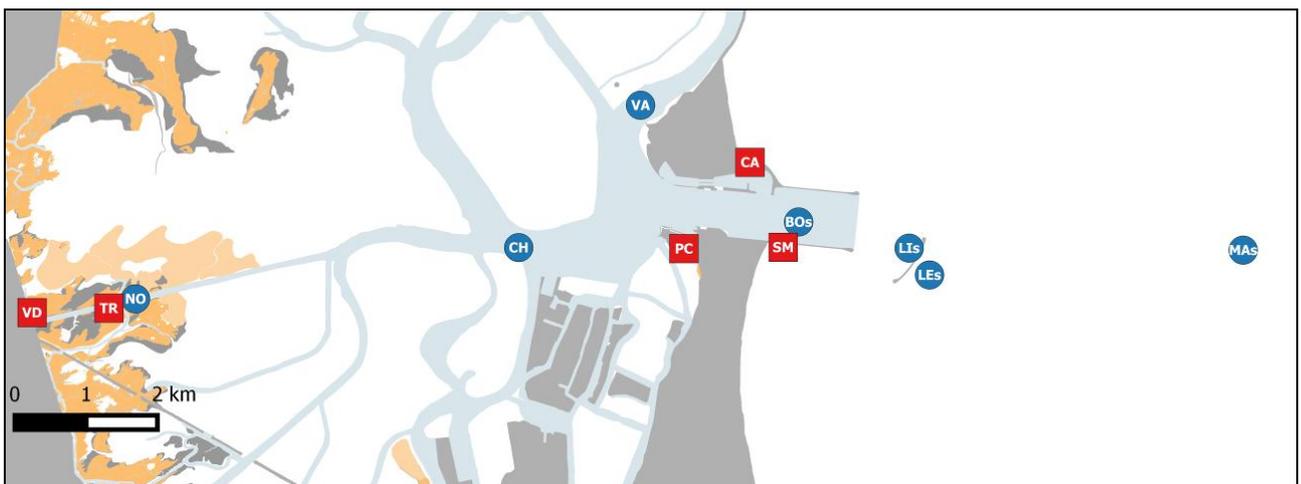


Figura 3. Ubicazione delle stazioni di campionamento con bongo net (in blu) e con sciabica (in rosso) nell'area della bocca di porto di Chioggia, laguna sud.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Tabella 1. Coordinate delle stazioni di campionamento campionate con bongo net. deg = gradi (WGS84).

Sottobacino	Stazione	X_deg	Y_deg
Nord	MA	12,4690	45,3981
	LE	12,4336	45,4108
	LI	12,4295	45,4150
	BO	12,4251	45,4256
	SA	12,3783	45,4316
	SF	12,4376	45,4628
	BU	12,4253	45,4887
Centrale	MA	12,3871	45,3207
	LE	12,3422	45,3248
	LI	12,3380	45,3286
	BO	12,3366	45,3352
	FI	12,2876	45,3422
	SL	12,2373	45,3552
	CA	12,2602	45,3867
Sud	MA	12,3630	45,2286
	LE	12,3234	45,2264
	LI	12,3208	45,2288
	BO	12,3069	45,2312
	VA	12,2870	45,2416
	CH	12,2716	45,2289
	NO	12,2233	45,2243

Tabella 2. Coordinate delle stazioni di campionamento campionate con sciabica. deg = gradi (WGS84).

Sottobacino	Stazione	X_deg	Y_deg
Nord	PS	12,4357	45,4243
	SN	12,4000	45,4275
	BA	12,4164	45,4476
	CR	12,4305	45,4722
	SC	12,4376	45,4888
Centrale	AL	12,3310	45,3376
	MU	12,3352	45,3573
	OT	12,3219	45,3632
	RA	12,2283	45,3646
Sud	LT	12,2156	45,4082
	SM	12,3049	45,2289
	CA	12,3007	45,2365
	PC	12,2924	45,2288
	TR	12,2200	45,2234
VD	12,2103	45,2230	

Durante ogni operazione di campionamento è stata calcolata la superficie di fondale esplorata dallo strumento (lunghezza di traino x distanza di apertura della rete), in modo da standardizzare i dati di cattura in termini di unità di superficie campionata. Lo sforzo di campionamento è stato mantenuto per quanto possibile costante, con una superficie di fondo esplorata per stazione e per data di campionamento di circa 600 m². I campioni raccolti venivano mantenuti refrigerati fino all'arrivo in laboratorio e poi surgelati a -20° C.

CORILA
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Tabella 3. Date di campionamento per le attività di raccolta di uova e larve di pesci con bongo net.

Campagna	Bocca di Lido	Bocca di Malamocco	Bocca di Chioggia
1	25/11/2015	30/11/2015	01/12/2015
2	28/01/2016	26/01/2016	27/01/2016
3	10/03/2016	11/03/2016	11/03/2016
4	05/04/2016	06/04/2016	04/04/2016



Figura 4. Fasi di campionamento con bongo net.

Tabella 4. Date di campionamento per le attività di raccolta di post-larve e giovanili con sciabica.

Campagna	Bocca di Lido	Bocca di Malamocco	Bocca di Chioggia
1	19/02/2016	18/02/2016	22/02/2016
2	21/03/2016	19/03/2016	24/03/2016
3	15/04/2016	11/04/2016	12/04/2016

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI



Figura 5. Fasi di campionamento con sciabica.

2.1.3 Rilevamento dei parametri ambientali

Contestualmente ai campionamenti con bongo net e con sciabica, durante tutte le campagne ed in tutte le stazioni, sono stati rilevati con una sonda multiparametrica (Hanna Instruments 9829) i seguenti parametri chimico-fisici dell'acqua: temperatura (± 0.01 °C), salinità (± 0.01 psu), ossigeno disciolto (± 0.1 % saturazione) e torbidità (± 0.1 fnu). Inoltre, in tutte le stazioni e date di campionamento sono stati anche filtrati 200 ml di acqua usando filtri Whatman GF/F di 47 mm di diametro per la successiva determinazione in laboratorio della concentrazione di clorofilla totale.

Nel periodo febbraio-aprile 2016 (tab. 5) sono state inoltre effettuate cinque campagne su scala dell'intero bacino lagunare (fig. 6) per la misurazione con sonda multiparametrica (Hanna Instruments 9829) dei parametri ambientali (temperatura, ± 0.01 °C; salinità, ± 0.01 psu; ossigeno disciolto, ± 0.1 % di saturazione; torbidità, ± 0.1 fnu) che sono stati poi utilizzati nell'applicazione dei modelli di distribuzione dei giovanili di orata e passera. In ogni campagna di rilevamento le misure sono state effettuate in 37 stazioni distribuite sull'intero bacino lagunare. Durante l'ultima di queste campagne di misura, in un sub-set di 18 stazioni, sono stati raccolti campioni di sedimento superficiale (carote con diametro di 3 cm) per il calcolo della granulometria del fondale.

Tabella 5. Date dei campionamenti per il rilievo dei parametri ambientali.

Campagna	Data
1	25/02/2016
2	11/03/2016
3	26/03/2016
4	12/04/2016
5	26/04/2016

CORILA
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

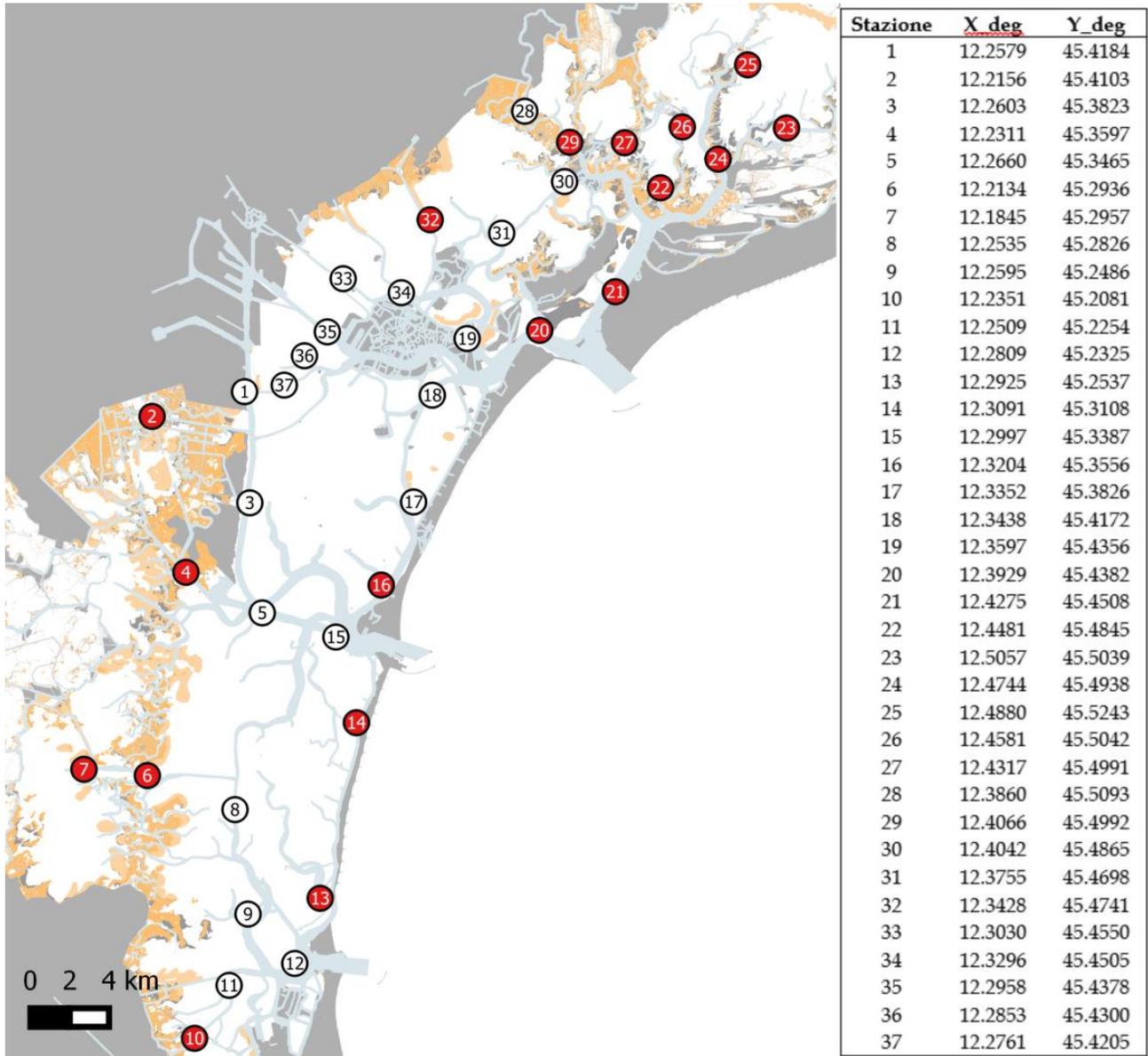


Figura 6. Mappa e coordinate (deg = gradi WGS84) dei siti di campionamento dei parametri ambientali; in rosso sono evidenziate le stazioni in cui è stata analizzata anche la granulometria del fondale.

2.2 Attività di laboratorio

2.2.1 Ittioplancton

In laboratorio i campioni di ittioplancton sono stati filtrati e sciacquati per eliminare ogni residuo di formaldeide. Ogni campione è stato osservato *in toto* allo stereomicroscopio (ingrandimenti 6.3x-80x) per individuare e separare dal resto del campione le uova e le larve di pesci presenti, che sono state poi identificate singolarmente (fig. 7). Nel caso delle uova, l'identificazione è stata possibile fino al livello di famiglia e, solo in pochi casi, fino al livello di genere o specie. Nel caso delle larve è stato possibile identificare gli individui, con poche eccezioni, fino al livello di genere o specie. Per l'identificazione delle forme ittioplanctoniche rinvenute nei campioni è stata utilizzata una grande quantità di materiale bibliografico (Aboussouan, 1964; Arbault, 1968; Cunningham, 1889; D'Ancona e Lo Bianco, 1931-33; FAO, 1987; Fraser, 1976; Lee, 1966; Marinaro, 1971, 1991a, 1991b;

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Munk, 2005; Palomera, 1977; Raffaele, 1888; Ré e Meneses, 2009; Richards, 2006; Russell, 1976; Saka, 2001; Spartà, 1942; Tsikliras, 2010; Varagnolo, 1964). Le chiavi tassonomiche maggiormente utilizzate in questo lavoro sono state tuttavia quelle proposte da Marinaro (1971), Raffaele (1888) e Russell (1976). Non è ancora presente in letteratura infatti una chiave tassonomica di identificazione di uova e larve di teleostei mediterranei che riunisca tutte le informazioni presenti in letteratura.

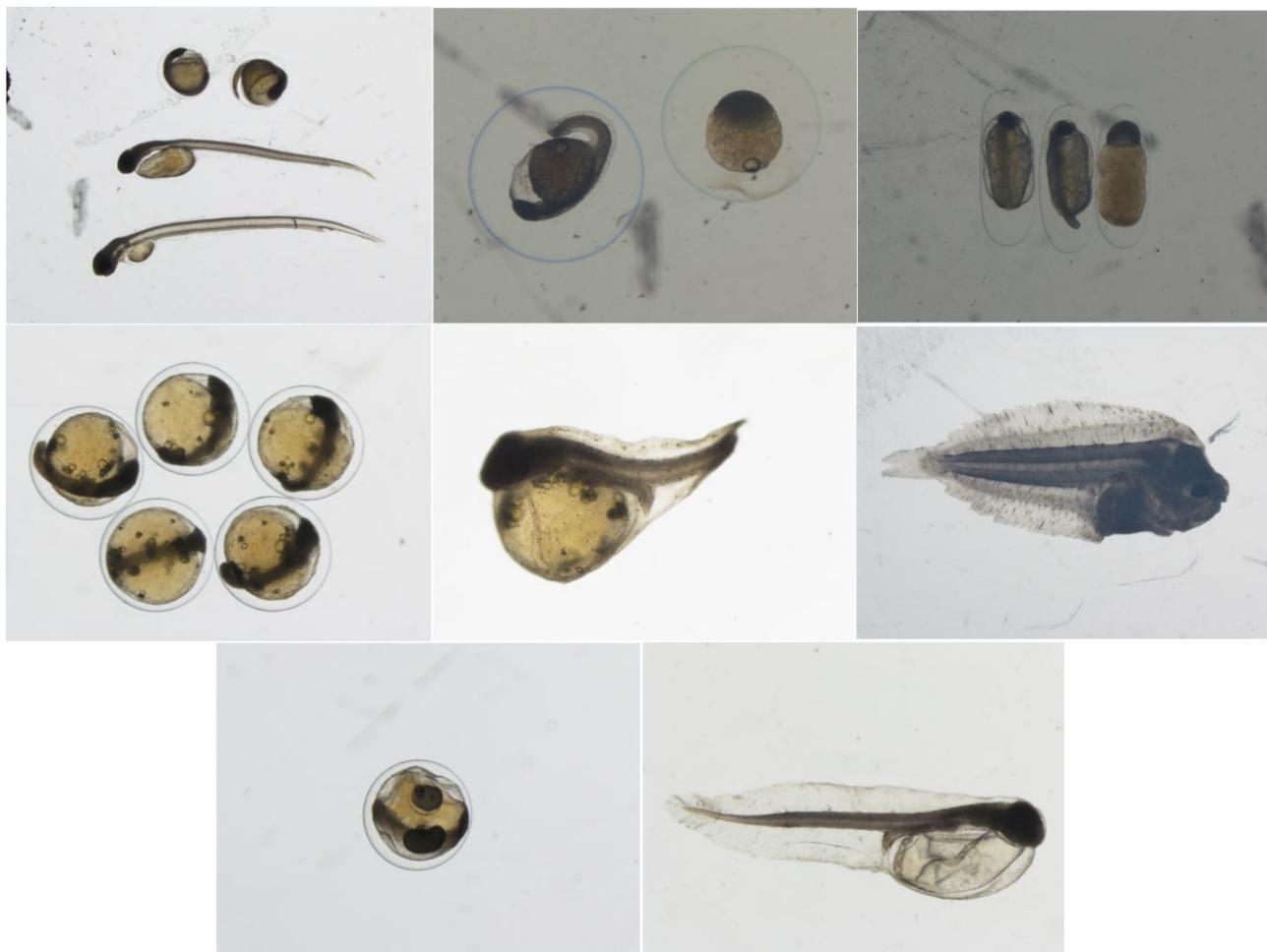


Figura 7. Da sinistra a destra. Alto: uova e larve di *Sprattus sprattus*, uova di *Sardina pilchardus*, uova di *Engraulis encrasicolus*. Centro: uova e larve di *Solea solea*. Basso: uova di *Dicentrarchus labrax*, larva di *Platichthys flesus*.

2.2.2 Popolamento ittico di basso fondale

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

Nel caso delle postlarve e degli stadi giovanili di mugilidi, l'identificazione effettuata sugli esemplari a fresco è stata confermata dall'osservazione del pattern di disposizione dei cromatofori (Serventi *et al.*, 1996; Franzoi *et al.*, 1989). A questo scopo, l'identificazione degli esemplari di queste specie è stata validata mediante analisi degli individui dopo permanenza per circa tre settimane in una soluzione di formaldeide all'8% neutralizzata con tetraborato di sodio.

2.2.2 *Analisi della clorofilla*

La misura della concentrazione di clorofilla nell'acqua è stata effettuata con metodo fluorimetrico in laboratorio (Trylogy® Laboratory Fluorometer), secondo la metodica proposta da Lorenzen (1966).

2.2.2 *Analisi del sedimento superficiale*

Sui campioni raccolti in campo è stata determinata in laboratorio la granulometria (% di sabbia) utilizzando un granulometro laser Mastersizer 3000 Malvern UK ed è stato misurato il contenuto percentuale di sostanza organica (± 0.01 mg), con il metodo proposto da Heiri *et al.* (2001).

2.3 **Analisi dei dati**

2.3.1 *Monitoraggio biologico*

I dati relativi ai parametri ambientali raccolti contestualmente ai campionamenti con bongo net e sciabica sono stati analizzati con un approccio multivariato (analisi delle componenti principali, PCA).

Analogamente a quanto effettuato nei precedenti cicli di monitoraggio (B/9 e B/10), i dati di densità dell'ittioplancton (numero di individui per m³) sono stati analizzati per mettere in evidenza eventuali differenze nello spazio e nel tempo, separatamente per le uova e per le larve. Sono stati effettuati test statistici a due fattori basati su GLM (Generalised Linear Models) con famiglia binomiale negativa, testando l'effetto dell'esclusione dei fattori (test chi-quadro sulla devianza; Venables e Ripley, 2002). Con una prima serie di analisi sono stati considerati i fattori campagna di campionamento (quattro livelli) e sottobacino (tre livelli: Lido, Malamocco e Chioggia). Sono stati poi testati i due fattori spaziali sottobacino (tre livelli) e posizione, dopo aver classificato le stazioni di campionamento sulla base della loro posizione rispetto alla bocca di porto (tre livelli: mare, bocca e laguna; tab. 6). Lo stesso approccio statistico è stato applicato anche ai dati di densità del popolamento ittico di basso fondale, raggruppando anche in questo caso le stazioni sulla base della posizione rispetto alla bocca di porto ed effettuando test statistici a due fattori: campagna di campionamento x sottobacino; sottobacino x posizione (due livelli: mare e laguna; tab. 7).

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Tabella 6. Monitoraggio dell'ittioplancton: classificazione delle stazioni sulla base della posizione rispetto alla bocca di porto.

sottobacino nord		sottobacino centrale		sottobacino sud	
posizione	stazione	posizione	stazione	posizione	stazione
mare	MAn	mare	MAc	mare	MAs
mare	LEn	mare	LEc	mare	LEs
mare	LIn	mare	LIC	mare	LIs
bocca	BOn	bocca	BOc	bocca	BOs
laguna	SA	laguna	FI	laguna	VA
laguna	SF	laguna	SL	laguna	CH
laguna	BU	laguna	CA	laguna	NO

Tabella 7. Monitoraggio degli individui campionati con sciabica: classificazione delle stazioni sulla base della posizione rispetto alla bocca di porto.

sottobacino nord		sottobacino centrale		sottobacino sud	
posizione	stazione	posizione	stazione	posizione	stazione
mare	PS	mare	AL	mare	CA
mare	SN	mare	MU	mare	SM
laguna	BA	laguna	OT	laguna	PC
laguna	CR	laguna	RA	laguna	TR
laguna	SC	laguna	LT	laguna	VD

Per quantificare sinteticamente il grado di connettività mare-laguna è stato utilizzato l'indice di colonizzazione delle acque lagunari I_c (PROVV.OO.PP., 2015),

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

dove $DENS_L$ rappresenta la densità di organismi all'interno della laguna (calcolato come media delle densità registrate nelle stazioni classificate come "lagunari" sulla base della loro posizione rispetto alla bocca di porto) e $DENS_M$ rappresenta la densità di organismi in mare (calcolato come media delle densità registrate nelle stazioni "marine", situate cioè all'esterno delle bocche di porto). L'indice è stato applicato separatamente alle uova, alle larve e al popolamento ittico di basso fondale. Per il calcolo di questo indice, relativamente ai campionamenti effettuati con bongo net, i valori di densità registrati nelle stazioni di bocca di porto sono stati mediati con quelli delle stazioni lagunari dello stesso sottobacino. L'indice di colonizzazione può variare, in linea teorica tra 0, quando gli individui sono presenti soltanto in mare, e 1, quando invece sono presenti soltanto all'interno della laguna. Valori superiori a 0.5 possono essere considerati un'indicazione di un accumulo di organismi all'interno dell'ambiente lagunare.

2.3.1 Modelli di distribuzione dell'habitat

Per valutare l'idoneità potenziale delle aree lagunari di basso fondale nei confronti delle forme giovanili di due specie target di migratori marini, l'orata *Sparus aurata* e la passera *Platichthys flesus*, sono stati applicati modelli di distribuzione dell'habitat sviluppati in precedenza (orata: MAG. ACQUE-DSA UniVe, 2011; passera: Zucchetta *et al.*, 2010). Il periodo considerato per l'applicazione dei modelli è febbraio-aprile 2016, coerentemente con le campagne di rilievo dei

CORILA
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

giovanili. Le predizioni (probabilità di presenza attesa per ciascuna delle due specie, date le condizioni ambientali) sono state ottenute usando le mappe dei parametri ambientali rilevati come input dei modelli di distribuzione. A tale scopo è stato necessario interpolare i dati raccolti nelle stazioni di monitoraggio su una griglia regolare con celle di 100 m di lato, sfruttando una procedura di *ordinary kriging* utilizzando la libreria "gstat" (Pesebma, 2004) e "automap" (Hiemstra *et al.*, 2009) per il pacchetto software R (R Core Team, 2016). I risultati così ottenuti sono stati infine confrontati con una situazione di riferimento, definita come la probabilità media di presenza dei giovanili nei mesi di marzo e aprile del periodo 2001-2012. Per poter valutare questa situazione di riferimento, è stato utilizzato un data-base ottenuto integrando serie di dati raccolti in precedenti cicli di monitoraggio e provenienti da diverse fonti (tab. 8).

Tabella 8. Fonti dei dati utilizzati per l'allestimento del database ambientale.

Fonte - progetto	Frequenza	Periodo	N° stazioni
MAG. ACQUE Sezione Anti Inquinamento - Stazioni periodiche SAMA	mensile	2005-2008	18
MAG. ACQUE Sezione Anti Inquinamento - Monitoraggio continuo rete SAMANET	semioraria	2004-2012	10
MAG. ACQUE - CVN Progetto MELa 1	mensile	2001-2003	30
MAG. ACQUE - CVN Progetto MELa 3	mensile/quindicinale	2004-2005	23
MAG. ACQUE - CVN Progetto MELa 4	mensile/quindicinale	2007-2009	15
UniVe DAIS - CEMAS	mensile	2009-2010	38
MAG. ACQUE - CORILA - STUDIO B.6.72 B/11	circa ogni 10 gg, tra febbraio e aprile 2016	2015	18

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

3.1 Monitoraggio dell'ittioplancton

L'analisi dei parametri ambientali registrati contestualmente alla raccolta dei campioni di ittioplancton con bongo net ha evidenziato alcune differenze spazio-temporali tra le stazioni indagate (tab. 9), con pattern confrontabili in tutte e tre le bocche di porto. La temperatura mostra un normale andamento stagionale, con i valori minimi osservati nel mese di gennaio (II campagna). Da un punto di vista spaziale, si osserva l'inversione del pattern di questo parametro lungo il gradiente mare-laguna, con valori più elevati in mare rispetto alla laguna in novembre (I campagna), mentre in aprile (IV campagna) le temperature aumentano procedendo dal mare verso la gronda lagunare. Nel corso delle quattro campagne si osserva anche un generale aumento della salinità e dell'ossigeno disciolto in tutte le stazioni. Per quanto riguarda la salinità, dai dati tabulati è chiaramente visibile anche la diminuzione della salinità lungo il gradiente mare-laguna, associata a un tipico aumento della torbidità. I valori di concentrazione di clorofilla in acqua, più elevati durante il mese di aprile (IV campagna), risultano coerenti con la ripresa della produzione primaria primaverile, dopo la fase di riposo invernale.

Tabella 9. Parametri ambientali registrati nelle 21 stazioni campionate con bongo net durante le 4 campagne, suddivisi per sottobacino lagunare.

Temperatura (° C)							
sottobacino nord							
campagna	MAn	LEn	LIn	BOn	SA	SF	BU
I	14.50	13.06	12.98	13.10	12.89	13.08	8.72
II	7.95	7.65	7.94	8.11	7.58	7.72	7.11
III	9.96	9.73	9.43	9.59	9.40	9.70	9.45
IV	14.05	14.53	14.60	14.71	15.05	16.02	16.93
sottobacino centrale							
campagna	MAc	LEc	Llc	BOc	FI	SL	CA
I	12.07	12.48	12.57	11.72	11.72	10.55	9.62
II	7.33	7.24	8.12	7.87	7.72	6.33	6.12
III	10.12	9.95	10.00	10.10	10.08	9.81	9.71
IV	13.44	14.16	13.83	12.73	12.97	14.58	15.36
sottobacino sud							
campagna	MAs	LEs	Lls	BOs	VA	CH	NO
I	11.76	12.04	11.89	12.26	11.56	11.09	7.09
II	6.98	7.31	8.38	8.50	7.68	8.16	5.02
III	9.95	9.65	9.70	9.87	9.53	9.39	9.04
IV	13.46	12.84	12.89	12.52	12.76	12.53	15.73

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Salinità (psu)							
sottobacino nord							
campagna	MAn	LEn	LIn	BOn	SA	SF	BU
I	36.67	35.33	35.29	35.28	35.16	35.31	32.36
II	37.33	37.26	35.88	37.35	36.44	36.46	35.76
III	41.19	38.72	38.92	39.09	38.62	39.67	38.61
IV	40.10	37.26	37.87	38.28	37.96	37.28	33.86
sottobacino centrale							
campagna	MAc	LEc	Llc	BOc	FI	SL	CA
I	35.50	35.53	35.56	33.81	35.38	34.84	33.94
II	35.95	37.23	36.74	37.75	37.67	35.88	34.98
III	40.86	40.67	41.10	41.60	41.45	38.53	36.59
IV	41.62	39.43	39.99	42.63	42.26	40.17	39.27
sottobacino sud							
campagna	MAs	LEs	LIs	BOs	VA	CH	NO
I	35.76	35.57	35.54	35.78	35.44	34.72	32.45
II	35.92	35.75	37.09	37.90	36.66	37.23	33.46
III	39.67	39.82	40.33	39.67	39.11	37.70	10.19
IV	41.90	38.12	39.37	40.56	42.59	42.90	36.09
Ossigeno disciolto (% saturazione)							
sottobacino nord							
campagna	MAn	LEn	LIn	BOn	SA	SF	BU
I	83.22	84.30	84.02	82.58	84.09	83.08	84.61
II	98.50	98.74	100.30	96.83	104.83	99.58	94.53
III	90.97	91.08	89.24	90.45	90.13	90.40	91.97
IV	102.47	102.53	102.32	97.26	103.06	97.54	106.94
sottobacino centrale							
campagna	MAc	LEc	Llc	BOc	FI	SL	CA
I	85.25	78.13	83.28	80.09	84.05	83.81	85.41
II	108.69	97.27	98.64	97.69	97.65	91.63	104.94
III	90.88	91.08	90.86	89.77	89.55	90.48	89.60
IV	101.55	104.61	103.61	100.34	99.76	95.20	90.82
sottobacino sud							
campagna	MAs	LEs	LIs	BOs	VA	CH	NO
I	88.24	86.55	85.11	84.38	84.63	81.79	87.98
II	109.29	102.00	100.68	92.62	88.22	90.62	75.92
III	90.91	90.47	89.99	89.65	90.07	89.63	77.52
IV	102.36	99.49	99.35	97.72	98.33	99.19	88.57

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Torbidità (ftu)							
sottobacino nord							
campagna	MAn	LEn	LIn	BOn	SA	SF	BU
I	3.21	4.18	5.29	5.36	8.58	6.78	27.73
II	1.72	1.30	1.88	1.81	3.39	2.99	3.02
III	4.25	7.67	5.93	13.15	17.90	16.84	13.04
IV	1.02	1.22	3.30	5.83	13.13	7.64	13.58
sottobacino centrale							
campagna	MAc	LEc	Llc	BOc	FI	SL	CA
I	4.69	4.65	4.79	4.52	4.86	4.79	18.75
II	1.33	1.39	2.14	1.59	2.01	4.50	19.73
III	3.18	3.42	5.00	4.22	4.64	5.25	7.35
IV	0.84	0.77	1.30	0.78	1.78	5.03	7.22
sottobacino sud							
campagna	MAs	LEs	LIs	BOs	VA	CH	NO
I	2.65	3.08	2.97	3.03	2.91	3.52	12.91
II	1.26	0.96	1.28	1.32	2.25	1.41	1.42
III	5.49	5.30	8.82	12.10	11.16	11.28	22.15
IV	1.00	3.12	1.50	1.72	2.07	2.18	4.37
Clorofilla ($\mu\text{g L}^{-1}$)							
sottobacino nord							
campagna	MAn	LEn	LIn	BOn	SA	SF	BU
I	1.24	0.88	0.95	0.96	1.01	1.05	1.58
II	0.71	0.60	0.82	0.62	0.56	0.60	0.56
III	0.75	0.98	0.55	1.00	0.96	0.81	0.83
IV	1.12	0.63	0.53	0.60	0.95	0.54	1.00
sottobacino centrale							
campagna	MAc	LEc	Llc	BOc	FI	SL	CA
I	0.85	0.69	0.78	0.51	0.50	0.57	0.83
II	0.85	0.89	0.64	0.95	0.70	0.74	0.88
III	0.99	1.03	0.81	0.71	0.99	0.80	0.73
IV	1.86	2.59	1.72	1.22	1.30	0.87	1.01
sottobacino sud							
campagna	MAs	LEs	LIs	BOs	VA	CH	NO
I	0.43	0.43	0.45	0.51	0.43	0.48	0.79
II	0.52	0.71	0.57	0.59	0.55	0.75	0.60
III	0.96	0.66	0.84	1.21	0.83	0.66	2.04
IV	2.25	1.72	1.20	1.24	0.98	1.47	1.92

L'analisi multivariata, effettuata mediante analisi delle componenti principali (PCA), ha permesso di spiegare nel complesso il 62% della varianza dei dati ambientali, senza evidenziare differenze sostanziali fra i tre bacini (fig. 8B). Le quattro campagne risultano invece relativamente ben distinguibili, lungo entrambi gli assi (fig. 8A). Il primo asse (PC1, che spiega il 35.5% della varianza), oltre che dalla variazione stagionale della salinità e dell'ossigeno disciolto, mostra anche di essere influenzato dalla variabilità spaziale tra le stazioni, evidenziando un gradiente mare-laguna con una diminuzione della salinità e dell'ossigeno disciolto a fronte di un aumento della torbidità. Ciò permette infatti di distinguere all'interno di ogni campagna le stazioni in mare da quelle in laguna. L'asse verticale (PC2, che spiega il 26.5% della varianza), invece, risulta influenzato essenzialmente dalla variazione stagionale della temperatura e della concentrazione di clorofilla.

CORILA
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

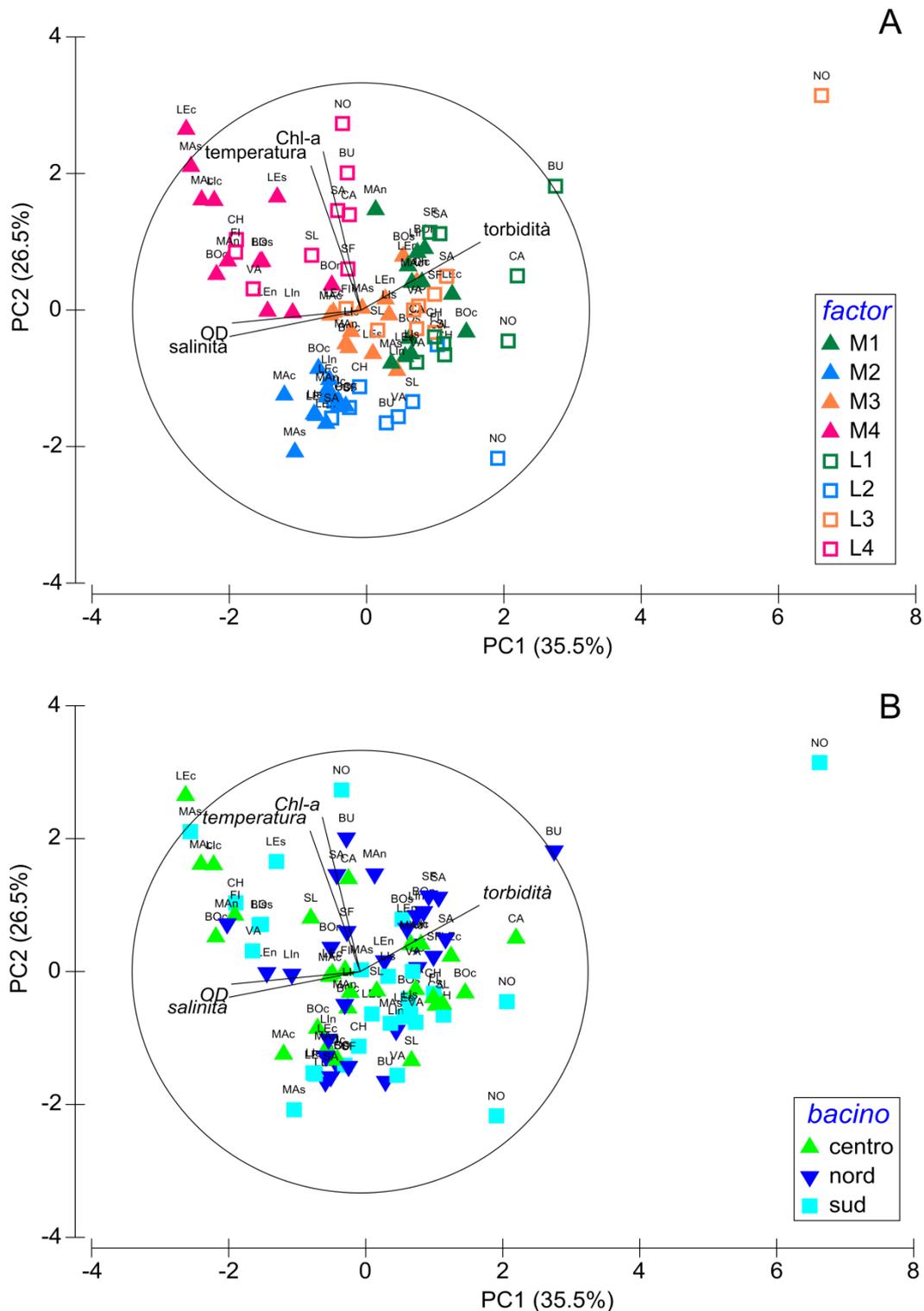


Figura 8. Ordinamento mediante PCA delle stazioni di campionamento di uova e larve basato sui parametri ambientali registrati durante i campionamenti. In A sono state evidenziate le quattro campagne (1, 2, 3, 4) e le due posizioni (M = mare, L = laguna). In B sono stati evidenziati i tre sottobacini lagunari.

Nei campioni di ittioplancton analizzati sono state rinvenuti nel complesso 24 taxa appartenenti a 16 famiglie di teleostei (tab. 10). Di questi taxa, 11 sono stati rinvenuti solo allo stadio di uovo (*Callionymidae* n.i., *Trachurus trachurus*, *Gadidae* n.i., *Gaidropsarus* n.i., *Dicentrarchus labrax*, *Diplodus* n.i., *Sparidae* n.i., *Echiichthys vipera*, *Liza* n.i., *Microchirus* n.i., *Soleidae* n.i.), quattro solo

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

allo stadio di larva (Gobiidae n.i., *Sparus aurata*, Scophthalmidae n.i., Triglidae n.i.), mentre per nove taxa sono state rinvenute sia uova che larve (*Arnoglossus* n.i., Bothidae n.i., *Sardina pilchardus*, *Sprattus sprattus*, *Engraulis encrasicolus*, *Platichthys flesus*, *Buglossidium luteum*, *Pegusa* n.i., *Solea solea*).

In termini di numero di taxa rinvenuti, il gruppo funzionale più rappresentato è risultato essere quello dei marini occasionali, con 15 taxa, seguito dai migratori marini con otto taxa e dai residenti lagunari con un solo taxon.

Tabella 10. Lista dei taxa ritrovati allo stadio di uovo e larva durante i campionamenti con bongo net. In grassetto sono evidenziati i migratori marini. r = residenti, mm = migratori marini, ms = marini occasionali.

Famiglia	Taxon	Guild	Stadio	
			Uovo	Larva
Bothidae	<i>Arnoglossus</i> n.i.	ms	X	X
	Bothidae n.i.	ms	X	X
Callionymidae	Callionymidae n.i.	ms	X	
Carangidae	<i>Trachurus trachurus</i>	ms	X	
Clupeidae	<i>Sardina pilchardus</i>	mm	X	X
	<i>Sprattus sprattus</i>	mm	X	X
Engraulidae	<i>Engraulis encrasicolus</i>	mm	X	X
Gadidae	Gadidae n.i.	ms	X	
Gobiidae	Gobiidae n.i.	r		X
Lotidae	<i>Gaidropsarus</i> n.i.	ms	X	
Moronidae	<i>Dicentrarchus labrax</i>	mm	X	
Sparidae	<i>Diplodus</i> n.i.	ms	X	
	Sparidae n.i.	ms	X	
	<i>Sparus aurata</i>	mm		X
Trachinidae	<i>Echiichthys vipera</i>	ms	X	
Mugilidae	<i>Liza</i> n.i.	mm	X	
Pleuronectidae	<i>Platichthys flesus</i>	mm	X	X
Scophthalmidae	Scophthalmidae n.i.	ms		X
	<i>Buglossidium luteum</i>	ms	X	X
Soleidae	<i>Microchirus</i> n.i.	ms	X	
	<i>Pegusa</i> n.i.	ms	X	X
	<i>Solea solea</i>	mm	X	X
	Soleidae n.i.	ms	X	
Triglidae	Triglidae n.i.	ms		X

Per quanto riguarda la componente ittioplanctonica rappresentata dalle sole uova, questa risulta essere composta soltanto da taxa marini (*mm* e *ms*; tab. 10). Le specie di residenti lagunari che caratterizzano il popolamento ittico della laguna di Venezia infatti, non depongono uova liberamente flottanti nella colonna d'acqua, avendo sviluppato adattamenti riproduttivi atti ad impedire la dispersione di uova e larve al di fuori dell'ambiente lagunare (Franco *et al.*, 2008; Franzoi *et al.*, 2010). In termini di composizione percentuale si osservano, in tutti e tre i sottobacini lagunari, delle evidenti differenze fra le prime due e le ultime due campagne di campionamento (fig. 9). A fine autunno (I campagna) e inizio inverno (II campagna) il popolamento risulta essere quasi sempre dominato dalle uova di taxa di migratori marini, ed in particolare da quelle di spratto (*Sprattus sprattus*). A fine inverno-inizio primavera (III campagna), il popolamento

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

ittioplanctonico (sole uova) risulta invece dominato da taxa di specie appartenenti alla categoria dei migratori occasionali, in particolare Bothidae e *Buglossidium luteum*.

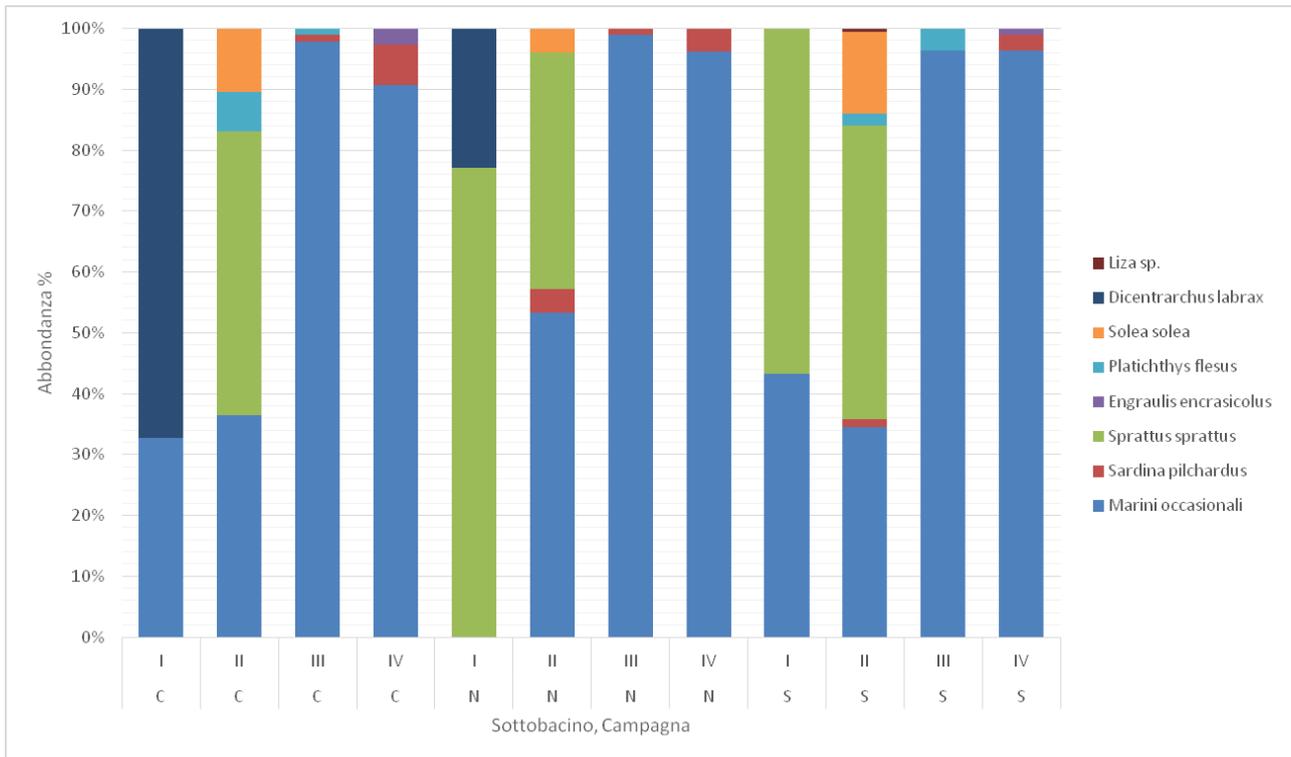


Figura 9. Abbondanze percentuali calcolate sulle densità medie totali di uova per campagna, separatamente per sottobacino (C = sottobacino centrale; N = sottobacino nord; S = sottobacino sud).

Nella figura 10 vengono mostrate le differenze di composizione del popolamento ittioplanctonico (sole uova) dopo aver calcolato le densità medie per stazione, relativamente all'intero periodo di monitoraggio. In tutte le stazioni di ciascun sottobacino risultano di gran lunga dominanti i taxa marini occasionali, con l'unica eccezione della stazione CA, la più distante dalla bocca a mare, nel sottobacino centrale. Nella laguna settentrionale, le uova di migratori marini sono state rinvenute quasi esclusivamente nelle stazioni collocate in mare e in bocca di porto. Al contrario, in laguna di Chioggia il contributo dei taxa di migratori marini alla composizione percentuale del popolamento è, nel complesso, maggiore nelle stazioni lagunari che in quelle marine o di bocca.

CORILA
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

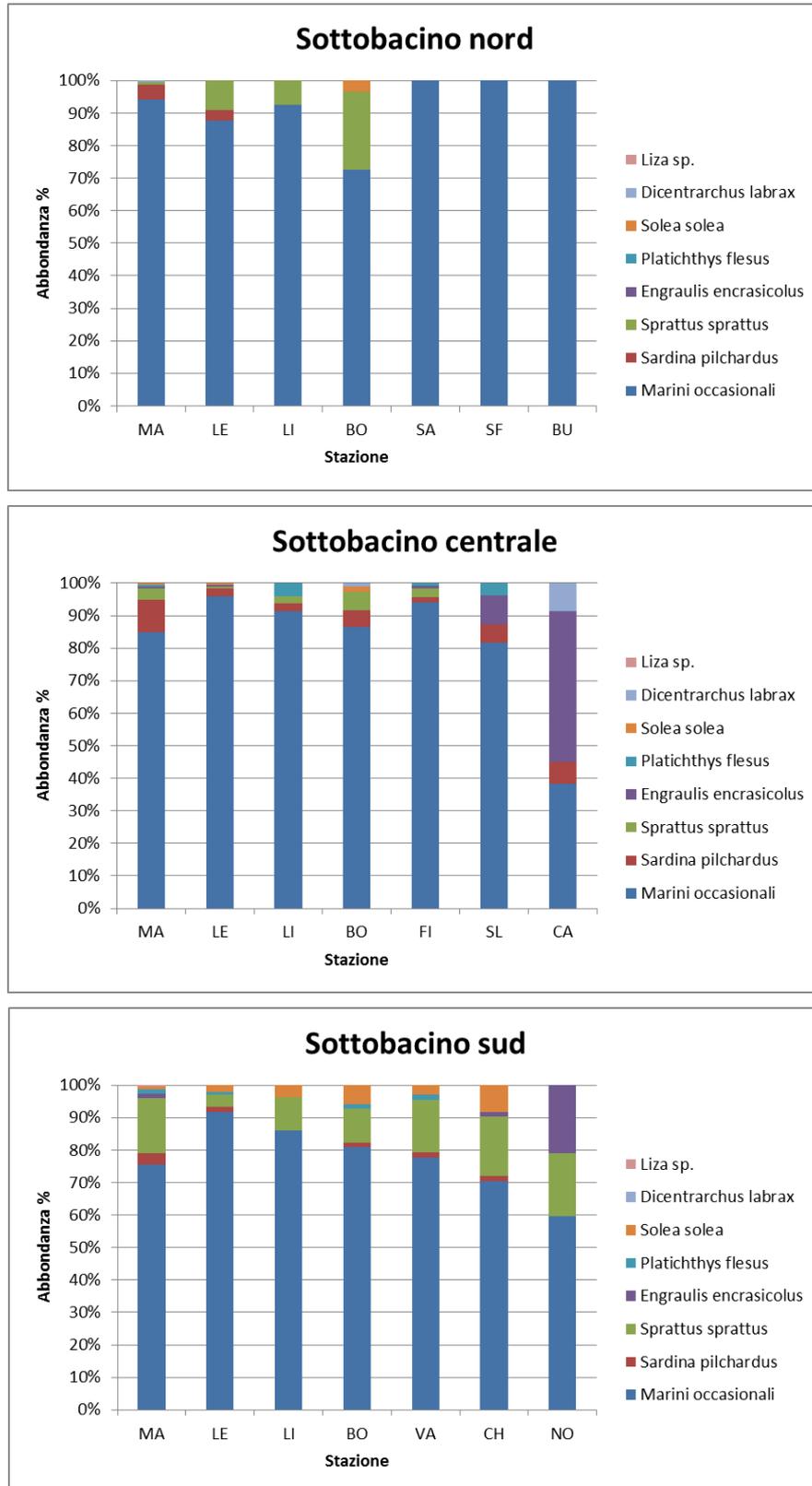


Figura 10. Abbondanze percentuali calcolate sulle densità medie totali di uova per stazione di campionamento, separatamente per sottobacino.

Anche nel caso delle larve, è evidenziabile una variazione temporale della composizione del popolamento ittioplanctonico (fig. 11). Le principali differenze fra sottobacini sono state osservate

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

nella prima campagna di campionamento (tardo autunno): nel sottobacino settentrionale il popolamento larvale è risultato composto dallo spratto (*S. sprattus*) e, in minor misura, dall'acciuga (*Engraulis encrasicolus*), mentre in quello centrale sono state rinvenute esclusivamente larve di gobiidi. È da sottolineare l'assenza di larve di teleostei nei campioni autunnali provenienti dal sottobacino meridionale.

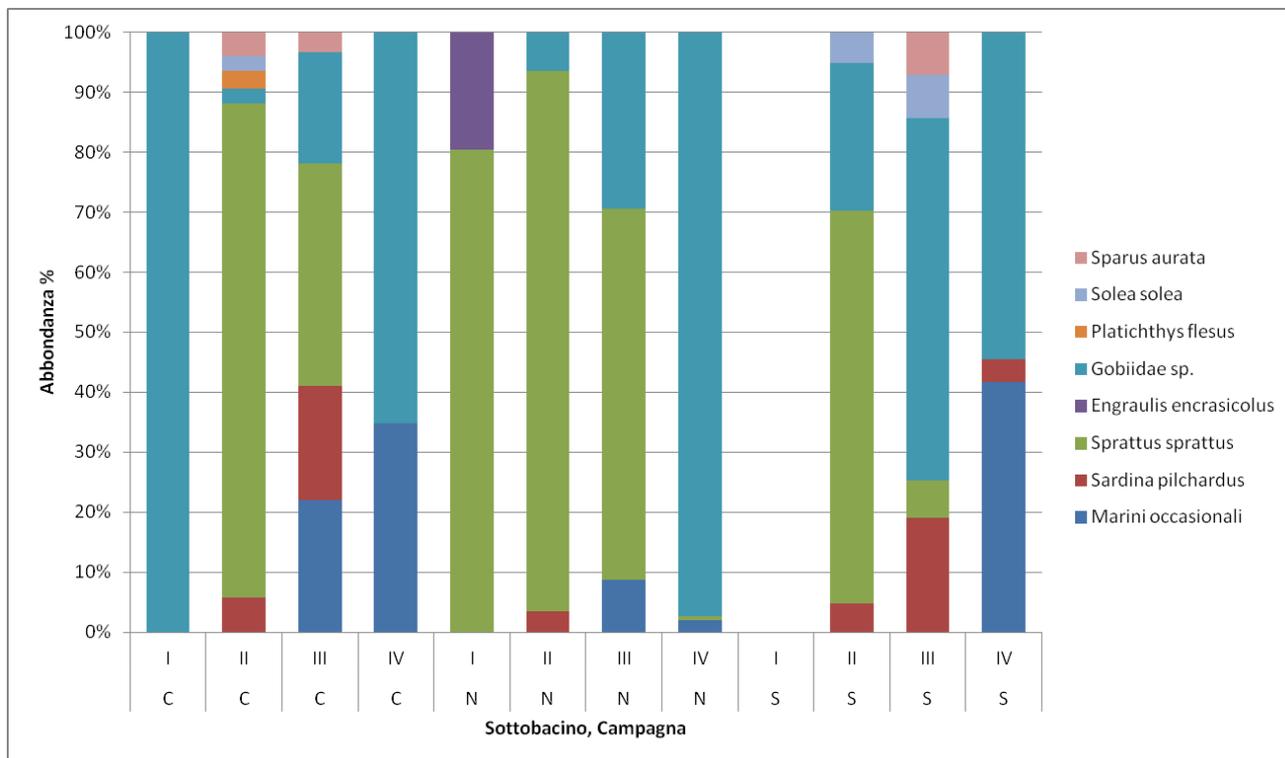


Figura 11. Abbondanze percentuali calcolate sulle densità medie totali di larve per campagna, separatamente per sottobacino (C = sottobacino centrale; N = sottobacino nord; S = sottobacino sud).

Durante le campagne invernali (II e III), il popolamento larvale è risultato caratterizzato soprattutto dalle presenze di migratori giovanili, con la dominanza dello spratto in tutti i sottobacini e in entrambe le campagne di campionamento, con la sola eccezione di IIIS (fig. 11). Da segnalare anche le presenze di larve di orata (*Sparus aurata*) e di sogliola (*Solea solea*) nei sottobacini centrale e meridionale, e della passera (*Platichthys flesus*) nel solo sottobacino centrale (fig. 11).

Infine, nell'ultima campagna di campionamento il popolamento larvale risulta costituito pressoché esclusivamente da taxa residenti (Gobiidae) e marini occasionali (fig. 11).

Sono inoltre evidenziabili differenze nella composizione % del popolamento larvale delle diverse stazioni, dopo aver mediato assieme i valori di densità riscontrati nelle diverse campagne separatamente per ciascun sottobacino (fig. 12). Nel sottobacino settentrionale si osserva una progressiva diminuzione dell'importanza nel popolamento delle larve di *S. sprattus*, e un corrispondente aumento dell'abbondanza percentuale delle larve di Gobiidae man mano che si procede dalle stazioni marine a quelle di bocca e lagunari.

CORILA
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

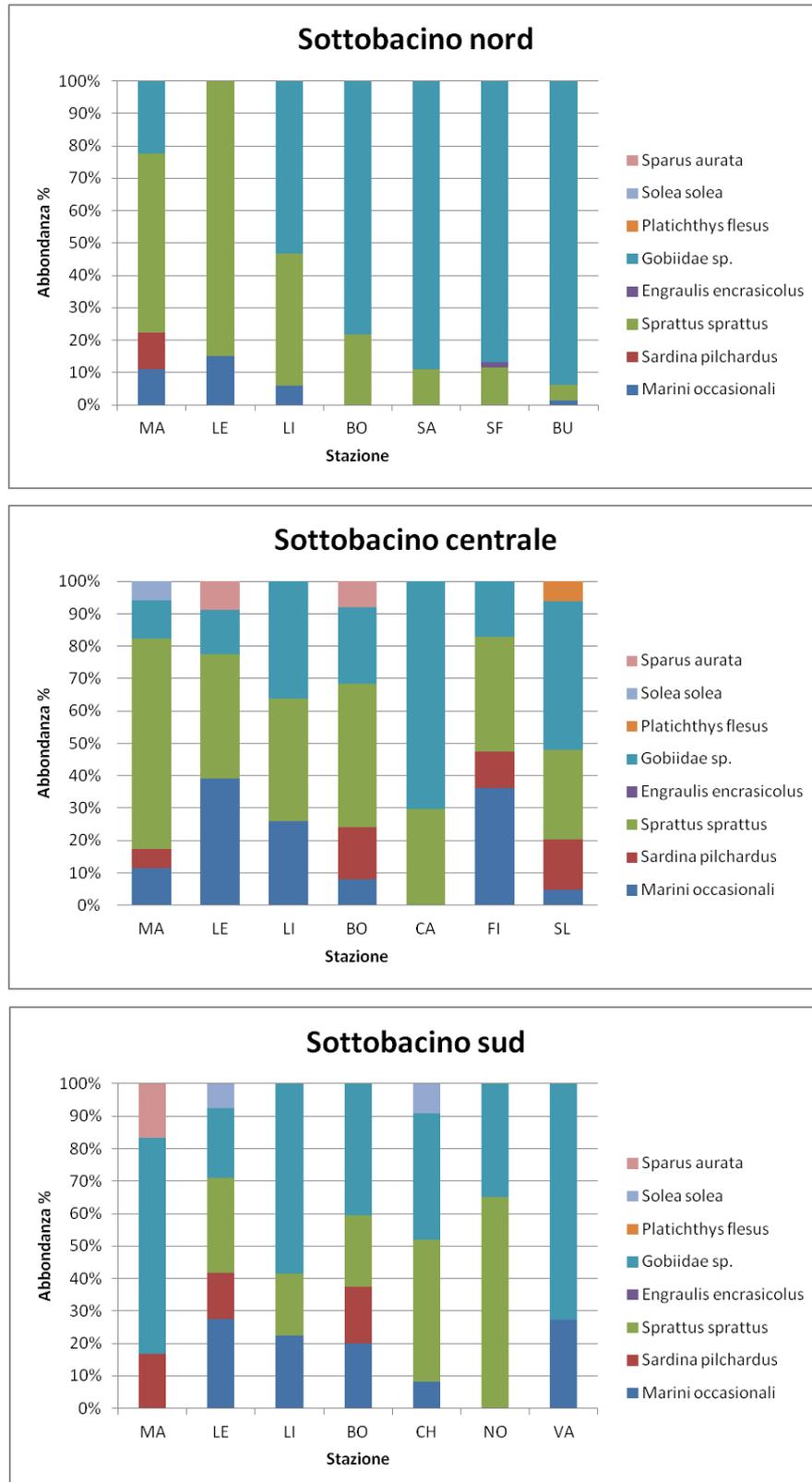


Figura 12. Abbondanze percentuali calcolate sulle densità medie totali di larve per stazione di campionamento, separatamente per sottobacino.

Anche nel sottobacino centrale si evidenzia un progressivo aumento dell'importanza delle larve di Gobiidae lungo un gradiente che va dalle stazioni marine a quelle lagunari più confinate; in questo

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

caso, però, non è evidente una diminuzione dell'abbondanza % delle larve di spratto lungo lo stesso gradiente, come invece osservato in laguna nord. Infine, nel sottobacino meridionale non risulta evidenziabile un pattern di distribuzione riconducibile ad un gradiente mare-laguna.

Per evidenziare eventuali differenze di distribuzione dell'ittioplancton tra il mare e la laguna, sono stati poi confrontati i dati medi di densità sia per campagna di campionamento e per sottobacino, che per sottobacino e per posizione rispetto alla bocca di porto (tab. 11).

Tabella 11. Risultati del test chi-quadro sulla devianza per i GLM per i confronti tra campagne e sottobacini e tra sottobacini e posizioni, effettuato confrontando le densità medie di uova e larve calcolate per l'intero popolamento, per la sola componente dei migratori e per *Sprattus sprattus*. * = risultato del test significativo per $P < 0.05$, n.s. = risultato del test non significativo. Le statistiche associate ai test sono riportate in appendice.

Fattore	Uova totali	Uova migratori	Larve totali	Larve migratori	Uova <i>S. sprattus</i>	Larve <i>S. sprattus</i>
Campagna	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Sottobacino	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Campagna x sottobacino	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Posizione	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Sottobacino	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Posizione x sottobacino	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

In tutti e tre i bacini è possibile osservare un significativo aumento (tab. 11) della densità totale di uova nel tempo (fig. 13A) e una loro diminuzione procedendo dal mare verso la laguna (fig. 13B).

Non sono evidenziabili invece differenze significative fra i tre sottobacini lagunari. Nel caso delle uova dei migratori marini nel loro complesso (fig. 13C-D) non sono evidenziabili differenze significative tra campagne di campionamento, tra sottobacini o tra posizioni (tab. 11). Differenze sempre non significative sono riscontrabili anche quando si considera il taxon del migratore marino più abbondante nei campioni di ittioplancton, e cioè lo spratto (fig. 14, 15; tab. 11).

L'assenza di differenze statisticamente significative nel caso dei migratori marini è probabilmente riconducibile al fatto che le presenze delle uova di questi organismi sono risultate caratterizzate da un'elevata variabilità, sia in termini temporali che spaziali (fig. 13C-D, 14, 15). I diversi taxon di migratori marini sono risultati presenti nei campioni in periodi differenti, probabilmente in relazione alle caratteristiche fenologiche delle singole specie.

Seppure le differenze non siano risultate significative, si possono comunque fare alcune considerazioni. Nel complesso la laguna nord è quella che ha presentato sia il minor numero di taxa che le minori abbondanze medie di migratori marini; in questo sottobacino non sono state rinvenute uova di questo gruppo all'interno dell'ambiente lagunare (fig. 13D). In laguna centrale, le maggiori abbondanze di uova (soprattutto *S. pilchardus* e *E. encrasicolus*) sono state osservate a fine primavera; le abbondanze sono risultate maggiori in mare (soprattutto *S. pilchardus*) e in bocca di porto (in particolare, *S. pilchardus* e *S. sprattus*) piuttosto che in laguna (*E. encrasicolus*) (fig. 15). Infine, in laguna meridionale le uova di migratori marini sono risultate più abbondanti nella seconda campagna (in primis *S. sprattus*, ma anche *Solea solea*) e in mare (*S. sprattus*, *S. pilchardus* e *S. solea*) (fig. 14, 15).

CORILA
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

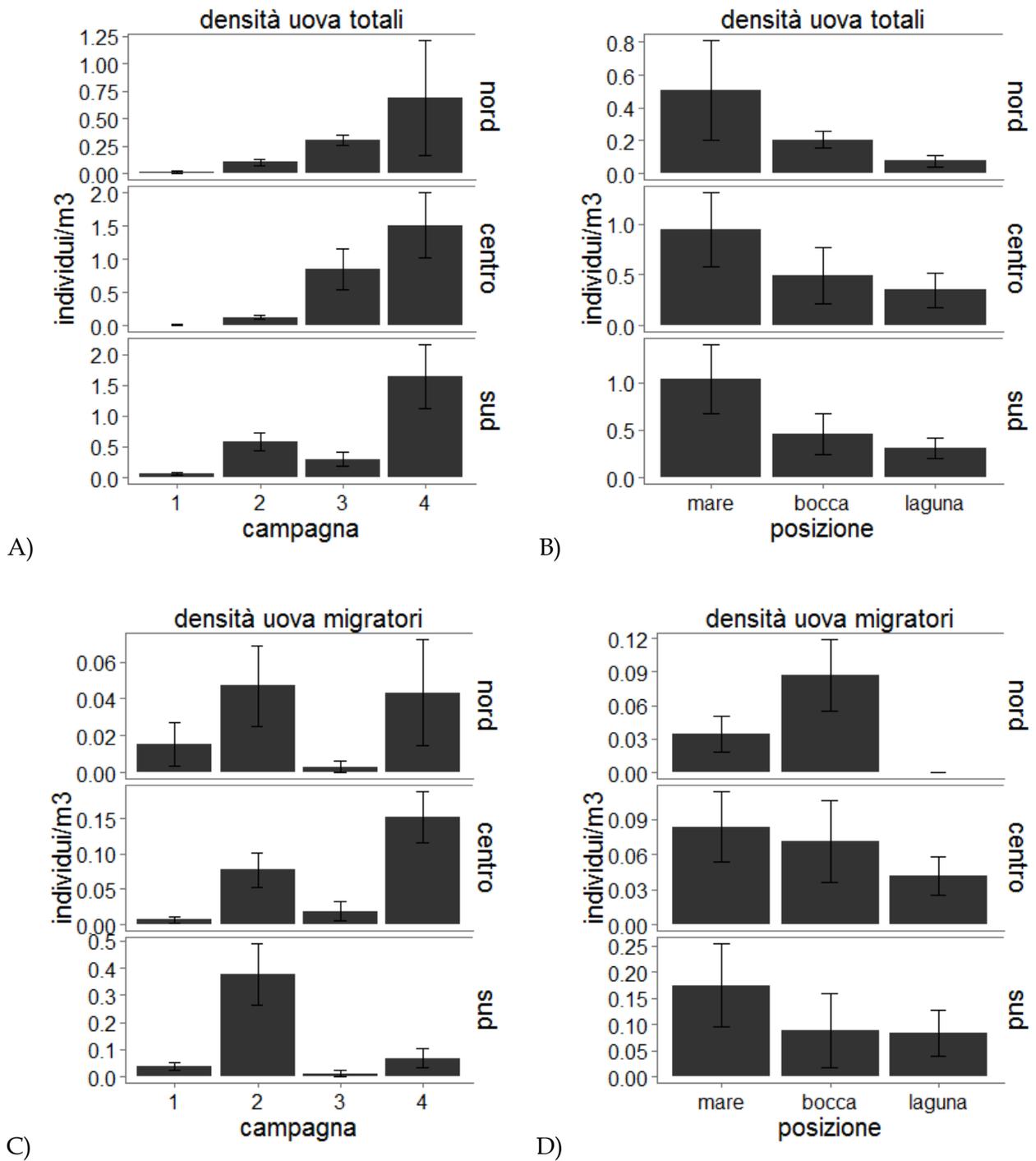


Figura 13. Densità medie delle uova totali (A, B) e delle uova di migratori marini (C, D) raggruppate per campagna (A, C) e per posizione (B, D).

CORILA
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

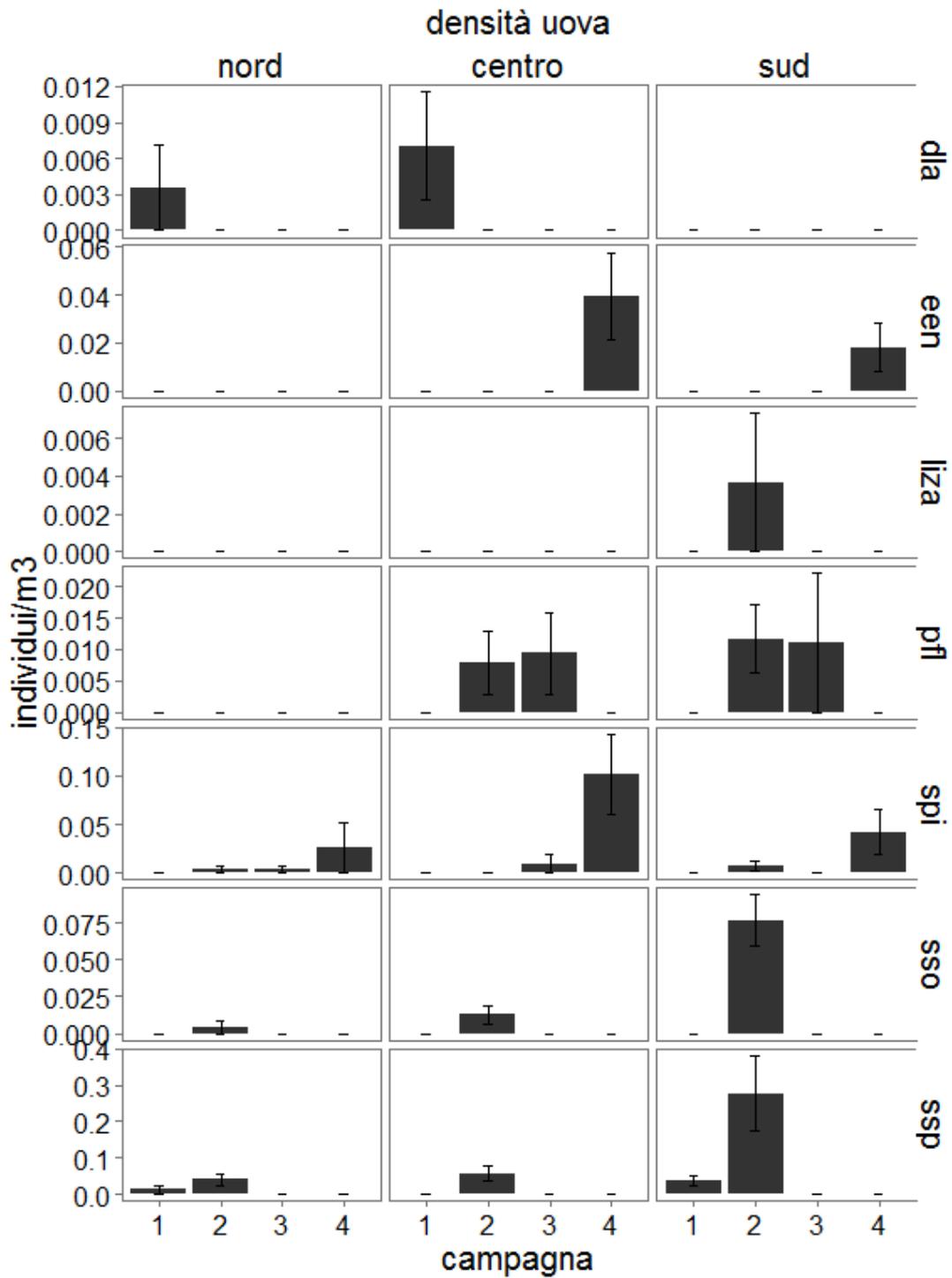


Figura 14. Densità medie delle uova dei taxa migratori marini campionati, raggruppate per sottobacino e per campagna.

CORILA
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

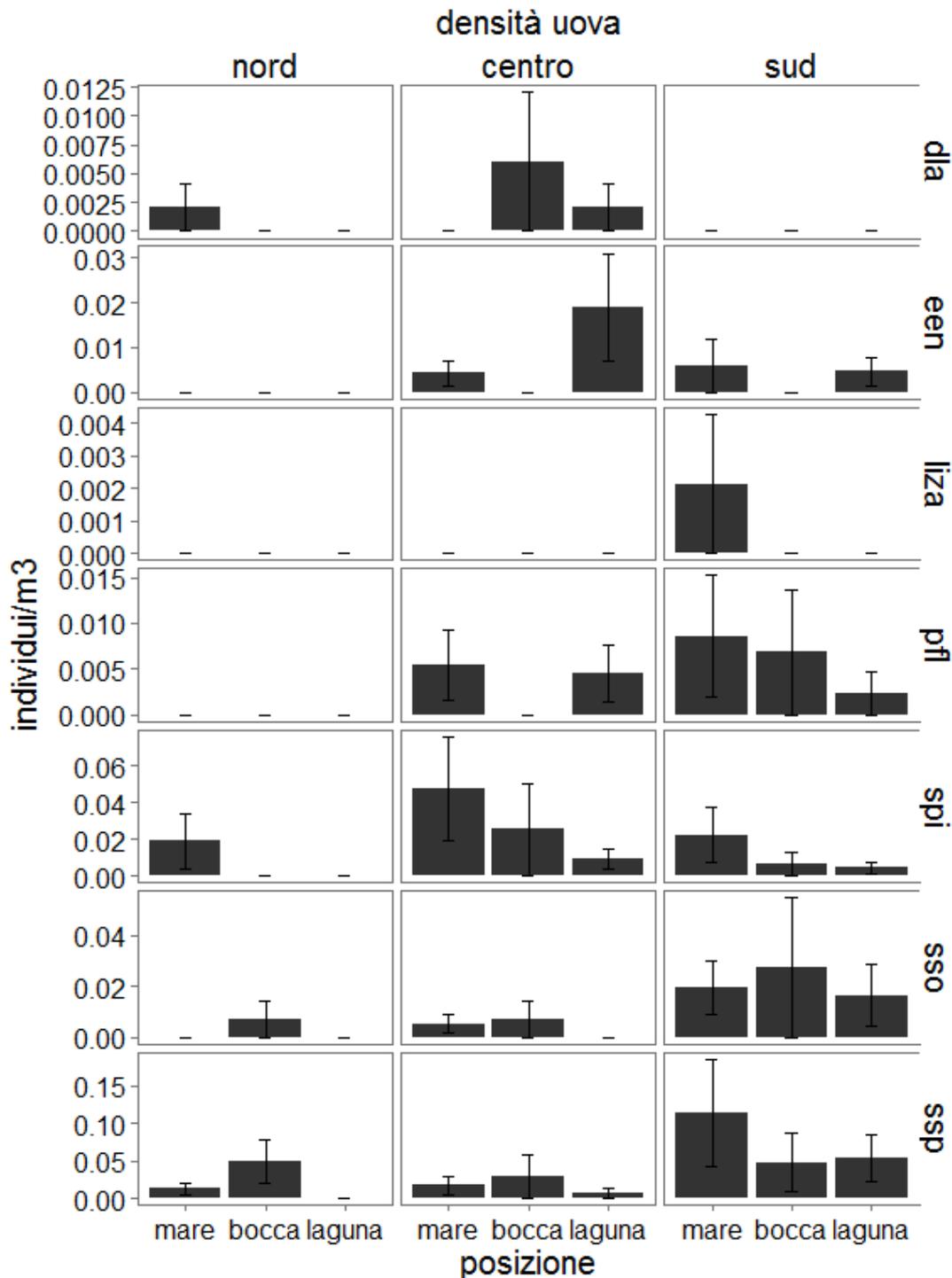


Figura 15. Densità medie delle uova dei taxa migratori marini campionati, raggruppate per sottobacino e per posizione.

Le larve sono state rinvenute di norma con densità medie minori rispetto a quelle delle uova, sia nel caso del popolamento larvale totale che relativamente ai soli migratori marini (fig. 13, 16). Nel caso dello spratto, le densità delle larve sono risultate confrontabili a quelle delle uova nei sottobacini settentrionale e centrale, mentre in laguna sud sono state osservate densità di larve inferiori di circa un ordine di grandezza a quelle delle uova (fig. 17, 18).

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Nel caso delle larve non sono risultate esserci differenze significative tra campagne, sottobacini e posizioni né in termini di densità medie totali né nel caso dei soli migratori marini (totale mm e *S. sprattus*, tab. 11). Come già osservato nel caso delle uova, anche per le larve è evidenziabile una elevata variabilità dei valori di densità sia nel tempo che nello spazio (fig. 16, 17, 18).

Per quanto riguarda le densità medie totali di larve, valori molto bassi sono stati osservati nella prima campagna di campionamento (nel sottobacino meridionale non sono state campionate larve a fine autunno) (fig. 16). Nel sottobacino nord i valori di densità sono risultati molto bassi anche durante le campagne invernali, per poi mostrare un picco assoluto nell'ultima campagna di campionamento, in corrispondenza di un picco di densità delle larve di gobidi (fig. 11); in questo sottobacino, le densità totali medie sono risultate maggiori all'interno dell'ambiente lagunare (fig. 16B). Negli altri due sottobacini, le densità medie totali di larve sono risultate sostanzialmente confrontabili tra le ultime tre campagne di campionamento e tra le diverse posizioni rispetto alla bocca a mare (fig. 16A-B). Le densità medie di larve di migratori marini hanno mostrato valori sostanzialmente confrontabili nei tre differenti sottobacini: i valori più elevati sono stati osservati in corrispondenza della prima campagna invernale, mentre le densità medie risultano sostanzialmente confrontabili nelle tre differenti posizioni (fig. 16D). Il taxon di migratori marini di gran lunga più abbondante nel popolamento larvale è risultato lo spratto: i valori medi di densità più elevati sono stati osservati nei sottobacini settentrionale e centrale durante la seconda campagna di campionamento (fig. 17). Le larve di *S. pilchardus* sono risultate relativamente abbondanti nei sottobacini centrale e meridionale, con picchi di presenze alla fine dell'inverno (fig. 17); mentre nel sottobacino centrale le larve di sardina sono state catturate soprattutto in bocca di porto e all'interno dell'ambiente lagunare, nel sottobacino meridionale questo taxon non è stato rinvenuto nelle stazioni lagunari (fig. 18). Le larve degli altri taxa di migratori marini catturati sono state rinvenute nei campioni solo occasionalmente e con valori medi di densità molto bassi (fig. 17, 18).

CORILA
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

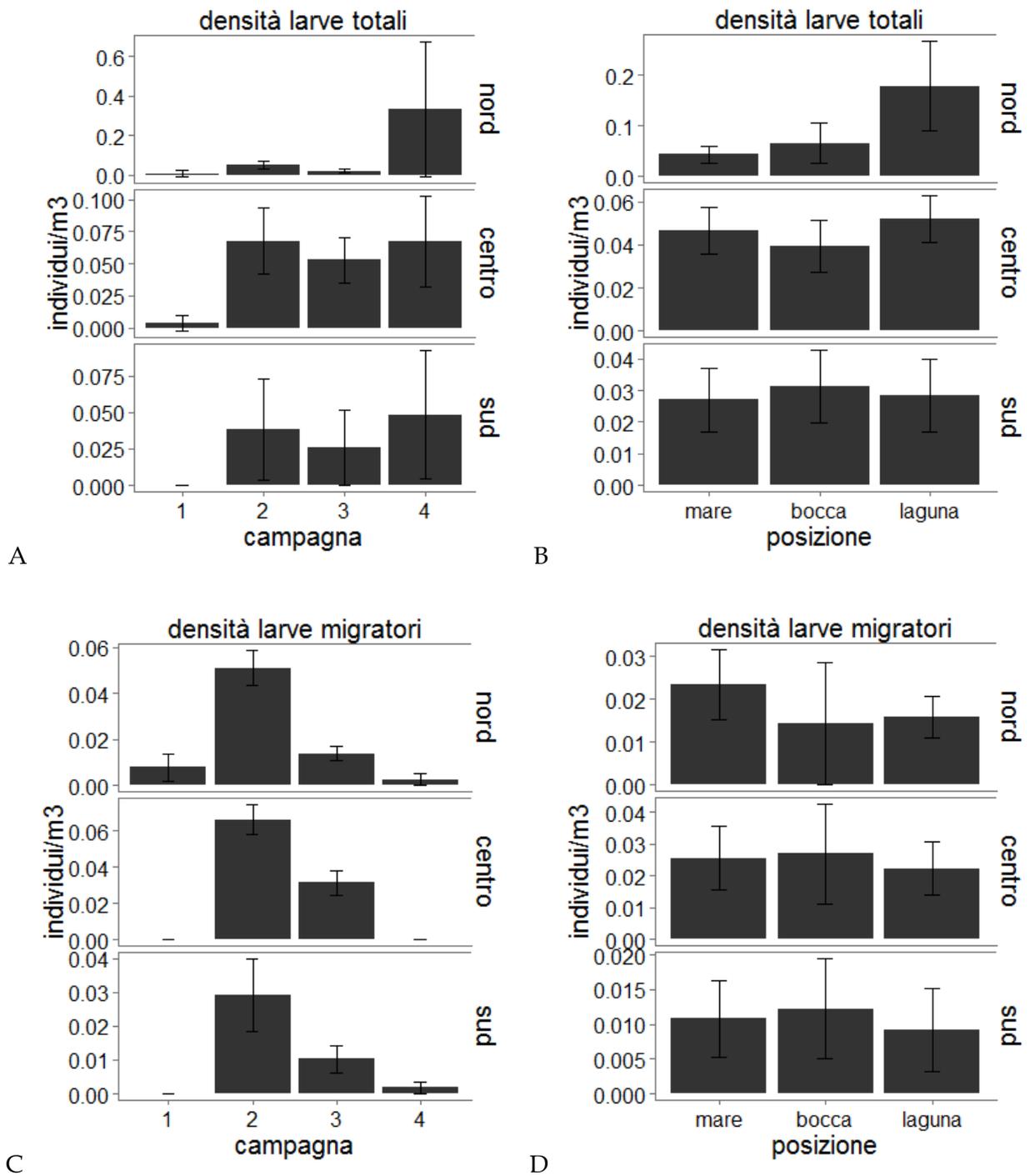


Figura 16. Densità medie delle larve totali (A, B) e delle larve di migratori marini (C, D) raggruppate per campagna (A, C) e per posizione (B, D).

CORILA
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

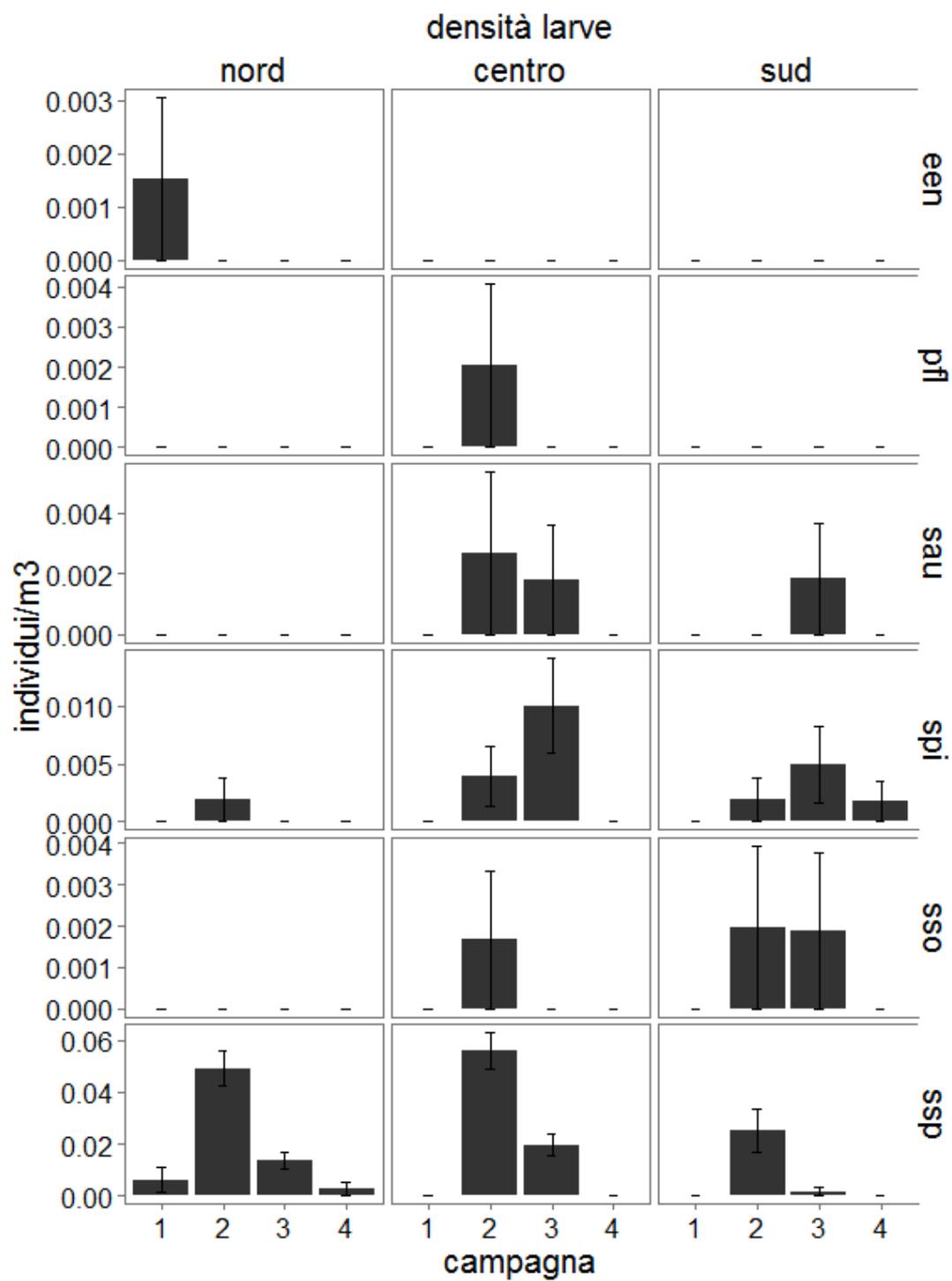


Figura 17. Densità medie delle larve dei taxa migratori marini campionati, raggruppate per sottobacino e per campagna.

CORILA
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

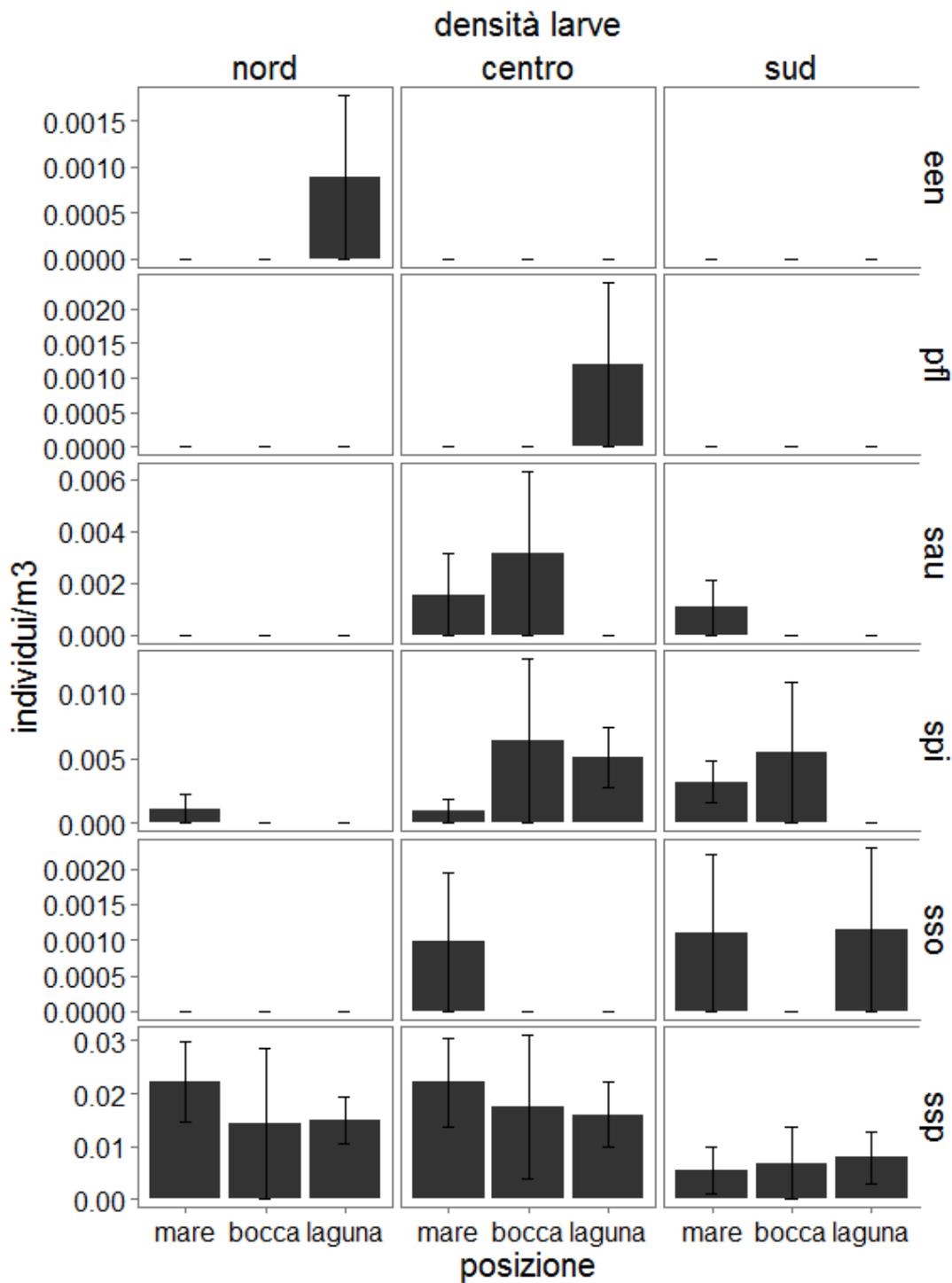


Figura 18. Densità medie delle larve dei taxa migratori marini campionati, raggruppate per sottobacino e per posizione.

Le densità misurate nelle quattro campagne sono state utilizzate (in questo caso considerando le stazioni di bocca come interne alla laguna) per calcolare l'indice di colonizzazione (tab. 12). Questo indice è stato calcolato separatamente per uova e larve, sia sull'intera comunità ittioplanctonica sia sulla sola componente migratrice.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Tabella 12. Indice di colonizzazione calcolato separatamente per uova e larve.

sottobacino	campagna	uova			larve		
		totale	migratori	<i>S. sprattus</i>	totale	migratori	<i>S. sprattus</i>
nord	1	0.72	0.72	1.00	0.73	0.73	0.67
	2	0.31	0.36	0.35	0.37	0.37	0.39
	3	0.38	0.00	--	0.62	0.42	0.42
	4	0.06	0.33	--	0.87	0.00	0.00
centro	1	0.61	1.00	--	0.43	--	--
	2	0.45	0.44	0.42	0.45	0.46	0.45
	3	0.24	0.00	--	0.53	0.52	0.35
	4	0.30	0.36	--	0.57	--	--
sud	1	0.48	0.24	0.24	--	--	--
	2	0.34	0.36	0.32	0.49	0.54	0.56
	3	0.20	0.00	--	0.37	0.39	1.00
	4	0.22	0.23	--	0.63	0.00	--

L'indice presenta valori superiori a 0.5, ad indicare un accumulo di organismi all'interno delle acque lagunari, solamente nella prima campagna (ad eccezione del sottobacino sud), sia per le uova totali (fig. 19A) che per quelle dei soli migratori marini (fig. 19B). L'accumulo di uova in entrambi i casi diminuisce nel tempo. In particolare, nel corso della terza campagna le uova di specie migratrici sono state rinvenute solo in stazioni all'esterno della laguna.

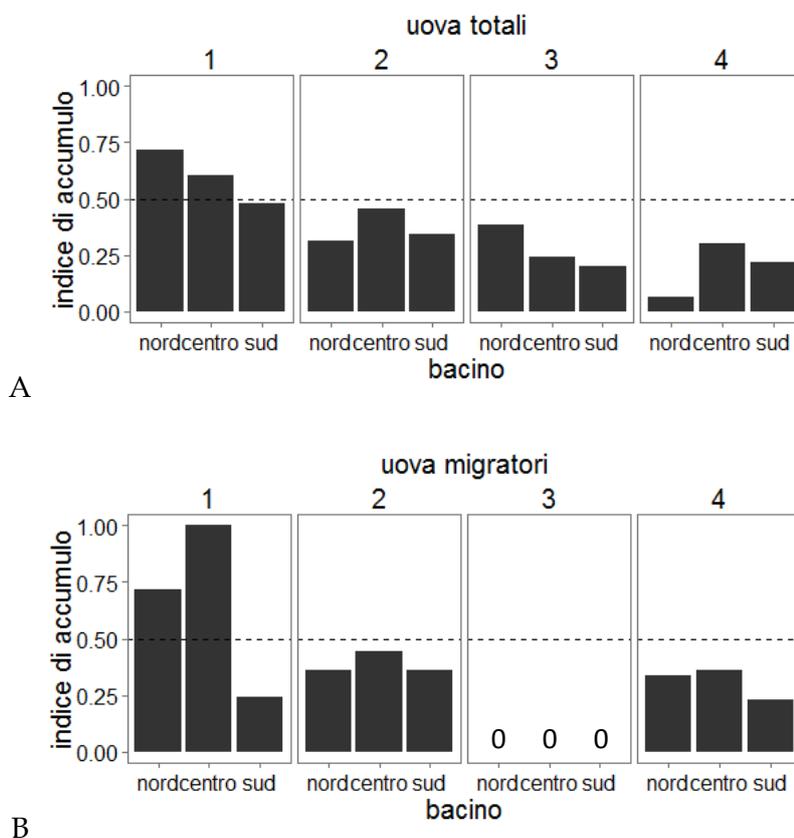


Figura 19. Indice di colonizzazione calcolato separatamente per uova totali (A) e per uova di migratori marini (B), suddiviso per campagna e per posizione. 0 = uova trovate solo in mare.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Per quanto riguarda le larve, l'indice calcolato sull'intera comunità ittioplanctonica (fig. 20A) mostra valori inferiori alla soglia di 0.5 nelle prime due campagne, ad eccezione del sottobacino nord nella prima campagna. Contrariamente a quanto osservato per le uova, i valori aumentano però nel tempo, superando lo 0.5 nei bacini settentrionale e centrale nella terza campagna, fino a mostrare un accumulo di larve in tutti e tre i bacini nel corso dell'ultima campagna di campionamento.

Nel caso delle larve dei soli migratori (fig. 20B) invece, l'indice supera ampiamente il valore di 0.5 solo nel sottobacino nord durante la prima campagna. Valori leggermente superiori alla soglia si osservano poi esclusivamente nel sottobacino sud (seconda campagna) e sottobacino centrale (terza campagna).

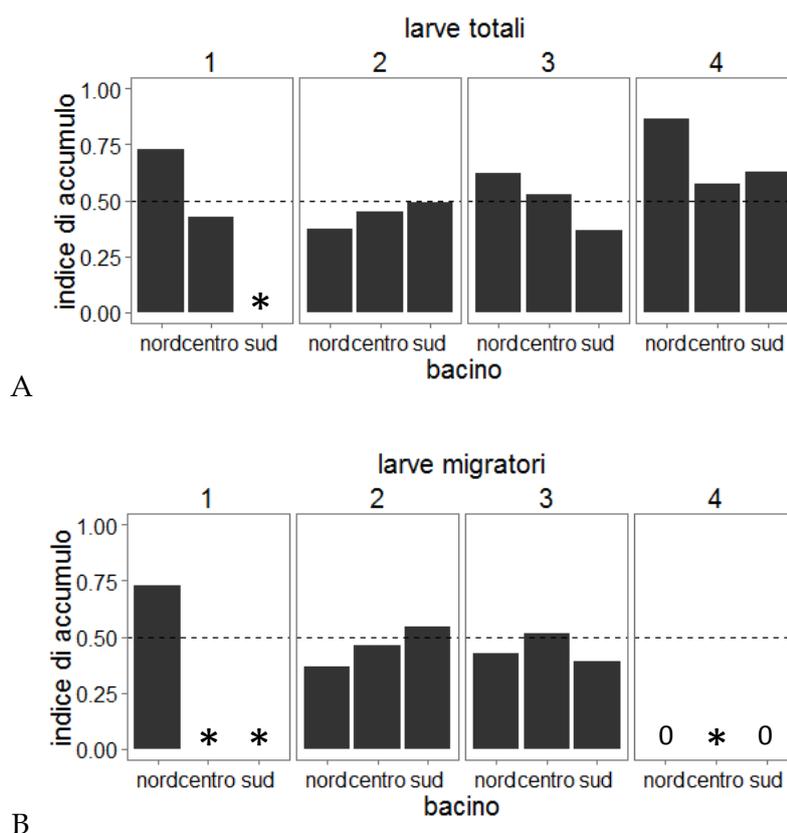


Figura 20. Indice di colonizzazione calcolato separatamente per larve totali (A) e per larve di migratori marini (B), suddiviso per campagna e per posizione. 0 = larve trovate solo in mare; * = nessuna larva campionata nel transetto, indice non calcolabile.

L'indice di accumulo è stato calcolato anche per lo spratto (fig. 21), che è risultato essere il taxon di migratori marini più abbondante e frequente all'interno della comunità ittioplanctonica. Le uova di questa specie sono state rinvenute soltanto nelle prime due campagne di campionamento: solo il sottobacino nord durante la prima campagna sembra mostrare una capacità ritentiva nei confronti delle uova di spratto.

Per quanto riguarda le larve di spratto (fig. 21B), queste sono state campionate in tutte le campagne di campionamento. L'indice di accumulo mostra come queste sembrano concentrarsi nel sottobacino nord durante la prima campagna e nel sottobacino sud nella seconda e terza campagna. Nell'ultima campagna di campionamento, le larve di spratto sono state rinvenute soltanto nel sottobacino nord ed esclusivamente nelle stazioni marine.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

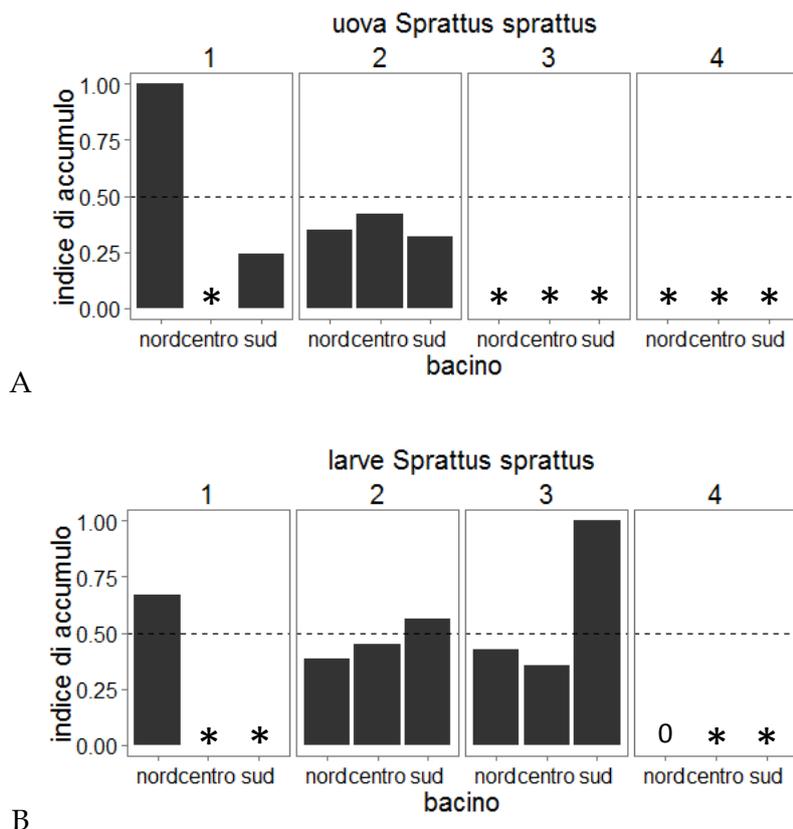


Figura 21. Indice di colonizzazione calcolato separatamente per le uova (A) e le larve (B) di *Sprattus sprattus*, suddiviso per campagna e per posizione. 0 = larve trovate solo in mare; * = nessun uovo/larva campionata nel transetto, indice non calcolabile.

3.2 Monitoraggio del popolamento ittico di basso fondale

I parametri ambientali raccolti nelle 15 stazioni campionate con sciabica hanno evidenziato delle differenze tra bacini, soprattutto per quanto riguarda la temperatura (tab. 13), che, al di là del normale incremento stagionale, nel sottobacino sud non presenta l'inversione del gradiente termico mare-laguna osservabile invece nei bacini nord e centrale tra la I e la II campagna. Per quanto riguarda la salinità (tab. 13), ad eccezione della II campagna nel sottobacino nord, i valori decrescono, come atteso, procedendo dal mare verso la gronda lagunare. Anche nel caso della torbidità (tab. 13), il sottobacino sud si differenzia dagli altri due sottobacini per una maggiore variabilità lungo il gradiente esplorato. In generale, comunque, lungo tutti e tre i transetti campionati si osserva un aumento, oltre che della torbidità, anche delle concentrazioni di ossigeno disciolto (tab. 13) e clorofilla (tab. 13). Come per la salinità, anche la concentrazione di clorofilla mostra un pattern spaziale opposto lungo il gradiente mare-laguna durante la II campagna nel sottobacino nord.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Tabella 13. Parametri ambientali registrati nelle 15 stazioni campionate con sciabica durante le 3 campagne, suddivisi per sottobacino lagunare.

Temperatura (° C)						
sottobacino nord						
campagna	PS	SN	BA	CR	SC	
I	10.91	11.50	10.71	9.56	8.82	
II	12.47	12.93	11.23	12.43	13.69	
III	16.23	16.23	18.94	20.72	22.40	
sottobacino centrale						
campagna	AL	MU	OT	RA	LT	
I	9.95	10.31	9.22	9.27	8.40	
II	10.27	11.58	10.51	10.04	12.84	
III	15.36	16.25	18.20	17.25	20.88	
sottobacino sud						
campagna	CA	SM	PC	TR	VD	
I	8.89	9.53	9.86	11.56	10.65	
II	11.82	11.72	11.31	14.36	12.75	
III	16.00	16.00	19.22	22.08	22.26	
Salinità (psu)						
sottobacino nord						
campagna	PS	SN	BA	CR	SC	
I	42.35	40.60	39.13	31.84	34.78	
II	28.67	33.48	38.18	36.06	37.51	
III	36.80	39.32	38.93	35.66	33.74	
sottobacino centrale						
campagna	AL	MU	OT	RA	LT	
I	39.36	39.52	33.75	32.74	23.77	
II	40.10	40.71	34.87	32.32	31.72	
III	37.11	35.86	39.96	39.65	33.71	
sottobacino sud						
campagna	CA	SM	PC	TR	VD	
I	35.16	38.35	39.60	25.73	23.60	
II	40.08	38.01	37.72	33.26	32.23	
III	41.02	41.02	39.20	29.91	29.06	

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Ossigeno disciolto (% saturazione)						
sottobacino nord						
campagna	PS	SN	BA	CR	SC	
I	90.2	91.7	98.16	99.06	94.78	
II	98.7	98.9	83.47	101.80	119.51	
III	98.99	97.79	173.58	124.74	135.35	
sottobacino centrale						
campagna	AL	MU	OT	RA	LT	
I	95.7	95.5	95.5	96.27	84.96	
II	90.0	88.6	98.3	94.2	89.30	
III	112.7	112.0	121.3	113.76	123.36	
sottobacino sud						
campagna	CA	SM	PC	TR	VD	
I	91.1	90.9	87.87	120.37	93.41	
II	92.1	93.4	91.75	118.9	112.41	
III	102.8	102.77	117.56	106.51	90.93	
Torbidità (ftu)						
sottobacino nord						
campagna	PS	SN	BA	CR	SC	
I	24.3	107	1.44	5.79	5.72	
II	4.4	12.3	2.6	5.73	4.41	
III	3.81	10.09	3.14	6.88	10.90	
sottobacino centrale						
campagna	AL	MU	OT	RA	LT	
I	5.8	22.3	10.6	12.24	13.37	
II	5.5	20.4	3.0	4.09	14.62	
III	0.9	1.3	5.9	19.62	12.54	
sottobacino sud						
campagna	CA	SM	PC	TR	VD	
I	2.5	5.8	17.06	9.57	4.12	
II	14.5	19.7	10.06	27.89	16.92	
III	2.00	1.96	5.56	10.60	18.68	
Clorofilla ($\mu\text{g L}^{-1}$)						
sottobacino nord						
campagna	PS	SN	BA	CR	SC	
I	0.69	2.87	0.78	0.77	0.89	
II	1.41	1.36	0.77	0.73	0.47	
III	1.36	0.95	0.46	1.40	1.43	
sottobacino centrale						
campagna	AL	MU	OT	RA	LT	
I	1.18	2.37	1.02	1.33	1.66	
II	0.31	0.35	0.29	0.57	1.18	
III	0.8	1.37	0.79	1.09	1.37	
sottobacino sud						
campagna	CA	SM	PC	TR	VD	
I	0.93	1.16	0.92	1.14	1.61	
II	0.88	1.15	1.84	1.52	3.17	
III	0.8	0.52	1.25	2.03	2.59	

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

L'analisi delle componenti principali (fig. 22A) effettuata su questi dati spiega il 64.8% della varianza complessiva. Di questa, il primo asse spiega il 33.5%, e risulta correlato principalmente con la temperatura e l'ossigeno disciolto, permettendo di distinguere piuttosto chiaramente le tre campagne di campionamento. Gli altri tre parametri ambientali (salinità, torbidità e clorofilla) risultano invece maggiormente correlati con il secondo asse, che spiega il 31.3% della variabilità complessiva e lungo il quale è possibile riconoscere, soprattutto per la III e, in parte, anche per la I campagna, un tipico gradiente che, procedendo dal mare verso le aree lagunari più confinate, vede una diminuzione della salinità e un aumento della torbidità e della concentrazione di clorofilla. Anche in questo caso, come per uova e larve, l'analisi multivariata non ha riscontrato differenze sostanziali fra i tre sottobacini lagunari (fig. 22B).

CORILA
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

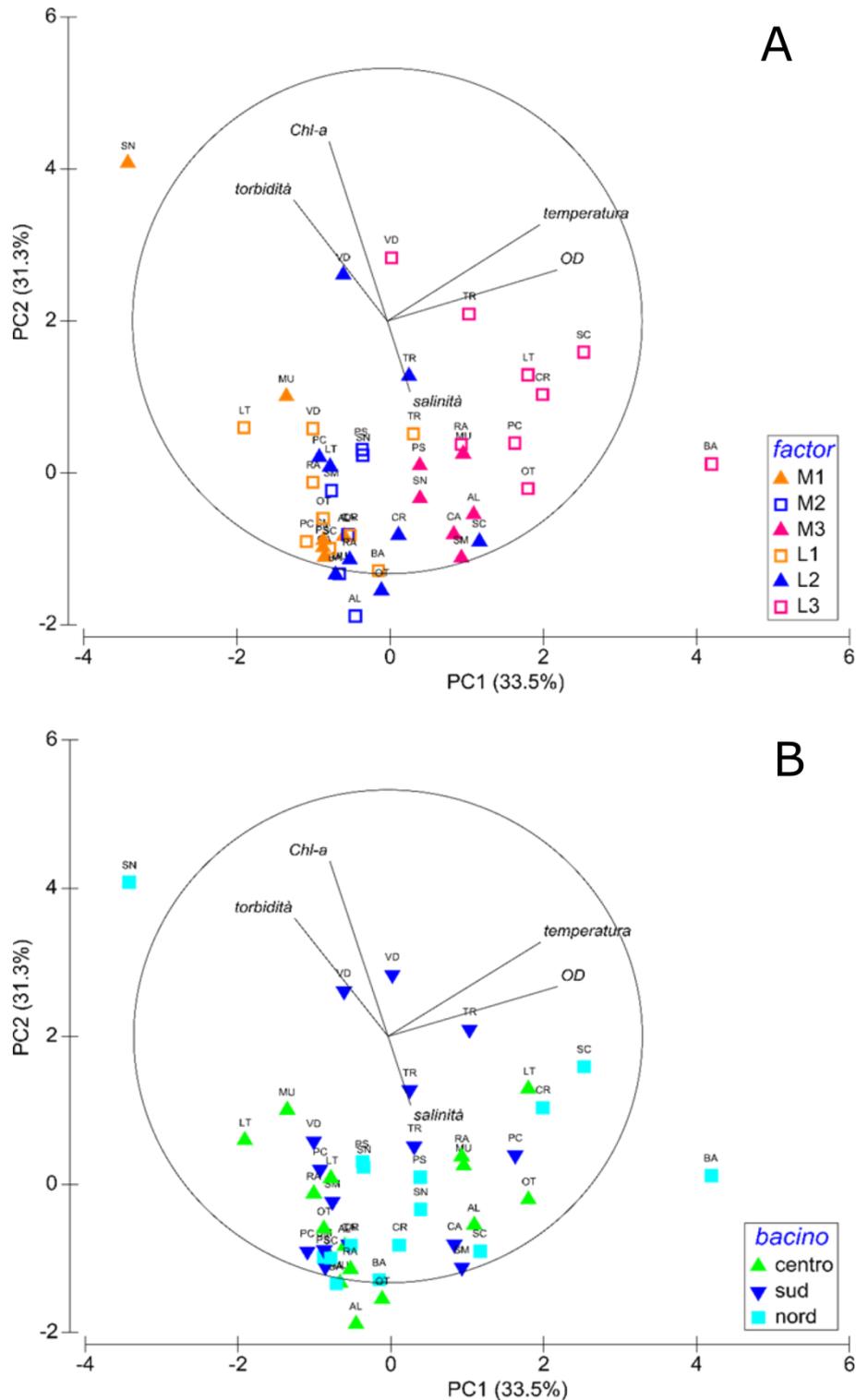


Figura 22. Ordinamento mediante PCA delle stazioni campionate con sciabica basato sui parametri ambientali registrati durante i campionamenti. In A sono state evidenziate le tre campagne (1, 2, 3) e le due posizioni (M = mare, L = laguna). In B sono stati evidenziati i tre sottobacini lagunari.

L'analisi dei campioni raccolti con la sciabica ha determinato l'identificazione di 29 specie di teleostei, appartenenti a 14 famiglie (tab. 14). Le specie campionate sono state raggruppate in tre guild funzionali: 11 (*A. boyeri*, *S. pavo*, *A. fasciatus*, *K. panizzae*, *P. canestrinii*, *P. marmoratus*, *Z. ophiocephalus*, *N. ophidion*, *S. abaster*, *S. taenionotus* e *S. typhle*) appartengono alla guild dei residenti

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

estuarini, cinque (*S. rhombus*, *B. boops*, *D. puntazzo*, *S. salpa*, *C. lucerna*) a quella delle specie marine occasionali e 12 (*S. pilchardus*, *S. sprattus*, *E. encrasicolus*, *P. minutus*, *D. labrax*, *C. labrosus*, *L. aurata*, *L. ramada*, *L. saliens*, *P. flesus*, *S. solea*, *S. aurata*) a quella dei migratori marini.

Tabella 14. Lista dei taxa ritrovati durante i campionamenti con sciabica. In grassetto sono evidenziati i migratori marini. r = residenti, mm = migratori marini, ms = marini occasionali.

Famiglia	Taxon	Guild	Sigla
Atherinidae	<i>Atherina boyeri</i>	r	ABO
Blenniidae	<i>Salaria pavo</i>	r	SPA
Clupeidae	<i>Sardina pilchardus</i>	mm	SPI
	<i>Sprattus sprattus</i>	mm	SSP
Cyprinodontidae	<i>Aphanius fasciatus</i>	r	APFA
Engraulidae	<i>Engraulis encrasicolus</i>	mm	EEN
Gobiidae	<i>Knipowitschia panizzae</i>	r	KPA
	<i>Pomatoschistus canestrinii</i>	r	PCA
	<i>Pomatoschistus marmoratus</i>	r	PMA
	<i>Pomatoschistus minutus</i>	mm	PMI
	<i>Zosterisessor ophiocephalus</i>	r	ZOP
Moronidae	<i>Dicentrarchus labrax</i>	mm	DLA
Mugilidae	<i>Chelon labrosus</i>	mm	CLA
	<i>Liza aurata</i>	mm	LAU
	<i>Liza ramada</i>	mm	LRA
	<i>Liza saliens</i>	mm	LSA
	<i>Platichthys flesus</i>	mm	PFL
Scophthalmidae	<i>Scophthalmus rhombus</i>	ms	SRH
Soleidae	<i>Solea solea</i>	mm	SSO
Sparidae	<i>Boops boops</i>	ms	BBO
	<i>Diplodus puntazzo</i>	ms	DPU
	<i>Sarpa salpa</i>	ms	SSA
	<i>Sparus aurata</i>	mm	SAU
	<i>Nerophis ophidion</i>	r	NOP
Syngnathidae	<i>Syngnathus abaster</i>	r	SAB
	<i>Syngnathus taenionotus</i>	r	STA
	<i>Syngnathus typhle</i>	r	STY
	<i>Chelidonichthys lucerna</i>	ms	CLU

Per valutare le variazioni nel tempo della composizione del popolamento ittico di ciascun sottobacino, sono state calcolate le abbondanze percentuali delle singole specie dopo aver cumulato assieme per data di campionamento le densità (numero di individui/100 m²) registrate nelle diverse stazioni di campionamento. Nel sottobacino settentrionale, il popolamento ittico è risultato dominato da specie di residenti lagunari (soprattutto *A. boyeri*) nelle prime due campagne di campionamento; la composizione del popolamento cambia invece nell'ultima campagna, quando diventa dominante la categoria dei migratori marini, con gli avannotti dei mugilidi *L. ramada* e *L. aurata* che costituiscono rispettivamente circa il 50% ed il 30% del popolamento ittico (fig. 23). Nel sottobacino centrale, il popolamento ittico risulta dominato dalle specie di migratori marini nella prima (soprattutto *L. aurata* e *L. ramada*) e nella terza campagna di campionamento (*L. ramada* e, in minor misura, *S. aurata*); nella seconda campagna invece, il popolamento ittico risulta composto per il 60% di specie residenti (con *A. boyeri* largamente dominante). Infine, in laguna sud il popolamento ittico è risultato largamente dominato dai migratori marini nella prima (*L. saliens*) e nella seconda campagna (*L. ramada*); nell'ultima data di campionamento, il contributo alla

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

composizione del popolamento fornito complessivamente da residenti (*A. fasciatus* e *A. boyeri*) e migratori giovanili (*L. ramada*, *S. aurata* e *L. aurata*) è risultato confrontabile (fig. 23).

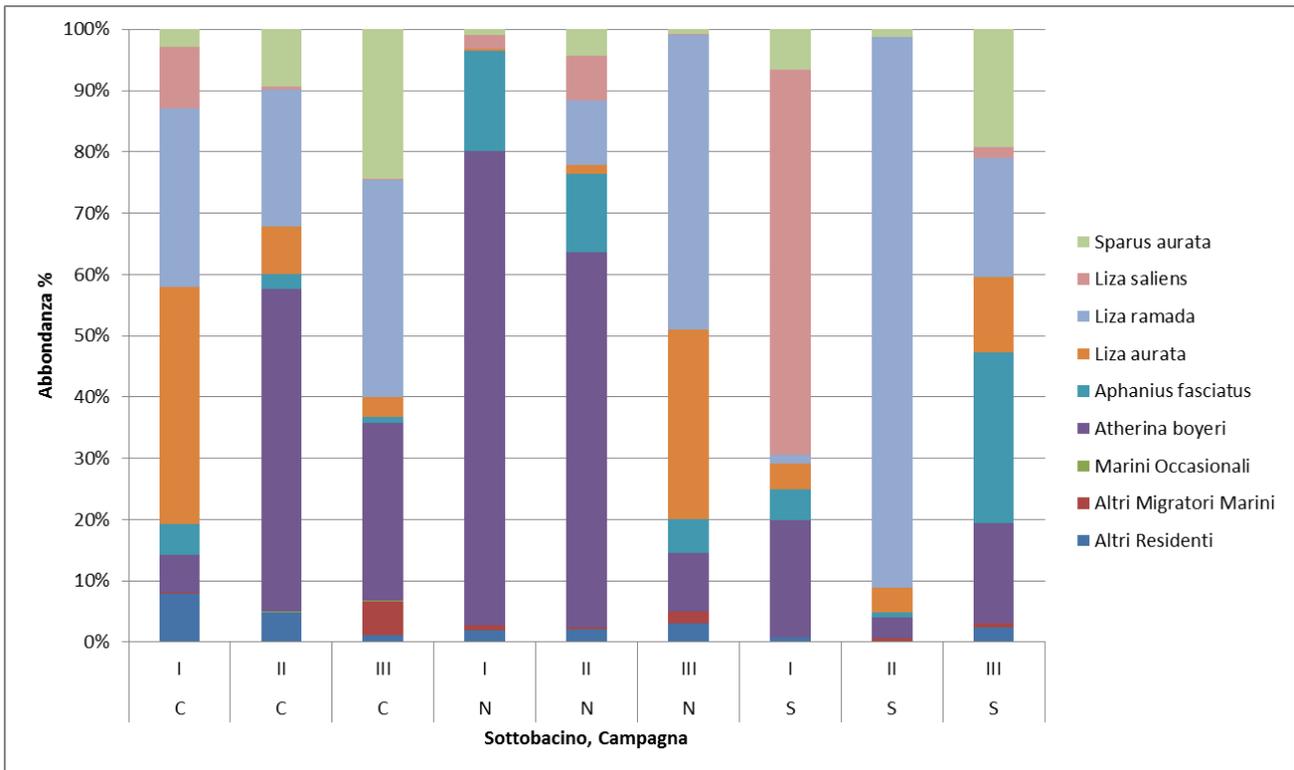


Figura 23. Abbondanze percentuali calcolate sulle densità medie totali di individui campionati con sciabica per campagna, separatamente per sottobacino (C = sottobacino centrale; N = sottobacino nord; S = sottobacino sud).

Per evidenziare eventuali differenze spaziali nella composizione in specie del popolamento di basso fondale all'interno di ciascun sottobacino lagunare, sono state calcolate le abbondanze percentuali dei diversi taxa dopo aver cumulato assieme per stazione di campionamento le densità (numero di individui/100 m²) registrate nelle diverse date di campionamento (fig. 24). Nei sottobacini centrale e meridionale, il popolamento ittico delle stazioni a mare è risultato essere più o meno largamente dominato dalle specie di migratori marini (soprattutto *L. ramada*, ma anche *S. aurata* e *L. aurata*); nel sottobacino settentrionale invece, il popolamento ittico delle stazioni marine è risultato ampiamente dominato da *A. boyeri* (fig. 24).

CORILA
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

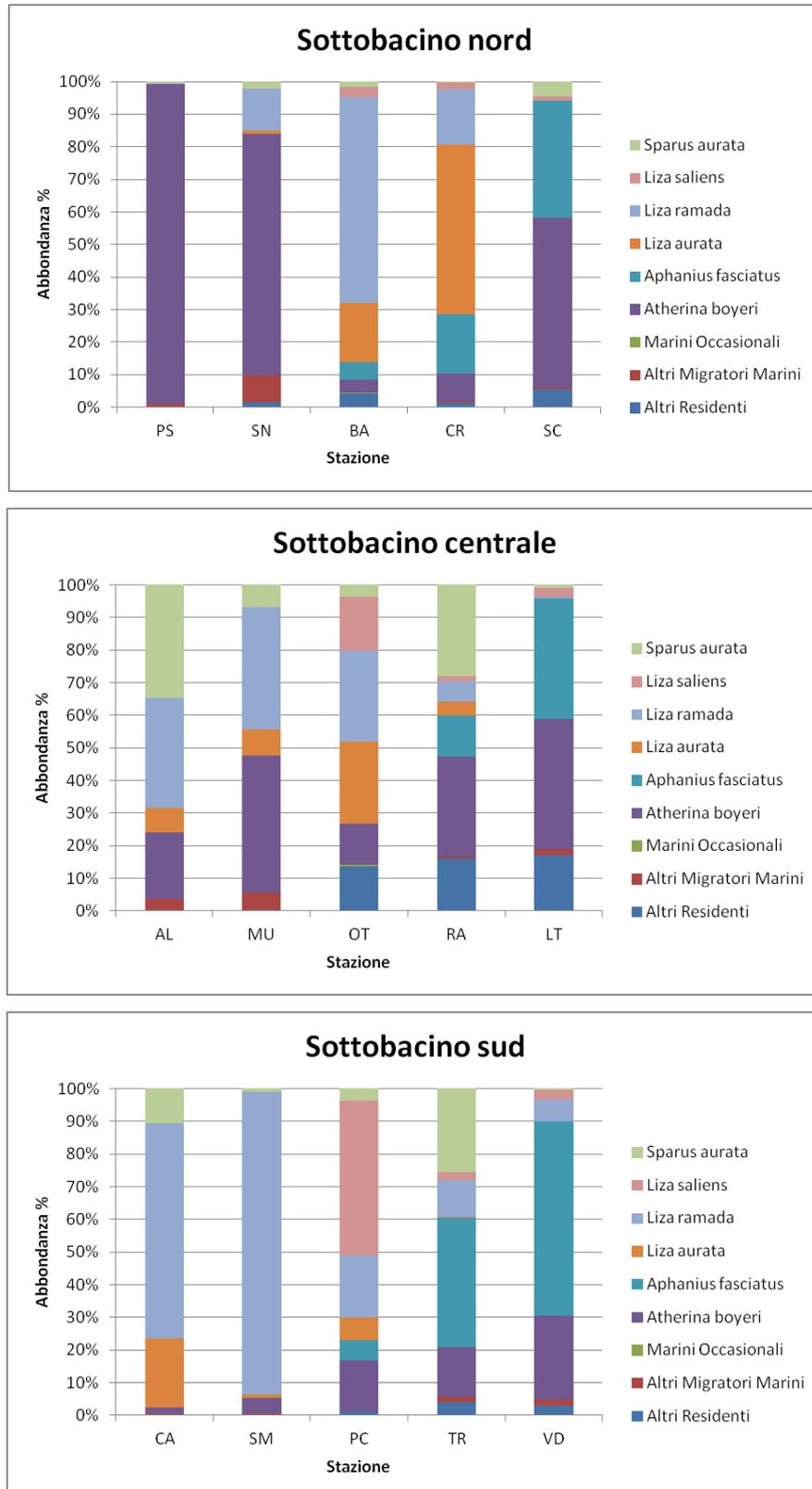


Figura 24. Abbondanze percentuali calcolate sulle densità medie totali di individui campionati con sciabica per stazione, separatamente per sottobacino.

In tutti e tre i sottobacini lagunari, le stazioni lagunari più distanti dalla bocca porto lungo un ideale gradiente mare-laguna (SC in laguna nord, RA e LT in laguna centrale, TR e VD in laguna

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

sud; fig. 1, 2, 3), collocate in aree più o meno confinate rispetto ai flussi mareali in entrata dalle bocche stesse, sono risultate caratterizzate da un popolamento ittico più o meno largamente dominato dalle specie residenti (soprattutto *A. fasciatus* e *A. boyeri*) (fig. 24). Nel popolamento ittico delle stazioni lagunari prossime alle bocche di porto e direttamente influenzate dalle stesse (BA e CR in laguna nord, OT in laguna centrale, PC in laguna sud; fig. 1, 2, 3), sono risultate di gran lunga dominanti i migratori giovanili (postlarve e giovanili di *Liza* spp.) (fig. 24).

Come nel caso di uova e larve, anche per i campioni di sciabica le densità delle specie catturate sono stata analizzate osservandone sia l'andamento temporale nelle tre campagne che la distribuzione spaziale, mediando le densità registrate nelle singole stazioni in base alla loro posizione (tab. 7). Le densità dell'intera comunità ittica (fig. 25) hanno mostrato differenze significative tra campagne e posizioni, con pattern differenti nei tre sottobacini lagunari (tab. 15). La terza campagna è quella che ha mostrato le densità più elevate nei sottobacini settentrionale e centrale, mentre nel sottobacino sud le densità più elevate sono state osservate durante la seconda campagna, per poi scendere nella campagna seguente a valori confrontabili con quelli della prima. Diversamente dai sottobacini centrale e meridionale, dove le densità più elevate sono state osservate in mare, nel sottobacino nord, caratterizzato da densità generalmente inferiori, mediamente sono stati catturati più organismi all'interno della laguna.

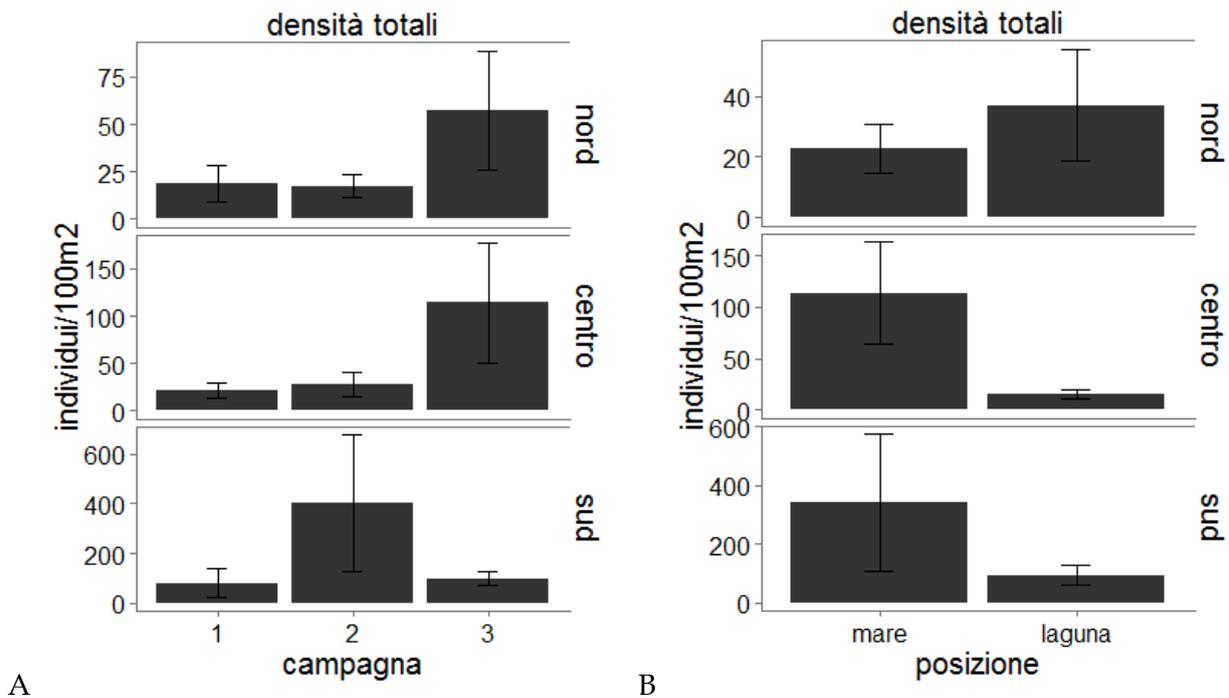


Figura 25. Densità medie degli individui totali campionati con sciabica raggruppate per campagna (A) e per posizione (B).

Considerando solo la guild dei migratori marini, si possono osservare gli stessi trend temporali e spaziali (fig. 26) mostrati dal popolamento nel suo complesso, ma con differenze in alcuni casi più marcate tra campagne e posizioni, anche in questo caso statisticamente significative (tab. 15).

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

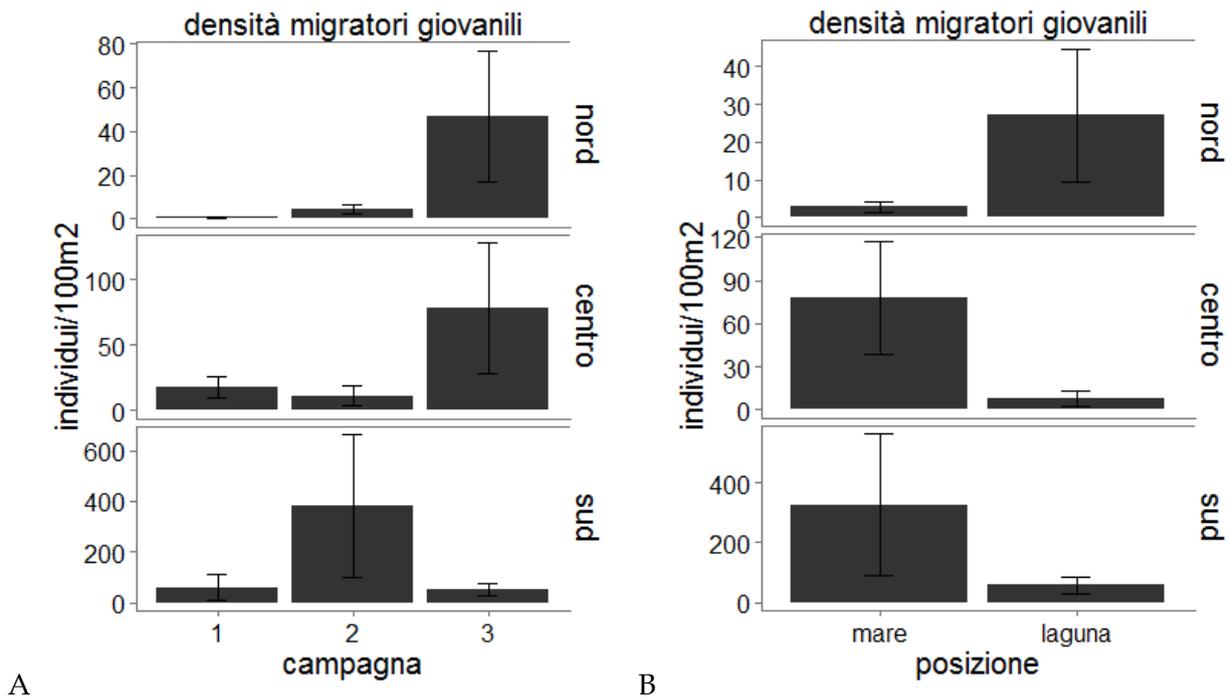


Figura 26. Densità medie degli individui migratori marini campionati con sciabica raggruppate per campagna (A) e per posizione (B).

Quattro specie di migratori marini (fig. 27) dominano in termini di abbondanza e frequenza di rinvenimento questa guild: il cefalo dorato *L. aurata*, il cefalo calamita *L. ramada*, il cefalo verzelata *L. saliens* e l'orata *S. aurata*. *L. aurata* e *L. ramada* presentano densità significativamente differenti tra campagne e posizioni, con pattern differenti nei tre sottobacini (tab. 15). Entrambe presentano densità più elevate in mare nei sottobacini centrale e meridionale, ma non in laguna nord dove queste specie sono risultate presenti con densità maggiori in laguna. Osservando l'andamento temporale delle catture, le densità di *L. aurata* aumentano nel tempo nei sottobacini nord e sud e diminuiscono invece in quello centrale. Le densità di *L. ramada* aumentano nel tempo nei sottobacini nord e centrale, mentre in quello meridionale i valori medi di densità sono risultati maggiori durante la seconda campagna. La terza specie di cefalo, *L. saliens*, è stata invece sempre rinvenuta con densità significativamente più elevate all'interno della laguna, soprattutto durante la I campagna nel sottobacino meridionale (tab. 15). *S. aurata* mostra un significativo aumento nel tempo delle densità nei sottobacini centrale e meridionale, con valori più elevati nelle stazioni a mare in laguna centrale (tab. 15).

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

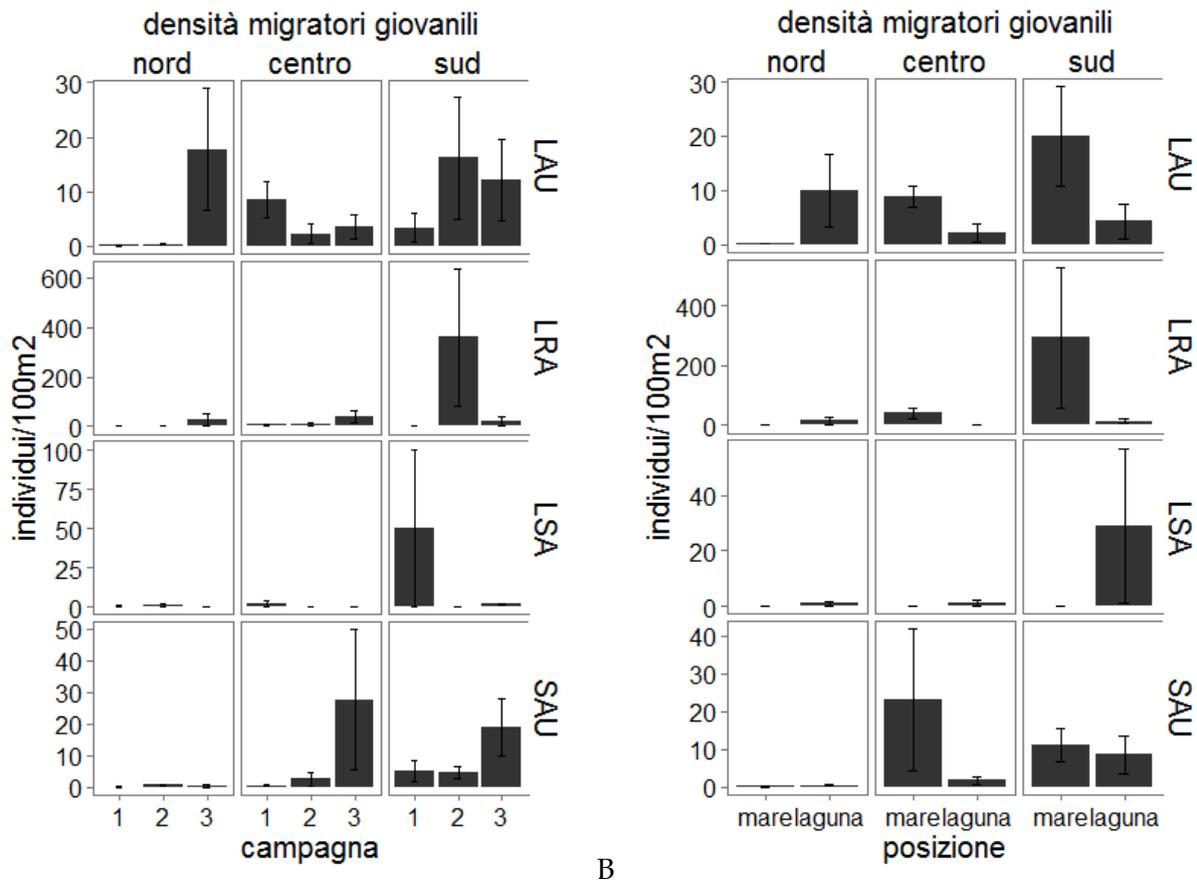


Figura 27. Densità medie di *L. aurata* (LAU), *L. ramada* (LRA), *L. saliens* (LSA) e *S. aurata* (SAU) campionati, suddivisi per sottobacino, raggruppati per campagna (A) e posizione (B).

Tabella 15. Risultati del test chi-quadro sulla devianza per i GLM per i confronti tra campagne e sottobacini e tra sottobacini e posizioni, effettuato confrontando le densità medie di individui campionati con sciabica calcolate per l'intero popolamento, per la sola componente dei migratori e per *L. aurata*, *L. ramada*, *L. saliens* e *S. aurata*. * = risultato del test significativo per $P < 0.05$, n.s. = risultato del test non significativo. Le statistiche associate ai test sono riportate in appendice.

Fattore	Giovanili totali	Giovanili migratori	<i>L. aurata</i>	<i>L. ramada</i>	<i>L. saliens</i>	<i>S. aurata</i>
Campagna	*	*	n.s.	*	*	*
Sottobacino	*	*	n.s.	*	*	*
Campagna x Sottobacino	*	*	*	*	n.s.	n.s.
Posizione	*	*	n.s.	*	*	*
Sottobacino	*	*	n.s.	n.s.	*	*
Posizione x Sottobacino	*	*	*	*	n.s.	*

Le rimanenti specie marine migratrici sono state catturate occasionalmente (fig. 28, 29), soprattutto durante la seconda e la terza campagna di campionamento, solo in uno o due dei sottobacini lagunari e spesso solo in mare, come nel caso di *C. labrosus*, *D. labrax*, *E. encrasicolus*. Mentre *P. flesus* è stato catturato solo in laguna meridionale, *S. pilchardus*, *S. solea* e *S. sprattus* sono state rinvenute sia in mare che in laguna e, nel caso delle ultime due, in tutti e tre i sottobacini.

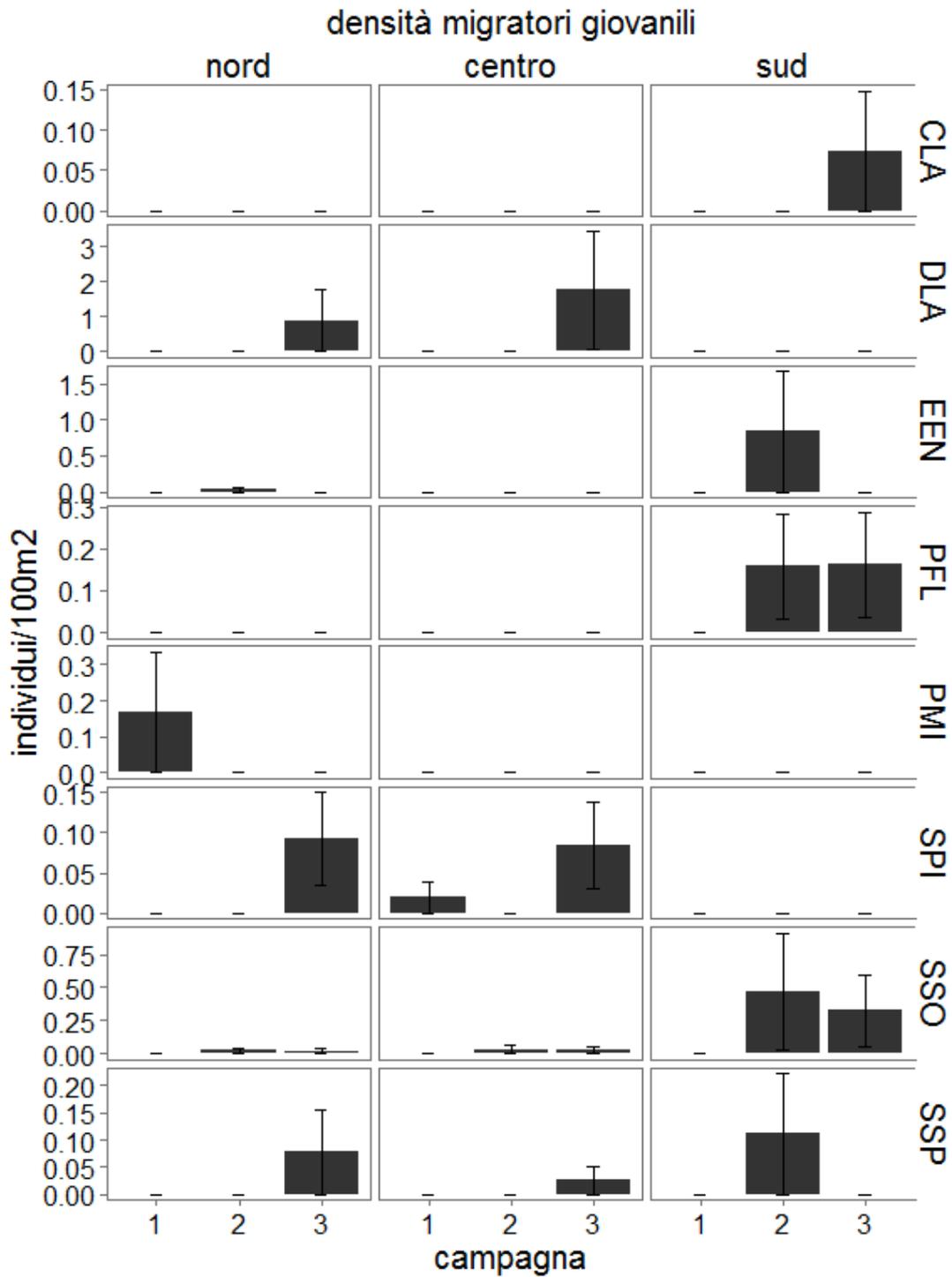


Figura 28. Densità media delle rimanenti specie marine migratrici campionate, raggruppate per sottobacino e per campagna. Per le sigle si veda la tab. 14.

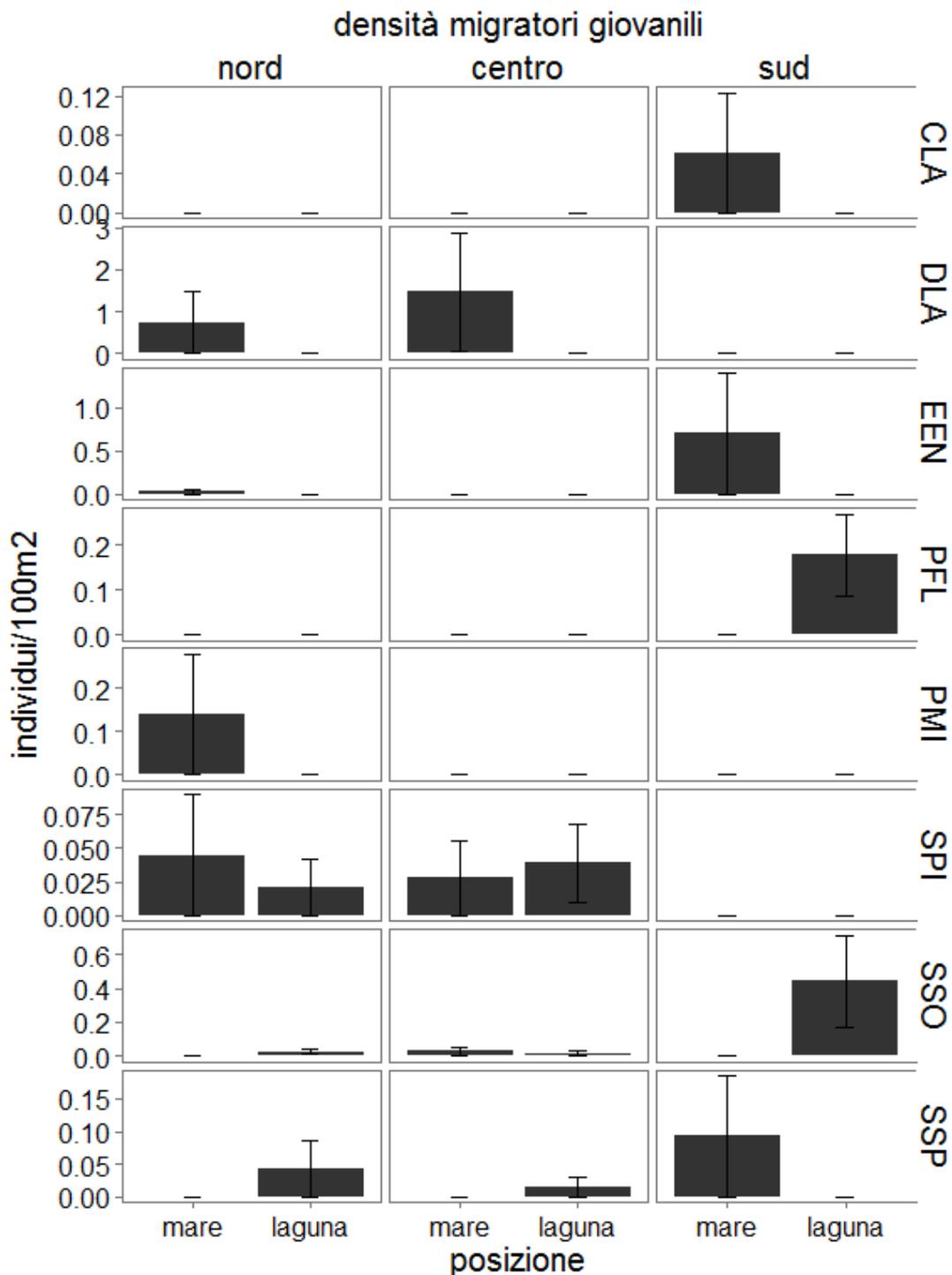


Figura 29. Densità media delle rimanenti specie marine migratrici campionate, raggruppate per sottobacino e per posizione. Per le sigle si veda la tab. 14.

Anche per la comunità nectonica è stato calcolato l'indice di colonizzazione, per valutare in modo sintetico la ripartizione degli organismi campionati fra mare e laguna (tab. 16). Sia per l'intero popolamento ittico (fig. 30A) che per i soli migratori (fig. 30B) l'indice mostra un accumulo di organismi nei sottobacini nord e sud durante la terza campagna (e nel solo sottobacino sud anche nella prima data di campionamento), con valori ben al di sopra della soglia di 0.5. Solo per la

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

componente migratrice, il valore dell'indice risulta di poco superiore alla soglia in laguna nord anche durante le prime due campagne (fig. 30B).

Tabella 16. Indice di colonizzazione calcolato per gli individui campionati con sciabica.

sottobacino	campagna	totale	migratori	<i>L. aurata</i>	<i>L. ramada</i>	<i>L. saliens</i>	<i>S. aurata</i>
nord	1	0.24	0.58	0.44	--	1.00	0.55
	2	0.27	0.52	0.68	0.21	1.00	0.65
	3	0.92	0.95	0.99	0.98	1.00	0.81
centro	1	0.49	0.46	0.32	0.51	0.98	0.62
	2	0.20	0.21	0.09	0.04	1.00	0.86
	3	0.04	0.01	0.01	0.00	1.00	0.01
sud	1	0.71	0.80	0.14	0.22	1.00	0.01
	2	0.05	0.02	0.05	0.01	1.00	0.44
	3	0.71	0.67	0.38	0.97	1.00	0.58

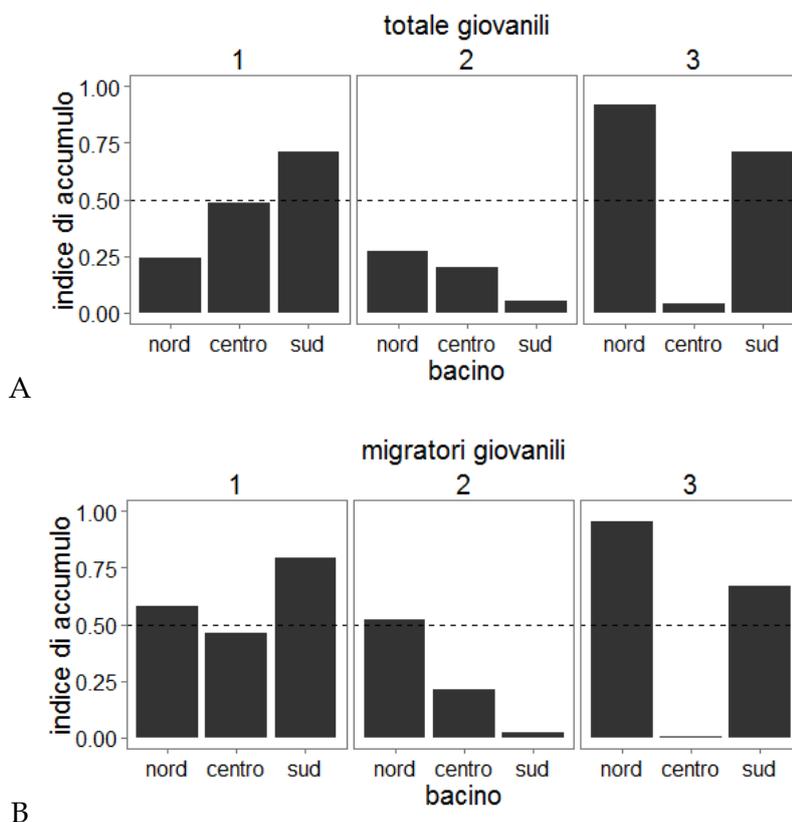


Figura 30. Indice di colonizzazione calcolato separatamente per il totale degli individui campionati con sciabica (A) e per la sola componente migratrice marina (B).

Per quanto riguarda i migratori giovanili più abbondanti (tab 16, fig. 31), si possono osservare pattern differenti per le quattro specie considerate. Tra i cefali, *L. aurata* mostra un evidente incremento del valore dell'indice di accumulo nel corso delle tre campagne solamente nel sottobacino settentrionale, mentre negli altri due sottobacini i valori rimangono sempre al di sotto della soglia di 0.5. Anche *L. ramada* mostra un notevole accumulo all'interno delle acque lagunari durante l'ultima campagna, sia nel sottobacino settentrionale che in quello meridionale. *L. saliens* risulta invece quasi esclusivamente concentrata all'interno della laguna durante tutto il periodo di

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

campionamento e in tutti e tre i sottobacini. I valori dell'indice per *S. aurata* mostrano un progressivo accumulo nel tempo all'interno delle acque lagunari nei sottobacini nord e sud. Mentre in laguna nord i valori sono sempre superiori a 0.5, nel sottobacino meridionale invece la soglia viene superata solo durante la terza campagna. Il trend temporale per il sottobacino centrale è analogo ma si interrompe con la seconda campagna, mentre nel corso della terza i valori dell'indice sono risultati essere prossimi a 0.

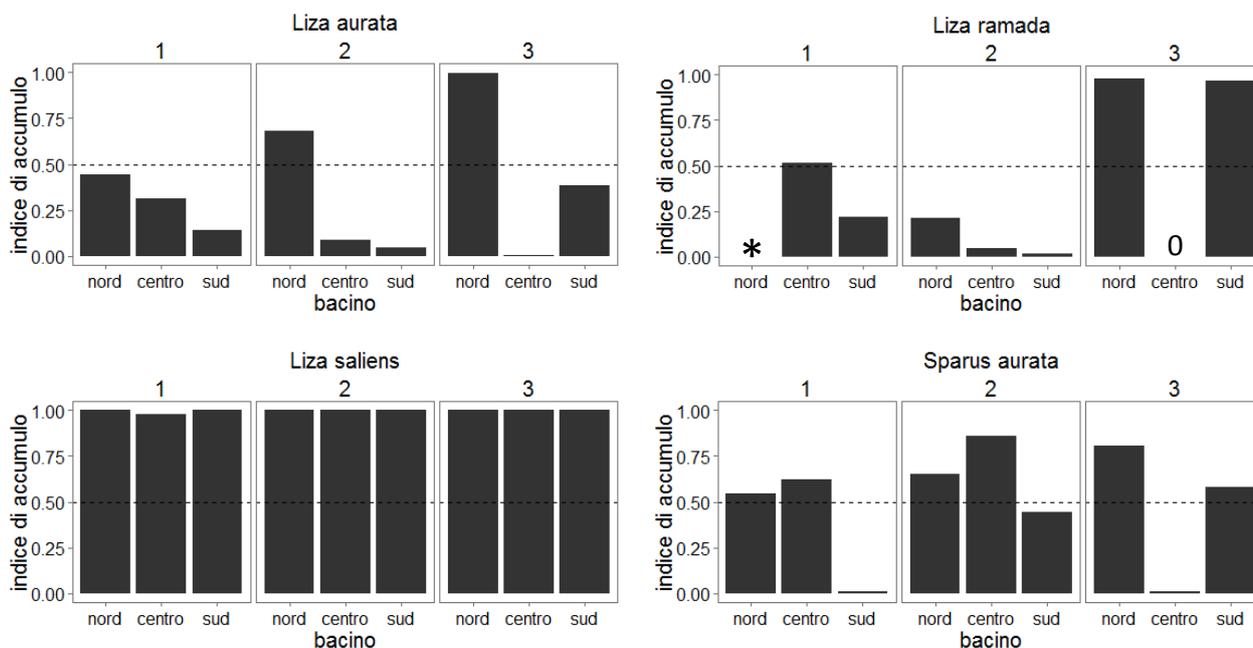


Figura 31. Indice di colonizzazione calcolato per alcuni migratori marini maggiormente presenti durante i campionamenti con sciabica. * = nessun individuo campionato durante la tirata, indice non calcolabile.

3.3 Modelli di distribuzione

Le mappe interpolate (i dati di campo sono stati presentati nel II Rapporto di Valutazione; PROV.V.OO.PP., 2016) dei parametri ambientali prodotti in questo studio per ciascuna campagna di rilievo sono riportate in fig. 32 per la temperatura dell'acqua; in figura 33 per la salinità dell'acqua; in figura 34 per la concentrazione di ossigeno disciolto; e in figura 35 per la torbidità dell'acqua. La prima campagna è stata effettuata in febbraio 2016, la seconda e la terza in marzo e le ultime due in aprile (tab. 5). La granulometria è stata considerata fissa nel tempo.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

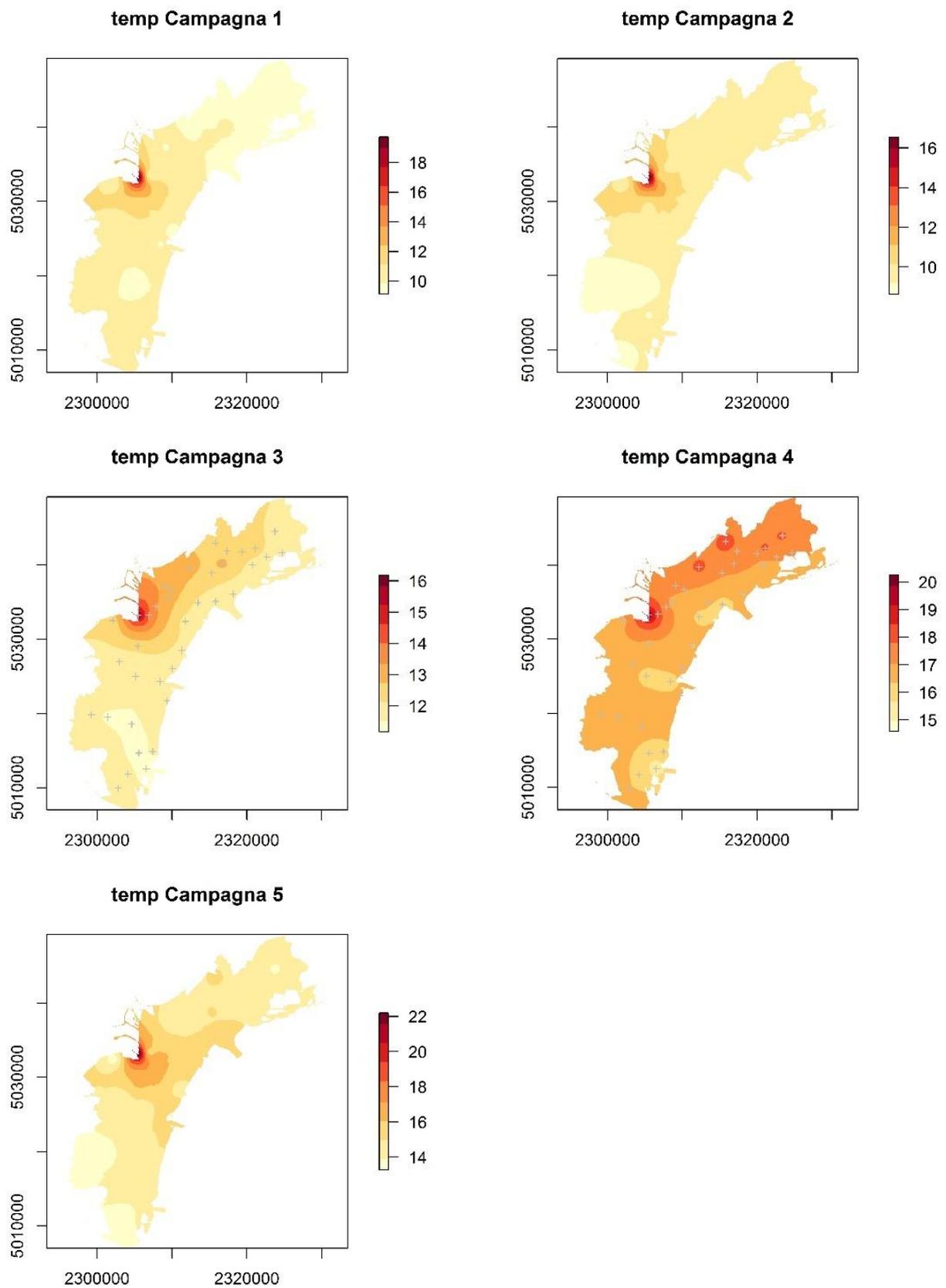


Figura 32. Interpolazioni dei valori di temperatura (°C) rilevati nelle cinque campagne.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

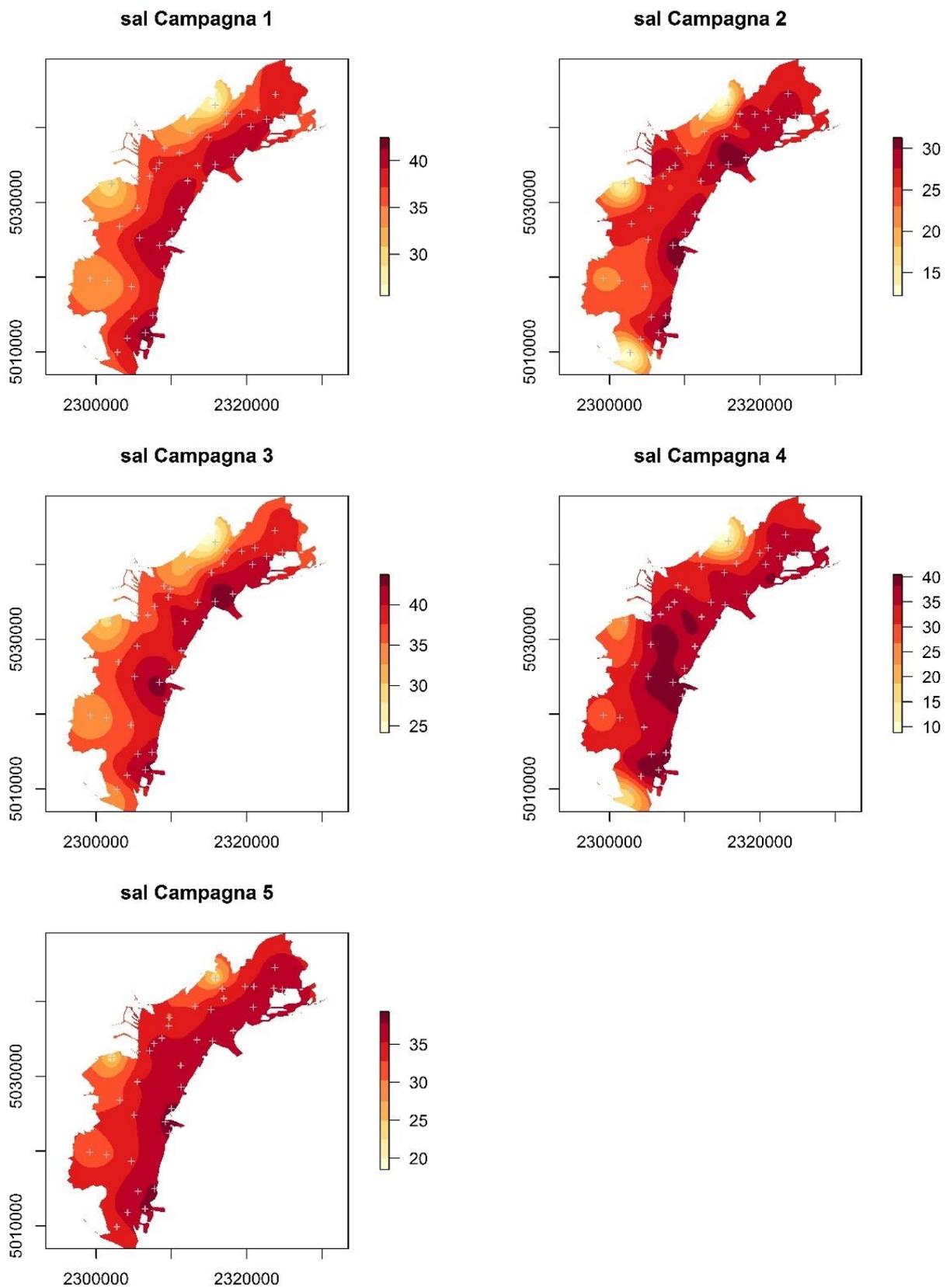


Figura 33. Interpolazioni dei valori di salinità (PSU) rilevati nelle cinque campagne.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

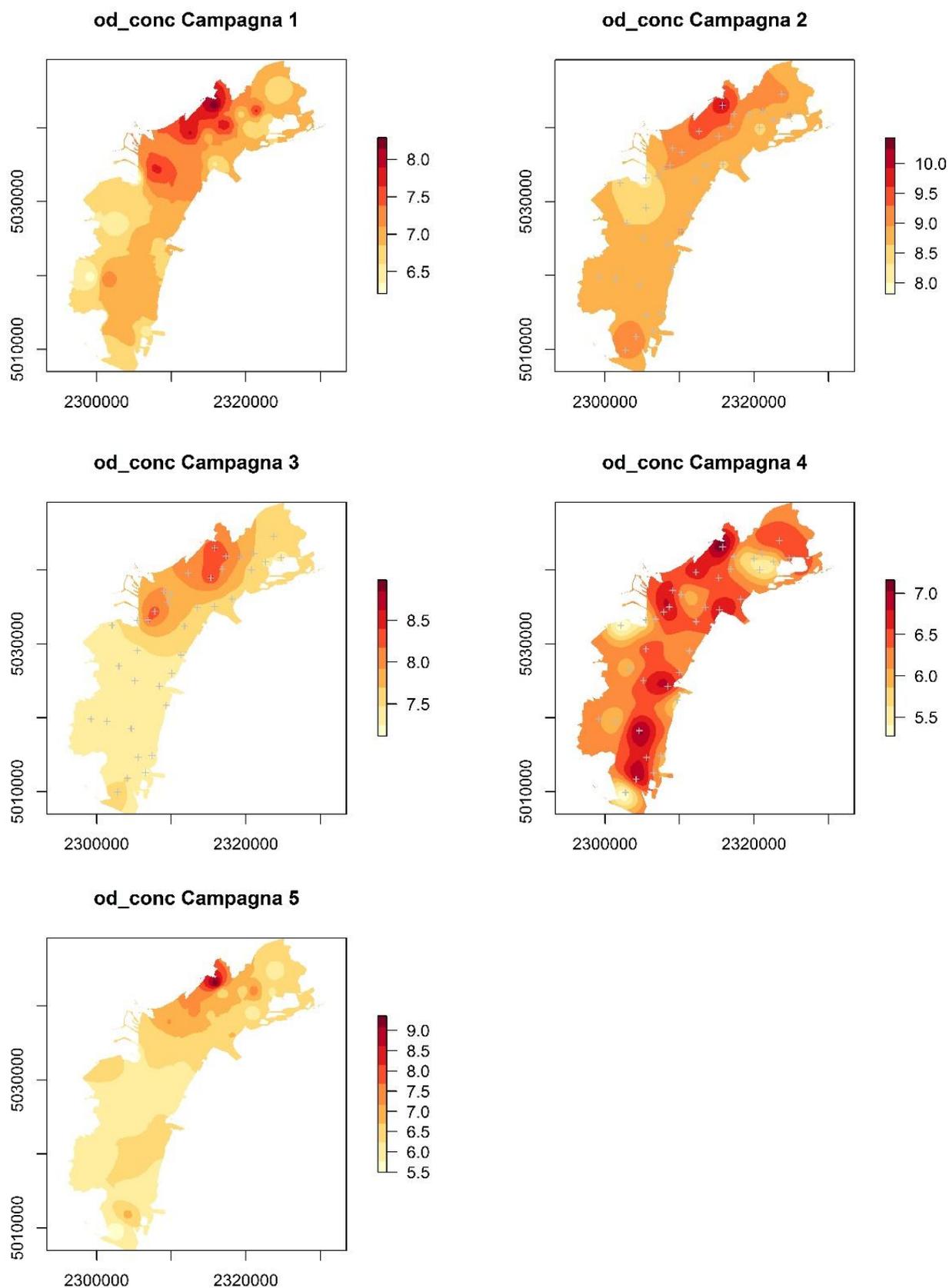


Figura 34. Interpolazioni dei valori di ossigeno disciolto (mg/l) rilevati nelle cinque campagne.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

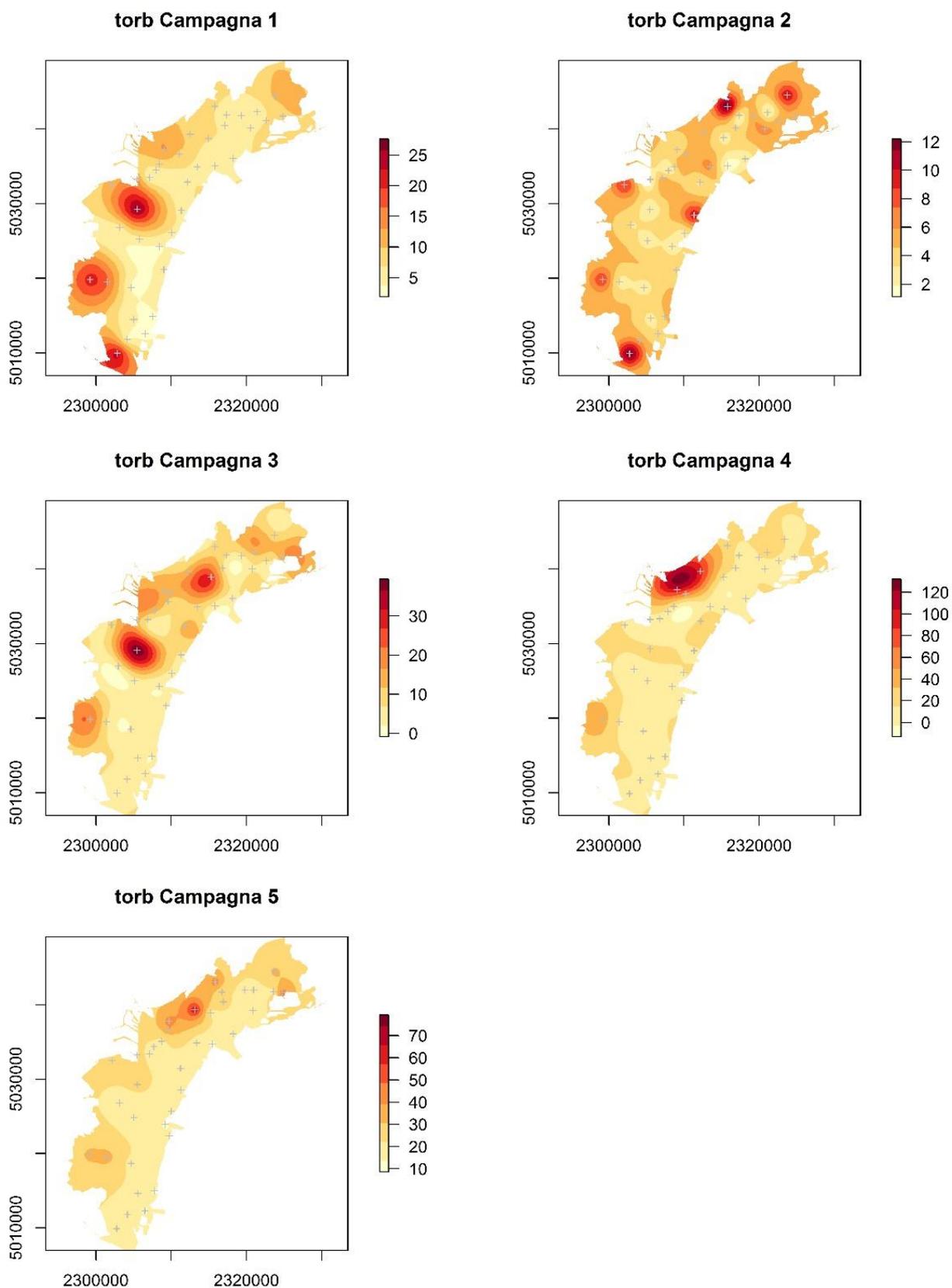


Figura 35. Interpolazioni dei valori di torbidità (FTU) rilevati nelle cinque campagne.

3.3.1 Modelli di distribuzione spaziale per i giovanili di orata, *Sparus aurata*

Come descritto anche nelle fasi precedenti dello Studio (B/9 e B/10; PROV. OO. PP., 2014; 2015), durante la permanenza all'interno degli ambienti lagunari i giovanili di orata mostrano cambiamenti dimensionali e morfologici a cui sono associate anche variazioni delle loro esigenze fisio-ecologiche (Ferrari e Chiericato, 1981; Bodinier *et al.*, 2010). Per tener conto di queste variazioni, i modelli di distribuzione dell'habitat prendono in esame due classi dimensionali: la prima include gli individui di taglia inferiore o uguale ai 20 mm di lunghezza standard e la seconda gli individui giovanili più grandi di questa soglia (fino ad una lunghezza standard di 45 mm). Per ciascuna di queste due classi è stato sviluppato un modello statistico che lega la probabilità di presenza della specie con la temperatura, la salinità, la torbidità, l'ossigeno disciolto in acqua e il tenore di sabbia nei sedimenti superficiali (MAG. ACQUE-DSA UniVe, 2011; PROV. OO. PP., 2014; 2015; Zucchetta, 2010).

3.3.2 Modelli di distribuzione per la passera, *Platichthys flesus*

La passera, *Platichthys flesus* (Linnaeus 1758), è una delle specie marine che usano gli estuari come nursery (Van der Veer *et al.*, 1991). Il modello utilizzato in questo studio descrive le preferenze delle condizioni ambientali degli individui giovanili di dimensione inferiore a 160 mm (Franco *et al.*, 2010; Zucchetta *et al.*, 2010). Per la costruzione del modello di distribuzione dell'habitat sono stati utilizzati i dati di presenza/assenza calibrando un modello additivo generalizzato (GAM) binomiale (Hastie e Tibshirani, 1990; Zucchetta *et al.*, 2010).

3.3.3 Applicazione del modello dei giovanili di *S. aurata* ai parametri ambientali del 2015

Le mappe interpolate dei parametri ambientali raccolti nelle campagne condotte da febbraio ad aprile 2016 hanno permesso di ottenere la stima della distribuzione potenziale per i giovanili di orata per le orate di dimensioni minori (classe 1; fig. 36), mentre solamente le campagne condotte tra marzo ed aprile sono state prese in esame per i giovanili di *S. aurata* appartenenti alla classe dimensionale 2 (fig. 37).

Nella serie di mappe di distribuzione potenziale di orate appartenenti alla classe dimensionale inferiore è evidente che gli habitat prossimi alle zone a maggior influenza marina sono quelli che presentano le condizioni più adatte alla loro presenza. Tutti e tre i principali sottobacini della laguna di Venezia sembrano mostrare ampie zone idonee alle orate di piccola dimensione. Inoltre, è evidente la presenza di un'evoluzione temporale all'interno del periodo considerato: l'idoneità delle condizioni ambientali delle giovani orate appena entrate dal mare tende a diminuire nel tempo, anche se la probabilità di presenza stimata nella prima campagna di marzo e nella prima campagna di aprile è in media (media su tutto il bacino) inferiore rispetto a quanto osservato nelle campagne che precedono e che seguono queste due finestre temporali. Probabilmente questa dinamica di evoluzione è legata soprattutto alla variabilità delle condizioni meteorologiche. In particolare deve essere considerato un riscaldamento non regolare e graduale nel tempo delle acque lagunari (fig. 32), a causa dell'effetto di eventi meteorologici avversi. I giovanili di orata di dimensioni superiori (classe 2), invece, trovano condizioni più favorevoli in aprile. In questo caso non è stata considerata la campagna di febbraio, dato che orate di queste dimensioni non sono presenti prima dell'inizio della primavera. A differenza delle orate di più piccole, quelle appartenenti alla seconda classe dimensionale sembrano prediligere aree più interne e confinate del bacino lagunare. A fine marzo e a fine aprile sono presenti aree con livelli di idoneità relativamente elevate in tutti e tre i sottobacini della laguna, mentre nella prima campagna di aprile, che sembra essere quella con condizioni più favorevoli all'interno del periodo considerato,

una ampia porzione del sottobacino settentrionale (la zona di gronda compresa tra Fusina e Tesserà) emerge chiaramente come quella più favorevole.

Al fine di confrontare la situazione registrata nel 2016 con quella stimata per il periodo 2001-2012, sono state aggregate le mappe della seconda e terza campagna e quelle della quarta e quinta campagna di rilievo delle condizioni ambientali, per rappresentare la situazione media di marzo 2016 ed aprile 2016, rispettivamente. L'unica campagna condotta a febbraio è stata confrontata con la situazione media di febbraio del periodo di riferimento. In particolare queste mappe sono state confrontate con le distribuzioni attese medie del periodo 2001-2012. Tale confronto è rappresentato in fig. 38, attraverso la stima della differenza della probabilità di presenza (anomalia di probabilità). Dalla figura si può osservare che il 2016 è stato un anno abbastanza sfavorevole per le orate della classe di dimensioni inferiori, mentre è stato caratterizzato da condizioni sostanzialmente favorevoli per le orate di dimensioni maggiori.

Per quanto riguarda le orate più piccole, la probabilità di presenza stimata per febbraio e aprile è più bassa della media soprattutto nelle aree che dovrebbero essere più idonee agli individui di questa taglia. A marzo, mese particolarmente importante per quanto riguarda la montata dell'orata, la probabilità di presenza si discosta poco da quella media, senza mostrare zone di particolare criticità.

In marzo la situazione osservata per la classe 2 è in linea con la situazione media del periodo 2001-2012, mostrando anche una bassa variabilità spaziale dell'anomalia della probabilità di presenza (fig. 38D). Ad aprile la probabilità di presenza è pari o superiore a quella media in diverse porzioni del bacino lagunare, con la zona compresa tra la punta di San Giuliano e Tesserà che mostra valori più nettamente al di sopra del valore di probabilità di presenza medio per questo mese (fig. 38E).

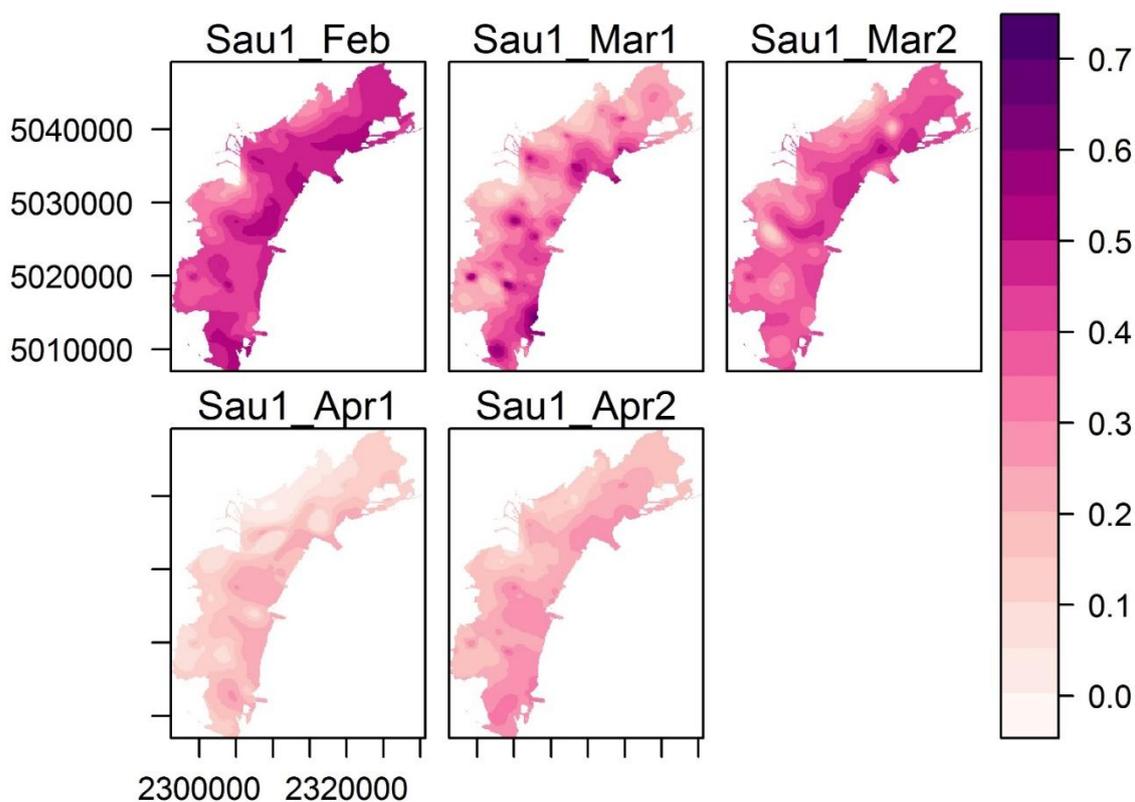


Figura 36. Stima della probabilità di presenza dei giovanili di *S. aurata* appartenenti alla classe 1 nelle cinque campagne di rilievo dei parametri ambientali.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

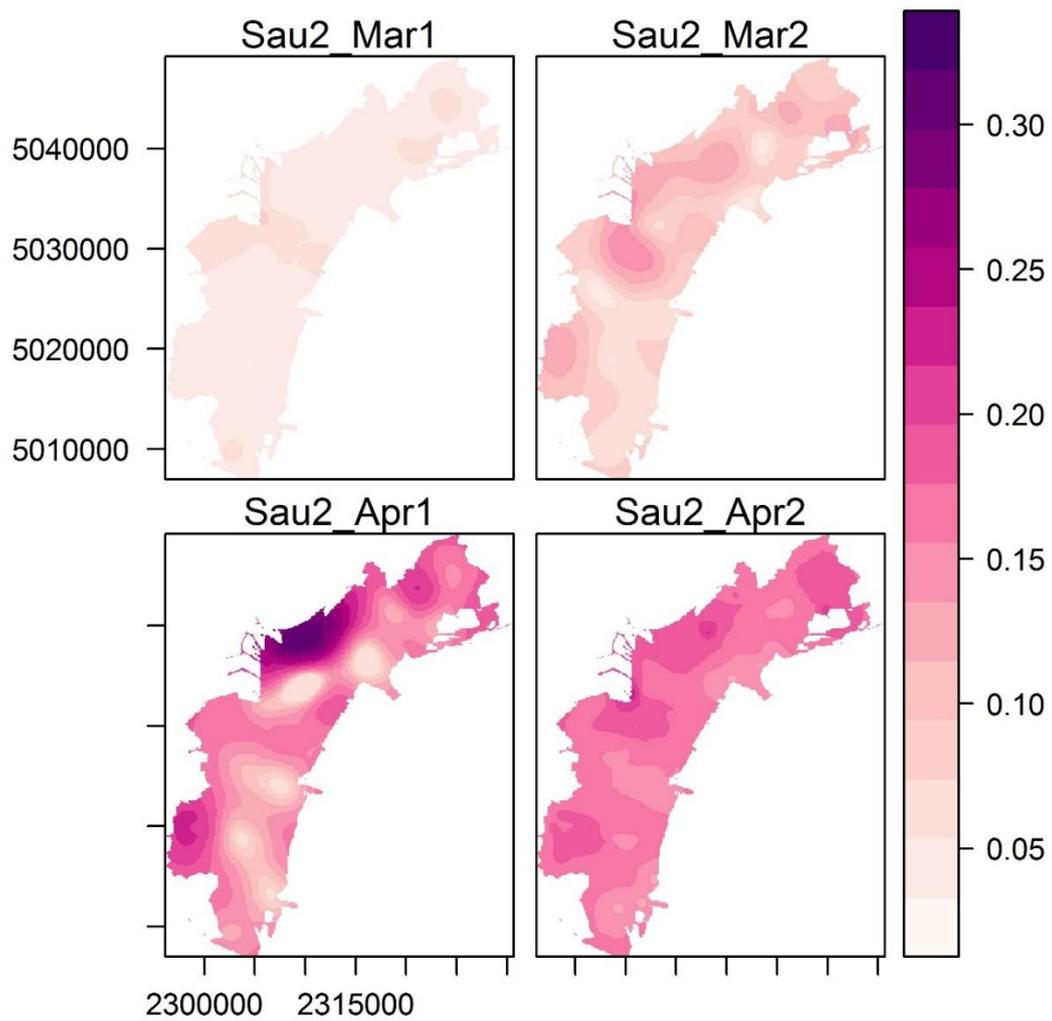
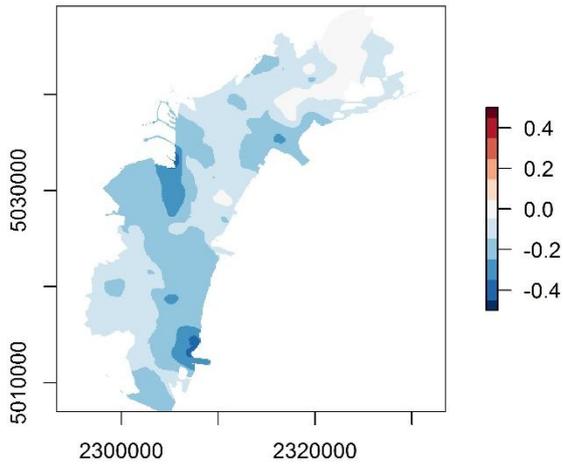


Figura 37. Stima della probabilità di presenza dei giovanili di *S. aurata* appartenenti alla classe 2 nelle quattro campagne di rilievo dei parametri ambientali condotte in marzo ed aprile.

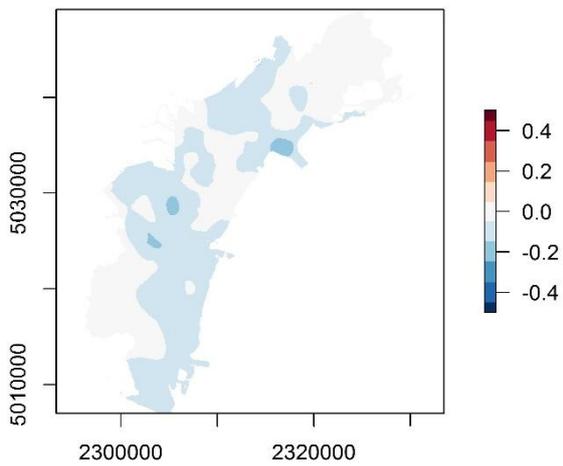
CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Anomalia S. aurata cl. 1 Febbraio 2016



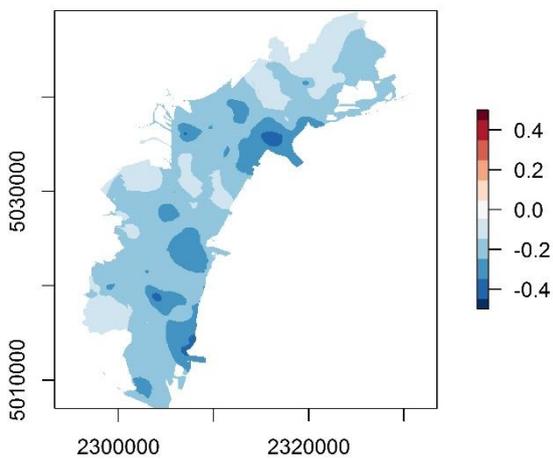
A

Anomalia S. aurata cl. 1 Marzo 2016



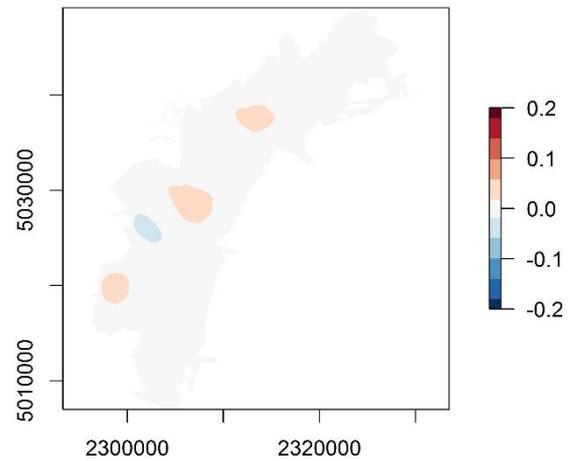
B

Anomalia S. aurata cl. 1 Aprile 2016



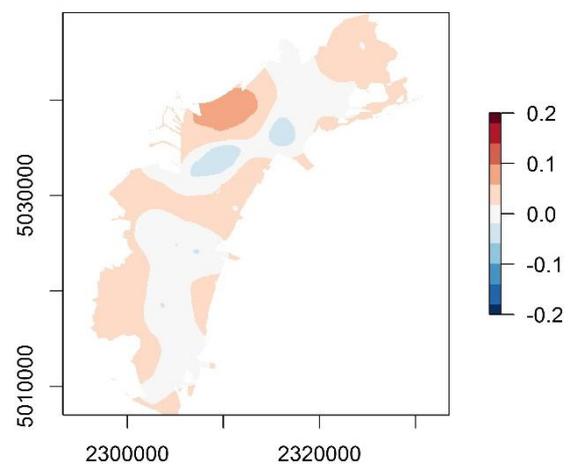
C

Anomalia S. aurata cl. 2 Marzo 2016



D

Anomalia S. aurata cl. 2 Aprile 2016



E

Figura 38. Anomalia delle probabilità di presenza per *S. aurata* appartenenti alla classe 1 ad febbraio (A), marzo (B) e ad aprile (C) e per la classe 2 per marzo (D) e aprile (E)(differenza tra il 2016 e il periodo 2001-2012).

3.3.4 Applicazione del modello dei giovanili di *P. flesus* ai parametri ambientali del 2015

L'applicazione del modello di distribuzione di *P. flesus* alle mappe dei parametri ambientali rilevati nelle campagne condotte nel 2016 sono riportate in figura 39. Le condizioni più favorevoli si ritrovano nelle aree più confinate della laguna (Val di Brenta, Valle Millecampi, Lago dei Teneri e la zona compresa tra il ponte della libertà e la Palude della Rosa). Il livello medio di probabilità registrato nelle diverse finestre temporali è piuttosto variabile. Considerando l'effetto della variazione delle variabili ambientali sulle previsioni del modello (Zucchetta *et al.*, 2010) e la variabilità delle condizioni registrate nelle campagne condotte nell'ambito di questo Studio (fig. 32-35), queste oscillazioni sono probabilmente da imputare all'effetto della temperatura dell'acqua e della salinità. I valori relativamente elevati di quest'ultima variabile, infatti, potrebbero spiegare perché, nella campagna di febbraio e in quella della seconda di marzo, la probabilità di presenza stimata è bassa anche nelle zone più confinate.

Aggregando queste rappresentazioni per mese, e confrontandole con il periodo 2001-2012 (fig. 40), si può osservare che: febbraio 2016 è risultato un periodo con condizioni poco favorevoli ai giovanili di passera; la probabilità di presenza stimata in marzo è sostanzialmente in linea con quella del periodo 2001-2012, con alcune aree al di sotto delle condizioni medie (sottobacino nord) e altre con valori superiori alla media (sottobacini centro-sud); aprile ha mostrato, in media, condizioni non particolarmente favorevoli, ad eccezione delle aree più confinate del sottobacino nord e sud. La zona più meridionale del sottobacino sud è risultata un'area a probabilità piuttosto elevata (fig. 39) e nettamente più elevata rispetto alla media di questa porzione di laguna.

Sia per *S. aurata* che per *P. flesus*, comunque, si deve sottolineare che queste stime sono state effettuate esclusivamente sulla base delle condizioni dei principali parametri chimico-fisiche e che quindi non possono tenere conto dei molti fattori che giocano un ruolo importante nell'influenzare il reclutamento di queste specie, come quelli che regolano la riproduzione in mare, o i meccanismi che interferiscono con la connettività tra il mare e gli habitat lagunari.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

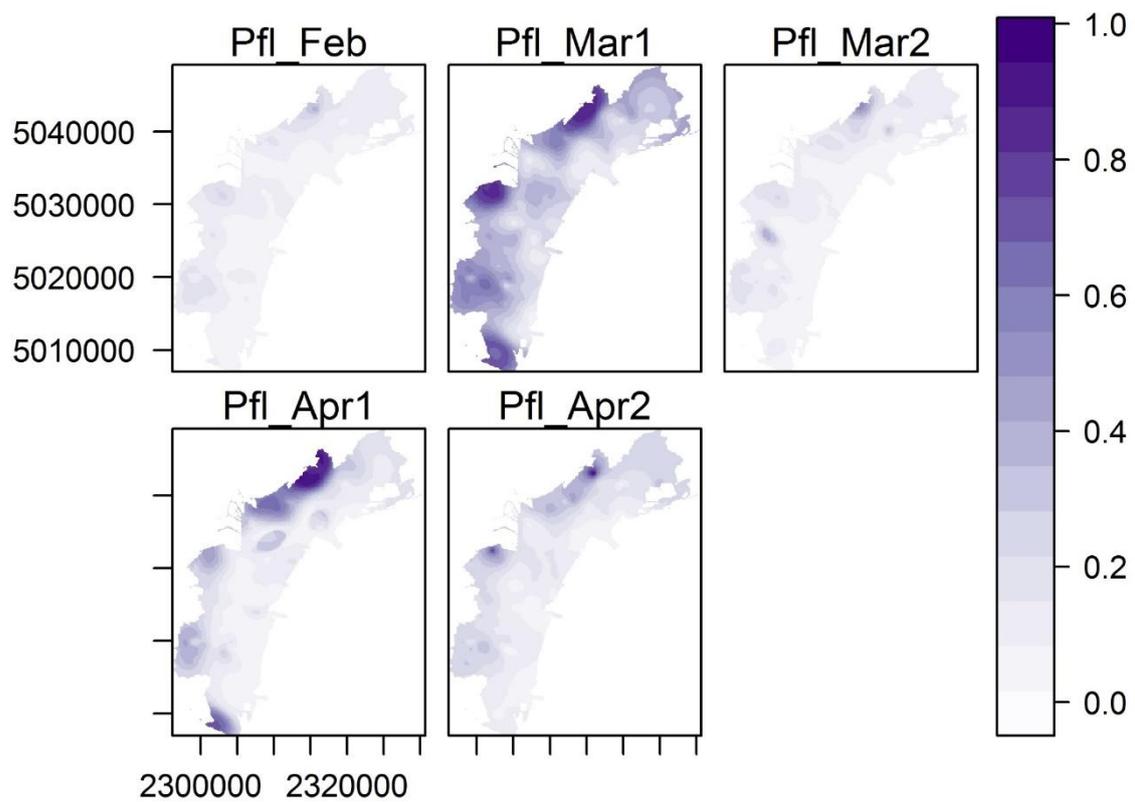


Figura 39. Stima della probabilità di presenza dei giovanili di *P. flesus* nelle cinque campagne di rilievo dei parametri ambientali.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

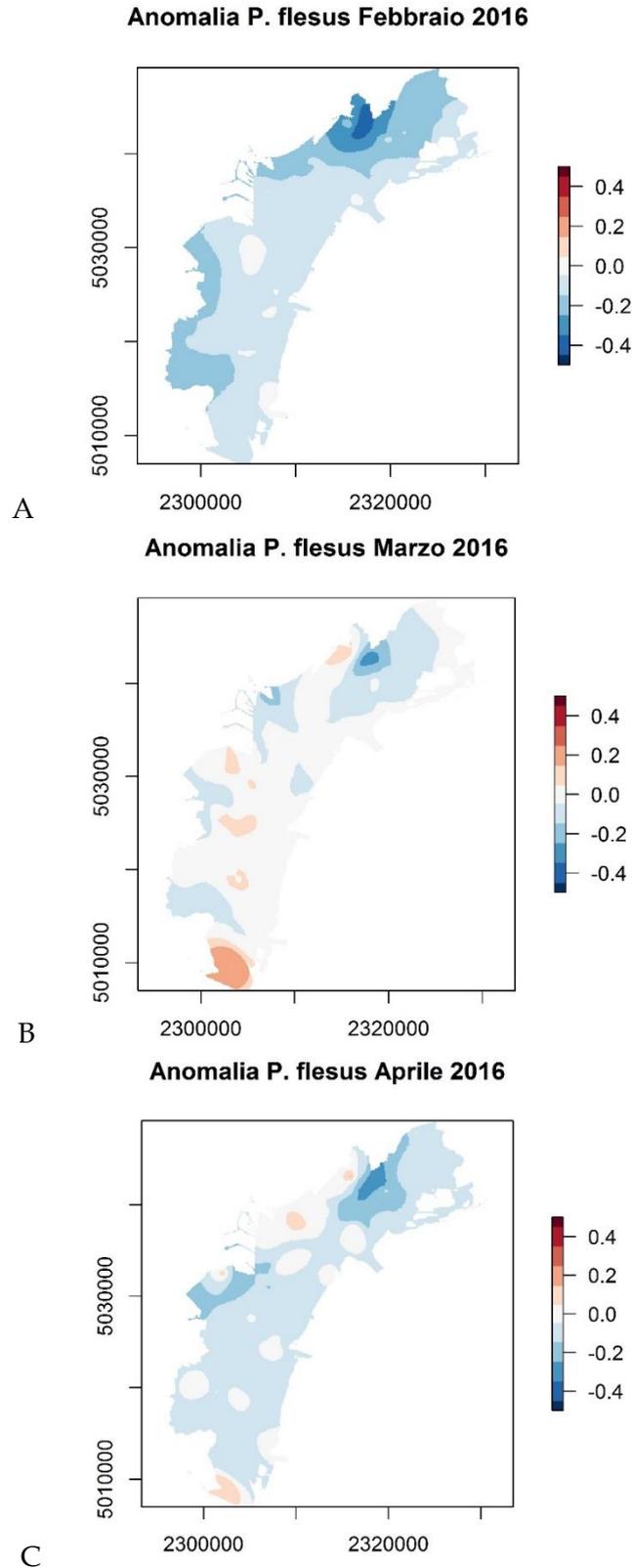


Figura 40. Anomalia delle probabilità di presenza per *P. flesus* a febbraio (A) marzo (B) e ad aprile (C) (differenza tra il 2016 e il periodo 2001-2012).

4. CONCLUSIONI

I campionamenti estesi a tutti e tre i sottobacini lagunari, focalizzati sulla quantificazione delle presenze di uova, larve e giovanili di specie ittiche migratrici mediante l'utilizzo combinato di bongo net e sciabica, hanno consentito di ampliare l'analisi della connettività esistente tra mare e laguna effettuata durante i primi due anni di monitoraggio (PROVV.OO.PP., 2014; 2015) e sintetizzati in Cavraro *et al.* (2016). Dalla letteratura è noto come la componente ittioplanctonica, in particolare, rappresenti un buon indicatore delle caratteristiche idrodinamiche di un sistema (Chiappa-Carrara *et al.*, 2003), utile a monitorare i flussi che attraversano le bocche di porto durante i cicli di marea. Dal momento che i giovanili di molte specie ittiche sembrano però colonizzare gli ambienti di transizione solo una volta completato lo sviluppo larvale (Perez-Ruzafa *et al.*, 2004), per la valutazione della connettività mare-laguna sono risultati essere fondamentali anche i campionamenti con sciabica delle fasi giovanili.

Anche quest'anno le informazioni relative alla connettività mare-laguna, ottenute mediante la raccolta di campioni biologici, sono state integrate con i risultati prodotti dall'applicazione dei modelli di distribuzione dell'habitat relativi a due specie di interesse commerciale (l'orata *S. aurata* e la passera *P. flesus*), che hanno permesso di valutare l'influenza delle condizioni chimico-fisiche sull'insediamento, all'interno dell'ambiente lagunare, degli stadi iniziali di vita di queste specie di migratori marini.

Nel periodo analizzato da questo ciclo di monitoraggio (novembre 2015 - aprile 2016), considerando i taxa migratori nel loro complesso, è stato osservato il trasporto passivo di uova e larve attraverso tutte e tre le bocche di porto, senza differenze significative delle densità tra campagne, bacini o tra le stazioni in mare rispetto a quelle lagunari. In particolare lo spratto (*S. sprattus*) è risultato essere le specie più rappresentate nei campioni raccolti, sia in termini di densità che di frequenza di campionamento, configurandosi quindi come un possibile indicatore della connettività mare-laguna in laguna di Venezia.

Come evidenziato nei precedenti monitoraggi (PROVV.OO.PP., 2014; 2015), anche quest'anno i campionamenti con sciabica hanno permesso di osservare come gli ingressi più significativi di migratori marini all'interno delle acque lagunari avvengano ad uno stadio più avanzato dello sviluppo ontogenetico (Perez-Ruzafa *et al.*, 2004). Quattro specie in particolare, i tre cefali del genere *Liza* (*L. aurata*, *L. ramada* e *L. saliens*) e l'orata (*S. aurata*), hanno evidenziato una significativa colonizzazione degli habitat lagunari, in tutti e tre i sottobacini lagunari. Come per lo spratto anche queste specie, che rivestono un certo interesse commerciale, si configurano come possibili indicatori della connettività mare-laguna e della funzionalità degli habitat lagunari come aree di nursery.

Sia per la componente planctonica (uova e larve) che per quella nectonica (postlarve e giovanili), la composizione tassonomica del popolamento ittico è risultata essere in linea con quella evidenziata in studi precedenti per lo stesso periodo di campionamento (Franzoi *et al.*, 2005; Franco *et al.*, 2006; PROVV.OO.PP., 2014; 2015), presentando comunque alcune variazioni circa le specie che la compongono e le loro densità. Tale variabilità potrebbe essere attribuita alle normali oscillazioni naturali delle condizioni meteo-climatiche inter-annuali, che possono influenzare il successo riproduttivo e il reclutamento degli stock marini, sia all'estensione su scala lagunare delle attività di monitoraggio.

L'applicazione dei modelli di distribuzione ha evidenziato, nel complesso, come le condizioni ambientali registrate nel corso del 2016 siano state meno buone della media sia per l'orata che per la passera. Le osservazioni biologiche raccolte in questo studio hanno confermato una esigua rimonta di passera, confermando i pattern descritti negli scorsi anni di monitoraggio, ma sembrano indicare che nel corso della primavera 2016 ci sia stato invece un buon reclutamento di orate in

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

laguna di Venezia. Per quanto riguarda questa specie, i modelli di distribuzione hanno comunque evidenziato livelli di idoneità relativamente elevati in alcune aree dei tre sottobacini lagunari, e in particolar modo nel bacino nord, in accordo con i valori dell'indice di colonizzazione calcolato sui dati ottenuti dai campionamenti con sciabica. Le scarse catture di giovanili di passera non hanno invece permesso di confrontare in maniera significativa i dati raccolti con le previsioni dei modelli. Nonostante ciò, è possibile evidenziare come nel bacino sud siano state registrate sia le densità di uova più elevate per questa specie, sia le uniche catture di passera durante le campagne di monitoraggio dei giovanili effettuate con la sciabica: dall'applicazione dei modelli, proprio la zona più meridionale del bacino sud è risultata essere infatti un'area a probabilità di presenza piuttosto elevata, e nettamente più elevata rispetto alla media di questa porzione di laguna.

Dai dati raccolti si conferma quanto osservato nei precedenti monitoraggi, e cioè come i tre stadi ontogenetici analizzati (uova, larve e giovanili) mostrino differenti comportamenti durante la fase di migrazione in laguna. Mentre specie pelagiche come lo spratto e la sardina sembrano entrare in laguna già allo stadio di uovo o larva, altre specie molto comuni nelle acque lagunari, come i cefali e l'orata, completano in mare la fase larvale per poi entrare in laguna solo successivamente, allo stadio di postlarva o giovanile.

La finestra temporale più ristretta rispetto a quella esplorata nei due precedenti anni di monitoraggio ha ridotto nel complesso la variabilità temporale che era stata osservata invece su scala annuale. Al contempo, l'estensione a tutte e tre le bocche di porto ha consentito di delineare un quadro più completo della connettività-mare-laguna alla scala dell'intero ecosistema lagunare, evidenziando differenze fra i tre sottobacini, soprattutto per quanto riguarda la componente giovanile. Queste differenze sembrano essere riconducibili alla diversa morfologia e complessità strutturale dei tre sottobacini. Anche la differente configurazione dei gradienti di confinamento può aver influito sulle differenze osservate tra sottobacini.

Nel complesso i risultati ottenuti nel presente studio hanno quindi dimostrato, per tutti e tre i sottobacini lagunari, sia il trasporto di uova e larve sia la migrazione dal mare alla laguna degli stadi postlarvali/giovanili attraverso le bocche di porto, determinando una significativa colonizzazione, da parte di specie ittiche migratrici, degli habitat lagunari indagati.

Come già sottolineato in precedenza, il presente Studio ha apportato significative variazioni al piano sperimentale dei precedenti monitoraggi (B/9 e B/10), con la concentrazione delle attività di campionamento nel periodo corrispondente al picco principale di presenze di migratori giovanili in laguna di Venezia e con l'estensione spaziale a scala lagunare. Per questo motivo non si è ritenuto significativo effettuare dei confronti con i due precedenti cicli di monitoraggio. L'eventuale prosieguo dell'attività di monitoraggio della connettività mare laguna nei prossimi anni a scala di intero bacino permetterà di confrontare diversi cicli di monitoraggio in modo da valutare la variabilità interannuale delle variabili biologiche considerate.

BIBLIOGRAFIA

- 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.
- Arbault S., Boutin N. (1968). Ichthyoplankton. Oeufs et larves de poissons teleosteens dans le Golfe de Gascogne en 1964. *Revue des Travaux de l'Institut des Peches Maritimes*, 32 (4): 413-476.
- Arias A.M.G., Drake P.M. (1990). Estadios juveniles de la ictiofauna en los canos de las salinas de la bahia de Cadiz. Instituto de ciencias marinas de Andalucia, 164 pp.
- Beck M.W., Heck J.K., Able K.W., Childers D., Eggleston D., Gillanders B.M., Halpern B., Hays C., Hoshino K., Minello T., Orth R., Sheridan P., Weinstein M. (2001). The identification, conservation, and management of estuarine and marine nurseries for fish and invertebrates. *Bioscience*, 51: 633-641.
- Bodinier C., Sucré E., Lecurieux-Belfond L., Blondeau-Bidet E., Charmantie G. (2010). Ontogeny of osmoregulation and salinity tolerance in the gilthead sea bream *Sparus aurata*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 157(3): 220-228.
- 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.
- Boesh D.F., Turner R.E. (1984). Dependence of fishery species on salt marshes: the role of food and refuge. *Estuaries*, 7: 460-468.
- Cavraro F., Redolfi Bristol S., Georgalas V., Torricelli P., Zucchetto M. e Franzoi P. (2016) Ingresso e distribuzione di uova, larve e giovanili di teleostei marini in laguna di Venezia: connettività mare-laguna e funzione di nursery. In "Il controllo ambientale della costruzione del MOSE. 10 anni di monitoraggio tra mare e laguna di Venezia", P. Campostrini, C. Dabalà, P. Del Negro, L. Tosi (editors), CORILA.
- 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.
- Cunningham J.T. (1889). Studies of the reproduction and development of teleostean fishes occurring in the neighbourhood of Plymouth. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 1: 10-54, Pls I-VI.
- D'Ancona U., Lo Bianco S. (1931-1933). Fauna e flora del Golfo di Napoli. Stazione Zoologica. Monografia No. 38.
- Deegan L.A., Hughes J.E., Rountree R.A. (2000). Salt marsh ecosystem support of marine transient species. In: Concepts and controversies in tidal Marsh Ecology, Weinstein, M.P., Kreeger, D.A. (Eds.). Kluwer Academic Publisher.
- Elliott M., Hemingway K.L. (2002). *Fishes in Estuaries*. Blackwell Science, Oxford, 636 pp.
- 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.
- FAO, (1987). *Fishes FAO d'identification des especes pour les besoins de la peche. Mediterranee et Mer Noire, Zone de peche 37, Volume II*.
- Ferrari I., Chierigato A.R. (1981). Feeding habits of juvenile stages of *Sparus aurata* L., *Dicentrarchus labrax* L., and Mugilidae in a brackish embayment of the Po River Delta. *Aqua-culture*, 25: 243-257.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

- Fischer W., Schneider M., Bauchout M.L. (1987). Fiches FAO d'identification des especes pour le besoins de la peche, Mediterranee et Mer Noire, zone de peche 37, Vol II, Vertebres. FAO, Rome.
- Franco A., Franzoi P., Malavasi S., Riccato F., Torricelli P., Mainardi D. (2006). Use of shallow water habitats by fish assemblages in a Mediterranean coastal lagoon. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 66(1-2), 67-83.
- Franco A., Elliott M., Franzoi P., Torricelli P. (2008). Life strategies of fishes in European estuaries: the functional guild approach. *Marine Ecology Progress Series*, 354: 219-228
- Franco A., Torricelli P., Franzoi P. (2009). A habitat-specific fish-based approach to assess the ecological status of Mediterranean coastal lagoons. *Marine Pollution Bulletin*, 58: 1704-1717.
- Franco A., Fiorin R., Zucchetta M., Torricelli P., Franzoi P. (2010). Flounder growth and production as indicators of the nursery value of marsh habitats in a Mediterranean lagoon. *Journal of Sea Research*, 64: 457-464.
- Franzoi P., Trisolini R., Carrieri A., Rossi R. (1989). Caratteristiche ecologiche del popolamento ittico ripario della Sacca di Scardovari (Delta del Po). *Nova Thalassia*, 10: 399-405.
- Franzoi P., Trisolini R. (1991). Rimonta del novellame. *Laguna*, 2: 24-29.
- Franzoi P., Pellizzato M. (2002). La pesca del pesce novello da semina in laguna di Venezia nel periodo 1999-2001. *Lavori Società Veneziana di Scienze Naturali*, 27: 57-68.
- Franzoi P., Maio G., Pellizzato M., Zucchetta M., Franco A., Georgalas V., Fiorin R., Riccato F., Busatto T., Rossi R., Torricelli P. (2005). Messa a punto di metodologie innovative applicabili alla valutazione del novellame da allevamento. Nuovi metodi ecologici per la valutazione del reclutamento e della distribuzione del novellame di orata, spigola e mugilidi ai fini della gestione sostenibile di ecosistemi lagunari. Ministero per le politiche agricole e forestali - Direzione Generale della Pesca e dell'Acquacoltura - VI Piano Triennale della pesca e dell'acquicoltura in acque marine e salmastre, 129 pp.
- Franzoi P., Franco A., Torricelli P. (2010), Fish assemblage diversity and dynamics in the Venice Lagoon. *Rend. Fis. Acc. Lincei*, 21: 269-281.
- Fraser J.H., Thorson G. (1976). Fiches d'identification du zooplancton. Charlottenlund Slot, Conseil International pour l'Exploration de la Mer.
- Gandolfi G., Zerunian S, Torricelli P, Marconato A. (1991). I pesci delle acque interne italiane. Ministero dell'Ambiente e Unione Zoologica italiana. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma. pp. 450-472.
- Hastie T.J., Tibshirani R.J. (1990). Generalized Additive Models. Chapman & Hall.
- Heiri O., Lotter A.F., Lemcke G. (2001). Loss of ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology*, 25: 101-110.
- Hiemstra P.H., Pebesma E. J., Twenhofel C.J.W. & Heuvelink G.B.M. (2009). Real-time automatic interpolation of ambient gamma dose rates from the Dutch Radioactivity Monitoring Network. *Computers and Geosciences*, 8: 1711-1721.
- 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.
- Lorenzen CJ. (1966), A method for the continuous measurement of *in vivo* chlorophyll concentration. *Deep-Sea Research*, 13: 223-227.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Magistrato alle Acque di Venezia (ora Provveditorato Interregionale alle OO. PP. del Veneto - Trentino Alto Adige - Friuli Venezia Giulia) - DSA Unive (2007). Studio B.12.3/III. La funzionalità dell'ambiente lagunare attraverso rilievi delle risorse alieutiche, dell'avifauna e dell'ittiofauna. Individuazione di indicatori di funzionalità ambientale. Secondo Relazione Finale. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Magistrato alle Acque di Venezia (ora Provveditorato Interregionale alle OO. PP. del Veneto - Trentino Alto Adige - Friuli Venezia Giulia) - DSA Unive (2008). Studio B.12.3/IV. La funzionalità dell'ambiente lagunare attraverso rilievi delle risorse alieutiche, dell'avifauna e dell'ittiofauna. Individuazione di indicatori di funzionalità ambientale. Secondo Relazione Finale. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Magistrato alle Acque di Venezia (ora Provveditorato Interregionale alle OO. PP. del Veneto - Trentino Alto Adige - Friuli Venezia Giulia) - DSA Unive (2011). Studio B.12.3/V. La funzionalità dell'ambiente lagunare attraverso rilievi delle risorse alieutiche, dell'avifauna e dell'ittiofauna. Individuazione di indicatori di funzionalità ambientale. Secondo Relazione Finale. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Magistrato alle Acque di Venezia (ora Provveditorato Interregionale alle OO. PP. del Veneto - Trentino Alto Adige - Friuli Venezia Giulia) - CORILA (2011). La laguna di Venezia nel quadro dei cambiamenti climatici, delle misure di mitigazione ed adattamento e dell'evoluzione degli usi del territorio. LINEA 5: Conservazione ed evoluzione degli habitat lagunari: effetti dei cambiamenti climatici e delle misure di adattamento. Relazione Finale.

Mainardi D., Fiorin R., Franco A., Franzoi P., Malavasi S., Pranovi F., Riccato F., Zucchetta M., Torricelli P. (2005). Composition and distribution of fish assemblages in the shallow waters of the Venice Lagoon. In P. Campostrini (Ed.), Scientific research and safeguarding of Venice, Corila Research: Program 2003 results (pp. 405-419). Venezia: Multigraf.

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.

Marinero 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.

Marinero 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.

Marinero 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.

Minello T.J., Able K.W., Weinstein M.P., Hays C.G. (2003). Salt marshes as nurseries for nekton: testing hypotheses on density, growth and survival through meta-analysis. *Marine Ecology Progress Series*, 246: 39-59.

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-basins, Italy. *Marine Geology*, 258(1-4): 115-125.

Munk P., Nielsen J.G. (2005). Eggs and larvae of North Sea fishes. Edition biofolia, Denmark, 215 pp.

Palomera M.I., Rubies P. (1977). Descripcion de huevos y larvas de *Microchirus ocellatus* y *M. azevia* (pleuronectiformes, soleidae) de las costas del NW de Africa. *Res. Exp. Cient*, 6: 211-220.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

- Perez-Ruzafa A., Quispe-Becerra J.I., Garcia-Charton J.A., Marcos C. (2004). Composition, structure and distribution of the ichthyoplankton in a Mediterranean coastal lagoon. *Journal of Fish Biology*, 64: 202-218.
- Pebesma E.J. (2004). Multivariable geostatistics in S: the 'gstat' package. *Computers & Geosciences*, 30: 683-691.
- Potter I.C., Tweedley J.R., Elliott M., Whitfield A.K. (2015). The ways in which fish use estuaries: a refinement and expansion of the guild approach. *Fish and Fisheries*, 16: 230-239.
- Provveditorato Interregionale alle OO. PP. del Veneto - Trentino Alto Adige - Friuli Venezia Giulia (ex Magistrato alle Acque di Venezia) - CORILA (2014-2015). Studio B.6.72 B/9-B/10. Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Area: Ecosistemi di pregio. Macroattività: Ittiofauna. Rapporti Finali. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.
- Provveditorato Interregionale alle OO. PP. del Veneto - Trentino Alto Adige - Friuli Venezia Giulia (ex Magistrato alle Acque di Venezia) - CORILA (2016). Studio B.6.72 B/11. Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Area: Ecosistemi di pregio. Macroattività: Ittiofauna. II Rapporto di Valutazione. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.
- Raffaele F. (1888). Le uova galleggianti e le larve dei Teleostei nel golfo di Napoli. *Mitt. Zool. Stn. Neapel*, 8: 1-85, Pls I-V.
- Ré P., Meneses I. (2009). Early stages of marine fishes occurring in the Iberian peninsula. *IPMAR/IMAR*, 282 pp.
- Richards W.J. (2006). Early stages of Atlantic fishes: an identification guide for the Western Central North Atlantic. Volume I e II. Taylor and Francis Group.
- Rossi R. (1986). Occurrence, abundance and growth of fish fry in Scardovari Bay, a nursery ground of the Po River Delta (Italy). *Archivio di Oceanografia e Limnologia*, 20: 259-280.
- Rountre 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.
- 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. Atti del Convegno Scientifico Nazionale Progetto Finalizzato Oceanografia e Fondi Marini. Roma, 5-6-7 marzo 1979.
- Serventi M., Harrison I.J., Torricelli P., Gandolfi G. (1996). The use of pigmentation and morphological character to identify Italian mullet fry. *Journal of Fish Biology*, 49: 1163-1173.
- Sheaves M., Baker R., Johnston R. (2006). Marine nurseries and effective juvenile habitats: an alternative view. *Marine Ecology Progress Series*, 318: 303-306.
- Sheaves M., Baker R., Nagelkerken I., Connolly R.M. (2015). True value of estuarine and coastal nurseries for fish: incorporating complexity and dynamics. *Estuaries and Coasts*, 38: 401-414.
- Società Italiana di Biologia Marina/Comitato Plancton (1990). Metodi nell'ecologia del plancton marino. A cura di: Innamorati M., Ferrari I., Marino D., Ribera D'Alcalà M. Ministero dell'Ambiente, *Nova Thalassia*, vol. 11, 372 pp.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

- 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.
- Solidoro C., Bandelj B., Aubry Bernardi F., Camatti E., Civatta S., Cossarini G., Facca C., Franzoi P., Libralato S., Canu D.M., Pastres R., Pranovi F., Raicevich S., Socal G., Sfriso A., Sigovini M., Tagliapietra D., Torricelli P. (2010) Response of Venice Lagoon ecosystem to natural and anthropogenic pressures over the last 50 years. In: Kennish MJ, Paerl HW (eds) Coastal lagoons: critical habitats of environmental change. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Spartà A. (1942). Sulla presenza di uova e larve di Teleostei nella Laguna Veneta. *Archivio di Oceanografia e Limnologia Roma*, 21: 3-12.
- Tortonese E. (1970). Fauna d'Italia-Osteichthyes (Pesci ossei), Parte 1, Calderini, Bologna.
- Tortonese E. (1975). Fauna d'Italia-Osteichthyes (Pesci ossei), Parte 2, Calderini, Bologna.
- Tsikliras A.C., Antonopoulou E., Stergiou K.I. (2010). Spawning period of Mediterranean marine fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 20: 499-538.
- Van der Veer H.W., Bergman M.J.N., Dapper R., Witte, J.IJ. (1991). Population dynamics of an intertidal 0-group flounder *Platichthys flesus* population in the western Wadden Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 73: 141-148.
- Varagnolo S. (1964). Calendario di comparsa di uova pelagiche di teleostei marini nel plancton di Chioggia. *Archivio di Oceanografia e Limnologia*, 13 (2): 249-279.
- Vasconcelos R.P., Reis-Santos P., Tanner S., Fonseca V., Latkoczy C., Gunther D., Costa M.J., Cabral H. (2007). Discriminating estuarine nurseries for five fish species through otolith elemental fingerprints. *Marine Ecology Progress Series*, 350: 117-126.
- Vasconcelos R.P., Reis-Santos P., Tanner S., Maia A., Latkoczy C., Gunther D., Costa M.J., Cabral H. (2008). Evidence of estuarine nursery origin of five coastal fish species along the Portuguese coast through otolith elemental fingerprints. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 79: 317-327.
- Venables W.N., Ripley B.D. (2002). Modern applied statistics with S. Fourth edition. Springer. XII, 498 pp.
- Whitehead
- Whitehead P.J.P., Bauchot M.L., Hureau J.C., Nielsen J., Tortonese E. (1984-1986). Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean. Vol 1, 2, 3. Paris. Unesco.
- 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, Università Ca' Foscari Venezia, AA 1996/1997, 100 pp.
- Zucchetta M., Franco A., Torricelli P., Franzoi P. (2009). Using habitat distribution models to identify nursery areas in the Venice lagoon. *Biologia Marina Mediterranea*, 16: 220-221.
- Zucchetta M., Franco A., Torricelli P., Franzoi P. (2010). Habitat distribution model for European flounder juveniles in the Venice lagoon. *Journal of Sea Research*, 64(1-2): 133-144.
- Zucchetta M. (2010). Modelli di distribuzione dell'habitat per la gestione di specie lagunari di interesse alienico e conservazionistico. Tesi di Dottorato, Università Ca' Foscari di Venezia, 194 pp.

APPENDICE: STATISTICHE RELATIVE AI GLM APPLICATI SUI DATI DI DENSITÀ DI UOVA, LARVE E GIOVANILI

Uova totali

	d. f.	Devianza	d. f. residui	Devianza res.	P (>Chi)
campagna	3	36.51	80	72.51	< 0.001
sottobacino	2	5.09	78	67.42	0.0784
campagna x sottobacino	6	4.66	72	62.76	0.5881

	d. f.	Devianza	d. f. residui	Devianza res.	P (>Chi)
posizione	2	11.42	81	87.50	< 0.05
sottobacino	2	4.65	79	82.84	0.0977
posizione x sottobacino	4	0.57	75	82.28	0.9666

Uova migratori

	d. f.	Devianza	d. f. residui	Devianza res.	P (>Chi)
campagna	3	4.76	80	26.90	0.1900
sottobacino	2	1.89	78	25.02	0.3894
campagna x sottobacino	6	1.49	72	23.52	0.9599

	d. f.	Devianza	d. f. residui	Devianza res.	P (>Chi)
posizione	2	0.85	81	30.81	0.6525
sottobacino	2	1.89	79	28.93	0.3894
posizione x sottobacino	4	0.77	75	28.15	0.9419

Larve totali

	d. f.	Devianza	d. f. residui	Devianza res.	P (>Chi)
campagna	3	4.19	80	24.19	0.2418
sottobacino	2	1.41	78	22.78	0.4949
campagna x sottobacino	6	1.04	72	21.74	0.9841

	d. f.	Devianza	d. f. residui	Devianza res.	P (>Chi)
posizione	2	0.72	81	27.66	0.6975
sottobacino	2	1.41	79	26.25	0.4949
posizione x sottobacino	4	0.43	75	25.82	0.9795

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Larve migratori

	d. f.	Devianza	d. f. residui	Devianza res.	P (>Chi)
campagna	3	1.73	80	10.34	0.6313
sottobacino	2	0.17	78	10.17	0.9194
campagna x sottobacino	6	0.17	72	9.99	0.9999

	d. f.	Devianza	d. f. residui	Devianza res.	P (>Chi)
posizione	2	0.02	81	12.04	0.9914
sottobacino	2	0.17	79	11.88	0.9194
posizione x sottobacino	4	0.01	75	11.86	1.0000

Uova *S. sprattus*

	d. f.	Devianza	d. f. residui	Devianza res.	P (>Chi)
campagna	3	6.05	80	13.74	0.1092
sottobacino	2	2.09	78	11.64	0.3511
campagna x sottobacino	6	0.14	72	11.50	0.9999

	d. f.	Devianza	d. f. residui	Devianza res.	P (>Chi)
posizione	2	0.45	81	19.34	0.7994
sottobacino	2	2.09	79	17.24	0.3511
posizione x sottobacino	4	0.55	75	16.70	0.9688

Larve *S. sprattus*

	d. f.	Devianza	d. f. residui	Devianza res.	P (>Chi)
campagna	3	1.62	80	8.70	0.6554
sottobacino	2	0.20	78	8.50	0.9042
campagna x sottobacino	6	0.16	72	8.34	0.9999

	d. f.	Devianza	d. f. residui	Devianza res.	P (>Chi)
posizione	2	0.02	81	10.30	0.9908
sottobacino	2	0.20	79	10.10	0.9042
posizione x sottobacino	4	0.02	75	10.08	1.0000

Giovanili totali

	d. f.	Devianza	d. f. residui	Devianza res.	P (>Chi)
campagna	2	10.15	42	83.00	< 0.05
sottobacino	2	20.49	40	62.51	< 0.001
campagna x sottobacino	4	10.10	36	52.41	< 0.05

	d. f.	Devianza	d. f. residui	Devianza res.	P (>Chi)
posizione	1	13.03	43	79.53	< 0.001
sottobacino	2	18.18	41	61.35	< 0.001
posizione x sottobacino	2	8.94	39	52.41	< 0.05

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Giovanili migratori

	d. f.	Devianza	d. f. residui	Devianza res.	P (>Chi)
campagna	2	8.14	42	89.74	< 0.05
sottobacino	2	19.82	40	69.92	< 0.001
campagna x sottobacino	4	13.88	36	56.05	< 0.05

	d. f.	Devianza	d. f. residui	Devianza res.	P (>Chi)
posizione	1	9.50	43	80.12	< 0.05
sottobacino	2	10.28	41	69.84	< 0.05
posizione x sottobacino	2	12.65	39	57.19	< 0.05

L. aurata

	d. f.	Devianza	d. f. residui	Devianza res.	P (>Chi)
posizione	1	0.94	43	56.78	0.3335
sottobacino	2	1.18	41	55.59	0.5539
posizione x sottobacino	2	11.19	39	44.41	< 0.05

	d. f.	Devianza	d. f. residui	Devianza res.	P (>Chi)
campagna	2	2.35	42	61.55	0.3095
sottobacino	2	3.18	40	58.37	0.2040
campagna x sottobacino	4	14.63	36	43.74	< 0.05

L. ramada

	d. f.	Devianza	d. f. residui	Devianza res.	P (>Chi)
posizione	1	12.28	43	61.40	< 0.05
sottobacino	2	5.39	41	56.01	0.0676
posizione x sottobacino	2	9.50	39	46.51	< 0.05

	d. f.	Devianza	d. f. residui	Devianza res.	P (>Chi)
campagna	2	23.45	42	70.73	< 0.001
sottobacino	2	6.79	40	63.93	< 0.05
campagna x sottobacino	4	20.15	36	43.78	< 0.001

L. saliens

	d. f.	Devianza	d. f. residui	Devianza res.	P (>Chi)
posizione	1	29.18	43	44.91	< 0.001
sottobacino	2	13.21	41	31.70	< 0.05
posizione x sottobacino	2	0.89	39	30.81	0.6398

	d. f.	Devianza	d. f. residui	Devianza res.	P (>Chi)
campagna	2	24.42	42	51.77	< 0.001
sottobacino	2	8.55	40	43.22	< 0.05
campagna x sottobacino	4	8.26	36	34.96	0.0825

CORILA
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

S. aurata

	d. f.	Devianza	d. f. residui	Devianza res.	P (>Chi)
posizione	1	5.70	43	73.75	< 0.05
sottobacino	2	17.37	41	56.39	< 0.001
posizione x sottobacino	2	6.23	39	50.15	< 0.05

	d. f.	Devianza	d. f. residui	Devianza res.	P (>Chi)
campagna	2	17.90	42	73.42	< 0.001
sottobacino	2	17.94	40	55.48	< 0.001
campagna x sottobacino	4	6.39	36	49.08	0.1717