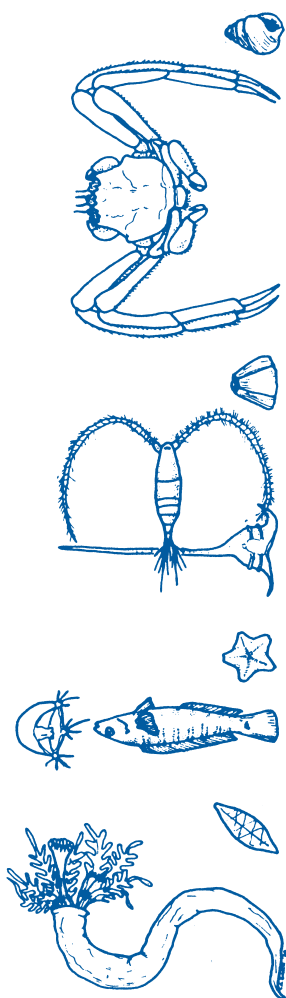


Società Italiana di Biologia Marina

BIOLOGIA MARINA MEDITERRANEA



Vol. 25 - fasc. 1 - 2018

ATTI XLIX Congresso SIBM

CESENATICO

4-8 Giugno 2018

Biologia Marina Mediterranea **(Biol. Mar. Mediterr. / ISSN 1123-4245)**

Direttore Responsabile/*Editor in chief*
Giulio Relini, Univ. di Genova – e-mail: biolmar@unige.it

Editori Associati/*Associate Editors*
OCCHIPINTI A., Univ. di Pavia - e-mail: occhipin@unipv.it
PRONZATO R., Univ. di Genova - e-mail: pronzato@dipteris.unige.it

Comitato di Redazione/*Editorial Advisory Board*

BELLAN Gérard, (Marseille, France)	JENSEN Antony (Southampton, U.K.)
BELLAN SANTINI Denise (Marseille, France)	KALLIANIOTIS Argyris (Kavala, Greece)
BELLUSCIO Andrea (Roma, Italy)	NEVES dos SANTOS Miguel (Olhão, Portugal)
BERTRAND Jacques (Nantes, France)	PAPACONSTANTINOU Costas (Athens, Greece)
BORTONE Stephen (Tampa, USA)	RYLAND John (Swansea, U.K.)
DAVENPORT John (Cork, Ireland)	SCHEMBRI Patrick (Msida, Malta)
GAMBI Maria Cristina (Napoli, Italy)	SEAMAN William (Gainesville, USA)
HALLEGRAEFF Gustaaf M. (Hobart, Australia)	SERENA Fabrizio (Livorno, Italy)
HAWKINS Stephen J. (Bangor, U.K.)	SOCAL Giorgio (Venezia, Italy)

Segreteria di Redazione/*Editorial Assistants*
E. Massaro, S. Queirolo, R. Simoni

Redazione/*Editorial Office*
S.I.B.M. c/o DISTAV, University of Genova, Viale Benedetto XV, 3 – 16132 Genoa, Italy
Tel. e fax 0039 010 357888
e-mail: sibmzool@unige.it

Stampatore/*Publisher*
Erredi Grafiche Editoriali S.n.c., Via Trensasco, 11 – 16138 Genova

Biologia Marina Mediterranea è la rivista ufficiale della Società Italiana di Biologia Marina e viene repertoriata da ASFA e da Zoological Record.
Biologia Marina Mediterranea is a journal of Italian Society for Marine Biology and is currently indexed and abstracted by ASFA and Zoological Record.

Biologia Marina Mediterranea è una rivista che tratta ogni aspetto della biologia marina. Al momento pubblica solo gli atti di congressi e simposi organizzati dalla SIBM o sintesi su argomenti specifici. Come supplementi della rivista sono pubblicati anche manuali e guide. Tutti i lavori sono sottoposti a qualificati referee nazionali ed internazionali.

Biologia Marina Mediterranea is an international journal dealing with all aspects of marine biology. At present only proceedings of workshops and congresses organized by SIBM or synthesis on special subjects are published. Guides and manuals are printed as supplements of the Journal. All papers are rigorously peer reviewed by national and international experts.

ATTI
DEL
XLIX
CONGRESSO
DELLA

SOCIETÀ ITALIANA DI BIOLOGIA MARINA



CESENATICO (FC)
4 - 8 GIUGNO 2018

COMITATO ORGANIZZATORE

Dott. RINALDI Attilio (Presidente)
Prof. ABBIATI Marco
Prof. BONALDO Alessio
Dott.ssa FERRARI Carla Rita
Dott. GIOVANARDI Otello
Dott. MARINI Mauro
Dott.ssa MILANDRI Anna
Prof. VIAROLI Pierluigi

SEGRETERIA ORGANIZZATIVA

Luca Facchinetti - Katuscia Marconi - Massimo Foli
Fondazione Centro Ricerche Marine
Viale A. Vespucci, 2 - 47042 Cesenatico (FC)
Tel. 0547 80278
e-mail: infocrm@centroricerchemarine.it

SEGRETERIA SCIENTIFICA

Segreteria Tecnica SIBM
c/o DISTAV, Università di Genova
Viale Benedetto XV, 3
16132 GENOVA
Tel. e fax 010 357888
e-mail: sibmzool@unige.it

LISTA DEGLI ISCRITTI

ABBIATI Marco
ANGELINI Valeria
APPOLLONI Luca
ATZORI Fabrizio
AURIEMMA Rocco
AZZOLIN Marta Anna
BARIC Sanja
BATTUELLO Marco
BAVESTRELLO Giorgio
BELLODI Andrea
BERNAT Paolo
BERTOCCHI Martina
BERTOLINO Marco
BO Marzia
BOLINESI Francesco
BUONOCORE Elvira
BUOSI Alessandro
CABRINI Marina
CACCIATORE Federica
CANENSI Sara
CAPANNI Francesca
CAPEZZUTO Francesca
CARBONARA Pierluigi
CARDECCIA Alice
CARLUCCIO Angela
CARONNI Sarah
CAROPPO Carmela
CARUSO Gabriella
CARUSO Rosalba
CASALINI Antonio
CASCIARO Loredana
CASTELLI Alberto
CASU Marco
CECCHI Enrico
CERRANO Carlo
CHEMELLO Renato
CHIANTORE Mariachiara
CHIMIENTI Giovanni
CIPRIANO Giulia
COLELLA Sabrina
COSTA Gabriele
CURCURACI Eleonora
DALLA LIBERA Andrea
DALLA VIA Giuseppe-Josef
DA ROS Zaira
DEL PASQUA Michela
DE RANIERI Stefano
DI CAMILLO Cristina
DI PAOLA Luisa
DONNARUMMA Luigia
FANIZZA Carmelo
FAVARO Livio
FERRANTE Larissa
FERRARI Alice
FERRARI Carla Rita
FERRARIO Jasmine
FERRIGNO Federica
FIOCCHI Eleonora
FIORENTINO Fabio
FLORIS Rosanna
FOLLESA Maria Cristina
FRANZESE Pier Paolo
FURFARO Giulia
GAGLIOTI Martina
GAMBI Maria Cristina
GANCITANO Vita
GARIBALDI Fulvio
GATTELLI Raffaele
GANI Michele
GIOVANARDI Otello
GNONE Guido
GRAVINA Maria Flavia
GRECHI Matteo
GRILLI Federica
GUARNIERO Ilaria
GUIDORZI Marco
IACIOFANO Davide
INFANTINI Vanessa
ISANI Gloria
LARDICCI Claudio
LEMBO Giuseppe
LIBRALATO Simone

LIPIZER Marina
LO BRUTTO Sabrina
MAIORANO Porzia
MALTAGLIATI Ferruccio
MANDICH Alberta
MANGONI Olga
MARCHINI Agnese
MASNADI Francesco
MASTROTOTARO Francesco
MENICAGLI Virginia
MERLINO Silvia
MINELLI Daniela
MIONI Erika
MISTRI Michele
MISURALE Francesco
MOLINARI Andrea
MONTEGGIA Davide
MONTESANTO Federica
MORDENTI Oliviero
MUNARI Cristina
MURA Laura
MUSSAT SARTOR Rocco
NICCOLAI Alberto
NURRA Nicola
PANETTA Pietro
PANSINI Maurizio
PENNA Antonella
PEZZOLESI Laura
PIAZZI Luigi
PISTOCCHI Rossella
PITACCO Valentina
POLA Lisa
PORTACCI Giuseppe
PRATO Ermelinda
RICCI Fabio
RIGHI Sara

RINALDI Attilio
ROMANELLI Michele
RUSSO Giovanni Fulvio
SAGGIOMO Maria
SANDULLI Roberto
SARTOR Paolo
SBRANA Mario
SCARDI Michele
SCIROCCO Tommaso
SCIUTO Maria Sveva
SECCI Giulia
SEMPRUCCI Federica
SERANGELI Claudio
SERENA Fabrizio
SERINO Emanuela
SERIO Donatella
SFRISO Adriano
SFRISO Andrea
SION Letizia
STABILI Loredana
STEINBERG Peter
TEMPESTI Jonathan
TOMIO Yari
TORSANI Fabrizio
TULLI Francesca
TUNESI Leonardo
TURSI Angelo
UGOLINI Alberto
URBINI Lidia
VADRUCCI Maria Rosaria
VALLISNERI Maria
VANNUCCI Andrea
VANUCCI Silvana
VIAROLI Pierluigi
VISCHIONI Chiara
ZUPA Walter

Tema

TENDENZE EVOLUTIVE DELLO STATO
TROFICO NEL SISTEMA PADANO-ADRIATICO

P. VIAROLI^{1,2}, C.R. FERRARI³, M. BENZI³, C. MAZZIOTTI³, M. NALDI^{1,2}, D. NIZZOLI¹,
E. SOANA⁴, A. RINALDI⁵

¹Dipartimento di Scienze Chimiche, della Vita e della Sostenibilità Ambientale, Università di Parma,
Parco Area delle Scienze, 11/A - 43124 Parma, Italia.

²CoNISMa, Piazz.le Flaminio, 9 - 00196 Roma, Italia.
pierluigi.viaroli@unipr.it

³Arpae Emilia-Romagna, Struttura Oceanografica Daphne,
V.le A. Vespucci, 2 - 47042 Cesenatico (FC), Italia.

⁴Dip. di Scienze della Vita e Biotecnologie, Università di Ferrara, Via L. Borsari, 46 - 44121 Ferrara, Italia.

⁵Fondazione Centro Ricerche Marine, V.le A. Vespucci, 2 - 47042 Cesenatico (FC), Italia.

VARIAZIONI RECENTI DELLO STATO TROFICO DELLE ACQUE COSTIERE DELL'EMILIA-ROMAGNA IN RELAZIONE ALLE PRESSIONI ANTROPICHE E AI CARICHI DEI NUTRIENTI NEL BACINO DEL PO

RECENTS TRENDS OF TROPHIC STATUS IN COASTAL WATERS OF EMILIA-ROMAGNA IN RELATION TO ANTHROPOGENIC PRESSURES AND NUTRIENT LOADINGS FROM THE PO RIVER BASIN

Abstract - *This study aims at analyzing relationships among nutrient loadings from the Po river and water quality and trophic status of coastal waters of the Emilia-Romagna region over the last decades. Four main points are addressed: 1) spatial distribution and time evolution of land uses and associated N and P budgets in the Po river watershed; 2) long-term trajectories of the reactive N and P loadings exported from the Po river; 3) identification of major changes in the watershed which affected water quality and loadings in the Po river; 4) trends of reactive N, P and phytoplankton chlorophyll loadings in the coastal waters of the Emilia-Romagna region, under the influence of the Po river runoff.*

Key-words: *watershed exploitation, nutrient loadings, coastal waters, eutrophication, critical changes.*

Introduzione - La grave crisi ambientale che ha interessato le acque costiere dell'Emilia-Romagna tra il 1965 e il 1985 ha stimolato l'avvio di studi sul bacino idrografico padano che hanno evidenziato impatti significativi delle attività antropiche sulla qualità delle acque interne e sui carichi di azoto (N) e fosforo (P) che dal Po arrivano al Mare Adriatico (Marchetti *et al.*, 1989; Vollenweider *et al.*, 1992). L'individuazione dei principali fattori causali ha quindi consentito di avviare un rilevante iter legislativo e l'adozione di interventi a tutela delle acque che, nel tempo, hanno prodotto risultati apprezzabili in termini di riduzione dell'incidenza dei processi di eutrofizzazione delle acque (Rinaldi, 2014). Il controllo dell'inquinamento da fonti puntiformi è stato affrontato a scala di bacino raggiungendo una sensibile diminuzione delle concentrazioni, in particolare di quelle del fosforo, mentre resta ancora critico l'inquinamento da azoto da fonti diffuse (Palmeri *et al.*, 2005). Questa tendenza risulta evidente dall'andamento temporale dei carichi che transitano nella stazione di chiusura di bacino, caratterizzati da un crescente rapporto N:P (Cozzi e Giani, 2011; Giani *et al.*, 2018; Viaroli *et al.*, 2018). Le campagne oceanografiche e gli studi recenti nell'Alto Adriatico confermano questa tendenza alla diminuzione del fosforo e dello stato trofico delle acque (Giani *et al.*, 2012). Analogamente, nelle acque costiere dell'Emilia-Romagna è stata registrata una netta diminuzione delle concentrazioni di fosforo, specialmente delle forme reattive, e la persistenza di concentrazioni elevate di azoto reattivo, soprattutto di nitrati (Rinaldi *et al.*, 2018). Se da un lato le tendenze evolutive sembrano connotarsi per la progressiva diminuzione di fosforo e stato trofico, al punto di ipotizzare un possibile recupero

di condizioni oligotrofiche delle acque dell'Adriatico settentrionale (Grilli *et al.*, 2018), dall'altro non sono ancora pienamente identificate le cause che hanno in modo preponderante determinato tali cambiamenti (Viaroli *et al.*, 2015, 2018). Ad esempio, mancano studi approfonditi sull'incidenza delle profonde modificazioni idro-morfologiche del paesaggio fluviale sui cicli di N e P (Pinay *et al.*, 2002), in relazione anche alla marcata variabilità climatica che può indurre lunghe fasi di bassa portata, e dunque di carichi meno elevati, alternate a periodi ad alta piovosità con elevata frequenza di piene e carichi più alti (Naldi *et al.*, 2010; Viaroli *et al.*, 2018). Di assoluto rilievo sono, infine, le ipotesi e anche le prime evidenze sperimentali di possibili sfasamenti tra i periodi di emissione di N e P e il loro effettivo rilascio in mare: si tratta della cosiddetta "eredità dell'azoto e del fosforo" che misura in decenni il ritardo dei picchi dei carichi fluviali rispetto ai massimi di emissione registrati nel bacino idrografico (Jarvie *et al.*, 2013; Van Meter *et al.*, 2018). In questa nota sono analizzati quattro punti principali, con l'obiettivo di verificare possibili relazioni di causa-effetto tra le profonde modificazioni nel bacino del fiume Po e le risposte delle acque costiere avvenute negli ultimi 50 anni. In particolare sono analizzate:

- 1) evoluzione spazio-temporale del paesaggio fluviale, dell'uso del suolo e delle pressioni antropiche;
- 2) variazioni dei carichi potenziali generati in relazione anche alle politiche ambientali e alle misure intraprese per fronteggiare la degenerazione dello stato trofico delle acque costiere;
- 3) tendenze di lungo termine delle concentrazioni e dei carichi di azoto inorganico disciolto (DIN) e fosforo reattivo solubile (SRP) transitati nella sezione di chiusura del bacino del Po (Pontelagoscuro);
- 4) risposte delle acque costiere dell'Emilia-Romagna in termini di stato trofico, con riferimento alle concentrazioni delle forme reattive di azoto e fosforo, e della clorofilla-*a* fitoplanctonica.

1. Evoluzione spazio-temporale del territorio, dell'uso del suolo e delle pressioni antropiche nel bacino del Po - La qualità delle acque fluviali e l'entità dei carichi inquinanti che arrivano dal Po al Mare Adriatico dipendono da una serie di fattori che molto spesso sono sottovalutati o, comunque, considerati solo marginalmente. Tra questi, annoveriamo le modificazioni morfologiche e idrologiche del paesaggio fluviale che sono alla radice delle alterazioni dei cicli biologici di numerose specie vegetali e animali e dei processi biogeochimici tipici degli ambienti di acque correnti (Pinay *et al.*, 2002; Viaroli e Bartoli, 2009; Viaroli, 2017). Maggiore attenzione è stata invece dedicata alla valutazione dell'impatto dell'uso del suolo e delle principali attività antropiche che rilasciano nell'ambiente acquatico azoto e fosforo, i principali fattori causali dei processi degenerativi che avvengono nelle acque marine costiere (de Wit e Bendoricchio, 2001; Palmeri *et al.*, 2005; Pirrone *et al.*, 2005). Tuttavia, la valutazione quantitativa dei carichi non sempre è stata accompagnata da indagini adeguate su aspetti qualitativi inerenti le trasformazioni dei settori produttivi, ad esempio di agricoltura e zootecnia, e le variazioni nel tempo della loro localizzazione nel bacino idrografico (Viaroli *et al.*, 2018).

1.1 Trasformazioni del territorio e alterazioni idro-morfologiche del paesaggio fluviale - Il bacino del Po conserva una connotazione prettamente agricola fino alla metà del 1900, quando la superficie agricola utilizzata (SAU) è il 62% di quella totale. Dopo la seconda guerra mondiale, viene avviata anche una fase di

ricostruzione e modernizzazione del paese caratterizzata dal rifacimento delle reti viaria e ferroviaria, dallo sviluppo dei centri urbani e dall'avvio della costruzione di grandi opere e infrastrutture. In particolare, tra il 1955 e il 1970 prende forma la rete autostradale. Con tutte queste opere cresce anche la domanda di materiali litoidi che vengono prelevati da fiumi e torrenti causandone profonde alterazioni idro-morfologiche. Nel tratto di Po compreso tra Paesana (CN) e Pontelagoscuro (FE), tra il 1955 e il 1960 i quantitativi di inerti autorizzati per l'estrazione passano da 500.000 a 2.500.000 m³anno⁻¹; tra il 1975 e il 1985 sfiorano i 12.000.000 m³anno⁻¹ (Lamberti, 1993). In parallelo, è cresciuto anche il numero di sbarramenti e opere di regimazione fluviale. Tra questi, l'intervento di maggiore impatto è rappresentato dall'impianto idroelettrico di Isola Serafini (PC), inaugurato nel 1962, che interrompe la continuità longitudinale del Po, con un rilevante impatto sul trasporto solido e sull'incisione dell'alveo dei tratti di valle. In pochi anni, da Cremona a Boretto la quota di fondo del fiume si è abbassata in media di circa 5 m, determinando una netta pensilizzazione delle golene fluviali (Lamberti, 1993; Viaroli e Bartoli, 2009). Il complesso sistema laterale, costituito da rami fluviali morti, zone umide, boschi ripariali risulta per la maggior parte del tempo isolato dall'alveo attivo limitando, o addirittura eliminando, processi fondamentali delle comunità e del metabolismo fluviali (Racchetti *et al.*, 2011). In questo quadro evolutivo assume un ruolo rilevante il consumo di suolo dovuto ad opere artificiali che nel 2016, nel bacino padano, raggiunge ~6.500 km² (ISPRA, 2017). Oltre all'estensione è rilevante la velocità della perdita di suolo. Ad esempio, nella pianura parmense dal 1960 al 2006 le superfici impervie aumentano da 59 a 144 km², con una velocità di crescita pressoché lineare di ~1,8 km² anno⁻¹ (Dall'Olio e Cavallo, 2009). Queste modificazioni irreversibili del suolo superficiale hanno notevoli impatti sul ciclo idrologico, ad esempio su deflussi e su formazione e frequenza delle piene fluviali, e sul funzionamento degli scolmatori delle reti fognarie e dei depuratori che, a loro volta, possono influire in modo rilevante sulla formazione dei carichi di N e P (Salerno *et al.*, 2018).

1.2. Evoluzione delle pressioni e valutazione dei carichi generati nel bacino del Po - Tra il 1960 e il 1990 il settore agro-zootecnico subisce una profonda trasformazione (Tab. 1). Diminuisce anzitutto la superficie agricola, anche a causa della crescente e invasiva urbanizzazione e del progressivo abbandono della montagna. Diminuiscono in parallelo i pascoli e i prati, soprattutto quelli stabili, e aumentano gli arativi, esponendo i suoli ad un maggior rischio di erosione e dilavamento. Crolla la coltivazione del grano, coltura invernale non irrigata, sostituita da mais e riso, produzioni estive che richiedono elevati quantitativi di acqua e sono soggette a pesante fertilizzazione. In parallelo si verifica una crescita esponenziale dell'allevamento dei suini, da 1,2 a 5 milioni di capi, accompagnata dal declino dell'allevamento bovino. Contestualmente, aumentano le dimensioni degli allevamenti la cui conduzione passa da modalità tipicamente familiari a sistemi di gestione industriale. Con l'avvento dei grandi allevamenti, in particolare di suini, si verifica il disaccoppiamento di agricoltura e zootecnia in quanto viene meno la disponibilità di suolo per lo spandimento agronomico dei reflui zootecnici che da prodotto pregiato diventano quindi rifiuto da smaltire. Ad aggravare la situazione concorre anche la progressiva delocalizzazione dell'attività zootecnica che, a causa di restrizioni in campo ambientale, diminuisce in modo sensibile in Emilia-Romagna e tende a concentrarsi soprattutto nella bassa pianura lombarda, tra Adda e Mincio (Fig. 1).

Tab. 1 - Superficie agricola utilizzata (SAU), estensione della SAU destinata alle colture prevalenti e numero di capi suini e bovini allevati nel bacino del Po (tratto e modificato da Viaroli *et al.*, 2018).

Agricultural land, main crops and livestock density in the Po river basin (modified from Viaroli et al., 2018).

		1960	1990	2010
SAU	10 ⁶ ha	4,43	3,66	3,06
prati	10 ⁶ ha	2,67	2,01	1,55
grano	10 ⁶ ha	0,72	0,38	0,31
mais	10 ⁶ ha	0,37	0,39	0,54
riso	10 ⁶ ha	0,12	0,20	0,24
bovini	10 ⁶ capi	4,21	3,75	2,84
suini	10 ⁶ capi	1,24	5,02	6,71

Queste profonde trasformazioni sono accompagnate da una marcata crescita del carico di azoto generato da zootecnia e agricoltura che aumenta fino al 1980. Successivamente il surplus di azoto inizia a diminuire, ma senza mai scendere in modo apprezzabile sotto ~200 kt anno⁻¹ (Fig. 2A). La quota del carico azotato dovuta alla popolazione umana è inferiore, grazie soprattutto al progressivo sviluppo degli impianti di depurazione (Viaroli *et al.*, 2017). In alcune aree però, anche il carico civile resta elevato sia per l'alta densità della popolazione servita che per problemi di adeguamento e completamento dei sistemi di depurazione, ad esempio nell'area metropolitana di Milano dove i sistemi di trattamento delle acque reflue sono stati completati solo dopo il 2000. A fronte di carichi particolarmente elevati, la rimozione dell'azoto nei suoli agricoli è dovuta prevalentemente all'asportazione delle colture. La volatilizzazione dell'ammoniaca può avere localmente una certa rilevanza, ad esempio in conseguenza dello spandimento di liquami, anche se le perdite possono poi essere compensate dalla ricaduta in forma sia secca che umida (Soana *et al.*, 2011).

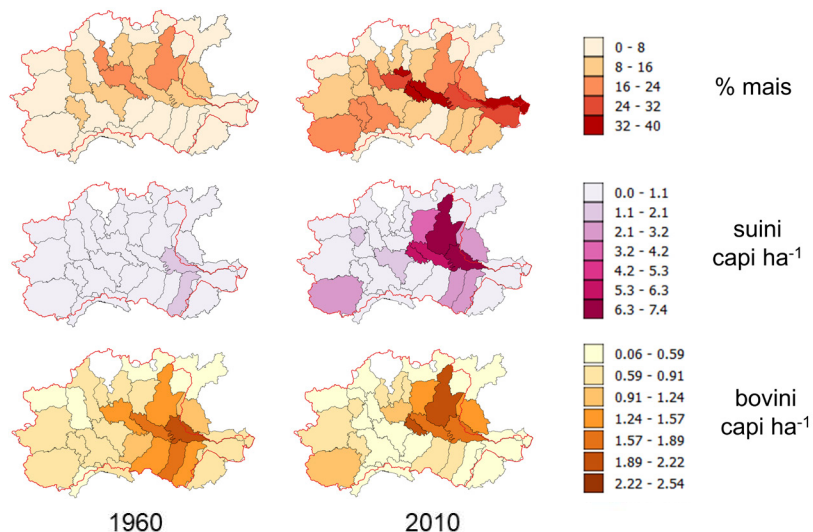


Fig. 1 - Distribuzione spaziale della superficie coltivata a mais (% della SAU su base provinciale) e della densità dei capi suini e bovini riferite alla SAU nel bacino del fiume Po nel 1960 (a sinistra) e nel 2010 (a destra).

Spatial distribution of the area cultivated with maize (% of agricultural land on provincial base) and of the pig and cattle density referred to the agricultural land in the Po river basin in 1960 (left) and 2010 (right).

La denitrificazione, che potrebbe garantire una rimozione permanente dell'azoto reattivo, risulta invece inefficace perché mancano i sistemi che sono in grado di sostenere il processo, ad esempio le zone umide perifluviali (Racchetti *et al.*, 2011; Bartoli *et al.*, 2012) o i canali (Castaldelli *et al.*, 2015; Soana *et al.*, 2017). Il carico del fosforo è generato prevalentemente dai reflui zootecnici e dalla fertilizzazione di sintesi, anche se tra il 1970 e il 1990 assume notevole rilevanza il contributo dei detersivi (Fig. 2B). Quest'ultima fonte ha avuto effetti immediati in quanto, in assenza di adeguati impianti di trattamento, la maggior parte degli scarichi domestici arrivava direttamente nei corsi d'acqua. A partire dal 1980, l'avvio della depurazione delle acque e la regolamentazione della composizione dei detersivi hanno determinato una rilevante riduzione del contributo di queste sorgenti puntiformi di fosforo (Viaroli *et al.*, 2018). Recentemente è però stato evidenziato come in aree urbane densamente popolate altre sorgenti puntiformi, come gli scolmatori di piena delle reti fognarie, possano contribuire in modo non trascurabile alla formazione del carico di P (Jarvie *et al.*, 2013; Salerno *et al.*, 2018). Contestualmente, le emissioni zootecniche sono diventate la fonte prevalente di P, mentre si è progressivamente ridotto il contributo dei fertilizzanti di sintesi (Giani *et al.*, 2018; Viaroli *et al.*, 2018). Nel tempo, la rimozione del fosforo da parte delle colture è rimasta pressoché costante, mentre non sono state quantificate altre forme di abbattimento, ad esempio quelle dovute a processi geochimici nel suolo e nei sedimenti. Le rilevanti variazioni temporali dei carichi generati di N e P sono state accompagnate da una netta modificazione della loro distribuzione spaziale che riflette a pieno i cambiamenti che hanno interessato la destinazione d'uso della SAU e il carico animale (Figg. 1,3). Nel 1960 la maggior parte del bacino del Po presentava una certa omogeneità, caratterizzata da bassa disponibilità o addirittura carenze di P e N, con la sola eccezione delle province di Parma, Reggio-Emilia, Modena, Cremona e Mantova, dove maggiore era il carico animale. Cinquant'anni dopo, i surplus di N e P aumentano in modo generalizzato e si concentrano in aree a forte criticità, soprattutto nella bassa pianura lombarda (Fig. 3).

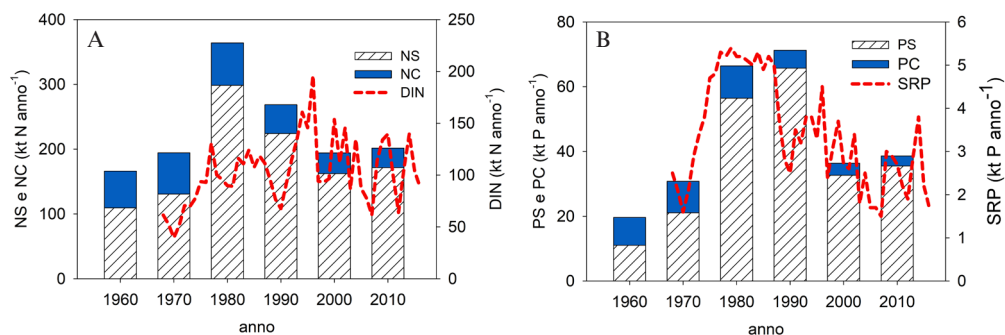


Fig. 2 - A) Variazioni temporali dei carichi di DIN transitati nella sezione del Po a Pontelagoscuro dal 1968 al 2016, del surplus di azoto del comparto agro-zootecnico (NS) e del carico civile (NC) generati nel bacino del Po dal 1960 al 2010 (modificati da Viaroli *et al.*, 2017, 2018). B) Variazioni temporali dei carichi di SRP transitati nella sezione del Po a Pontelagoscuro dal 1968 al 2016, del surplus di fosforo del comparto agro-zootecnico (PS) e del carico civile (PC) generati nel bacino del Po dal 1960 al 2010 (modificati da Viaroli *et al.*, 2017, 2018).

A) Time changes of Dissolved Inorganic Nitrogen (DIN) load delivered from the Po river to the Adriatic Sea from 1968 to 2016, of nitrogen surplus from agricultural and livestock diffuse sources (NS) and of nitrogen loading from urban point sources (NC) in the Po basin from 1960 to 2010 (modified from Viaroli *et al.*, 2017, 2018). B) Time changes of Soluble Reactive Phosphorus (SRP) load delivered from the Po river to the Adriatic Sea from 1968 to 2016, of phosphorus surplus from agricultural and livestock diffuse sources (PS) and of phosphorus loading from urban point sources (PC) in the Po basin from 1960 to 2010 (modified from Viaroli *et al.*, 2017, 2018).

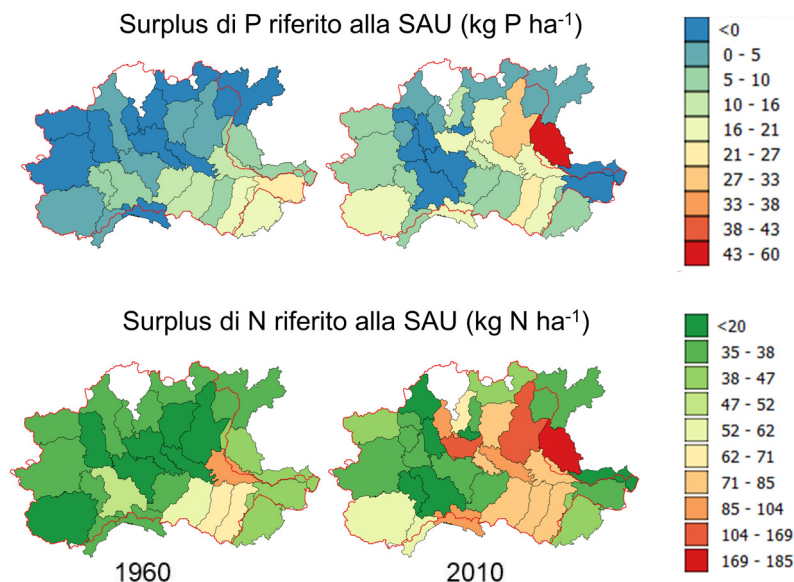


Fig. 3 - Distribuzione spaziale del surplus di fosforo e azoto generato nel bacino del fiume Po su base provinciale nel 1960 (a sinistra) e nel 2010 (a destra).

Spatial distribution of the phosphorus and nitrogen surpluses in the Po river basin on provincial basis in 1960 (left) and 2010 (right).

2. Variazioni temporali dei carichi rilasciati dal Po in Adriatico - I carichi di azoto inorganico disciolto (DIN), costituito per oltre il 90% da azoto nitrico, esportati dal Po in Adriatico raddoppiano tra il 1970 e il 1980 e permangono elevati con una leggera tendenza ad aumentare successivamente (Viaroli *et al.*, 2018; Fig. 2A). Il fosforo reattivo solubile (SRP) aumenta di circa il 100% tra il 1970 e il 1980 in parallelo all'aumento del surplus agricolo del P e del carico da detersivi (Fig. 2B). Dal 1990 in poi, il carico di SRP diminuisce raggiungendo nel 2010 valori di poco superiori a quelli della fine degli anni '60. Il rapporto molare DIN:SRP è relativamente stazionario, con valore medio 47 ± 6 fino al 1990, mentre nel decennio successivo aumenta rapidamente per attestarsi sui valori attuali di 100 ± 15 . Nel tempo è dunque aumentato lo sbilanciamento del carico del DIN che cresce e quello di SRP che diminuisce. Tale andamento può essere attribuito anche al notevole impulso che la legislazione in materia di tutela delle acque ha avuto tra il 1970 e il 1990, con effetti positivi soprattutto per il comparto civile ed in particolare per il fosforo, mentre non ci sono ancora strategie adeguate per contenere l'elevato apporto di azoto da sorgenti diffuse, prevalentemente agro-zootecniche (Palmeri *et al.*, 2005; Bartoli *et al.*, 2012; Viaroli *et al.*, 2015, 2018). In merito alle tendenze evolutive dei carichi del fosforo restano però aperti numerosi interrogativi. Le zone di generazione dei carichi non sono distribuite in modo omogeneo e ci sono ancora aree a forte criticità, in particolare nella bassa pianura lombarda e nell'area metropolitana di Milano. In aggiunta, non si hanno informazioni su quale possa essere il reale destino del fosforo che è stato accumulato in suoli e sedimenti negli ultimi 50 anni. Parte del carico potrebbe rientrare in circolo in seguito alla saturazione dei processi di ritenzione o a causa di eventi meteorici estremi e a piene fluviali di elevata frequenza e intensità (Jarvie *et al.*, 2013). Maggiori informazioni potrebbero essere ottenute dai dati di

fosforo totale (TP) che sono però incompleti e frammentari (Fig. 4). Sulla base delle informazioni disponibili si desume una tendenza alla diminuzione anche dei carichi annuali di TP, ma con una variabilità che è direttamente legata alla portata. In particolare, i picchi di TP si verificano in coincidenza con le piene, durante le quali, però, una quota significativa del TP è nelle forme meno solubili, soprattutto quelle legate al calcio che non sono biodisponibili a breve termine (Giordani *et al.*, 2010; Naldi *et al.*, 2010; Viaroli *et al.*, 2013a). Mancano infine informazioni sul silicio che svolge un ruolo chiave nello sviluppo e nella persistenza delle reti trofiche marine (Humborg *et al.*, 1997; Ittekkot *et al.*, 2000; Billen e Garnier, 2007). La serie di dati disponibili, per quanto frammentaria, sembra evidenziare una diminuzione dei carichi della silice reattiva disciolta (DSi) e dei rapporti stechiometrici DSi:DIN (Tab. 2), anche se le concentrazioni di DSi nelle acque fluviali restano relativamente elevate. Lo studio della stechiometria di DIN, SRP e DSi può avere importanti implicazioni nella comprensione del determinismo di fenomeni degenerativi come i bloom di microalghe, anche tossiche, o la crescita delle mucillagini (Fajon *et al.*, 1999; Billen e Garnier, 2007).

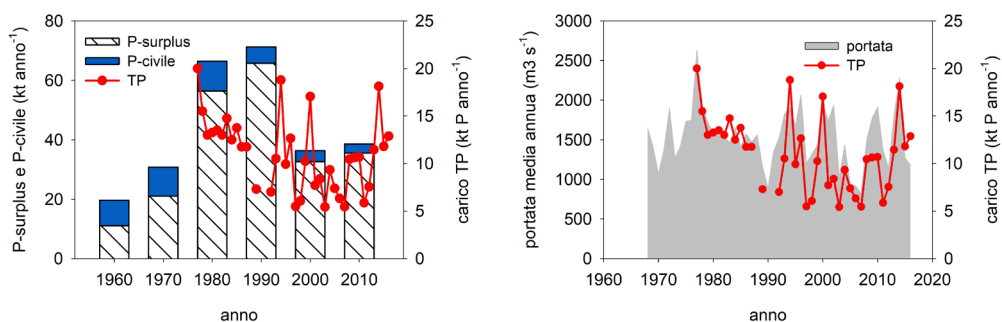


Fig. 4 - Variazioni dei carichi di fosforo totale (TP) rilasciati dal Po al Mare Adriatico dal 1977 al 2016 (dati tratti da Viaroli *et al.*, 2017, 2018).

*Time changes of total phosphorus (TP) loadings delivered by the Po river to the Adriatic Sea from 1977 to 2016 (data from Viaroli *et al.*, 2017; 2018).*

Tab. 2 - Variazioni del carico di silice reattiva disciolta (DSi) e del rapporto DSi:DIN del carico nel fiume Po dal 1968 al 2016 (fonte dei dati ⁽¹⁾Viaroli *et al.*, 2013a,b; ⁽²⁾dati non pubblicati).

*Time changes of dissolved reactive silica (DSi) loadings and molar DSi:DIN ratio of loadings from the Po river to the Adriatic Sea from 1968 to 2016 (data from ⁽¹⁾Viaroli *et al.*, 2013a,b; ⁽²⁾unpublished).*

anno	DSi (kt Si anno ⁻¹)	DSi:DIN
1968-1970 ⁽¹⁾	124	1,06
1981-1984 ⁽¹⁾	167	0,70
2004 ⁽¹⁾	172	0,64
2005-2007 ⁽¹⁾	90	0,60
2015 ⁽²⁾	81	0,39
2016 ⁽²⁾	50	0,28

3. Qualità e stato trofico delle acque costiere dell'Emilia-Romagna - In seguito alle pesanti trasformazioni avvenute nel bacino padano tra il 1970 e il 1990, le acque costiere dell'Emilia-Romagna sono state interessate da processi degenerativi particolarmente gravi, ampiamente descritti da Vollenweider *et al.* (1992) e da

Rinaldi (2014). L'evoluzione dello stato trofico è, a grandi linee, riassunta nella Tab. 3. Ulteriori dettagli sono riportati da Rinaldi *et al.* (2018). In coincidenza con i picchi dei carichi fluviali di DIN e SRP si osservano aumenti rilevanti di DIN, SRP e clorofilla-*a* fitoplanctonica nelle acque marine costiere che denotano condizioni di eutrofia-ipertrofia. In questa nota ci preme sottolineare la notevole estensione delle aree interessate e la durata temporale di questi fenomeni, caratterizzati anzitutto da fioriture di microalghe (Mazziotti *et al.*, 2006), seguite da anossie delle acque di fondo particolarmente estese (Fig. 5). In particolare, si può osservare una relazione stretta tra l'estensione delle zone anossiche e i carichi di DIN e, soprattutto, SRP veicolati dal Po. Con un ritardo di qualche anno, fenomeni altrettanto violenti hanno interessato le lagune del delta del Po, dove bloom macroalgali primaverili, prevalentemente di Ulvacee, e crisi distrofiche estive hanno messo a dura prova l'economia locale, fondata sull'acquacoltura dei molluschi bivalvi (Viaroli *et al.*, 2010).

Tab. 3 - Sintesi dei principali descrittori dell'evoluzione delle pressioni e dei carichi di azoto e fosforo nel bacino del Po e delle risposte delle acque costiere della Regione Emilia-Romagna.

Synthesis of the main indicators of anthropogenic pressures, N and P loadings in the Po river basin, and responses of coastal waters of Emilia-Romagna region.

Descrittori di pressione	1960-1970	1970-1990	1990-oggi
carico generato – N (kt anno ⁻¹)	basso <50	in crescita fino a ~250	in diminuzione fino a ~150
carico generato – P (kt anno ⁻¹)	basso <20	in crescita fino a ~60	in diminuzione fino a ~30
carico esportato – DIN (kt anno ⁻¹)	basso <50	in crescita fino a ~200	elevato >~100
carico esportato – SRP (kt anno ⁻¹)	basso <2,5	in crescita fino a ~6	in diminuzione fino a ~2,5
carico esportato - rapporto molare DIN:SRP	basso <50	in crescita fino a 80	in crescita >100
acque costiere valori medi DIN (µg N l ⁻¹)	n.d.	in crescita fino a 350	in crescita fino a 450
acque costiere valori medi SRP÷TP(µg P l ⁻¹)	n.d.	in crescita fino a 15÷60	in diminuzione <10÷<35
acque costiere clorofilla- <i>a</i> (µg l ⁻¹)	n.d.	in crescita fino a 25	in diminuzione <10
stato trofico acque costiere	meso-eutrofiche	iper-eutrofiche	oligo-mesotrofiche

Dalla fine degli anni '80 le condizioni di stato trofico sono progressivamente migliorate (Rinaldi *et al.*, 2018). Le ricerche pluriennali svolte nell'Alto Adriatico hanno, infatti, evidenziato un netto calo delle concentrazioni di SRP e clorofilla-*a* fitoplanctonica e della produzione secondaria, specialmente in anni asciutti. Per una sintesi dei principali risultati si rimanda a Giani *et al.* (2012) e Grilli *et al.* (2018). In questa nota, le tendenze evolutive delle acque costiere sono valutate sulla base dei dati di qualità delle acque raccolti da Arpa Emilia-Romagna dal 1992 al 2016, sia nel Po a Pontelagoscuro che nei transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico (A.A.VV., 1981-2016). Un primo esame è stato svolto mediante correlazione lineare semplice tra le portate rilevate a Pontelagoscuro e la salinità delle acque superficiali nelle stazioni dei due transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico. L'analisi è stata ripetuta in modo da massimizzare i valori del coefficiente di correlazione di Pearson (r). Il *fitting* migliore è stato ottenuto con dati rilevati nelle stazioni marine alla distanza di 4-5

giorni dal prelievo in quella fluviale. Sulla base di questo sfasamento temporale sono state svolte le correlazioni tra le concentrazioni di DIN determinate a Pontelagoscuro con quelle rilevate dopo 4 giorni a Porto Garibaldi e dopo 5 giorni a Cesenatico (Fig. 6). Tutte le correlazioni sono risultate altamente significative ad indicare una chiara influenza fluviale, soprattutto nella prima fascia entro i 3 km dalla linea di costa. L'influenza fluviale tende quindi a diminuire andando da nord verso sud e dalla costa verso il largo, probabilmente per effetto della produzione primaria e della diluizione (Zuur *et al.*, 2011). Queste osservazioni sono supportate anche dalla correlazione negativa tra azoto nitrico e salinità nelle stazioni di Porto Garibaldi ($-0,67 < r < -0,48$; $p < 0,001$) e Cesenatico ($-0,63 < r < -0,55$; $p < 0,001$), chiara indicazione dell'apporto di acque dolci di origine fluviale.

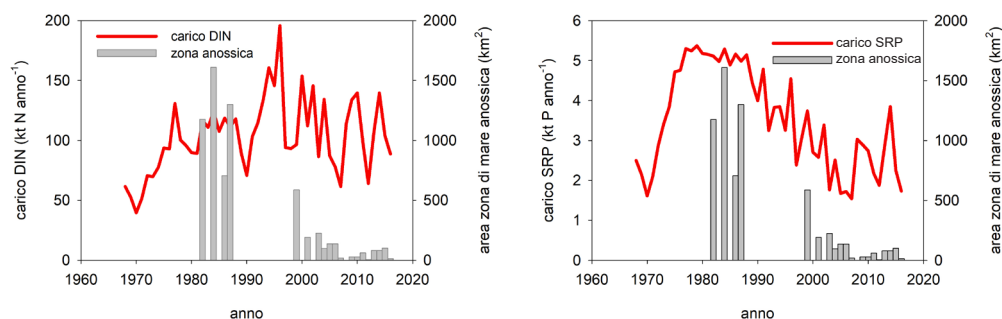


Fig. 5 - Relazione tra l'estensione delle zone di mare anossiche e i carichi di DIN e SRP rilasciati dal Po. I dati sull'estensione delle zone anossiche sono tratti da Rinaldi (2014) e da A.A.VV. (1981-2016).

Relationship between the extent of the anoxic sea areas and the loads of DIN and SRP released by the Po. Data on anoxic zones from Rinaldi (2014) and A.A.VV. (1981-2016).

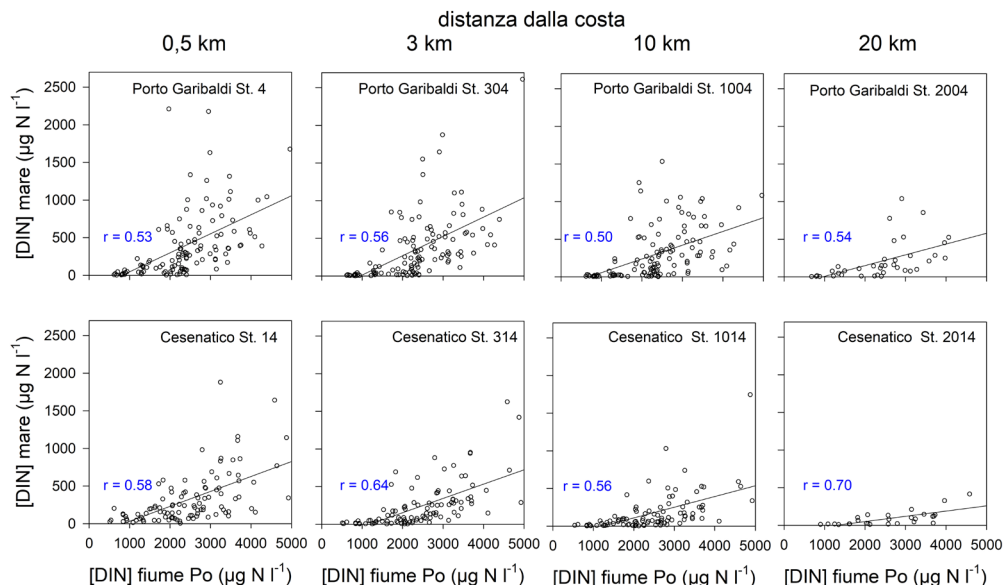


Fig. 6 - Correlazione di Pearson tra le concentrazioni del DIN determinate nelle acque del Po a Pontelagoscuro e nelle stazioni marine dei transesti di Porto Garibaldi e Cesenatico.

Pearson's correlations between DIN concentrations in the Po river at Pontelagoscuro and in the stations of Porto Garibaldi and Cesenatico transects.

Nei transetti considerati, nutrienti e clorofilla-*a* presentano gradienti di concentrazione decrescenti dalla costa verso il mare aperto (Fig. 7). In particolare, le concentrazioni di SRP sono sempre molto basse, ai limiti della soglia di determinazione analitica (dati non riportati). Il TP segue un andamento analogo con valori leggermente più alti. Restano invece elevate le concentrazioni di DIN, costituito prevalentemente da nitrati. In entrambi i transetti, la stazione sotto costa presenta con una certa frequenza picchi di DIN, TP e clorofilla, ad indicare l'influenza di fonti di inquinamento locali, ad esempio canali che drenano aree agricole e centri abitati come il canale navigabile di Porto Garibaldi che riceve le acque del Po di Volano, ricche di azoto e fosforo. Un'analisi più approfondita dei dati di fosforo totale (dati non riportati) ha evidenziato un incremento delle concentrazioni annue medie fino al 2002, dopo anni con portate del Po particolarmente elevate e, successivamente, una progressiva diminuzione inizialmente coincisa con anni particolarmente secchi e con portate fluviali estremamente basse (media annua $1000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$).

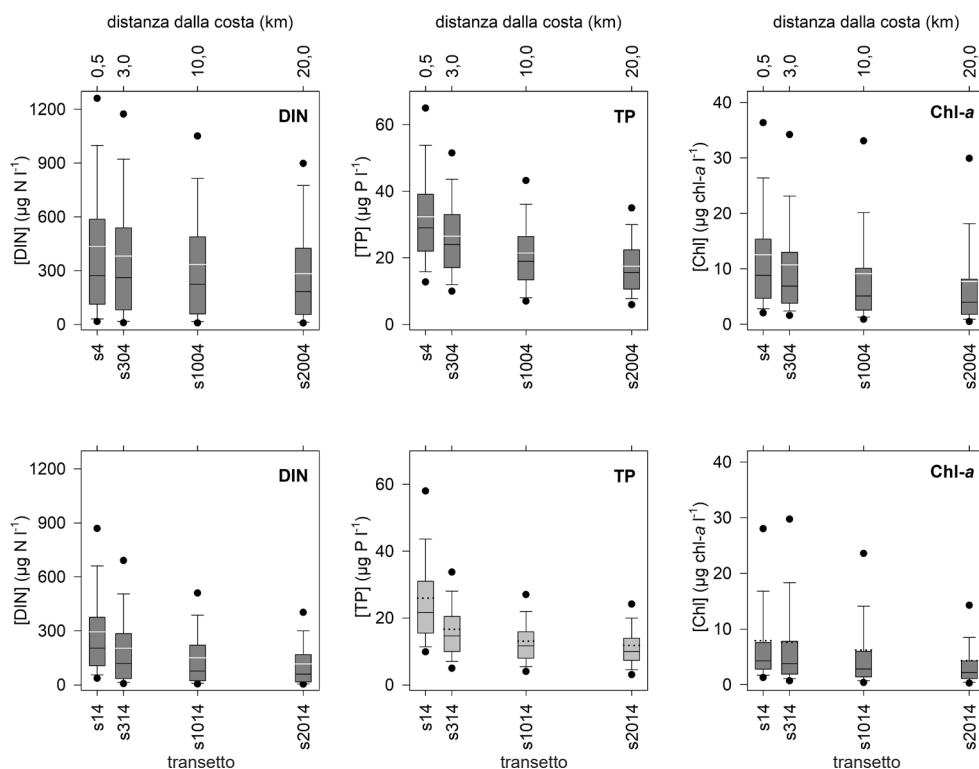


Fig. 7 - Box plot delle concentrazioni di azoto inorganico disciolto (DIN), fosforo totale (TP) e clorofilla-*a* fitoplanctonica (Chl) nelle stazioni di campionamento lungo i transetti di Porto Garibaldi (in alto) e Cesenatico (in basso) per il periodo 1992-2016. La distanza dalla costa delle varie stazioni è indicata sull'asse orizzontale superiore. I limiti dei box indicano il 25° ed il 75° percentile, le linee all'interno la mediana (linea nera) e la media (linea bianca), le barre di errore il 10° ed il 90° percentile, i punti esterni il 5° e 95° percentile.

Box plots of dissolved inorganic nitrogen (DIN), total phosphorus (TP) and phytoplanktonic chlorophyll-a (Chl) concentrations at sampling stations along the Porto Garibaldi (top) and Cesenatico (bottom) transects from 1992 to 2016. Distance from coast is indicated on the top horizontal axis. The boundaries of the box indicate the 25th and 75th percentiles, the lines within the box mark the median (black line) and the mean (white line), error bars indicate the 10th and 90th percentiles, points indicate 5th and 95th percentiles.

Discorso a parte merita la silice reattiva disciolta (DSi) che è stata determinata in modo non continuativo e regolare nelle acque del Po, mentre è oggetto di monitoraggio nelle acque marine costiere da oltre dieci anni (A.A.VV., 1981-2016; Fig. 8). Dall'analisi di questi dati si evince una tendenza evolutiva della DSi analoga a quella già evidenziata per DIN, SRP e TP, ovvero una progressiva diminuzione dalla costa verso il largo e da Porto Garibaldi verso Cesenatico. In particolare, lungo un transetto di 20 km la DSi diminuisce di oltre il 50% e da nord a sud dimezza ulteriormente. Concentrazioni di DSi inferiori ai $500 \mu\text{g Si l}^{-1}$ potrebbero indicare una scarsa disponibilità di silice, soprattutto nei momenti di crescita delle diatomee (Ittekkot *et al.*, 2000). Complessivamente, dal 1991 in poi, la qualità delle acque marine-costiere è migliorata rispetto al periodo 1970-1990. In particolare c'è stato un notevole miglioramento dello stato trofico caratterizzato dalla diminuzione delle concentrazioni di fosforo totale e clorofilla-*a* fitoplanctonica rispetto ai limiti di Vollenweider e Kerekes (1982). Nel transetto di Porto Garibaldi tra il 60 e 90% dei dati di fosforo totale è inferiore a $35 \mu\text{g P l}^{-1}$, limite tra meso- ed eutrofia (Fig. 9). Nella stazione 4, a 500 m dalla costa, aumenta in modo sensibile la frazione di dati compresi tra 35 e $100 \mu\text{g P l}^{-1}$, equivalenti a condizioni di eutrofia. Il TP diminuisce progressivamente andando verso il largo, dove lo stato trofico tende verso l'oligo-mesotrofia. Nel transetto di Cesenatico, con la sola eccezione della stazione sotto costa (s14), la maggior parte delle concentrazioni di TP sono inferiori a $35 \mu\text{g P l}^{-1}$ con un'importante frazione di dati inferiori a $10 \mu\text{g P l}^{-1}$. La clorofilla-*a* presenta andamenti analoghi, anche se la frequenza dei dati è maggiormente spostata verso condizioni di eutrofia. Complessivamente, nel transetto di Porto Garibaldi si presentano condizioni prevalentemente meso-eutrofiche, mentre a Cesenatico prevalgono condizioni meso-oligotrofiche.

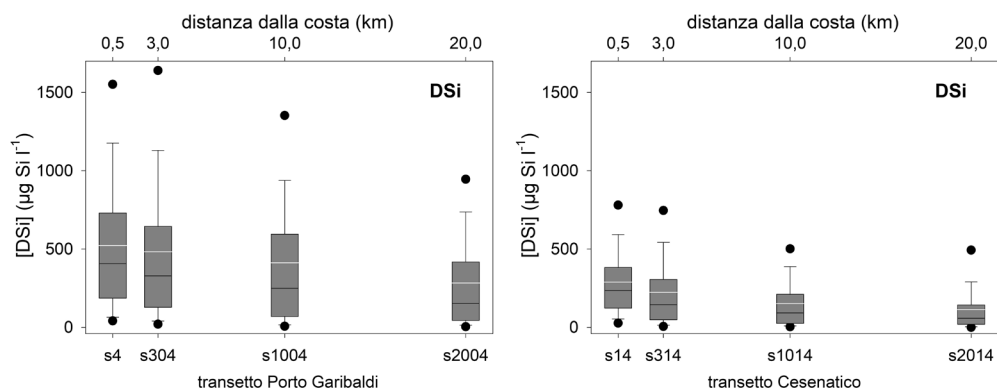


Fig. 8 - Box plot delle concentrazioni di silice disciolta (DSi) nelle stazioni di campionamento lungo i transetti di Porto Garibaldi (a sinistra) e Cesenatico (a destra) per il periodo 1992-2016. La distanza dalla costa delle varie stazioni è indicata sull'asse orizzontale superiore. I limiti dei box indicano il 25° ed il 75° percentile, le linee all'interno la mediana (linea nera) e la media (linea bianca), le barre di errore il 10° ed il 90° percentile, i punti esterni il 5° e 95° percentile.

Box plots of dissolved silica (DSi) concentrations at sampling stations along the Porto Garibaldi (left) and Cesenatico (right) transects from 1992 to 2016. Distance from coast is indicated on the top horizontal axis. The boundaries of the box indicate the 25th and 75th percentiles, the lines within the box mark the median (black line) and the mean (white line), error bars indicate the 10th and 90th percentiles, points indicate the 5th and 95th percentiles.

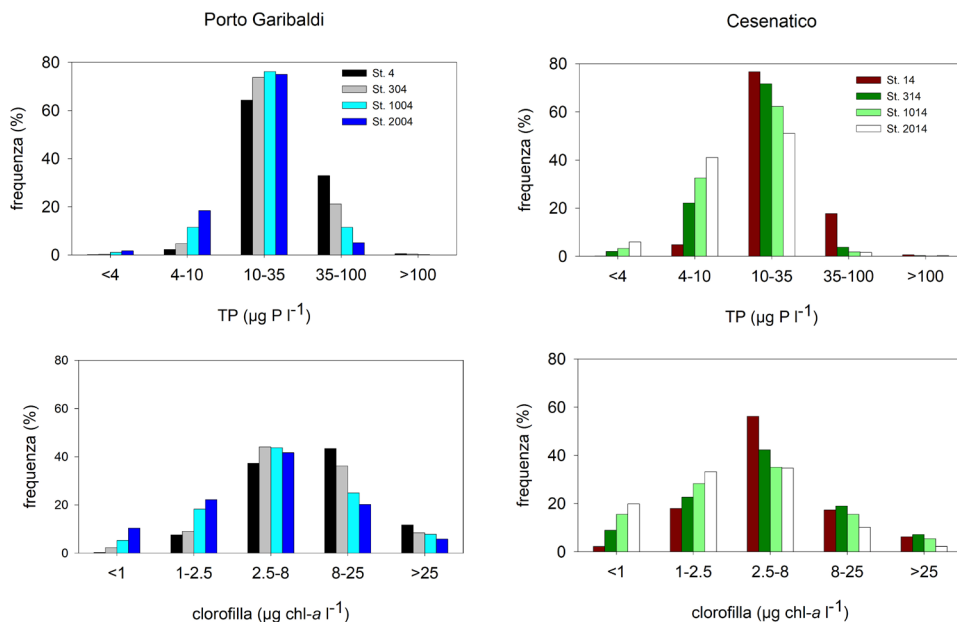


Fig. 9 - Distribuzione di frequenza delle concentrazioni di fosforo totale (TP) e clorofilla-*a* fitoplanctonica nelle stazioni di campionamento lungo i transesti di Porto Garibaldi (a sinistra) e Cesenatico (a destra) per il periodo 1992-2016. Le cinque classi di frequenza indicano i limiti delle classi di stato trofico: ultra-oligotrofico, oligotrofico, mesotrofico, eutrofico, ipertrofico.

Frequency distribution of total phosphorus (TP) and phytoplanktonic chlorophyll-a concentrations at sampling stations along the Porto Garibaldi (left) and Cesenatico (right) transects from 1992 to 2016. The five frequency classes indicate limits of the trophic state classes: ultra-oligotrophic, oligotrophic, mesotrophic, eutrophic, hypertrophic.

L'eredità del passato e le sfide del futuro - L'evoluzione temporale della qualità e dello stato trofico delle acque costiere dell'Emilia-Romagna segue un andamento che è in larga misura sovrapposto a quello delle acque fluviali. Anzitutto ci preme evidenziare come ci sia un punto di rottura rilevante, tra il 1970 e il 1990, quando avviene una radicale trasformazione del settore agro-zootecnico. Il tradizionale sistema basato sulla rotazione bilanciata di colture foraggere con cereali e integrato con l'allevamento bovino, viene progressivamente sostituito da un sistema monocolturale e da allevamenti intensivi a carattere industriale, soprattutto di suini. Ne consegue una diminuzione della produzione di letame, tipica dell'allevamento bovino, accompagnata da una produzione eccessiva di liquami suinicoli, frutto anche delle modalità di lavaggio delle stalle con grandi quantitativi di acqua. I reflui zootecnici perdono così il loro valore agronomico e diventano rifiuti da smaltire e da trattare. In parallelo cresce l'incidenza della fertilizzazione di sintesi, aggravando il peso dei carichi di P ed N. Di notevole rilievo è anche la redistribuzione del carico zootecnico conseguente l'applicazione di restrizioni nello smaltimento dei reflui zootecnici in alcune regioni piuttosto che in altre. Si assiste così alla delocalizzazione degli allevamenti soprattutto nella bassa Lombardia tra Adda e Mincio, dove si creano zone nelle quali i carichi di N e P disponibili superano le necessità delle colture e le quantità in eccesso vengono rilasciate nei corpi idrici sia superficiali che profondi. La valutazione dell'impatto dei reflui zootecnici e dei concimi minerali

sugli ecosistemi acquatici non considera in genere altre variabili che non siano il carico animale e le modalità di allevamento e/o l'uso agricolo dei suoli. Riteniamo, invece, che altri fattori possano avere un ruolo altrettanto rilevante: l'impermeabilizzazione dei suoli, lo sviluppo invasivo di centri urbani e infrastrutture, la pesante modificazione degli alvei fluviali dovuta all'attività estrattiva di materiali inerti direttamente in alveo e alla costruzione di opere fluviali di vario tipo che hanno inciso in modo pesante sull'idro-morfologia e sulla capacità di autoregolazione biogeochimica dei corsi d'acqua (Pinay *et al.*, 2002). A fronte di pressioni così rilevanti, sono state avviate politiche ambientali che hanno avuto effetti positivi, a partire dalla legge 319/1976 (legge Merli), seguita dalla costruzione degli impianti di depurazione dei reflui urbani, ai decreti legislativi per la riduzione del contenuto di P nei detersivi, alla promozione di buone pratiche agricole e zootecniche per contenere i consumi di acqua e uso di fertilizzanti e per migliorare la dieta animale (Rinaldi, 2014). Questi provvedimenti hanno nel loro insieme generato effetti apprezzabili già negli anni '90 e sono stati particolarmente efficaci nel contenimento del fosforo, uno dei fattori principali nello sviluppo dell'eutrofizzazione della costa (Palmeri *et al.*, 2005). Resta, invece, irrisolto il problema del massiccio carico diffuso di azoto, per il quale si presenta anche una pesante eredità del passato, in quanto una quota non quantificabile, ma sicuramente molto elevata, è stata accumulata nelle acque sotterranee sotto forma di nitrato che ritorna in ciclo attraverso le sorgenti di pianura, i pozzi e il flusso di subalveo (Bartoli *et al.*, 2012; Soana *et al.*, 2017; Van Meter *et al.*, 2018). Questa sproporzione tra azoto e fosforo non deve però trarre in inganno, lasciando supporre che ci possa essere un problema di limitazione da fosforo. Nel Po e nei suoi affluenti, le concentrazioni di SRP e TP restano ancora elevate rispetto al fondo naturale che è di pochi $\mu\text{g P l}^{-1}$. Si rileva piuttosto un eccesso incontrollato di azoto che può avere altre influenze, ad esempio può essere di stimolo per la vegetazione nitrofila e può causare fioriture micro e macroalgali, anche di alghe tossiche (Billen e Garnier, 2007). Infine, è stato per lungo tempo sottovalutato il ruolo della silice, che è oggi oggetto di un crescente interesse per il ruolo che svolge nel determinismo delle reti trofiche marine (Humborg *et al.*, 1997; Viaroli *et al.*, 2013b). La relazione tra pressioni nel bacino idrografico, carichi fluviali e impatto sulle acque marine costiere presenta ancora aspetti meritevoli di studi ed approfondimenti, anche nel contesto del cambiamento climatico. Numerosi contributi, in una raccolta monografica dedicata alle tendenze evolutive del Mare Adriatico settentrionale, hanno evidenziato una generale riduzione delle concentrazioni di SRP e clorofilla-*a* fitoplanctonica che può essere messa in relazione con la variabilità idrologica del Po (Giani *et al.*, 2012). Oltre al Po possono localmente assumere grande importanza i corsi d'acqua minori (Cozzi e Giani, 2011). Infine, composizione e struttura delle comunità possono dipendere non solo dall'apporto di nutrienti, ma anche dalle condizioni meteorologiche e idrologiche (Mazziotti *et al.*, 2008) e da altri tipi di pressioni, come ad esempio la pesca che influenza le dinamiche di popolazione della comunità planctonica (Fortibuoni *et al.*, 2017). Il recupero di condizioni chimiche confrontabili con quelle originarie non è dunque necessariamente accompagnato dal ripristino delle comunità presenti prima del disturbo e l'evoluzione dell'ecosistema marino potrebbe seguire traiettorie inedite e imprevedibili (Duarte *et al.*, 2009; Glibert, 2017). Molto spesso i cambiamenti dell'ecosistema acquatico sono transitori e sono caratterizzati da fasi determinate in larga misura da forzanti climatiche e idrologiche. Ad esempio, dal 2003 al 2007 le portate del Po si sono attestate per più anni su valori compresi tra $25\text{-}30 \times 10^9 \text{ m}^3 \text{ anno}^{-1}$, quando la portata media annua è stimata in circa $50 \times 10^9 \text{ m}^3 \text{ anno}^{-1}$ (Montanari, 2012). In parallelo, i carichi di SRP e DIN si sono sensibilmente ridotti, al punto che negli anni successivi

è stato registrato un netto miglioramento dello stato trofico nell'ecosistema marino. A distanza di pochi anni però, si è verificato un nuovo aumento dei carichi, in seguito alla ripresa della piovosità e delle portate. Infine, occorre sottolineare come produzione primaria e stato trofico possano dipendere dall'azione sinergica di più elementi in dipendenza delle condizioni fisiche dell'ecosistema marino (Glibert, 2017). Il fatto che i carichi del fosforo si siano notevolmente ridotti potrebbe far pensare che il problema sia risolto. Restano però in sospeso diverse questioni. Il fosforo abbattuto nei depuratori può rientrare in circolo attraverso l'uso agronomico dei fanghi di depurazione. Questa sorgente si va a sommare al fosforo immesso nell'ambiente per oltre cinquant'anni. Probabilmente si è accumulato in suoli e sedimenti grazie a processi di co-precipitazione o con la formazione di complessi e composti con metalli che sono particolarmente stabili. Quanto potranno incidere su questi processi il cambiamento climatico e i suoi effetti sull'idrologia? Sono temi di grande attualità in quanto si ipotizza una possibile "eredità del fosforo", ovvero un ritorno in circolo di parte del fosforo che al momento è inerte (Jarvie *et al.*, 2013). In altri paesi, il problema del fosforo è tuttora oggetto di attenzione non solo perché è causa di eutrofizzazione, ma anche per la sua scarsità. In questo contesto, l'orientamento delle politiche ambientali è indirizzato al recupero e al riciclo del P attraverso una gestione tecnologicamente avanzata degli impianti di depurazione che tende a chiudere il ciclo di questo elemento (<http://www.phosphorusplatform.eu>). Per l'azoto la situazione sembra essere più chiara: diverse attività antropiche hanno immesso nella biosfera quantitativi delle forme più reattive (ammoniaca e nitrati) misurabili in decine di teragrammi ogni anno (Erisman *et al.*, 2008). Una parte consistente di questo carico è costituita da azoto nitrico, particolarmente solubile, che si accumula nei suoli superficiali e nella zona radicale, e negli acquiferi sotterranei. Questi ultimi agiscono come serbatoi che accumulano nitrato in concentrazioni crescenti rilasciandolo poi in superficie attraverso il flusso di subalveo, le sorgenti di pianura e i pozzi (Van Meter *et al.*, 2018). Questo fenomeno è stato descritto anche nelle aree della bassa pianura lombarda dove massimi sono i carichi generati di azoto (Bartoli *et al.*, 2012; Delconte *et al.*, 2014). Ne consegue che gli effetti delle attuali azioni di contenimento e riduzione dei carichi azotati potranno avere effetti ed essere apprezzati tra decine di anni e, conseguentemente, potrebbero essere messe in discussione le attuali politiche ambientali in questo settore (Van Meter *et al.*, 2018). Sarebbe un gravissimo errore che potrebbe portare ad un collasso generalizzato dei sistemi acquatici superficiali e profondi. Piuttosto, queste evidenze suggeriscono come le attuali tecnologie, pur essendo necessarie, non siano sufficienti a risolvere il problema dell'inquinamento da azoto (Palmeri *et al.*, 2005; Pirrone *et al.*, 2005). In primo luogo occorre agire sul carico diffuso e, in parallelo, è necessario riprogettare il sistema agro-zootecnico (Viaroli *et al.*, 2015; Garnier *et al.*, 2016). Una possibile soluzione riguarda la gestione di componenti tipiche del paesaggio di pianura come le zone umide perifluviali (Racchetti *et al.*, 2011) e il reticolo idrografico minore (Castaldelli *et al.*, 2015; Soana *et al.*, 2017). In particolare, i canali che si sviluppano per oltre 50.000 km lineari in tutto il bacino del Po offrono condizioni idonee per ridurre in modo quantitativamente apprezzabile il carico azotato, direttamente nelle aree in cui viene generato. Analogo discorso vale per le zone umide localizzate nei tratti terminali dei corsi d'acqua e lungo la costa. Più in generale, occorre un cambio di paradigma: gli interventi a valle degli scarichi devono essere integrati con la ricostruzione del territorio, legando la soluzione dei problemi dell'eutrofizzazione a quella di altre emergenze, ad esempio alla pianificazione dell'adattamento al cambiamento climatico (Viaroli *et al.*, 2014; Tagliapietra *et al.*, 2014).

Bibliografia

- AA.VV. (1981-2016) - Qualità ambientale delle acque marine in Emilia-Romagna. Rapporti annuali. Regione Emilia-Romagna - Arpae Emilia-Romagna.
- BARTOLI M., RACCHETTI E., DELCONTE C.A., SACCHI E., SOANA E., LAINI A., LONGHI D., VIAROLI P. (2012) - Nitrogen balance and fate in a heavily impacted watershed (Oglio River, northern Italy): in quest of the missing sources and sinks. *Biogeosciences*, **9**: 361-373.
- BILLEN G., GARNIER J. (2007) - River basin nutrient delivery to the coastal sea: assessing its potential to sustain new production of non-siliceous algae. *Mar. Chem.*, **106** (1-2): 148-160.
- CASTALDELLI G., SOANA E., RACCHETTI E., VINCENZI F., FANO E.A., BARTOLI M. (2015) - Vegetated canals mitigate nitrogen surplus in agricultural watersheds. *Agr. Ecosyst. Environ.*, **212**: 253-262.
- COZZI S., GIANI M. (2011) - River water and nutrient discharges in the northern Adriatic Sea: current importance and long term changes. *Cont. Shelf Res.*, **31** (18): 1881-1893.
- DALL'OLIO N., CAVALLO M.C. (2009) - *Dinamiche di consumo di suolo agricolo nella pianura parmense 1881-2006. I dati e gli impatti sul sistema agroalimentare*. Servizio Agricoltura e Sviluppo Economico, Provincia di Parma: 96 pp.
- DELCONTE C.A., SACCHI E., RACCHETTI E., BARTOLI M., MAS-PLA J., RE V. (2014) - Nitrogen inputs to a river course in a heavily impacted watershed: a combined hydrochemical and isotopic evaluation (Oglio River Basin, N Italy). *Sci. Total Environ.*, **466-467**: 924-938.
- DE WIT M., BENDORICCHIO G. (2001) - Nutrient fluxes in the Po basin. *Sci. Total Environ.*, **273** (1-3): 147-161.
- DUARTE C.M., CONLEY D.J., CARSTENSEN J., SÁNCHEZ-CAMACHO M. (2009) - Return to *Neverland*: shifting baselines affect eutrophication restoration targets. *Estuar. Coast.*, **32** (1): 29-36.
- ERISMAN J.W., SUTTON M.A., GALLOWAY J., KLIMONT Z., WINIWARTER W. (2008) - How a century of ammonia synthesis changed the world. *Nat. Geosci.*, **1**: 636-639.
- FAJON C., CAUWET G., LEBARON P., TERZIC S., AHEL M., MALEJ A., MOZETIC P., TURK V. (1999) - The accumulation and release of polysaccharides by planktonic cells and the subsequent bacterial response during a controlled experiment. *FEMS Microbiol. Ecol.*, **29** (4): 351-363.
- FORTIBUONI T., GIOVANARDI O., PRANOVI F., RAICEVICH S., SOLIDORO C., LIBRALATO S. (2017) - Analysis of long-term changes in a Mediterranean marine ecosystem based on fishery landings. *Front. Mar. Sci.*, **4**, doi: 10.3389/fmars.2017.00033.
- GARNIER J., ANGLADE J., BENOIT M., BILLEN G., PUECH T., RAMARSON A., PASSY P., SILVESTRE M., LASSALETTA L., TROMMENSCHLAGER J.-M., SCHOTT C., TALLEC G. (2016) - Reconnecting crop and cattle farming to reduce nitrogen losses to river water of an intensive agricultural catchment (Seine basin, France): past, present and future. *Environ. Sci. Policy*, **63**: 76-90.
- GIANI M., COZZI S., TARTARI G. (2018) - Tendenze dei carichi di nutrienti riversati dal fiume Po nel Nord Adriatico. *Biol. Mar. Mediterr.*, **25** (1): 23-26.
- GIANI M., DEGOBBIS D., CABRINI M., FONDA UMANI S. (EDS) (2012) - Fluctuations and trends in the northern Adriatic marine systems: from annual to decadal variability. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **115**: 1-414.
- GIORDANI G., ROMA G., AZZONI R., PIEROBON E., TORNATORE F., VIAROLI P. (2010) - Analisi della composizione del fosforo particellato veicolato dal fiume Po in diverse condizioni idrologiche. *Biologia Ambientale*, **24** (1): 77-86.
- GLIBERT P.M. (2017) - Eutrophication, harmful algae and biodiversity - Challenging paradigms in a world of complex nutrient changes. *Mar. Pollut. Bull.*, **124** (2): 591-606.
- GRILLI F., BERNARDI AUBRY F., BASTIANINI M., BERGAMI C., CABRINI M., CAMATTI E., CAMPANELLI A., CATALETTO B., COZZI S., DEL NEGRO P., GIANI M., GUICCIARDI S., MARINI M., PENNA A., PENNA P., PUGNETTI A., RAVAIOLI M., RIMINUCCI F., RINALDI A., RICCI F., TOTTI C., VIAROLI P. (2018) - Seasonal and interannual trends of trophic status in northern Adriatic Sea in relation to nutrient loadings. *Biol. Mar. Mediterr.*, **25** (1): 51-52.
- HUMBORG C., ITTEKKOT V., COCIASU A., BODUNGEN B.V. (1997) - Effect of Danube River dam on Black Sea biogeochemistry and ecosystem structure. *Nature*, **386**: 385-388.
- ISPRA (2017) - Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. *Rapporti ISPRA*, **266**: 186 pp.

- ITTEKKOT V., HUMBORG C., SCHÄFER P. (2000) - Hydrological alterations and marine biogeochemistry: a silicate issue? *BioScience*, **50** (9): 776-782.
- JARVIE H.P., SHARPLEY A.N., WITHERS P.J.A., SCOTT J.T., HAGGARD B.E., NEAL C. (2013) - Phosphorus mitigation to control river eutrophication: murky waters, inconvenient truths, and "postnormal" science. *J. Environ. Qual.*, **42** (2): 295-304.
- LAMBERTI A. (1993) - Le modificazioni recenti verificatesi nell'asta principale del Po e problemi connessi. *Acqua-Aria*, **6**: 589-592.
- MARCHETTI R., PROVINI A., CROSA G. (1989) - Nutrient load carried by the River Po into the Adriatic Sea, 1968-1987. *Mar. Pollut. Bull.*, **20** (4): 168-172.
- MAZZIOTTI C., FERRARI C.R., MONTANARI G., BENZI M., SILVESTRI C., RINALDI A. (2006) - Tendenza evolutiva del fenomeno eutrofico nelle acque costiere emiliano-romagnole: 1982-2004. *Biol. Mar. Mediterr.*, **13** (1): 105-113.
- MAZZIOTTI C., SILVESTRI C., BENZI M. (2008) - Variazione annuale del fitoplancton in relazione alla struttura della colonna d'acqua in un'area eutrofizzata al largo di Lido Adriano (Emilia Romagna, Nord Adriatico). *Biol. Mar. Mediterr.*, **15** (1): 34-37.
- MONTANARI A. (2012) - Hydrology of the Po River: looking for changing patterns in river discharge. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, **16** (10): 3739-3747.
- NALDI M., PIEROBON E., TORNATORE F., VIAROLI P. (2010) - Il ruolo degli eventi di piena nella formazione e distribuzione temporale dei carichi di fosforo e azoto nel fiume Po. *Biologia Ambientale*, **24** (1): 59-69.
- PALMERI L., BENDORICCHIO G., ARTIOLI Y. (2005) - Modelling nutrient emissions from river systems and loads to the coastal zone: Po River case study, Italy. *Ecol. Model.*, **184** (1): 37-53.
- PINAY G., CLÉMENT J.C., NAIMAN R.J. (2002) - Basic principles and ecological consequences of changing water regimes on nitrogen cycling in fluvial systems. *Environ. Manage.*, **30** (4): 481-491.
- PIRRONE N., TROMBINO G., CINNIRELLA S., ALGIERI A., BENDORICCHIO G., PALMERI L. (2005) - The Driver-Pressure-State-Impact-Response (DPSIR) approach for integrated catchment-coastal zone management: preliminary application to the Po catchment-Adriatic Sea coastal zone system. *Reg. Environ. Change*, **5** (2-3): 111-137.
- RACCHETTI E., BARTOLI M., SOANA E., LONGHI D., CHRISTIAN R.R., PINARDI M., VIAROLI P. (2011) - Influence of hydrological connectivity of riverine wetlands on nitrogen removal via denitrification. *Biogeochemistry*, **103** (1-3): 335-354.
- RINALDI A. (2014) - *Fioriture algali in Adriatico. Il bacino padano-adriatico tra sviluppo e scienza*. Editrice La Mandragora, Imola (BO): 280 pp.
- RINALDI A., GIOVANARDI F., FERRARI C.R., MAZZIOTTI C. (2018) - Stato trofico dell'Alto Adriatico: tendenze evolutive e quadro di riferimento concettuale. *Biol. Mar. Mediterr.*, **25** (1): 43-46.
- SALERNO F., VIVIANO G., TARTARI G. (2018) - Urbanization and climate change impacts on surface water quality: enhancing the resilience by reducing impervious surfaces. *Water Res.*, **144**: 491-502.
- SOANA E., BALESTRINI R., VINCENZI F., BARTOLI M., CASTALDELLI G. (2017) - Mitigation of nitrogen pollution in vegetated ditches fed by nitrate-rich spring waters. *Agr. Ecosyst. Environ.*, **243**: 74-82.
- SOANA E., RACCHETTI E., LAINI A., BARTOLI M., VIAROLI P. (2011) - Soil budget, net export, and potential sinks of nitrogen in the lower Oglio River watershed (northern Italy). *CLEAN - Soil Air Water*, **39** (11): 956-965.
- TAGLIAPIETRA D., MAGNI P., BASSET A., VIAROLI P. (2014) - Ecosistemi costieri di transizione: trasformazioni recenti, pressioni antropiche dirette e possibili impatti del cambiamento climatico. *Biologia Ambientale*, **28** (2): 101-111.
- VAN METER K.J., VAN CAPPELLEN P., BASU N.B. (2018) - Legacy nitrogen may prevent achievement of water quality goals in the Gulf of Mexico. *Science*, **360** (6387): 427-430.
- VIAROLI P. (2017) - I corsi d'acqua nell'Antropocene: processi e servizi ecosistemici, deterioramento e riqualificazione. *Biologia Ambientale*, **31**: 245-252.
- VIAROLI P., BARTOLI M. (2009) - Ricerca ecologica e riqualificazione fluviale. *Riqualificazione fluviale*, **2**: 15-22.
- VIAROLI P., AZZONI R., BARTOLI M., GIORDANI G., NALDI M., NIZZOLI D. (2010) - Primary productivity, biogeochemical buffers and factors controlling trophic status and

- ecosystem processes in Mediterranean coastal lagoons: a synthesis. *Advances in Oceanography and Limnology*, **1** (2): 271-293.
- VIAROLI P., AZZONI R., BARTOLI M., LONGHI D., NALDI M., NIZZOLI D., FANO E.A., CASTALDELLI G., SOANA E., VINCENZI F., ZONTA R., BOTTER M. (2017) - Documento di sintesi sui carichi totali e di piena di SST, N, P e Si rilasciati dal Po ai rami del delta. Report SP3_LI5WPI_UO8_D01. RITMARE, La Ricerca Italiana per il MARE: 60 pp.
- VIAROLI P., BARTOLI M., BOLPAGNI R., PECORA S., ROSSETTI G. (2014) - Stato attuale e vulnerabilità dei tratti planiziali dei corsi d'acqua nel bacino del Po in relazione a pressioni locali e cambiamento climatico. *Biologia Ambientale*, **28** (2): 75-86.
- VIAROLI P., BARTOLI M., CASTALDELLI G., NALDI M., NIZZOLI D., ROSSETTI G. (2013b) - Recent evolution and expected changes of nutrient loads in a heavily exploited watershed: the Po River, Italy. In: Arheimer B., Collins A., Krysanova V., Lakshmanan E., Meybeck M., Stone M. (eds), *Understanding freshwater quality problems in a changing world. IAHS Publ.*, **361**: 175-182.
- VIAROLI P., NIZZOLI D., PINARDI M., ROSSETTI G., BARTOLI M. (2013a) - Factors affecting dissolved silica concentrations, and DS_i and DIN stoichiometry in a human impacted watershed (Po River, Italy). *Silicon*, **5** (1): 101-114.
- VIAROLI P., NIZZOLI D., PINARDI M., SOANA E., BARTOLI M. (2015) - Eutrophication of the Mediterranean Sea: a watershed-cascading aquatic filter approach. *Rend. Lincei Sci. Fis.*, **26** (1): 13-23.
- VIAROLI P., SOANA E., PECORA S., LAINI A., NALDI M., FANO E.A., NIZZOLI D. (2018) - Space and time variations of watershed N and P budgets and their relationships with reactive N and P loadings in a heavily impacted river basin (Po river, northern Italy). *Sci. Total Environ.*, **639**: 1574-1587.
- VOLLENWEIDER R.A., KEREKES J.J. (EDS) (1982) - *Eutrophication of waters: monitoring, assessment and control*. OECD, Paris: 154 pp.
- VOLLENWEIDER R.A., RINALDI A., MONTANARI G. (1992) - Eutrophication, structure and dynamics of a marine coastal system: results of ten-year monitoring along the Emilia-Romagna coast (Northwest Adriatic Sea). In: Vollenweider R.A., Marchetti R., Viviani R. (eds), *Marine coastal eutrophication*. Elsevier Science, Amsterdam, The Netherlands: 63-106.
- ZUUR A.F., IENO E.N., MAZZIOTTI C., MONTANARI G., RINALDI A., FERRARI C.R. (2011) - Estimation of common trends for trophic index series. In: Chandler R.E., Scott E.M. (eds), *Statistical methods for trend detection and analysis in the environmental sciences*. John Wiley & Sons, Ltd. Publication, UK: 307-331.

Informazioni e dati presentati in questa nota sono tratti in parte dagli elaborati dei progetti 1) Monitoraggio dei carichi dei nutrienti veicolati dal Po al Mare Adriatico, finanziato da regione Lombardia; 2) Valutazione di criteri di classificazione dello stato trofico, della suscettibilità all'eutrofizzazione dei sistemi fluviali e dei carichi di nutrienti veicolati nelle acque superficiali e delle relative sorgenti, nell'ambito degli adempimenti della direttive comunitarie 2000/60 (direttiva quadro acque) e 676/91 (direttiva nitrati), finanziato da regione Lombardia; 3) RITMARE un progetto bandiera finanziato dal MIUR (linea SP3-LI5).

L. FERRANTE, R. AURIEMMA, F. NASI, M. D'ALESSANDRO,
T. CIBIC, R. ZONTA*, P. DEL NEGRO

Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale - OGS, Sezione di Oceanografia (OCE),
Via A. Piccard, 54 - 34151 Trieste, Italia.

lferrante@inogs.it

*ISMAR-CNR, Via Arsenale-Tesa, 104, Castello 2737/F - 30122 Venezia, Italia.

MACROZOOBENTHIC BETA DIVERSITY IN RELATION TO ORGANIC MATTER COMPOSITION IN FOUR LAGOONS OF THE PO RIVER DELTA SYSTEM

BETA DIVERSITÀ DEL MACROZOOBENTHOS IN RELAZIONE ALLA COMPOSIZIONE DELLA SOSTANZA ORGANICA IN QUATTRO LAGUNE DEL SISTEMA DELTIZIO DEL FIUME PO

Abstract - In May 2016, macrozoobenthic samples were collected in four lagoons of the Po River Delta system (Caleri, Vallona-Marinetta, Sacca del Canarin and Sacca degli Scardovari) to study the biodiversity of macrofaunal organisms, with a particular focus on this community α - and β -diversity. Further, the macrofaunal feeding habits were related to organic matter in terms of carbon nitrogen (C:N) ratio. The high variation in species composition, i.e. β -diversity, among sites within Caleri lagoon, derived from the lowest species richness observed in one of its stations. In the four investigated lagoons, deposit feeders were the dominant feeding strategists and their contribution to β -diversity was higher compared to other trophic groups. β -diversity of deposit feeders followed the same pattern of the C:N ratio, probably due to the ability of these organisms to exploit also refractory organic matter.

Key-words: Po Delta system lagoons, deposit feeders, β -diversity, species contribution to β diversity, C:N ratio.

Introduction - The Po River Delta (ca. 178 km²) is the largest wetland in Mediterranean after the lagoon of Venice (ca. 549 km²) and consists of a large complex of lagoons, extending across the Veneto and Emilia-Romagna Regions. Over millennia, a considerable amount of sediments deposited by the Po River has progressively modified the coastline, creating lagoons and Sacche. The Po Delta system lagoons are ecotonal environments characterized by wide seasonal and daily variability of chemical-physical parameters (e.g. current speed and direction, salinity, temperature and fluvial inputs). The lagoons are important sites of organic carbon deposition and burial (Hedges and Keil, 1995), and decomposition of organic matter from terrestrial and marine origin (Aller, 1998). In particular, in estuarine systems, the organic carbon content in sediments depends heavily on the grain-size, rate of microbial degradation, water column productivity and terrestrial organic matter input. The food supply is a key factor structuring the macrofaunal community in terms of biodiversity and feeding strategies over time and space (Quijón *et al.*, 2008). Coastal lagoons, especially small basins, typically show low benthic diversity, caused by the natural instability of the environment. In fact, low biodiversity and strong dominance of a few species are usually found in lagoonal ecosystems (Reizopoulou and Nicolaidou, 2004). In this context, the analysis of macrozoobenthic β -diversity could give more insight in understanding this environment influenced by high chemical-physical variability and different origin of organic matter. In particular, β -diversity and the Species Contribution to Beta Diversity (SCBD), described as “the degree of variation of individual or group of species across the study area” by Legendre and De Cáceres (2013), are a key concept for emphasizing biodiversity conservation. This new approach to study diversity in marine and, in particular, estuarine environments has been seldom applied. To the best of our knowledge, in

this study the β -diversity was applied for the first time to a deltaic system of the northern Adriatic Sea. The aims of this study were to: 1. analyse the community structure and the patterns of β -diversity in four lagoons of the River Po Delta; 2. relate the deposit feeders to organic matter in terms of C:N ratio.

Materials and methods - The study was carried out in 4 lagoons (Caleri, Vallona-Marinetta, Sacca del Canarin, Sacca degli Scardovari) of the Po River Delta lagoonal system. The macrofaunal community was sampled in May 2016 at three stations in each lagoon: CAL1, CAL2 and CAL3 in Caleri, VA-MA1, VA-MA2 and VA-MA3 in Vallona-Marinetta, CAN1, CAN2 and CAN3 in Sacca del Canarin, and SCA1, SCA2 and SCA3 in Sacca degli Scardovari. Sediments for the macrofaunal community investigation were sampled using a manual box-corer (225 cm²) in three replicates. The macrofaunal organisms were identified at the lowest possible taxonomical level. The biomass of the sampled organisms was obtained by the Ash-Free Dry Weight (AFDW) method and, in presence of shelled organisms, the shell was not included in the biomass determination. The following diversity indices (PRIMER software v.7) were calculated: d, Margalef; J', Pielou; H', Shannon (α -diversity). β -diversity index, as proposed by Legendre *et al.* (2005), was calculated firstly among stations belonging to the same lagoon (BD_{Lagoon}) and successively among all 12 stations (BD_{Total}). This index, indicated as β -diversity or Beta Diversity (BD), represents a direct measure of the variation in species composition among sites of a particular area. On the abundance matrix, once Hellinger-transformed (Legendre and De Cáceres, 2013), the multivariate analysis of diversity was applied obtaining BD, that is an index varying between 0 and 1, where 1 corresponds to the maximum diversity (Sor *et al.*, 2018). By applying SCBD, it is possible to flag taxa that show large differences in their abundances throughout the study area, so that the SCBD values sum to 1. We previously divided the identified species according to their feeding habits (suspension feeders (SF), deposit feeders (DF), predators (P), omnivores (OMN)) and then applied the SCBD index to determine which one contributed most to the BD. BD and SCBD were obtained using multivariate diversity analysis (R software v. 3.4.3, Adespatial package function "beta.div"). The C:N ratio was used as a proxy of the organic matter origin. C and N data were obtained using a CHN elemental analyser using standard procedures (Tesi *et al.*, 2007). In each lagoon, the mean (of three stations) \pm standard deviation of C:N ratio was calculated to obtain an estimate of the refractory nature of the organic matter.

Results - The macrofaunal community abundance ranged from 14236 ind. m⁻² at VA-MA1 to 1081 ind. m⁻² at CAL1. Polychaeta were the dominant group with 48.6% of total abundance, followed by: Oligochaeta (24.1%), Crustacea (18.3%), Mollusca (5.7%), Chironomidae (2.9%), and others (Nemerthea and Antozoa) (0.5%). The highest biomass (AFDW) was measured at VA-MA1 (42.52 g m⁻²) while the lowest one at SCA3 (2.07 g m⁻²). DF was the most represented trophic category of the macrofaunal community, with 75% of the total abundance. SF, OMN and P were less represented with 15.5%, 6.9% and 2.7%, respectively. Conversely, SF represented the highest macrofaunal biomass (55.5%), followed by: DF (31.3%), P (9.1%) and OMN (4%). The Shannon's index highlighted low values of biodiversity ($H'=2.3\pm 0.6$) in the four lagoons. The highest H' value was obtained at VA-MA3 ($H'=3.3$). Overall, the highest number of species and richness were observed in Vallona-Marinetta ($S=36$ and $d=3.7$ at VA-MA1, respectively). Conversely, the less biodiverse community was found at CAL3 ($H'=1.3$), where the lowest values of diversity indices were obtained ($S=9$; $d=1.1$ and $J'=0.4$). BD_{Total} of macrofaunal invertebrates in the overall study area was equal to $BD_{Total}=0.49$, whereas the values varied from $BD_{Lagoon}=0.32$ in Canarin

to $BD_{Lagoon}=0.83$ in Caleri. The high value of BD_{Lagoon} observed in Caleri indicates that there is a high variability in the composition of the species among the stations of this lagoon, due to lower values of biodiversity indices at CAL3 compared to CAL1 and CAL2. We applied the SCBD approach to determine to what extent the different trophic modalities contributed to BD_{Lagoon} . Among the considered feeding habits, DF contributed to the highest SCBD values indicating that DF strongly influenced the β -diversity variability in the four lagoons (Tab. 1)

Tab. 1 - Species Contribution to Beta Diversity (SCBD) calculated on different trophic modes in the four lagoons.

Contributo delle Specie alla Beta Diversità (SCBD) calcolata per le diverse modalità trofiche nelle quattro lagune campionate.

	Scardovari	Canarin	Caleri	Vallona-Marinetta
SCBD deposit feeders	0.70	0.70	0.73	0.51
SCBD suspension feeders	0.21	0.09	0.21	0.30
SCBD omnivores	0.01	0.21	0.04	0.15
SCBD predators	0.08	0.01	0.03	0.04

The highest C:N ratio was recorded in Vallona-Marinetta (11.59 ± 2.58) followed by Canarin (11.16 ± 3.49), Caleri (10.99 ± 0.95) and Scardovari (10.07 ± 1.33). According to Rhoads and Boyer (1982), these high values, falling in the range 10-20, are due to organic matter of allochthonous (in our case riverine) origin. Since DF contributed the most to β -diversity in all lagoons, we further compared DF abundances to C:N ratios to investigate whether DF high densities could be somehow related to the quality of organic matter. DF, both in terms of abundance and biomass, followed the same pattern as the C:N ratio (Fig. 1). This could be related to the ability of DF to feed also on low-quality, refractory organic matter of allochthonous origin (Kutty and Philip, 2008).

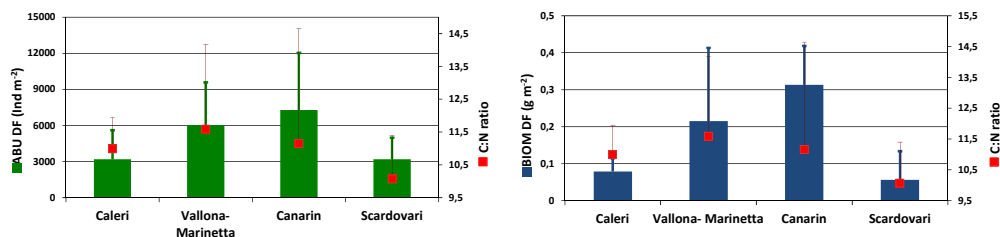


Fig. 1 - Pattern of C:N ratio in relation to abundance of deposit feeders (ABU, ind. m^{-2}) on the left, and to their biomass (BIOM, $g m^{-2}$) on the right.

Andamento del rapporto C:N in relazione all'abbondanza del gruppo trofico dei depositivori (ABU, ind. m^{-2}) a sinistra e alla loro biomassa (BIOM, $g m^{-2}$) a destra.

Conclusions - The present study revealed a relatively low biodiversity in the four lagoons in accordance with the results obtained in many other Mediterranean lagoons. DF was the feeding group that contributed to a higher extent to the overall β -diversity in each lagoon, as corroborated by the SCBD values. The relationship between DF and the C:N ratio underlines the ability of detritivores to better exploit organic matter, also that having a refractory nature, that tends to accumulate in transitional environments such as lagoons.

References

- ALLER R.C. (1998) - Mobile deltaic and continental shelf muds as suboxic, fluidized bed reactors. *Mar. Chem.*, **61** (3-4): 143-155.
- HEDGES J.I., KEIL R.G. (1995) - Sedimentary organic matter preservation: an assessment and speculative synthesis. *Mar. Chem.*, **49** (2-3): 81-115.
- KUTTY S.N., PHILIP R. (2008) - Marine yeasts - a review. *Yeast*, **25** (7): 465-483.
- LEGENDRE P., BORCARD D., PERES-NETO P.R. (2005) - Analyzing beta diversity: partitioning the spatial variation of community composition data. *Ecol. Monogr.*, **75** (4): 435-450.
- LEGENDRE P., DE CÁ CERES M. (2013) - Beta diversity as the variance of community data: dissimilarity coefficients and partitioning. *Ecol. Lett.*, **16** (8): 951-963.
- QUIJÓN P.A., KELLY M.C., SNELGROVE P.V.R. (2008) - The role of sinking phytodetritus in structuring shallow-water benthic communities. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **366** (1-2): 134-145.
- REIZOPOULOU S., NICOLAIDOU A. (2004) - Benthic diversity of coastal brackish-water lagoons in western Greece. *Aquat. Conserv.*, **14** (1): 93-102.
- RHOADS D.C., BOYER L.F. (1982) - The effects of marine benthos on physical properties of sediments. A successional perspective. In: McCall P.L., Tevesz M.J.S. (eds), *Animal-sediment relations*. Springer, Boston, MA: 3-52.
- SOR R., LEGENDRE P., LEK S. (2018) - Uniqueness of sampling site contributions to the total variance of macroinvertebrate communities in the Lower Mekong Basin. *Ecol. Indic.*, **84**: 425-432.
- TESI T., MISEROCCHI S., GOÑI M.A., LANGONE L., BOLDRIN A., TURCHETTO M. (2007) - Organic matter origin and distribution in suspended particulate materials and surficial sediments from the western Adriatic Sea (Italy). *Estuar. Coast. Shelf. Sci.*, **73** (3-4): 431-446.

M. GIANI, S. COZZI¹, G. TARTARI²

OGS - Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale,
Via A. Piccard, 54 - 34151 Trieste, Italia.
mgiani@inogs.it

¹CNR - Istituto di Scienze Marine, Trieste, Italia.

²CNR - Istituto di Ricerca sulle Acque, Brugherio (MB), Italia.

TENDENZE DEI CARICHI DI NUTRIENTI RIVERSATI DAL FIUME PO NEL NORD ADRIATICO

TRENDS OF NUTRIENT LOADS DISCHARGED FROM THE PO RIVER INTO THE NORTHERN ADRIATIC

Abstract - Nutrient discharges of the Po River during the last 50 years are compared to anthropogenic emissions due to the usage of detergents and fertilizers, in order to understand the reasons of the current nutrient imbalance in the Adriatic Sea. River transport of inorganic N increased from the 1970 reaching a maximum in mid '90, showing strong oscillations in the last decades (54-145 kt N yr⁻¹). The transport of reactive P showed a marked increase until the '80 (7 kt P yr⁻¹) and a strong decrease in the following decades. This decline was consistent to the usage of the fertilizers in the drainage basin of Po, suggesting that the measures adopted in the past for the mitigation of the eutrophication in the N Adriatic (i.e. P reduction in the detergents and improvement of wastewater treatments) were not the only reasons of the current P-scarcity in this marine region.

Key-words: nutrients, rivers, nitrogen, phosphorus, silicon.

Introduzione - Gli apporti delle acque dolci e dei nutrienti del fiume Po condizionano fortemente le caratteristiche oceanografiche e lo stato trofico di gran parte del Nord Adriatico. Nei decenni passati, vari studi hanno correlato tali apporti ai problemi di eutrofizzazione di questo bacino, di fioritura di dinoflagellati e di formazione di aggregati mucilluginosi (Giani *et al.*, 2012). Tuttavia, la pressione su questo ambiente marino dovuta al trasporto dei nutrienti da parte dei fiumi non è stata costante, ma ha evidenziato una complessa variabilità alle scale stagionale, interannuale e decennale, che solo negli anni più recenti ha iniziato ad essere analizzata più in dettaglio (Marchetti *et al.*, 1989; Cozzi e Giani, 2011; Giani *et al.*, 2012). In particolare, è stata evidenziata una diminuzione dei carichi fluviali di fosforo successiva agli anni '80 che, insieme a persistentemente elevati trasporti di azoto e silicio, ha determinato un marcato sbilancio nella composizione dei nutrienti rilasciati in mare. Alle variazioni dei carichi di fosforo sono state attribuite la diminuzione della clorofilla, quale indicatore della biomassa fitoplanctonica (Mozetič *et al.*, 2010; Giani *et al.*, 2012) e della produzione primaria che a loro volta sarebbero, assieme all'eccessivo sforzo di pesca, le principali cause del collasso della pesca nel nord Adriatico (Fortibuoni *et al.*, 2017). Precedenti studi (Palmeri *et al.*, 2005) hanno evidenziato che l'azoto è generato principalmente da attività agricole (60%) mentre il fosforo deriva prevalentemente (65%) da sorgenti puntiformi (impianti di trattamento, sistemi urbani). Il declino del trasporto di fosforo è stato spesso genericamente ascritto alla diminuzione del contenuto di polifosfati nei detersivi, imposto per legge a metà degli anni '80. Tuttavia, la rilevanza di altre variazioni avvenute nelle fonti diffuse di fosforo, che incidono per almeno il 15-20% (Salveti *et al.*, 2006) è stata scarsamente considerata. Il presente lavoro mira ad analizzare le variazioni degli apporti di azoto e fosforo del fiume Po negli ultimi 50 anni e le loro possibili relazioni con l'utilizzo antropico dei detersivi e fertilizzanti chimici nel suo bacino di drenaggio.

Materiali e metodi - Le portate medie giornaliere del Po sono state tratte dagli Annali Idrografici pubblicati dal Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale

(SIMN; Compartimento di Parma) fino al 1990 e dall’Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente (ARPA) della Regione Emilia-Romagna, per il periodo successivo. I dati sulle concentrazioni di nutrienti nel fiume Po (1968-2016) sono stato ottenuti dall’Autorità di Bacino del Fiume Po, dall’ARPA Emilia-Romagna, dall’IRSA-CNR e da pubblicazioni scientifiche. Essi si riferiscono a tre stazioni di prelievo (Pontelagoscuro, Polesella e Serravalle) poste alla sezione di chiusura del bacino idrografico, 45-90 km a monte rispetto alla foce. I dati relativi all’uso di fertilizzanti azotati e fosfatici in agricoltura nelle regioni del bacino idrografico Padano sono stati ottenuti dalla banca dati dell’ISTAT. I carichi annuali di elementi trasportati (F ; in tonnellate di N, P, Si per anno) sono stati stimati per ciascun nutriente usando l’equazione basata sulla media pesata dei carichi trasportati giornalmente:

$$F = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (C_i \cdot Q_i)}{\sum_{i=1}^n Q_i} \right] \cdot Q_Y \cdot m_A \cdot 10^{-6}$$

dove C_i e Q_i sono le concentrazioni di nutrienti (mol m^{-3}) e il flusso medio ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) per ciascun giorno di campionamento, Q_Y è la portata annua ($\text{m}^3 \text{y}^{-1}$) e m_A è la massa atomica dell’elemento considerato. I dati relativi al consumo di azoto e di fosforo nelle regioni Emilia-Romagna, Lombardia, Piemonte, Trentino-Alto Adige, Valle d’Aosta e Veneto sono stati ricavati dagli Annuari Statistici dell’Agricoltura pubblicati dall’ISTAT.

Risultati - Il carico di P-PO_4 trasportato dal Po è aumentato dalla fine degli anni ‘60 raggiungendo il massimo negli anni ‘80 (Fig. 1), mentre quello di N-NO_3 si è mantenuto elevato, seppur con ampie oscillazioni, fino agli anni più recenti (Fig. 2). L’uso del P nei detersivi è stato regolamentato in Italia nel 1984 (limite al 5%), con ulteriori restrizioni alla fine del 1985, e l’introduzione di un nuovo limite del 2,5% nel 1986 (Marchetti *et al.*, 1989; Rinaldi, 2014). Dal 1989, il contenuto di P nei detersivi è stato ridotto all’1% (6% per i detersivi per lavastoviglie). In tali anni le industrie hanno sostituito i detersivi basati sul sodio trifosfato con quelli basati sulla zeolite A (Glennie *et al.*, 2002). Queste misure di restrizione sull’uso dei polifosfati, adottate da Italia, Canada, Stati Uniti e Svizzera negli anni 1970-1980, sono state solo più tardi adottate anche da altri paesi europei e dalla comunità europea (Reg. E. No. 259/2012). L’utilizzo dei fertilizzanti fosfatici ed azotati nelle regioni che si trovano nel bacino idrografico del Po è aumentato di 2 e 4 volte, rispettivamente, tra la fine degli anni 1950 e la fine anni 1970/inizio anni 1980 (Figg. 1,2). Successivamente il consumo dei fertilizzanti a base di P è diminuito drasticamente (40000 t/a), mentre quello dei composti azotati è rimasto elevato fino alla fine degli anni 1980 per poi mostrare una tendenza alla diminuzione (Fig. 1). Tale andamento è significativamente correlato ($r=0,599$, $p<0,001$) alle variazioni dei carichi di P-PO_4 trasportati dal Po. In modo simile, il rapporto N/P è aumentato sia nei carichi di nutrienti trasportati dal Po, passando da 51 ± 8 negli anni 1970 a 85 ± 14 negli ultimi 10 anni, che nei fertilizzanti chimici utilizzati in agricoltura (da 6 ± 1 negli anni 1950 a 33 ± 7 nell’ultimo decennio). In Italia, come nel resto d’Europa, la distribuzione dei fertilizzanti fosfatici ha causato un significativo accumulo di P nei suoli che ha reso inutile la prosecuzione del loro utilizzo in agricoltura (van Dijk *et al.*, 2016). Il fosforo infatti ha una scarsa mobilità, essendo legato alla fase solida, e può essere rimosso sia come fosforo reattivo disciolto che come particellato solo dopo un consistente dilavamento. Esiste una significativa correlazione ($p<0,01$) dei nitrati e del P totale sia con le sorgenti puntiformi che con quelle diffuse (Bouraoui e Grizzetti, 2011). Ovviamente un’altra fonte diffusa è costituita dai carichi di origine zootecnica, che però sono più rilevanti per l’azoto (Viaroli *et al.*, 2010). Il carico di P-PO_4 rappresenta mediamente il $36\pm 10\%$ del P totale trasportato dal Po nel mare Adriatico tra il 1995 e il 2016, mentre il carico di N-NO_3 rappresenta il $66\pm 16\%$ dell’N totale. Tra le forme azotate si evidenziano delle consistenti variazioni temporali: la

quantità di ammonio e nitriti trasportati annualmente mostrano una netta tendenza alla diminuzione a partire dal picco raggiunto tra la fine degli anni 1970 e gli anni 1980. La tendenza della riduzione delle forme ridotte dell'azoto potrebbe essere una conseguenza del miglioramento dei sistemi di collettamento e di trattamento negli impianti di depurazione delle acque reflue urbane e degli allevamenti zootecnici. Il carico di Si-SiO_2 trasportato mostra un'ampia variabilità temporale (64395-267217 t/a). Pur non evidenziando una tendenza il carico medio trasportato negli ultimi 10 anni, pari a 153462 ± 46883 t/a, risulta di 1.6 volte superiore a quello trasportato negli anni 1970. Purtroppo, la serie temporale di dati disponibili finisce con il 2014.

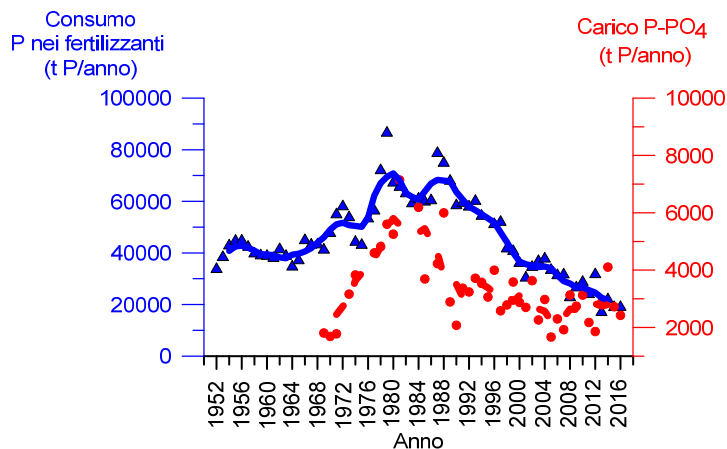


Fig. 1 - Consumo di fertilizzanti fosfatici (t P/anno, linea continua) nelle regioni del bacino idrografico del Po e carico di fosforo ortofosforico (t P- PO_4 /anno, linea tratteggiata) trasportato dal Po.

P-fertilizer consumption (t P/year, continuous line) in the regions of the Po hydrographic basin and load of orthophosphoric phosphorus (t P- PO_4 /year, dashed line) transported by Po River.

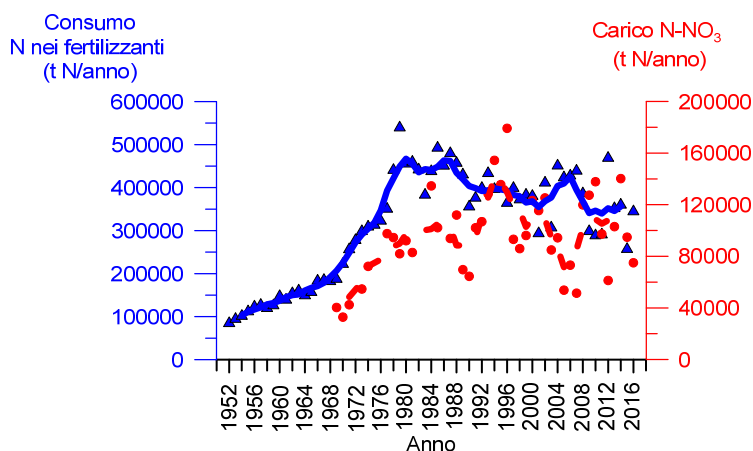


Fig. 2 - Consumo di fertilizzanti azotati (t N/anno, linea continua) nelle regioni del bacino idrografico del Po e carico di azoto nitrico (t N- NO_3 /anno, linea tratteggiata) trasportato dal Po.

N-fertilizer consumption in the regions (t N/year, continuous line) of the Po hydrographic basin and load of nitrates (t N- NO_3 /year, dashed line) transported by Po River.

Conclusioni - L'analisi della serie dei carichi aggiornata al 2016 permette di evidenziare una persistente diminuzione del carico di P, un elevato carico dell'azoto ed una tendenza all'aumento del rapporto N/P. Queste tendenze sono sicuramente correlate alla riduzione del P nei detergenti e ai miglioramenti nel collettamento e nel tipo di trattamento degli scarichi urbani. Tuttavia, la riduzione dell'utilizzo del fosforo nei fertilizzanti nel bacino di drenaggio del Po, verificatasi dagli anni '90, risulta essere più consistente della riduzione complessiva del trasporto fluviale di PO₄ è perciò non può essere ignorata, nonostante la scarsa mobilità di questo elemento nei suoli.

Bibliografia

- BOURAOUI F., GRIZZETTI B. (2011) - Long term change of nutrient concentrations of rivers discharging in European seas. *Sci. Total Environ.*, **409** (23): 4899-4916.
- COZZI S., GIANI M. (2011) - River water and nutrient discharges in the northern Adriatic Sea: current importance and long term changes. *Cont. Shelf Res.*, **31** (18): 1881-1893.
- FORTIBUONI T., GIOVANARDI O., PRANOVI F., RAICEVICH S., SOLIDORO C., LIBRALATO S. (2017) - Analysis of long-term changes in a Mediterranean marine ecosystem based on fishery landings. *Front. Mar. Sci.*, **4**, doi: 10.3389/fmars.2017.00033.
- GIANI M., DJAKOVAC T., DEGOBBIS D., COZZI S., SOLIDORO C., FONDA UMANI S. (2012) - Recent changes in the marine ecosystems of the northern Adriatic Sea. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **115**: 1-13.
- GLENNIE E.B., LITTLEJOHN C., GENDEBIEN A., HAYES A., PALFREY R., SIVIL D., WRIGHT K. (2002) - Phosphates and alternative detergent builders - Final Report. EU Environment Directorate. Report No. UC 4011: 172 pp.
- MARCHETTI R., PROVINI A., CROSA G. (1989) - Nutrient load carried by the River Po into the Adriatic Sea, 1968-87. *Mar. Pollut. Bull.*, **20** (4): 168-172.
- MOZETIČ P., SOLIDORO C., COSSARINI G., SOCAL G., PRECALI R., FRANCÉ J., BIANCHI F., DE VITTOR C., SMODLAKA N., FONDA UMANI S. (2010) - Recent trends towards oligotrophication of the northern Adriatic: evidence from chlorophyll *a* time series. *Estuar. Coast.*, **33** (2): 362-375.
- PALMERI L., BENDORICCHIO G., ARTIOLI Y. (2005) - Modelling nutrient emissions from river systems and loads to the coastal zone: Po River case study, Italy. *Ecol. Model.*, **184** (1): 37-53.
- RINALDI A. (2014) - *Fioriture algali in Adriatico. Il bacino padano-adriatico tra sviluppo e scienza*. Editrice La Mandragora, Imola (BO): 280 pp.
- SALVETTI R., AZZELLINO A., VISMARA R. (2006) - Diffuse source apportionment of the Po river eutrophying load to the Adriatic Sea: assessment of Lombardy contribution to Po river nutrient load apportionment by means of an integrated modelling approach. *Chemosphere*, **65** (11): 2168-2177.
- VAN DIJK K.C., LESSCHEN J.P., OENEMA O. (2016) - Phosphorus flows and balances of the European Union member States. *Sci. Tot. Environ.*, **542**: 1078-1093.
- VIAROLI P., PUMA F., FERRARI I. (2010) - Aggiornamento delle conoscenze ecologiche sul bacino idrografico padano: una sintesi. *Biologia Ambientale*, **24** (1): 7-19.

S. LIBRALATO¹, T. FORTIBUONI^{1,2}, O. GIOVANARDI^{3,4}, F. PRANOVI⁵,
S. RAICEVICH^{3,4}, C. SOLIDORO^{1,6}

¹Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale (OGS), Via Beirut, 2/4 - 34151 Trieste, Italia.
slibralato@inogs.it

²Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA),
Via Ca' Fornacetta, 9 - 40064 Ozzano dell'Emilia (BO), Italia.

³Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA),
Loc. Brondolo - 30015 Chioggia (VE), Italia.

⁴Istituto di Scienze del Mare (CNR-ISMAR), Largo Fiera della Pesca - 60125 Ancona, Italia.

⁵Dipartimento di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica, Università Ca' Foscari di Venezia,
Via Torino, 155 - 30170 Venezia Mestre, Italia.

⁶The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics (ICTP),
Strada Costiera, 11 - 34151 Trieste, Italia.

I CAMBIAMENTI DI LUNGO PERIODO DELL'ECOSISTEMA ALTO ADRIATICO DESUNTI DALL'ANALISI DELLO SBARCATO

LONG-TERM CHANGES OF THE NORTHERN ADRIATIC SEA ECOSYSTEM DETECTED FROM LANDINGS DATA

Abstract - In this work, we used seven decades (1945-2014) of disaggregated landings statistics for the Chioggia fish market (northern Adriatic Sea, Mediterranean) to infer changes in the ecosystem, through the analysis of ecological indicators applied to the time series such as the mean trophic level of the catch and the primary production required to sustain the catches-PPR. Indicators were compared with proxies of the main ecosystem drivers, i.e., fishing capacity and nutrient loads. Species most vulnerable to fishing (i.e., elasmobranchs and large-sized species) dramatically declined at the beginning of the industrialization of the fishery that occurred just after the second World War. In spite of changes in species composition, however, landings and PPR increased until the mid-1980s due to improvements in fishing activities, increasing fishing capacity and especially high productivity of the ecosystem. From the mid-1980s, a reduction in nutrient load caused a decline in productivity but the food-web structure was already modified and unable to support, or recover from, such unbalanced situation, resulting in the collapse of landings.

Key-words: marine historical ecology, ecological indicators, nutrient loads, fishery landings, Adriatic Sea.

Introduzione - Lo stato trofico dell'ecosistema marino e le sue tendenze evolutive possono essere studiate attraverso misure dirette recenti, ma per valutare sia cascate ecologiche ed effetti sull'ecosistema sia possibili cicli pluriannuali, è necessario effettuare analisi di lungo termine. Tuttavia, dati scientifici delle comunità marine nel lungo periodo sono alquanto rari (Fortibuoni *et al.*, 2017a) e spesso lo stato dell'ecosistema deve essere desunto da informazioni provenienti dalla pesca. Allo scopo di studiare i cambiamenti a lungo-termine dello stato produttivo dell'Alto Adriatico, sono stati analizzati i dati di sbarcato del mercato ittico di Chioggia (Clodia Database, 2017) nel periodo 1945-2014. È stato scelto questo mercato per la disponibilità di dati su un ampio periodo storico, che permette di valutare i cambiamenti avvenuti in un arco di tempo significativo, da prima dell'industrializzazione della pesca, al suo sviluppo fino al successivo declino. Il mercato di Chioggia, inoltre, rappresenta il principale mercato ittico dell'Alto Adriatico, riferimento per la più consistente flotta peschereccia dell'area, che sfrutta sia zone costiere che di mare aperto (Mazzoldi *et al.*, 2014). Esso può quindi essere considerato rappresentativo dell'ecosistema Alto Adriatico. L'integrazione delle analisi del dato di pescato con altre serie storiche consente una prima valutazione dei diversi fattori che possono avere influito sulle dinamiche dell'ecosistema (si veda Fortibuoni *et al.*, 2017b). Questo lavoro si focalizza sulle analisi ed i risultati legati alle dinamiche di lungo periodo dello stato trofico del bacino Alto Adriatico.

Materiali e metodi - Alla serie storica di sbarcato sono stati applicati indicatori ecologici, tra i quali il livello trofico medio (mTL) e la Produzione Primaria Richiesta per sostenere la pesca (PPR). Il mTL, considerato un indicatore dell'impatto della pesca sugli ecosistemi (Pauly *et al.*, 1998), è stato calcolato come:

$$mTL = \frac{\sum_{i=1}^n TL_i * Y_i}{\sum_{i=1}^n Y_i} \quad (\text{eq. 1})$$

con TL_i =livello trofico della specie i , n =numero totale di specie e Y_i =sbarcato della specie i . La PPR è una misura del livello di sfruttamento dell'area studiata e consente di trasformare le catture di specie diverse in una forma ecologicamente omogenea, ovvero l'energia sotto forma di produzione primaria necessaria a sostenere le catture (Pauly e Christensen, 1995). La PPR per ogni anno è calcolata come:

$$PPR = \sum_{i=1}^n \frac{Y_i}{CR} * \left(\frac{1}{TE}\right)^{(TL_i-1)} \quad (\text{eq. 2})$$

dove Y_i è lo sbarcato della specie i , n è il numero totale di specie, CR è il tasso di conversione del peso umido in carbonio (stimato 1:9), TE è l'efficienza di trasferimento (stimata al 10%) e TL_i è il livello trofico della specie i . Le dinamiche di questi indicatori, calcolati per la serie storica di Chioggia, sono state messe in relazione alla serie storica di capacità di pesca (numero e tonnellaggio della flotta) ottenuta integrando i dati dell'Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT, 1951-1989) e del *Community Fleet Register* (1990-2014). Come forzanti ambientali sono state considerate l'apporto di nitrati (NO_3) e fosfati (PO_4) dal Po, in termini di t/anno dal 1960 al 2014 (Fortibuoni *et al.*, 2017b).

Risultati - La serie storica è stata studiata sia in relazione alla composizione dello sbarcato, che mediante gli indicatori ecologici, per sintetizzare aspetti complessi della comunità e descriverne i cambiamenti nel tempo (si veda Fortibuoni *et al.*, 2017b). I dati di composizione del pescato hanno permesso di distinguere 6 periodi tra il 1945 ed il 2014: 1) 1945-54; 2) 1955-61; 3) 1962-85; 4) 1986-1993; 5) 1994-2008; 6) 2009-2014; l'andamento dello sbarcato è riassunto in Fig. 1A. L'analisi della serie storica mostra come le specie di livello trofico più elevato siano diminuite drasticamente all'inizio dell'industrializzazione della pesca subito dopo la seconda guerra mondiale (Fig. 1B): tale diminuzione è riconducibile sia alla diminuzione di sbarcato di specie di taglia elevata, che di specie più vulnerabili alla pesca (ad esempio elasmobranchi). Tuttavia, fino alla metà degli anni 1980 lo sbarcato e la PPR (Fig. 1C) sono aumentati grazie ai miglioramenti introdotti nelle attività di pesca (ad esempio, l'introduzione di attrezzi più efficienti), con conseguente incremento della capacità di pesca, e all'elevata produttività dell'ecosistema. La relazione tra PPR e capacità di pesca (Fig. 1D) mette in evidenza lo sviluppo fino al 1985, seguito da stagnazione/decrescita del settore. A partire dalla metà degli anni '80, una riduzione del carico di nutrienti sembra aver causato un calo della produttività dell'ecosistema (Fig. 2A). Una dinamica coerente con tale ipotesi emerge, infatti, scalando la PPR rispetto alla capacità di pesca e confrontandola con il rapporto tra azoto e fosforo (NO_3/PO_4), così da tenere in considerazione le variazioni del principale fattore limitante per la produzione primaria (Fig. 2A). Il rapporto tra PPR e capacità di pesca ha subito una diminuzione a metà degli anni '80, in concomitanza con l'aumento del rapporto tra i nutrienti immessi nel sistema. Nel 1985, infatti, per ridurre gli effetti negativi dell'eutrofizzazione, il carico di nutrienti è stato sostanzialmente ridotto grazie al bando del fosforo nei detersivi e al miglioramento del trattamento delle acque reflue urbane ed agricole. Dal momento però che la struttura della comunità nectonica era già stata modificata e non era più in grado di sostenere o recuperare da tale squilibrio, ne è conseguito un crollo degli sbarchi (Fig. 2B). Il crollo dello sbarcato

di metà anni '80 è coerente con l'ipotesi di stati alternativi stabili (Fig. 2B; si veda anche Fortibuoni *et al.*, 2017b), tipici di sistemi reali complessi, che, per riportare ad un aumento delle catture, implicherebbe la necessità di interventi drastici, al di là delle misure di gestione della pesca, che includerebbero anche l'ulteriore regolazione del rilascio dei nutrienti nell'ecosistema marino.

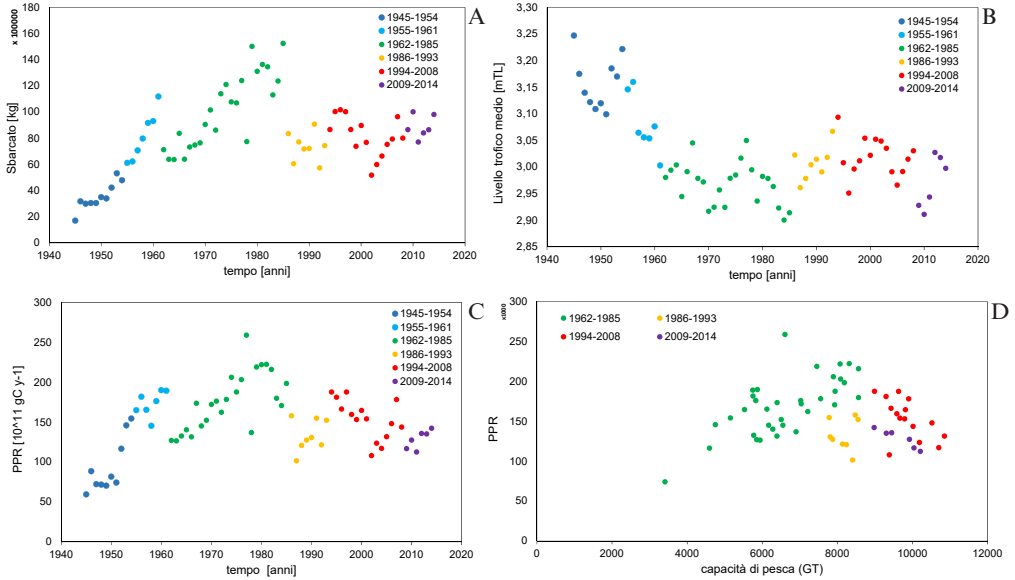


Fig. 1 - A) Sbarcato, B) Livello Trofico medio (mTL), C) Produzione Primaria Richiesta (PPR) e D) PPR in funzione della capacità di pesca (in GT) relativi al mercato ittico di Chioggia. L'analisi statistica ha permesso di suddividere la serie storica in 6 periodi a composizione omogenea (si veda Fortibuoni *et al.*, 2017b) come indicati dai diversi colori.

A) Landings, B) mean Trophic Level (mTL), C) Primary Production Required (PPR) and D) PPR against fishing capacity (in gross tonnage) for Chioggia fish market. Statistical analysis allowed dividing time series into 6 periods with homogenous catch composition (see Fortibuoni *et al.*, 2017b) here reported using different colours.

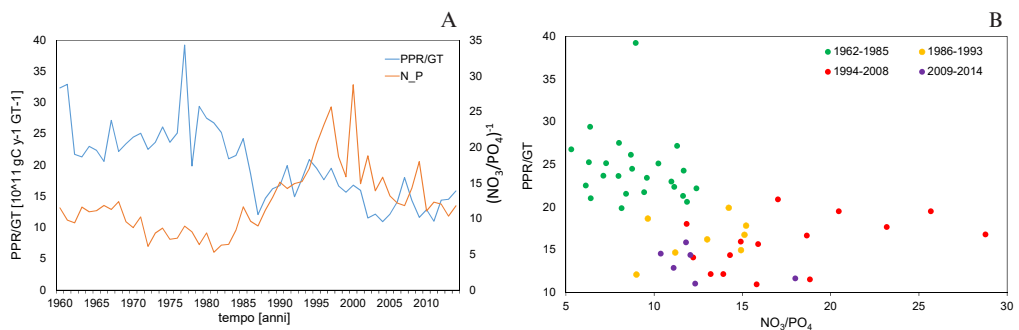


Fig. 2 - Andamento della PPR per unità di capacità di pesca e apporto di nutrienti dal fiume Po. Le due serie storiche sono rappresentate in A, che consente di apprezzare le dinamiche contrapposte, mentre la B permette di valutare un possibile limite del bilancio tra i nutrienti quale concausa della riduzione di sbarcato unitario.

Time series of the PPR per unit of fleet capacity and nutrient load from Po river. The two time series represented in A show their contrasting dynamics, while in B it is possible to appreciate a potential threshold on between nutrient ratio as a trigger for the reduction of fishing catches per unit of fishing capacity.

Conclusioni - I cambiamenti a lungo termine nella comunità ittica dell'Alto Adriatico sono risultati principalmente correlati agli impatti della pesca e alle dinamiche dei nutrienti, mentre i cambiamenti climatici sembrano aver avuto un ruolo secondario (si veda Fortibuoni *et al.*, 2017b). Fino a metà degli anni '80 gli effetti della pesca producevano cambiamenti significativi nella struttura della comunità ittica ma l'aumento della produttività dell'ecosistema legato all'elevato apporto di nutrienti ha continuato a fornire opportunità di sfruttamento alla flotta in continua crescita (Fig. 1D). A metà degli anni '80, una capacità produttiva molto inferiore (qui rappresentata dal rapporto tra i nutrienti, quale indicatore del cambio del fattore limitante) si è riflessa in un ulteriore cambiamento della struttura delle comunità marine ed in una riduzione del pescato. Gli ultimi decenni mostrano quindi delle catture per unità di capacità di pesca ridotte rispetto al periodo prima del 1985, che sembrano essere coerenti con un cambio del fattore limitante la produzione primaria espresso dal rapporto N:P (Fig. 2B). Questo lavoro evidenzia che indicatori ecologici applicati ai dati di sbarcato possono contribuire a far luce sulle dinamiche a lungo termine delle comunità marine.

Bibliografia

- CLODIA DATABASE (2017) - Banca dati della pesca a Chioggia, Adriatico settentrionale. <http://chioggia.biologia.unipd.it/banche-dati/>
- FORTIBUONI T., GIOVANARDI O., PRANOVI F., RAICEVICH S., SOLIDORO C., LIBRALATO S. (2017b) - Analysis of long-term changes in a Mediterranean marine ecosystem based on fishery landings. *Front. Mar. Sci.*, **4**, doi: 10.3389/fmars.2017.00033.
- FORTIBUONI T., LIBRALATO S., ARNERI E., GIOVANARDI O., SOLIDORO C., RAICEVICH S. (2017a) - Fish and fishery historical data since the 19th century in the Adriatic Sea, Mediterranean. *Scientific Data*, **4**, doi: 10.1038/sdata.2017.104.
- MAZZOLDI C., SAMBO A., RIGINELLA E. (2014) - The Clodia database: a long time series of fishery data from the Adriatic Sea. *Scientific Data*, **1**, doi: 10.1038/sdata.2014.18
- PAULY D., CHRISTENSEN V. (1995) - Primary production required to sustain global fisheries. *Nature*, **374**: 255-257.
- PAULY D., CHRISTENSEN V., DALSGAARD J., FROESE R., TORRES F. JR (1998) - Fishing down marine food webs. *Science*, **279** (5352): 860-863.

M. LIPIZER, M. KRALI, F. BRUNETTI, B. ČERMELJ¹, M. CELIO², J. FRANCE¹,
M. GIANI, P. MOZETIČ¹

OGS - Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale,
Via A. Piccard, 54 - 34151 S. Croce, Trieste, Italia.

m lipizer@inogs.it

¹NIB - MBS, Pirano, Slovenia.

²ARPA - FVG, Palmanova, Italia.

VARIAZIONI INTER-DECADALI DELL'OSSIGENO DI FONDO NELLE ACQUE DEL GOLFO DI TRIESTE E RECENTI FENOMENI DI IPOSSIA

MULTIDECADAL VARIABILITY OF BOTTOM OXYGEN CONCENTRATION IN THE GULF OF TRIESTE (NORTHERN ADRIATIC SEA) AND RECENT HYPOXIC EVENTS

Abstract - Physical and chemical data collected in three time-series stations, mostly on a regular monthly basis, from 1983/89 to 2016, together with data acquired by 2 meteo-oceanographic buoys since 1999 and data from monitoring programs were analyzed in order to detect trends and frequency of occurrence of hypoxia events in bottom waters. Hydrological, biogeochemical and meteorological time series have been analyzed to understand the drivers of variability of oxygen concentration in the deep layers.

Key-words: eutrophication, dissolved oxygen, temperature, wind, Adriatic Sea.

Introduzione - La carenza di ossigeno nelle acque di fondo è uno degli effetti indiretti del degrado dell'ecosistema dovuto all'eutrofizzazione e rappresenta uno dei principali indicatori dello stato ambientale secondo le direttive europee. Nell'Adriatico settentrionale fenomeni di ipossia estiva sono stati osservati a partire dagli anni '70, in concomitanza con un forte aumento dell'eutrofizzazione (Degobbi *et al.*, 2000; Djakovac *et al.*, 2015). Negli ultimi decenni, tuttavia, una marcata diminuzione degli apporti continentali di nutrienti e, in particolare, di fosfati ha causato una generale oligotrofizzazione del sistema (Solidoro *et al.*, 2009; Mozetič *et al.*, 2010; Cozzi e Giani, 2011; Giani *et al.*, 2012). Il Golfo di Trieste è caratterizzato da elevata variabilità temporale delle caratteristiche biogeochimiche a causa dell'intensità di forzanti meteo-marine quali il regime dei venti, gli apporti continentali, l'ingressione di acque meridionali che modificano la stratificazione, ma anche le concentrazioni di nutrienti (Lipizer *et al.*, 2012). L'aumento della stratificazione verticale, in concomitanza con aumento di apporti di nutrienti e sostanza organica, può favorire l'instaurarsi di condizioni di ipo- ed anossia di fondo, aggravando gli effetti dovuti all'eutrofizzazione. In questo studio serie temporali di dati fisici e chimici raccolti mensilmente in tre stazioni dal 1983/1989 al 2016, dati continui acquisiti da boe meteo-oceanografiche operative dal 1999 e dati dei monitoraggi sono stati analizzati al fine di rilevare la frequenza e le tendenze a lungo termine degli eventi di ipossia nelle acque di fondo.

Materiali e metodi - Lo studio si basa su dati acquisiti mensilmente in due stazioni di monitoraggio a lungo termine nelle acque slovene (stazioni 00F dal 1983 e 00CZ dal 1989), nel sito di ricerche ecologiche a lungo termine nell'Area Marina Protetta di Miramare (CI-LTER monitorato dal 1987), da due boe meteo-oceanografiche operative dal 1999 (VIDA-NIB nelle acque slovene e MAMBO-OGS nell'Area Marina Protetta) e sui profili CTD acquisiti mensilmente nell'ambito del monitoraggio regionale per la WFD (Fig. 1). L'*Apparent Oxygen Utilization* (AOU) è stato calcolato dai dati di ossigeno disciolto misurati secondo il metodo Winkler su campioni discreti e dai dati di temperatura e salinità acquisiti da sonda CTD. I dati oceanografici

rilevati dalle boe sono acquisiti a 22 m (VIDA-NIB) e 1,5 m, 10 m e 15 m (MAMBO-OGS), mentre i sensori meteorologici sono installati 5 m sopra la superficie del mare.

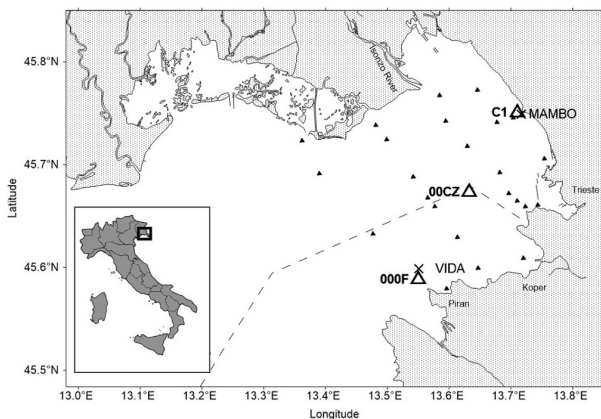


Fig. 1 - Area di studio e posizione dei siti di campionamento. Le stazioni di monitoraggio a lungo termine sono evidenziate dai triangoli bianchi. La posizione delle boe meteo-oceanografiche è indicata dalle croci.

Study area and position of the sampling stations. Long-term monitoring stations are indicated by white triangles, meteo-oceanographic buoys are indicated with crosses.

Risultati - L'analisi di 30 anni di dati acquisiti nel Golfo di Trieste ha rivelato variazioni significative nelle condizioni ambientali: un aumento della temperatura su tutta la colonna d'acqua compreso lo strato di fondo, una tendenza alla diminuzione della biomassa fitoplanctonica ed all'aumento della concentrazione di ossigeno nelle acque di fondo. Il riscaldamento delle acque lungo l'intera colonna d'acqua limita la solubilità dei gas disciolti e dovrebbe, quindi, provocare una diminuzione della concentrazione dell'ossigeno; nel Golfo di Trieste, tuttavia, la tendenza all'aumento nello strato profondo è attribuita al minore consumo da parte delle comunità microbiche, come suggerito dall'andamento trentennale dell'AOU in una delle stazioni più profonde (Fig. 2), in conseguenza della minore trofia del sistema. L'AOU permette di determinare il contributo dei processi biologici di consumo (che genera AOU positivo) e di produzione (AOU negativo) di ossigeno rispetto alle condizioni di saturazione determinate da temperatura e salinità della colonna d'acqua.

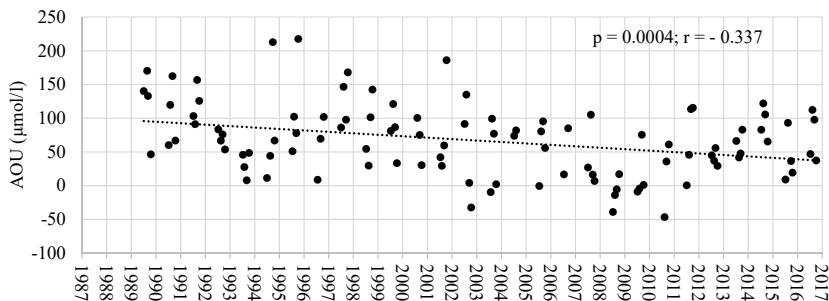


Fig. 2 - Serie temporale dell'Apparent Oxygen Utilization (AOU, $\mu\text{mol/l}$) misurato nei mesi di luglio, agosto, settembre e ottobre nello strato di fondo (24 m) della stazione C00CZ del Golfo di Trieste.

Time series of Apparent Oxygen Utilization (AOU, $\mu\text{mol/l}$) measured in July, August, September and October in the bottom layer (24 m) of C00CZ station in the Gulf of Trieste.

La tendenza a lungo termine indica una significativa diminuzione del consumo di ossigeno nello strato profondo, con prevalenza dei processi di produzione. Nonostante la tendenza generale durante le estati del 2015 e del 2016 sono stati registrati due eventi ipossici. Nel 2015 l'ipossia è stata osservata eccezionalmente in un'area marginale e relativamente poco profonda (17 m, stazione C1-LTER) del golfo. Al fine di valutare l'estensione temporale e spaziale di questi eventi di ipossia, sono state analizzate le variabili idrografiche, chimiche e biologiche di 28 stazioni di campionamento (Fig. 1). Lo strato di fondo era caratterizzato da temperatura (fino a 20,2 °C nel 2015 e maggiori di 20,5 °C nel 2016) e salinità (>37,5 psu in entrambi gli anni) estremamente elevate e da una forte stratificazione verticale della colonna d'acqua che impediva il mescolamento delle acque superficiali ricche di ossigeno con le acque povere di ossigeno dello strato profondo. I dati del monitoraggio regionale su tutta l'area del Golfo di Trieste hanno permesso di riconoscere che nel 2015 l'area ipossica era centrata nella parte più settentrionale del golfo, mentre nel 2016 ha interessato la parte centrale più profonda del golfo. Nel 2015, otto dei 28 siti monitorati nel golfo durante questo periodo presentavano concentrazioni di ossigeno inferiori a 109 μM , che è considerata come "lieve ipossia", mentre in due siti le concentrazioni erano ancora più basse (inferiori a 63 μM). Queste condizioni si sono sviluppate nel corso dei mesi di luglio ed agosto in seguito ad un prolungato periodo di condizioni meteorologiche stabili e di forte aumento della temperatura atmosferica (Fig. 3A) e sono state mantenute fino a quando un evento di Bora di intensità moderata (Fig. 3C) ha destabilizzato, nell'arco di poche ore, l'intera colonna d'acqua. Il rimescolamento verticale indotto dal vento ha reso omogenee le caratteristiche oceanografiche lungo tutta la colonna d'acqua ed ha ristabilito l'ossigenazione delle acque di fondo (Fig. 3B).

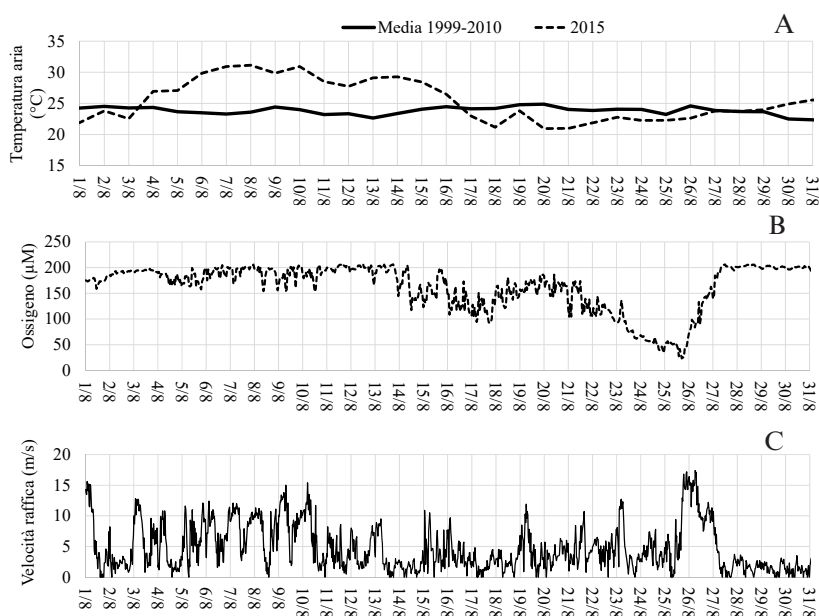


Fig. 3 - A) Temperatura dell'aria (linea continua media climatologica del periodo 1999-2010; linea tratteggiata dati del 2015); B) concentrazione di ossigeno disciolto (μM) alla profondità di 15 m; C) velocità della raffica (m/s) misurate nel mese di agosto 2015 dalla boa meteo-oceanografica MAMBO-OGS.

A) Air temperature (solid line 1999-2010 long term mean; dotted line represents 2015 data); B) dissolved oxygen concentration (μM) at 15 m depth; C) wind gust speed (m/s) measured in August 2015 by the meteo-oceanographic buoy MAMBO-OGS.

Il Golfo di Trieste, a causa della ridotta profondità e dell'influenza di forzanti meteorologiche particolarmente intense (forte riscaldamento estivo, venti intensi da N-E), risponde rapidamente alle variazioni delle condizioni meteorologiche che possono, quindi, mitigare gli effetti dannosi delle ipossie. Il consumo di ossigeno stimato nell'area durante i mesi di agosto e settembre indica che il principale contributo all'esaurimento dell'ossigeno è dovuto alla respirazione bentonica e planctonica.

Conclusioni - Le lunghe serie temporali di dati del Golfo di Trieste, nella parte più settentrionale dell'Alto Adriatico, indicano che l'area è caratterizzata da una generale tendenza all'oligotrofizzazione, con diminuzione della clorofilla, del fosfato e con conseguente diminuzione dei processi di consumo della sostanza organica nello strato di fondo, come indicato dalla diminuzione dell'AOU. L'area presenta, inoltre, un generale aumento di temperatura che interessa l'intera colonna d'acqua e che ne accentua la stratificazione durante i mesi estivi, limitando gli scambi di ossigeno con la parte profonda e contribuendo ad una deossigenazione. Il perdurare di condizioni meteorologiche stabili e di elevate temperature nei mesi estivi possono quindi causare condizioni di ipossie negli strati di fondo, anche in assenza di un aumento di sostanza organica conseguente a fenomeni di eutrofizzazione. Tuttavia, grazie alla limitata profondità del Golfo di Trieste ed al regime di venti, talvolta molto intensi, le condizioni di stabilità della colonna d'acqua non si mantengono, generalmente, per un periodo sufficiente da provocare condizioni di anossia.

Bibliografia

- COZZI S., GIANI M. (2011) - River water and nutrient discharges in the northern Adriatic Sea: current importance and long term changes. *Cont. Shelf Res.*, **31** (18): 1881-1893.
- DEGOBBIS D., PRECALI R., IVANCIC I., SMODLAKA N., FUKS D., KVEDER S. (2000) - Long-term changes in the northern Adriatic ecosystem related to anthropogenic eutrophication. *Int. J. Environ. Pollut.*, **13** (1-6): 495-533.
- DJAKOVAC T., SUPIC N., BERNARDI AUBRY F., DEGOBBIS D., GIANI M. (2015) - Mechanisms of hypoxia frequency changes in the northern Adriatic Sea during the period 1972-2012. *J. Mar. Syst.*, **141**: 179-189.
- GIANI M., DJAKOVAC T., DEGOBBIS D., COZZI S., SOLIDORO C., FONDA UMANI S. (2012) - Recent changes in the marine ecosystems of the northern Adriatic Sea. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **115**: 1-13.
- LIPIZER M., DE VITTOR C., FALCONI C., COMICI C., TAMBERLICH F., GIANI M. (2012) - Effects of intense physical and biological forcing factors on CNP pools in coastal waters (Gulf of Trieste, northern Adriatic Sea). *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **115**: 40-50.
- MOZETIČ P., SOLIDORO C., COSSARINI G., SOCAL G., PRECALI R., FRANCÉ J., BIANCHI F., DE VITTOR C., SMODLAKA N., FONDA UMANI S. (2010) - Recent trends towards oligotrophication of the northern Adriatic: evidence from chlorophyll *a* time series. *Estuar. Coast.*, **33**: 362-375.
- SOLIDORO C., BASTIANINI M., BANDELJ V., CODERMATZ R., COSSARINI G., MELAKU CANU D., RAVAGNAN E., SALON S., TREVISANI S. (2009) - Current state, scales of variability, and trends of biogeochemical properties in the northern Adriatic Sea. *J. Geophys. Res.*, **114**, doi: 10.1029/2008JC004838.

M. POMPEI, A. MILANDRI, M. CANGINI

Fondazione Centro Ricerche Marine, Laboratorio Nazionale di Riferimento (LNR) per il monitoraggio delle biotossine marine, V.le A. Vespucci, 2 - 47042 Cesenatico (FC), Italia.
monica.cangini@centroricerchemarine.it

FENOMENI DI *HARMFUL ALGAL BLOOM*
NELL'AREA EMILIANO-ROMAGNOLA:
IMPLICAZIONI AMBIENTALI E IGIENICO-SANITARIE

HARMFUL ALGAL BLOOMS
ALONG THE EMILIA-ROMAGNA COAST
(NORTHERN ADRIATIC SEA):
ENVIRONMENTAL AND HYGIENIC-SANITARY IMPLICATIONS

Abstract - Harmful Algal Blooms (HABs) can essentially give rise to two kinds of phenomena: water discoloration (red tide) and biotoxins production. From 1975 to 1987 the Emilia-Romagna coast (northern Adriatic Sea) has been heavily affected by red tide phenomena; since 1988, when a policy of containment of phosphorus in the sea was issued, the intensity of these colored tides has been considerably reduced. Concerning the toxin-producing phytoplankton, the first case of intoxication for consumption of mussels of local area production dates back to 1989. Since then, contamination phenomena have been recurrent and have led to the closure, even for long periods, of breeding areas (mainly due to the presence of yessotoxins). The monitoring activity established by European Regulations was crucial for the control of the presence of toxic phytoplankton and biotoxins and, thanks to the work of the European network of reference laboratories, the new emergency situations are promptly addressed.

Key-words: harmful algal bloom, Adriatic Sea, phytoplankton, red tide.

Introduzione - Harmful Algal Blooms (HABs) è un termine adottato dalla Commissione Intergovernativa Oceanografica (IOC) dell'UNESCO, ed è internazionalmente accettato per riferirsi a qualsiasi proliferazione di microalghe percepita come nociva a causa del suo impatto negativo sulla salute pubblica, sull'acquacoltura, sull'ambiente e/o sulle attività ricreative. Molte delle specie responsabili di HAB normalmente fanno parte delle popolazioni fitoplanctoniche e possono esercitare il loro impatto anche a basse concentrazioni (100-1.000 cell./L). Gli HAB possono dunque essere responsabili di fenomeni di discolorazione (*red tide*) che di eventi di accumulo di biotossine negli organismi filtratori. Per *red tide* si intendono chiazze di acqua di mare diversamente colorate (il colore dipende dai pigmenti delle diverse specie) risultanti dalla presenza di alte concentrazioni (milioni di cellule per litro) di microalghe. Nella maggior parte dei casi le *red tide* sono formate da microalghe innocue e non costituiscono alcun pericolo per l'ecosistema se si verificano in aree aperte con un buon tasso di rimescolamento dell'acqua; potrebbero invece insorgere fenomeni dannosi se si verificano in baie o insenature con scarsa circolazione oppure se si verifica una delle seguenti circostanze: i) l'alta biomassa del fitoplancton non viene consumata, si deposita e si decompone, con conseguente formazione di condizioni ipossiche, sprigionamento di odori pestilenziali e morte di organismi animali; ii) le maree colorate si formano lungo spiagge e baie frequentate dai turisti, creando inquinamento visivo e allarme sociale; iii) si verificano in zone di allevamenti ittici con gabbie (dove si possono originare: bruschi cambiamenti delle condizioni chimico-fisiche dovute all'elevata biomassa di microalghe, come anossia, iperossigenazione, diminuzione del pH e/o alta concentrazioni di ammonio escreti; escrezione di sostanze mucillaginose da parte di microalghe, che aumenta la viscosità dell'acqua, ostruisce le branchie e limita l'assorbimento di ossigeno; presenza di spine e appendici delle microalghe, che danneggiano le branchie dei

pesci aumentandone la vulnerabilità alle infezioni batteriche e virali). Per quanto concerne, invece, il fitoplancton produttore di biotossine marine solitamente presenta una diversa abbondanza in relazione alla stagione e, in molti casi, le concentrazioni sono al limite della rilevabilità per la maggior parte dell'anno; questo significa che tali specie non sono egualmente pericolose in tutti i periodi dell'anno, ma hanno uno o più periodi (più o meno prevedibili) nei quali esercitano il loro potere tossico con forti ripercussioni in particolare sulla molluschicoltura.

Materiali e metodi - I dati raccolti coprono il periodo 1975-2017, sono frutto dei vari piani di vigilanza instauratisi nel tempo e riguardano l'area costiera emiliano-romagnola (da Goro a Cattolica). Nel 1977 prende inizio la formulazione di un vasto piano di monitoraggio e di studio dell'intera area, finanziato dalla Regione Emilia-Romagna, tuttora attivo; nel 1975 esce la Dir. 76/160/CEE sulla qualità delle acque di balneazione (attuata con D.P.R. 470/1982) che prevede tra l'altro il monitoraggio della colorazione delle acque e (come modificato dal D.L. 155/1988) il monitoraggio di alghe aventi implicazioni igienico-sanitarie. La Dir. 91/492/CEE (attuata con D.Lgs. 530/1992) stabilisce le norme sanitarie applicabili alla produzione e alla commercializzazione dei molluschi bivalvi vivi, ivi compreso il monitoraggio del plancton tossico, meglio precisato nel Reg. CE 854/2004. Per le analisi delle biotossine sono sempre state eseguite le metodiche ufficiali susseguitesi nel tempo (raccolte dall'EURLMB); per l'analisi quali-quantitativa del fitoplancton produttore di biotossine marine si è seguito il metodo di Utermöhl (1958).

Risultati - Il primo evento di *red tide* nell'area si verifica nel 1975, quando, nel tratto costiero tra Milano Marittima e Cesenatico ad un'anomala colorazione delle acque fa seguito un'estesa moria di organismi marini, soprattutto pesci. Tale fenomeno era dovuto ad un *bloom* della dinoflagellata *Ceratium* spp. (milioni di cell./L). La successiva degradazione di questa biomassa provocò una forte anossia. Intensi fenomeni di *red tide* si sono poi ripetuti in maniera ricorrente fino al 1987 (Tab. 1), sostenuti dalle alte condizioni di eutrofia del periodo.

Tab. 1 - Principali fenomeni di *red tide* nel periodo 1975-1987 lungo la costa emiliano-romagnola.
Main red tide phenomena in the period 1975-1987 along the Emilia-Romagna coast.

specie	colorazione	conc. max (cell./L)	stagionalità
<i>Chaetoceros</i> spp.*	giallo-bruno	10 ² ×10 ⁶	inverno
<i>Skeletonema</i> spp.*	verde-marrone	230×10 ⁶	inverno-primavera
<i>Noctiluca scintillans</i> **	rosa-arancio	9×10 ⁶	primavera
<i>Diplopsalis lenticula</i> **	rosa	30×10 ⁶	primavera
<i>Prorocentrum micans</i> **	rossa	20×10 ⁶	primavera
<i>Lingulodinium polyedrum</i> **	rossa	15×10 ⁶	estate
<i>Lepidodinium chlorophorum</i> **	verde	200×10 ⁶	estate-autunno

*Bacillariophyta; **Dinoflagellata.

Dal 1988, per effetto della politica di contenimento del fosforo negli scarichi (Legge 62/1982), si è assistito ad un graduale decremento dell'intensità dei *bloom* algali che non hanno più raggiunto le concentrazioni del passato; contemporaneamente però sono comparse nuove fioriture sostenute da altre specie scarsamente rappresentate nel precedente periodo (Tab. 2).

Tab. 2 - Principali fenomeni di *red tide* nel periodo 1988-2017 lungo la costa emiliano-romagnola.
Main red tide phenomena in the period 1988-2017 along the Emilia-Romagna coast.

specie	colorazione	stagionalità
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> *	giallo-bruno	tardo autunno-inverno
<i>Hemiaulus hauchkii</i> *	giallo-bruno	inverno
<i>Gonyaulax fragilis</i> **	biancastra (mucillagine)	estate
<i>Gonyaulax spinifera</i> **	rossa	estate
<i>Prorocentrum cordatum</i> **	rossa	primavera
<i>Fibrocapsa japonica</i> #	bruna	estate
<i>Heterosigma akashiwo</i> #	bruna	estate
<i>Chattonella</i> spp.#	bruna	estate
<i>Vicicitus globosus</i> +	bruna	estate

*Bacillariophyta; **Dinoflagellata; #Raphidophyceae; +Dictyochophyceae.

Riguardo al fitoplancton produttore di biotossine marine regolamentate (Reg. CE 854/2004), le prime specie identificate sono state: *Lingulodinium polyedrum*, *Alexandrium* spp., *Dinophysis* spp. (dinoflagellate) e *Pseudo-nitzschia* spp. (diatomee); poi in successione: *Alexandrium minutum*, *Protoceratium reticulatum*, *Alexandrium taylorii*, *A. ostenfeldii*, *Gonyaulax spinifera*, *Pseudo-nitzschia galaxiae*, *P. multistriata*, *Prorocentrum lima*, *P. mexicanum/rhathymum*, *Azadinium* spp., *Pseudo-nitzschia americana* complex (tutte dinoflagellate tranne le specie del genere *Pseudo-nitzschia*). Nel 1989 si è verificato il primo caso di *Diarrhetic Shellfish Poisoning*, DSP (Boni *et al.*, 1993) causato dalla presenza di diverse specie di dinoflagellate del genere *Dinophysis*; a questo evento ne seguiranno molteplici per tutto il periodo di monitoraggio dell'area, sempre a carico di *Dinophysis* spp. ad eccezione di un episodio del 2002, in una laguna vicino a Goro, in cui la specie produttrice di acido okadaico fu *Prorocentrum lima* (Pistocchi *et al.*, 2012). L'area costiera emiliano-romagnola è sottoposta principalmente a contaminazione da yessotossine, prodotte dalle dinoflagellate: *Lingulodinium polyedrum*, *Protoceratium reticulatum* e *Gonyaulax spinifera*. Unico caso di contaminazione da saxitossine (sindrome PSP, *Paralytic Shellfish Poisoning*) si ha nel 1994 a carico di *A. minutum*. Nel 2012 fanno la loro comparsa nel profilo tossico anche gli azaspiracidi, tuttavia senza mai superare i limiti fissati per la chiusura degli allevamenti. Nel 2003 si ritrovano per la prima volta nel profilo tossico dei mitili gli spirolidi, prodotti da *Alexandrium ostenfeldii*, biotossine marine cosiddette emergenti, non ancora soggette a regolamentazione.

Conclusioni - Negli anni '70 e '80 la costa emiliano-romagnola è stata oggetto di forti fenomeni di distrofia caratterizzati da intensi *bloom* di micro e macroalghe, sfociati in forti episodi di anossia. La politica di contenimento del fosforo (Legge 62/1982) ha notevolmente contribuito ad arginare il problema; le nuove condizioni trofiche hanno determinato l'avvento di nuove successioni di specie fitoplanctoniche che non hanno più dato origine ai massicci fenomeni di HAB del passato. Molte microalghe, in particolar modo quelle appartenenti alle dinofitee, hanno la capacità di produrre tossine che possono accumularsi nella catena alimentare fino a causare intossicazione nell'uomo. Dal 1989 ad oggi gli allevamenti di mitili sono stati sottoposti a provvedimenti di chiusura per presenza di biotossine marine praticamente ogni anno, per periodi più o meno lunghi. I principali agenti contaminanti sono le yessotossine, seguite dalle tossine responsabili della sindrome DSP (acido okadaico, dinophysistossine, pectenotossine). Si è verificato un unico evento di contaminazione da saxitossine (responsabili della sindrome PSP) nel 1994,

e mai si è avuta contaminazione da acido domoico, responsabile della sindrome *Amnesic Shellfish Poisoning*. Il monitoraggio puntuale e costante ha svolto e svolge un ruolo determinante anche nella rilevazione delle problematiche emergenti.

Bibliografia

- BONI L., MILANDRI A., POLETTI R., POMPEI M. (1993) - DSP cases along the coast of Emilia-Romagna (northwestern Adriatic Sea). In: Smayda T.J, Shimizu Y. (eds), *Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea*. Elsevier Science Publ., Amsterdam: 475-481.
- DIR. 76/160/CEE (1975) - Direttiva del Consiglio dell'8 dicembre 1975 concernente la qualità delle acque di balneazione.
- DIR. 91/492/CEE (1991) - Direttiva del Consiglio del 15 luglio 1991 che stabilisce le norme sanitarie applicabili alla produzione e alla commercializzazione dei molluschi bivalvi vivi.
- D.L. 14 MAGGIO 1988, N. 155 (1988) - Modifiche al D.P.R. 8 giugno 1982, n. 470, concernente attuazione della Dir. CEE n 76/160 relativa alla qualità delle acque di balneazione.
- D.LGS.VO 30 DICEMBRE 1992, N. 530 (1992) - Attuazione della DIR. 91/492/CEE che stabilisce le norme sanitarie applicabili alla produzione e commercializzazione dei molluschi bivalvi vivi.
- D.P.R. 8 GIUGNO 1982, N. 470 (1982) - Attuazione della Direttiva 76/160/CEE relativa alla qualità delle acque di balneazione.
- EURLMB - ww.aecosan.msssi.gob.es/en/CRLMB/web/public_documents/seccion/crlmb_standard_operating_procedures.htm
- LEGGE 5 MARZO 1982, N. 62 (1982) - Conversione in legge, con modificazioni, del D.L. 30 dicembre 1981, n. 801, concernente provvedimenti urgenti in maniera di tutela delle acque dall'inquinamento.
- PISTOCCHI R., GUERRINI F., PEZZOLESI L., RICCARDI M., VANUCCI S., CIMINIELLO P., DELL'AVERSANO C., FORINO M., FATTORUSSO E., TARTAGLIONE L., MILANDRI A., POMPEI M., CANGINI M., PIGOZZI S., RICCARDI E. (2012) - Toxin levels and profiles in microalgae from the North-western Adriatic Sea - 15 years of studies on cultured species. *Mar. Drugs*, **10** (1): 140-162.
- REG. CE N. 854 (2004) - Parlamento Europeo e Consiglio del 29 aprile (2004). Reg. che stabilisce norme specifiche per l'organizzazione di controllo ufficiali sui prodotti di origine animale destinati al consumo umano.
- UTERMÖHL H. (1958) - Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-methodik. *Int. Ver. The.*, **9** (1): 1-38.

F. RICCI, S. CAPELLACCI, A. PENNA

Dipartimento di Scienze Biomolecolari, Università di Urbino,
Viale Trieste, 296 - 61121 Pesaro (PU), Italia.
fabio.ricci@uniurb.it

DINAMICA DELLO STATO TROFICO NEL NORD-OVEST ADRIATICO (MARCHE NORD)

DYNAMICS OF THE TROPHIC STATE IN THE NORTHERN WESTERN ADRIATIC SEA (NORTH MARCHE)

Abstract - Multi-years (1997-2017) observations in the seawaters of the northernmost Marche Region allowed to obtain the climatological characteristics and seasonal dynamics of biogeochemical properties of two coastal sites directly influenced by local and Po rivers. Results showed a significant decrease of the trophic state determined by the ortho-phosphate, total phosphorus and ammonia reduction.

Key-words: nutrients, climatology, Marche, northern Adriatic Sea, river discharge.

Introduzione - Recenti studi effettuati su serie temporali a lungo termine hanno evidenziato una tendenza in diminuzione dello stato trofico per alcuni nutrienti in Nord Adriatico (Cozzi e Giani, 2011). In base alle determinazioni analitiche, anche i valori di clorofilla *a* hanno manifestato una tendenza in diminuzione nel Nord-Est Adriatico (Djakovac *et al.*, 2012) con riduzione spazio-temporale dei *blooms* stagionali di Diatomee e conseguente aumento di importanza dei processi di produzione rigenerata (Mozetič *et al.*, 2012). È stata inoltre documentata una riduzione dei carichi fluviali provenienti dal bacino padano dal 2003 (Giani *et al.*, 2012). Lo stato trofico delle acque prospicienti la costa nord delle Marche è particolarmente influenzato dall'apporto di nutrienti provenienti dal bacino padano. Il carico dei fiumi locali risulta meno determinante sulla caratterizzazione della qualità delle acque costiere di questo tratto di costa (Penna *et al.*, 2004). In questo studio, nel tratto di costa nord delle Marche, sono stati monitorati con frequenza mensile i principali parametri chimico-fisici della colonna d'acqua, le concentrazioni dei principali nutrienti assieme alla determinazione della biomassa fitoplanctonica (in termini di clorofilla *a* e di cellule/L) in superficie nel periodo 1997-2017. Inoltre, nello stesso arco temporale, sono state esaminate la climatologia e le tendenze evolutive dei nutrienti, clorofilla *a* e fitoplancton.

Materiali e metodi - Le stazioni di campionamento sono state localizzate a 500 e 3000 m dalla linea di costa sulle direttrici dei fiumi Foglia (F500, 43°56.00'N, 12°54.50'E; F3000, 43°56.55'N, 12°56.18'E) e Metauro (M500, 43°50.00'N, 13°03.08'E; M3000, 43°50.65'N, 13°03.83'E). Il campionamento di acqua è stato superficiale (0,5 m). I parametri chimico-fisici sono stati determinati mediante utilizzo di sonda multiparametrica CTD (IDRONAUT model Ocean Seven 316). La determinazione dei nutrienti (N-NO₃, N-NO₂, N-NH₃, P-PO₄, P-TOT e Si-SiO₂) e della clorofilla *a* (mediante estrazione in acetone) sono state effettuate spettrofotometricamente. La climatologia dell'area di studio è stata analizzata, separatamente per ciascuna direttrice, mediante applicazione di metodologie di analisi statistica multivariata PCA (*Principal Component Analysis*), includendo le stazioni a 500 e 3000 m, previa normalizzazione delle variabili. Per questo tipo di analisi si è preferito considerare la frazione inorganica dell'azoto come DIN. È stato inoltre valutato il grado di variabilità climatologica spaziale fra le due direttrici (mediane mensili nel periodo 1997-2017) dei vari descrittori biogeochimici. L'analisi delle tendenze temporali dei nutrienti e l'identificazione di trends statisticamente significativi è stata effettuata

utilizzando Mann-Kendall/Sen's Slope Trend Test. Le variabili climatologiche sono state infine analizzate per l'individuazione di *Shift* di Regime (Rodionov, 2004). L'analisi statistica della climatologia mensile, delle tendenze temporali e di *shift* di regime è stata effettuata utilizzando i valori delle mediane. La determinazione delle abbondanze dei principali taxa fitoplanctonici è stata effettuata con il metodo di Utermöhl nel periodo 2007-2017.

Risultati - L'analisi delle componenti principali ha dimostrato che la prima componente (PC1) spiega mediamente il 78% della varianza totale nelle due direttrici includendo ossigeno disciolto, azoto inorganico disciolto (DIN), fosforo totale, silicati e clorofilla *a*, tutti con *loadings* positivi, mentre temperatura e salinità con *loadings* negativi. La seconda componente (PC2) spiega mediamente il 12% della varianza totale e comprende solo ortofosfato con *loading* positivo. I risultati hanno mostrato un incremento di nutrienti (DIN e silicati) e produzione (clorofilla *a* più elevata), maggior ossigenazione nei periodi caratterizzati da un aumento di apporto fluviale e da temperature delle acque più basse (novembre-aprile) e periodi di minore produttività caratterizzati invece da bassi apporti fluviali, con conseguente minor apporto di nutrienti, temperature più elevate e minor ossigenazione (maggio-ottobre) (dati non mostrati). Inoltre, i punteggi delle PC1 hanno mostrato un comune ed evidente ciclo stagionale delle due direttrici ($p < 0,00001$) caratterizzato da un massimo in inverno e un minimo in estate (Fig. 1). I punteggi delle PC2 hanno mostrato invece un ciclo stagionale meno pronunciato, ma sempre comune fra le due direttrici ($p < 0,0005$). Viene evidenziato essenzialmente l'andamento dell'ortofosfato con valori più bassi nei mesi febbraio-aprile e graduale tendenza in aumento nel restante periodo dell'anno raggiungendo valori più elevati.

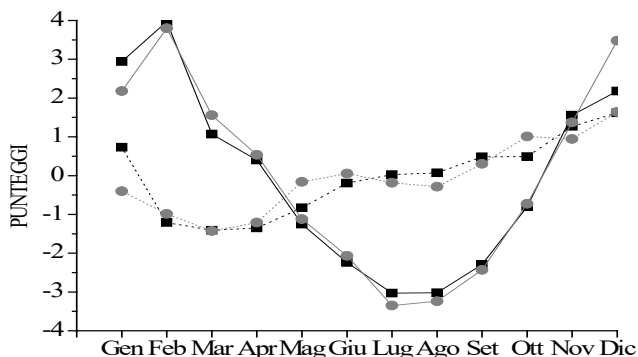


Fig. 1 - Evoluzione temporale dei punteggi delle prime due componenti principali, PC1 (Foglia ■■ e Metauro ●●) e PC2 (Foglia ■■■ e Metauro ●●●) nelle due direttrici.

Temporal evolution of the first two principal component scores, PC1 (Foglia ■■ and Metauro ●●) and PC2 (Foglia ■■■ and Metauro ●●●) in the two transects.

L'analisi di variabilità climatologica spaziale (mediane mensile) ha evidenziato una sostanziale similitudine nell'evoluzione spazio-temporale delle variabili biogeochimiche fra le due direttrici ($p < 0,01$). La sola variabile che ha mostrato un certo grado di eterogeneità ($p > 0,1$) è l'azoto ammoniacale, influenzato dalle differenti caratteristiche geomorfologiche delle foci dei fiumi Foglia e Metauro (dati non mostrati). L'analisi dei trends temporali delle variabili ortofosfato, fosforo totale e azoto ammoniacale ha evidenziato concentrazioni decrescenti alle due direttrici Foglia e Metauro ($p < 0,01$, Mann-Kendall/Sen's Slope Trend Test): per l'ortofosfato si è ottenuto un valore medio in diminuzione di 0,005 mM P/anno (Fig. 2), per il

fosforo totale un valore medio di 0,017 mM P/anno e per l'azoto ammoniacale un valore medio di 0,042 mM N/anno.

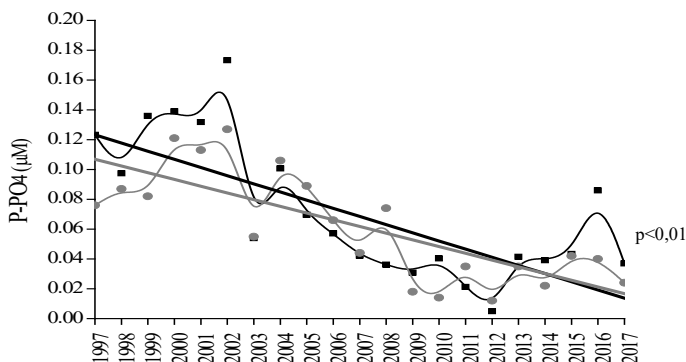


Fig. 2 - Valori di mediane annuali e trend temporale delle concentrazioni di ortofosfato (PO_4) nei siti di campionamento delle due direttrici Foglia ■ e Metauro ●. Linee solide sottili rappresentano gli andamenti, linee solide in grassetto rappresentano la regressione lineare e la significatività (p).

Annual median values and temporal evolution of orthophosphate (PO_4) concentration at the Foglia ■ and Metauro ● sampling sites. Thin solid lines represent the trends, bold solid lines represent linear regression line and p the significance.

Sono stati individuati fenomeni di ciclicità interannuale con massimi raggiunti nel triennio 2000-2002 per quanto concerne ortofosfato e fosforo totale e nel quadriennio 1997-2000 per l'azoto ammoniacale. Gli altri nutrienti ($N-NO_3$, $N-NO_2$, $Si-SiO_2$) non hanno manifestato significative tendenze in diminuzione (dati non mostrati). I valori di clorofilla a hanno mostrato ciclicità interannuale con massimi raggiunti nel 2002 e 2010, ma senza evidenziare tendenze significative in diminuzione. Anche la biomassa fitoplanctonica (Diatomee, Dinoflagellate e altre Fitoflagellate) non ha mostrato tendenze significative in diminuzione. L'analisi di *shift* di regime della salinità ha evidenziato la presenza di 3 *shift* temporali significativi ($p < 0,01$) negli anni 2003, 2009 e 2016 consentendo l'individuazione di quattro principali intervalli: 1997-2002, 2003-2008, 2009-2015 e 2016-2017 (Fig. 3).

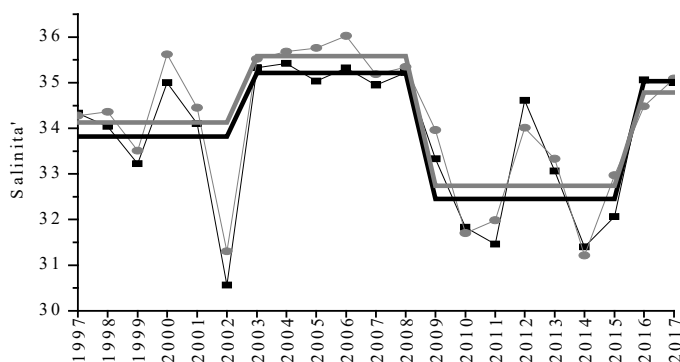


Fig. 3 - Valori di mediane annuali della salinità nelle direttrici Foglia ■ e Metauro ●. Linee solide sottili rappresentano gli andamenti, linee solide in grassetto rappresentano i cambiamenti di regime; probabilità: 0,01, lunghezza cut-off: 7 anni.

Annual median values of salinity at the Foglia ■ and Metauro ● sampling sites. Thin solid lines represent the trends, bold solid lines represent the regime shift; probability: 0.01, cut-off length: 7 yr.

Conclusioni - I risultati dimostrano tendenze significative in diminuzione delle concentrazioni di ortofosfato, fosforo totale ed azoto ammoniacale che, nel tratto di costa compreso fra Pesaro e Fano, potrebbero attribuirsi ad una diminuzione degli apporti fluviali provenienti sia dal delta padano che dai fiumi minori delle Marche Nord (Foglia e Metauro). Parallelamente è stato osservato un aumento della salinità in superficie, in particolare nell'ultimo biennio anche in accordo alla riduzione degli apporti di origine padana. Riguardo ai fiumi minori, la mancanza di aggiornate misure di portata non consente di stimare l'apporto fluviale locale in termini di carico di nutrienti sversati a mare.

Bibliografia

- COZZI S., GIANI M. (2011) - River water and nutrient discharges in the Northern Adriatic Sea: current importance and long term changes. *Cont. Shelf Res.*, **31** (18): 1881-1893.
- DJAKOVAC T., DEGOBBIS D., SUPIĆ N., PRECALI R. (2012) - Marked reduction of eutrophication pressure in the northeastern Adriatic in the period 2000-2009. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **115**: 25-32.
- GIANI M., DJAKOVAC T., DEGOBBIS D., COZZI S., SOLIDORO C., FONDA UMANI S. (2012) - Recent changes in the marine ecosystems of the northern Adriatic Sea. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **115**: 1-13.
- MOZETIČ P., FRANCÉ J., KOGOVSĚK T., TALABER I., MALEJ A. (2012) - Plankton trends and community changes in a coastal sea (northern Adriatic): bottom-up vs. top-down control in relation to environmental drivers. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **115**: 138-148.
- PENNA N., CAPELLACCI S., RICCI F. (2004) - The influence of the Po River discharge on phytoplankton bloom dynamics along the coastline of Pesaro (Italy) in the Adriatic Sea. *Mar. Pollut. Bull.*, **48** (3-4): 321-326.
- RODIONOV S.N. (2004) - A sequential algorithm for testing climate regime shifts. *Geophys. Res. Lett.*, **31** (9), doi:10.1029/2004GL019448.

A. RINALDI, F. GIOVANARDI¹, C.R. FERRARI², C. MAZZIOTTI²

Fondazione Centro Ricerche Marine, Viale A. Vespucci, 2 - 47042 Cesenatico (FC), Italia.
attilio.rinaldi@centroricerchemarine.it

¹Già Ricercatore all'ISPRRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.

²ARPAE - Agenzia Regionale Prevenzione Ambiente ed Energia. Struttura Oceanografica Daphne,
Viale A. Vespucci, 2 - 47042 Cesenatico (FC), Italia.

STATO TROFICO DELL'ALTO ADRIATICO: TENDENZE EVOLUTIVE E QUADRO DI RIFERIMENTO CONCETTUALE

TROPHIC STATUS OF NW ADRIATIC SEA: EVOLUTION AND CONCEPTUAL FRAMEWORK OF REFERENCE

Abstract - *In this paper the historical series of data related to the coastal belt of the Emilia-Romagna Region (NW Adriatic Sea), affected by the eutrophication phenomenon, are analyzed. Starting from the 1990s, the phosphorus content of the seawater shows a progressive and evident reduction, which can be explained as the result of the policies of control and removal of phosphorus loads. In examining the functional relationships between nutrients and chlorophyll, the role of phosphorus as limiting factor has been confirmed. The modifications of the "trophodynamic" framework that took place over the years at the level of the entire Po-Adriatic system, obliged for reflection. It is therefore proposed a conceptual model (input-output model) that allows to identify the numerous knowledge gaps, still to be filled.*

Key-words: *NW Adriatic Sea, coastal eutrophication, nutrients, N:P ratio.*

Introduzione - L'analisi temporale dei dati prodotti nell'ambito delle attività di monitoraggio dalla Struttura Oceanografica Daphne (S.O.D.) di ARPAE Emilia-Romagna, mette in evidenza la netta diminuzione degli apporti di fosforo, riduzione accompagnata anche da un significativo declino dei fenomeni di eutrofizzazione. A tal riguardo prende forma una sorta di confine temporale, una demarcazione tra i casi acuti di eutrofizzazione del periodo 1970 fine anni '80, seguito da un secondo periodo che dall'inizio degli anni '90 arriva ai giorni nostri. Nel primo ventennio si è operato per ridurre il trasporto del fosforo verso l'Adriatico (riduzione dei polifosfati nei detersivi, abbattimento del fosforo negli impianti di depurazione, misure nel settore agro-zootecnico), nel secondo sono stati colti gli esiti di dette misure.

Materiali e metodi - I dati utilizzati in questo lavoro sono quelli disponibili nella *data base* della Daphne (S.O.D. di ARPAE Emilia-Romagna) e sono il risultato delle numerose campagne di monitoraggio che coprono ormai un intervallo temporale di quasi 40 anni (A.A.VV., 1981-2015). Attualmente la rete di monitoraggio comprende un totale di 34 stazioni distribuite nel tratto compreso tra Lido di Volano e Cattolica e posizionate lungo transetti perpendicolari alla linea di costa, a partire da 500 m fino a 20 km al largo.

Risultati - La Tab. 1 riporta le variazioni intervenute a carico di nutrienti e clorofilla *a*, in due periodi rappresentativi, il biennio 1984-85 e il biennio 2008-09, nell'area a ridosso del delta padano fino alle dighe foranee di Ravenna. Il modello Log-normale adottato per le distribuzioni dei dati ha consentito di definire l'intervallo teorico di variazione dei singoli parametri. La componente fosfatica, sia nella sua forma totale (P-tot), sia in quella disciolta inorganica (P-PO₄), mostra una netta diminuzione delle medie geometriche, quantificabile intorno al 32% e al 38%, per le due forme rispettivamente. Il calo della clorofilla *a*, documenta la risposta del sistema costiero alla ridotta disponibilità di fosforo, con un decremento del 27,5%. L'abbassamento da 135,9 a 36 µg/L nei valori di picco conferma la notevole riduzione dell'intensità delle fioriture algali.

Tab. 1 - Valori dei parametri di stato trofico (medie geometriche) e portate del Po. Area costiera compresa tra il delta del Po e Ravenna - stazioni a 0,5 e 3,0 km dalla costa.

Values of trophic status parameters (geometric means) and Po river flow rates. Coastal area between Po River Delta and Ravenna - sampling stations at 0.5 and 3 km from the shore.

	Chl- <i>a</i> µg/L	DIN µg/L	P-tot µg/L	P-PO ₄ µg/L	Portate Po m ³ /sec
	1984-1985				
Media	12	179,8	42,7	5,85	1537
Range	1,05-135,9	17,8-1811,9	9,6-190,7	0,42-80,2	517-5680
N. Dati	379	282	282	242	730
	2008-2009				
Media	8,7	235,2	29	3,58	1841
Range	2,1-36	17,8-3105	11,1-75,9	0,4-37,6	518-8073
N. Dati	398	290	290	213	730

L'aumento dell'azoto, quantificabile intorno al 30%, è spiegabile con la nota relazione diretta tra carichi di azoto trasportati e portate fluviali, che variano in media, nel caso del Po, da 1537 m³/sec nel primo periodo a 1841 m³/sec nel secondo, anche se questo non esclude una crescita degli apporti di azoto da parte del bacino padano in termini assoluti. In Fig. 1A,B è possibile osservare la variazione delle concentrazioni medie annuali dei nutrienti nella loro forma minerale disciolta, per un periodo che dal 1983 arriva fino ai giorni nostri. Le linee curve (trend di ordine superiore - polinomiali di terzo grado), consentono di valutare la variabilità interannuale, a volte molto pronunciata, come nel caso dell'azoto, e confermano la forte influenza del regime idrologico del fiume Po sulle concentrazioni di nutrienti nell'area costiera. Le linee rette (*i.e.* trend lineari) non lasciano dubbi invece su quanto già discusso sopra: 1) la componente fosfatica disciolta diminuisce progressivamente, con una pendenza che si mantiene elevata anche nelle stazioni più lontane dal delta padano; tale comportamento è ancora ben evidente se sostituiamo il fosforo-ortofosfato con il fosforo totale; 2) la componente azotata manifesta una certa stabilità, con apprezzabile incremento solo nelle stazioni più direttamente interessate dalle acque dolci padane. Allo scopo di analizzare le implicazioni "trofiche" derivanti dalla riduzione dei carichi di fosforo e dal conseguente aumento del rapporto N:P, sono stati elaborati i dati della Sidimar, forniti dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (Direzione Generale per la protezione della Natura e del Mare - PNM), avendo come riferimento il periodo 2007-09 e tutto lo sviluppo costiero adriatico, dalla regione Veneto all'Abruzzo compreso. Esaminando la relazione tra P-tot e clorofilla *a* (Fig. 2, grafico a destra), si rileva un notevole grado di correlazione ($R^2=0,897$; $p<10^{-16}$). Possiamo affermare che lungo le coste del Mar Adriatico quasi il 90% della variabilità della clorofilla è spiegata dal fosforo, che si conferma il principale indicatore di pressione in relazione al fitoplancton. Al contrario, quando relazioniamo la Chl-*a* al DIN (Fig. 2, grafico a sinistra), la correlazione sia pur significativa, risulta sensibilmente più debole ($R^2=0,652$; $p<10^{-12}$). Restringendo il campo ai soli dati della fascia costiera emiliano romagnola (i punti nella parte alta del grafico), in queste acque ogni traccia di correlazione tra l'azoto e la clorofilla scompare ($R^2=0,004$; $p=0,771$). Questi risultati sono in accordo con quanto già da tempo ampiamente riportato in letteratura, cioè che il Mar Adriatico presenta condizioni di fosforo-limitazione generalizzate a gran parte del suo bacino (Chiaudani e Vighi, 1982; Mazziotti *et al.*, 2006). L'eccesso di azoto non è utilizzato dal fitoplancton, e questo determina la bassa, o addirittura nulla, correlazione trovata. Come già segnalato da qualche autore (comunicazione personale di D. De Gobbis - Istituto Rudjier Boskovic, Rovigno, Croazia), si sta assistendo a una sorta di "accumulo" di sali di azoto nelle aree pelagiche dell'Alto Adriatico, dovuto al progressivo incremento del rapporto N:P.

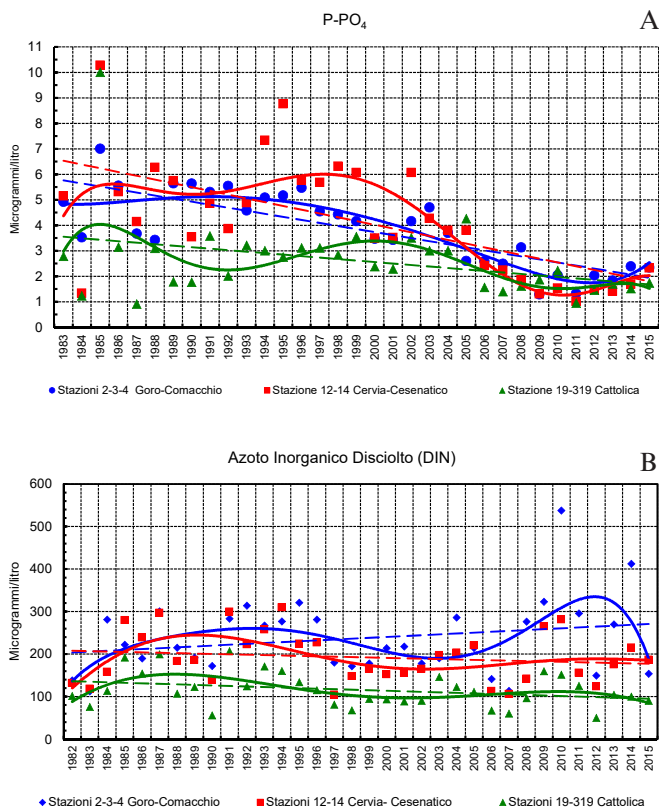


Fig. 1 - Tendenze evolutive dei nutrienti in tre aree della costa emiliano romagnola, (periodo 1983-2015): A) Fosforo-ortofosfato (P-PO₄) e B) Azoto Inorganico Disciolto (DIN).
Nutrients trend in three areas of the Emilia-Romagna coastal belt (1983-2015): A) P-PO₄ and B) Dissolved Inorganic Nitrogen (DIN).

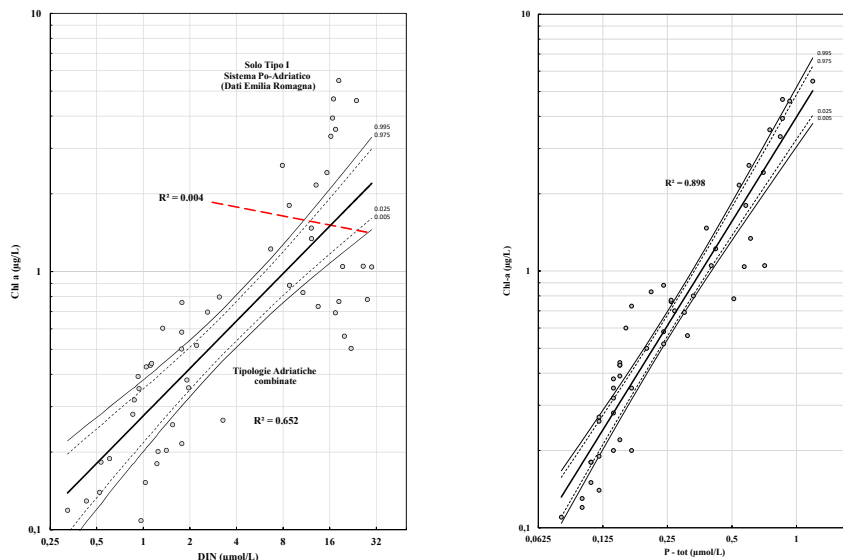


Fig. 2 - Acque costiere adriatiche: relazioni funzionali tra la clorofilla (Chl-a) e le corrispondenti medie di Azoto Inorganico Disciolto (DIN) e di Fosforo totale (P-tot).
Coastal waters of the Adriatic Sea: functional relationships between chlorophyll (Chl-a) and corresponding means of Dissolved Inorganic Nitrogen (DIN) and Total Phosphorus (P-tot).

Conclusioni - Le modificazioni del quadro “trofodinamico” intervenute a livello di intero sistema Po-Adriatico, ci obbligano ad una riflessione, ci inducono a ricostruire un modello concettuale, cui fare riferimento, non solo per meglio capire il funzionamento del sistema, ma anche per avere riscontri sulle politiche già messe in atto, o da promuovere, per il governo del sistema stesso. Sul tipo di modello più adeguato da adottare per questi scopi, possiamo citare le parole di Vollenweider (1995) al riguardo: “La struttura di qualunque sistema ecologico e le rispettive dinamiche sono sempre di tipo complesso. Non è quindi possibile descriverne tutti gli aspetti con un unico modello. La scelta di un modello adeguato dipende largamente dagli obiettivi che si intendono raggiungere”. Nel contesto adriatico, il modello ecologico che si è rivelato di maggior interesse, è di tipo *input-output*. Esso concepisce il sistema in termini di flussi delle sostanze entranti, uscenti e in circolazione (Fig. 3). Dal punto di vista “gestionale”, questo modello ci fornisce un’immediata indicazione pratica: l’unica possibilità realisticamente attuabile è quella di intervenire sui flussi in ingresso (*i.e.* rimuovere i carichi di nutrienti), allo scopo di alterarne le intensità di riciclo. Per poter prevedere l’impatto che un’alterazione dei flussi può avere sul funzionamento dei vari comparti e sull’*output* finale, occorre conoscere bene non solo la struttura del sistema, ma anche i quantitativi che sono in circolazione. Pur conoscendo vari aspetti di questo modello, siamo ancora lontani dal possedere una conoscenza completa. È necessario colmare il vuoto di conoscenze riguardo alle dimensioni e al peso del comparto relativo ai *filter feeders* e allo zooplancton erbivoro, al ruolo del sistema microbiologico e al flusso che tale sistema (*microbial loop*) è in grado di catalizzare, alle quantità in gioco negli scambi delle sostanze tra un comparto e l’altro. L’impossibilità di calcolare gli effetti di questa alterazione, perché non sono noti i coefficienti di scambio tra un comparto e l’altro, limita molto la nostra capacità di prevedere l’efficacia degli interventi messi in atto e non ci pone al riparo da eventuali risposte “indesiderate” da parte del sistema stesso.

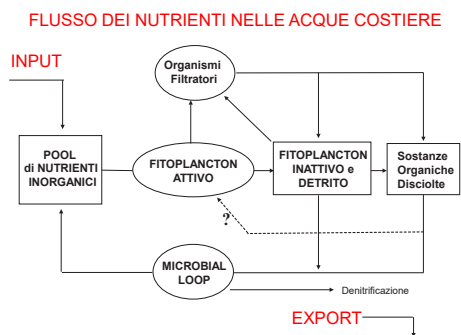


Fig. 3 - Struttura di un modello *input-output* di un ecosistema costiero includente i più importanti compartimenti biotici e abiotici.

Layout of an input-output model of a coastal ecosystem, including the most important biotic and abiotic compartments.

Bibliografia

- AA.VV. (1981-2015) - Qualità ambientale delle acque marine in Emilia-Romagna. Rapporti annuali. Studi e documentazione, Assessorato Ambiente. Regione Emilia-Romagna.
- CHIAUDANI G., VIGHI M. (1982) - Multistep approach to identification of limiting nutrients in northern Adriatic eutrophied coastal waters. *Water Res.*, **16** (7): 1161-1166.
- MAZZIOTTI C., FERRARI C.R., MONTANARI G., BENZI M., SILVESTRI C., RINALDI A. (2006) - Tendenza evolutiva del fenomeno eutrofico nelle acque costiere emiliano-romagnole: 1982-2004. *Biol. Mar. Mediterr.*, **13** (1): 105-113.
- VOLLENWEIDER R.A. (1995) - L'Eutrofizzazione del bacino nord dell'Adriatico: considerazioni e valutazioni critiche sulle condizioni trofiche e sulla gestione dei sistemi marini costieri. Atti del Convegno “Evoluzione dello stato trofico in Adriatico: analisi degli interventi attuati e future linee di intervento”. Marina di Ravenna, 28-29 settembre 1995. Regione Emilia-Romagna - Provincia di Ferrara - Autorità di Bacino del fiume Po: 13-22.

A. SFRISO, A. BUOSI

Dipartimento di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica (DAIS), Università Ca' Foscari Venezia,
Via Torino, 155 - 30172 Mestre (VE), Italia.
sfrisoa@unive.it

TROPHIC STATUS CHANGES IN THE VENICE LAGOON DURING THE LAST 40 YEARS

EVOLUZIONE DELLO STATO TROFICO DELLA LAGUNA DI VENEZIA NEGLI ULTIMI 40 ANNI

Abstract - In the Venice lagoon nutrient concentrations increased significantly up to the end of the 1990s both in surface sediments and water column. Consequently, abnormal biomasses of thionitrophilic macroalgae colonised the lagoon contributing to their further increase. In the successive years, both macroalgal biomass and nutrient concentrations declined and the ecological status of the lagoon increased. These trophic changes are presented by analysing their variation both in the central lagoon since the 1980 and in the whole lagoon from the early 2000s.

Key-words: trophic status, nutrient concentrations, biomass changes, species dominance, Venice Lagoon.

Introduction - Coastal areas and transitional systems, since the 2nd post-war period, were affected by strong changes in the trophic status, especially in the northern Adriatic Sea. Nutrients carried by rivers and/or surface runoff increased considerably, both in the water column and surface sediments, triggering phytoplankton and macroalgal blooms. Coastal waters of the Emilia-Romagna region, lagoons in the Po delta and the lagoon of Venice were affected by changes of trophic status, but with different trends. The lagoons and the coastal sea affected by the Po discharge are still eutrophic (Sfriso *et al.*, 2014a, 2016), whereas the Venice Lagoon is undergoing recovery.

Materials and methods - In this paper trophic status changes recorded in the last 40 years in the Venice Lagoon are analysed as the variations of nutrient concentrations in the water column and surface sediments and as changes of macroalgae biomass and production.

Results - The lagoon of Venice is one of the most studied coastal ecosystems. Nutrient data are available since the 1950s. The concentration of total phosphorus (TP) and total nitrogen (TN) in surface sediment increased by 18.9 and 1.9 times, respectively, from 1948 to 1983. In the successive years TP slightly decreased whereas TN decreased significantly. If the central lagoon is considered, by examining the same 34 stations and sediment sections (0-5 cm top layer), a strong Organic Phosphorus (OP: -49%) and Total Nitrogen (TN: -41%) decrease were recorded from 1987 to 2003 (Tab. 1). In 2011, the location of the stations was different, but OP was again ca. 41%, lower than in 1987, whereas TN decreased even by 71%. The decrements of the maximum values were even greater (Tab. 1). In the water column the highest differences were recorded for ammonium. In the industrial area of Porto Marghera, ammonium decreased from 3800 μM in 1962-64 to 1200 μM in 1970-72, 200 μM in 1976-77 and ca. 10-20 μM in 2011, whereas nitrates showed quite the same values. Dissolved Inorganic Nitrogen (DIN) and Reactive Phosphorus (RP) concentrations, recorded in the whole lagoon in 2011 in 118 stations, were far below the mandatory values of the Ronchi-Costa decree (April 1998): 25 μM for DIN and 0.8 μM for RP. During surveys these limits have been exceeded only in few areas close to freshwater inputs or works to consolidate the salt marshes (Fig. 1).

Tab. 1 - Changes of Phosphorus and Nitrogen concentrations in surface sediments of the central basin of the Venice Lagoon. In 2011 the stations were placed in different locations.

Variatione delle concentrazioni di fosforo ed azoto nei sedimenti superficiali del bacino centrale della laguna veneta. Nel 2011 le stazioni erano posizionate in località differenti.

	Total Phosphorus					Organic Phosphorus					Total Nitrogen				
	1987	1993	1998	2003	2011	1987	1993	1998	2003	2011	1987	1993	1998	2003	2011
stations N°	34	34	34	34	31	34	34	34	34	31	34	34	34	34	31
	$\mu\text{g}/\text{cm}^3$					$\mu\text{g}/\text{cm}^3$					mg/cm^3				
Mean	386	361	375	358	383	104	67	59	53	62	1.21	1.14	0.93	0.71	0.35
STD	96	80	65	99	50	42	28	31	53	24	0.60	0.48	0.48	0.36	0.48
Min	227	184	257	201	281	49	27	16	2	13	0.22	0.33	0.10	0.09	0.04
Max	720	682	541	635	473	246	210	167	150	113	3.00	2.62	1.37	1.48	0.48
2003-1987	-7.3%					-49.0%					-41.3%				
2003-2011	≈					-40.4%					-71.1%				

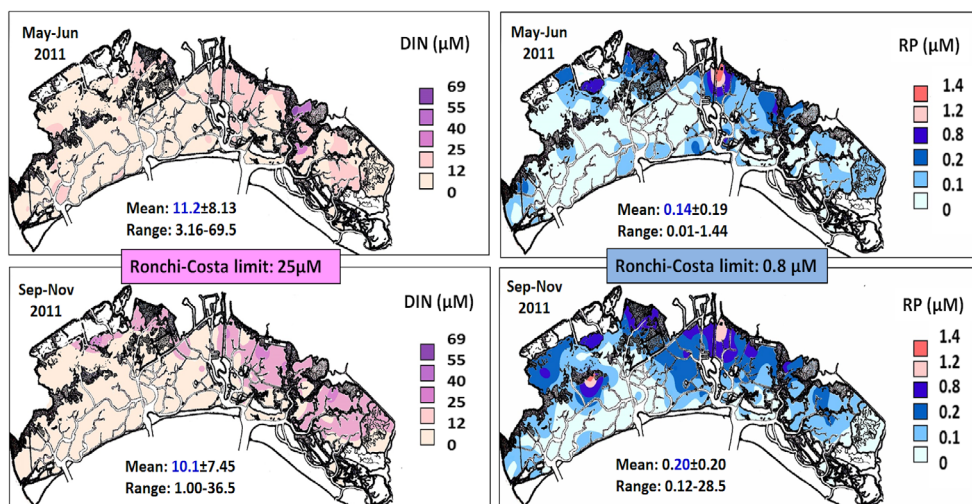


Fig. 1 - Concentration of Dissolved Inorganic Nitrogen (DIN) and Reactive Phosphorus (RP) in the lagoon of Venice in spring and autumn 2011.

Concentrazioni di Azoto Inorganico Disciolto (DIN) e Fosforo Reattivo (RP) nella laguna di Venezia in primavera ed autunno 2011.

The recovery of lower trophic status can be better appreciated by examining the changes of some parameters measured in late spring since the 1980s in ca. 60 stations in the central basin, where a larger data set is available (Fig. 2). Reactive phosphorus decreased from 0.76 to 0.19 μM between 1987 and 2011 and increased to 0.24 μM in 2014. DIN showed the highest values in 1993 after the macroalgal decline and decreased up to 5.89 μM in 2014. The macroalgal biomass in 1987 showed the highest value (Sfriso and Facca, 2007). In the whole central lagoon the standing crop was ca. 0.6 million tonnes of fresh biomass, with a mean value of 4.78 kg fwt m^{-2} . The lowest value was recorded in 1998 (ca. 0.11 kg fwt m^{-2}). The mean biomass increased to 1.04 kg fwt m^{-2} in 2014, the most rainy of the last 25 years. Dissolved oxygen, water pH and water transparency changed accordingly. Water dissolved oxygen and pH were strongly affected by the abnormal macroalgal production, especially Ulvaceans. Then they decreased as the biomass decreased. Water transparency was strongly related to the clam-fishing activities which reached the peak values between the 1995 and 2010.

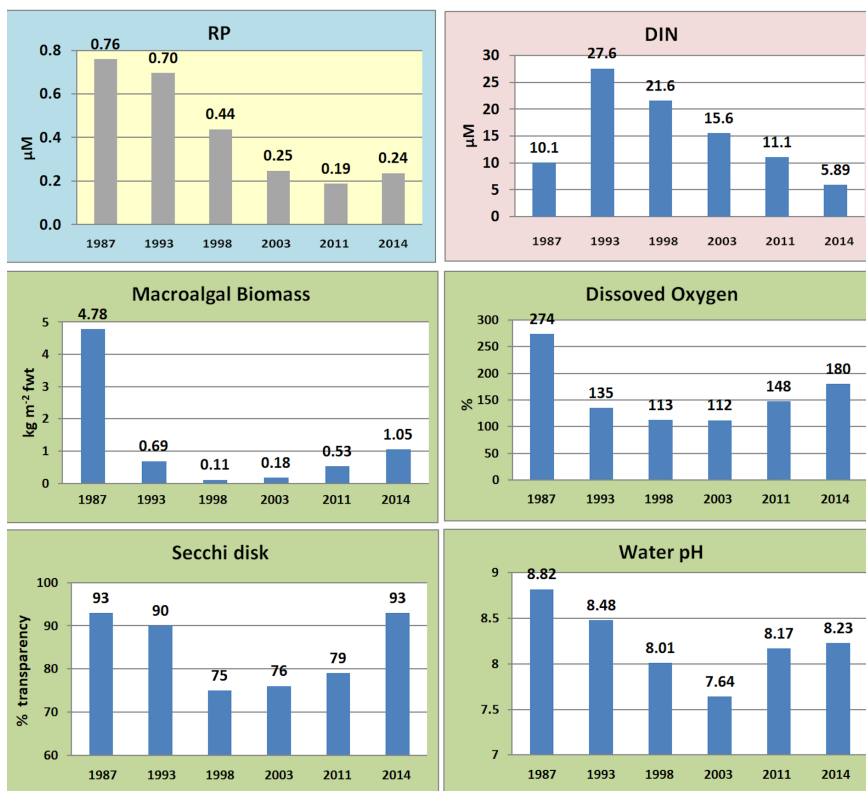


Fig. 2 - Changes of some environmental parameters in the central Venice Lagoon from 1987 to 2014. *Variatione di alcuni parametri ambientali nel bacino centrale della laguna di Venezia dal 1987 al 2014.*

Tab. 2 - Comparison of MaQI EQR in the 11 water bodies and in 3 lagoon fishing ponds of the Venice Lagoon: 2011 and 2014. *Confronto dell'EQR del MaQI negli 11 corpi idrici e in 3 valli da pesca della laguna veneta: 2011 e 2014.*

MaQI EQR changes			
Water bodies	2011	2014	Difference
EC	0.408	0.631	0.223
ENC1	0.698	0.769	0.071
ENC2	0.479	0.656	0.177
ENC3	0.417	0.483	0.066
ENC4	0.520	0.490	-0.030
PC1	0.317	0.292	-0.025
PC2	0.325	0.350	0.025
PC3	0.317	0.317	0.000
PC4	0.317	0.338	0.021
PNC1	0.330	0.350	0.020
PNC2	0.261	0.250	-0.011
Zappa valley	0.250	0.250	0
Dogà valley	0.850	0.850	0
Cavallino valley	1	1	0
Total	0.464	0.502	0.038

At present, aquatic angiosperms and sensitive macroalgae are recolonizing the lagoon and the ecological status is increasing, especially in the central and northern basins which suffered the most serious anthropogenic impacts. The assessment of the ecological status with the Macrophyte Quality Index (MaQI, Sfriso *et al.*, 2014b) greatly improved from 2011 to 2014. In that period, by taking into account the 11 water bodies of the lagoon, the Ecological Quality Ratio (EQR) increased from 0.464 to 0.502 (+0.038) with a significant increase, especially in the water bodies EC (+0.223) and ENC2 (+0.177) that changed from Moderate to Good (Tab. 2) (Sfriso, 2014).

Conclusions - The Venice Lagoon from 1950s to 1980s suffered strong anthropogenic impacts which triggered an abnormal macroalgal proliferation and extensive dystrophic conditions. Then, from early 1990s, the biomass of thionitrophilic macroalgae rapidly declined and nutrient concentrations changed accordingly. At present the lagoon is oligo-mesotrophic in great part of its surface and is recolonizing by aquatic angiosperms and sensitive macroalgae. Although the introduction of many alien taxa, the macrophyte biodiversity is increasing. At present, ca. 350 different macroalgae colonize the lagoon but Ulvaceans are abundant only near the river (Marzenego, Dese, Siloncello) outflows and in the areas where water exchange is reduced by anthropogenic factors, such as artificial salt marshes. In fact, the reduction of nutrient inputs and the high water exchange with the sea (ca. 60% of the total water content) are the best guarantee for a quick environmental recovery.

References

- SFRISO A. (2014) - Piano di monitoraggio della Laguna di Venezia ai sensi della Direttiva 2000/60/CE finalizzato alla definizione dello stato ecologico (D.L. N. 152/2006 s.m.i). Il ciclo di monitoraggio, periodo 2013-2015. EQB Macrophytes: 15 pp. + tabb. e figg.
- SFRISO A., FACCA C. (2007) - Distribution and production of macrophytes and phytoplankton in the lagoon of Venice: comparison of actual and past situation. *Hydrobiologia*, **577** (1): 71-85.
- SFRISO A., FACCA C., BON D., BUOSI A. (2016) - Macrophytes and ecological status assessment in the Po delta transitional systems, Adriatic Sea (Italy). Application of Macrophyte Quality Index (MaQI). *Acta Adriat.*, **57** (2): 209-226.
- SFRISO A., FACCA C., BON D., GIOVANNONE F., BUOSI A. (2014a) - Using phytoplankton and macrophytes to assess the trophic and ecological status of some Italian transitional systems. *Cont. Shelf Res.*, **81**: 88-98.
- SFRISO A., FACCA C., BONOMETTO A., BOSCOLO R. (2014b) - Compliance of the macrophyte quality index (MaQI) with the WFD (2000/60/EC) and ecological status assessment in transitional areas: the Venice lagoon as study case. *Ecol. Indic.*, **46**: 536-547.

F. GRILLI, F. BERNARDI AUBRY¹, M. BASTIANINI¹, C. BERGAMI¹, M. CABRINI²,
E. CAMATTI¹, A. CAMPANELLI, B. CATALETTO², S. COZZI¹, P. DEL NEGRO², M. GIANI²,
S. GUICCIARDI, M. MARINI, A. PENNA³, P. PENNA, A. PUGNETTI¹, M. RAVAIOLI¹,
F. RIMINUCCI^{1,7}, A. RINALDI⁴, F. RICCI³, C. TOTTI⁵, P. VIAROLI⁶

Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto per le Risorse Biologiche e le Biotecnologie Marine
(CNR-IRBIM), Italia.

federica.grilli@cnr.it

¹Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Scienze Marine (CNR-ISMAR), Italia.

²Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS), Trieste, Italia.

³Università di Urbino "Carlo Bo", Urbino (PU), Italia.

⁴CRM-Centro Ricerche Marine, Cesenatico (FC), Italia.

⁵Università Politecnica delle Marche, Ancona, Italia.

⁶Università di Parma, Parma, Italia.

⁷Consorzio Proambiente, Italia.

SEASONAL AND INTERANNUAL TRENDS OF TROPHIC STATUS IN NORTHERN ADRIATIC SEA IN RELATION TO NUTRIENT LOADINGS

DINAMICHE STAGIONALI E INTERANNUALI DELLO STATO TROFICO NELL'ADRIATICO SETTENTRIONALE IN RELAZIONE AL CARICO DI NUTRIENTI

Abstract - A long-term series (1972-2016) of hydrological and biogeochemical data was graphically and statistically analysed in order to study the existence of significant seasonal and interannual trends and the trophic variability in different areas of the northern Adriatic Sea.

Key-words: trophic status, nutrients, northern Adriatic Sea, time series.

Introduction - The northern Adriatic Sea (NAS) was long considered as one of the most productive regions of the Mediterranean Sea, primarily due to the loading from Italian rivers among which the Po River contributes to more than 67% of freshwater discharge (Giani *et al.*, 2012) and to 50% of the external nutrient input (Campanelli *et al.*, 2011). Some authors (Rinaldi *et al.*, 1998) have, in the late 1990s, documented a slight inverse trend towards oligotrophication of the whole basin, at least during certain periods of the year. Recent analysis of a biogeochemical database collected over 30 years, confirmed an increase in salinity and a decrease in concentrations of phosphate and ammonia in the coastal areas of the NAS (Solidoro *et al.*, 2009). The data set compiled in the present study covers a larger area and a longer period than the ones considered in previous studies.

Materials and methods - The data set was extracted by Emodnet-Chemistry portal and consists of about 4150 casts of sea surface temperature (T), salinity (S), nutrients (nitrate-NO₃, silicate-SiO₂ and phosphate-PO₄) and chlorophyll-*a* (Chl *a*) for the period 1972-2016 from CTD probes, water samples and autonomous monitoring systems (Ravaioli *et al.*, 2016). Daily average flow rates of Po River were provided by the Servizio Idro-Meteo-Clima (ARPAE-ER). Phyto- and mesozooplankton were identified at the lowest possible taxonomic rank, in order to analyze the pluriannual variations of their abundance.

Results - The trophic status of the NAS, resulting from complex interactions among dynamic processes, was analyzed on both temporal (seasonal cycle) and spatial scale. The seasonal maps clearly showed that the Po River influence extends southeastward mainly in autumn, with low S values and waters rich in NO₃, SiO₂,

and Chl *a*. The trend of surface T showed a significant increase in all the seasons. The S trend was positive in spring and summer and negative in autumn and winter when low S values were recorded associated with an anomalous decrease in the Po River discharges. A significant positive trend was observed for NO₃ and SiO₂ in all seasons. PO₄ showed a negative trend in spring and summer and a positive one in autumn. Chl *a* showed a negative trend in all the seasons except in spring. However, a general increment in nutrients is observed since 2005. The tendency to the phytoplankton biomass decrease reported in 2002-2007 seems not confirmed by data of phytoplankton abundances of the last decade. The time series of phytoplankton in some coastal areas showed an increase of phytoflagellates in summer and autumn. In the Gulf of Trieste diatoms were abundant mostly in spring while phytoflagellates in late spring and summer. For the mesozooplankton, small copepods increased their representativeness in the community throughout the years. The presence of a regular pattern of the main species succession are recognisable with a high degree of reliability.

Conclusions - The analysis of the whole long-term data series showed a decrease of the Po River flow together with a reduction in concentration of PO₄. Regarding plankton communities, our results suggest that the phenological traits of the main group composition (Bernardi Aubry *et al.*, 2012), rather than the mere total biomass, reflect this general trend. Considering the Chl *a* trend of the last 40 year it seems there is still an oligotrophication tendency of the NAS, in most of the seasons, as previously observed by Giani *et al.* (2012).

References

- BERNARDI AUBRY F., COSSARINI G., ACRI F., BASTIANINI M., BIANCHI F., CAMATTI E., DE LAZZARI A., PUGNETTI A., SOLIDORO C., SOCAL G. (2012) - Plankton communities in the northern Adriatic Sea: patterns and changes over the last 30 years. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **115**: 125-137.
- CAMPANELLI A., GRILLI F., PASCHINI E., MARINI M. (2011) - The influence of an exceptional Po River flood on the physical and chemical oceanographic properties of the Adriatic Sea. *Dynam. Atmos. Oceans*, **52** (1-2): 284-297.
- GIANI M., DJAKOVAC T., DEGOBBIS D., COZZI S., SOLIDORO C., FONDA UMANI S. (2012) - Recent changes in the marine ecosystems of the northern Adriatic Sea. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **115**: 1-13.
- RAVAIOLI M., BERGAMI C., RIMINUCCI F., LANGONE L., CARDIN V., DI SARRA A., ARACRI S., BASTIANINI M., BENSI M., BERGAMASCO A., BOMMARITO C., BORGHINI M., BORTOLUZZI G., BOZZANO R., CANTONI C., CHIGGIATO J., CRISAFI E., D'ADAMO R., DURANTE S., FANARA C., GRILLI F., LIPIZER M., MARINI M., MISEROCCHI S., PASCHINI E., PENNA P., PENSIERI S., PUGNETTI A., RAICICH F., SCHROEDER K., SIENA G., SPECCHIULLI A., STANGHELLINI G., VETRANO A., CRISE A. (2016) - The RITMARE Italian Fixed-Point Observatory Network (IFON) for marine environmental monitoring: a case study. *J. Oper. Oceanogr.*, **9** (Supl. 1): 202-214.
- RINALDI A., MONTANARI G., FERRARI C.R., GHETTI A., VOLLENWEIDER R.A. (1998) - Evoluzione dello stato trofico nelle acque costiere emiliano-romagnole nel periodo 1982-1994. Atti del Convegno "Evoluzione dello stato trofico in Adriatico: analisi degli interventi attuati e future linee di intervento". Marina di Ravenna, 28-29 settembre 1995. Regione Emilia-Romagna, Provincia di Ravenna, Autorità di bacino del Po: 33-49.
- SOLIDORO C., BASTIANINI M., BANDELJ V., CODERMATZ R., COSSARINI G., MELAKU CANU D., RAVAGNAN E., SALON S., TREVISANI S. (2009) - Current state, scales of variability, and trends of biogeochemical properties in the northern Adriatic Sea. *J. Geophys. Res.*, **114**, doi: 10.1029/2008JC004838.

L. URBINI¹, M. GIANI¹, L. CAMPANALE^{1,2}, T. DJAKOVAC³, R. PRECALI³

¹Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS), Sezione di Oceanografia,
Via A. Piccard, 54 - 34151 Trieste, Italia.

lurbini@inogs.it

²Corso di Scienze Ambientali, Università di Bologna, Bologna, Italia.

³Center for Marine Research, Rudjer Boskovic Institute, Rovinj, Croazia.

INFLUENZA DEGLI APPORTI FLUVIALI SULLE VARIAZIONI DI PH E DEL SISTEMA CARBONATICO NEL NORD ADRIATICO

INFLUENCE OF RIVERINE INPUTS ON PH AND CARBONATE SYSTEM'S VARIATIONS IN THE NORTHERN ADRIATIC

Abstract - Carbonate system's variations have been investigated, from December 2014 to January 2017, along a transect from the Po river delta to Rovinj (Croatia), to identify the influence of riverine inputs and of the other environmental drivers, as temperature, biological processes and the basin-scale circulation, on the physico-chemical and hydrodynamic conditions of the area.

Key-words: northern Adriatic Sea, riverine inputs, carbonate system.

Introduzione - Il Nord Adriatico (NAd) è un bacino semi chiuso caratterizzato da un'alta variabilità, dovuta anche alla presenza di numerosi apporti fluviali; è una delle zone più produttive del Mar Mediterraneo ed è luogo di formazione di acque dense durante l'inverno. In quest'area è stato osservato un processo di acidificazione di 0,0025 unità di pH_T all'anno (Luchetta *et al.*, 2010). Per valutare l'influenza degli apporti fluviali sulle dinamiche del sistema carbonatico è stato effettuato uno studio su una sezione del bacino durato due anni.

Materiali e metodi - Le campagne di campionamento sono state effettuate con una frequenza mensile/bimestrale da dicembre 2014 a gennaio 2017, lungo un transetto composto da 6 stazioni posizionate in una zona rappresentativa del NAd, dalla foce del fiume Po a Rovigno (Croazia). Durante le campagne sono stati effettuati profili CTD in ogni stazione e sono stati raccolti campioni di acqua di mare per l'analisi di: pH_T (misurato sulla scala totale), alcalinità totale (A_T), ossigeno disciolto (DO), clorofilla *a* e nutrienti inorganici disciolti. Tutti i parametri sono stati misurati a 4 profondità: superficie, 10 m, 20 m e fondo (tra 30 e 35 m). Le altre variabili del sistema carbonatico sono state calcolate a partire da pH_T , A_T , pressione, salinità, temperatura e concentrazione di silicati e fosfati tramite l'utilizzo del software CO2Sys (Pierrot *et al.*, 2006).

Risultati - Il NAd è soggetto alla formazione di marcati gradienti orizzontali e verticali che condizionano la variabilità del sistema carbonatico, questa risulta maggiore nelle acque prossime al delta del Po. Gli effetti degli apporti di acqua dolce sono risultati maggiori in primavera nella zona occidentale, estendendosi spesso lungo tutto il transetto. La concentrazione di A_T è variata tra 2621 e 2920 $\mu\text{mol kg}^{-1}$, il valore più elevato è stato misurato ad aprile 2015 in una stazione prossima al delta del Po, mentre il valore minimo è stato raggiunto nella stazione più orientale a marzo 2015. L'influenza degli apporti fluviali sulla concentrazione di alcalinità totale è sottolineata dalla sua correlazione lineare negativa con la salinità; le correlazioni più significative sono state riscontrate in campionamenti effettuati nelle acque superficiali nei periodi di maggior apporto di acque dolci da parte del fiume: a febbraio, marzo e aprile, quindi nella stagione tardo invernale/primaverile, si sono misurate le più alte concentrazioni di A_T ($2711 \pm 84 \mu\text{mol kg}^{-1}$) e la sua più

forte correlazione con la salinità ($r=-0,85$; $p<0,01$); considerando tutti i dati raccolti la correlazione è risultata comunque significativa ($r=-0,71$; $p<0,01$). La formazione di un gradiente orizzontale lungo il transetto è evidente, con valori di A_T più alti nella zona occidentale, decrescenti verso est in tutte le stagioni. Valori inferiori sono stati misurati a profondità maggiori di 20 m nel periodo tardo estivo/autunnale ($2645\pm 14 \mu\text{mol kg}^{-1}$), con un andamento simile a quello del pH_T . La variazione annuale di pH_T *in situ* è stata di 0,586 unità, simile a quella osservata nel golfo di Trieste da Ingrosso *et al.* (2016), con un massimo di 8,414 ed un minimo di 7,878; i valori maggiori sono stati misurati nelle acque superficiali nei periodi di maggiore produzione primaria, sostenuta dagli apporti di nutrienti da parte del fiume Po. Poiché le variazioni di temperatura influenzano fortemente il pH_T *in situ* tale effetto è stato annullato considerando le misure effettuate alla temperatura costante di 25 °C ($\text{pH}_{T25^\circ\text{C}}$) in modo da poter valutare l'influenza dei processi biologici, come evidenziato da una relazione lineare inversa tra AOU (*Apparent Oxygen Utilization*, $\mu\text{mol kg}^{-1}$) e $\text{pH}_{T25^\circ\text{C}}$ ($r=-0,72$, $p<0,001$). Considerando solo lo strato inferiore ai 20 m, al di sotto del picnoclino, dove prevalgono i processi di respirazione, la correlazione tra $\text{pH}_{T25^\circ\text{C}}$ e AOU risulta altamente significativa ($r=-0,82$, $p<0,001$). Anche la concentrazione di carbonio inorganico disciolto totale (TCO_2) è condizionata dagli apporti fluviali, come indicato dalla correlazione lineare inversa nelle acque superficiali ($r=-0,49$, $p<0,01$); ma nelle acque più profonde è influenzata maggiormente dai processi di produzione primaria e respirazione, come evidenzia la correlazione tra TCO_2 e AOU ($r=0,75$, $p<0,001$), ed il coefficiente della pendenza della retta di regressione pari a 0,825, cioè a un valore prossimo al rapporto di Redfield (AOU:C:N:P=-138:106:16:1) cioè a 0,768.

Conclusioni - Il sistema carbonatico nell'Adriatico settentrionale è caratterizzato da un'alta variabilità spaziale e temporale legata all'azione di diverse forzanti tra cui la pompa biologica del carbonio e gli apporti fluviali. La variazione stagionale è soggetta all'influenza del fiume Po, soprattutto durante il periodo tardo invernale/primaverile; inoltre gli apporti fluviali, contribuendo alla stratificazione termoclinale, causano la separazione di due distinti sistemi: uno superficiale maggiormente influenzato dagli apporti fluviali, che aumentano l'alcalinità e uno nelle acque che rimangono segregate sotto il picnoclino principale dove all'aumentare del consumo di ossigeno in seguito ai processi ossidativi della sostanza organica e di respirazione aumenta la CO_2 e diminuisce il pH.

Bibliografia

- INGROSSO G., GIANI M., COMICI C., KRALJ M., PIACENTINO S., DE VITTOR C., DEL NEGRO P. (2016) - Drivers of the carbonate system seasonal variations in a Mediterranean gulf. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **168**: 58-70.
- LUCETTA A., CANTONI C., CATALANO G. (2010) - New observations of CO_2 -induced acidification in the northern Adriatic Sea over the last quarter century. *Chem. Ecol.*, **26** (Suppl. 1): 1-17.
- PIERROT D., LEWIS E., WALLACE D.W.R. (2006) - MS Excel Program Developed for CO_2 System Calculations. ORNL/CDIAC-105a. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tennessee. Doi: 10.3334/CDIAC/otg.CO2SYS_XLS_CDIAC105a.

Tema

ACQUACOLTURA:
SOSTENIBILITÀ, QUALITÀ E INNOVAZIONE

G. LEMBO

COISPA Tecnologia & Ricerca,
Stazione sperimentale per lo studio delle risorse del mare,
Via Dei Trulli, 18 - 70126 Bari, Italia.
lembo@coispa.it

SUSTAINABLE, ORGANIC, RESILIENT AND FRIENDLY EUROPEAN AQUACULTURE

L'ACQUACOLTURA EUROPEA E LA SFIDA DI UNA SOSTENIBILITÀ ETICA, AMBIENTALE ED ECONOMICA

Abstract - An overview of the challenges for a sustainable, organic, resilient and friendly European aquaculture is given with regard to i) breeding programs; ii) nutrition challenges; iii) sustainable and resilient production systems; iv) Internet of Things for healthy fish and environment; v) quality and safety of aquaculture products.

Key-words: *breeding programs, nutrition challenges, sustainable production systems, fish welfare, seafood quality.*

Background - In 2015, world aquaculture production reached 106 million tonnes, while European aquaculture production reached 2.98 million tonnes of seafood annually, with a value over 11 billion USD (FAO, 2017). Although less performing than the world aquaculture production, the European one increased by about 136% in the last ten years. Organic aquaculture represents 4.7% of the total EU aquaculture production, having regard for the six major species: salmon, trout, carp, seabass, seabream and mussels. Also organic aquaculture has experienced a brilliant increase in recent years. In 2015, compared to 2012, it grew by 24% for salmon, doubled for rainbow trout, and tripled for seabass and seabream. Positive increase has also been observed for shellfish (mussels, oysters). Yet, the economic performance of EU organic aquaculture seems far from being satisfactory everywhere (EUMOFA, 2017). Notwithstanding the above, Europe is still heavily dependent on external markets to cover seafood demand. Indeed, EU seafood import amount to 148% of the EU production. Thus, EU aquaculture needs to increase its products' competitiveness and respond to consumer demands for high-quality and safe food, in a challenging context of climate change, greater competition for natural resources, and conflicting interests for space and markets. To ensure food and nutrition security by 2020, the food production sectors have to sustainably expand in terms of space use, production and new value chains, exploring and enhancing innovation opportunities offered by sustainable and resilient aquaculture production systems, implementing the circular economy principles and increasing social acceptance of the corresponding activities and products. Future aquaculture needs to manage production of high quality, safe food for a growing population, without harming the environment and without compromising animal health and welfare. To succeed, improvements are demanded along the whole value chain. An overview of the challenges for a sustainable, organic, resilient and friendly European aquaculture is given in the following sections.

Breeding programs for a sustainable and organic aquaculture - The presence of both genetic and environmental (GxE) influence shows that strains respond differently to changes in *e.g.* climate parameters or different feeding regimes. Existence of such variation may hinder the optimal realization of genetic gain and affects the

competitiveness of aquaculture industry. Estimates of GxE are lacking for many economically important traits (Sae-Lim *et al.*, 2016) and need to be assessed, to enable optimization of breeding programs towards development of robust genetic material for future conditions. New genomic resources have recently been developed for aquaculture species, such as Single Nucleotide Polymorphism. Currently, SNPchip for Atlantic salmon is readily available (Houston *et al.*, 2014), development of SNPchip for sea bass and sea bream is on-going, and the Atlantic salmon genome has been recently sequenced. Various studies have already initiated to utilize these genomic resources to identify chromosomal regions, genes and causative mutations affecting important traits of economic importance. Such studies provide not only the basis for characterizing the genetic architecture of commercially important traits (*e.g.* feed efficiency and disease resistance), but also the necessary tools to significantly increase the accuracy of selection process (*e.g.* marker assisted selection - MAS and genomic selection - GS).

Nutrition challenges in organic and conventional aquaculture - The limited availability of organic ingredients rich in essential nutrients, *i.e.* vitamins, essential amino acid and fatty acids, necessary to cover the dietary needs of farmed fish, makes challenging to achieve organic feeds of high quality level for the feed industry. Organic aquaculture doesn't allow chemical antioxidants, currently used in conventional aquaculture, in order to safeguard marine ingredient quality, such as ethoxyquin or BHT (butylhydroxytoluene). Their presence in the fillet, even if in small amounts, may represent a risk for scandals and food scares. However, Hernández *et al.* (2014) tested different natural antioxidants and found that rosemary extract, among other, had a similar effect to that of BHT on the processing and storage of extruded feeds. The use of natural antioxidants is of great interest for both organic and conventional aquaculture. To safeguard biodiversity and sustainable exploitation of natural resources, the use of capture fisheries-based fishmeal and fish oil needs to be limited in both organic and conventional fish feeds. Nonetheless, replacing fishmeal and fish oil in high performing diets for fish farming is not straightforward. Indeed, fish performance, health status and final product quality (Kousoulaki *et al.*, 2016) may be jeopardized when substituting dietary fish meal by alternative ingredients of lower nutritional value. Hence, the exploitation of the genetic potential of farmed fish by selective breeding, which would allow transforming more efficiently the dietary components into essential nutrients, provides great potential to progress towards sustainable and resilient fish farming practices. Moreover, though fish cannot synthesize several essential nutrients required for their metabolism and growth and consequently depend on the feed for their supply, certain animal groups can use nutrient-deficient diets as they bear symbiotic microorganisms that can provide these compounds. Thus, also aquatic animal's gut microbiota can, in theory, plays a critical role to reach sustainability in fish farming (Mente *et al.*, 2016). Fish would obtain maximal benefits when the microbial supply of essential nutrients is scaled to its demand. Undersupply would limit fish growth while oversupply could be harmful due to allocation of resources to neutralise toxicity caused by non-required compounds.

Sustainable and resilient production systems - The most widely used systems in aquaculture are "flow-through" (FT) where water quality is maintained by continuous flushing. The water quality variables that determine the flushing rate vary as a function of the sensitivity of the species, and may include water temperature, pH, alkalinity, dissolved oxygen, turbidity, ammonia, etc. The farmed

species in FT systems benefit from dissolved oxygen and removal of wastes because of the constant flow through. The very popular FT systems known as sea cages or net pens enjoy the ecosystem services provided by the sea and the cultivated species benefit from the hydro-dynamism of the natural environment, which delivers dissolved oxygen and removes the wastes to the surrounding water. Integrated Multi Trophic Aquaculture (IMTA) is a relatively new innovation in Europe, and one of its objectives is to employ extractive species, such as macroalgae and shellfish to take up and absorb particulate and dissolved matter from the aquaculture effluents. In this way, waste products (nutrients) from one crop (*e.g.* finfish) enable the cultivation and harvest of a second and/or third crop, while reducing the load of nutrients and particles in the surrounding water and on the seafloor. This is often described as a “win-win” system, which enables farmers to comply with regulation regarding waste effluents and “re-use” the expensive feed offered to the “fed” species, *i.e.* there are economic incentives in employing IMTA. Recirculation technology offers the potential for both improved farming operations and reduced environmental impact. Recirculating Aquaculture Systems (RAS) is considered a very promising technology for sustainable fish farming, making it possible to increase production volumes and simultaneously reduce the environmental impact from aquaculture (Dalsgaard *et al.*, 2013). One of the major issues that remains to be solved is the question about water quality parameters and how to control these. Studies correlating the feed applied to the resulting water quality are, however, still scant even though feed may have paramount influence on water quality parameters.

Internet of Things for healthy fish and environment - Future aquaculture will increasingly rely on data from networks of electronic tagging. The use of electronic sensors, has already enhanced our knowledge of the performances of the farmed fish and the surrounding aquatic system. It is currently possible to integrate remote monitoring and signals communication from sensors tracking the activity pattern and physiological status of fish, with co-located instruments/sensors that record the environmental parameters. Further scientific progresses are expected by the integration of Key Performance Indicators (KPIs) to make diagnosis by using Preference Modelling techniques, in addition to identify patterns and make forecast by using Generalized Linear or Additive Models.

Quality and safety of aquaculture products - The development of new fish processing and packaging methods or novel combinations of existing technologies is sought by the industry in order to market alternative products, achieving shelf-life extension and management, and reducing food waste. The cold gas plasma treatment has been tested in terms of efficacy of surface decontamination on different kinds of food and results showed a good potentiality in microbial load reduction. Pulse Electric Field (PEF) technology is an innovative non-thermal process that implies the exposure of a food product to short duration pulses of high voltage electric fields generated between two electrodes. It has been studied primarily as a tool aimed at microbial inactivation, but recently several studies have focused on its application for mass transfer enhancement. Besides the short shelf life, another barrier to fresh fish consumption is represented by the perception of seafood product as a time-consuming meal (Corbo *et al.*, 2009). ‘Ready-to-eat’ and ‘ready-to-cook’ fish products, are strategic solutions to promote the sustainability and distribution of fish products more suitable to the modern consumer demand (Yerlikaya *et al.*, 2005). Nowadays sensory evaluation is one of the mostly used methods for the assessment of fish quality and freshness (Rødboten and Carlehög, 2015). These methods try to

objectivise the most important parameters of the sensorial assessment, such as the texture and the morphological and chromatic characteristics of the whole fish and its different parts through the use of standardized computer vision system. Fish texture evaluation tool (FTET) is a concept prototype device that provides information on the textural properties (e.g. elasticity and firmness) of the fish muscle, as indication of freshness and quality. In addition to the protection required for ensuring the safety and integrity of foods and beverages, current packaging technology aims to provide additional functionality. Modified atmosphere packaging (MAP) combined with refrigerated storage is proved as an efficient preservation method to extend the shelf-life of fish and fish products.

References

- CORBO M.R., SPERANZA B., FILIPPONE A., CONTE A., SINIGAGLIA M., DEL NOBILE M.A. (2009) - Natural compounds to preserve fresh fish burgers. *Int. J. Food Sci. Tech.*, **44** (10): 2021-2027.
- DALSGAARD J., LUND I., THORARINSDOTTIR R., DRENGSTIG A., ARVONEN K., PEDERSEN P.B. (2013) - Farming different species in RAS in Nordic countries: current status and future perspectives. *Aquacult. Eng.*, **53**: 2-13.
- EUMOFA (2017) - *The EU Fish Market 2017 Edition*. Directorate-General for Maritime Affairs and Fisheries of the European Commission, Brussels: 94 pp. www.eumofa.eu
- FAO (2017) - *FAO yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics. 2015*. Rome, Italy: 78 pp. http://www.fao.org/fishery/static/Yearbook/YB2015_CD_Master/index.htm
- HERNÁNDEZ A., GARCÍA GARCÍA B., JORDÁN M.J., HERNÁNDEZ M.D. (2014) - Natural antioxidants in extruded fish feed: protection at different storage temperatures. *Anim. Feed Sci. Tech.*, **195**: 112-119.
- HOUSTON R.D., TAGGART J.B., CÉZARD T., BEKAERT M., LOWE N.R., DOWNING A., TALBOT R., BISHOP S.C., ARCHIBALD A.L., BRON J.E., PENMAN D.J., DAVASSI A., BREW F., TINCH A.E., GHARBI K., HAMILTON A. (2014) - Development and validation of a high density SNP genotyping array for Atlantic salmon (*Salmo salar*). *BMC Genomics*, **15**, doi: 10.1186/1471-2164-15-90.
- KOUSOULAKI K., MØRKØRE T., NENGAS I., BERGE R.K., SWEETMAN J. (2016) - Microalgae and organic minerals enhance lipid retention efficiency and fillet quality in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, **451**: 47-57.
- MENTE E., GANNON A.T., NIKOULI E., HAMMER H., KORMAS K.A. (2016) - Gut microbial communities associated with the molting stages of the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture*, **463**: 181-188.
- RØDBOTTEN M., CARLEHÖG M. (2015) - Methods for objective quality assessment: sensory evaluation - Measuring with human senses. In: *Sensorikk*. ISBN: 9788213030762: 266 pp.
- SAE-LIM P., GJERDE B., NIELSEN H.M., MULDER H., KAUSE A. (2016) - A review of genotype-by-environment interaction and micro-environmental sensitivity in aquaculture species. *Rev. Aquacult.*, **8** (4): 369-393.
- YERLIKAYA P., GOKOGLU N., URAN H. (2005) - Quality changes of fish patties produced from anchovy during refrigerated storage. *Eur. Food Res. Technol.*, **220** (3-4): 287-291.

L. BRUNI, G. SECCI, F. FACCENDA*, G. PARISI

Dipartimento di Scienze delle Produzioni Agroalimentari e dell'Ambiente (DISPAA), Università di Firenze,
Via delle Cascine, 5 - 50144 Firenze, Italia.
giulia.secci@unifi.it

*Fondazione Edmund Mach, Via E. Mach, 1 - 38010 San Michele all'Adige (TN), Italia.

**EFFECT OF INCLUDING A SEAWEED MEAL
IN THE DIET ON SLAUGHTER YIELD
AND MAJOR QUALITY TRAITS OF RAINBOW TROUT
(*ONCORHYNCHUS MYKISS* WALBAUM, 1792)**

**EFFETTO DELL'INCLUSIONE DI UNA FARINA DI MACROALGHE
NELLA DIETA SU RESE COMMERCIALI
E ATTRIBUTI QUALITATIVI DELLA TROTA IRIDEA
(*ONCORHYNCHUS MYKISS* WALBAUM, 1792)**

Abstract - Seaweeds are promising ingredients for aquafeed for improving fish growth and as source of n-3 fatty acids. The present study aimed at assessing the effects on marketable and qualitative traits of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) fillets of a low-level inclusion (5%) of a commercial mix of seaweed formulation in a soybean-rich diet. The fish were fed for 12 weeks and sampled immediately after the acclimation period (T0), after 6 weeks (T1) and 12 weeks (end of the trial, T2). Six fish per treatment were sacrificed at each sampling, individually weighed and submitted to the sectioning to obtain the body components that, after measurements, were needed to calculate the marketable indexes (condition factor, dressed and fillet yields, hepatosomatic index and viscerosomatic index). On fillets, physical properties such as pH, texture and color were measured and the cholesterol content, the proximate and the fatty acid composition were analyzed. Results revealed that the inclusion of seaweed mixture in a soybean rich diet significantly affected fillet yield and hepatosomatic index after 12 weeks of administration. The physical parameters of muscle, such as color, pH, water holding capacity and texture were not modified in comparison to the vegetable-rich diet. Slight modifications in the proximate composition emerged at the end of the trial, especially concerning the protein content, which increased in parallel to a decrease of lipid content. However, the fatty acid profile of the muscle was deeply modified by the administered diets in comparison to the first 6 weeks. The inclusion level of seaweeds utilized in the present study was not sufficient for improving PUFAn-3 level of a diet rich in vegetable protein and oil.

Key-words: protein source, seaweed, color, fatty acids, *Oncorhynchus mykiss*.

Introduction - An expansion of aquaculture production can contribute to food security on a global scale (FAO, 2016). The growth of aquaculture, as a condition, would require an increase of feed production. Fishmeal (FM) and plant-protein derivatives are the conventional protein sources in intensive aquaculture but, on the one hand, FM is not considered sustainable neither ecologically nor economically, on the other hand, plant-protein derivatives rarely have optimal nutritional properties and can negatively affect fish welfare. Functional ingredients to add in diet formulation have been studied for decreasing the bad effects of plant derivatives and for providing health benefits. Among them, seaweeds are a promising ingredient, generally showing balanced protein, lipids (especially rich in the n-3 series), pigment, vitamin and mineral content (Holdt and Kraan, 2011); in addition, they contain compounds with bioactive features, for instance antibacterial and antiviral actions, immunostimulating properties, hypocholesterolemic and hypolipidemic effects and antioxidant activity (Samarakoon and Jeon, 2012). The present study aimed at assessing the effects on the slaughter yield and the qualitative traits of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) of a low-level dietary inclusion of a commercial product containing a mixture of seaweeds in a soybean meal-rich diet.

Materials and methods - Three experimental isoproteic, isoenergetic and isolipidic extruded diets were formulated: a positive control (C+) containing 49% FM inclusion; a negative control (C-) where vegetable derivatives (soybean meal, wheat and corn gluten) constituted the main protein source (90% of total protein); a test diet (T) produced on C- basis with the difference that soybean meal was partially substituted by a commercial blend of brown, green, and red seaweeds (included at 5% of the formulation). The amount of oil sources was adjusted to meet the nutritional requirements of rainbow trout. A number of 450 female rainbow trout (average initial weight 200 g) were divided into the three experimental groups and then allotted to nine tanks (three tanks per dietary treatment). After an acclimation period of 30 days with a commercial diet, fish were fed with the three experimental diets for 12 weeks. Six fish in total were sampled before the beginning of the feeding trial (T0), whose characteristics were considered as starting point for upcoming changes. Then, six fish per dietary group were sampled after 6 (T1) and 12 weeks (T2) from the beginning of the feeding trial. Before each sampling, the fish were starved for 36 hours, then killed by percussion. After weighing and measuring the total length of the fish and after gutting, filleting and weighing of the various body components, the marketable and somatic indexes condition factor (CF), fillet yield (FY), dressed yield (DY), hepatosomatic index (HSI) and viscerosomatic index (VSI) were calculated (CF: total weight/total length³, FY: weight of the fillets with skin 100/body weight; DY: eviscerated body weight 100/body weight; HSI: liver weight 100/body weight; VSI: viscera weight 100/body weight). Thereafter, the color of the skin and of the fresh fillets was measured recording L* (lightness), a* (redness index) and b* (yellowness index), following the CIELab system (CIE, 2004). The texture was assessed as maximum shear force impressed by a blade. Water holding capacity (WHC) and pH were even measured on the fillets. Finally, the fillets were utilized for proximate composition (AOAC, 2012), lipid content (Folch *et al.*, 1957), fatty acid (FA) profile (Secci *et al.*, 2018) and cholesterol content (Secci *et al.*, 2018) analyses. The FA profile of the experimental diets, obtained with the aforementioned method, is summarized in Tab. 1. Once grinded, the color of the pellets was analyzed.

Results - The C- and T diets had a higher b* index than C+. The fish grew from 200 g to 414.85±29.60 g (T2) without interference of the experimental diets. Among the marketable indexes analyzed on rainbow trout at T0, T1 and T2, the FY and HSI were significantly affected by the diet only at T2. The FY was calculated as 64.51%, 62.75% and 64.05% in T, C+ and C- groups, respectively. Furthermore, the HSI of T group presented the lowest value, being 0.99% against 1.27% and 1.15% of C+ and C- groups. Concerning color values, the b* index increased (p<0.05) in C- and T diets both at T1 and T2. The pH, WHC and texture were unaffected by the diet irrespective of the feeding length. The proximate composition was slightly affected after 12 weeks, being the protein content of T fillets at T2 significantly higher than in C+ and C-, while the total lipid content tended to decrease (p=0.0536) in the same group. The cholesterol level was not significantly affected by the diets, being around 49 mg/100 g fillets in all the samples tested. The effect of the diet on the FA profile was sharp at both T1 and T2, as reported in Tab. 2. The diet affected the saturated FAs (SFA) and the polyunsaturated FAs (PUFA), while the monounsaturated FAs (MUFA) were not modified. The fillets of the T group showed to be poorer in palmitic acid than C- group but also eicosapentaenoic (EPA) and docosahexaenoic (DHA) acid levels were found lower than C+ rainbow trout.

Tab. 1 - Main fatty acids (g/100 g total fatty acids) found in the experimental diets. Data are reported as mean and standard deviation (sd).

Principali acidi grassi (g/100 g acidi grassi totali) delle diete somministrate. I dati sono espressi come media e deviazione standard.

	C+		C-		T	
	mean	sd	mean	sd	mean	sd
C16:0	13.574	1.435	15.465	2.260	16.702	0.754
C18:1n-9	34.702	3.863	34.694	2.740	35.317	1.295
C18:2n-6	13.859	1.571	19.164	2.228	17.388	0.343
C20:5n-3, EPA	5.127	0.578	2.179	0.220	2.034	0.038
C22:6n-3, DHA	6.383	0.728	2.252	0.260	2.187	0.046
SFA	22.856	2.428	27.409	3.854	29.938	1.379
MUFA	42.899	4.755	40.207	3.220	40.674	1.524
PUFAn-6	14.973	1.528	19.928	2.350	18.127	0.328
PUFAn-3	18.472	2.071	11.928	1.081	10.767	0.023

Tab. 2 - Fatty acid profile (g/100 g total fatty acids) of rainbow trout after 6 (T1) and 12 weeks (T2) of the feeding trial.

Profilo in acidi grassi (g/100 g acidi grassi totali) della trota iridea dopo 6 (T1) e 12 (T2) settimane della prova di alimentazione.

	T1					T2				
	C+	C-	T	Sign.	RMSE	C+	C-	T	Sign.	RMSE
C16:0	13.158 ^{ab}	13.613 ^a	12.914 ^b	<0.05	0.437	13.369 ^a	13.640 ^a	12.900 ^b	<0.01	0.334
C18:1n-9	30.148	30.844	31.440	ns	1.195	32.441 ^b	32.853 ^b	34.146 ^a	<0.05	0.996
C18:2n-6	17.357 ^b	19.182 ^a	19.659 ^a	<0.05	1.121	14.493 ^b	17.843 ^a	17.118 ^a	<0.001	0.698
C20:5n-3, EPA	3.300 ^a	2.328 ^b	2.463 ^b	<0.001	0.207	3.335 ^a	2.020 ^b	2.214 ^b	<0.001	0.214
C22:6n-3, DHA	12.043 ^a	10.099 ^b	10.192 ^b	<0.01	0.855	11.796 ^a	9.183 ^b	10.008 ^b	<0.01	1.006
SFA	20.07 ^a	20.56 ^a	19.35 ^b	<0.01	0.54	20.59 ^a	20.80 ^a	19.56 ^b	<0.01	0.52
MUFA	37.71	37.91	38.36	ns	1.41	40.65	39.81	40.95	ns	1.13
PUFAn-6	20.63 ^b	23.28 ^a	23.79 ^a	<0.01	1.26	17.48 ^b	22.19 ^a	21.57 ^a	<0.001	0.76
PUFAn-3	20.97 ^a	17.76 ^b	17.99 ^b	<0.001	0.91	20.67 ^a	16.73 ^b	17.46 ^b	<0.001	1.17

Fatty acids below 10 g/100 g total fatty acids, except for EPA, were not reported but utilized for obtaining the sum of saturated (SFA), monounsaturated (MUFA), and polyunsaturated fatty acids (PUFA). Sign.: significance; ns: not significant. RMSE: Root Mean Square Error. a, b: mean with different superscript letters within the same Time (T₁ or T₂) are significantly different (p<0.05).

Gli acidi grassi inferiori a 10 g/100 g di acidi grassi totali, ad eccezione dell'EPA, non sono stati riportati ma utilizzati per calcolare le sommatore degli acidi grassi saturi (SFA), monoinsaturi (MUFA), e polinsaturi (PUFA). Sign.: significatività; ns: non significativo. RMSE: Radice dell'Errore Quadratico Medio. a, b: lettere diverse entro Tempo (T₁ o T₂) indicano medie significativamente diverse (p<0,05).

Conclusions - The literature is rich of studies on seaweed inclusion in aquafeeds. Commonly, low inclusion levels (2.5-10%) do not jeopardize growth performance (Peixoto *et al.*, 2016). In the present research, the inclusion of the commercial mixture of seaweeds in a soybean-rich diet significantly improved marketable parameters as fillet yield and hepatosomatic index after 12 weeks of administration. The physical parameters of the fillets, such as color, pH, WHC and texture were not affected in comparison to the soybean-rich diet. Slight modifications of the chemical proximate

composition emerged at the end of the trial, especially concerning the protein content, which increased with the decrease of the lipid content. However, the fatty acid profile of fillets was deeply modified by the administered diets since the first 6 weeks. Although the dietary algae tended to increase PUFA_n-3 content (Dantagnan *et al.*, 2009; Peixoto *et al.*, 2016; Wassef *et al.*, 2005), the commercial mixture of seaweeds added at 5% was not sufficient for ameliorating the PUFA_n-3 level of the C- diet, rich in vegetable protein and oil. This fact could be primarily attributed to the low level of the commercial mixture of seaweeds utilized in diet formulation but also to the not univocal effect in terms of PUFA_n-3 enrichment produced by seaweeds, being variable among fish and seaweed species, harvesting environment and season (Hasan and Chakrabarti, 2009; Holdt and Kraan, 2011).

References

- AOAC (2012) - *Official methods of analysis*. 19th ed. AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.
- COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE (CIE) (2004) - *Colorimetry*. Technical Report CIE 15:2004. CIE Central Bureau, Vienna, Austria: 79 pp.
- DANTAGNAN P., HERNÁNDEZ A., BORQUEZ A., MANSILLA A. (2009) - Inclusion of macroalgae meal (*Macrocystis pyrifera*) as feed ingredient for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): effect on flesh fatty acid composition. *Aquac. Res.*, **41** (1): 87-94.
- FAO (2016) - The state of world fisheries and aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all. FAO, Rome: 200 pp.
- FOLCH J., LEES M., SLOANE STANLEY G.H. (1957) - A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, **226** (1): 497-509.
- HASAN M.R., CHAKRABARTI R. (2009) - Use of algae and aquatic macrophytes as feed in small-scale aquaculture: a review. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*, **531**: 123 pp.
- HOLDT S.L., KRAAN S. (2011) - Bioactive compounds in seaweed: functional food applications and legislation. *J. Appl. Phycol.*, **23** (3): 543-597.
- PEIXOTO M.J., SALAS-LEITÓN E., PEREIRA L.F., QUEIROZ A., MAGALHÃES F., PEREIRA R., ABREU H., REIS P.A., GONÇALVES J.F.M., DE ALMEIDA OZÓRIO R.O. (2016) - Role of dietary seaweed supplementation on growth performance, digestive capacity and immune and stress responsiveness in European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquac. Reports*, **3**: 189-197.
- SAMARAKOON K., JEON Y.-J. (2012) - Bio-functionalities of proteins derived from marine algae - A review. *Food Res. Int.*, **48** (2): 948-960.
- SECCI G., BOVERA F., NIZZA S., BARONTI N., GASCO L., CONTE G., SERRA A., BONELLI A., PARISI G. (2018) - Quality of eggs from Lohmann Brown Classic laying hens fed black soldier fly meal as substitute for soya bean. *Animal*, **12** (10): 2191-2197.
- WASSEF E.A., EL-SAYED A.F.M., KANDEEL K.M., SAKR E.M. (2005) - Evaluation of *Pterocladia* (Rhodophyta) and *Ulva* (Chlorophyta) meals as additives to gilthead seabream *Sparus aurata* diets. *Egypt. J. Aquat. Res.*, **31**: 321-332.

C. CAROPPO, G. PORTACCI, L. GIORDANO*

Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per l'Ambiente Marino Costiero (CNR-IAMC),
Via Roma, 3 - 74121 Taranto, Italia.
carmela.caroppo@iamc.cnr.it

*CNR-IAMC, Calata Porta di Massa - 80133 Napoli, Italia.

PRODUZIONE DI SERIE STORICHE CON IL TELERILEVAMENTO SATELLITARE: UNO STRUMENTO INNOVATIVO PER LA GESTIONE SOSTENIBILE DELLA MOLLUSCHICOLTURA?

HISTORICAL TIME SERIES BY REMOTE SENSING: AN INNOVATIVE TOOL FOR THE SUSTAINABLE MANAGEMENT OF THE SHELLFISH FARMING?

Abstract - Global aquaculture production is increasing over the last years, but official statistics frequently under-report the real data due to the illegal farming and the unregulated market. Recent advances in remote sensing technology allow us to view aquaculture and fishery practices from space. Here, we used remote sensing to count mussel culture plants in the First Inlet of the Mar Piccolo of Taranto from 1988 to 2015. The results evidenced the unreliability of officially reported statistics and provided the first example of mussel culture production estimates from satellite images and its potential for sustainable management of resources.

Key-words: mussels, sustainability, management, policy, Gulf of Taranto.

Introduzione - La mitilicoltura, come altre attività di sfruttamento delle risorse, implica una perturbazione dei normali equilibri delle reti trofiche e degli ecosistemi marini da cui consegue la necessità di sviluppare strategie di sostenibilità. In Italia l'allevamento di *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 rappresenta circa il 50% della produzione (96.297 t) ed il 20% della resa economica (75 M€) dell'acquacoltura italiana (OECD, 2013). Tuttavia, i dati ufficiali spesso sottovalutano le reali produzioni dell'acquacoltura a causa sia delle pratiche illegali sia del mercato sommerso. In assenza di dati affidabili, si può fare ricorso alle interviste con gli operatori, i proprietari di ristoranti, i commercianti nonché ai dati storici (Zeller *et al.*, 2007). I sistemi satellitari rendono disponibili serie storiche di immagini attraverso applicazioni specifiche. Inoltre, si è recentemente dimostrato un valido strumento per risolvere diverse questioni ecologiche e gestionali, comprese quelle relative alla stima di attività diverse come quelle dell'allevamento intensivo delle trote e della piccola pesca nel Golfo Persico (Al-Abdulrazzak e Pauly, 2014). Il Mar Piccolo di Taranto (Golfo di Taranto, Ionio settentrionale) è un'area dove da secoli l'allevamento di *Mytilus galloprovincialis* rappresenta un'attività economica e commerciale di notevoli dimensioni anche dal punto di vista sociale. Purtroppo, a partire dagli anni '90, è stato rilevato un complessivo calo della qualità dei mitili (Corriero *et al.*, 2001) a causa di una inadeguata ed intensiva gestione delle risorse e degli impianti (Caroppo *et al.*, 2012). Questo lavoro fa parte di una ricerca finalizzata alla realizzazione di strumenti di supporto alle decisioni politiche (Lecours, 2017 e relativa bibliografia) in materia di gestione sostenibile delle risorse (mitilicoltura). Nello specifico in questo contributo sono riportati i risultati preliminari dell'utilizzo di serie temporali di immagini satellitari gratuite che hanno permesso di stimare la produzione mitilicola del Primo Seno del Mar Piccolo nell'arco di oltre trent'anni.

Materiali e metodi - L'utilizzo delle immagini satellitari ha riguardato tutta l'area occupata dagli impianti di mitilicoltura del Primo Seno (circa 320 ha). Nel Mar Piccolo la mitilicoltura è condotta utilizzando due tipologie di allevamento: gli impianti fissi e quelli flottanti (*long lines*) (Fig. 1).

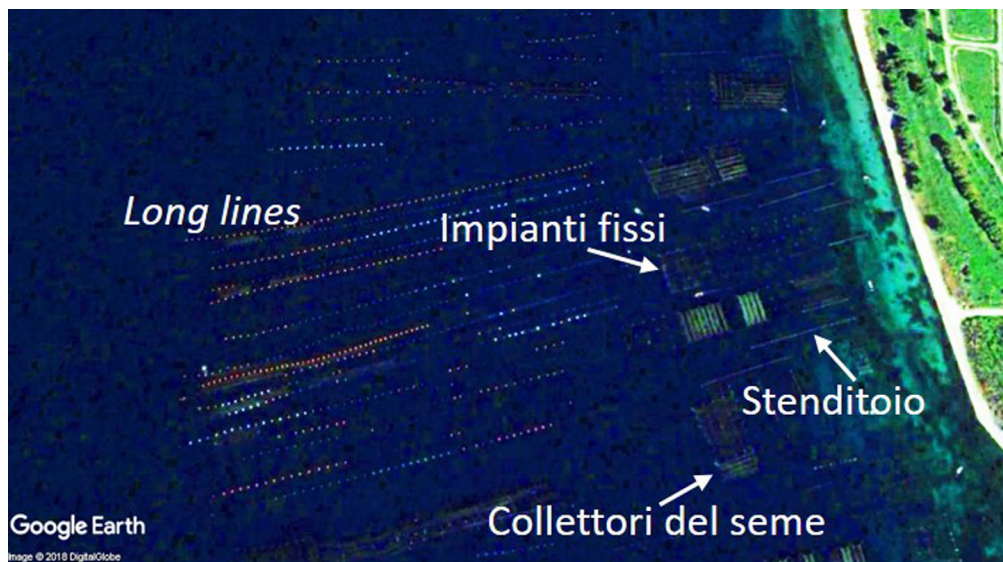


Fig. 1 - Immagine di Google Earth che mostra le diverse tipologie di impianto per l'allevamento (impianti fissi e *long lines*) e la captazione del seme (collettori) nonché per la gestione del fouling (stenditoio) dei mitili nel Primo Seno del Mar Piccolo.

Image from Google Earth showing different mussel culture typologies in the First Inlet of the Mar Piccolo: stakes driven into the bottom, long lines, spat collectors and racks.

Nel primo caso le ventie (cime) cui sono legati i pergolati (mitili innestati in una rete tubolare) sono sostenuti da pali di ferro zincato conficcati nel fondo. Negli impianti flottanti le ventie sono invece sostenute dalla spinta idrostatica di galleggianti in polietilene. In entrambi i casi l'unità base è denominata "camera" che ha dimensioni predefinite e costanti. Negli impianti fissi la camera è lo spazio quadrangolare delimitato da 4 pali (circa 36 m²) mentre in quelli flottanti è quello interposto tra due galleggianti posti ad una distanza di 6 m (circa 9,6 m²) l'uno dall'altro. Periodicamente i mitili vengono disposti a guisa di festoni al disopra della superficie del mare sopra gli *stenditoi* per rimuovere il *fouling*. La produzione mitilicola è stata stimata moltiplicando il numero totale delle camere per la biomassa presente in ognuna di esse. Il numero delle camere degli impianti fissi e flottanti nonché il numero e la lunghezza degli *stenditoi* sono stati stimati utilizzando le mappe satellitari. In particolare, le immagini sono state ingrandite in modo da rendere evidenti gli impianti che sono stati contati e, al termine della sessione di lavoro, una linea è stata tracciata per separare gli impianti già contati dagli altri. L'immagine è stata acquisita tramite *screenshot* ed utilizzata nella ripresa dei conteggi. Il carico degli individui giunti a taglia commerciale è stato stimato in seguito a consultazione con gli operatori. Esso è risultato per gli impianti fissi mediamente pari a 2.100 kg/camera mentre per quelli flottanti compreso tra 700 kg/camera (medio carico) e 900 kg/camera (sovraccarico) di mitili. In quest'ultimo caso, la produzione è stata calcolata considerando entrambe le condizioni. Le immagini disponibili di Google Earth (una per ogni anno di riferimento) per il Primo Seno del Mar Piccolo, purtroppo non continui e compresi tra il 1988 ed il 2015, sono stati integrati con quelli del Geoportale Nazionale del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (<http://www.pcn.minambiente.it/mattm/>) degli anni 1988, 1994, 2000, 2006 e 2012.

Risultati - Nella Tab. 1 è riportato il range dei valori stimati di produzione di mitili, considerando anche le diverse condizioni di carico degli impianti flottanti (min e max). L'andamento delle produzioni ha mostrato un notevole incremento a partire dal 1988. Una lieve riduzione dei valori è stata evidenziata nel 2000, in seguito essi sono aumentati raggiungendo quelli massimi nel 2006. Negli anni successivi le produzioni sono diminuite nuovamente raggiungendo valori particolarmente ridotti nel 2013. In quest'anno infatti, si sono registrati gli effetti di: i) restrizioni sanitarie che hanno imposto la distruzione dei mitili del Primo Seno a causa della contaminazione da diossine e policlorobifenili diossina simili (PCB - DL) (Ordinanza ASL-TA 1989/11) negli anni 2011 e 2012; ii) morte di una quota consistente di stadi giovanili nell'estate 2012 a causa del notevole incremento della temperatura. Per ciò che riguarda il sistema di allevamento, nel tempo gli impianti *long line* hanno sostituito quasi completamente quelli fissi (Tab. 1). Il sistema flottante, infatti, è sicuramente più vantaggioso per la relativa facilità di realizzazione e trasferimento dei molluschi durante il loro ciclo di accrescimento nonché nei casi di emergenza ambientale ("ondate di calore" nel periodo estivo e/o crisi anossiche). Le percentuali relative al numero degli stenditoi nel tempo sono risultate pressoché stabili, considerando che tali strutture sono indispensabili per le operazioni di *sciorinatura*, ossia di riduzione degli epibionti dalle conchiglie dei mitili.

Tab. 1 - Dati di produzione mitilicola e percentuale delle diverse tipologie di allevamento utilizzate nel Primo Seno del Mar Piccolo stimati attraverso telerilevamento dal 1988 al 2015.

Mussel culture production and percentages of different farming typologies estimated through remote sensing in the First Inlet of the Mar Piccolo from 1988 to 2015.

	1988	1994	2000	sett. 2002	aprile 2004	2006	aprile 2007	ottobre 2009	2012	maggio 2013	agosto 2015
Produzione totale (t)											
min	2.093	10.271	7.075	8.910	11.477	13.812	12.762	10.390	9.501	3.987	6.794
max	2.691	11.444	8.218	10.952	13.545	16.625	15.447	12.651	11.323	4.982	8.579
Sistema di allevamento (%)											
Impianti fissi	99,14	57,33	40,81	19,42	33,06	26,59	22,72	20,82	30,19	7,95	5,50
<i>Long lines</i>	0,00	39,97	56,54	80,20	63,05	71,28	73,62	76,14	67,15	87,37	92,00
Stenditoi	0,86	2,70	2,64	0,38	3,89	2,13	3,66	3,04	2,66	4,68	2,50

Conclusioni - La metodologia applicata per stimare il numero e la tipologia di impianti di molluschi del Primo Seno del Mar Piccolo ha richiesto tempi relativamente lunghi e personale esperto nel riconoscimento delle strutture impiantistiche. Inoltre, i dati ottenuti, pur se ancora preliminari, dovranno essere validati sia incrementando il numero delle osservazioni in periodi strategici dell'anno sia associando misure *in situ* della biomassa presente in un numero significativo di impianti. Tuttavia, nonostante questi limiti, per la prima volta sono state ottenute serie storiche sui trend produttivi dei mitili nel Mar Piccolo. Questa metodologia potrà essere applicata anche in altri siti, grazie alla disponibilità di serie temporali di immagini a livello globale che i sistemi di *remote sensing* offrono. I risultati di questo studio sono risultati confrontabili con quelli ottenuti da indagini precedenti condotte attraverso la consultazione dei mitilicoltori e degli *stakeholder* (Caroppo *et al.*, 2012). Tali studi riportavano una produzione annuale media del Primo Seno di circa 13.000 t di mitili. I valori presentati sono invece nettamente superiori rispetto a quelli indicati nel "Censimento regionale dei mitilicoltori pugliesi" secondo cui nel Mar Piccolo e Mar Grande di Taranto si producono attualmente 6.233,41 t di mitili (Regione Puglia,

2017). Questa discrepanza di valori è presumibilmente dovuta al mercato sommerso che affligge la mitilicoltura dei Mari di Taranto. In questi anni la pianificazione di questo settore è stata rivolta soprattutto alla legalizzazione piuttosto che alla sua gestione (Ordinanza della Guardia Costiera 13/2001 e successive integrazioni), infatti i dati censiti mediante telerilevamento ci hanno mostrato un trend crescente del numero di impianti. A tutt'oggi, non esiste una regolamentazione in merito al numero di strutture, alla loro densità nonché ai luoghi di coltivazione, così come invece si verifica in altri siti europei (Spagna, Galizia) (Robert *et al.*, 2013). Nel futuro, il telerilevamento potrebbe essere molto utile per ottenere statistiche di produzione attendibili e quindi rappresentare una base informativa su cui organizzare una gestione degli impianti che possa garantire la sostenibilità e qualità dei molluschi.

Ringraziamenti: I dati della molluschicoltura fanno parte delle serie storiche del sito LTER (*Long-Term Ecosystem Research*) Mar Piccolo (LTER_EU_IT_095). Si ringraziano Cosimo e Franco D'Andria per le preziose informazioni nonché Francesca Natale e Francesco Russo della Capitaneria di Porto di Taranto per il materiale messo a disposizione nel corso di questo studio.

Bibliografia

- AL-ABDULRAZZAK D., PAULY D. (2014) - Managing fisheries from space: Google Earth improves estimates of distant fish catches. *ICES J. Mar. Sci.*, **71** (3): 450-454.
- CAROPPO C., GIORDANO L., PALMIERI N., BELLIO G., BISCI A.P., PORTACCI G., SCLAFANI P., SAWYER HOPKINS T. (2012) - Progress toward sustainable mussel aquaculture in Mar Piccolo, Italy. *Ecol. Soc.*, **17** (3): 10.
- CORRIERO G., LEMBO G., LONGO C., NONNIS MARZANO C., PORTACCI G., SPEDICATO M.T. (2001) - Valutazione comparativa dell'accrescimento e della gestione di *Mytilus galloprovincialis* Lam. in differenti condizioni ambientali di allevamento. *Biol. Mar. Mediterr.*, **8** (1): 574-576.
- LECOURS V. (2017) - On the use of maps and models in conservation and resource management (warning: results may vary). *Front. Mar. Sci.*, **4**, doi: 10.3389/fmars.2017.00288.
- OECD (2013) - *Review of fisheries: policies and summary statistics*. OECD Publishing, Paris: 482 pp. https://doi.org/10.1787/rev_fish-2013-en.
- REGIONE PUGLIA (2017) - Determinazione del Dirigente Sezione Gestione Sostenibile delle risorse forestali e naturali. *Bollettino Ufficiale della Regione Puglia*, **54**: 23000-23004.
- ROBERT R., SÁNCHEZ J.L., PÉREZ-PARALLÉ L., PONIS E., KAMERMANS P., O'MAHONEY M. (2013) - A glimpse on the mollusc industry in Europe. *Aquaculture Europe*, **38** (1): 5-11.
- ZELLER D., BOOTH S., DAVIS G., PAULY D. (2007) - Re-estimation of small-scale fishery catches for U.S. flag-associated island areas in the western Pacific: the last 50 years. *Fish. Bull.*, **105** (2): 266-277.

A. CASALINI, P. EMMANUELE, L. TIOZZO, D. PISATI, A. ZACCARONI, O. MORDENTI

Dipartimento di Scienze Mediche Veterinarie (DIMEVET), Università di Bologna,
Via Tolara di Sopra, 50 - 40064 Ozzano dell'Emilia (BO), Italia.
antonio.casalini6@unibo.it

MESSA A PUNTO DI UN NUOVO SISTEMA PER LA RIPRODUZIONE IN CATTIVITÀ DI *OCTOPUS VULGARIS*: PERFORMANCE RIPRODUTTIVE

DEFINITION OF A NEW REPRODUCTION SYSTEM FOR CAPTIVE OCTOPUS VULGARIS: REPRODUCTIVE PERFORMANCES

Abstract - *Octopus* (*Octopus vulgaris*) presents some very interesting biological characteristics, making it an interesting species for aquaculture. This research focuses on the definition of a system for *Octopus vulgaris* reproduction in captivity, allowing the identification of optimal environmental conditions for induction of reproduction and for paralarvae maintenance in circular water stream tanks.

Key-words: *Octopus vulgaris*, reproduction, paralarval rearing.

Introduzione - L'interesse commerciale per lo sviluppo dell'allevamento del polpo (*Octopus vulgaris* Cuvier, 1797) in cattività nasce dal fatto che questo Mollusco Cefalopode ricopre un'importantissima nicchia nell'ambito del mercato ittico italiano ed europeo, essendo particolarmente amato dai consumatori in qualsiasi periodo dell'anno. Questa continua domanda di prodotto si scontra però con la sua scarsa disponibilità in natura, a causa di uno sforzo di pesca eccessivo e poco controllato, con conseguente intensa fluttuazione dei prezzi nei periodi di abbondanza o carenza dell'offerta. Al momento, il polpo è considerato una specie innovativa per l'acquacoltura; vi è infatti un grande interesse in Italia ed in altre nazioni europee per lo sviluppo di nuove tecniche di riproduzione artificiale, svezzamento, e ingrasso sia in vasche a circuito chiuso che in strutture galleggianti (Estefanell *et al.*, 2014). I risultati fino ad ora ottenuti in termini di svezzamento e sopravvivenza risultano tuttavia ancora insoddisfacenti per considerare il polpo come una vera nuova specie da allevare. In questo lavoro viene descritto uno studio sulla messa a punto di un nuovo sistema per la riproduzione in cattività di *Octopus vulgaris* al fine di creare le condizioni ambientali ottimali per: 1) indurre l'accoppiamento dei riproduttori; 2) ridurre il più possibile la manipolazione degli animali e facilitare le osservazioni quotidiane durante la sperimentazione; 3) favorire il trasferimento spontaneo delle paralarve nelle camere di incubazione; 4) agevolare il mantenimento delle paralarve attraverso il flusso circolare dell'acqua.

Materiali e metodi - Il nuovo sistema utilizzato per la riproduzione dei polpi presenta una configurazione di tipo verticale ed è ispirato a quello originariamente sviluppato da Okamura *et al.* (2009) per il mantenimento dei leptocefali di anguilla, successivamente modificato da Mordenti *et al.* (2014) per la riproduzione dell'anguilla. L'impianto consiste in due vasche identiche (Tank1 e Tank2) le quali sono collegate ad un gruppo tecnico per il trattamento delle acque a ciclo chiuso. Il cuore del sistema è la vasca di riproduzione, costituita da quattro componenti: camera di deposizione, zona di transizione, camere di incubazione e camera di uscita (Fig. 1). La camera di deposizione è dotata di un tubo, posto sul lato più corto, che garantisce il ricambio idrico. Il flusso d'acqua permette lo spostamento delle paralarve verso lo scompartimento successivo. Un setto forato (20×20 mm) separa la camera di deposizione dalla zona di transizione, nella quale il materiale organico si

accumula. Alcuni pannelli dotati di due fenditure longitudinali di 5 mm favoriscono l'entrata dell'acqua all'interno delle camere di incubazione a base cilindrica munite di un tubo posto sulla sommità con bocchette di mandata che assicurano una costante circolazione rotatoria dell'acqua. I getti che fuoriescono dal tubo spingono l'acqua contro il setaccio a maglie (200×200 mm; 300 µm di diametro sostituibile) localizzato sul pannello che separa la camera di incubazione da quella d'uscita. Il flusso d'acqua e la velocità della corrente sono calibrati dalla valvola della camera di deposizione e dalla valvola della camera di incubazione in modo da garantire un flusso idrico pari a 0,5 l/s per la prima e di 0,11 l/s per la seconda. Il livello complessivo d'acqua nella vasca dipende dall'altezza alla quale il tubo di scarico viene posizionato. Una fonte di luce artificiale situata sopra la vasca di deposizione permette di agevolare le operazioni durante le fasi di pulizia e alimentazione (Fig. 1). Il tetto ricoprente la camera di deposizione è dotato di due finestre, in vetro trasparente, apribili che permettono il passaggio della luce naturale e artificiale. All'interno della vasca di deposizione sono state posizionate delle griglie rimovibili (20×20 mm) che avevano lo scopo di favorire il contatto degli animali solamente attraverso l'allungamento delle braccia. Tali griglie venivano rimosse una volta osservate le prime avvisaglie di accoppiamento. Infine, in ogni vasca è stata posizionata una tana costituita da un tubo in PCV (Fig. 1).

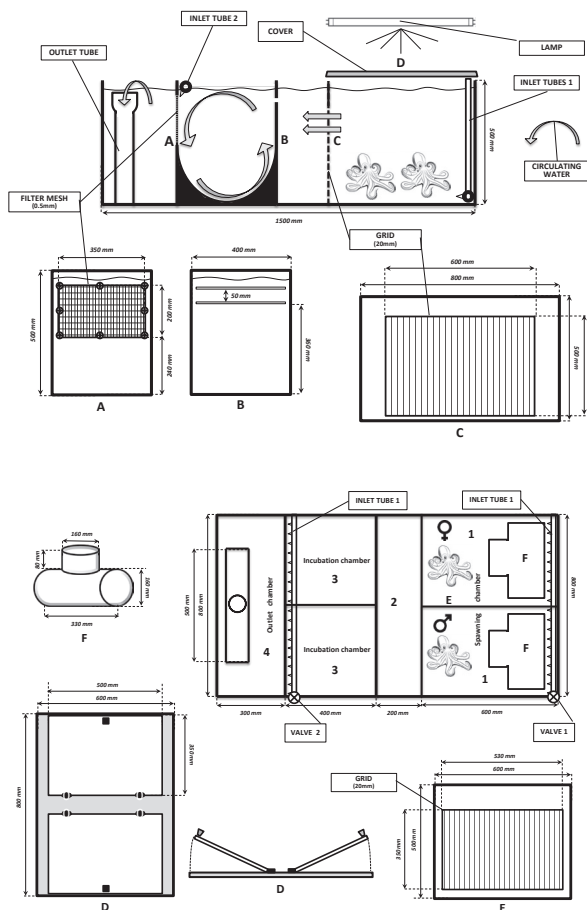


Fig. 1 - Schema dell'impianto utilizzato per la riproduzione dei polpi.

Representation of the plant used for octopus reproduction.

I polpi utilizzati per la sperimentazione sono stati pescati dalla Marineria di Gallipoli (LE) con lenza a mano (“polpara”), trasferiti presso la serra ittiologica di Cesenatico e mantenuti in una vasca di ambientamento per 2 settimane. Per le prove di riproduzione sono state selezionate 2 coppie:

femminaS1 (1,25 kg) e **maschioS2** (0,95 kg) mantenuti nel Tank1,

femminaS5 (1,3 kg) e **maschioS6** (1,05 kg) mantenuti nel Tank2.

Per tutta la durata della prova, gli animali sono stati sottoposti ad un condizionamento eco-fisiologico (temperatura dell’acqua di 18 ± 2 °C, ossigeno disciolto $7,5\pm 2$ mg/l, fotoperiodo naturale, salinità del 35‰ e pH $8,2\pm 0,1$). L’alimentazione è avvenuta 1 volta al giorno con alimento vivo e/o decongelato: ai soggetti S1-S2 venivano somministrati crostacei (60%), pesci (30%) e molluschi (10%) mentre la coppia S5-S6 è stata alimentata con crostacei (90%) e pesci (10%). Durante la sperimentazione è stata osservata la funzionalità della nuova vasca e sono state registrate le principali performance zootecniche delle due coppie di polpi. Il numero delle paralarve nate è stato calcolato giornalmente per stima volumetrica (n° paralarve/2 l di acqua su 5 campioni). Inoltre, è stato determinato il numero totale di uova, la percentuale di schiusa, il numero totale di grappoli e la lunghezza complessiva di tutti i grappoli (cm).

Risultati - L’impianto di riproduzione testato si è dimostrato adeguato a supportare la biomassa introdotta mantenendo sotto controllo la componente azotata e la vasca di deposizione si è dimostrata sufficientemente spaziosa da consentire agli esemplari di muoversi agevolmente e svolgere le proprie attività vitali. Il sistema di griglie ha permesso alle coppie di poter interagire ed accoppiarsi tra loro senza che potessero verificarsi fenomeni di aggressività. Il flusso tangenziale utilizzato (0,5 l/s) ha favorito il trasferimento dei residui alimentari nella zona di transizione, facilitando le operazioni di pulizia. Il flusso ha, inoltre, favorito il naturale passaggio delle paralarve nelle camere di incubazione, evitando stress meccanici ed allo stesso tempo impedendo la fuoriuscita delle stesse dalle camere di incubazione. Nessuna paralarva è stata infatti trovata all’interno delle camere di deposizione al termine della prova. Il flusso circolare generato nella camera di incubazione ha consentito di mantenere pulita la rete di scarico ed ha mantenuto in sospensione le paralarve mentre lo scarico longitudinale della camera esterna ha garantito un’equa divisione delle paralarve nel volume d’acqua. Le buone condizioni ambientali della vasca di riproduzione sono evidenziate anche dal fatto che non sono mai stati registrati comportamenti aggressivi e/o stressori. Inoltre, si sono verificati accoppiamenti quotidiani di entrambe le coppie che hanno portato all’intanamento delle femmine per la deposizione delle uova. Per quanto riguarda le performance riproduttive delle 2 femmine, i risultati finali sono indicati in Tab. 1.

Tab. 1 - Performance riproduttive ottenute durante la sperimentazione.

Reproductive performances obtained during the trial.

Femmine	Peso intanamento (kg)	Uova n°	Paralarve n°	Schiusa %	Grappoli	
					n°	Lungh. tot. (cm)
S1	3,95	100.794	92.258	91,53	142	794
S5	3,87	604.376	601.584	99,5	380	2790

Le femmine, pur presentando un peso simile (circa 4 kg) prima dell’intanamento, hanno evidenziato performance differenti: il polpo S5, infatti, ha garantito una

produzione in termini di numeri di grappoli e di uova prodotte di gran lunga superiore alla femmina S1. La maggiore produttività della femmina S5 potrebbe essere attribuita ad una differente alimentazione delle coppie. Come già osservato da Vidal *et al.* (2014), infatti, la quantità e qualità dei gameti giunti a maturazione finale risultano influenzati dalla tipologia di dieta del polpo adottata prima dell'intanamento. Per quanto riguarda il tasso di schiusa, i valori sono risultati in entrambe le femmine superiori al 90% ed in linea con quelle riscontrate da altri autori (De Wolf *et al.*, 2011; Sánchez *et al.*, 1998).

Conclusioni - L'impianto di riproduzione testato all'interno di questo studio ha presentato tutti i requisiti necessari per consentire la riproduzione spontanea in cattività di *Octopus vulgaris*. Le condizioni idrodinamiche del sistema ed il flusso d'acqua adottato non hanno ostacolato le attività riproduttive degli esemplari, inoltre hanno favorito il trasferimento spontaneo di paralarve nelle camere di incubazione evitando qualsiasi tipo di manipolazione e fenomeni di stress meccanici. Per quanto riguarda la riproduzione, le performance ottenute sembrano fortemente influenzate dal tipo di alimentazione adottato.

Bibliografia

- DE WOLF T., LENZI S., LENZI F. (2011) - Paralarval rearing of *Octopus vulgaris* (Cuvier) in Tuscany, Italy. *Aquac. Res.*, **42** (9): 1406-1414.
- ESTEFANELL J., ROO J., GUIRAO R., IZQUIERDO M., SOCORRO J. (2014) - Biological performance of *Octopus vulgaris* in 'integrated aquaculture' models: effect of two potential fresh diets, sex and sexual maturation during the grow-out phase. *Aquac. Res.*, **45** (9): 1470-1480.
- MORDENTI O., CASALINI A., MANDELLI M., DI BIASE A. (2014) - A closed recirculating aquaculture system for artificial seed production of the European eel (*Anguilla anguilla*): technology development for spontaneous spawning and eggs incubation. *Aquacult. Eng.*, **58**: 88-94.
- OKAMURA A., YAMADA Y., MIKAWA N., HORIE N., UTOH T., KANEKO T., TANAKA S., TSUKAMOTO K. (2009) - Growth and survival of eel leptocephali (*Anguilla japonica*) in low-salinity water. *Aquaculture*, **296** (3-4): 367-372.
- SÁNCHEZ F.J., IGLESIAS J., MOXICA C., OTERO J.J. (1998) - Growth of octopus (*Octopus vulgaris*) males and females under culture conditions. *European Aquaculture Society (Spec. Publ.)*, **26**: 244-245.
- VIDAL E.A.G., VILLANUEVA R., ANDRADE J.P., GLEADALL I.G., IGLESIAS J., KOUETA N., ROSAS C., SEGAWA S., GRASSE B., FRANCO-SANTOS R.M., ALBERTIN C.B., CAAMAL-MONSREAL C., CHIMAL M.E., EDSINGER-GONZALES E., GALLARDO P., LE PABIC C., PASCUAL C., ROUMBEDAKIS K., WOOD J. (2014) - Cephalopod culture: current status of main biological models and research priorities. *Adv. Mar. Biol.*, **67**: 1-98.

M.P. FERRANTI, D. MONTEGGIA, V. ASNAGHI, M. CHIANTORE

Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita (DiSTAV), Università di Genova,
Corso Europa, 26 - 16132 Genova, Italia.
mariapaola.ferranti@edu.unige.it

PROTOCOL FOR NON-LETHAL SPAWNING INDUCTION IN *PATELLA* SPP.

PROTOCOLLO PER L'INDUZIONE NON LETALE AL RILASCIO DEI GAMETI IN PATELLA SPP.

Abstract - Harvesting of limpets has led worldwide to the overexploitation of several populations. A relevant example is *Patella ferruginea* Gmelin, 1791, a gastropod mollusc endemic of the western Mediterranean, presently considered at risk of extinction. For this reason, RE-LIFE project has been launched with the goal to reintroduce *P. ferruginea* in Liguria by restocking and reproduction in controlled environment. In the present study, a protocol for spawning induction using non-invasive methods in limpets was developed, using as test organism the non-endangered *Patella caerulea* Linnaeus, 1758. Six non-lethal spawning induction treatments were tested: 3 chemical (two concentrations of H₂O₂ and KCl) and 3 physical (bubbling, warm and cold thermal shock). All treatments, except thermal shocks, induced the spawning of fertile gametes. Bubbling resulted the best treatment in providing spawning response, being the easiest and least invasive method tested. The developed protocol represents a benchmark for further application to other limpets, for aquaculture or repopulation.

Key-words: *Patella caerulea*, *Patella ferruginea*, limpet aquaculture, spawning induction.

Introduction - Harvesting of limpets (Mollusca: Gastropoda) considered culinary delicacies, has led worldwide to the overexploitation of several populations: e.g. three endemic limpets belonging to the *Cellana* genus in the Hawaii (Kay and Magruder, 1977; Corpuz, 1981); *Lottia gigantea* in Californian coast (Erlandson *et al.*, 2011); *Patella aspera* and *Patella candei* in the Azores archipelago (Martins *et al.*, 2008, 2011) and *Patella ferruginea* along the Mediterranean coasts (Espinosa *et al.*, 2009). *P. ferruginea* is considered one of the invertebrate at most risk of extinction of the entire Mediterranean basin (Annex II of the Convention ASPIM, in the Appendix 2 of the Berne Convention and in Annex IV of the Habitats Directive-ECD 92/43/EEC, 1992). In addition, *P. ferruginea* is a target species to evaluate the good marine environmental status (GES), according to the Italian Marine Strategy. For these reasons, the aim of a recently started European project, RE-LIFE (LIFE15 NAT/IT/000771), is to reintroduce in the Ligurian Marine Protected Areas (MPAs) the endangered limpet *Patella ferruginea* Gmelin, 1791, by way of translocation from the Tavolara-Capo Coda Cavallo MPA (Sardinia) and controlled reproduction. In order to set up an effective and non-lethal reproduction protocol, the project envisaged, at first, to perform tests on other not endangered species, such as *P. caerulea*, a quite common species along the Ligurian coast. The choice for totally non-invasive approaches was made in order to make the protocol suitable also for endangered species for restocking purposes. *P. caerulea*, is a proterandric hermaphrodite (Bacci, 1947; Belkhdja *et al.*, 2011) and its period of sexual maturity extend for much of the year (Bacci, 1947; Frenkiel, 1975; Wanninger *et al.*, 1999). These evidences support the potential for this species to reproduce along the whole year in controlled conditions. Artificial reproduction has been carried out for *Patella* spp. only by way of gametes obtained after gonad dissection, or at least there is no clear indication of spawning inducement (Patten, 1885, 1886; Dodd, 1957; Wanninger *et al.*, 1999; Hodgson *et al.*, 2007; Espinosa *et al.*, 2010; Guallart *et al.*, 2013a) or through non-lethal biopsy (Guallart *et al.*, 2013a,b). Guallart *et al.* (2013a) performed artificial spawning trials

using non-invasive methods on *Patella* spp. (physical and chemical) but without any evidence of success. These methods can be schematically divided into chemical (e.g. hydrogen peroxide and potassium chloride) and physical (e.g. thermal shocking and bubbling) treatments. In the present study, we tested different non-lethal spawning treatments for *P. caerulea*. In particular, four non-invasive methods, previously used in other commercial species, were applied to induce gamete release: 1) vigorous bubbling (*Cellana exarata*: Corpuz, 1981; *Lottia* spp.: Kay and Emllet, 2002); 2) hydrogen peroxide (*Haliotis* spp.: Morse *et al.*, 1977; *Lottia* spp.: Kay and Emllet, 2002; *M. galloprovincialis*: Turolla *et al.*, 2002); 3) thermal shocking (*Lottia* spp.: Kay and Emllet, 2002); 4) potassium chloride (*M. galloprovincialis*: Turolla *et al.*, 2002). We decided to test all these four different treatments in order to assess their effectiveness and potentially to select the least invasive, both for the adults and the offspring.

Materials and methods - Two spawning trials were set up, each with 30 specimens of *P. caerulea* collected along the Ligurian coast, near Genoa (length: 24.6 ± 5.1 mm, width: 19.6 ± 4.4 mm) and transferred to the tanks of the marine laboratory of Camogli (Genoa, Italy). Here, they were maintained for acclimation purposes for at least two weeks, in a recirculation system, where water was changed twice a week. Ambient water temperature was 14 °C (± 1). Spawning trials were performed respectively on 6th and 20th March 2017. Six treatments (5 limpets/treatment) were tested: physical (Bubbling, Warm and Cold thermal shock), chemical (H_2O_2 6%, H_2O_2 10%, KCl 0.2%). The limpets were packed for 1 hour with a seawater wet cotton gauze at room temperature (about 18-20 °C), as suggested by Morse *et al.* (1977) and each group of limpets was exposed to one of the following treatments:

1) **Bubbling treatment**: the limpets were placed in plastic baskets, in filtered sea water (FSW) at ambient temperature. Sea water was vigorously bubbled for 2 hours, using standard aquarium air stones positioned below the baskets (Kay and Emllet, 2002);

2) **Thermal shock**: the limpets were located in bowls in FSW. Water temperature was increased (placing the bowls into a warm bath) or decreased (using ice coolers) of about 3-5 °C compared to the acclimation temperature. The treatment lasted 2 hours (Kay and Emllet, 2002);

3) **H_2O_2 treatment**: specimens were placed in bowls with FSW with aeration and enough water to cover the specimens. In each spawning tank, 6.6 ml of 2 Molar Tris for each liter of filtered sea water were added. After 15 minutes, 4 ml of freshly prepared 6% or 10% H_2O_2 solution for each liter of water were additionally added and the water was mixed. The treatment lasted 2.5 hours (Morse *et al.*, 1977);

4) **KCl treatment**: as in the H_2O_2 treatment, the limpets were placed in bowls with FSW with aeration and enough water to cover the specimens and 6.6 ml of 2 Molar Tris for each liter of filtered sea water were added. After 15 minutes, 2g/liter of KCl 0.2% were added. The treatment lasted 4 hours.

After being exposed to the induction treatments, specimens were rinsed and placed in bowls filled with clean FSW and observed for several hours to detect spawning. In the next days, adult survival rate was recorded.

Results - Survival rate of adults of *P. caerulea* in both trials was 100%. During the two trials, gametes release occurred in four treatments: Bubbling, H_2O_2 6%, H_2O_2 10% and KCl 0.2%. The treatment that performed better was the Bubbling: 65% of the treated specimens released gametes, followed by KCl and H_2O_2 10% (both 14% of the specimens) and H_2O_2 6% (7% of the specimens) (Fig. 1).

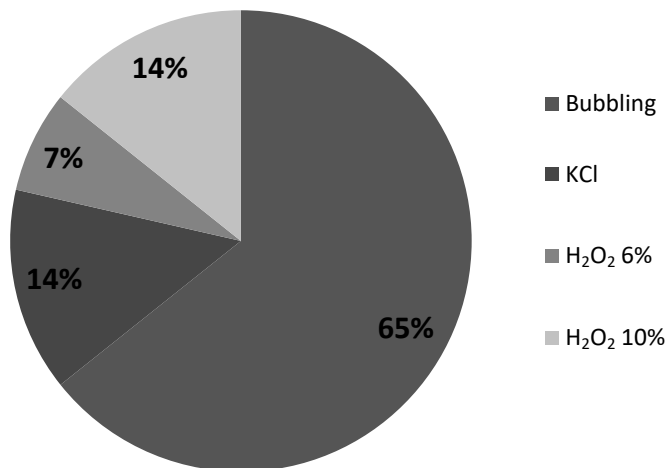


Fig. 1 - Spawning induction treatments, percentage of success per each treatment.

Trattamenti di induzione per il rilascio dei gameti, percentuale di successo per ogni trattamento.

Conclusions - The main result of the present study is represented by the first successful induction of spawning in *Patella caerulea* using non-invasive techniques. The method that provided the larger success was the vigorous bubbling, as applied in other limpets (genus *Cellana*: Corpuz, 1981; *Lottia* spp.: Kay and Emler, 2002). So far, the few successful artificial fertilization experiments were performed through adult dissection (Patten, 1885, 1886; Dodd, 1957; Corpuz, 1981; Wanninger *et al.*, 1999; Hodgson *et al.*, 2007; Espinosa *et al.*, 2010; Guallart *et al.*, 2013a) or biopsy (Guallart *et al.*, 2013a,b). In order to have a successful induced spawning, it is necessary that the specimens are acclimated and ripe. An appropriate acclimation period (at least 2 weeks) to the artificial environment is recommended before performing the trials (Authors' pers. observ.). Given the encouraging results obtained for *P. caerulea*, the same non-lethal induction protocol will be applied to the endangered species *P. ferruginea*, applying required adjustments according to its reproduction period. In particular, the bubbling treatment will be used at first and, if needed, also the other non-lethal treatments will be applied.

References

- BACCI G. (1947) - Sex reversal in *Patella caerulea* L. and *Diodora gibberula* (Lam). *Nature*, **160**: 94-95.
- BELKHODJA H., JAAFOURA M.H., MISSAOUI H., ROMDHANE M.S. (2011) - Histological investigation of the reproductive cycle of the limpet *Patella caerulea* Linnaeus, 1758. *Cah. Biol. Mar.*, **52**: 279-290.
- CORPUZ G.C. (1981) - Laboratory culture of *Cellana exarata* Reeve (Gastropoda: Prosobranchia, Patellidae). *Aquaculture*, **24**: 219-231.
- DODD J.M. (1957) - Artificial fertilisation, larval development and metamorphosis in *Patella vulgata* L. and *Patella caerulea* L. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli*, **29**: 172-186.
- ERLANDSON J.M., BRAJE T.J., RICK T.C., JEW N.P., KENNETT D.J., DWYER N., AINIS A.F., VELLANOWETH R.L., WATTS J. (2011) - 10,000 years of human predation and size changes in the owl limpet (*Lottia gigantea*) on San Miguel Island, California. *J. Archaeol. Sci.*, **38** (5): 1127-1134.

- ESPINOSA F., RIVERA-INGRAHAM G.A., FA D., GARCÍA-GÓMEZ J.C. (2009) - Effect of human pressure on population size structures of the endangered ferruginean limpet: toward future management measures. *J. Coast. Res.*, **25** (4): 857-863.
- ESPINOSA F., RIVERA-INGRAHAM G.A., GARCÍA-GÓMEZ J.C. (2010) - Early stages of development in the endangered limpet *Patella ferruginea* Gmelin, 1791 (Gastropoda: Patellidae). *The Nautilus*, **124** (1): 51-53.
- FRENKIEL L. (1975) - Contribution à l'étude des cycles de reproduction des Patellidae en Algérie. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli*, **39** (Suppl. 1): 153-189.
- GUALLART J., CALVO M., ACEVEDO I., TEMPLADO J. (2013b) - Two-way sex change in the endangered limpet *Patella ferruginea* (Mollusca, Gastropoda). *Invertebr. Reprod. Dev.*, **57** (3): 247-253.
- GUALLART J., PEÑA J.B., PÉREZ-LARRUSCAÍN J., CALVO M., ACEVEDO I. (2013a) - Estrategias para la obtención mediante técnicas de acuicultura de juveniles de *Patella ferruginea* (Mollusca, Patellidae), especie "en peligro de extinción", y valoración de su uso para la conservación. Book of Abstracts XIV Congreso Nacional Acuicultura. Gijón, 23-25 septiembre 2013: 240-241.
- HODGSON A.N., LE QUESNE W.J.F., HAWKINS S.J., BISHOP J.D.D. (2007) - Factors affecting fertilization success in two species of patellid limpet (Mollusca: Gastropoda) and development of fertilization kinetics models. *Mar. Biol.*, **150** (3): 415-426.
- KAY M.C., EMLET R.B. (2002) - Laboratory spawning, larval development, and metamorphosis of the limpets *Lottia digitalis* and *Lottia asmi* (Patellogastropoda, Lottiidae). *Invertebr. Biol.*, **121** (1): 11-24.
- KAY E.A., MAGRUDER W. (1977) - *The biology of Opihi*. Department of Planning and Economic Development, State of Hawaii, Honolulu: 46 pp.
- MARTINS G.M., JENKINS S.R., HAWKINS S.J., NETO A.I., MEDEIROS A.R., THOMPSON R.C. (2011) - Illegal harvesting affects the success of fishing closure areas. *J. Mar. Biol. Assoc. UK*, **91** (4): 929-937.
- MARTINS G.M., JENKINS S.R., HAWKINS S.J., NETO A.I., THOMPSON R.C. (2008) - Exploitation of rocky intertidal grazers: population status and potential impacts on community structure and functioning. *Aquat. Biol.*, **3**: 1-10.
- MORSE D.E., DUNCAN H., HOOKER N., MORSE A. (1977) - Hydrogen peroxide induces spawning in mollusks, with activation of prostaglandin endoperoxide synthetase. *Science*, **196** (4287): 298-300.
- PATTEN W. (1885) - Artificial fecundation in the Mollusca. *Zool. Anz.*, **8**: 236-237.
- PATTEN W. (1886) - The embryology of *Patella*. *Arb. Zool. Inst. Univ. Wien*, **6**: 149-174.
- TUROLLA E., CASTALDELLI G., BARBIN L., ROSSI R. (2002) - Induction of spawning in *Mytilus galloprovincialis* by means of chemical stimulants (KCl and H₂O₂). *Biol. Mar. Mediterr.*, **10** (2): 490-491.
- WANNINGER A., RUTHENSTEINER B., LOBENWEIN S., SALVENMOSER W., DICTUS W.J.A.G., HASZPRUNAR G. (1999) - Development of the musculature in the limpet *Patella* (Mollusca, Patellogastropoda). *Dev. Genes Evol.*, **209** (4): 226-238.

A. NICCOLAI, G. CHINI ZITTELLI¹, L. RODOLFI, N. BIONDI, F. TULLI²,
E. TIBALDI², M.R. TREDICI

Dip. di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali (DAGRI), Università di Firenze,
Piazzale delle Cascine, 18 - 50144 Firenze, Italia.

alberto.niccolai@unifi.it

¹Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, CNR, Sesto Fiorentino (FI), Italia.

²Dipartimento di Scienze AgroAlimentari, Ambientali ed Animali (DI4A), Università di Udine,
Via Sondrio, 2 - 33100 Udine, Italia.

BIOMASSE MICROALGALI: NUOVI INGREDIENTI PER LA FORMULAZIONE DI DIETE DI ALTA QUALITÀ IN ACQUACOLTURA

MICROALGAE BIOMASSES: NEW INGREDIENTS FOR THE FORMULATION OF HIGH-QUALITY DIET IN AQUACULTURE

Abstract - Due to their valuable and balanced biochemical composition, microalgae (including Cyanobacteria) are promising candidates as feed ingredients for aquaculture. A deep investigation on quality and safety of microalgae is necessary to increase their exploitation as new ingredients in diet preparation for aquaculture sector. In particular, the nutrient profile and the in vitro digestibility are essential information to provide details about the quality and bioavailability of nutritional constituents of microalgal biomasses. The aim of this study was to investigate the biochemical composition, the dry matter and protein in vitro digestibility of 10 cultivated microalgae and one commercial natural bloom of interest as feed source. Cyanobacteria and most of the freshwater algal species showed higher protein contents (up to 70% in *Arthrospira platensis*). Marine microalgae showed high amounts of long chain polyunsaturated fatty acids, whereas freshwater species were found to be rich in α -linolenic acid. Cyanobacteria showed the highest digestibility. While, the two green microalgae (*Chlorella sorokiniana* and *Tetraselmis suecica*), *Nannochloropsis oceanica*, *Phaeodactylum tricornutum* and *Porphyridium purpureum* showed lower digestibility values. Our study represents the starting point for the selection of the most suitable microalgae for specific feed applications.

Key-words: microalgae, protein, fatty acids, digestibility, functional feed.

Introduzione - Le larve di molluschi, di alcuni pesci, di echinodermi e crostacei si nutrono di microalghe. Il possibile utilizzo di microalghe quali *Phaeodactylum tricornutum* (Bohlin, 1898), *Isochrysis galbana* (Bendif & Probert, 2013), *Pavlova lutheri* (Green, 1975), *Tetraselmis suecica* (Butcher, 1959), *Dunaliella* sp. (Teodoresco, 1905) e *Nannochloropsis oculata* (Hibberd, 1981) sia come alimento unico che come additivo alimentare per fornire nutrienti di base, pigmentare la carne dei salmonidi o per altre attività biologiche è noto da decenni (Muller-Feuga, 2000; Tredici *et al.*, 2009; Tibaldi *et al.*, 2015). Le biomasse microalgali rappresentano una matrice promettente per la formulazione di diete per il settore dell'acquacoltura a causa della composizione biochimica bilanciata e dell'alto valore nutritivo (Muller-Feuga, 2000; Tredici *et al.*, 2009; Tibaldi *et al.*, 2015). Infatti, le microalghe possono contenere elevate quantità di proteine, vitamine, minerali (Becker, 2007; Liu e Hu, 2013) carotenoidi (Del Campo *et al.*, 2000; Wu *et al.*, 2009), e acidi grassi polinsaturi a catena lunga (Becker, 2004). In Europa il mercato del *food* e del *feed* ha un valore di circa 113 miliardi di € a livello globale. Il settore dei *feeds* è preponderante (circa 111 miliardi di €), soprattutto a causa della crescita della produzione ittica dell'acquacoltura, che copre il 90% di questo settore (circa 100 miliardi di €) (Barsanti e Gualtieri, 2018). Da questo scenario è possibile comprendere il valore potenziale che potrebbero raggiungere le microalghe in acquacoltura. Il settore delle microalghe è attualmente molto dinamico e il mercato internazionale dei

prodotti algali dovrebbe raggiungere 44,7 miliardi di US \$, equivalenti a circa 36,3 miliardi di € entro il 2023 (Credence Research Report, 2016). Ogni anno diverse aziende decidono di investire in questo settore in forte crescita, in particolare nella produzione alimentare e nella mangimistica (www.klamathafa.com; www.phycom.eu; www.earthrise.com; www.wilson-groups.com; www.bluebiotech.de). Ai fini di un possibile impiego delle microalghe nella formulazione di nuove diete è fondamentale conoscerne la composizione biochimica che aiuterà ad individuare composti preziosi (proteine e acidi grassi essenziali) nella microalga studiata (Mišurcová *et al.*, 2010). Inoltre, le informazioni sulla digeribilità delle varie sostanze nutritive sono di estrema importanza (Boisen e Eggum, 1991). I modelli di digestione *in vitro* possono essere utilizzati per studiare i cambiamenti strutturali, la digeribilità e il rilascio di componenti alimentari in condizioni gastrointestinali simulate (Hur *et al.*, 2011; Minekus *et al.*, 2014). Scopo del lavoro è stato studiare la composizione biochimica e la digeribilità *in vitro* di diversi ceppi microalgali che potrebbero essere impiegati per la formulazione di diete di alta qualità nel settore dell'acquacoltura.

Materiali e metodi - Le alghe esaminate in questo studio sono elencate nella Tab. 1.

Tab. 1 - Alghe testate per la caratterizzazione biochimica e per la digeribilità *in vitro*.

Algae tested for biochemical characterization and in vitro digestibility.

Ceppo	Mezzo di crescita	Ottenimento della biomassa
<i>Arthrospira platensis</i> F&M-C256	Alcalino	Coltivazione <i>in-house</i>
Klamath powder	Acqua dolce	Bloom naturale (Erbologica S.A.S.)
<i>Nostoc sphaeroides</i> F&M-C117	Acqua dolce	Coltivazione <i>in-house</i>
<i>Chlorella sorokiniana</i> F&M-M49	Acqua dolce	Coltivazione <i>in-house</i>
<i>Chlorella sorokiniana</i> IAM C-212	Acqua dolce	Coltivazione <i>in-house</i>
<i>Chlorella vulgaris</i> Allma	Acqua dolce	Prodotto commerciale (Allma Microalgae)
<i>Tetraselmis suecica</i> F&M-M33 (starvata)	Marino	Coltivazione <i>in-house</i>
<i>Tetraselmis suecica</i> F&M-M33 (non starvata)	Marino	Coltivazione <i>in-house</i>
<i>Porphyridium purpureum</i> F&M-M46	Marino	Coltivazione <i>in-house</i>
<i>Phaeodactylum tricorutum</i> F&M-M40	Marino	Coltivazione <i>in-house</i>
<i>Tisochrysis lutea</i> (T-ISO) F&M-M36	Marino	Coltivazione <i>in-house</i>
<i>Nannochloropsis oceanica</i> F&M-M24	Marino	Coltivazione <i>in-house</i>

La maggior parte delle biomasse testate in questo studio sono state prodotte presso la struttura Fotosintetica & Microbiologica S.r.l. o presso l'Istituto per lo Studio degli Ecosistemi (ISE) del CNR, entrambi situati a Sesto Fiorentino (Firenze, Italia). Le alghe sono state coltivate in fotobioreattori GWP[®]-II (Tredici *et al.*, 2011) in modalità semi-batch. Le biomasse sono state poi raccolte mediante centrifugazione, congelate, liofilizzate e polverizzate. Le biomasse polverizzate sono state conservate a -20 °C fino all'esecuzione delle determinazioni analitiche. Tutti i ceppi sono stati analizzati per proteine, carboidrati, lipidi, ceneri e umidità. La caratterizzazione biochimica è stata eseguita su biomassa secca utilizzando un analizzatore CHNSO (Flash EA, serie 1112, Thermo Electron Corporation, USA) (Gnaiger e Bitterlich, 1984). Il contenuto proteico totale è stato stimato come N×6,25, dove N è il contenuto di azoto determinato attraverso l'analizzatore elementare. I carboidrati sono stati determinati seguendo il metodo Dubois *et al.* (1951) ed i lipidi seguendo Marsh e Weinstein (1966). Umidità, ceneri e acidi grassi sono stati analizzati seguendo i protocolli ISTISAN

(Rapporto ISTISAN 1996/34, metodo B, pag. 7; Rapporto ISTISAN 1996/34, pagg. 77-78; Rapporto ISTISAN 1996/34, pag. 47, rispettivamente). Per la valutazione della digeribilità *in vitro* è stato adottato il metodo Boisen e Fernández (1997) modificato da Batista *et al.* (2017). La digeribilità *in vitro* ($D_{DM/CP}$) espressa come percentuale della sostanza secca (DM) e della proteina grezza (CP) è stata calcolata come segue:

$$D_{DM/CP} (\%) = \frac{SW_{DM/CP} - [(UW_{DM/CP} + RP) - B]}{SW_{DM/CP}} \times 100$$

dove:

$SW_{DM/CP}$: peso del materiale di partenza (sostanza secca o proteine), espresso in grammi

$UW_{DM/CP}$: peso del materiale indigerito (sostanza secca o proteine), espresso in grammi

RP: particolato residuo, qualsiasi residuo di biomassa e/o reagente non solubilizzato risospeso dal pellet o non sedimentato, espresso in grammi

B: bianco (tutti i reagenti senza la biomassa algale), espresso in grammi.

Risultati - *A. platensis* F&M-C256, Klamath powder e *N. sphaeroides* F&M-C117 presentano un alto contenuto proteico (51-69%) e un basso contenuto lipidico (6-15%). Le specie marine contengono alte concentrazioni di acidi grassi polinsaturi (PUFA) - ω 3, principalmente C20:5 ω 3 (EPA) e C22:6 ω 3 (DHA) insieme a quantità consistenti di C16:1, C18:1 ω 9 tra gli acidi grassi monoinsaturi (MUFA) e C16:0 tra gli acidi grassi saturi (SFA), mentre le alghe d'acqua dolce contengono alte concentrazioni di PUFA C18:3 ω 3 (ALA) e una quantità ancora maggiore di SFA C16:0. I cianobatteri hanno mostrato la massima digeribilità in termini di sostanza secca (DM) e proteina grezza (CP). Mentre, *C. sorokiniana* F&M-M49, *T. suecica* F&M-M33, *P. tricornutum* F&M-M40 e *P. purpureum* F&M-M46 hanno mostrato i più bassi valori di digeribilità, principalmente a causa della loro spessa parete cellulare o per la presenza di esopolisaccaridi che potrebbe aver limitato l'azione degli enzimi digestivi.

Conclusioni - Nonostante il crescente interesse, l'impiego delle microalghe come ingrediente alimentare è ancora limitato a causa delle difficoltà di coltivazione e degli alti prezzi di mercato delle biomasse microalgali. L'elevato contenuto proteico e l'elevata digeribilità, in particolare per i cianobatteri, e le alte concentrazioni in acidi grassi polinsaturi evidenziano come questi microorganismi rappresentino matrici promettenti per la formulazione di diete nel settore dell'acquacoltura. Questo studio si configura come il punto di partenza per la selezione delle microalghe più adatte per la creazione di specifiche diete funzionali di alta qualità.

Ringraziamenti: Gli autori desiderano ringraziare lo spin-off dell'Università di Firenze Fotosintetica & Microbiologica S.r.l. e l'Istituto per lo Studio degli Ecosistemi (ISE) del CNR per l'utilizzo degli impianti di produzione, entrambi collocati a Sesto Fiorentino (Firenze, Italia), Archimede Ricerche Srl (Italia) e Allma Microalgae (Portogallo) per aver fornito alcune delle biomasse utilizzate in questo lavoro.

Bibliografia

- BARSANTI L., GUALTIERI P. (2018) - Is exploitation of microalgae economically and energetically sustainable? *Algal Res.*, **31**: 107-115.
- BATISTA A.P., NICCOLAI A., FRADINHO P., FRAGOSO S., BURSIC I., RODOLFI L., BIONDI N., TREDICI M.R., SOUSA I., RAYMUNDO A. (2017) - Microalgae biomass as an alternative ingredient in cookies: sensory, physical and chemical properties, antioxidant activity and *in vitro* digestibility. *Algal Res.*, **26**: 161-171.
- BECKER W. (2004) - Microalgae in human and animal nutrition. In: Richmond A. (ed), *Handbook*

- of microalgal culture: biotechnology and applied phycology*. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK: 312-351.
- BECKER E.W. (2007) - Micro-algae as a source of protein. *Biotechnol. Adv.*, **25** (2): 207-210.
- BOISEN S., EGGUM B.O. (1991) - Critical evaluation of in vitro methods for estimating digestibility in simple-stomach animals. *Nutr. Res. Rev.*, **4** (1): 141-162.
- BOISEN S., FERNÁNDEZ J.A. (1997) - Prediction of the total tract digestibility of energy in feedstuffs and pig diets by in vitro analyses. *Anim. Feed Sci. Tech.*, **68** (3-4): 277-286.
- CREDENCE RESEARCH REPORT (2016) - Algae products market by application (nutraceuticals, food & feed supplements, pharmaceuticals, paints & colorants, pollution control, others). Growth, future prospects, competitive analysis, and forecast 2016-2023.
- DEL CAMPO J.A., MORENO J., RODRÍGUEZ H., VARGAS M.A., RIVAS J., GUERRERO M.G. (2000) - Carotenoid content of chlorophycean microalgae: factors determining lutein accumulation in *Muriellopsis* sp. (Chlorophyta). *J. Biotechnol.*, **76** (1): 51-59.
- DUBOIS M., GILLES K., HAMILTON J.K., REBERS P.A., SMITH F. (1951) - A colorimetric method for the determination of sugars. *Nature*, **168** (4265): 167.
- GNAIGER E., BITTERLICH G. (1984) - Proximate biochemical composition and caloric content calculated from elemental CHN analysis: a stoichiometric concept. *Oecologia*, **62** (3): 289-298.
- HUR S.J., LIM B.O., DECKER E.A., McCLEMENTS D.J. (2011) - *In vitro* human digestion models for food applications. *Food Chem.*, **125** (1): 1-12.
- LIU J., HU Q. (2013) - *Chlorella*: industrial production of cell mass and chemicals. In: Richmond A., Hu Q. (eds), *Handbook of microalgal culture: applied phycology and biotechnology*. 2nd Ed. John Wiley & Sons, UK: 329-338.
- MARSH J.B., WEINSTEIN D.B. (1966) - Simple charring method for determination of lipids. *J. Lipid Res.*, **7**: 574-576.
- MINEKUS M., ALMINGER M., ALVITO P., BALANCE S., BOHN T., BOURLIEU C., CARRIÈRE F., BOUTROU R., CORREDIG M., DUPONT D., DUFOUR C., EGGER L., GOLDING M., KARAKAYA S., KIRKHUS B., LE FEUNTEUN S., LESMES U., MACIERZANKA A., MACKIE A., MARZE S., McCLEMENTS D.J., MÉNARD O., RECIO I., SANTOS C.N., SINGH R.P., VEGARUD G.E., WICKHAM M.S.J., WEITSCHIES W., BRODKORB A. (2014) - A standardised static *in vitro* digestion method suitable for food - an international consensus. *Food Funct.*, **5**: 1113-1124.
- MÍŠURCOVÁ L., KRÁČMAR S., KLEJDUS B., VACEK J. (2010) - Nitrogen content, dietary fiber, and digestibility in algal food products. *Czech J. Food Sci.*, **28** (1): 27-35.
- MULLER-FEUGA A. (2000) - The role of microalgae in aquaculture: situation and trends. *J. Appl. Phycol.*, **12** (3-5): 527-534.
- TIBALDI E., CHINI ZITTELLI G., PARISI G., BRUNO M., GIORGI G., TULLI F., VENTURINI S., TREDICI M.R., POLI B.M. (2015) - Growth performance and quality traits of European sea bass (*D. labrax*) fed diets including increasing levels of freeze-dried *Isochrysis* sp. (T-ISO) biomass as a source of protein and n-3 long chain PUFA in partial substitution of fish derivatives. *Aquaculture*, **440**: 60-68.
- TREDICI M.R., BIONDI N., PONIS E., RODOLFI L., CHINI ZITTELLI G. (2009) - Advances in microalgal culture for aquaculture feed and other uses. In: Burnell G., Allan G. (eds), *New technologies in aquaculture: improving production efficiency, quality and environmental management*. Woodhead Publishing, Cambridge: 610-676.
- TREDICI M.R., RODOLFI L., SAMPIETRO G., BASSI N. (2011) - Low-cost photobioreactor for microalgae cultivation. Patent WO 2011/013104 A1 (to Fotosintetica & Microbiologica s.r.l., Italy).
- WU Z.-Y., QU C.-B., SHI X.-M. (2009) - Biochemical system analysis of lutein production by heterotrophic *Chlorella pyrenoidosa* in a fermentor. *Food Technol. Biotech.*, **47** (4): 450-455.

A.A. SFRISO, C. MUNARI, M. MISTRI, A. SFRISO*, A. BUOSI*, A.F. JUHMANI*

Dipartimento di Scienze Chimiche e Farmaceutiche (DipSCF), Università di Ferrara,
Via Fossato di Mortara, 17 - 44121 Ferrara, Italy.
asfriso@hotmail.it

*Dip. di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica (DAIS), Università Ca' Foscari Venezia, Italy.

LIPIDS PRODUCTION FROM *ULVA RIGIDA* C. AGARDH

PRODUZIONE DI LIPIDI DA ULVA RIGIDA C. AGARDH

Abstract - This preliminary study was performed to assess *Ulva rigida* ability to produce and store lipids. In 72 hours lipid content increased 4 fold from environmental scores (2.3%) in nitrogen depleted, stressful conditions in the dark, reaching values of 8.8%. Peak values of 15% were measured in dark/light cycles. The role of stress in lipid production was briefly evaluated.

Key-words: lipid, *Ulva rigida*, production, stress, depleted.

Introduction - In the last few decades fossil fuels contributed to improve human living standards in many countries and, following globalization, the rising need for energy resources and fuels has become a growing issue. Moreover, the recent Paris agreements on the reduction of CO₂ emissions encouraged the development of alternative processes and technologies in resource and energy provision. The first attempt to replace fossil fuels with biofuels from renewable sources led to production of first and second generation biofuels: produced from edible and non-edible plants and oils, respectively. The search for furthermore sustainable developments, where not even arable land is needed to yield crops, led the focus of researchers on microalgae production. Microalgae grow 100 times faster than terrestrial plants and accumulate large quantities of lipids inside cells (with common oil levels of 20-50%; Chisti, 2007). The structures for microalgae cultivation can be set up on “brown fields” or non cultivable lands, fostering local economies, but requires an investment of knowledge and money higher than common cultivation practices. The yields of these implants largely exceed the most intensive productions of terrestrial plants for oil provision, such as oil palm or *Jatropha curcha*, however, few doubts have been raised about the sustainability of microalgae production. Studies on Life Cycle Assessment (LCA) of microalgae production plants examined the energy efficiency ratios (EER; energy output/energy input) of different oil bearing crops revealing commonly higher values for terrestrial plants in comparison to microalgae. The latter often show values <1, highlighting that high productivity in microalgae can be propelled by a negative energy balance, consuming energy instead of farming it (Lam and Lee, 2012). The main critical factors affecting the sustainability of this crop were assessed to be: fertilization and harvesting. With this in mind, we decided to focus our attention on other fast-growing organisms that could minimize these critical issues. The choice fell on macroalgae. The historical choice of the cultivation of microalgae is perhaps linked to their higher growth rates and lipid content. However, macroalgae like *Ulva rigida* C. Agardh are a very common occurrence in many transition environments and can be a harbinger of many problems if not properly managed producing green-tides and summer anoxic crises, followed by fish death and spot ecological degradation (Bastianini *et al.*, 2013). The possibility of harvesting biomass grown in coastal environments, by absorbing nutrient loads coming from agricultural leaching, would solve the critical issues related to the use of fertilizers, reclaiming eutrophicated areas. Moreover, the harvesting operations of these macroscopic organisms would be less energetically and technologically intensive, avoiding the byproduct pollution

related to chemical flocculants or highly energy demanding processes for filtration of microalgae. Despite the high growth rates up to 10% d⁻¹ reported for *U. rigida*, with peak values over 20% d⁻¹ (Sfriso and Sfriso, 2017) the usually low lipid content (<3% dw; Sfriso *et al.*, 1994) makes this resource unattractive for the production of oils. This led our research in the development of techniques to increase lipid production in *U. rigida* “post harvesting”, following the knowledge acquired on microalgae cultivation. The optimal conditions for lipid production in microalgae were reported to be in the dark, at salinities higher than 35 psu, in presence of stressful conditions in a nitrogen depleted environment (Ma *et al.*, 2016). The results here depicted represent the very first reported trials on this topic.

Materials and methods - Samples of young and old *Ulva* were collected to investigate differences in the lipid production behavior of seaweeds at exponential and stationary growth phase. Small young thalli and old thalli of the macroalga *U. rigida* were collected from the artificial rocky shores of the Lido island in Venice (Italy). All the glassware was washed with “Contrad”, HNO₃ 1% and NaHCO₃ 1% buffer solution. Artificial seawater was prepared (in one liter of Milli-Q water: NaCl 24.6 g, KCl 0.67 g, CaCl₂ 1.36 g, MgSO₄×7H₂O 6.29 g, MgCl 4.66 g, HNaCO₃ 0.18 g) and 100 ml were poured into flasks with 500 mg of seaweed. Seaweeds were stressed in the dark in a nitrogen/phosphorus depleted environment with silver nanoparticles as stressor (AgNP; synthesized by the citrate reducing method) at three concentrations: 0.05 ppm, 0.5 ppm and 5 ppm. Lipid production was monitored at 24 h, 48 h and 72 h by epifluorescence microscopy with Nile red dye. The experiment was carried out at 17 °C. Total lipids (LPD) were extracted from freeze dried seaweeds by hexane/isopropanol mixture and measured spectrophotometrically by the charring assay of Marsh and Weinstein (1966). The oxidative stress was measured as malondialdehyde by the lipid peroxidation assay (Wahsha *et al.*, 2012) and expressed ad μmol g⁻¹ fresh weight (fw). The experimental replicates were done in double and all the analyses in triplicate.

Results - The total lipid content of *U. rigida* collected *in situ* was very low, accounting for 2.3% in young short thalli and 1.6% in old floating gibbous thalli, respectively. The oxidative stress measured at harvesting time (T₀) was higher for old *Ulva* (165±10 μmol g⁻¹) in comparison to young *Ulva* (21±1.6 μmol g⁻¹). These differences reflected in the lipid production experiment (Fig. 1A,B).

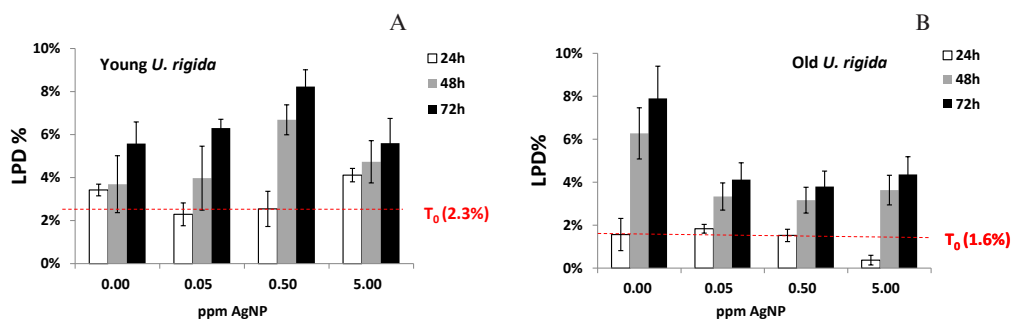


Fig. 1 - Total lipid dw percentages in increasing AgNP concentrations at 24 h, 48 h and 72 h. Red dotted line is the T₀ value. The error bars represent the experimental standard deviation. A) Young *Ulva*; B) old *Ulva*.

Concentrazione di lipidi totali, percentuali su peso secco a concentrazioni crescenti di AgNP a 24 h, 48 h, 72 h. La linea rossa tratteggiata rappresenta il T₀. Le barre d'errore rappresentano la deviazione standard. A) *Ulva* giovane; B) *Ulva* vecchia.

The lipid content in young *U. rigida* reached 8.8% at 0.5 ppm AgNP. The highest stressful conditions (5 ppm AgNP) resulted in a moderate lipid production, highlighting that the stress should be measured and “dosed” to induce the best lipid yield. This was highlighted also by Fig. 1B showing that old *Ulva*, already stressed when collected, produced up to 7.9% of lipids at 72 h in the control without further stress (AgNP) addition. The values reached by *Ulva* were still low compared to those reported for microalgae but replicates performed in a dark/light cycle of 12 h reached lipid values up to 15% already at 24 h in a 5 ppm AgNP solution. This increase in lipid content is related to an increase of the neutral lipid fraction as can be assessed by epifluorescence microscopy (Fig. 2A,B). Only the red autofluorescence of chlorophyll-*a* is visible in the control but many yellow vesicles appear at 0.5 ppm AgNP due to neutral lipid reaction to Nile red.

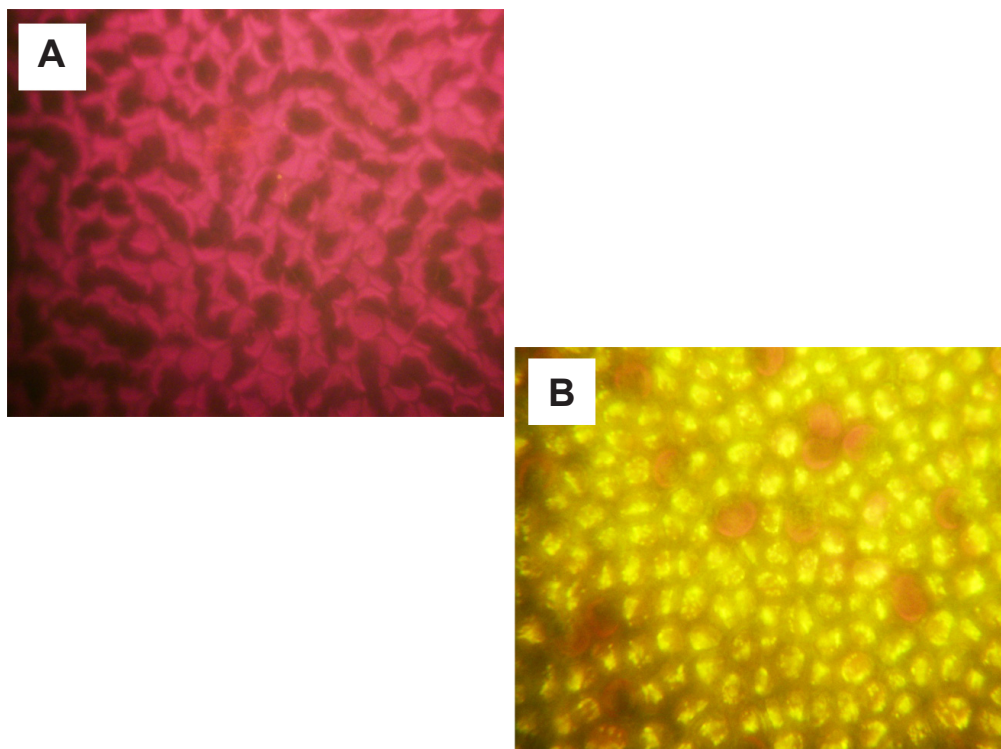


Fig. 2 - A) Control *U. rigida* (60×), chlorophyll-*a* autofluorescence; B) *U. rigida* (40×) in 0.5 ppm AgNP: neutral lipid yellow vesicles are evident.

A) Controllo *U. rigida* (60×), autofluorescenza della clorofilla-*a*; B) *U. rigida* (40×) in 0,5 ppm AgNP: le vescicole di lipidi neutri sono visibili in giallo.

Conclusions - *Ulva rigida* was found to accumulate lipids under stressful conditions but further tests shall be performed to find out better lipid producing conditions for *U. rigida*, inducing stress by less toxic substances or by physical treatments. The lipid contents obtained are still lower than those of lipid-rich microalgae but lipid content should further increase in *U. rigida* up to values exceeding 15-20%. Therefore, *Ulva* could become a valuable resource for oil production, surely competitive with oil bearing terrestrial plants that are nowadays still the major global producers of lipids (Tab. 1). Microalgae are still further but macroalgae will slowly catch up.

Tab. 1 - Lipid productivity in terrestrial plants, *U. rigida* and microalgae.
Produttività di lipidi in piante terrestri, U. rigida e microalghe.

species	biomass productivity	dw/fw	average LIPID %dw	LPD Productivity g m ⁻² year ⁻¹
soybean (soia)	0.18 Kg fw m ⁻² year ⁻¹	31%	22%	10
mais	0.53 Kg fw m ⁻² year ⁻¹	90%	5%	20
safflower (cartamo)	0.09 Kg fw m ⁻² year ⁻¹	92%	15-34%	10-30
sesame seed (semi di sesamo)	0.08 Kg fw m ⁻² year ⁻¹	96%	54%	40
cotton seed (semi di cotone)	0.17 Kg fw m ⁻² year ⁻¹	96-90%	27-36%	40-50
olives	0.28 Kg fw m ⁻² year ⁻¹	25-32%	75-91%	50-90
sunflower seeds (semi girasole)	0.18 Kg fw m ⁻² year ⁻¹	86-94%	50%	80
rapeseed (colza)	0.22 Kg fw m ⁻² year ⁻¹	85-90%	44%	80-90
coconut (noce di cocco)	0.52 Kg fw m ⁻² year ⁻¹	47%	64%	160
oil palm fruit	1.12 Kg fw m ⁻² year ⁻¹	76%	43-58%	370-490
<i>Ulva rigida</i> in situ	15-25 Kg fw m ⁻² year ⁻¹	20%	1-15%	30-750
<i>Ulva rigida</i> in tank	40 g dw m ⁻² d ⁻¹	-	1-15%	150-2200
unspecified microalgae-raceway ponds	10-50 g dw m ⁻² d ⁻¹	-	15-75%	500-14000
<i>Chlorella vulgaris</i>	20 mg L ⁻¹ h ⁻¹	-	27%	11000
<i>Nannochloropsis</i> sp.	0.30-0.36 g L ⁻¹ d ⁻¹	-	32-60%	11000-19000

(Chisti, 2007; FAO, 2014; Jiménez del Río *et al.*, 1996; Rodolfi *et al.*, 2009; Sfriso *et al.*, 1994; Sfriso & Sfriso, 2017; www.valor-alimenti.com).

References

- BASTIANINI M., BERNARDI-AUBRY F., ACRI F., BRAGA F., FACCA C., SFRISO A., FINOTTO S. (2013) - The Redentore fish die-off in the Lagoon of Venice: an integrated view. Book of Abstract Gruppo di Algologia, Riunione scientifica annuale. Venezia, 18-19 ottobre 2013: 32.
- CHISTI Y. (2007) - Biodiesel from microalgae. *Biotechnol. Adv.*, **25** (3): 294-306.
- FAO (2014) - FAOSTAT Database. Rome, Italy.
- JIMÉNEZ DEL RÍO M., RAMAZANOV Z., GARCÍA-REINA G. (1996) - *Ulva rigida* (Ulvales, Chlorophyta) tank culture as biofilters for dissolved inorganic nitrogen from fishpond effluents. *Hydrobiologia*, **326/327** (1): 61-66.
- LAM M.K., LEE K.T. (2012) - Microalgae biofuels: a critical review of issues, problems and the way forward. *Biotechnol. Adv.*, **30** (3): 673-690.
- MA X.-N., CHEN T.-P., YANG B., LIU J., CHEN F. (2016) - Lipid production from *Nannochloropsis*. *Mar. Drugs*, **14** (4), doi: 10.3390/md14040061.
- MARSH J.B., WEINSTEIN D.B. (1966) - Simple charring method for determination of lipids. *J. Lipid Res.*, **7**: 574-576.
- RODOLFI L., CHINI ZITTELLI G., BASSI N., PADOVANI G., BIONDI N., BONINI G., TREDICI M.R. (2009) - Microalgae for oil: strain selection, induction of lipid synthesis and outdoor mass cultivation in a low-cost photobioreactor. *Biotechnol. Bioeng.*, **102** (1): 100-112.
- SFRISO A., MARCOMINI A., PAVONI B. (1994) - *Gracilaria* distribution, production and composition in the Lagoon of Venice. *Bioresource Technol.*, **50** (2): 165-173.
- SFRISO A.A., SFRISO A. (2017) - *In situ* biomass production of Gracilariaceae and *Ulva rigida*: the Venice Lagoon as a study case. *Bot. Mar.*, **60** (3): 271-283.
- WAHSHA M., BINI C., FONTANA S., WAHSHA A., ZILIOLI D. (2012) - Toxicity assessment of contaminated soils from a mining area in Northeast Italy by using lipid peroxidation assay. *J. Geochem. Explor.*, **113**: 112-117.

F. TULLI, R. CERRI, G. CARDINALETTI, A. NICCOLAI*, E. TIBALDI

Dipartimento di Scienze Agroalimentari, Ambientali e Animali (Di4A), Università di Udine,
Via Sondrio, 2 - 33100 Udine, Italia.
francesca.tulli@uniud.it

*Dipartimento di Scienze delle Produzioni Agroalimentari e dell'Ambiente (DISPAA), Università di Firenze,
Piazzale delle Cascine, 18 - 50144 Firenze, Italia.

DIGERIBILITÀ DI BIOMASSE MICROALGALI QUALI INGREDIENTI SOSTENIBILI NEI MANGIMI PER L'ACQUACOLTURA

NUTRIENT DIGESTIBILITY OF SELECTED MICROALGAE AS SUSTAINABLE INGREDIENTS IN AQUAFEED

Abstract - Whole-cell dried microalgae biomass represents possible candidate ingredients for more sustainable aquafeed. The study estimated the nutritive value of *Tetraselmis suecica*, *Tisochrysis lutea*, *Chlorella sorokiniana*, *Nannochloropsis ocellata* and *Arthrospira platensis* dried biomass for rainbow trout, a carnivorous fish species. Significant differences were recorded in the apparent digestibility coefficients of nutrients among the microalgae biomasses. The highest values were recorded for *T. lutea* (90.6% for d.m.; 92.6% for crude protein; 90.0% for organic matter and 94.3% for energy) while the lowest were registered with *C. sorokiniana* (52.6% for d.m.; 63.1% for crude protein; 57.9% for organic matter and 61.8% for energy).

Key-words: microalgae, *Oncorhynchus mykiss*, digestibility, ingredient, sustainability.

Introduzione - È ben noto che larga parte della sostenibilità dell'acquacoltura sia legata all'alimentazione (Henriksson *et al.*, 2012). La sfida è stata raccolta dall'industria mangimistica che da tempo ha ridotto l'impiego di farine ed oli di pesce per contenere la pressione sulle risorse alieutiche utilizzando anche nelle formulazioni per le specie ittiche carnivore, ingredienti vegetali di origine terrestre (Tacon e Metian, 2015). Le biomasse microalgali, per il loro ridotto impatto ambientale rispetto ad ingredienti convenzionali (Muller-Feuga, 2004; Zmora e Richmond, 2004; Lupatsch, 2009; Kiron *et al.*, 2016; Sarker *et al.*, 2016), hanno suscitato recentemente un grande interesse per un loro potenziale impiego mangimistico grazie anche al notevole miglioramento dei sistemi produttivi (Tredici *et al.*, 2015). Tuttavia la stima del loro valore nutritivo per le specie ittiche carnivore solo di recente è stata oggetto di valutazioni specifiche (Tulli *et al.*, 2012; Sørensen *et al.*, 2016; Cardinaletti *et al.*, 2018) e costituisce un'informazione indispensabile per il loro impiego nelle formulazioni. Lo scopo della ricerca è stato la stima del valore nutritivo di biomasse microalgali liofilizzate quali potenziali ingredienti per mangimi per la trota iridea (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792), specie carnivora di grande interesse per l'acquacoltura nazionale.

Materiali e metodi - *Tetraselmis suecica*, *Tisochrysis lutea*, *Chlorella sorokiniana*, *Nannochloropsis ocellata* e *Arthrospira platensis* sono state coltivate presso l'Università di Firenze in fotobioreattori (PBR) del tipo "Green Wall Panel" (GWP®-I) (patent WO 2004/074423A2). Le biomasse microalgali sono state liofilizzate per consentirne l'inclusione in alimenti composti prodotti presso il mangimificio sperimentale dell'Università di Udine. I coefficienti di digeribilità apparente (CDA) della sostanza secca, della proteina e dell'energia degli ingredienti microalgali sono stati valutati *in vivo* per la trota iridea negli impianti sperimentali dell'Università di Udine con il metodo indiretto e per differenza rispetto alla digeribilità della dieta di riferimento (Tab. 1) nella quale l'ingrediente test viene sostituito in proporzione definita (30%)

(NRC, 2011). La celite (Celite[®], Prolabo, Francia), che contiene >95% w/w di ceneri acido insolubili (CAI) è stata utilizzata quale marcatore esterno indigeribile e aggiunta (15 g/kg) a ciascuna miscela prima della pellettatura a freddo.

Tab. 1 - Composizione della dieta di riferimento (g/kg).

Composition of the reference diet (g/kg).

Farina di pesce - <i>Fish meal</i>	370,0
Glutine di frumento - <i>Wheat gluten</i>	100,0
Concentrato proteico della soia - <i>Soy protein concentrate</i>	120,0
Lievito di birra - <i>Dry brewer's yeast</i>	60,0
Amido pregelatinizzato di frumento - <i>Pregelat. wheat starch</i>	120,0
Farinaccio di frumento - <i>Wheat middlings</i>	62,8
Olio di pesce - <i>Fish oil</i>	80,0
Olio di colza - <i>Canola oil</i>	40,0
Lecitina di soia - <i>Soy lecithin</i>	20,0
Vitamine & Minerali mix - <i>Vitamin & Mineral mix</i>	12,2
Celite - <i>Celite</i>	15,0

La raccolta delle feci è stata effettuata utilizzando il sistema di raccolta costituito da una tripletta di vasche collegate ad una colonna di sedimentazione sviluppato dall'Università di Guelph (Cho *et al.*, 1982). Ciascuna delle vasche della tripletta conteneva 20 trotelle (peso medio 16,9±2 g; 1,0 kg biomassa per unità) distribuite in maniera randomizzata da un lotto di animali provenienti da un impianto commerciale (Trotta Piave Sile, TV). Le unità sperimentali erano alimentate da acqua di pozzo che assicurava condizioni ottimali per la specie (temperatura: 13,5±1 °C; ossigeno disciolto: 8,3±1 mg/l; pH: 8,1±0,2). Ogni ciclo di raccolta si componeva di un periodo di 10 giorni di adattamento degli animali alla dieta a cui seguiva un periodo di raccolta del materiale fecale di 9 gg. Le diete venivano somministrate in due pasti giornalieri in funzione della biomassa presente in vasca (1%). Le feci raccolte giornalmente venivano immediatamente centrifugate (8000 g × 20 min a 5 °C), congelate (-20 °C), liofilizzate e omogenate prima delle determinazioni analitiche. Il contenuto in sostanza secca (ISO 6496-1999), azoto (ISO 5983-1987), ceneri (ISO 5984-2002), ceneri acido insolubili (G.U. EEC n. L. 155/21. 12.7.71) ed energia (ISO 9831-1998) delle diete e delle feci è stato analizzato secondo AOAC (1990). I coefficienti di digeribilità apparente (CDA) sono stati calcolati secondo la formula:

$$\text{CDA (\%)} = 100 * (a-b) / a$$

dove a: rapporto tra il nutriente e il marcatore nella dieta; b: rapporto tra il nutriente e il marcatore nelle feci (Austreng, 1978). I coefficienti di digeribilità apparente sono stati analizzati mediante ANOVA utilizzando il software SPSS-PC, Release 17.1 (IBM SPSS Statistics, Westlands Centre, Quarry Bay, HK).

Risultati - In Tab. 2 è riportata la composizione centesimale delle biomasse microalgali considerate.

Tab. 2 - Composizione chimica (g/100 g) e contenuto energetico (kJ/g) delle biomasse microalgali liofilizzate.

Proximate analysis (g/100 g) and energy content (kJ/g) of the freeze dried microalgae biomasses.

	Sostanza secca	Proteina grezza	Lipidi grezzi	Ceneri	Energia
<i>Chlorella sorokiniana</i>	91,99	49,22	1,09	6,51	19,77
<i>Arthrospira platensis</i>	95,94	61,52	0,91	6,73	19,99
<i>Tetraselmis suecica</i>	93,45	18,75	1,93	15,35	15,93
<i>Tisochrysis lutea</i>	93,58	40,67	15,02	13,79	20,87
<i>Nannochloropsis ocellata</i>	96,68	42,23	3,71	14,14	21,18

La digeribilità delle diverse biomasse microalgali è risultata significativamente diversa ($P < 0,05$) (Tab. 3). *T. lutea* ha fatto registrare i valori maggiori di digeribilità della sostanza secca (90,6%), della proteina (92,6%), della sostanza organica (90,0%) e dell'energia (94,3%), mentre i coefficienti di digeribilità più bassi sono stati registrati da *C. sorokiniana* (52,6%, 63,1%, 57,9% e 61,8%, rispettivamente per sostanza secca, proteina, sostanza organica ed energia). Le altre specie hanno fatto registrare valori intermedi.

Tab. 3 - Coefficienti di digeribilità apparente (CDA, %) della sostanza secca, proteina, sostanza organica (S.O.) ed energia delle biomasse microalgali (n=3).

Apparent Digestibility Coefficient (ADC, %) of dry matter, crude protein, organic matter (O.M.) and energy of the microalgae biomass (n=3).

CDA	Sostanza Secca	Proteina	S.O.	Energia
<i>Chlorella sorokiniana</i>	52,58 ± 2,17 ^c	63,12 ± 1,87 ^c	57,90 ± 1,23 ^c	61,84 ± 2,32 ^c
<i>Arthrospira platensis</i>	86,44 ± 1,37 ^b	82,90 ± 0,27 ^b	75,02 ± 1,88 ^b	80,55 ± 5,34 ^b
<i>Tetraselmis suecica</i>	81,05 ± 1,63 ^b	84,37 ± 1,29 ^b	81,59 ± 1,65 ^a	76,29 ± 0,78 ^b
<i>Tisochrysis lutea</i>	90,61 ± 1,41 ^a	92,55 ± 0,23 ^a	90,02 ± 0,79 ^a	94,26 ± 2,90 ^a
<i>Nannochloropsis ocellata</i>	60,13 ± 3,58 ^c	79,71 ± 0,24 ^b	62,64 ± 3,22 ^c	56,15 ± 1,08 ^c

Medie di colonna contrassegnate da lettere diverse sono statisticamente diverse, $P < 0,05$.

$CDA (\%) = \left\{ \left[\frac{(\% \text{ nutriente nella dieta} / \% \text{ marcatore nella dieta}) - (\% \text{ nutriente nella feci} / \% \text{ marcatore nelle feci})}{(\% \text{ nutriente nella dieta} / \% \text{ marcatore nella dieta})} \right] \times 100 \right\}$.

Means in the same column not sharing common letters are significantly different, $P < 0,05$.

$ADC (\%) = \left\{ \left[\frac{(\% \text{ nutrient in the diet} / \% \text{ marker in the diet}) - (\% \text{ nutrient in the faeces} / \% \text{ marker in the faeces})}{(\% \text{ nutrient in the diet} / \% \text{ marker in the diet})} \right] \times 100 \right\}$.

Conclusioni - Nonostante il crescente interesse, la scarsa disponibilità e gli alti prezzi di mercato delle biomasse microalgali pongono ancora un limite al loro impiego quali ingredienti in alimenti commerciali (Shields e Lupatsch, 2012). I risultati del presente studio oltre a fornire una stima della digeribilità di alcune specie di microalghe quali potenziali ulteriori ingredienti sostenibili nella mangimistica, evidenziano una considerevole variabilità nel loro valore nutritivo. Alcune di esse infatti, come *C. sorokiniana* e *N. ocellata* possono difficilmente rispondere alla pressante richiesta di sostenibilità da parte del settore. Pertanto, a fronte di ampie potenzialità offerte dalle biomasse microalgali nell'alimentazione di specie ittiche anche carnivore, occorre individuare ed intervenire sui fattori che ne influenzano il valore nutritivo ed effettuare una valutazione specifica per non comprometterne da

ultimo anche il contributo alla sostenibilità ambientale derivante da un loro impiego nelle formulazioni.

Bibliografia

- AOAC (1990) - *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 14th ed. A.A.V.V., Washington. DC: 1198 pp.
- AUSTRENG E. (1978) - Digestibility determination in fish using chromic oxide marking and analysis of contents from different segments of the gastrointestinal tract. *Aquaculture*, **13** (3): 265-272.
- CARDINALETTI G., MESSINA M., BRUNO M., TULLI F., POLI B.M., GIORGI G., CHINI-ZITTELLI G., TREDICI M., TIBALDI E. (2018) - Effects of graded levels of a blend of *Tisochrysis lutea* and *Tetraselmis suecica* dried biomass on growth and muscle tissue composition of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed diets low in fish meal and oil. *Aquaculture*, **485**: 173-182.
- CHO C.Y., SLINGER S.J., BAYLEY H.S. (1982) - Bioenergetics of salmonid fishes: energy intake, expenditure and productivity. *Comp. Biochem. Phys. B*, **73** (1): 25-41.
- HENRIKSSON M., CEDERBERG C., SWENSSON C. (2012) - Impact of cultivation strategies and regional climate on greenhouse gas emissions from grass/clover silage. *Acta Agr. Scand. A-AN*, **62** (4): 233-237.
- LUPATSCH I. (2009) - Quantifying nutritional requirements in aquaculture: the factorial approach. In: Burnell G., Allan G. (eds), *New technologies in aquaculture: improving production efficiency, quality and environmental management*. Woodhead Publishing, Cambridge: 417-439.
- KIRON V., SØRENSEN M., HUNTLEY M., VASANTH G.K., GONG Y., DAHLE D., PALIHAWADANA A.M. (2016) - Defatted biomass of the microalga, *Desmodesmus* sp., can replace fishmeal in the feeds for Atlantic salmon. *Front. Mar. Sci.*, **3**, doi: 10.3389/fmars.2016.00067.
- MULLER-FUEGA A. (2004) - Microalgae for aquaculture: the current global situation and future trends. In: Richmond A. (ed), *Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology*. Blackwell Publishing Ltd, UK: 352-364.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) (2011) - *Nutrient requirements of fish and shrimp*. The National Academies Press, Washington, DC: 376 + XVI pp.
- SARKER P.K., GAMBLE M.M., KELSON S., KAPUSCINSKI A.R. (2016) - Nile tilapia (*O. niloticus*) show high digestibility of lipid and fatty acids from marine *Schizochytrium* sp. and of protein and essential amino acids from freshwater *Spirulina* sp. feed ingredients. *Aquac. Nutr.*, **22** (1): 109-119.
- SHIELDS R.J., LUPATSCH I. (2012) - Algae for aquaculture and animal feeds. *Technikfolgenabschätzung - Theorie und Praxis*, **21**: 23-37.
- SØRENSEN M., BERGE G.M., REITAN K.I., RUYTER B. (2016) - Microalga *Phaeodactylum tricornutum* in feed for Atlantic salmon (*Salmo salar*) - Effect on nutrient digestibility, growth and utilization of feed. *Aquaculture*, **460**: 116-123.
- TACON A.G.J., METIAN M. (2015) - Feed matters: satisfying the feed demand of aquaculture. *Rev. Fish. Sci. Aquac.*, **23** (1): 1-10.
- TREDICI M.R., BASSI N., PRUSSI M., BIONDI N., RODOLFI L., CHINI ZITTELLI G., SAMPIETRO G. (2015) - Energy balance of algal biomass production in a 1-ha "Green Wall Panel" plant: how to produce algal biomass in a closed reactor achieving a high Net Energy Ratio. *Appl. Energy*, **154**: 1103-1111.
- TULLI F., CHINI ZITTELLI G., GIORGI G., POLI B.M., TIBALDI E., TREDICI M.R. (2012) - Effect of the inclusion of dried *Tetraselmis suecica* on growth, feed utilization, and fillet composition of European sea bass juveniles fed organic diets. *J. Aquat. Food Prod. Technol.*, **21** (3): 188-197.
- ZMORA O., RICHMOND A. (2004) - Microalgae for aquaculture: microalgae production for aquaculture. In: Richmond A. (ed), *Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology*. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK: 365-379.

W. ZUPA, P. CARBONARA, E. FIOCCHI*, A. MANFRIN*, M.T. SPEDICATO, G. LEMBO

COISPA Tecnologia e Ricerca s.c.r.l., Via dei Trulli, 18/20 - 70126 Bari, Italia.

zupa@coispa.eu

*Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie (IZSVe), Italy.

PERSONALITY SCREENING IN REARED *SPARUS AURATA*

SELEZIONE DELLA PERSONALITÀ IN SPARUS AURATA ALLEVATE

Abstract - Individual differences of fish personality are recognized for their influence on fish behaviour and can also be a reaction to stressful condition. The main recognized stress coping styles (SCS) are: Proactive or Bold and Reactive or Shy. The aim of this work is to improve the screening methodology to identify SCS in gilthead sea bream by integrating behaviour test (risk taking and hypoxia test) and physiological parameters (cortisol, adrenalin, noradrenalin, glucose, lactate, haematocrit, haemoglobin, concentration of erythrocytes, lysozyme). The parameters most contributing to data segregation in the Bold and Shy SCS profiles are: haemoglobin, noradrenaline, erythrocytes' concentration, risk taking and adrenaline.

Key-words: *Sparus aurata*, stress coping style, principal component analysis.

Introduction - Individual differences in fish personality (Øverli *et al.*, 2007) are recognized using different approaches (Castanheira *et al.*, 2017). In many cases, individual variability is generated by several physiological and behavioral correlated responses to stimuli, known as “stress coping style” (Koolhaas *et al.*, 1999). The main stress coping style (SCS) profiles are: Proactive or Bold and Reactive or Shy. When facing stress situations proactive (Pro) individuals tend to engage an active avoidance or cope the stress by a so called “fight or flight” response (Koolhaas *et al.*, 1999). From a behavioral point of view, they are highly aggressive, feed efficiently, show explorative nature and low plasticity (Castanheira *et al.*, 2017). The above behavioral characteristics are reverse (low/high) in reactive (Rea) individuals. From the physiological point of view, proactive individuals present a reduced reactivity along the hypothalamus-pituitary-interrenal (HPI) axis, low parasympathetic reactivity and hormonal modulation, while sympathetic reactivity is high, as well as immune response and oxygen consumption. The opposite pattern for these characteristics is found in the reactive individuals. The differences among proactive and reactive individuals are often not so extreme and in most species individuals show a mixed personality (Intermediate). The SCS seems influenced not only by extrinsic stimuli (*e.g.* captivity, density, social interaction), but also by the intrinsic characteristics (*e.g.* genetic, age, length) (Castanheira *et al.*, 2017). Recognizing and managing the SCS in aquaculture can have a wide range of implications, *e.g.* supporting selection program, enhancing animal welfare, disease resistance, and growth performance (Castanheira *et al.*, 2017). The aim of this work is to improve the screening methodology for identifying individuals of gilthead sea bream (*Sparus aurata* Linnaeus, 1758) with different SCS by integrating behavior indicators (risk taking and hypoxia test) and physiological indicators (cortisol, adrenalin, noradrenalin, glucose, lactate, hematocrit, hemoglobin, erythrocytes concentration, lysozyme).

Materials and methods - Three groups of sea bream of 15 specimens each implanted with a pit tag, reared in 1.5 m³ tanks, (Total Weight: Group1 273.7 g ±49.7; Group2 268.85 g ±44.9; Group3 266.1 g ±55.1) were screened for personality by Hypoxia (Hy) and Risk-Taking (RT) tests (Castanheira *et al.*, 2013). Each test was repeated after one week (Hy1, Hy2; RT1, RT2). The hypoxia test consisted of reducing the oxygen levels in one side of two tanks (75 l) and measuring the escaping

behavior from the hypoxia (side 1) to the normoxia (side 2) through a transparent plastic tube (40 cm length; 20 cm diameter) (Fig. 1). Two pit-antennas (Dorset, Netherlands) allowed to record the time of individual fish passing. The hypoxia test was considered finalized when half of the fish escaped from the hypoxia side or when the oxygen concentration in the side 1 reached 3 mg L^{-1} . The risk-taking test was done in the tank where the fish were reared (volume 1.5 m^3) separated in two distinct areas (Fig. 1- left): safe (A) and risk (B) areas. The number of fish passages (nRT1; nRT2) through the hole and the time elapsed to the first passage by fish (tRT1 and tRT2) were recorded by a pit-antenna. The risk-taking test was considered finalized when half of the fish entered in the risk area or 4.5 hours (Castanheira *et al.*, 2013) after the beginning of the experiment. At the end of the trials and on the basis of the number of successful tests among the four the SCS profile was determined as follow: Pro at least 3, Intermediate 2 and Rea 1 or 0.

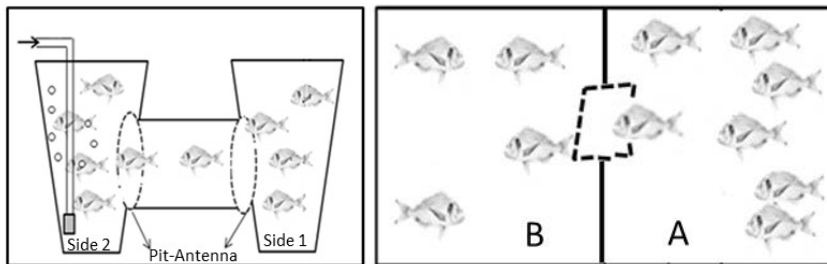


Fig. 1 - Schematic representation of the experimental set-up (Hypoxia test at left and Risk taking test at right) for the personality screening test in gilthead seabream.

Rappresentazione schematica degli esperimenti (test dell'ipossia a sinistra e test del rischio a destra) usati per la selezione della personalità in orata.

One week after the end of behavioral tests a sample of 0.5 ml of blood was taken from all specimens by heparinized syringe. Hematocrit (Hct), was determined using a heparinized microhematocrit tube, filled directly from the syringe needle and centrifuged (15000 g for 3 min), and immediately read. Hematocrit values were expressed as the percentage of the red blood cells on the whole blood volume. The red blood cells (RBC) were counted in a Burkler counting chamber under a light microscope (Nikon 400E). Hemoglobin concentration (Hb) was determined using a commercial kit (Sigma, St. Louis, USA). Plasma cortisol was determined using Cortisol II kit (cobas®) based on a solid-phase, competitive chemiluminescent enzyme immunoassay. Adrenalin and noradrenalin, obtained from plasma, were measured using an ELISA kit (microplate reader at 405 nm). Plasma glucose and lactate concentrations were determined using a commercial kit (Sentinel™, Italy) based on the enzymatic colorimetric Trinder reactions (GOD/PAP for glucose and PAP for lactate). Plasma lysozyme concentration was measured using turbidimetric assay modified for a microplate reader. A principal component analysis (PCA) was performed on the following parameters: Hb, Hct, RBC, glucose, lactate, cortisol, lysozyme, time passage Hy1, time passage Hy2, nRT1, nRT2, tRT1, tRT2. The SCS profile was used as a qualitative (categorical) supplementary variable. This study was carried out in accordance with DL No. 26/2014 on the protection of animals used for scientific purposes. The protocol for this experiment was approved by Italian Ministry of Health (655/2016-PR). Data were collected in the context of the project WINFISH funded by Anihwa (Animal Health and Welfare ERA-Net).

Results - The first 4 dimensions of the PCA explain to 51.7% of variance (Fig. 2). On the first dimension (17.6% of variance) higher correlation values ($R^2 > 0.5$) were found for the following parameters: Noradrenaline (-0.82), RBCC (0.72); Hb (0.69), Adrenaline (-0.62); on the second dimension (14.5% of variance) for: nRT1 (0.625), tRT1 (0.617), Cortisol (-0.539), nRT1 (0.532), tRT2 (0.517) and Hb (-0.503); on the third dimension (11.2% of variance) for: Hy2 (0.69) and on the fourth dimension (10% of variance): Hy1 (-0.72). In the data grouped by the SCS profiles the confidence ellipses (Fig. 3) show a clear separation between Pro and Rea profiles, while the Intermediate group overlap on both the other two.

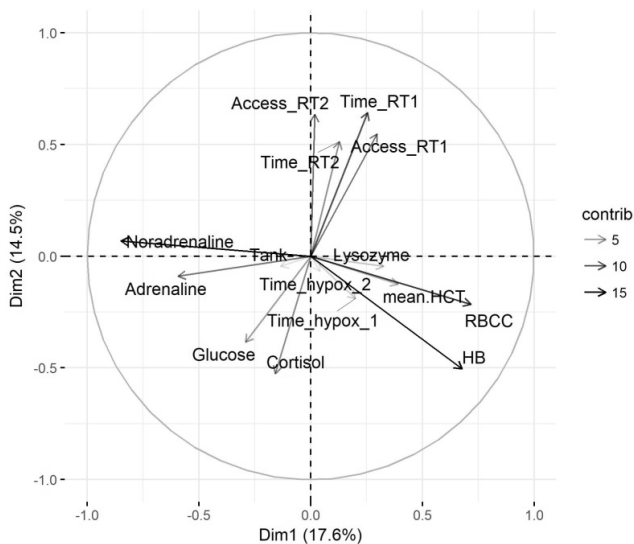


Fig. 2 - The PCA results on the firsts two dimensions.

I risultati della PCA sulle prime due dimensioni.

Confidence ellipses around the categories of SCS

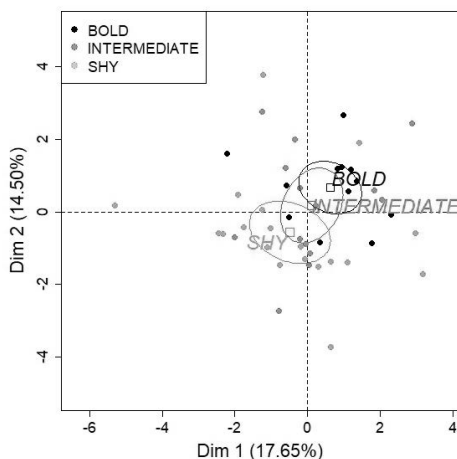


Fig. 3 - The PCA results on the firsts two dimensions: the confidence ellipses around the categories of SCS.

I risultati della PCA sulle prime due dimensioni: l'ellisse di confidenza intorno alle categorie di SCS.

Conclusions - The indicators used to discriminate the SCS profiles gave a consistent response, though with different sensitivity. Indeed the indicators with a higher contribute to the segregation of SCS profiles are: Hb, Noradrenaline, RBCC, tRT, nRT, Adrenaline. The RT seems more responsive to discriminate the SCS in comparison with the Hy. In any case, in both these behavioural tests the Pro fish exhibited active attempts to cope with the examined stressors (hypoxia and density). Between the physiological parameters adrenaline, noradrenaline, Hb and RBCC seem more sensitive for the discrimination of the SCS profiles.

References

- CASTANHEIRA M.F., CONCEIÇÃO L.E.C., MILLOT S., REY S., BÉGOUT M.-L., DAMSGÅRD B., KRISTIANSEN T., HÖGLUND E., ØVERLI Ø., MARTINS C.I.M. (2017) - Coping styles in farmed fish: consequences for aquaculture. *Rev. Aquacult.*, **9** (1): 23-41.
- CASTANHEIRA M.F., HERRERA M., COSTAS B., CONCEIÇÃO L.E.C., MARTINS C.I.M. (2013) - Can we predict personality in fish? Searching for consistency over time and across contexts. *PLoS ONE*, **8** (4), doi: 10.1371/journal.pone.0062037.
- KOOLHAAS J.M., KORTE S.M., DE BOER S.F., VAN DER VEGT B.J., VAN REENEN C.G., HOPSTER H., DE JONG I.C., RUIS M.A.W., BLOKHUIS H.J. (1999) - Coping styles in animals: current status in behavior and stress-physiology. *Neurosci. Biobehav. Rev.*, **23** (7): 925-935.
- ØVERLI Ø., SØRENSEN C., PULMAN K.G.T., POTTINGER T.G., KORZAN W., SUMMERS C.H., NILSSON G.E. (2007) - Evolutionary background for stress-coping styles: relationships between physiological, behavioral, and cognitive traits in non-mammalian vertebrates. *Neurosci. Biobehav. Rev.*, **31** (3): 396-412.

M. BERTOCCHI, G. ANDREANI, F. MEDICI, A. GUSTINELLI, E. FERLIZZA,
G. FEDRIZZI*, G. ISANI

Dipartimento di Scienze Mediche Veterinarie, Università di Bologna,
Via Tolara di Sopra, 50 - 40064 Ozzano Emilia (BO), Italia.
martina.bertocchi3@unibo.it

*Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Lombardia e dell'Emilia-Romagna.

CARATTERIZZAZIONE BIOCHIMICA DI ALGHE UTILIZZATE COME SUPPLEMENTO NUTRIZIONALE

BIOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF ALGAE USED AS NUTRITIONAL SUPPLEMENT

Abstract - *Algae are considered an import source of nutrients and their consumption as nutritional supplement is increasing worldwide. In this research we have analysed trace metal concentrations and metalloproteins in commercial samples of algae used in animal and human nutrition.*

Key-words: Gracilaria, Ascophyllum, Ulva, trace metals, proteins.

Introduzione - Le alghe sono considerate una fonte di componenti organici e inorganici utilizzabili nella nutrizione umana e animale e di grande interesse per l'industria nutraceutica, cosmeceutica e farmaceutica (Stengel e Connan, 2015). Tuttavia, molte macroalghe utilizzate come alimenti e integratori alimentari accumulano metalli pesanti tossici come Pb, As e Cd in elevate concentrazioni (Biancarosa *et al.*, 2018). La caratterizzazione biochimica di questi organismi acquatici risulta quindi un importante prerequisito per il loro utilizzo come supplemento nella nutrizione umana e animale. Lo scopo della presente ricerca è stato quello di determinare le concentrazioni dei principali elementi traccia e di isolare le proteine citosoliche e i metalli ad esse legati.

Materiali e metodi - Sono stati analizzati 8 campioni commerciali di macroalghe [*Ascophyllum nodosum* (Linnaeus) Le Jolis, 1863, *Ulva* spp., *Gracilaria* spp.] e per confronto un campione di *Arthrospira maxima* Setchell & N.L. Gardner, 1917. Nei diversi campioni sono stati analizzati 19 elementi chimici (Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Se, Mo, Cr, V, Pb, Cd, Hg, As, Al, Ag, Ni, Ti, U, Sb) mediante spettrometria di massa con ionizzazione a plasma accoppiato induttivamente (ICP-MS). Le proteine citosoliche sono state estratte con tampone Tris HCl, pH 8,2, 20 mM e successivamente è stata eseguita una cromatografia a gelfiltrazione (Sephadex G75). Nelle frazioni cromatografiche è stata determinata la concentrazione di proteine e di pigmenti fotosintetici mediante spettrofotometria UV, inoltre sono stati quantificati Fe, Zn e Cu con spettrofotometria ad assorbimento atomico in fiamma.

Risultati - Dalle analisi effettuate con ICP-MS si evidenzia l'elevato contenuto di elementi traccia essenziali nei campioni esaminati; in particolare, alte concentrazioni di Fe e Mn. Inoltre, tra i metalli tossici sono state determinate elevate concentrazioni di Al, As e Pb soprattutto in *Gracilaria* e *Ulva* (Tab. 1); invece le concentrazioni di Hg sono inferiori a 0,05 mg/kg in tutti i campioni esaminati, ma superiori al valore di 0,01 mg/kg stabilito dal Regolamento (CE) n. 396/2005 del Parlamento europeo. Per quanto riguarda le proteine solubili, dai risultati ottenuti possiamo osservare che tutti i campioni presentavano proteine ad alto peso molecolare (>75 kDa), particolarmente abbondanti in *A. maxima*. Un secondo picco molto evidente era presente in corrispondenza dei bassi pesi molecolari (frazioni 27-32) dovuto alla presenza di piccoli peptidi e amminoacidi liberi, tra i quali di particolare interesse sono

i cosiddetti MAA (*Mycosporin-like Aminoacids*). Nelle frazioni citosoliche ottenute dalle macroalghe sono state evidenziate basse concentrazioni di metalloproteine leganti il Fe, nonostante le elevate concentrazioni di questo elemento nel campione *in toto*, viceversa i profili cromatografici ottenuti da *A. maxima* indicavano una più consistente presenza di Fe-proteine.

Tab. 1 - Concentrazioni di alcuni elementi essenziali e tossici; i dati sono riportati in mg/kg di peso secco.

Metal concentrations are expressed as mg/kg dry weight.

Elementi	<i>Gracilaria</i> spp. n=1	<i>Ascophyllum</i> <i>nodosum</i> n=4	<i>Ulva</i> spp. n=2	<i>Arthrospira</i> <i>maxima</i> n=1
Essenziali				
Fe	3415	370±123	1003±135	518
Mn	5479	64±45	83±12	22
Zn	20	26±1,6	11,8±2,6	17
Tossici				
Al	1459	100±41	397±32	21
As	10	32±9	5,4±0,6	0,56
Pb	5,6	0,44±0,24	2,1±0,1	0,13

Conclusioni - Questo studio conferma la ricchezza in elementi essenziali e proteine nelle alghe esaminate, nonostante venga evidenziata la presenza di alcuni metalli pesanti che possono risultare tossici per gli animali e l'uomo (Nakamura *et al.*, 2008). Di particolare interesse risultano i MAA, piccole molecole che appartengono a un gruppo di metaboliti secondari prodotti dagli organismi acquatici per proteggersi dalle radiazioni solari (Chrapusta *et al.*, 2017). Sulla base di questi risultati, e visto il crescente interesse nei confronti delle alghe, sono necessari ulteriori studi per approfondire le conoscenze riguardanti le concentrazioni di questi elementi, la loro speciazione e biodisponibilità, accogliendo la Raccomandazione (UE) 2018/464 e consentendo così un utilizzo mirato e sicuro nell'ambito della nutrizione umana e animale.

Bibliografia

- BIANCAROSA I., BELGHIT I., BRUCKNER C.G., LILAND N.S., WAAGBØ R., AMLUND H., HEESCH S., LOCK E.-J. (2018) - Chemical characterization of 21 species of marine macroalgae common in Norwegian waters: benefits of and limitations to their potential use in food and feed. *J. Sci. Food Agric.*, **98** (5): 2035-2042.
- CHRAPUSTA E., KAMINSKI A., DUCHNIK K., BOBER B., ADAMSKI M., BIALCZYK J. (2017) - Mycosporine-Like Amino Acids: potential health and beauty ingredients. *Mar. Drugs*, **15** (10), doi: 10.3390/md15100326.
- NAKAMURA Y., NARUKAWA T., YOSHINAGA J. (2008) - Cancer risk to Japanese population from the consumption of inorganic arsenic in cooked hijiki. *J. Agric. Food Chem.*, **56** (7): 2536-2540.
- STENGEL D.B., CONNAN S. (2015) - Marine Algae: a source of biomass for biotechnological applications. In: Stengel D.B., Connan S. (eds), *Natural products from marine algae: methods and protocols. Mol. Biol.*, **1308**: 1-37.

F. BIANCOLINO, I. PARLAPIANO, G. DENTI, G. FANELLI, V. RUSSO, E. PRATO

CNR-IAMC, Istituto per l'Ambiente Marino Costiero, S.S. di Taranto,
Via Roma, 3 - 74123 Taranto, Italia.
francesca.biancolino@iamc.cnr.it

STUDIO COMPARATIVO DEL CONTENUTO LIPIDICO E DEL PROFILO DEGLI ACIDI GRASSI DI *HOLOTHURIA TUBULOSA* E *H. POLII*

COMPARATIVE STUDY OF LIPID CONTENT AND FATTY ACIDS PROFILE OF *HOLOTHURIA TUBULOSA* AND *H. POLII*

Abstract - Total lipids and fatty acids of four tissues (external and internal body wall, longitudinal muscle and gonad) of *Holothuria tubulosa* (Gmelin, 1788) and *H. polii* Delle Chiaje, 1824, from Ionian Sea, were evaluated. Highest lipids % were found in *H. polii* in the most part of tissues, except for external body wall. *H. tubulosa* was characterized by highest proportion of polyunsaturated fatty acids, except for gonad, while, *H. polii* showed an uniform distribution of fatty acids class in the investigated tissues.

Key-words: holothurians, *Holothuria tubulosa*, *H. polii*, total lipids, fatty acids.

Introduzione - Le oloturie, prelibatezza nella cucina orientale, mostrano un elevato valore dal punto di vista farmaceutico, nutraceutico e cosmetico. L'intensa attività di pesca illegale, lungo le coste del Mediterraneo, ha determinato un eccessivo sfruttamento delle specie autoctone (Antoniadou e Vafidis, 2011). In alcuni paesi membri dell'UE si sta procedendo allo sviluppo di protocolli sperimentali per il loro utilizzo nelle attività di acquacoltura. Lo scopo del presente lavoro è stato quello di valutare la qualità lipidica, con particolare riferimento agli acidi grassi, di quattro tessuti (parete esterna, tunica interna, muscoli longitudinali e gonade) di due specie di oloturie: *Holothuria tubulosa* e *H. polii*. Precedenti studi su queste specie hanno riguardato essenzialmente l'intero organismo (Aydin *et al.*, 2011), mentre ad oggi nessuna indicazione è stata fornita sulla distribuzione dei lipidi totali e degli acidi grassi nei singoli tessuti. Questi dati possono contribuire a una migliore comprensione dei benefici per la salute, data la maggiore attenzione da parte dei consumatori in fatto di qualità nutrizionale.

Materiali e metodi - Esemplari di *Holothuria tubulosa* (N=9; n=3) e *H. polii* (N=9; n=3) sono stati prelevati nel Golfo di Taranto nel mese di gennaio 2018. In laboratorio, dopo la dissezione, si è proceduto all'omogenizzazione dei diversi tessuti da analizzare. I lipidi totali sono stati estratti con il metodo di Folch *et al.* (1957) e determinati col metodo gravimetrico. Gli acidi grassi sono stati analizzati mediante gascromatografia con rivelatore FID; i risultati sono stati espressi in % rispetto al totale degli acidi grassi. L'analisi della varianza ANOVA e il *post hoc* Tukey's test sono stati utilizzati per evidenziare le eventuali differenze significative fra i tessuti ($p < 0,05$).

Risultati - *H. tubulosa* ha mostrato un contenuto lipidico più elevato, rispetto a *H. polii*, nella parete esterna e tunica interna; al contrario, in *H. polii* è risultato più elevato nei muscoli longitudinali e nelle gonadi (Tab. 1). Ad eccezione delle gonadi, tutti i tessuti di *H. tubulosa* sono stati caratterizzati da più elevate % di acidi grassi poliinsaturi (PUFA) e più basse % di acidi grassi saturi (SAFA), rispetto ai tessuti di *H. polii*. I più alti valori sono dovuti agli acidi arachidonico (20:4 n6) ed eicosapentaenoico (20:5 n3). *H. polii* è stata caratterizzata da una distribuzione più omogenea degli acidi grassi saturi e insaturi, sebbene un minor contenuto di PUFA è stato osservato ancora una volta nelle gonadi.

Tab. 1 - Lipidi totali (g/100 g) e acidi grassi (%) (Media±dev. st.) di quattro tessuti di *H. tubulosa* e *H. polii*. Lettere differenti nello stesso rigo indicano differenze significative (p<0,05).

Total lipids (g/100 g) and fatty acids (%) (Mean±st. dev.) of four tissues of H. tubulosa and H. polii. Different letters in the same row indicate significant differences (p<0.05).

	<i>Holothuria tubulosa</i>				<i>Holothuria polii</i>			
	Parete est.	Tunica int.	Muscoli long.	Gonadi	Parete est.	Tunica int.	Muscoli long.	Gonadi
Lipidi totali (g/100g p.u.)	0.6 ± 0.0 ^b	1.4 ± 0.2 ^c	0.3 ± 0.0 ^a	2.1 ± 0.3 ^d	0.2 ± 0.0 ^a	0.3 ± 0.0 ^a	0.6 ± 0.1 ^b	3.9 ± 0.9 ^c
14:0	2.32 ± 0.7	1.99 ± 0.0	2.69 ± 0.0	6.43 ± 0.3	4.24 ± 0.1	3.26 ± 0.1	5.25 ± 0.4	7.96 ± 0.1
15:0	0.93 ± 0.2	0.66 ± 0.0		1.86 ± 0.1	2.71 ± 0.8	3.59 ± 0.3	1.65 ± 0.1	2.17 ± 0.0
16:0	17.63 ± 1.7	6.17 ± 0.0	11.76 ± 0.3	15.23 ± 0.4	16.77 ± 1.2	13.04 ± 1.8	14.02 ± 1.1	17.26 ± 0.0
17:0			1.38 ± 0.1	1.49 ± 0.0				1.63 ± 0.0
18:0	8.46 ± 1.6	6.33 ± 0.1	7.60 ± 0.2	5.33 ± 0.1	9.06 ± 0.7	8.89 ± 0.0	7.45 ± 0.2	6.29 ± 0.0
20:0	2.19 ± 0.3	1.99 ± 0.1	2.44 ± 0.1	0.91 ± 0.0	1.37 ± 0.2	2.20 ± 0.1	1.79 ± 0.1	1.15 ± 0.0
21:0	0.8 ± 0.2	2.21 ± 0.1	2.27 ± 0.0	0.74 ± 0.0	0.92 ± 0.1	1.53 ± 0.3	1.73 ± 0.1	0.94 ± 0.0
15:1			1.52 ± 0.3					
16:1	5.72 ± 0.6	6.04 ± 0.1	8.40 ± 0.2	16.80 ± 0.7	9.06 ± 0.2	4.55 ± 0.9	15.13 ± 0.6	22.0 ± 0.8
17:1	0.77 ± 0.1	1.05 ± 0.1	1.04 ± 0.0	2.07 ± 0.1	0.75 ± 0.2		1.78 ± 0.0	2.48 ± 0.0
18:1n9t	3.32 ± 1.2	3.23 ± 0.2		2.14 ± 0.9	3.07 ± 0.7	3.57 ± 0.5	2.46 ± 0.6	1.42 ± 0.0
18:1n9c	10.84 ± 0.8	8.37 ± 0.5	7.96 ± 1.0	16.81 ± 0.2	15.89 ± 0.3	10.68 ± 1.0	4.47 ± 0.4	7.46 ± 0.2
18:1n7	4.11 ± 1.1	2.64 ± 0.0	1.12 ± 0.4	1.16 ± 0.1	2.18 ± 0.2	3.60 ± 0.3	2.13 ± 0.3	1.10 ± 0.0
20:1n9	2.63 ± 0.9	1.43 ± 0.0	1.93 ± 0.1	1.61 ± 0.0	0.93 ± 0.1	1.53 ± 0.3	1.56 ± 0.0	2.50 ± 0.1
22:1n9	1.82 ± 0.8	1.88 ± 0.1	1.62 ± 0.3	1.07 ± 0.0	1.00 ± 0.1	2.77 ± 0.9	1.67 ± 0.1	1.04 ± 0.1
24:1n9		0.71 ± 0.0	1.84 ± 0.3	0.99 ± 0.2				0.19 ± 0.0
18:2n6t		1.07 ± 0.3		0.99 ± 0.1				
18:2n6c	2.77 ± 0.6	2.68 ± 1.0	1.73 ± 0.2	2.78 ± 0.0	2.58 ± 0.0	2.24 ± 0.3	1.61 ± 0.4	1.04 ± 0.0
18:3n6							0.45 ± 0.0	0.67 ± 0.0
18:3n3	3.19 ± 0.0	7.71 ± 0.3	5.60 ± 0.8	2.42 ± 0.2	3.52 ± 0.5	4.91 ± 1.2	7.19 ± 0.4	2.84 ± 0.1
18:4n3	2.87 ± 0.6	0.55 ± 0.0	1.48 ± 0.3	0.93 ± 0.1	1.48 ± 0.1	1.46 ± 0.2		
20:2	1.79 ± 0.1	1.32 ± 0.1	1.77 ± 0.1	0.60 ± 0.1	1.20 ± 0.1	2.12 ± 0.2	1.01 ± 0.1	0.78 ± 0.0
22:0 + 20:3n6		0.49 ± 0.1						0.29 ± 0.0
20:3n3 + 22:1		0.52 ± 0.1		0.48 ± 0.0	0.35 ± 0.0	0.55 ± 0.1	0.57 ± 0.0	0.48 ± 0.0
20:4n6	12.44 ± 1.5 ^b	21.72 ± 0.7 ^d	15.29 ± 0.6 ^c	4.39 ± 0.0 ^a	11.90 ± 0.1 ^b	12.99 ± 0.1 ^c	11.18 ± 0.7 ^b	5.50 ± 0.4 ^a
22:2	3.13 ± 1.1	3.17 ± 0.2	4.74 ± 0.5	1.58 ± 0.0	1.80 ± 0.3	1.78 ± 0.3	2.11 ± 0.2	1.03 ± 0.1
20:5n3	6.69 ± 0.0 ^a	13.55 ± 0.2 ^d	11.78 ± 0.6 ^c	9.33 ± 0.0 ^b	7.98 ± 0.7 ^a	8.51 ± 0.5 ^a	9.92 ± 0.4 ^b	9.79 ± 0.4 ^b
22:5n3	1.80 ± 0.2	1.16 ± 0.0	1.24 ± 0.2	0.51 ± 0.0	0.60 ± 0.0	0.75 ± 0.0	0.77 ± 0.0	0.55 ± 0.0
22:6n3	3.60 ± 1.7 ^b	1.31 ± 0.0 ^a	2.78 ± 0.4 ^{ab}	1.32 ± 0.0 ^a	0.52 ± 0.1 ^a	0.70 ± 0.1 ^a	1.24 ± 0.1 ^b	1.41 ± 0.1 ^b
ΣSAFA	32.50 ± 3.8 ^c	19.36 ± 0.2 ^a	28.14 ± 0.4 ^b	32.0 ± 0.9 ^c	35.09 ± 1.1 ^a	35.91 ± 1.7 ^a	34.42 ± 1.1 ^a	37.42 ± 0.0 ^a
ΣMUFA	29.21 ± 1.8 ^b	25.37 ± 0.8 ^a	25.44 ± 1.5 ^a	42.64 ± 0.5 ^c	32.89 ± 1.1 ^c	27.21 ± 0.1 ^a	29.20 ± 1.1 ^b	38.20 ± 0.8 ^d
Σ PUFA	38.28 ± 5.6 ^b	55.27 ± 0.5 ^d	46.42 ± 1.2 ^c	25.35 ± 0.5 ^a	32.02 ± 0.0 ^b	36.87 ± 1.7 ^c	36.37 ± 2.3 ^c	24.38 ± 0.8 ^a

Conclusioni - I risultati hanno consentito di tracciare un primo quadro informativo sugli acidi grassi delle oloturie ioniche. Il basso contenuto lipidico e le % elevate dei PUFA 20:4n6 e 20:5n3, in particolare nella tunica interna e nei muscoli longitudinali, rendono le due specie interessanti e meritevoli di ulteriori studi.

Bibliografia

- ANTONIADOU C., VAFIDIS D. (2011) - Population structure of the traditionally exploited holothurian *Holothuria tubulosa* in the South Aegean Sea. *Cah. Biol. Mar.*, **52**: 171-175.
- AYDIN M., SEVGILI H., TUFAN B., EMRE Y., KÖSE S. (2011) - Proximate composition and fatty acid profile of three different fresh and dried commercial sea cucumbers from Turkey. *Int. J. Food Sci. Technol.*, **46** (3): 500-508.
- FOLCH J., LEES M., SLOANE STANLEY G.H. (1957) - A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, **226** (1): 497-509.

G. CARUSO, L. GENOVESE, P. LAGANÀ¹, R. CARUSO², F. GAI³, G. MARICCHIOLO

Istituto per l'Ambiente Marino Costiero (IAMC), Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR),
Spianata S. Raineri, 86 - 98122 Messina, Italia.
gabriella.caruso@iamc.cnr.it

¹Dipartimento BIOMORF, Università di Messina, Via Consolare Valeria - 98125 Messina, Italia.

²Azienda Policlinico Universitario G. Martino, Via Consolare Valeria - 98125 Messina, Italia.

³Istituto di Scienze delle Produzioni Alimentari (ISPA) - CNR, Largo Braccini - 10095 Grugliasco (TO), Italia.

VALUTAZIONE DELL'ATTIVITÀ ANTIBATTERICA IN SIERO, MUCO E RENE DI SPIGOLE (*DICENTRARCHUS LABRAX*, LINNEO, 1758) ALIMENTATE CON UNA DIETA ARRICCHITA CON *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* VAR. *BOULARDII*

*ANTIBACTERIAL ACTIVITY EVALUATION IN SERUM, MUCUS AND KIDNEY OF SEABASS (*DICENTRARCHUS LABRAX*, LINNAEUS, 1758) FED A DIET ENRICHED WITH *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* VAR. *BOULARDII**

Abstract - Samples of serum, kidney and skin and intestinal mucus of sea bass (*Dicentrarchus labrax*, *Moronidae*) fed a diet enriched with increasing concentrations of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* as a probiotic were examined for their antibacterial properties, compared to a control group fed without yeast supplementation. Antibacterial activity was found in all the samples, although not related with the used yeast concentrations.

Key-words: sea bass, diets, probiotics, yeasts, antimicrobial activity.

Introduzione - La supplementazione con probiotici di mangimi per le specie ittiche allevate costituisce una pratica di grande interesse in acquacoltura intensiva (Akhter *et al.*, 2015; Banerjee e Ray, 2017), tuttavia sono ancora pochi gli studi basati sull'utilizzo di lieviti (Gatesoupe, 2007; Navarrete e Tovar-Ramírez, 2014). Nel corso di una recente sperimentazione condotta nell'ambito del progetto PON Innovaqua sulla spigola (*Dicentrarchus labrax*), il lievito *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* è stato oggetto di studio come potenziale probiotico (Maricchiolo *et al.*, 2014). Scopo della presente nota è valutare se nella spigola l'attività antibatterica caratteristica del sistema immunitario aspecifico sia in qualche modo modulata dalla somministrazione di un mangime arricchito con *S. cerevisiae* var. *boulardii*, nell'ottica di un possibile utilizzo di molecole bioattive con attività antibatterica nei confronti di patogeni umani.

Materiali e metodi - *S. cerevisiae* var. *boulardii* ceppo CNCM I-1079 sotto forma di concentrato disidratato (LSB, Levucell SB20®, Lallemand sas, Blagnac, France) è stato aggiunto in dosi pari a 0, 100 e 300 mg/kg ad una dieta formulata per pesci carnivori per ottenere tre diete sperimentali isoproteiche (proteina grezza 50%) ed isoenergetiche (22,4 MJ kg⁻¹ sostanza secca). Le prove di alimentazione sono state condotte su tre lotti di spigole del peso medio di 174,6±6,4 g (LSB0, LSB100 e LSB300, ciascuno in tre repliche), alle quali il mangime è stato somministrato razionato in ragione dell'1,2-1,7% della biomassa in vasca (peso vivo/giorno). Dopo 0, 21, 45 e 90 gg di somministrazione, otto individui per gruppo sono stati sacrificati e ne sono stati prelevati il siero, il rene, il muco cutaneo e quello intestinale. Dischi di carta assorbente (diametro 6 mm) sono stati imbevuti separatamente con 10 µl di campione (omogenato 1:10 in soluzione fisiologica) e disposti su piastre di Tryptic Soy agar +1% NaCl previamente inoculate con brodoculture in Brain Heart Infusion

(10E+08 cell/ml) di batteri Gram negativi (*Escherichia coli* e *Pseudomonas aeruginosa*) e positivi (*Staphylococcus aureus* e *S. epidermidis*). Dopo incubazione a 35 °C, sono stati registrati ed analizzati statisticamente i diametri degli aloni di inibizione di crescita.

Risultati - I dati ottenuti hanno evidenziato per i campioni di siero attività antibatterica dopo 21 e 90 gg per lo più nei confronti di *S. epidermidis* e solo dopo 90 gg contro *P. aeruginosa*, ma non contro *E. coli* e *S. aureus*. L'attività antibatterica è risultata evidente sia nei sieri provenienti dai lotti controllo e LSB300 (dopo 21 gg) che dai lotti controllo e LSB100 (dopo 90 gg). I campioni di rene hanno mostrato una maggiore attività antibatterica contro *P. aeruginosa*, ed in misura minore contro *E. coli*, ma non contro *S. epidermidis*, con maggiore risposta dopo 21 gg; come rilevato per il siero, non è stata osservata una evidente correlazione fra dieta e presenza di attività antibatterica. Nei campioni di muco cutaneo è stata rilevata elevata attività antibatterica nei confronti di tutti i germi saggiati, particolarmente dopo 21 gg, senza differenze fra i vari lotti sperimentali. I campioni di muco intestinale hanno presentato discreta attività antibatterica, in particolare contro *P. aeruginosa* e *S. epidermidis* dopo 90 gg; contro *S. aureus* è stata osservata attività antibatterica solo nel lotto controllo dopo 45 gg. Non è stata evidenziata una relazione significativa fra l'espressione dell'attività antibatterica e la presenza di probiotico della dieta.

Conclusioni - Valutare l'attività antibatterica di fluidi biologici di origine animale e caratterizzare i meccanismi di difesa immunitaria non specifica, come ad esempio la presenza di molecole bioattive quali il lisozima nel muco di diverse specie di Teleostei (Tort *et al.*, 2003; Lazado e Caipang, 2014), può offrire nuovi spunti riguardo possibili applicazioni di tali molecole contro batteri patogeni umani. Lo studio condotto ha evidenziato la mancanza di correlazione fra la somministrazione orale del probiotico studiato e l'attività antibatterica di fluidi e tessuti biologici di spigola nei confronti di batteri patogeni per l'uomo. Ulteriori studi saranno necessari per valutare eventuali applicazioni terapeutiche legate al possibile utilizzo (*bioprospecting*) di composti bioattivi di origine marina con attività antibatterica.

Ringraziamenti: Gli Autori ringraziano il Dr. Castex (Lallemand SAS, Blagnac, France).

Bibliografia

- AKHTER N., WU B., MEMON A.M., MOHSIN M. (2015) - Probiotics and prebiotics associated with aquaculture: a review. *Fish Shellfish Immunol.*, **45** (2): 733-741.
- BANERJEE G., RAY A.K. (2017) - The advancement of probiotics research and its application in fish farming industries. *Res. Vet. Sci.*, **115**: 66-77.
- GATESOUBE F.J. (2007) - Live yeasts in the gut: natural occurrence, dietary introduction, and their effects on fish health and development. *Aquaculture*, **267** (1-4): 20-30.
- LAZADO C.C., CAIPANG C.M.A. (2014) - Mucosal immunity and probiotics in fish. *Fish Shellfish Immunol.*, **39** (1): 78-89.
- MARICCHIOLO G., GAI F., ABBATE F., CARUSO G., CASELLA G., DE PASQUALE F., GASCO L., GUERRERA M.C., PEDÀ C., PERDICHIZZI A., GENOVESE L. (2014) - Valutazione preliminare degli effetti di una dieta arricchita con lievito (*Saccharomyces cerevisiae* var. *bouardii*) nella spigola, *Dicentrarchus labrax* (L., 1758). *Biol. Mar. Mediterr.*, **21** (1): 220-221.
- NAVARRETE P., TOVAR-RAMÍREZ D. (2014) - Use of yeasts as probiotics in fish aquaculture. In: Hernandez-Vergara M. (ed), *Sustainable Aquaculture Techniques*. IntechOpen, London: 135-172.
- TORT L., BALASCH J.C., MACKENZIE S. (2003) - Fish immune system. A crossroads between innate and adaptive responses. *Immunologia*, **22** (3): 277-286.

A. CASALINI, P. EMMANUELE, E. BUELONI, N. GUERCILENA, A. ZACCARONI, O. MORDENTI

Dipartimento di Scienze Mediche Veterinarie (DIMEVET), Università di Bologna,
Via Tolara di Sopra, 50 - 40064 Ozzano dell'Emilia (BO), Italia.
antonio.casalini6@unibo.it

ESPRESSIONI COMPORTAMENTALI DI ADULTI DI
OCTOPUS VULGARIS MANTENUTI IN AMBIENTE CONTROLLATO
*BEHAVIOURAL EXPRESSION IN ADULT OCTOPUS VULGARIS
KEPT IN CONTROLLED ENVIRONMENT*

Abstract - *Octopus vulgaris* can have a high number of profile, named "patterns". Through their observation we tried to collect important information for their maintenance in captivity, with the final aim of detecting main causes leading to reduction of animal welfare and of obtaining spontaneous reproduction. Obtained results underlined that ideal environment for octopus rearing should exclude blue tanks with no enrichment. A well-studied environment could permit the onset of efficient artificial reproduction activities, and the best management of animals in aquaria, marine park and research centers.

Key-words: body pattern, *Octopus vulgaris*, animal behaviour, controlled conditions.

Introduzione - Il polpo *Octopus vulgaris* (Cuvier, 1797) presenta un elevato numero di *pattern*, che vanno dalla colorazione della cute alle tipologie posturali e locomotorie (Packard e Sanders, 1971), che sono collegati alla complessità ed alla varietà dell'habitat e della fauna ad esso associato (Boyle e Rodhouse, 2005). È stato eseguito uno studio per valutare come differenti condizioni di cattività influenzino il comportamento di adulti di *O. vulgaris* mantenuti in ambiente controllato durante il periodo di stabulazione e quello riproduttivo. L'obiettivo finale, attraverso l'osservazione qualitativa dei principali *pattern*, è stato quello di rilevare le principali cause di riduzione dello stato di salute ed ottenerne la riproduzione spontanea in cattività.

Materiali e metodi - Sono stati sessati attraverso l'ectocotile, 8 esemplari (4 maschi: peso medio $1,27 \pm 0,39$ kg e 4 femmine: peso medio $1,08 \pm 0,10$ kg) pescati con lenza a mano ("polpara") catturati a Gallipoli nel mese di maggio e trasferiti in un impianto funzionante a circuito chiuso (1700 l) costituito da 2 vasche rettangolari contenenti 2 coppie/vasca, destinato alle fasi di ambientamento/stabulazione (Fase 1). Sono stati testati due ambienti diversificati, vasca "Spoglia - SPO" (di colore blu) e vasca "Naturalizzata - NAT" (fondo in sabbia, rocce e pareti di colore grigio). Un secondo impianto (1100 l) con le due ambientazioni ("SPO - NAT") è stato predisposto per l'accoppiamento/riproduzione (Fase 2) dove gli animali sono stati trasferiti dopo i primi segnali di corteggiamento. Entrambi gli impianti erano dotati di tane artificiali. Gli animali sono stati mantenuti ad una temperatura di 18 ± 2 °C, fotoperiodo naturale, salinità del 35‰ e pH 8,2 ed alimentati 1 volta/giorno (crostacei e pesce decongelato). La prova prevedeva la registrazione quotidiana delle principali espressioni qualitative comportamentali (Tab. 1) degli animali nelle differenti condizioni ambientali (Borrelli *et al.*, 2006). Le osservazioni avevano una durata di 4 ore/giorno (10-12 a.m. e 16-18 p.m.) per 5 giorni/settimana.

Risultati - I risultati hanno evidenziato la mortalità totale dei polpi "SPO" in 6 settimane di ambientamento/stabulazione, mentre per i soggetti "NAT" la sperimentazione ha registrato una durata di 13 settimane in Fase 1 e 7 settimane in Fase 2 quando i polpi sono giunti a morte solamente in fase post-riproduttiva. In fase di ambientamento/stabulazione in vasca SPO, sono stati osservati circa il

50% dei *pattern* indagati tutti associati a situazioni di stress o conflittualità inter/intra-specifica. Le interazioni tra individui sono infatti risultate sempre ostili (*DP* il più rappresentativo, tipico da stress) con una fase iniziale in cui è stato possibile osservare il *pattern BI* e *UE* fino ad arrivare a forme più aggressive (*URB*, *LS*, *BCM*) ed autofagia (2 esemplari). Nella Fase 1 non sono stati osservati comportamenti di corteggiamento da parte dei maschi. Nelle vasche “NAT” in Fase 1 sono stati registrati tutti i *pattern* comportamentali “positivi”, specialmente l'*ULG* (riposo e tranquillità), il *GR* (mimetizzazione in fase di riposo) ed *AT* (ricerca del contatto con l'operatore e curiosità). Per quanto riguarda la Fase 2, nei primi dieci giorni sono stati registrati i principali *pattern* positivi, in particolar modo *SP* e *SD* da parte dei maschi e *ULG* e *CM* da parte delle femmine. Dopo questo periodo, caratterizzato da accoppiamenti quotidiani, le femmine sono entrate nei nidi artificiali e hanno avviato la fase di ovulazione attraverso la produzione e l'adesione dei classici grappoli ovarici all'interno delle tane.

Tab. 1 - Espressioni comportamentali.

Body patterns.

1	BI	BISHOP	10	AT	ARMS TWISTED
2	FAR	FULL ATTACK RESPONSE	11	AR	ACUTE RESEMBLANCE
3	WM	WITHDRAWAL MANOEUVRE	12	GR	GENERAL RESEMBLANCE
4	BCM	BROAD CONFLICT MOTTLE	13	SD	SUCKER DISPLAY
5	UE	UNILATERAL EFFECT	14	ULG	UNIFORM LIGHT GRAY
6	URB	UNIFORM REDDISH-BROWN	15	CM	CLEANING MANOEUVRE
7	LS	LONGITUDINAL STRIPES	16	E	ENVELOPE
8	DP	DYMANIC PATTERN	17	A	AUTOPHAGY
9	SP	STANDING POSITION	18	D	DEATH

Conclusioni - La sperimentazione ha evidenziato come il polpo, mantenuto in ambiente controllato, necessita di un ambiente che rispecchi il più possibile quello naturale. Del tutto inadatte risultano, infatti, vasche caratterizzate da un ambiente spoglio e di colore blu, che evidentemente per la specie risulta innaturale. Infine, la prova ha evidenziato come l'utilizzo di ambienti artificiali adeguati riducano i fenomeni stressori e, se associati ad un programma termo/fotoperiodico adeguato, favoriscano la riproduzione artificiale di *O. vulgaris* in ambiente controllato (Iglesias *et al.*, 2000). Tale tecnica potrebbe diventare di indubbia utilità nel ridurre lo sforzo di pesca e per programmi di ripopolamento in natura, nonché dare indicazioni importanti per quelle strutture come acquari, parchi marini e gruppi di ricerca che ospitano il polpo.

Bibliografia

- BORRELLI L., GHERARDI F., FIORITO G. (2006) - *A catalogue of body patterning in Cephalopoda*. Stazione Zoologica A. Dohrn & Firenze University Press: 626 pp.
- BOYLE P., RODHOUSE P. (2005) - *Cephalopods: ecology and fisheries*. Blackwell Science LTD, Oxford: 464 pp.
- IGLESIAS J., SÁNCHEZ F.J., OTERO J.J., MOXICA C. (2000) - Culture of octopus (*Octopus vulgaris*, Cuvier): present knowledge, problems and perspectives. *Cah. Opt. Méditerran.*, **47**: 313-321.
- PACKARD A., SANDERS G.D. (1971) - Body patterns of *Octopus vulgaris* and maturation of the response to disturbance. *Anim. Behav.*, **19** (4): 780-790.

E. FERLIZZA, S. COLAK*, A. GUSTINELLI, M.L. FIORAVANTI, G. ISANI

Dipartimento di Scienze Mediche Veterinarie, Università di Bologna,
Via Tolara di Sopra, 50 - 40064 Ozzano Emilia (BO), Italia.
gloria.isani@unibo.it

*CROMARIS d.d., Gaženička cesta 4b - 23 000 Zadar, Croatia.

ELETTROFORESI DELLE PROTEINE SIERICHE IN ESEMPLARI DI OMBRINA BOCCADORO (*ARGYRO SOMUS REGIUS*) DI ALLEVAMENTO

SERUM PROTEIN ELECTROPHORESIS IN FARMED MEAGRE (ARGYRO SOMUS REGIUS)

Abstract - Culture of *Argyrosomus regius* has been increased in the Mediterranean during the last decades but the knowledge on several biological, nutritional and sanitary aspects for the optimization of farming conditions is still poor. Protein electrophoresis has been performed on serum obtained from meagre fed with different experimental diets. Electrophoretic patterns showed high amounts of putative α globulins, probably due to high concentrations of circulating lipoproteins. Differences were highlighted between specimens fed with different diets.

Key-words: aquaculture, meagre, serum protein electrophoresis, *Argyrosomus regius*.

Introduzione - L'ombrina boccadoro (*Argyrosomus regius*, Asso, 1801), grazie alle sue performances produttive, ha ricevuto recentemente molte attenzioni come potenziale candidato alla diversificazione della maricoltura nel Mediterraneo. Numerosi rimangono però i *gap* conoscitivi da superare sugli aspetti biologici, nutrizionali e sanitari che frenano l'ottimizzazione dell'allevamento di questa specie ittica. L'elettroforesi delle proteine sieriche su gel di agarosio è lo standard corrente in medicina umana e veterinaria per ottenere importanti informazioni sullo stato trofico e di salute di un organismo e per indagare le disproteinemie. Le proteine sieriche sono generalmente separate in albumina e quattro o cinque frazioni di globuline, a seconda della specie: α_1 , α_2 , β_1 , β_2 e γ . Sebbene questa metodica sia economica, veloce, riproducibile e ampiamente usata negli animali domestici non ci sono attualmente indicazioni per la sua applicazione nei pesci e gli studi sono ancora frammentari (Manera e Britti, 2008; Isani *et al.*, 2015). La presente ricerca ha lo scopo di separare e quantificare le frazioni proteiche nel siero di *A. regius* di allevamento mediante una tecnica elettroforetica semi-automatica in uso di routine in ambito clinico-diagnostico sia umano che veterinario e di valutarne la possibile applicazione in acquacoltura.

Materiali e metodi - Campioni di sangue (1,3 ml per individuo) sono stati prelevati da 149 esemplari di *A. regius* (peso medio 409 ± 173 g) allevati in gabbia in Croazia nel corso di prove comparative di alimentazione con mangime commerciale e sardine decongelate. Il siero, ottenuto dopo centrifugazione, è stato analizzato mediante un sistema automatizzato (Hydrasis, Sébia, Lisses, Francia) che utilizza 10 μ l di campione, dopo opportuna messa a punto di un protocollo ad alta risoluzione per permettere una migliore separazione delle frazioni proteiche. L'identificazione delle frazioni, in assenza di dati di riferimento, è stata condotta secondo quanto riportato da Isani *et al.* (2015). Quando presenti, i sub-picchi della zona α sono stati considerati insieme. I dati sono espressi in percentuale e riportati come media \pm deviazione standard.

Risultati - Nei profili elettroforetici ottenuti nel siero di ombrine di allevamento erano presenti da cinque a sei frazioni proteiche. Le frazioni proteiche sono state

suddivise e identificate in ordine decrescente di mobilità dal polo positivo al polo negativo: frazione I (albumina), frazioni II e III (α globuline), frazione IV (β 1 globuline), frazione V (β 2 globuline) e frazione VI (γ globuline). Nei pesci, l'assenza di criteri definiti rende difficile l'identificazione delle diverse zone del ferogramma, tuttavia i dati ottenuti sono in accordo con quanto riportato in bibliografia (Manera e Britti, 2008; Isani *et al.*, 2015). I ferogrammi nei pesci appaiono molto diversi dai mammiferi, a causa della minore consistenza della frazione I, dovuta alla scarsa presenza di albumina in circolo, e della prevalenza delle frazioni II e III (α -globuline); la frazione delle α globuline è risultata infatti la più abbondante in tutti i campioni di ombrina, superando in alcuni casi il 50% delle proteine sieriche totali. Inoltre, in alcuni campioni questa zona era chiaramente separabile in due picchi (frazioni II e III). Per quanto riguarda le differenze tra i gruppi sperimentali alimentati con diete diverse, nella produzione del 2014 le ombrine alimentate con mangime commerciale presentavano valori di albumina inferiori, mentre in quella del 2015 presentavano valori di α globuline inferiori rispetto alle ombrine alimentate con sardine; in entrambe le prove, le gamma globuline nel siero delle ombrine alimentate con mangime commerciale erano superiori rispetto alle ombrine alimentate con sardine.

Conclusioni - Questi dati, benché preliminari, forniscono un primo riferimento riguardante il profilo delle proteine sieriche di *A. regius*, caratterizzato da elevate quantità di α globuline. Tra le proteine che migrano in questa frazione, ci sono le lipoproteine e, in particolare, le HDL, che oltre a riportare il colesterolo in eccesso dai tessuti periferici al fegato, nei Teleostei trasportano in circolo anche gli acidi grassi (Metcalf *et al.*, 1999) e potrebbero essere considerate un interessante biomarcatore nutrizionale, oltre all'albumina. Inoltre, è stato ipotizzato nei salmonidi un importante ruolo immunomodulatore delle HDL (Villarroel *et al.*, 2013). Le differenze che sono state messe in evidenza tra i gruppi sperimentali fanno ipotizzare una diversa risposta metabolica e un migliore stato trofico nei pesci alimentati con sardine. È stata anche riscontrata una inversa correlazione tra stato trofico (albumina e/o lipoproteine) e anticorpi circolanti, che merita ulteriori approfondimenti in future ricerche.

Bibliografia

- ISANI G., RANDI E., ROSSI B., FABBRI E., BRUNELLI F., CARPENÈ E., MUCCI N. (2015) - Biochemical and genetic characterization of European silver eels, *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758), from the Comacchio lagoon (Italy). *J. Appl. Ichthyol.*, **31** (6): 1006-1012.
- MANERA M., BRITTI D. (2008) - Assessment of serum protein fractions in rainbow trout using automated electrophoresis and densitometry. *Vet. Clin. Pathol.*, **37** (4): 452-456.
- METCALF V.J., BRENNAN S.O., CHAMBERS G., GEORGE P.M. (1999) - High density lipoprotein (HDL), and not albumin, is the major palmitate binding protein in New Zealand long-finned (*Anguilla dieffenbachii*) and short-finned eel (*Anguilla australis schmidtii*) plasma. *B.B.A.-Protein Struct. M.*, **1429** (2): 467-475.
- VILLARROEL F., CASADO A., AMTHAUER R., CONCHA M.I. (2013) - High density lipoproteins down-regulate transcriptional expression of pro-inflammatory factors and oxidative burst in head kidney leukocytes from rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Fish Shellfish Immun.*, **35** (1): 180-183.

A. GIANGRANDE, M. DEL PASQUA, A. MORGANTE, C. PIERRI*, L. STABILI, M. LICCIANO

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche e Ambientali, Università del Salento,
S.P. 6, Lecce-Monteroni - 73100 Lecce, Italia.
adriana.giangrande@unisalento.it

*Dipartimento di Biologia, Università di Bari, Via Orabona, 4 - 70125 Bari, Italia.

INDAGINE PRELIMINARE SULL'UTILIZZO
DI BIOMASSE DI FILTRATORI
OTTENUTE COME *BY PRODUCT*
NEI SISTEMI IMTA: ANELLIDI POLICHETI

*PRELIMINARY SURVEY ON THE USE
OF FILTER FEEDER BIOMASS
OBTAINED AS BY PRODUCT
IN IMTA SYSTEMS: ANNELIDA POLYCHAETA*

Abstract - In the framework of the project *REMEDIAlife*, concerning the use of several species of *Annelida polychaetes* as bioremediators in an experimental IMTA (integrated multi-trophic aquaculture) system, we proposed the exploitation of their biomass at the end of each production cycle in various sectors such as sport fishing, ornamental aquarium animals and feed production. In the present paper preliminary data on a first market survey are reported in which the possible stakeholders were contacted regarding the exploitation of these biomasses as baits and ornamental aquarium animals.

Key-words: *Sabellidae*, aquaculture, market survey.

Introduzione - Per contenere l'impatto ambientale legato all'eutrofizzazione dell'attività acquacolturale, la ricerca attualmente è indirizzata verso lo sviluppo e l'adozione di pratiche ecocompatibili. Attualmente è in corso di sperimentazione l'utilizzo di diversi organismi "biorimediatori" mantenuti in co-coltura nelle vicinanze delle gabbie sommergibili di allevamento ittico in un sistema autodepurante di acquacoltura multitrofica integrata (IMTA). Tuttavia, la biomassa degli organismi biorimediatori, soprattutto se non eduli, rappresenta essa stessa un "rifiuto" da smaltire. In un progetto in fase di realizzazione nel Mar Grande di Taranto (REMEDIAlife), è in atto una sperimentazione di "nuovi" organismi biorimediatori la cui biomassa può rappresentare un *by-product* di elevato valore commerciale. Si tratta di anellidi policheti filtratori (Sabellidae), la cui biomassa può essere utilizzata in diversi settori quali pesca sportiva, acquariofilia e mangimistica (Stabili *et al.*, 2016). Parallelamente alla risoluzione di vari problemi legati al loro allevamento è stata iniziata un'indagine riguardante i possibili futuri fruitori per lo sfruttamento della loro biomassa in particolare nel settore della pesca sportiva e nell'acquariofilia. È stata quindi intrapresa una ricerca per individuare gli importatori sia di esche che di animali ornamentali e le specie coinvolte. Per quanto riguarda il settore dell'acquariofilia, in un precedente lavoro (Murray *et al.*, 2012), un'analisi relativa all'Europa settentrionale ha rivelato come ogni anno vengano importati circa 170.000 esemplari di vermi raccolti in zone tropicali. Il maggiore importatore, il TMC (*Tropical Marine Center*), ha fornitori in 26 paesi in tutto il mondo e l'89% dell'importazione proviene principalmente da Bali, Singapore e le Filippine. Si tratta di varie specie di Sabellidae del genere *Sabellastarte*. Gli individui vengono prelevati da popolazioni poco dense e con metodi distruttivi per la barriera corallina. Per quanto riguarda il mercato delle esche si stima, invece, una vendita di circa 150 tonnellate all'anno di vermi.

Materiali e metodi - Dopo aver realizzato una ricognizione dei rivenditori a livello nazionale (circa 4000 negozi), è stato ideato un semplice questionario che è stato inviato in formato elettronico a 10 negozi selezionati a caso per ciascuna regione; il questionario mirava, attraverso brevi domande a conoscere la consistenza e la tipologia della vendita e acquisire informazioni circa i fornitori. A livello locale sono stati anche forniti gli animali da testare assieme ad un ulteriore questionario mirato ad individuare l'indice di gradimento dei clienti sui nuovi prodotti proposti appartenenti alla famiglia Sabellidae, in particolare le specie *Sabella spallanzanii* (Gmelin, 1791) *Branchiommia boholense* (Grube, 1878) e *B. luctuosum* (Grube, 1870) prodotti presso l'impianto Maricoltura Mar Grande di Taranto.

Risultati e conclusioni - L'impianto in cui viene sperimentato l'allevamento delle suddette specie è composto di 12 gabbie sommergibili tra le quali sono state poste strutture per l'allevamento in policoltura di mitili, spugne e policheti, realizzando un sistema IMTA innovativo. Oltre alla autoctona *Sabella spallanzanii* le specie utilizzate nella biorimediazione appartengono ad un genere molto affine al genere tropicale *Sabellastarte* e sono entrambe forme introdotte dalla zona Indopacifica. I dati emersi nella nostra indagine indicano che il settore delle esche vive è particolarmente sviluppato in Italia con un volume di 15.000 kg/anno per un valore di circa 100 milioni di Euro, ma i sabellidi, ad eccezione della sola specie *S. spallanzanii* che sembra essere utilizzata in Sardegna, generalmente non si trovano in commercio come esche. Questa indagine preliminare ha mostrato che le esche, conosciute con nomi diversi (tremolina, muriddu, arenicola, saltarello coreano, verme americano), vengono per la maggior parte raccolte in ambiente naturale. Si tratta principalmente di Nereididae tra cui *Hediste diversicolor*, *Perinereis cultrifera*, *Perinereis rullieri*, o di Eunicidae come *Maphysa sanguinea*, principalmente raccolta nella laguna di Venezia, e la vermara *Eunice aphroditoides* raccolta in Adriatico. In Italia esistono già aziende che allevano *Perinereis rullieri* e *Maphysa sanguinea*. L'ASAP (Azienda speciale della Camera di commercio di Venezia per lo sviluppo dell'agricoltura e della pesca) ne ha messo a punto la tecnologia per l'allevamento. Altre specie molto apprezzate come esca e sulle quali esiste già una sperimentazione notevole sono: *Diopatra neapolitana* e *Lumbrineris impatiens*, per le quali però non esiste ancora un protocollo di allevamento produttivo. Anche dall'indagine condotta localmente le esche più usate risultano i Nereididae, per la maggior parte importate dalle coste atlantiche della Francia, ma sono state trovate molte specie esotiche del genere *Perinereis* di cui si deve ancora individuare la zona di provenienza. I primi risultati relativi all'utilizzo di *B. boholensis* come esca, suggeriscono che questa specie non sia molto apprezzata dai pescatori. Il mercato dei vermi ornamentali, invece, sembra non essere particolarmente sviluppato in Italia. Tuttavia, dai primi risultati *B. luctuosum* sembra essere particolarmente apprezzato dagli acquariofili. L'indagine da noi effettuata è comunque ancora all'inizio e l'incremento dei dati potrà confermare o meno tale trend.

Bibliografia

- MURRAY J.M., WATSON G.J., GIANGRANDE A., LICCIANO M., BENTLEY M.G. (2012) - Managing the marine aquarium trade: revealing the data gaps using ornamental polychaetes. *PLoS ONE*, 7 (1), doi: 10.1371/journal.pone.0029543.
- STABILI L., CECERE E., FALZONE M., GIANGRANDE A., LATERZA F., LICCIANO M., NOTARANGELO M., PETROCELLI A., PORTACCI G., SANTAMARIA F., SICURO B. (2016) - Un mangime innovativo da policheti e macroalghe per l'allevamento di stadi giovanili di *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758). *Biol. Mar. Mediterr.*, 23 (1): 167-168.

I. GUARNIERO, A. CARIANI*, V. SULLIOTTI*, A. CASALINI, A. FERRARI*, F. TINTI*, O. MORDENTI

Dipartimento Scienze Mediche Veterinarie, Università di Bologna,
Via Tolara di Sopra, 50 - 40064 Ozzano dell'Emilia (BO), Italia.
ilaria.guarniero@unibo.it

*BIGEA, Università di Bologna, Via Sant'Alberto, 163 - 48123 Ravenna, Italia.

ACQUACOLTURA DI SPECIE EMERGENTI: GENOTIPIZZAZIONE E PEDIGREE IN *ANGUILLA ANGUILLA*, PRIMI RISULTATI

AQUACULTURE OF EMERGING SPECIES: GENOTYPING AND PEDIGREE RECONSTRUCTION IN ANGUILLA ANGUILLA, FIRST RESULTS

Abstract - *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758) is a critically endangered species, whose existence in the wild is highly threatened by human activities and is included in the IUCN Red List of threatened species as "Critically Endangered". Restocking and captive breeding programs designed to preserve the residual genetic variability should represent the future for conservation of this species. In this perspective, the present study aims to increase the knowledge about the mechanisms at the basis of reproduction of the European eel in semi-natural conditions, through paternity assignment. Here we show the very first parental assignment results of a plenty successful reproductive event that occurred in 2016: four families of European eel founded by four females plus 11 males in different mixes and their progeny, for a total of 206 samples. Parental allocations revealed the presence of different percentage of success of males in fertilizing eggs, with two "super-males" at the top of the productivity, with the 19.9% and 18.8% of total larvae (males 128 and 129) and two "weak-males" at the end of the distribution of productivity curve (males 134 and 135). Since the artificial reproduction of European eel is a very challenging topic for world aquaculture, these first results may help in drawing future breeding plans aimed both to increase the productivity for human consumption and to develop restocking plans in order to reduce the speed of decrease in worldwide stocks of European eels.

Key-words: aquaculture, stocking (organisms), breeding, parental assignment, *Anguilla anguilla*.

Introduzione - L'anguilla europea, *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758), è una specie che negli ultimi 45 anni ha mostrato grossi segni di declino degli stock, principalmente a causa di fattori antropici quali l'eccessivo sforzo di pesca e il degrado degli habitat. Per questo motivo nel 2009 è stata inserita nella IUCN Red List delle specie a rischio e classificata come "critically endangered". Programmi di ripopolamento ittico accompagnati da opportuni disegni di riproduzione artificiale volti al mantenimento e massimizzazione della variabilità genetica residua potrebbero rappresentare il futuro per la conservazione di questa specie, come già è stato fatto per altre specie a rischio quale lo storione cobice (Guarniero *et al.*, 2017 e relativi riferimenti). Lo scopo del presente lavoro è indagare per via indiretta tramite assegnamento di parentela, come interagiscano maschi e femmine di *A. anguilla* opportunamente stimolate e messe in condizioni di riprodursi in maniera semi-naturale. Dieci loci microsatelliti specie-specifici sono stati utilizzati per assegnare le paternità in 4 diverse famiglie di anguilla europea generate in condizioni seminaturali negli impianti del CdS in Acquacoltura e Ittiopatologia di Cesenatico (UNIBO). I risultati ottenuti hanno mostrato come i maschi di questa specie mai indagata prima da questo punto di vista, a parità di trattamento ormonale, abbiano presentato un range di produttività molto vario.

Materiali e metodi - 206 esemplari totali fra adulti (4 femmine e 11 maschi) e larve (191) sono stati collezionati nel 2016 e genotipizzati sulla base di 10 loci microsatellite specie-specifici (Daemen *et al.*, 2001; Pujolar *et al.*, 2009). I dati ottenuti sono stati

successivamente analizzati con Peak Scanner 1.0 e sottoposti a Cervus 3.0.7 per il calcolo dei principali parametri genetici quali numero di alleli per locus Na, presenza di alleli nulli, He/Ho, PIC, HWE e per l'assegnamento di paternità.

Risultati - Grazie ai buoni valori di PIC osservati nei loci scelti per l'analisi (0,794-0,689), tutti gli esemplari analizzati hanno fornito un genotipo completo e sufficientemente diverso da garantire il 100% di successo nella definizione della paternità nelle larve analizzate. In particolare, si è osservato che tutti i maschi utilizzati sono stati in grado di fertilizzare in modo naturale la propria femmina anche se con risultati estremamente diversi, con maschi *top* che da soli hanno prodotto il 19,9% e 18,8% delle larve totali e maschi *low* che pur avendo ricevuto il medesimo trattamento di stimolazione ormonale (Mordenti *et al.*, 2014) sono stati in grado di produrre solamente lo 0,5-1% delle larve. Si è inoltre osservato che i quattro maschi utilizzati in diverse riproduzioni successive sono stati in grado di produrre prole tutte le volte, nonostante lo stress generato dalle precedenti riproduzioni. Per quanto riguarda invece l'analisi dei principali parametri genetici, gli adulti hanno mostrato una buona variabilità genetica in quanto prelevati da ambiente naturale, mentre l'analisi delle singole famiglie ha mostrato come diversi loci siano risultati in significativo disequilibrio, come per altro atteso dato il numero esiguo di riproduttori utilizzati (una femmina e da 3 a 4 maschi per ogni singolo evento riproduttivo).

Conclusioni - Questo studio pilota ha permesso di osservare come questa specie se messa in condizioni semi-naturali di riproduzione, presenti un comportamento simile ad altre specie a biologia nettamente diversa (Guarniero *et al.*, 2010), con pochi maschi dominanti e altri che partecipano solo marginalmente agli eventi riproduttivi, nonostante l'applicazione di un unico protocollo standardizzato di stimolazione. Si è evidenziato inoltre come lo stesso maschio sia in grado di generare prole indipendentemente dalla presenza di eventi riproduttivi precedenti (cosa che in natura al momento non è mai stata documentata). Si auspica che questo studio pilota possa fornire i dati e gli spunti necessari per la messa a punto di nuovi protocolli volti ad ottimizzare futuri programmi di accoppiamento, opportunamente disegnati per massimizzare la variabilità residua in questa specie e contribuire così ad aumentare la resa degli accoppiamenti destinati sia al mercato, sia al ripopolamento ittico.

Bibliografia

- DAEMEN E., CROSS T., OLLEVIER F., VOLCKAERT F.A.M. (2001) - Analysis of the genetic structure of European eel (*Anguilla anguilla*) using microsatellite DNA and mtDNA markers. *Mar. Biol.*, **139** (4): 755-764.
- GUARNIERO I., MANDELLI M., STANCAMPIANO L., CARIANI A., GOVONI N., PARMEGGIANI A., BARBONI D., MORDENTI O. (2017) - Genotyping, pedigree reconstruction and endocrinological characterization of *Acipenser naccarii* (Bonaparte, 1836) using microsatellite markers and plasma steroid levels. *Aquac. Res.*, **48** (11): 5550-5560.
- GUARNIERO I., PARMA L., RONGAI F., BONALDO A., TRENTINI M., GATTA P. (2010) - Parentage assignment of common sole, *Solea solea* larvae inferred by microsatellites: preliminary data. Proceedings of Aquaculture Europe 2010. Porto (Portugal), October 5-8, 2010: 534-535.
- MORDENTI O., CASALINI A., MANDELLI M., DI BIASE A. (2014) - A closed recirculating aquaculture system for artificial seed production of the European eel (*Anguilla anguilla*): technology development for spontaneous spawning and eggs incubation. *Aquacult. Eng.*, **58**: 88-94.
- PUJOLAR J.M., DE LEO G.A., CICCOTTI E., ZANE L. (2009) - Genetic composition of Atlantic and Mediterranean recruits of European eel *Anguilla anguilla* based on EST-linked microsatellite loci. *J. Fish Biol.*, **74** (9): 2034-2046.

A. MANDICH^{1,2}, D. MONTEGGIA¹, F. MARADONNA³, A. REBOA¹, C. ANGELINI¹,
M. BONALDO^{1,2}, P. GALLO⁴, D.G. MITA², O. CARNEVALI^{2,3}

¹Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita (DISTAV), Università di Genova,
Corso Europa, 26 - 16132 Genova, Italia.

²INBB, Consorzio Interuniversitario Biosistemi e Biostrutture, Roma, Italia.
mandich@unige.it

³Dipartimento di Scienze della Terra e della Vita, Università Politecnica delle Marche, Ancona, Italia.

⁴Dipartimento di Chimica, Istituto Zooprofilattico Sperimentale del Mezzogiorno, Portici (NA), Italia.

HEPATIC ALTERATIONS IN GILTHEAD SEA BREAM JUVENILES EXPOSED BY FOOD TO MIXTURES OF POLLUTANTS

ALTERAZIONI EPATICHE IN GIOVANILI DI ORATA ESPOSTI PER VIA ALIMENTARE A MISCELE DI INQUINANTI

Abstract - In this study, to investigate the impact of feed contamination on the hepatic functionality, we verified morphological endpoints and enzymatic activity alterations in the liver of the gilthead sea bream (*Sparus aurata* Linnaeus, 1758) juveniles. Fish were exposed for 21 days to the Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs): Bisphenol A and two alkylphenols (4-nonylphenol and 4-t-octylphenol), in mixtures, at "environmental concentration". Exposed juveniles showed significant alteration both in the morphology and in the enzymatic activities even not so wide as expected in respect to the single contaminants.

Key-words: sea bream, Bisphenol A, alkylphenols, mixtures, liver.

Introduction - The gilthead sea bream is a common euryaline and eurythermal Mediterranean species. It is very sensitive to any environmental pollutants and very frequently used for toxicological research. Severe and/or prolonged physiological and biochemical variations in organs due to chemicals can lead to structural alterations. Thus, histological analysis represents a useful tool to study toxic effects on organisms under mild or long time exposure to xenobiotics. Liver histo- and cytopathology have been demonstrated suitable biomarkers to study liver toxicity and lipid metabolism alteration in sea bream juveniles exposed to the EDCs bisphenol A (BPA), 4-nonylphenol (NP) and 4-t-octylphenol (*t*-OP) (Traversi *et al.*, 2014; Maradonna *et al.*, 2015). In this study, histological endpoints as well as enzymatic activities in the liver were successfully used as biomarkers of the effects on the hepatic structure of juvenile gilthead sea bream exposed *via diet* to "environmental" concentrations of NP, *t*-OP and BPA in mixtures. All the exposed fish showed hepatic alterations though of different extent and type among the four combinations of the three contaminants.

Materials and methods - After 30 days acclimatization, sea bream juveniles (BW 10 gr) were divided into groups of 20 specimens, in duplicates and fed (2.5% BW) once a day for 21 days as follows: 1) controls (Cr) on commercial pelleted food, 2) fish exposed to commercial food enriched with 5 mg/kg BW of each contaminant in several combination: NP_*t*-OP, NP_BPA, *t*-OP_BPA and a MIX of all). At the end of the exposure, fish were sacrificed in an excess of anesthetic (MS222, Sigma-Aldrich) and livers were fixed for morphological studies or immediately frozen and stored at -80 °C for enzymatic activities. The content of contaminants of the food was verified by chemical analysis, as well as water samples at day 21. Histopathological alterations were qualitatively described in 5 µm thick sections, stained with haematoxylin and eosin (H&E) and subsequently analyzed in a semi-quantitative way by ranking the severity of lesions as to belong to grade following Richardson *et al.* (2010). Alteration

of biotransformation was measured as ethoxyresorufin-O-deethylase (EROD) activity (phase I) and glutathione-S-transferase (GST) activity (phase II). The effects on the activity of antioxidant defences has been determined by measuring catalase (CAT) activity (Traversi *et al.*, 2014).

Results - Significant increase in lipid accumulation in hepatocytes was observed in all exposed fish except in the NP_t-OP, effect enhanced in exposed to MIX (Fig. 1A). All the fishes showed the occurrence of morphological endpoints even if differently in the 4 exposed groups: in particular the most representative were hydropic change for NP_t-OP, NP_BPA and t-OP_BPA and congestion of vessels and hyalinization for MIX. Ceroids have never been described. The impact of the exposure to contaminants on EROD, GST and Cat activities is shown in Fig. 1B.

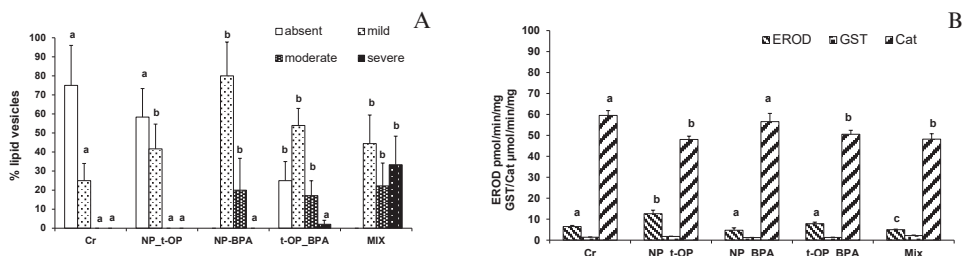


Fig. 1 - A) Mean values \pm ES of the occurrence of lipids (absent, mild, moderate, severe) and B) mean values \pm ES of EROD, GST and Cat activities in the liver of Cr and NP_t-OP, NP_BPA, t-OP_BPA, MIX sea bream juveniles. Different letters indicate significant differences ($p < 0.05$) compared to control (one-way anova, Fisher test). $N=15$.

A) Media \pm ES di lipidi (assente, lieve, blando severo) e B) media \pm ES di attività EROD, GST e Cat nel fegato di giovanili Cr ed esposti alle miscele NP_t-OP, NP_BPA, t-OP_BPA, MIX. Lettere diverse indicano differenze significative ($p < 0,05$) rispetto al controllo (ANOVA a una via, test di Fisher). $N=15$.

Conclusions - Toxic effects on the liver exerted by mixtures of 3 EDCs were of different size and type due to interactions, synergic or antagonistic, among compounds which can lead to a lighter or more pronounced final effect than that observed for individual substances at the same concentration (Traversi *et al.*, 2014).

References

- MARADONNA F., NOZZI V., SANTANGELI S., TRAVERSI I., GALLO P., FATTORE E., MITA D.G., MANDICH A., CARNEVALI O. (2015) - Xenobiotic-contaminated diets affect hepatic lipid metabolism: implications for liver steatosis in *Sparus aurata* juveniles. *Aquat. Toxicol.*, **167**: 257-264.
- RICHARDSON N., GORDON A.K., MULLER W.J., PLETSCHE B.I., WHITFIELD A.K. (2010) - The use of liver histopathology, lipid peroxidation and acetylcholinesterase assays as biomarkers of contaminant induced stress in the Cape stumpnose, *Rhabdosargus holubi* (Teleostei: Sparidae), from selected South African estuaries. *Water SA*, **36** (4): 407-415.
- TRAVERSI I., GIOACCHINI G., SCOROLLI A., MITA D.G., CARNEVALI O., MANDICH A. (2014) - Alkylphenolic contaminants in the diet: *Sparus aurata* juveniles hepatic response. *Gen. Comp. Endocrinol.*, **205**: 185-196.

Research Project RF-2009-1536185 "Food and environmental safety: the problem of the endocrine disruptors", funded by the Italian Ministry of Health.

L. MURA, G. SANNA, P. COSSU*, M. CASU*, R. FLORIS, S. SERRA, N. FOIS

Agris Sardegna, Località Bonassai, Olmedo (SS), Italy.
lmura@agrisricerca.it

*Dipartimento di Medicina Veterinaria, University of Sassari, Via Muroni, 25 - 07100 Sassari, Italy.

GENETIC VARIATION BETWEEN WILD
AND HATCHERY *MUGIL CEPHALUS* (LINNAEUS, 1758)
POPULATIONS IN SARDINIA ISLAND

*VARIABILITÀ GENETICA TRA POPOLAZIONI SELVATICHE
E DI ALLEVAMENTO DI MUGIL CEPHALUS
(LINNAEUS, 1758) IN SARDEGNA*

Abstract - In this study we used the microsatellite markers in order to evaluate if strains of hatchery reared *Mugil cephalus* suffered a loss of genetic diversity with respect to the wild populations. A loss of genetic variability was detected in the hatchery strains compared to the wild samples. The knowledge of genetic patterns based on these molecular markers can aid for a proper fish resource management.

Key-words: *Mugil cephalus*, hatchery strain, wild population, genetic diversity, microsatellite DNA.

Introduction - *Mugil cephalus* is an euryhaline fish species with a worldwide circumtropical distribution. Hatchery reared fish are often produced by a smaller number of breeders with respect to the natural populations and many authors warned against the potential reduction in genetic variability under hatchery conditions (Norris *et al.*, 1999). Monitoring the levels of genetic variation in hatchery and wild populations is the key to prevent genetic changes in the latter, such as loss of genetic variability, loss of environmental adaptation and changes of population structure. The aim of this study was to evaluate patterns of genetic diversity in a hatchery and four wild populations of *M. cephalus* using microsatellite DNA markers.

Materials and methods - A total of 319 *M. cephalus* specimens was analysed; 186 wild samples (WP) were collected from Sardinian lagoons: Tortoli (TO, 50), Cabras (CA, 52), Mistras (MI, 35), Porto Pino (PP, 49) and 120 hatchery fish coming from two different reproduction cycles (HP2, 37, and HP3, 83). Moreover, 13 hatchery breeders (BC) caught from Cabras and Mistras lagoons (6 females and 7 males) were genotyped as well. Genomic DNA purified from fish fin-clips was used for genotyping individuals of *M. cephalus* at 11 microsatellite markers (Mce7, Mce22, Mce11, Mce24, Muce14, Muce6, Mcs15AM, Mcs15AM, Mcs16DM, Mcs1EH), which were multiplexed and scored with ABI 3130xl Genetic Analyser. Hardy-Weinberg equilibrium (HWE) and linkage disequilibrium (LD) were tested using GENEPOP 4.6 (Rousset, 2008). Raw SSR data were tested for potential null-alleles, stuttering, and large allele dropout with MICRO-CHECKER 2.2.3 program (Van Oosterhout *et al.*, 2004). Expected and observed heterozygosity (H_e and H_o), number of alleles (N_a) and number of effective alleles (N_e) per locus were obtained with GenA1Ex 6.5 (Peakall and Smouse, 2012). Allelic richness (A_p) was estimated using FSTAT 2.9.3 (Goudet, 2001). The software Bottleneck 1.2.02 (Cornuet and Luikart, 1996) was used to infer a population decline, testing the excess of heterozygosity with a Wilcoxon signed rank test. Pairwise F_{ST} values were estimated among each population pair. The False Discovery Rate (FDR) was applied to correct multiple probability values (Benjamini and Yekutieli, 2001).

Results - Locus Mce11 displayed an excess of homozygotes, which was corrected for the presence of null alleles. Significant LD was found at 33 out of 315 loci pairs

after adjusting probabilities for multiple comparisons; LD was found in HP2 hatchery and MI wild population. Hardy-Weinberg disequilibrium was observed at several loci in the HP population and this was probably due to the small number of breeders employed in the hatchery. The number of alleles per locus ranged from 2 to 25, the mean N_a within each population ranged from 3.9 ± 0.722 in HP2 hatchery population to 8.1 ± 1.524 and 13.09 ± 2.084 in breeders and PP wild population, respectively. The mean N_e ranged between 2.811 ± 0.447 in HP, 5.09 ± 1.118 and 6.4 ± 1.362 in BC and WP, respectively. Allelic richness was reduced in the hatchery population related to the wild populations. The mean H_o per locus ranged from 0.694 ± 0.108 in HP2 population, 0.67 ± 0.062 in BC and 0.756 ± 0.060 in PP, and H_o from 0.57 ± 0.069 in HP2, 0.64 ± 0.058 in BC to 0.78 ± 0.047 in PP. However, not significant decrease in H_e was found among hatchery and wild populations (One-tailed Mann-Whitney U test, $W=34$, $P=0.124$). Hatchery population exhibited a heterozygosity excess, which indicate the signs of a bottleneck in hatchery strains. Both wild populations and breeders showed a normal L-shaped distribution. Global F_{ST} over all loci was 0.074 ($P=0.0001$). Significant genetic differentiation was found between hatchery and wild populations, but any genetic divergence was found between all wild populations and BC, indicating that the wild populations were genetically homogeneous.

Conclusions - In this study a reduction in the number of microsatellite alleles was detected in the hatchery population, although there was no significant difference in the H_e values among the samples, as observed by An *et al.* (2011). Even though the breeders were representative of natural populations, hatchery samples suffered from founder events; indeed not all breeders gave a progeny. In conclusion, this study demonstrated that monitoring genetic variability during hatchery activity can be useful to verify if genetic variation of natural populations is preserved.

References

- AN H.S., KIM E.-M., LEE J.-H., NOH J.K., AN C.M., YOON S.J., PARK K.D., MYEONG J.-I. (2011) - Population genetic structure of wild and hatchery black rockfish *Sebastes inermis* in Korea, assessed using cross-species microsatellite markers. *Genet. Mol. Res.*, **10** (4): 2492-2504.
- BENJAMINI Y., YEKUTIELI D. (2001) - The control of the false discovery rate in multiple testing under dependency. *Ann. Statist.*, **29** (4): 1165-1188.
- CORNUET J.M., LUIKART G. (1996) - Description and power analysis of two tests for detecting recent population bottlenecks from allele frequency data. *Genetics*, **144** (4): 2001-2014.
- GOUDET J. (2001) - FSTAT, a program to estimate and test gene diversities and fixation indices (version 2.9.3). Updated from Goudet, 1995. University of Lausanne, Lausanne, Switzerland. Available from <http://www2.unil.ch/popgen/softwares/fstat.htm>.
- NORRIS A.T., BRADLEY D.G., CUNNINGHAM E.P. (1999) - Microsatellite genetic variation between and within farmed and wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) populations. *Aquaculture*, **180** (3-4): 247-264.
- PEAKALL R., SMOUSE P.E. (2012) - GenAlEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research - An update. *Bioinformatics*, **28** (19): 2537-2539.
- ROUSSET F. (2008) - GENEPOP'007: a complete re-implementation of the GENEPOP software for Windows and Linux. *Mol. Ecol. Res.*, **8** (1): 103-106.
- VAN OOSTERHOUT C., HUTCHINSON W.F., WILLS D.P.M., SHIPLEY P. (2004) - MICRO-CHECKER: software for identifying and correcting genotyping errors in microsatellite data. *Mol. Ecol. Notes*, **4** (3): 535-538.

A. PETROCELLI, G. PORTACCI, V. RUSSO*, E. CECERE

IRSA-CNR, Sede di Taranto, Via Roma, 3 - 74123 Taranto, Italia.
antonella.petrocelli@irsa.cnr.it

*South Agro, Vico Cadorna, 4 - 74027 S. Giorgio J. (TA), Italia.

BIOSTIMOLANTI PER L'AGRICOLTURA DA MACROALGHE: PROGETTO PRELIMINARE NEI MARI DI TARANTO

AGRICULTURAL BIOSTIMULANTS FROM MACROALGAE: A PRELIMINARY PROJECT IN THE TARANTO SEAS

Abstract - Seaweed extracts used as biostimulants in agriculture proved able to mitigate biotic and abiotic stress, such as drought, and extreme values of salinity and temperature. In this respect, climatic change impact on agriculture fostered the sustainable production of algal biomass. For this reason, the ability of the Rhodophycean *Hypnea cornuta* and *Spyridia filamentosa* to settle on artificial substrata was tested in the Mar Piccolo of Taranto. Results were encouraging for further experiments aiming to the production of extracting biomasses.

Key-words: biostimulants, cultivation, *Hypnea cornuta*, Mediterranean Sea, *Spyridia filamentosa*.

Introduzione - Il cambiamento climatico in atto sta compromettendo lo sviluppo sostenibile in tutto il pianeta (<https://tinyurl.com/ya6loaoo>). Ad esempio, nel settore agricolo, le rese delle coltivazioni si sono dimostrate già in evidente declino a causa dell'incremento di temperatura (IPCC, 2012). È noto che alcune sostanze, dette biostimolanti, hanno la capacità di aumentare la tolleranza delle piante agli stress abiotici, tra cui siccità e valori estremi di salinità e temperatura (Calvo *et al.*, 2014). Ad esempio, si è visto che gli estratti liquidi di alcune macroalghe possono determinare un miglioramento dello sviluppo delle radici e dell'assorbimento dei nutrienti in pomodori, mais, fragole e uva (Calvo *et al.*, 2014). Nell'ambito di una partnership tra stakeholder del settore pubblico e privato, finalizzata alla produzione di biomasse macroalgali da cui estrarre biostimolanti per l'agricoltura, nel Mar Piccolo di Taranto è stato condotto un esperimento preliminare di colonizzazione con *Hypnea cornuta* (Kützing) J. Agardh (Rhodophyta, Gigartinales), che ha mostrato un buon contenuto in sostanze promotrici della crescita (PGR) (V. Russo, dati non pubblicati). È stata testata la capacità della specie di insediarsi su substrati artificiali nudi immersi all'interno di un popolamento macroalgale preesistente. I risultati preliminari ottenuti si sono dimostrati incoraggianti ai fini della possibile produzione di biomasse.

Materiali e metodi - Lo studio, della durata di 3 mesi, è stato condotto nel periodo tardo estivo-autunnale nel 2016, nella zona nord orientale del Secondo Seno del Mar Piccolo (Fig. 1), ad una profondità di circa 50 cm. Alla fine di agosto, sono state immerse due serie di 9 cime da 1 m in polipropilene: una all'interno di un denso popolamento di *H. cornuta* e dell'epifita *Spyridia filamentosa* (Wulfen) Harvey (Rhodophyta, Ceramiales) (in) e un'altra in una zona priva di vegetazione (out). Le unità sperimentali sono state fotografate circa ogni 40 giorni con una Olympus Stylus TG-4 Fotocamera Digitale 16 Mpx. La percentuale di ricoprimento delle superfici è stata ricavata attraverso l'utilizzo del programma Image J 1.48 (National Institute of Health, <https://imagej.nih.gov/nih-image/>).

Risultati - Al termine del periodo sperimentale, le cime immerse all'interno del popolamento erano densamente ricoperte (fino al 60%) di talli di *H. cornuta*, con una minima percentuale (<10%) di *S. filamentosa*. Le cime immerse nella zona priva di vegetazione non presentavano ricoprimento con *H. cornuta*, mentre erano densamente (fino al 60%) colonizzate da talli di *S. filamentosa* (Fig. 2).

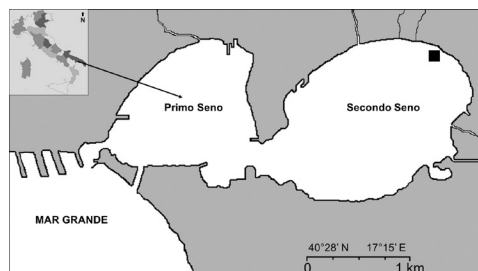


Fig. 1 - Mar Piccolo di Taranto, (■) area di studio.
Mar Piccolo of Taranto, (■) study area.

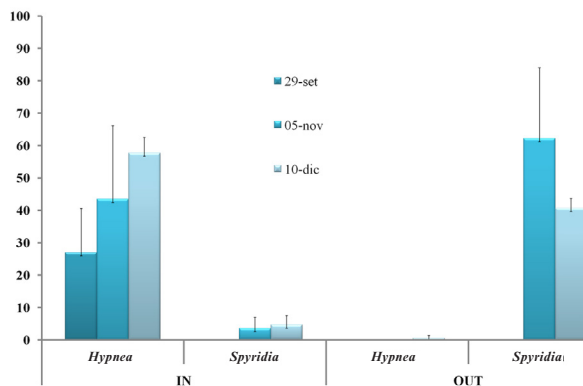


Fig. 2 - Copertura di *H. cornuta* e *S. filamentosa* sulle cime immerse.

Coverage of *H. cornuta* and *S. filamentosa* on the immersed ropes.

Conclusioni - *Hypnea cornuta* è caratterizzata dalla presenza di propaguli idonei alla riproduzione vegetativa e alla diffusione della specie, e che fungono anche da organi di resistenza. Pertanto, è facilmente ipotizzabile che la colonizzazione delle corde immerse nel popolamento preesistente da parte di questa specie sia dovuta alla presenza di tali organi. Poiché studi precedenti hanno mostrato che la produzione di propaguli da parte della specie è continua e copiosa da maggio a settembre (Petrocelli *et al.*, 2013), sono state avviate ricerche, tuttora in atto, finalizzate alla realizzazione di un impianto pilota, che potrebbero inserirsi in ambito regionale, nel Piano Strategico denominato: “Taranto Futuro Prossimo” (L.R. 25/01/18, n. 2) (<https://tinyurl.com/y8cr451a>), ma anche nella sfida globale per contribuire a garantire produzioni di biomasse sostenibili e resilienti (<https://tinyurl.com/ya6loaoo>). Il possibile sfruttamento della biomassa di *S. filamentosa*, anch'essa specie formante propaguli (Cecere *et al.*, 2011), sarà altresì valutato.

Bibliografia

- CALVO P., NELSON L., KLOPPER J.W. (2014) - Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil*, **383** (1-2): 3-41.
- CECERE E., PETROCELLI A., VERLAQUE M. (2011) - Vegetative reproduction by multicellular propagules in Rhodophyta: an overview. *Mar. Ecol.*, **32** (4): 419-437.
- IPCC (2012) - Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. In: Field C.B., Barros V., Stocker T.F., Qin D., Dokken D.J., Ebi K.L., Mastrandrea M.D., Mach K.J., Plattner G.-K., Allen S.K., Tignor M., Midgley P.M. (eds), *A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press: 582 pp.
- PETROCELLI A., VERLAQUE M., PORTACCI G., CECERE E. (2013) - About twelve years of presence of the alien species *Hypnea cornuta* (Rhodophyta, Gigartinales) in the Mar Piccolo di Taranto (Ionian Sea, southern Italy). *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, **40**: 596.

L. STABILI^{1,2}, M.I. ACQUAVIVA¹, E. CECERE¹, A. GIANGRANDE², M. NARRACCI¹,
A. PETROCELLI¹, R.A. CAVALLO¹

¹Istituto di Ricerca sulle Acque - S.S. di Taranto - CNR, Via Roma, 3 - 70400 Taranto, Italia.

²DiSTeBA, Università del Salento, Via Prov.le Lecce-Monteroni - 73100 Lecce, Italia.
loredana.stabili@irsa.cnr.it

IL PROGETTO REMEDIA-LIFE E L'IMPIEGO DI MACROALGHE COME BIORIMEDIATORI: SFRUTTAMENTO DELLE LORO BIOMASSE PER FINI BIOTECNOLOGICI

THE REMEDIA-LIFE PROJECT AND THE USE OF MACROALGAE AS BIOREMEDIATORS: EXPLOITATION OF THEIR BIOMASS FOR BIOTECHNOLOGICAL PURPOSES

Abstract - In this work we report the presence of an antibacterial activity in the lipidic extract of seaweeds collected in the northern Ionian Sea, Italy. The algal lipidic extracts of some species show an antibacterial activity against the two human pathogenic *Enterococcus* sp. and *Streptococcus agalactiae* as well as all several *Vibrio* species. Thus, the macroalgal biomass obtained in an aquaculture ecofriendly system could be biotechnologically exploited as a source of bioactive compounds.

Key-words: macroalgae, antibacterial activity, Ionian Sea.

Introduzione - Il Progetto REMEDIA Life (*RE*mediation of Marine Environment and Development of Innovative Aquaculture: exploitation of edible/not edible biomass, LIFE16 ENV/IT/000343) finanziato dalla Comunità Europea prevede, per la prima volta in Europa, l'utilizzo di un sistema integrato di acquacoltura multitrofica (IMTA) che oltre all'allevamento dei pesci include un nuovo set di organismi biorimediatori quali policheti, poriferi, mitili e macroalghe. Le macroalghe in particolare vengono inserite nel set degli organismi biorimediatori in quanto alcune specie sono in grado di abbattere il carico di azoto e fosforo prodotto dall'allevamento ittico. Il Progetto mira a dimostrare che le tecnologie di biorimediazione sviluppate possono essere applicate con successo ad un impianto di maricoltura in ambiente confinato con ricadute positive nel settore specifico e nell'ottica dell'utilizzo biotecnologico e commercializzazione a chilometro zero delle biomasse prodotte. In particolare, la biomassa della macroalghe prodotte può essere impiegata per l'estrazione di principi attivi ad azione antibatterica. Recenti studi, infatti, hanno dimostrato che le alghe sono la fonte di una vasta e diversificata gamma di metaboliti secondari con proprietà antibatteriche, antifungine, antitumorali ed antinfiammatorie (Dhargalkar e Verlecar, 2009; Pérez *et al.*, 2016) nell'ambito del crescente sviluppo delle biotecnologie. La coltivazione di macroalghe in IMTA costituisce un valore aggiunto in quanto, essendo i composti antimicrobici prodotti da alcune di esse tolleranti al sale, possono essere utilizzati nel controllo dei patogeni di pesci o crostacei in acquacoltura marina in cui le elevate concentrazioni saline potrebbero ridurre l'efficacia degli antibiotici convenzionali. Il presente lavoro ha avuto lo scopo di verificare la presenza di un'attività antibatterica nell'estratto lipidico di alcune macroalghe presenti lungo le coste pugliesi e che saranno selezionate per la coltivazione in impianto nell'ambito del progetto REMEDIA Life.

Materiali e metodi - Le macroalghe provengono dai popolamenti del Mar Ionio e sono state raccolte nei periodi di massima biomassa. Sono state considerate le seguenti specie: *Cladophora rupestris*, *Chaetomorpha linum*, *Gracilariopsis longissima*, *Gracilaria dura*, *Undaria pinnatifida*, *Hypnea cornuta*, *Gracilaria gracilis*, *Ulva*

prolifera e *Cystoseira barbata*. L'estratto algale è stato ottenuto mediante l'utilizzo di un estrattore soxhlet con una soluzione di cloroformio/metanolo 2:1 a 55 °C per 24 ore. L'estratto è stato utilizzato per valutare l'attività antimicrobica nei confronti di alcuni ceppi batterici appartenenti al genere *Vibrio* coltivati in *Marine Broth* e verso due patogeni umani *Enterococcus* sp. e *Streptococcus agalactiae* coltivati in *Nutrient Broth*. Per l'esecuzione del saggio di attività antibatterica un'aliquota pari a 100 µL di ciascuna sospensione batterica è stata seminata per "spread plate" su piastre contenenti 20 mL di Marine Agar (per i batteri marini) o Plate Count Agar (per i patogeni umani) secondo procedure già standardizzate (Stabili *et al.*, 2011). Su ogni piastra, sono stati adagiati dischetti di carta Whatman N° 1 sterili imbevuti con 30 µL dei differenti estratti algali (concentrazione pari a 5 mg/mL di estratto secco in etanolo) (Bauer *et al.*, 1966). Il controllo era rappresentato da dischetti imbevuti con 30 µL del solo solvente.

Risultati - L'estratto lipidico di *C. rupestris* è stato in grado di inibire la crescita dei due patogeni *Enterococcus* sp. e *Streptococcus agalactiae* e molte delle specie di *Vibrio* utilizzate (*V. metschnikovii*, *V. fluvialis*, *V. cholerae* non O-1, *V. vulnificus*, *V. salmonicida* e *V. ordalii*). *Chaetomorpha linum* ha agito contro *V. ordalii* e *V. vulnificus*. *Gracilariopsis longissima* ha avuto attività contro *V. fluvialis*, *V. cholera* non O-1, *V. ordalii*, *V. salmonicida*, *V. alginolyticus* e *V. vulnificus*. *Gracilaria dura* e *Undaria pinnatifida* hanno inibito la crescita di *V. fluvialis*, *V. cholerae* non O-1, *V. ordalii* e *V. alginolyticus*. *Hypnea cornuta* ha inibito *Enterococcus* sp., *V. fluvialis* e *V. cholerae* non O-1. *Gracilaria gracilis* ha agito contro *V. fluvialis*, *V. cholera* non O-1 e *V. salmonicida*. *Ulva prolifera* è stata attiva solo nei confronti di *V. ordalii* e *Cystoseira barbata* ha inibito *V. alginolyticus* e *V. vulnificus*.

Conclusioni - Le attività antibatteriche evidenziate sono molto interessanti dato che alcuni estratti lipidici agiscono contro alcuni patogeni umani tra cui lo *Streptococcus agalactiae* responsabile della meningite infantile e verso alcuni vibrioni. Tra questi ultimi vi sono diversi potenziali patogeni per gli organismi marini allevati responsabili delle cosiddette vibriosi la cui lotta costituisce uno dei principali problemi in acquacoltura. I risultati ottenuti offrono pertanto una prospettiva riguardo alla possibilità dello sfruttamento biotecnologico delle alghe esaminate. Nel prosieguo delle ricerche verranno valutate le rese in composti bioattivi in relazione alle biomasse prodotte in vista di eventuali prototipi farmaceutici da realizzare. Non è neppure da sottovalutare il potenziale impiego degli stessi principi in nutraceutica.

Bibliografia

- BAUER A.W., KIRBY W.M.M., SHERRIS J.C., TURCK M. (1966) - Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *Am. J. Clin. Pathol.*, **45** (4): 493-496.
- DHARGALKAR V.K., VERLECAR X.N. (2009) - Southern Ocean seaweeds: a resource for exploration in food and drugs. *Aquaculture*, **287** (3-4): 229-242.
- PÉREZ M.J., FALQUÉ E., DOMÍNGUEZ H. (2016) - Antimicrobial action of compounds from marine seaweed. *Mar. Drugs*, **14** (3), doi: 10.3390/md14030052.
- STABILI L., ACQUAVIVA M.I., BIANCOLINO F., CECERE E., LO NOCE R., NARRACCI M., PETROCELLI A., CAVALLO R.A. (2011) - Antibacterial activity of *Cladophora rupestris* (Chlorophyta, Cladophorales) lipidic extract. *Biol. Mar. Mediterr.*, **18** (1): 102-103.

Tema

BIODIVERSITÀ E CONSERVAZIONE IN
AMBIENTI MARINI COSTIERI ANTROPIZZATI

C.G. DI CAMILLO, D. PICA, S. PUCE, C. CERRANO

Dipartimento Scienze della Vita e dell'Ambiente (DiSVA), Università Politecnica delle Marche,
Via Brece Bianche - 60131 Ancona, Italia.
c.dicamillo@staff.univpm.it

FOULING HYDROIDS ON MUSSEL FARMS: A POSSIBLE MODEL IN THE STUDY OF TEMPORAL NICHE DYNAMICS IN MARINE ENVIRONMENT

IDROIDI DEL FOULING NEGLI IMPIANTI DI MITILICOLTURA: UN POSSIBILE MODELLO PER LO STUDIO DELLE DINAMICHE DELLE NICCHIE TEMPORALI IN AMBIENTE MARINO

Abstract - The Italian side of the Adriatic Sea hosts the most extended mussel culture systems in Italy (over 1,400,000 linear metres, excluding Apulia). Ropes and mesh sleeves represent artificial substrates available for settlement of fouling species. In the Mediterranean Sea, the hydroid *Ectopleura crocea* is rare or absent on both natural and artificial substrates in sheltered places, while it occurs on anthropogenic structures placed in open waters, suggesting that the species could have a wide distribution on artificial substrates situated offshore (buoys, ropes, chains, fish cages, mussel farms). A survey involving mussel farmers revealed the presence of two large hydroid species - *Ectopleura crocea* and *Pennaria disticha* - settling on mussel culture plants along the western Adriatic Sea. The two species show different temporal niches and their occurrence only partially overlaps: *E. crocea* has been observed from autumn to late spring, while *P. disticha* from late spring to early autumn. For the first time, *P. disticha* has been recorded in the northern part of the Adriatic Sea. Further studies could highlight possible relationships between the considered hydroids and the reared mussels. Moreover, the monitoring of the fluctuating assemblage of a thermophilous (*Pennaria disticha*) and a temperate species (*Ectopleura crocea*) could supply information about the effects of water warming and be a model in the study of temporal niche dynamics (TND).

Key-words: *Ectopleura*, *Pennaria*, mussel farms, Adriatic Sea, temporal niches.

Introduction - The Italian side of the Adriatic Sea hosts the most extended mussel culture systems in Italy (over 1,400,000 linear metres excluding Apulia, Prioli, 2008). Ropes and mesh sleeves represent artificial substrates available for settlement of fouling species as well as stepping stones for species dispersal. In the Mediterranean Sea, *Ectopleura crocea* (Agassiz, 1862) is rare or absent on both natural and artificial substrates situated in sheltered places along the coast (Di Camillo *et al.*, 2013). On the contrary, the hydroid may reach high abundance on anthropogenic structures placed in open waters (Relini *et al.*, 1976, 1998; Schuchert, 2010; Carl *et al.*, 2011; Di Camillo *et al.*, 2012a, 2013; Morri *et al.*, 2017) such as buoys, ropes, chains, fish cages, mussel farms, wrecks, gas platforms. The species is often associated with mussel beds (Mizzan and Moretti, 1992; Genzano and Rodriguez, 1998; Di Camillo *et al.*, 2013; Fitridge and Michael, 2013) but, there is no recent information on the presence of *E. crocea* on mussel beds offshore after Relini *et al.* (1976, 1998). The aim of this work is to collect information about the possible occurrence of *E. crocea* on mussel farms placed along the Italian side of the Adriatic Sea in the frame of the current warming trend.

Materials and methods - In order to collect data on the distribution of *Ectopleura crocea* on offshore mussel farms, several owners or employees of mussel farms situated along the Italian side of the Adriatic Sea were contacted from 2015 to 2016 (by phone, email or social media) to ask for information about the presence of this hydroid. *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 is reared in all the considered mussel culture plants. Pictures of the fouling hydrozoans *E. crocea* were shown to mussel

farmers, which confirmed or denied the presence of the cnidarian; moreover, they supplied additional information (depth, period of presence, ability to sting, pictures of colonized long-lines). The obtained records were shown together with further information on the occurrence of *E. crocea* on artificial substrates in the Adriatic Sea taken from the literature or personal observations. Surface water temperature referred to the period of observation was downloaded from the National Tidegauge Network website (www.mareografico.it - Accessed January 2016).

Results - Records collected by interviewing mussel farmers are shown in Fig. 1. Most of the considered culture systems were within 3 nautical miles from the coast, reaching a depth between -10 m and -20 m. Most of the cultures are based on the *monoventia* method (vertical long lines hanging from buoys, Prioli 2008).

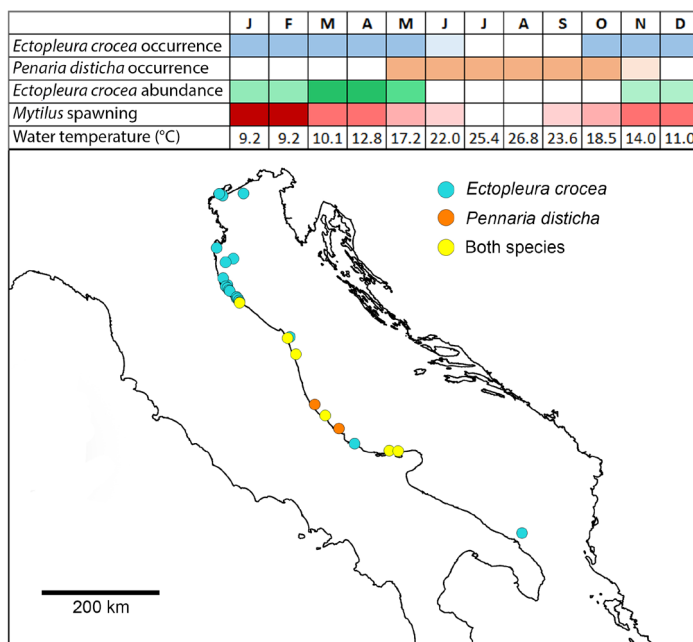


Fig. 1 - Spatial and temporal distribution of *Ectopleura crocea* (cyan) and *Pennaria disticha* (orange) on mussel farms and other artificial substrates along the western Adriatic Sea (records from 2015 to 2016). In addition, the table shows further information from literature: abundance of *Ectopleura crocea* (Relini *et al.*, 1976, 1998; Di Camillo *et al.*, 2013), spawning of *Mytilus galloprovincialis* (Da Ros *et al.*, 1985), monthly average water temperature (www.mareografico.it). Color grades reflect the variation in abundance or in gamete release (darker cells correspond to peaks).

Distribuzione spaziale e temporale di Ectopleura crocea (celeste) e Pennaria disticha (arancione) negli impianti di mitilicoltura e altri substrati artificiali lungo il versante occidentale del mare Adriatico (record dal 2015 al 2016). La tabella contiene altre informazioni disponibili in letteratura: abbondanza di Ectopleura crocea (Relini et al., 1976, 1998; Di Camillo et al., 2013), spawning di Mytilus galloprovincialis (Da Ros et al., 1985), medie mensili della temperatura superficiale dell'acqua (www.mareografico.it). Le scale di colore riflettono le variazioni di abbondanza o di gameti rilasciati (le celle più scure corrispondono ai picchi).

The survey revealed that *E. crocea* is present in the considered farms; moreover, another frequent large hydroid - *Pennaria disticha* Goldfuss, 1820 - was recorded. Both hydroid species are very common along the long lines, but their period of

presence only partially overlaps: *E. crocea* has been reported from autumn to late spring, while *P. disticha* from late spring to early autumn. Examining pictures supplied by mussel farmers, we noticed that in November, with a temperature of 17 °C, hydrocauli of *P. disticha* were still visible on the ropes, but hydranths were already detached. *E. crocea* has been reported along the entire western side of the Adriatic Sea, from Venice to Foggia; while, *P. disticha* is present from Cattolica to Foggia. For the first time, *P. disticha* is reported from the northern part of the basin (sector 9 of the Italian seas, Gravili *et al.*, 2008), while *E. crocea* has been recorded in the central and southern parts of the Adriatic Sea (sectors 5-8, Gravili *et al.*, 2008). The two species mainly live between surface and about 8 m depth; the colonization starts from the superficial portion of the long line, i.e. from the rope that supports the vertical mesh sleeves (socks) containing the mussels. Concerning the abundance, mussel farmers affirmed that the two species may cover even entirely the socks, but adjacent socks may have a different degree of colonization. Both species are very stinging, and mussel farmers are used to employing gloves to handle the colonized socks during collection.

Conclusions - A population of *E. crocea* colonizing a wreck in the Adriatic Sea has been recently studied (Di Camillo *et al.*, 2013). The hydroid presented a strong seasonal cycle, appearing in autumn when the temperature goes below 15 °C, spreading in late winter/early spring (T=12 °C), and disappearing in late spring (T=19 °C) (Di Camillo *et al.*, 2013). While data collected from mussel farmers confirm this tendency (Fig. 1), studies conducted 25 and 42 years ago (Relini *et al.*, 1976, 1998) show a different trend: *E. crocea* from two gas platforms off Ravenna (North Adriatic Sea) spread from June to December and disappeared in January. The Authors never observed *Pennaria disticha* during their surveys. Winter depletion of *E. crocea* could be due to rough sea conditions leading hydranth detachment (Rungger, 1969). Several papers reported that *Eudendrium racemosum* (Cavolini, 1785) and *E. crocea* from different Mediterranean localities show occurrence and reproductive periods likely in relation to food availability (see discussions in Di Camillo *et al.*, 2013, 2017). Moreover, *E. crocea* was very common and present all year round in the Gulf of Naples during the '60-70s but, currently Morri *et al.* (2017) consider it absent from this area. These considerations suggest that we are far from understanding how environmental factors actually drive life cycles in these suspension feeders. Further studies on hydroids settled on the different typologies of off-shore structures in the Adriatic Sea combined with long-term analysis of plankton abundance and composition as well as concentration of nutrients and organic matter could supply information useful to understand the observed trends. In this view, the fluctuating assemblage of the two hydroid species living on mussel farms could be a model in the study of temporal niche dynamics (TND) in the marine environment. Eventual variations in biotic/abiotic factors could tip the balance in favour of one of other species. Future experimental studies focusing on trophic relationships between hydroids and reared mussels could also be performed. Hydroid abundance could be related to mussel life cycle. Comparison between the life cycle of *E. crocea* and trend in gamete release in *M. galloprovincialis* from the Adriatic Sea (Fig. 1) shows that the hydroid maximal abundance follows the spawning peak, suggesting that mussel eggs could represent a trophic source for the temperate species. On the contrary, Di Camillo *et al.* (2012b) observed that - at least in coastal waters - the highest concentration in pediveligers occurred in summer time, suggesting that *P. disticha* could feed on this developmental stage. Different trophic strategies in the two hydroids could explain why *Ectopleura* is observed only on artificial substrates offshore, while *Pennaria* is present even in coastal waters, both on natural and artificial substrates (Di Camillo

et al., pers. observ.). Shifts in primary productions could influence mussel production and consequently affect hydroid spreading.

Acknowledgements: We are indebted with Dr. Prioli and many mussel farmers, which supplied records of *Ectopleura crocea* and patiently answered to many questions about hydroid distribution.

References

- CARL C., GUENTHER J., SUNDE L.M. (2011) - Larval release and attachment modes of the hydroid *Ectopleura larynx* on aquaculture nets in Norway. *Aquac. Res.*, **42** (7): 1056-1060.
- DA ROS L., BRESSAN M., MARIN M.G. (1985) - Reproductive cycle of the mussel (*Mytilus galloprovincialis* Lmk) in Venice Lagoon (North Adriatic). *Boll. Zool.*, **52** (3-4): 223-229.
- DI CAMILLO C.G., BAVESTRELLO G., CERRANO C., GRAVILI C., PIRAINO S., PUCE S., BOERO F. (2017) - Hydroids (Cnidaria, Hydrozoa): a neglected component of animal forests. In: Rossi S., Bramanti L., Gori A., Orejas C. (eds), *Marine Animal Forest*. Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-319-17001-5_11-1.
- DI CAMILLO C.G., BETTI F., BO M., MARTINELLI M., PUCE S., VASAPOLLO C., BAVESTRELLO G. (2012b) - Population dynamics of *Eudendrium racemosum* (Cnidaria, Hydrozoa) from the North Adriatic Sea. *Mar. Biol.*, **159** (7): 1593-1609.
- DI CAMILLO C.G., GIORDANO G., BO M., BETTI F., MORI M., PUCE S., BAVESTRELLO G. (2013) - Seasonal patterns in the abundance of *Ectopleura crocea* (Cnidaria: Hydrozoa) on a shipwreck in the northern Adriatic. *Mar. Ecol.*, **34** (Suppl. 1): 25-32.
- DI CAMILLO C.G., LUNA G.M., BO M., GIORDANO G., CORINALDESI C., BAVESTRELLO G. (2012a) - Biodiversity of prokaryotic communities associated with the ectoderm of *Ectopleura crocea* (Cnidaria, Hydrozoa). *PLoS One*, **7** (6), doi: 10.1371/journal.pone.0039926.
- FITRIDGE I., MICHAEL J.K. (2013) - Ruinous resident: the hydroid *Ectopleura crocea* negatively affects suspended culture of the mussel *Mytilus galloprovincialis*. *Biofouling*, **29** (2): 119-131.
- GENZANO G.N., RODRIGUEZ G.M. (1998) - Association between hydroid species and their substrates from the intertidal zone of Mar del Plata (Argentina). *Misc. Zool.*, **21** (1): 21-29.
- GRAVILI C., BOERO F., LICANDRO P. (2008) - Hydrozoa. In: Relini G. (ed), Checklist della flora e della fauna dei mari italiani. Parte I. *Biol. Mar. Mediterr.*, **15** (Suppl. 1): 71-91.
- MIZZAN L., MORETTI G. (1992) - Dati sull'insediamento e sull'accrescimento del macrofouling su pannelli metallici nel porto-canale di S. Nicolò (laguna di Venezia). *Boll. Mus. civ. St. nat. Venezia*, **41**: 55-89.
- MORRI C., BIANCHI C.N., DI CAMILLO C.G., DUCARME F., ALLISON W.R., BAVESTRELLO G. (2017) - Global climate change and regional biotic responses: two hydrozoan tales. *Mar. Biol. Res.*, **13** (5): 573-586.
- PRIOLI G. (2008) - La molluschicoltura in Italia. *FAO Actas de Pesca y Acuicultura*, **12**: 159-176.
- RELINI G., GERACI S., MONTAARI M., ROMAIRONE V. (1976) - Variazioni stagionali del fouling sulle piattaforme off-shore di Ravenna e Crotona. *Boll. Pesca Piscic. Idrobiol.*, **31**: 227-256.
- RELINI G., TIXI F., RELINI M., TORCHIA G. (1998) - The macrofouling on offshore platforms at Ravenna. *Int. Biodeter. Biodegr.*, **41** (1): 41-55.
- RUNGGER D. (1969) - Autotomy in *Tubularia crocea* and its ecological and physiological significance. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli*, **37**: 95-139.
- SCHUCHERT P. (2010) - The European athecate hydroids and their medusae (Hydrozoa, Cnidaria): Capitata Part 2. *Rev. Suisse Zool.*, **117** (3): 337-555.

F. FERRIGNO, L. APPOLLONI, F. DI STEFANO, L. DONNARUMMA, F. RENDINA,
G.F. RUSSO, R. SANDULLI

Dipartimento di Scienze e Tecnologie (DiST), Università di Napoli "Parthenope", URL CoNISMa,
Centro Direzionale, Isola C4 - 80143 Napoli, Italia.
federica.ferrigno@uniparthenope.it

STATO, PRESSIONI E NUOVE PROSPETTIVE DI INDAGINE DEGLI HABITAT CORALLIGENI DELLE COSTE CAMPANE

STATUS, PRESSURES AND NEW INVESTIGATION PERSPECTIVES OF CAMPANIAN CORALLIGENOUS HABITATS

Abstract - In order to characterize and monitor different coralligenous bioconstructions along Campanian coasts, ROV (Remotely Operated Vehicle) video-transects were carried out in 22 sites. Fishing activity and its impact on some particularly sensitive and relevant organisms, such as fan corals, was also evaluated and used for assessing the health status of different coralligenous habitats, through the index CBQI (Coralligenous Bioconstructions Quality Index). Analyses revealed the presence of rich and diverse communities, characterized on average by 8 ± 2 fan coral colonies m^{-2} . However, fishing activity fairly affects these habitats, entangling and covering the colonies and leading to necrosis and to parasitic epibiontic growth. The CBQI resulted an efficient tool to evaluate the coralligenous condition, including various information usable in management protocols. Finally, the recent development of 3D reconstruction methodologies from 2D images, based on photogrammetric techniques, could be applied to coralligenous bioconstructions, in order to obtain more precise and reliable information and to efficiently evaluate changing patterns.

Key-words: ROV, coralligenous, fishing, index, 3D imaging.

Introduzione - Il coralligeno è una biocenosi di fondo duro caratteristica del Mar Mediterraneo, che si origina dall'accumulo di scheletri di alghe calcaree formando una complessa struttura, caratterizzata da un'elevata eterogeneità ambientale (Ballesteros, 2006). È considerato tra le biocenosi mediterranee più rilevanti dato il suo alto grado di biodiversità ed è quindi di particolare interesse dal punto di vista conservazionistico a livello comunitario (Direttiva Habitat, 92/43/CEE; Protocollo SPA/BIO, Convenzione di Barcellona; Convenzione di Berna, MSFD). Grazie alla presenza di specie particolarmente sensibili, il suo stato di salute rappresenta inoltre un buon indicatore della qualità ambientale, ai sensi della *European Water Framework Directive* (WFD, 60/2000/CE). Molte specie sembrano essere particolarmente vulnerabili a diverse attività antropiche; in particolare, la pesca può ridurre la copertura, la diversità e l'abbondanza di diversi organismi contribuendo all'incremento della torbidità e del tasso di sedimentazione, oltre a causare danni meccanici agli organismi eretti, come briozoi e coralli (Althaus *et al.*, 2009; Maynou e Cartes, 2012; Bo *et al.*, 2014). Scopo di questo lavoro è di fornire uno strumento per valutare la salute degli habitat coralligeni del Mediterraneo, anche delle meno conosciute bioconstruzioni profonde, partendo dalla loro caratterizzazione e di valutare le diverse pressioni antropiche e gli impatti sugli organismi più sensibili. L'applicazione dell'indice CBQI (*Coralligenous Bioconstructions Quality Index*; Ferrigno *et al.*, 2017), può consentire una valutazione relativamente rapida di diversità, ricchezza, pressione ed impatto delle attività antropiche unitamente alle caratteristiche morfologiche del substrato, al fine di valutare lo stato della qualità generale di questi habitat. Infine, alla luce della recente tendenza all'utilizzo di metodiche sempre più standardizzate ed allo sviluppo di metodologie di ricostruzione 3D, si suggerisce l'utilizzo di queste modalità di indagine per ottenere una valutazione più precisa e puntuale di un habitat tipicamente tridimensionale come il coralligeno, che permetta la raccolta di dati più facilmente confrontabili spazio-temporalmente.

Materiali e metodi - Le indagini sono state effettuate dal 2014 al 2018, in 22 siti lungo le coste Campane, nelle aree di Ischia, Pozzuoli, Capri-Sorrento, e Acciaroli-Licosa. È stato impiegato un ROV (*Remotely Operated Vehicle*) "Perseo" della Ageotec, dotato di una videocamera HD, una videocamera con sistema di posizionamento subacqueo USBL (*Ultra Short Base Line System*), due faretti e due puntatori laser distanziati 15 cm. I filmati, riguardanti l'intervallo batimetrico compreso tra 30 e 155 m, sono stati analizzati mediante l'utilizzo del software VisualSoft®. Per la valutazione della copertura coralligena e della presenza ed abbondanza dei diversi MGs (*morphological groups*, ovvero taxa accomunati da morfologia simile), è stata analizzata una selezione casuale di 45 immagini per sito, attraverso i software Seascape® e ImageJ®. Le densità di organismi sessili cospicui, come i *fan corals* (coralli e gorgonie), sono state calcolate come numero di colonie per metro quadrato. Per valutare le differenze topografiche dei siti sono state considerate informazioni riguardanti la profondità, la natura e l'inclinazione del substrato. Circa 200 immagini per sito contenenti biocostruzioni coralligene, ottenute mediante deframmentazione dei video con il software DVDVideoSoft®, sono state utilizzate per la valutazione dello stress sul coralligeno. In particolare, la pressione di pesca è stata valutata come percentuale di fotogrammi che presentano attrezzi da pesca; mentre l'impatto della pesca è stato stimato come percentuale di fotogrammi che presentano colonie con necrosi/epibiosi e attrezzi che ricoprono e/o sono impigliati nel coralligeno (Ferrigno *et al.*, 2018). Queste diverse variabili sono state utilizzate per il calcolo dell'indice CBQI nei diversi siti. Infine, sono state effettuate analisi preliminari di ricostruzione 3D da immagini 2D su un campione di 6 immagini, attraverso le tecniche fotogrammetriche denominate SfM (*Structure from Motion*).

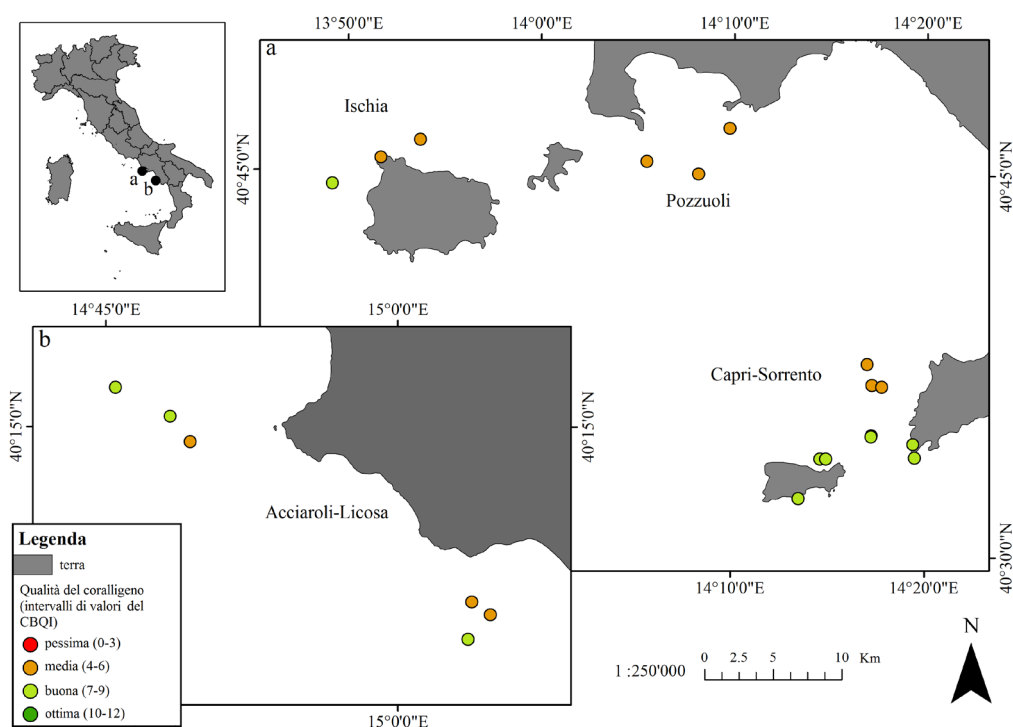


Fig. 1 - Qualità del coralligeno dei siti indagati, calcolate con il CBQI, all'interno delle quattro aree di studio.

Coralligenous quality of investigated sites, through the CBQI calculation, within the four study areas.

Risultati - Il numero di MGs e la copertura di coralligeno sono risultati maggiori nei siti meno profondi e con una pendenza maggiore, con valori medi di circa 12 MGs a fronte di 10 nei siti più profondi e con una minore pendenza, e di circa il 70% di copertura a fronte del 45%. In generale, risultano più abbondanti le alghe coralline, seguite da spugne e idrozoi; inoltre i siti con pendenza più accentuata sono caratterizzati dalla presenza di filtratori passivi; in particolare sono risultate abbondanti le gorgonie *Eunicella cavolinii* (Koch, 1887), *E. singularis* (Esper, 1791) e *Paramuricea clavata* (Risso, 1826) (in media 8 ± 2 colonie m^{-2}). La presenza di attrezzi da pesca sulle biocostruzioni coralligene varia da un minimo di 1% a un massimo di 53%, con prevalenza di lenze nei siti con substrato roccioso e reti nei siti con substrato sabbioso/fangoso; invece il parametro necrosi/epibiosi, laddove presente, varia da un minimo di 5% ad un massimo di 11%. La qualità ecologica calcolata con il CBQI è risultata media (intervallo 4-6) in 11 siti e buona (intervallo 7-9) in altrettanti 11 siti (Fig. 1); i valori relativamente più bassi dell'indice sono risultati nei siti con maggiore copertura di sedimento. Dall'applicazione delle tecniche fotogrammetriche sui fotogrammi dei filmati ROV sono state ottenute le nubi di punti che ricostruiscono alcuni substrati ripresi dalla camera del ROV (Fig. 2).

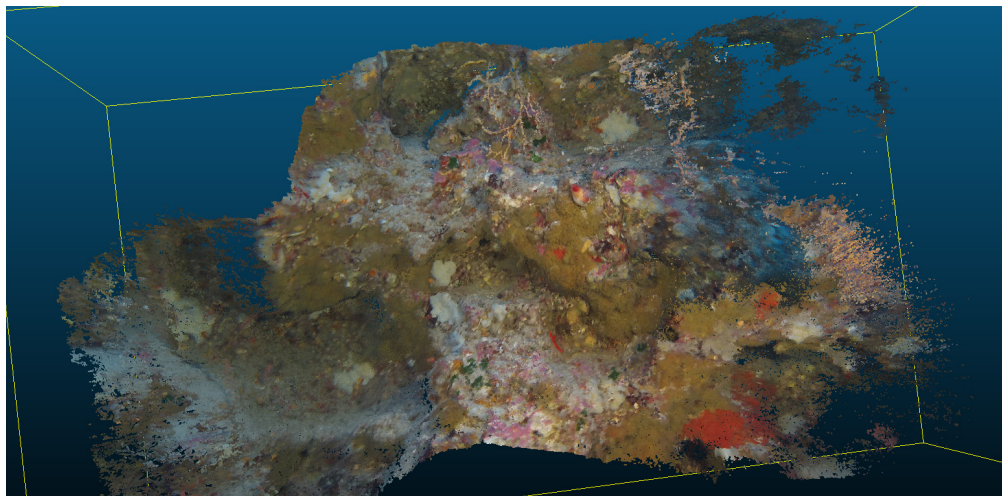


Fig. 2 - Esempio di ricostruzione 3D da fotogrammi di video ROV.

Example of 3D reconstruction from ROV video frames.

Conclusioni - Le analisi di immagini ROV hanno rilevato una diminuzione generale della copertura coralligena e del numero di MGs all'aumentare della profondità o al diminuire della pendenza, con corrispondente aumento della copertura di sedimento, imputabile in parte alla topografia del substrato ed in parte all'attività di pesca a strascico (Althaus *et al.*, 2009). I siti caratterizzati da una qualità superiore sono caratterizzati da popolamenti coralligeni ricchi e diversificati, con una cospicua presenza di cnidari arboreoscenti. Ciononostante, una discreta percentuale di colonie è risultata danneggiata dalla pesca, con fenomeni di intrappolamento, come confermato dalla crescita cospicua di specie epibiontiche e parassite (Bo *et al.*, 2014). In generale, il calcolo del CBQI ha rivelato la presenza di numerosi habitat coralligeni in buone condizioni in queste aree di studio. I siti studiati differiscono tra loro per la struttura e la composizione della comunità, in base ai diversi fattori

abiotici del substrato ed alle diverse intensità dell'attività di pesca. Sarebbero utili ulteriori applicazioni dell'indice in diversi habitat coralligeni del Mediterraneo, con programmi di monitoraggio a medio/lungo termine, per valutarne l'efficienza, e soprattutto per migliorare la conoscenza di questi habitat e dei danni causati dalle attività umane. A tal scopo, il CBQI può essere uno strumento utile per aiutare nello sviluppo di misure di gestione e protezione a livello locale e globale. Infine, dalle analisi preliminari di ricostruzione 3D è risultata una resa realistica della struttura tridimensionale delle biocostruzioni, ma con un dettaglio non ancora sufficiente per poter effettuare un calcolo delle superfici di ricoprimento dei diversi organismi. Una futura applicazione delle metodologie di analisi 3D, in seguito ad un affinamento delle metodiche, è auspicabile al fine di ottenere dati sempre più precisi, affidabili e confrontabili nel tempo.

Bibliografia

- ALTHAUS F., WILLIAMS A., SCHLACHER T.A., KLOSER R.J., GREEN M.A., BARKER B.A., BAX N.J., BRODIE P., SCHLACHER-HOENLINGER M.A. (2009) - Impacts of bottom trawling on deep-coral ecosystems of seamounts are long-lasting. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, **397**: 279-294.
- BALLESTEROS E. (2006) - Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of present knowledge. *Oceanogr. Mar. Biol.*, **44**: 123-195.
- BO M., BAVA S., CANESE S., ANGIOLILLO M., CATTANEO-VIETTI R., BAVESTRELLO G. (2014) - Fishing impact on deep Mediterranean rocky habitats as revealed by ROV investigation. *Biol. Conserv.*, **171**: 167-176.
- FERRIGNO F., APPOLLONI L., RUSSO G.F., SANDULLI R. (2018) - Impact of fishing activities on different coralligenous assemblages of Gulf of Naples (Italy). *J. Mar. Biol. Assoc. UK*, **98** (1): 41-50.
- FERRIGNO F., RUSSO G.F., SANDULLI R. (2017) - Coralligenous Bioconstructions Quality Index (CBQI): a synthetic indicator to assess the status of different types of coralligenous habitats. *Ecol. Indic.*, **82**: 271-279.
- MAYNOU F., CARTES J.E. (2012) - Effects of trawling on fish and invertebrates from deep-sea coral facies of *Isidella elongata* in the western Mediterranean. *J. Mar. Biol. Assoc. UK*, **92** (7): 1501-1507.

S. LO BRUTTO^{1,2}, D. IACIOFANO², M.B. SCIPIONE³

¹Museo di Zoologia “Doderlein”, SIMUA, Università di Palermo, Via Archirafi, 16 - 90123 Palermo, Italia.

²Dipartimento STeBiCeF, Università di Palermo, Via Archirafi, 18 - 90123 Palermo, Italia.
sabrina.lobrutto@unipa.it

³Stazione Zoologica Anton Dohrn, Centro Ecologia del Benthos, Villa Dohrn - 80077 Ischia (NA), Italia.

CITIZEN SCIENCE: UN CASO STUDIO NEL PORTO DI PALERMO

CITIZEN SCIENCE: A CASE-STUDY IN THE PALERMO MARINA

Abstract - The role of Citizen Science in the frame of the Museum of Zoology “P. Doderlein” activities in monitoring amphipod alien species in the harbour of Palermo is stressed; together with the importance that a network of Italian amphipodologists might have in this study approach.

Key-words: Citizen Science, Amphipoda, alien species, fouling, Palermo.

Introduzione - Tutte le iniziative e gli eventi che rientrano nella denominazione di grande attualità *Citizen Science* prevedono il coinvolgimento dei cittadini nelle attività collegate alla ricerca scientifica, non solo come supporto a campionamenti, raccolta dati e collezione di esemplari ma come soggetti attivi nella elaborazione/divulgazione scientifica e quindi nella ricerca stessa (Silvertown, 2009). Sempre più frequentemente il cittadino comune è chiamato a partecipare a progetti su cambiamenti climatici, specie invasive, conservazione della natura, monitoraggio della qualità ambientale e in generale nella ricerca delle scienze ambientali (Silvertown, 2009). Tuttavia, questa modalità di compartecipazione alle attività scientifiche non è recente, ma trova un esempio storico significativo a Palermo, nella seconda metà del XIX secolo, dove il fondatore dell’allora Museo di Zoologia e Anatomia Comparata, Prof. Pietro Doderlein, riuscì a collezionare esemplari della fauna ittica locale (collezione, oggi, fiore all’occhiello del Museo <http://museozoologia.unipa.it/collezioni.html>) grazie allo sforzo e al coinvolgimento dei pescatori locali. Per mantenere viva l’eredità scientifica del passato, ma, allo stesso tempo, per adeguarsi alle tendenze moderne, il Museo di Zoologia “P. Doderlein” ha voluto sperimentare una attività di *Scienza Partecipata*, coinvolgendo giovani cittadini nella raccolta ed identificazione della fauna macrobentonica della comunità *fouling* presente sulle cime in disuso nel porto di Palermo. In particolare, si è voluto comprendere come può una attività inusuale per il mondo accademico essere di supporto per gli studi scientifici, mantenendo quel rigore richiesto dalla ricerca. L’attività si è concentrata sulla fauna ad Anfipodi, anche con l’idea di indirizzare eventuali future iniziative che si potrebbero sviluppare nell’ambito del nascente Network di Anfipodologi Italiani (Scipione *et al.*, 2017).

Materiali e metodi - Campioni di *fouling* da due cime nautiche, caratterizzate dalla presenza di Idroidi, Policheti sedentari e Tunicati, sono stati raccolti da un gruppo di cittadini comuni nel maggio 2017 nel porto di Palermo. Sono state raccolte 3 repliche corrispondenti al volume di 1 dm³ ciascuna ad una profondità compresa tra 0 e 2 m. I campioni, portati in laboratorio, sono stati smistati manualmente con l’ausilio di stereo-microscopi, e successivamente classificati a livello di phylum/classe/ordine ove possibile. La fauna ad Anfipodi è stata identificata al livello di specie, usando la letteratura di riferimento.

Risultati - Sono stati raccolti 325 individui di Anfipodi appartenenti a 5 specie. *Elasmopus rapax* Costa, 1853 (n=152), *Erichthonius brasiliensis* (Dana, 1853) (n=73) e *Caprella scaura* Templeton, 1836 (n=72) rappresentano le specie più abbondanti. Fra le cinque specie identificate, *Elasmopus rapax*, *Erichthonius brasiliensis* e

Monocorophium acherusicum (Costa, 1853) (n=14) risultano essere specie cosmopolite considerate criptogeniche (Marchini e Cardeccia, 2017), mentre *Caprella scaura* e *Stenothoe georgiana* Bynum e Fox, 1977 (n=14) sono considerate specie non indigene (NIS) del Mar Mediterraneo (Marchini e Cardeccia, 2017). Ad oggi risulta mancare una *check-list* aggiornata della fauna ad Anfipodi per le coste della Sicilia. Tra le specie rinvenute, due vengono qui segnalate per la seconda volta a Palermo: *Caprella scaura*, ritrovata nel 2011 (Ros *et al.*, 2014), e *Stenothoe georgiana*, nel 2016 (Ulman *et al.*, 2017). Inoltre, due risultano essere nuovi record per questo tratto di costa: *Elasmopus rapax*, segnalata solo una volta per le coste meridionali della Sicilia, a Porto Empedocle (Ruffo, 1938); ed *Erichthonius brasiliensis*, nel 2013, segnalata solo una volta, sempre nella costa meridionale siciliana, a Eraclea Minoa (Iacofano *et al.*, 2015). Infine, *Monocorophium acherusicum* risulta essere la prima segnalazione per le coste siciliane. Il ritrovamento di individui maschi e femmine ovigere di *C. scaura* e *S. georgiana* indica che queste specie di provenienza rispettivamente Indo-Pacifico (*locus typicus* Repubblica di Mauritius, Sud Africa; Templeton, 1836) e Nord-Atlantica (*locus typicus* Carolina del Nord, Stati Uniti d'America; Bynum e Fox, 1977) risultano avere popolazioni oramai stabili nel porto di Palermo. La bassa diversità specifica, caratterizzata dalla presenza di specie cosmopolite o con una ampia distribuzione, suggerisce che la comunità del *fouling*, indagata in questo ambiente portuale, risulta essere composta da specie opportuniste appartenenti a gruppi ecologici di specie tolleranti e/o indifferenti ad un elevato *input* di materiale organico (Borja *et al.*, 2000).

Conclusioni - La ricerca scientifica, negli ultimi decenni, ha subito profondi cambiamenti. Uno fra tanti, l'avvicinamento dei cittadini a temi considerati esclusivi del mondo scientifico, come ad esempio il tema delle specie non indigene. Attraverso azioni di divulgazione, anche mediatica, si tende sempre più a sensibilizzare la società civile a questo tema, spiegando ad esempio l'impatto che queste specie possono avere per la salute umana (Simberloff *et al.*, 2013). Negli ultimi anni, l'inclusione dei cittadini in progetti e campagne scientifiche (Silvertown, 2009) ha permesso ai "non addetti ai lavori" di essere partecipanti attivi nella realizzazione di piani ed azioni, incrementando la consapevolezza civica verso le problematiche ambientali. Il processo partecipativo denominato *Citizen Science*, se programmato con continuità nel tempo, garantisce che ogni cittadino diventi elemento fondamentale nelle fasi di attuazione di azioni mirate alla salvaguardia del "sistema natura". La salvaguardia del "sistema natura" passa attraverso la valutazione ed il mantenimento della sua biodiversità, e di conseguenza la corretta conoscenza delle specie che ne fanno parte. In Italia, la recente nascita di MOTax, tra i cui scopi c'è anche quello di creare un Network di tassonomi italiani a servizio di uno sviluppo di competenze e pertanto della tassonomia, e la possibilità di far crescere al suo interno un gruppo di studiosi di Crostacei Anfipodi, che sviluppi una serie di iniziative mirate (Scipione *et al.*, 2017), diventano di grande importanza in tale ambito. L'attività sperimentale di *Scienza Partecipata* organizzata dal Museo di Zoologia "Doderlein" con il supporto delle attività svolte dal network di anfipodologi italiani nel coinvolgimento di giovani potrebbe sia portare ad una identificazione oculata e validata della fauna ad Anfipodi, che rivestono per la loro biodiversità un ruolo fondamentale nelle comunità marine, che introdurre partecipanti neofiti alle discipline zoologiche ancora poco presenti nelle conoscenze di cultura generale della popolazione italiana. In questa esperienza, tale interazione ha permesso, attraverso una forza lavoro a costo zero, di: avere una foto istantanea della diversità della macrofauna bentonica ad Anfipodi per l'area indagata; ottenere dati fondamentali sullo stato di diffusione di due specie aliene nel Mar Mediterraneo centrale; ed accrescere la consapevolezza nel gruppo di cittadini coinvolti dell'entità dei processi di bioinvasione.

Bibliografia

- BORJA A., FRANCO J., PÉREZ V. (2000) - A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Mar. Pollut. Bull.*, **40** (12): 1100-1114.
- BYNUM K.H., FOX R.S. (1977) - New and noteworthy amphipod crustaceans from North Carolina, USA. *Chesapeake Sci.*, **18** (1): 1-33.
- IACIOFANO D., MUSCO L., VEGA FERNÁNDEZ T., LO BRUTTO S. (2015) - Crostacei Anfipodi associati a reef di *Sabellaria alveolata* (L.) (Annelida) dello Stretto di Sicilia (Mar Mediterraneo). *Biol. Mar. Mediterr.*, **22** (1): 95-96.
- MARCHINI A., CARDECCIA A. (2017) - Alien amphipods in a sea of troubles: cryptogenic species, unresolved taxonomy and overlooked introductions. *Mar. Biol.*, **164**, doi: 10.1007/s00227-017-3093-1.
- ROS M., GUERRA-GARCÍA J.M., NAVARRO-BARRANCO C., CABEZAS M.P., VÁZQUEZ-LUIS M. (2014) - The spreading of the non-native caprellid (Crustacea: Amphipoda) *Caprella scaura* Templeton, 1836 into southern Europe and northern Africa: a complicated taxonomic history. *Mediterr. Mar. Sci.*, **15** (1): 145-155.
- RUFFO S. (1938) - Gli Anfipodi marini del Museo Civico di Storia Naturale di Genova. a) Gli Anfipodi del Mediterraneo. *Ann. Mus. Civ. St. Nat. Genova*, **60**: 127-151.
- SCIPIONE M.B., LO BRUTTO S., CIRINO P., DI CAPUA I., GUGLIELMO R., PATTI F.P., SARNO D. (2017) - A network of Italian amphipodologists in the frame of MOTax (Marine Organisms Taxonomy) at the Stazione Zoologica Anton Dohrn di Napoli (Italy). *Biodiver. J.*, **8** (2): 661-663.
- SILVERTOWN J. (2009) - A new dawn for citizen science. *Trends Ecol. Evol.*, **24** (9): 467-471.
- SIMBERLOFF D., MARTIN J.-L., GENOVESI P., MARIS V., WARDLE D.A., ARONSON J., COURCHAMP F., GALIL B., GARCÍA-BERTHOUS E., PASCAL M., PYŠEK P., SOUSA R., TABACCHI E., VILÀ M. (2013) - Impacts of biological invasions: what's what and the way forward. *Trends Ecol. Evol.*, **28** (1): 58-66.
- TEMPLETON R. (1836) - Descriptions of some undescribed exotic Crustacea. *Transactions of the Entomological Society of London*, **1**: 185-198.
- ULMAN A., FERRARIO J., OCCHIPINTI AMBROGI A., ARVANITIDIS C., BANDI A., BERTOLINO M., BOGI C., CHATZIGEORGIOU G., ÇIÇEK B.A., DEIDUN A., RAMOS-ESPLÁ A., KOÇAK C., LORENTI M., MARTINEZ-LAIZ G., MERLO G., PRINCISGH E., SCRIBANO G., MARCHINI A. (2017) - A massive update of non-indigenous species records in Mediterranean marinas. *PeerJ*, **5**, doi: 10.7717/peerj.3954.

L. PIAZZI, G. CECCHERELLI

Dipartimento di Chimica e Farmacia, Università di Sassari, Via Piandanna, 4 - 07100 Sassari, Italia.
lpiazz@uniss.it

DIVERSITÀ ALPHA E BETA DI POPOLAMENTI MACROALGALI MEDITERRANEI SOTTOPOSTI A PRESSIONI ANTROPICHE

ALPHA AND BETA DIVERSITY IN MEDITERRANEAN MACROALGAL ASSEMBLAGES UNDER ANTHROPOGENIC PRESSURE

Abstract - Values of alpha and beta diversity inconsistently vary among Mediterranean macroalgal assemblages. Diversity of macroalgal assemblages is influenced by human-induced pressures but effects may be different between alpha and beta diversity.

Key-words: macroalgae, alpha diversity, beta diversity, subtidal habitats, anthropogenic pressure.

Introduzione - La conservazione della biodiversità rappresenta un aspetto fondamentale nell'ambito della protezione degli ambienti naturali (Sax e Gaines, 2003) e il monitoraggio e la valutazione degli impatti antropici sono strumenti fondamentali per raggiungere tale obiettivo. La maggior parte degli studi sui popolamenti naturali prende in considerazione solo la diversità alpha, cioè legata al numero di specie presenti in una unità di campionamento; tuttavia altri aspetti della biodiversità sono altrettanto importanti, come ad esempio la diversità beta, intesa come variabilità compositiva tra unità di campionamento (Gray, 1997). Inoltre, la conoscenza dei pattern naturali della biodiversità è fondamentale per poter discriminare eventuali impatti o cambiamenti. Il presente studio si propone di valutare la diversità alpha e beta nei principali popolamenti macroalgali mediterranei e di evidenziarne eventuali variazioni in aree sottoposte a differente pressione antropica.

Materiali e metodi - Quattro differenti studi sono stati effettuati. Il primo studio ha avuto come obiettivo la comparazione dei valori di diversità alpha e beta tra i principali popolamenti macroalgali presenti nei mari toscani. Il secondo studio ha confrontato popolamenti macroalgali a 30 m di profondità tra zone ad alta e bassa urbanizzazione. Il terzo studio ha confrontato popolamenti macroalgali a 30 m di profondità tra aree non trattate, aree che hanno subito un incremento sperimentale del tasso di sedimentazione e aree sottoposte ad un incremento della concentrazione di nutrienti nella colonna d'acqua per la durata di un anno. Il quarto studio ha confrontato popolamenti macroalgali a 30 m di profondità tra aree non invase e aree invase rispettivamente da *Caulerpa cylindracea* Sonder e da *Womersleyella setacea* (Hollenberg) R.E. Norris. Gli studi sono stati effettuati lungo le coste continentali e insulari della Toscana e del Lazio. In tutti gli studi, i campioni sono stati ottenuti mediante asportazione completa dei popolamenti macroalgali in superfici di 400 cm²; in laboratorio sono state identificate tutte le specie macroalgali e ne è stata stimata l'abbondanza come ricoprimento percentuale (Boudouresque, 1971). Nel primo studio, allo scopo di valutare la variabilità dei valori di diversità tra habitat, è stato utilizzato un modello a 3 vie, con il fattore Habitat (coralligeno a -40 m, popolamento sciafilo a -30 m, popolamento sciafilo a -30 m dominato da *Phyllophora crispa* (Hudson) P.S. Dixon, popolamento fotofilo a -10 m, popolamento fotofilo a -10 m dominato da *Cystoseira brachycarpa* J. Agardh) fisso, il fattore Sito (2 livelli) random e gerarchizzato nell'Habitat e il fattore Area (2 livelli) random e gerarchizzato nel Sito. Tre repliche sono state campionate in ciascuna area. Nell'analisi della diversità beta i siti sono stati considerati come repliche. Nel secondo studio, allo scopo di

valutare se i valori di diversità variano tra zone caratterizzate da un differente livello di urbanizzazione, è stato utilizzato un modello a 3 vie, con il fattore Condizione (elevata vs bassa urbanizzazione) fisso, il fattore Sito (5 livelli) random e gerarchizzato nella Condizione e il fattore Area (2 livelli) random e gerarchizzato nel Sito. Tre repliche sono state campionate in ciascuna area. Nell'analisi della diversità beta i siti sono stati considerati come repliche. Nel terzo e nel quarto studio, allo scopo di valutare se i valori di diversità variano tra zone di controllo e zone sottoposte a particolari stress antropici (incremento di sedimentazione e di nutrienti) e zone invase da specie alloctone (*Caulerpa cylindracea* e *Womersleyella setacea*), è stato utilizzato un modello a 3 vie, con il fattore Condizione (3 livelli) fisso e il fattore Sito (2 livelli) random e gerarchizzato nella Condizione. Tre repliche sono state campionate in ciascun sito. Nell'analisi della diversità beta i siti sono stati considerati come repliche. La diversità alpha è stata valutata come numero di specie per campione, mentre la diversità beta come distanza media dei campioni dai centroidi di ogni sito di studio in un'analisi multivariata (analisi PERMDISP, Anderson *et al.*, 2006). I valori di diversità sono stati analizzati mediante ANOVA (Underwood, 1997) utilizzando differenti modelli in base all'obiettivo dello studio. L'omogeneità delle varianze è stata valutata mediante il test C di Cochran e i dati sono stati trasformati in $\ln(x)$ se necessario. Il test SNK è stato utilizzato come test a posteriori per discernere tra livelli di fattori significativi.

Risultati - Nel primo studio, i valori di diversità variavano significativamente tra i differenti habitat (alpha: $F=9,72$, $p=0,014$; beta: $F=12,94$, $p=0,007$). In particolare, i popolamenti coralligeni hanno mostrato alti valori sia di diversità alpha che beta. Nei popolamenti dominati rispettivamente da *Phyllophora crispa* e *Cystoseira* spp. a 30 e 10 m di profondità, i valori di diversità alpha sono risultati più elevati rispetto alle zone prive di una specie dominante, mentre i valori di diversità beta hanno mostrato un opposto pattern. Nel secondo, terzo e quarto studio, i valori di diversità hanno mostrato in generale una riduzione tra le aree ad alta e bassa urbanizzazione (alpha: $F=19,42$, $p=0,002$; beta: $F=21,11$, $p=0,002$) e tra i controlli e le aree sottoposte a stress fisici (alpha: $F=15,40$, $p=0,026$; beta: $F=12,94$, $p=0,033$) o all'invasione di specie alloctone (alpha: $F=253,05$, $p=0,001$; beta: $F=10,59$, $p=0,043$), ma, in alcuni casi le diversità alpha e beta hanno mostrato risposte differenti. L'incremento di nutrienti, per esempio, non ha causato differenze significative nella diversità alpha, mentre i valori di diversità beta sono risultati significativamente più bassi rispetto ai controlli nelle aree sottoposte a elevata concentrazione di nutrienti. Inoltre, la diversità beta è risultata particolarmente bassa nelle aree sottoposte a invasione di specie alloctone.

Conclusioni - I risultati dello studio hanno mostrato che i valori di diversità variano ampiamente tra differenti popolamenti algali mediterranei e che spesso ad alti valori di diversità alpha non corrispondono valori di diversità beta altrettanto alti, confermando l'importanza dello studio di entrambi questi aspetti della biodiversità (Balata *et al.*, 2007; Balata e Piazzì, 2008). Gli alti valori di diversità alpha e beta dei popolamenti coralligeni confermano il ruolo della biocostruzione nel determinare sia la presenza di specie legate a differenti microhabitat che un incremento dell'eterogeneità spaziale dei popolamenti associati (Balata e Piazzì, 2008). Un aspetto particolarmente interessante è che la presenza di specie strutturanti sembra determinare un incremento della diversità alpha rispetto a popolamenti alla stessa profondità privi di tali specie, mentre la diversità beta ha mostrato un trend opposto. La presenza di specie come *Cystoseira brachycarpa* e *Phyllophora crispa* crea microhabitat diversi che permettono lo sviluppo contemporaneo di specie

con differenti requisiti ecologici incrementando la diversità alpha del sistema. Al contrario, la dominanza di una specie strutturante probabilmente tende a modificare la distribuzione a chiazze delle differenti specie che normalmente caratterizza i popolamenti macroalgali dell'infrafralitorale mediterraneo, con una conseguente riduzione della diversità beta. La biodiversità tende a ridursi in aree urbanizzate o sottoposte a stress sia fisici che biotici, tuttavia le diversità alpha e beta presentano in alcuni casi una differente risposta, suggerendo una differente sensibilità dei due descrittori agli impatti antropici considerati (Piazzi e Balata, 2008; Piazzi *et al.*, 2011). La diversità beta è risultata particolarmente bassa nelle aree colonizzate da specie alloctone, confermando l'effetto di omogeneizzazione biotica legato alle invasioni biologiche (Piazzi e Balata, 2009). Questo studio mette in luce l'importanza di valutare differenti aspetti della diversità nel monitoraggio ambientale e nelle valutazioni di impatto, allo scopo di mettere in evidenza effetti di pressioni antropiche che possono incidere sui popolamenti naturali pur non causando direttamente una riduzione del numero delle specie presenti in un determinato habitat.

Bibliografia

- ANDERSON M.J., ELLINGSEN K.E., McARDLE B.H. (2006) - Multivariate dispersion as a measure of beta diversity. *Ecol. Lett.*, **9** (6): 683-693.
- BALATA D., PIAZZI L. (2008) - Patterns of diversity in rocky subtidal macroalgal assemblages in relation to depth. *Bot. Mar.*, **51**: 464-471.
- BALATA D., PIAZZI L., BENEDETTI-CECCHI L. (2007) - Sediment disturbance and loss of beta diversity on subtidal rocky reefs. *Ecology*, **88** (10): 2455-2461.
- BOUDOURESQUE C.-F. (1971) - Méthodes d'étude qualitative et quantitative du benthos (en particulier du phytobenthos). *Tethys*, **3** (1): 79-104.
- GRAY J.S. (1997) - Marine biodiversity: patterns, threats and conservation needs. *Biodiv. Conserv.*, **6** (1): 153-175.
- PIAZZI L., BALATA D. (2008) - The spread of *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* in the Mediterranean Sea: an example of how biological invasions can influence beta diversity. *Mar. Environ. Res.*, **65** (1): 50-61.
- PIAZZI L., BALATA D. (2009) - Invasion of alien macroalgae in different Mediterranean habitats. *Biol. Inv.*, **11** (2): 193-204.
- PIAZZI L., GENNARO P., BALATA D. (2011) - Effects of nutrient enrichment on macroalgal coralligenous assemblages. *Mar. Pollut. Bull.*, **62** (8): 1830-1835.
- SAX D.F., GAINES S.D. (2003) - Species diversity: from global decreases to local increases. *Trend Ecol. Evol.*, **18** (11): 561-556.
- UNDERWOOD A.J. (1997) - *Experiments in ecology. Their logical design and interpretation using analysis of variance*. Cambridge University Press, Cambridge: 504 pp.

V. PITACCO, M. MISTRI, V. INFANTINI, C. MUNARI

Dipartimento di Scienze Chimiche e Farmaceutiche, Università di Ferrara,
Via Fossato di Mortara, 17 - 44121 Ferrara, Italia.
ptcvnt@unife.it

VARIABILITÀ TEMPORALE DELLA COMUNITÀ
MACROBENTONICA NELLE VALLI DI COMACCHIO
(ADRIATICO SETTENTRIONALE)
IN RELAZIONE AI CAMBIAMENTI CLIMATICI

LONG-TERM TEMPORAL VARIABILITY OF MACROBENTHIC
COMMUNITY IN VALLI DI COMACCHIO LAGOON
(NORTHERN ADRIATIC)
IN RELATION WITH CLIMATE CHANGES

Abstract - A time series data of macrobenthic invertebrates of Valli di Comacchio lagoon (northern Adriatic) from 1996 to 2015, was analyzed using Biological Traits Analysis, structural indices, AMBI and M-AMBI indices, with the aim to test the influence of climate changes, in terms of temperature and precipitation pattern, on macrobenthic dynamics. Along the studied period macrobenthic community showed marked fluctuations, in terms of richness, diversity, biological traits and ecological groups, related with environmental instability of the lagoon, which suggests a certain resilience of the community. Nevertheless, a general tendency towards a deterioration of ecological condition of the lagoon was observed. All metrics used are consistent in identifying the response of benthic community to a severe disturbance, likely related with the summer heatwave in 2003. Less marked signs of disturbance were observed also in relations to the thermal anomaly of 2012. Our results suggest that the expected increase in frequency, magnitude and duration of heatwaves could pose serious threat to the resilience capacity of lagoonal macrobenthic community.

Key-words: lagoons, benthic community, biological traits, heatwave, Adriatic Sea.

Introduzione - Gli ecosistemi di transizione sono caratterizzati da elevata biodiversità ed elevati tassi di produzione primaria e ospitano importati attività antropiche, quali pesca e acquacoltura, ma sono considerati gli ecosistemi più fragili e vulnerabili in relazione ai cambiamenti climatici (Lloret *et al.*, 2008). In base agli scenari previsti dall'*Intergovernmental Panel on Climate Change*, ci si aspetta un aumento della temperatura media dell'aria da 1,4 a 5,8 °C rispetto ai valori del 1990 entro il 2100 (IPCC, 2007). Allo stesso tempo ci si aspetta una modifica del regime delle precipitazioni e un aumento degli eventi atmosferici estremi, quali tempeste violente e ondate di calore (IPCC, 1996). La vulnerabilità degli ecosistemi di transizione è stata analizzata soprattutto in termini di innalzamento del livello del mare (Simas *et al.*, 2001; Carbognin e Tosi, 2002) e poche ricerche si sono focalizzate sugli effetti dei cambiamenti climatici sulle comunità macrobentoniche negli ambienti di transizione (Munari *et al.*, 2005). Le Valli di Comacchio (Adriatico settentrionale) costituiscono il più esteso ecosistema lagunare del delta del Po e sono caratterizzate da acque poco profonde e marcate variazioni naturali nei parametri ambientali (Munari *et al.*, 2005). In questo lavoro viene analizzata una serie temporale di dati di invertebrati macrobentonici nelle Valli di Comacchio dal 1996 al 2015, utilizzando e comparando diversi approcci: Analisi dei Trattati Biologici (BTA), indici strutturali, indici AMBI e M-AMBI. Lo scopo del lavoro è di testare gli effetti dei cambiamenti climatici (in termini di variazioni di temperature e precipitazioni) sulle dinamiche macrobentoniche e valutare la resilienza della comunità.

Materiali e metodi - Quattro stazioni di monitoraggio nelle Valli di Comacchio sono state analizzate periodicamente tra il 1996 e il 2015. I campioni di sedimento

sono stati raccolti con cadenza stagionale con una benna Van Veen di 4 l. Per lo scopo del lavoro sono state considerate le medie delle repliche, e le stazioni sono state considerate come repliche per avere un quadro generale dello stato ecologico della laguna. I campioni di sedimento sono stati setacciati attraverso una maglia di 0,5 mm, puliti e gli animali determinati quanto più possibile fino a livello di specie e conservati in formalina all'8%. I dati delle temperature (minime - T_{\min} e massime - T_{\max}) e delle precipitazioni medie annuali per il periodo analizzato provengono dall'archivio dell'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale dell'Emilia-Romagna (www.arpae.it). I dati sono stati analizzati utilizzando diversi approcci: Analisi dei Tratti Biologici (BTA), indici strutturali (ricchezza, abbondanza, indici di Shannon e di Pielou) e indici qualitativi (AMBI e M-AMBI). Per l'analisi dei tratti biologici sono stati scelti 9 tratti: alimentazione, mobilità, habitat, dimensioni, durata della vita, tecniche riproduttive, tipo di larva, frequenza riproduttiva e morfologia, ciascuno dei quali è stato suddiviso in modalità, per un totale di 29 modalità. L'affinità di un *taxon* per ciascuna modalità è stata codificata in una scala da 0 (nessuna affinità) a 3 (affinità elevata). I risultati ottenuti con i diversi approcci sono stati comparati e messi in relazione alle variabili ambientali attraverso l'analisi multivariata (MDS, cluster, DISTLIM).

Risultati - Nel periodo analizzato la comunità macrobentonica delle Valli di Comacchio mostra fluttuazioni marcate, sia in termini di ricchezza e diversità, sia a livello di tratti biologici e gruppi ecologici. I valori di ricchezza variano da 19 ($\pm 2,7$ DS) nel 1999 a 6 ($\pm 4,2$ DS) nel 2011, e i valori di diversità variano da 1,72 ($\pm 0,39$ DS) nel 2001 a 0,77 ($\pm 0,37$ DS) nel 2012. Fluttuazioni in termini di presenza e abbondanza si osservano sia tra le specie più frequenti (Fig. 1) che tra quelle più rare. Al tempo stesso si osserva una tendenza generale verso un deterioramento delle condizioni ecologiche della laguna, con una generale diminuzione della ricchezza (37% in meno nel 2014 rispetto al 1996), della diversità (riduzione del 21%) e della percentuale di specie sensibili (riduzione del 96%). Le specie sensibili risultano del tutto assenti nel 2003, 2005, 2014 e 2015. Considerando i tratti biologici, si osserva una generale diminuzione della percentuale di organismi filtratori (dal 36,9% al 5,4%), predatori (dal 8,2% all'1,5%), erbivori (dal 10,3% allo 0,9%), sessili (dal 38,6% allo 0,6%), vagili (dal 1,4% allo 0,01%) e dotati di esoscheletro (dal 32,5% al 14,7%), e un contemporaneo aumento generale degli organismi detritivori (dal 44,6% al 92,1%), scavatori (dal 27,8% all'87,1%), con corpo non protetto da esoscheletro (dal 67,5% all'85,3%) e ciclo vitale breve (dal 46% all'81,5%). Nel periodo studiato si osserva un generale aumento delle medie annuali delle temperature (minime e massime), che però spiega solo una piccola parte della variabilità a livello di comunità macrobentonica. Solo 7 modalità di 3 tratti biologici (alimentazione, frequenza riproduttiva e morfologia) risultano infatti correlati alle temperature medie ($p < 0,05$). Maggiori percentuali di organismi detritivori, semelpari e privi di esoscheletro si osservano in corrispondenza di alte temperature ($T_{\max} = 19,8$ °C nel 2007 e $T_{\min} = 11,6$ °C nel 2014), mentre filtratori, predatori, iteropari e animali con esoscheletro sono inversamente correlati alla temperatura. Per quanto riguarda gli indici strutturali le temperature risultano correlate negativamente alla ricchezza, all'abbondanza e alla diversità. I gruppi ecologici non mostrano correlazioni significative. Nel periodo analizzato le precipitazioni non mostrano alcun trend generale, né risultano correlate ad alcun parametro della comunità macrobentonica. In corrispondenza della marcata anomalia termica del 2003 si osserva una riduzione del 53% della ricchezza e del 34% della diversità, e la totale scomparsa delle specie sensibili (EGI in base alla classificazione AMBI). Analizzando i tratti biologici si osserva una maggiore predominanza delle modalità più opportuniste di alcuni tratti, quali: organismi a

ciclo vitale breve, detritivori e scavatori. Anche in corrispondenza dell'anomalia termica del 2012 si osserva una diminuzione del 34% della diversità, nonostante un aumento della ricchezza del 20%. Si osserva che nel 2011 i valori di ricchezza ($S=6\pm 4,2$) e diversità ($H'=1,2\pm 0,2$ DS) sono inferiori rispetto al 2002 ($S=15\pm 7$ DS; $H'=1,5\pm 0,5$ DS).

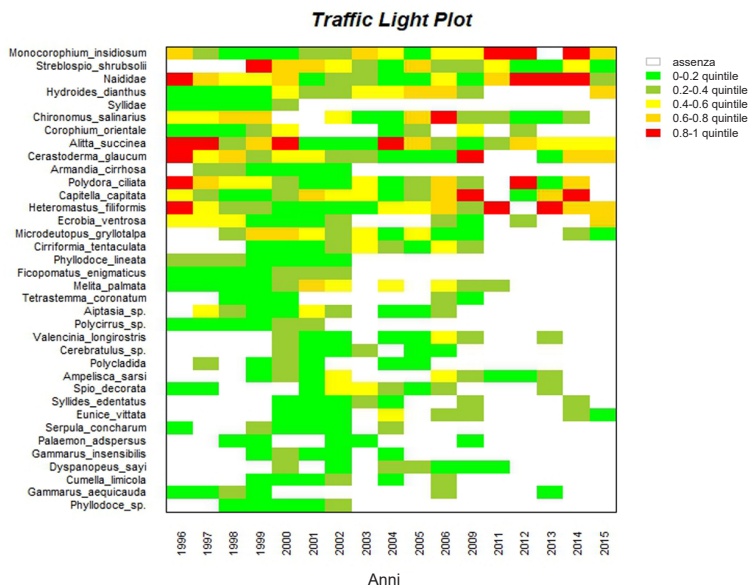


Fig. 1 - Variabilità temporale della comunità macrobentonica. Le variabili sono trasformate in quintili e ordinate in ordine numerico discendente in base alle loro abbondanze (rosso=valori ridotti, verde=valori elevati, bianco=assenza).

Temporal development of macrobenthic community. Variables are transformed to quintiles and sorted in numerically descending order according to their abundances (red=low values, green=high values, white=absence).

Conclusioni - Le Valli di Comacchio sono soggette a naturali fluttuazioni dei parametri ambientali e a disturbo antropico, costituito principalmente dalla pesca e dall'acquacoltura. Nel periodo oggetto di studio si osserva che la comunità macrobentonica è soggetta a fluttuazioni periodiche ricollegabili a tale instabilità delle condizioni ambientali. Tuttavia, gli indici strutturali ed ecologici, combinati all'analisi dei tratti biologici, concordano nell'indicare che nel 2003 la comunità ha sofferto un disturbo importante, probabilmente legato all'intensa e prolungata ondata di calore che ha influito negativamente sulle comunità bentoniche anche in altre aree del Mediterraneo (Garrabou *et al.*, 2009; Munari, 2011). Le temperature estive elevate esercitano un effetto negativo sulle dinamiche delle comunità bentoniche lagunari, non tanto per un effetto diretto sulla sopravvivenza degli individui, ma come risultato delle dinamiche abiotiche. Elevate temperature sono infatti collegate ad una diminuzione della salinità e dell'ossigeno disciolto, con conseguenti potenziali fenomeni di ipossia (Munari, 2011). La presenza di una certa ridondanza strutturale e funzionale ha fatto ipotizzare una certa resilienza delle comunità delle Valli di Comacchio ai cambiamenti climatici (Munari *et al.*, 2005). Tuttavia, sul lungo periodo si osserva una generale tendenza al deterioramento delle condizioni ecologiche,

con diminuzione del numero di specie, della diversità e della percentuale di specie sensibili, e un aumento in proporzione delle modalità opportuniste di alcuni tratti biologici. È quindi possibile che la frequenza del disturbo risulti troppo elevata per permettere il pieno recupero della comunità. Questi risultati suggeriscono come il previsto aumento della frequenza, della durata e dell'intensità delle ondate di calore (Meehl e Tebaldi, 2004) costituiscano una potenziale minaccia per la resilienza della comunità macrobentonica delle Valli di Comacchio.

Bibliografia

- CARBOGNIN L., TOSI L. (2002) - Interaction between climate changes, eustacy and land subsidence in the North Adriatic Region, Italy. *Mar. Ecol.*, **23** (Suppl. 1): 38-50.
- GARRABOU J., COMA R., BENSOUSSAN N., BALLY M., CHEVALDONNÉ P., CIGLIANO M., DIAZ D., HARMELIN J.G., GAMBI M.C., KERSTING D.K., LEDOUX J.B., LEJEUSNE C., LINARES C., MARSCHAL C., PÉREZ T., RIBES M., ROMANO J.C., SERRANO E., TEIXIDO N., TORRENTS O., ZABALA M., ZUBERER F., CERRANO C. (2009) - Mass mortality in northwestern Mediterranean rocky benthic communities: effects of the 2003 heat wave. *Glob. Change Biol.*, **15** (5): 1090-1103.
- IPCC (1996) - *Climate change 1995: impacts, adaptations and mitigation of climate change: scientific-technical analyses. Contribution of Working Group II to the second assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press: 879 pp.
- IPCC (2007) - *Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press: 996 pp.
- LLORET J., MARÍN A., MARÍN-GUIRAO L. (2008) - Is coastal lagoon eutrophication likely to be aggravated by global climate change? *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **78** (2): 403-412.
- MEEHL G.A., TEBALDI C. (2004) - More intense, more frequent, and longer lasting heat waves in the 21st century. *Science*, **305** (5686): 994-997.
- MUNARI C. (2011) - Effects of the 2003 European heatwave on the benthic community of a severe transitional ecosystem (Comacchio Saltworks, Italy). *Mar. Pollut. Bull.*, **62** (12): 2761-2770.
- MUNARI C., ROSSI R., MISTRI M. (2005) - Temporal trends in macrobenthos community structure and redundancy in a shallow coastal lagoon (Valli di Comacchio, northern Adriatic Sea). *Hydrobiologia*, **550** (1): 95-104.
- SIMAS T., NUNES J.P., FERREIRA J.G. (2001) - Effects of global climate change on coastal salt marshes. *Ecol. Model.*, **139** (1): 1-15.

A. SFRISO, A. BUOSI, M.A. WOLF, A.A. SFRISO*

Dip. di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica (DAIS), Università Ca' Foscari di Venezia,
Via Torino, 155 - 30172 Mestre (VE), Italy.
sfrisoa@unive.it

*Dip. di Scienze Chimiche e Farmaceutiche (DipSCF), Università di Ferrara,
Via Fossato di Mortara, 17 - 44121 Ferrara, Italy.

SPREADING OF ALIEN MACROALGAE IN THE VENICE LAGOON, THE ITALIAN HOTSPOT OF NON-INDIGENOUS SPECIES: BIODIVERSITY AND STANDING CROP

DIFFUSIONE DI MACROALGHE ALIENE NELLA LAGUNA DI VENEZIA, IL PUNTO CALDO ITALIANO DI SPECIE ALLOCTONE: BIODIVERSITÀ E BIOMASSA

Abstract - Alien macroalgae are a constant concern for coastal areas, especially for the transitional systems of the northern Adriatic Sea. A revision of the taxa in the Venice Lagoon, the Italian hotspot of non-indigenous species (NIS), shows that, currently, the number of algal introductions is 31, and this number is growing steadily. On the basis of macrophyte distribution recorded during the last five years we estimated that the total NIS standing crop is ca. 147 ktonnes, i.e. 32% of the total macroalgal standing crop measured in late spring 2014 (ca. 456 ktonnes). The most abundant species are the invasive *Gracilaria vermiculophylla* (ca. 66 ktonnes), *Agardhiella subulata* (37 ktonnes) and *Hypnea flexicaulis* (28 ktonnes). These species grow mainly free-floating and colonise mostly the soft substrata of the lagoon. Other two invasive species, which grew attached to hard substrata are *Sargassum muticum* and *Undaria pinnatifida*, but they showed a biomass significantly lower. Recent studies on *Gracilaria vermiculophylla* showed that, in turbid and confined areas rich in nutrients, this species is able to replace all the other species. Contrary to what it is believed, its presence has a positive effect on the environment because, in confined areas replaces *Ulvaceae*, avoiding or reducing a rapid biomass collapse and the triggering of hypo-anoxic crises. In addition, the presence of NIS increases the biodiversity of the lagoon because the most abundant species have a seasonal distribution only.

Key-words: alien macroalgae, standing crop, *Gracilaria vermiculophylla*, biodiversity, Venice Lagoon.

Introduction - All studies on alien species aim to update the taxonomic lists of new arrivals, their origins, the introduction vectors, their spread and the possibility to control or eradicate them. This is also the case of macrophytes (Sfriso and Marchini, 2014; Marchini *et al.*, 2015). In this paper the updating of alien macroalgae in the lagoon of Venice is presented together with their standing crop which was estimated by maps carried out in the whole basin. Moreover, it is reported a case of positive effect on the environment of an invasive species.

Materials and methods - The distribution of the most common taxa was determined by analysing the NIS records during several surveys carried out in the whole lagoon in summer and autumn 2010 (29 sites), 2011 (118 sites), 2014 (88 sites) and in a confined area placed between the historical centre of Venice and the industrial area of Porto Marghera in 2015 (150 sites). For some taxa we referred also to the observations carried out during the implementation of project Life12 Nat/IT/000331-SeResto. The information on the annual growth rates and biomass production of *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar, *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt and *Gracilaria vermiculophylla* (Ohmi) Papenfuss was obtained in the studies of Sfriso and Facca (2013) and Sfriso and Sfriso (2017). The estimation of the standing crop was determined by calculating the lagoon surface colonised by each species according to the surveys carried out for the application of the WFD (2000/60/EC) and the mean biomass present during the sampling.

Results - On the whole lagoon surface (soft + hard substrata), the total NIS biomass was estimated to be ca. 146,521 tonnes fw (Tab. 1).

Tab. 1 - Macroalgal NIS in Venice Lagoon and standing crop estimation.

Macroalghe non indigene nella laguna di Venezia e stima della biomassa.

N°	Taxon	First record	Estimated standing crop	
1	<i>Gracilaria vermiculophylla</i> (Ohmi) Papenfuss	2008	66383	Tonnes
2	<i>Agardhiella subulata</i> (C. Agardh) Kraft & M.J. Wynne	2003	36714	Tonnes
3	<i>Hypnea flexicaulis</i> Y. Yamagishi & M. Masuda	2009	28305	Tonnes
4	<i>Sargassum muticum</i> (Yendo) Fensholt	1992	4825	Tonnes
5	<i>Scytosiphon dotyi</i> M. J. Wynne	1996	4775	Tonnes
6	<i>Solieria filiformis</i> (Kützing) Gabrielson	2003	3768	Tonnes
7	<i>Polysiphonia morrowii</i> Harvey	1999	517	Tonnes
8	<i>Polysiphonia schneideri</i> Stuercke & Freshwater	2017	398	Tonnes
9	<i>Ulvaria obscura</i> (Kützing) Gayral	2000	323	Tonnes
10	<i>Melanothamnus japonicus</i> (Harvey) Diaz-Tapia & Maggs	2017	272	Tonnes
11	<i>Undaria pinnatifida</i> (Harvey) Suringar	1992	143	Tonnes
12	<i>Grateloupia turuturu</i> Yamada	1989	87	Tonnes
13	<i>Uronema marinum</i> Womersley	2008	8,1	Tonnes
14	<i>Antithamnion hubbsii</i> E. Y. Dawson	1994	3,1	Tonnes
15	<i>Codium fragile</i> subsp. <i>fragile</i> (Suringar) Hariot	1978	1,25	Tonnes
16	<i>Grateloupia yinggehaiensis</i> H. W. Wang et R. X. Luan in D. Zhao <i>et al.</i>	2008	6,6	kg
17	<i>Lomentaria hakodatensis</i> Yendo	2000	5,6	kg
18	<i>Colaconema codicola</i> (Børgesen) H. Stegenga, J.J. Bolton, & R.J. Anderson	1978	0,5	kg
19	<i>Antithamnionella elegans</i> (Berthold) J.H. Price & D.M. John	1980	<0,5	kg
20	<i>Antithamnionella spirographidis</i> (Schiffner) E.M. Wollaston	1995	<0,5	kg
21	<i>Aglaothamnion feldmanniae</i> Halos	2003	<0,5	kg
22	<i>Botrytella parva</i> (Takamatsu) Kim	1996	+	
23	<i>Heterosiphonia japonica</i> Yendo	1999	+	
24	<i>Pyropia yezoensis</i> (Ueda) M.S. Hwang & H.G. Choi in Sutherland et al.	2010	+	
25	<i>Leathesia marina</i> (Lyngbye) Decaisne	1996	+	
26	<i>Bonnemaisionia hamifera</i> Hariot	1995	+	
27	<i>Halothrix lumbricalis</i> (Kützing) Reinke	1992	+	
28	<i>Spermothamnion cymosum</i> (Harvey) De Toni	2010	+	
29	<i>Aglaothamnion halliae</i> (Collins) Aponte, D.L. Ballantine & J.N. Norris	2017	+	
30	<i>Ulva australis</i> Areschoug	2011	?	
31	<i>Ulva californica</i> Wille in F.S. Collins, Holden & Setchell	2011	?	
Alien standing crop			146521	
Total mean standing crop (spring 2014)			456000	
% Alien standing crop			32	

Gracilaria vermiculophylla accounted for 45.3% of the total biomass. In addition, the other taxa with a biomass >1% (*i.e.* 1467 tonnes) were *Agardhiella subulata* (C. Agardh) Kraft *et* Wynne (25.1%), *Hypnea flexicaulis* Y. Yamagishi & M. Masuda (19.3%), *Sargassum muticum* (3.29%), *Scytosiphon dotyi* M.J. Wynne (3.26%) and *Solieria filiformis* (Kützing) P.W. Gabrielson (2.57%). These six species accounted for 98.8% of the total NIS biomass. Other 9 taxa, ranged from 1.25 to 517 tonnes fw, whereas 8 taxa were sampled only occasionally (biomass >0.5 kg fw). Finally, 2 species which were recorded only recently and are difficult to determine morphologically, showed a biomass that cannot be easily quantified. Among NIS the invasive *G. vermiculophylla*, a species that grew mostly unattached in the confined soft substrata of the lagoon, was the most widespread species (66,383 tonnes) whereas *Codium fragile* subsp. *fragile* (Suringar) Hariot, although this species is also considered invasive was uncommon (1.25 tonnes). Despite the high number of NIS, many of these are very rare, others are of high ecological value and have no impact on biodiversity which, on the contrary, is enriched. As for *G. vermiculophylla* the first record dated back to May 2008 in the confined area placed in the western part of the industrial area of Porto Marghera

at the Teneri salt marshes. Two years later that species colonized great part of this area with a biomass up to 8-10 kg fw m⁻². In 2011 *G. vermiculophylla* spread also in Valle Millecampi and Valle di Brenta in the southern lagoon but some samples were also recorded near the Venice airport in the northern part of the Lagoon. In 2014 that species colonized all the confined areas of the lagoon. In that year, the spread of *G. vermiculophylla* was particularly massive in the northern side of the bridge that connects Venice to the mainland replacing almost completely *U. rigida*. The presence of this species in 2014 and in the successive years prevented the anoxic crisis that in 2013 affected that area with the decomposition of ca. 10,000 tonnes of biomass in a few days and the troubles that caused to the population of Venice on the night of the Redeemer Feast (Bastianini *et al.*, 2013). Since 2014 *G. vermiculophylla*, and *Agardhiella subulata* in a minor extent, and the native *Gracilariopsis longissima* and *Gracilaria gracilis* colonized all that area hampering the growth of Ulvaceae. That area is very turbid and these Rhodophyceae, and in particular *G. vermiculophylla* were able to grow where the other macroalgae were hampered by high sediment resuspension and phytoplankton blooms. Contrary to the Ulvaceae, which rapidly collapse when water temperature exceeds 25-26 °C, *G. vermiculophylla* also resists at temperatures higher than 30 °C for long periods and degrades it very slowly without triggering anoxic crises.

Conclusions - The standing crops of alien macroalgae that have invaded the bottoms of the Venice Lagoon are presented for the first time. Despite the high number of NIS, only some taxa were abundantly spread in the lagoon. They are mostly species able to live free-floating. Some of these, such as *Gracilaria vermiculophylla*, showed also a positive impact on the environment, replacing Ulvaceae and preventing the triggering of anoxic crises. On the whole the biodiversity resulted enriched without negative impact on the other species because they are prevalently seasonal species. The only negative effect was given by *Sargassum muticum*, *Undaria pinnatifida* and *Agardhiella subulata* because they grew massively around the historical centre of Venice and the city of Chioggia and when thalli detached from the banks of canals hindered the navigation of small boats. However, from the economical point of view all these three taxa could be a source for their phycocolloid content which is used as thickeners and stabilizers in the food, pharmaceutical and cosmetic industries. In addition, *Undaria* is widely used in the eastern countries for soup preparation and contains fucosan, a pigment used in cosmetics as a slimming product (Sfriso *et al.*, 2017).

References

- BASTIANINI M., BERNARDI-AUBRY F., ACRI F., BRAGA F., FACCA C., SFRISO A., FINOTTO S. (2013) - The Redentore fish die-off in the Lagoon of Venice: an integrated view. Book of Abstract Gruppo di Algologia, Riunione scientifica annuale. Venezia, 18-19 ottobre 2013: 32.
- MARCHINI A., FERRARIO J., SFRISO A., OCCHIPINTI AMBROGI A. (2015) - Current status and trends of biological invasions in the Lagoon of Venice, a hotspot of marine NIS introductions in the Mediterranean Sea. *Biol. Inv.*, **17** (10): 2943-2962.
- SFRISO A., FACCA C. (2013) - Annual growth and environmental relationships of the invasive species *Sargassum muticum* and *Undaria pinnatifida* in the lagoon of Venice. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **129**: 162-172.
- SFRISO A., MARCHINI A. (2014) - Updating of non-indigenous macroalgae in the Italian coasts: new introductions and cryptic species. *Biol. Mar. Mediterr.*, **21** (1): 60-69.
- SFRISO A.A., GALLO M., BALDI F. (2017) - Seasonal variation and yield of sulfated polysaccharides in seaweeds from the Venice Lagoon. *Bot. Mar.*, **60** (3): 339-349.
- SFRISO A.A., SFRISO A. (2017) - *In situ* biomass production of Gracilariaceae and *Ulva rigida*: the Venice Lagoon as a study case. *Bot. Mar.*, **60** (3): 271-283.

E. BALESTRI, V. MENICAGLI, F. VALLERINI, C. LARDICCI

Dipartimento di Biologia, Università di Pisa,
Via Derna, 1 - 56126 Pisa, Italia.
virginia.menicagli@biologia.unipi.it

DEGRADATION OF BIODEGRADABLE BAGS IN MARINE SEDIMENTS AND EFFECTS ON SEAGRASSES

DEGRADAZIONE DI BUSTE BIODEGRADABILI NEI SEDIMENTI MARINI ED EFFETTI SULLE FANEROGAME

Abstract - The degradation rate of biodegradable plastic bags in sandy marine sediments and their potential impact on the development and interactions between seagrasses were evaluated. With bags, intra- and inter-specific plant interactions shifted from neutral to competitive in *Cymodocea nodosa*, and its clonal architecture changed in presence of *Zostera noltei*.

Key-words: biodegradable plastic, coastal environment, plant interaction, seagrasses, sediments.

Introduction - Marine plastic litter is a global concern (Jambeck *et al.*, 2015), and non-biodegradable bags constitute a large component of this litter. Because of their adverse impact on marine life, these bags have been replaced by biodegradable ones. However, growing evidence shows that these latter can vary greatly in how long they take to break down, altering benthic assemblages (Green *et al.*, 2015). The potential impact of biodegradable bags on seagrasses, which are the most widespread and productive ecosystems of the coastal zones (Barbier *et al.*, 2011), has been ignored. In this study, we assessed in mesocosm (i) the degradation rate of a common type of bag manufactured with a starch derived polymer (Mater-Bi, MB), which is available in the European market and certified as compostable and biodegradable and (ii) the effect of bag on sediment physical-chemical parameters and on the development of clones of the Mediterranean seagrass, *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson and *Zostera noltei* Hornemann.

Materials and methods - To examine the degradation of bags in marine sediments, pots filled with sand were placed in an aquaculture tank and randomly assigned to two treatments, bag presence or positive control (cellulose filter paper). Then, the materials were retrieved every 15 days over six months and their deterioration rate expressed as percent weight loss. In addition, rhizomes of *C. nodosa* and *Z. noltei* were collected in April 2016 from a shallow meadow (North western Mediterranean, Livorno, Italy) and planted in pots according to the experimental design (presence of one bag fragment 15×15 cm in bare sediment, no bag fragment in bare sediment, cellulose in bare sediment, one bag fragment and one rhizome of *C. nodosa* and one bag fragment and one rhizome of *Z. noltei*). At the start and at the end of the study, pore-water samples were collected from pots for oxygen concentration, pH and temperature measurements. There were three replicates for each treatment. To examine the effect of the bag on *C. nodosa* growth and its interaction with *Z. noltei*, a mixed factorial design with the factor tank (a, b), bag (one bag fragment, no bag or control) and culture regime (one *C. nodosa* rhizome, two *C. nodosa* rhizomes or one *C. nodosa* with one *Z. noltei* rhizome) was conducted. There were three replicates for each treatment combination in each tank. Plants were harvested in September 2016 for morphological measurements. To examine how bag affected plant-plant interactions we calculated the index of relative interaction intensity (RII) (Armas *et al.*, 2004) based on the total length of newly produced rhizome of *C. nodosa* for each treatment.

Results - The loss of mass was about 15% of initial weight for MB bag and 25% relative to the cellulose reference sample. At the end of the study, pore-water oxygen concentration and pH decreased significantly ($p < 0.05$) in bag presence compared to controls (reduction of 0.6 pH units and 1 mg/L for O_2). Sediment temperature was lower ($p < 0.05$) in presence of the bag (23.9 °C) than in controls (24.3 °C) but only in bare sediment. Plants grown in presence of the bag exhibited higher shoot recruitment, total number of alive shoots and total number of roots and root laterals, regardless of culture conditions. There was a significant interaction between bag and culture regime for spacer length ($p = 0.038$). There were significant differences between control and bag treatment for RII values of inter- ($p = 0.007$) and intra-specific interaction ($p = 0.01$). RII indices for plants grown in absence of bag did not significantly differ from zero both for intra- ($p = 0.09$) and inter-specific interaction ($p = 0.56$), indicating no significant competitive effect from conspecifics and co-existing species. In contrast, in presence of the bag both the RII indices were negative and significantly different from zero ($p = 0.001$ for intraspecific and $p = 0.004$ for interspecific interaction), indicating a competitive effect from conspecifics and co-existing species on *C. nodosa* growth.

Conclusions - MB bags slowly degrade in marine sediments (Accinelli *et al.*, 2012) and affect pore water oxygen concentration and temperature (Green *et al.*, 2015). In the presence of bag both intra- and inter-specific plant interactions shifted from neutral to competitive, and spacer elongation in clones grown with *Z. noltei* decreased, leading to a more phalanx growth form. Alterations of competitive intensity and clonal architecture in nature could translate to functional levels, affecting the spatial distribution of ramets and relationships with other seagrass species. Therefore, future studies should better investigate bag degradation process in sediments colonized by seagrasses to understand the possible consequences for associated ecosystems as well as to develop new standard tests for biodegradation of plastics in marine habitats.

References

- ACCINELLI C., SACCÀ M.L., MENCARELLI M., VICARI A. (2012) - Deterioration of bioplastic carrier bags in the environment and assessment of a new recycling alternative. *Chemosphere*, **89** (2): 136-143.
- ARMAS C., ORDIALES R., PUGNAIRE F.I. (2004) - Measuring plant interactions: a new comparative index. *Ecology*, **85** (10): 2682-2686.
- BARBIER E.B., HACKER S.D., KENNEDY C., KOCH E.W., STIER A.C., SILLIMAN B.R. (2011) - The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecol. Monogr.*, **81** (2): 169-193.
- GREEN D.S., BOOTS B., BLOCKLEY D.J., ROCHA C., THOMPSON R. (2015) - Impacts of discarded plastic bags on marine assemblages and ecosystem functioning. *Environ. Sci. Technol.*, **49** (9): 5380-5389.
- JAMBECK J.R., GEYER R., WILCOX C., SIEGLER T.R., PERRYMAN M., ANDRADY A., NARAYAN R., LAW K.L. (2015) - Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, **347** (6223): 768-771.

A. CARDECCIA, J. FERRARIO, A. MARCHINI, A. OCCHIPINTI AMBROGI

Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente, Università di Pavia,
Via Sant'Epifanio, 14 - 27100 Pavia, Italia.
alice.cardeccia01@ateneopv.it

SPECIE NON-INDIGENE MARINE E DELLE ACQUE DI TRANSIZIONE E LORO DISTRIBUZIONE A LIVELLO REGIONALE

MARINE AND BRACKISH NON-INDIGENOUS SPECIES AND THEIR DISTRIBUTION IN THE ITALIAN REGIONS

Abstract - A literature survey was performed in order to check the occurrence of non-indigenous marine and brackish species in each Italian region. A total of 613 regional records, referred to 205 non-indigenous species (NIS) were collected. The regions with the highest number of NIS are Sicily, Apulia and Veneto. The number of NIS is positively correlated with the number of ports occurring in each region.

Key-words: checklist, first record, Italian regions.

Introduzione - Questo lavoro riporta distribuzione e data del primo rinvenimento delle specie non indigene (NIS, *non-indigenous species*) rinvenute nelle acque marine e di transizione delle 15 regioni italiane con sbocco sul mare. I dati presentati sono aggiornati a dicembre 2017. La conoscenza della distribuzione delle NIS a livello regionale può fungere da supporto per la pianificazione di azioni di prevenzione e/o controllo, come previsto dalle recenti direttive Europee (EC, 2008, 2014).

Materiali e metodi - Fonti bibliografiche sia scientifiche sia divulgative sono state consultate al fine di identificare e aggiornare le date dei rinvenimenti di NIS a livello regionale. Il numero di NIS nelle singole regioni è stato poi correlato con alcune variabili regionali: km di costa, Prodotto Interno Lordo (PIL), numero di porti e marine turistiche e numero di posti barca.

Risultati - Sono stati verificati e datati 613 record regionali (Tab. 1) riferiti a 205 NIS (la lista aggiornata è attualmente consultabile sul sito SIBM). La regione italiana con il maggior numero di NIS è la Sicilia (105 specie), seguita da Puglia e Veneto (rispettivamente 77 e 73 specie). Sicilia e Veneto sono anche le due regioni con il maggior numero di primi record (rispettivamente 60 e 42, Tab. 1).

Tab. 1 - Numero di NIS e primi rinvenimenti nelle singole regioni italiane.

Number of NIS and first records in single Italian regions.

Regione	Numero NIS	Primi record	Regione	Numero NIS	Primi record
Liguria	48	19	Abruzzo	12	1
Toscana	50	18	Marche	17	2
Lazio	39	8	Emilia-Romagna	30	10
Campania	48	20	Veneto	73	42
Basilicata	2	0	Friuli-Venezia Giulia	36	7
Calabria	22	7	Sicilia	105	60
Puglia	77	21	Sardegna	53	9
Molise	1	0			

I gruppi tassonomici maggiormente rappresentati sono le alghe rosse (38 specie), i decapodi (21 specie) e i vertebrati (20 specie). Fra le diverse correlazioni testate, quella fra numero di NIS e numero di porti commerciali e turistici presenti nelle

diverse regioni è risultata la più elevata ($R^2=0,80$). In confronto a quanto noto nel 2002 e 2011 (Occhipinti Ambrogi, 2002; Occhipinti Ambrogi *et al.*, 2011) (Fig. 1) si osserva un aumento dell'83% del numero di NIS presenti lungo le nostre coste (da 112 nel 2002 a 205 nel 2017).

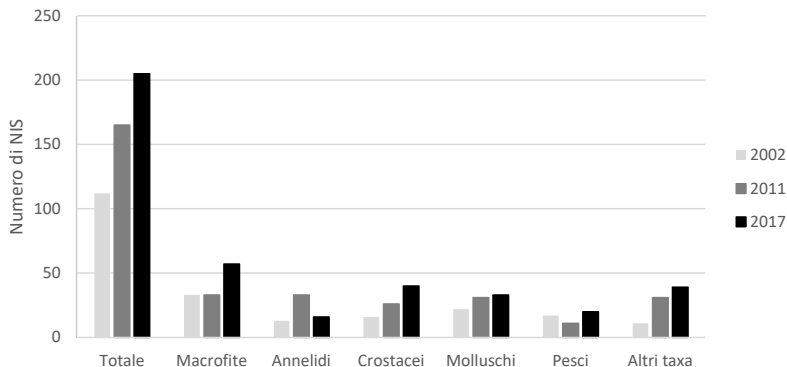


Fig. 1 - Confronto fra le liste di NIS presenti sulle coste italiane aggiornate al 2002 (Occhipinti Ambrogi, 2002), 2011 (Occhipinti Ambrogi *et al.*, 2011) e 2017.

*Comparison among inventories of NIS occurring along the Italian coasts published in 2002 (Occhipinti Ambrogi, 2002), 2011 (Occhipinti Ambrogi *et al.*, 2011) and 2017.*

Conclusioni - I risultati qui esposti su scala regionale, anche se basati su rinvenimenti discontinui nel tempo e nello spazio, consentono comunque un'analisi della situazione attuale delle NIS presenti nelle acque marine e di transizione italiane. L'esame delle correlazioni fra la distribuzione regionale delle NIS e le variabili geografiche e demografiche selezionate indica una relazione positiva con il numero di porti e marine turistiche presenti, suggerendo il ruolo chiave della navigazione nell'introduzione e dispersione secondaria delle NIS segnalate lungo tutte le nostre coste. L'elevato numero di primi record in Sicilia e Veneto è imputabile nel primo caso alla vicinanza con il bacino levantino e all'apporto di NIS attraverso il canale di Suez, e nel Veneto alla concentrazione di impianti di acquacoltura.

Bibliografia

- EC (2008) - Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive). *Official Journal of the European Union*, L. 164: 19-40.
- EC (2014) - Regulation (EU) No. 1143/2014 of the European Parliament and of the Council of 22 October 2014 on the prevention and management of the introduction and spread of invasive alien species. *Official Journal of the European Union*, L. 317: 35-55.
- OCCHIPINTI AMBROGI A. (2002) - Current status of aquatic introductions in Italy. In: Leppäkoski E., Gollasch S., Olenin S. (eds), *Invasive aquatic species of Europe. Distribution, impacts and management*. Springer, Dordrecht: 311-324.
- OCCHIPINTI AMBROGI A., MARCHINI A., CANTONE G., CASTELLI A., CHIMENZ C., CORMACI M., FROGLIA C., FURNARI G., GAMBI M.C., GIACCONE G., GIANGRANDE A., GRAVILI C., MASTROTOTARO F., MAZZIOTTI C., ORSI RELINI L., PIRAINO S. (2011) - Alien species along the Italian coasts: an overview. *Biol. Inv.*, **13** (1): 215-237.

G. CHIMIENTI, F. MONTESANTO, F. GRIECO, P. RICCI, R. CARLUCCI

Department of Biology and CoNISMa LRU, University of Bari Aldo Moro,
Via Orabona, 4 - 70125 Bari, Italy.
giovanni.chimienti@uniba.it

THE STATUS OF A BIVALVE COMMUNITY AFTER THREE-YEARS OF HYDRAULIC DREDGING STOP

LO STATO DI UNA COMUNITÀ A BIVALVI DOPO TRE ANNI DI SOSPENSIONE DELLA PESCA CON DRAGA IDRAULICA

Abstract - A coastal bivalve community, historically exploited by dredging in the southern Adriatic Sea, was investigated to monitor its status after three years of fishing stop. Sampling was carried out in two areas off Varano during July 2017. A depleted community was found, probably affected by an environmental stress acting in the area besides the fishing pressure. However, the slight differences observed between the two investigated areas are likely related to the occasional hydraulic dredging carried out to test the striped clam abundance in order to evaluate the possibility to restart the exploitation.

Key-words: macrozoobenthos, striped clam, dredging, South Adriatic Sea, Mediterranean Sea.

Introduction - Despite the hydraulic dredging targeting the striped clam *Chamelea gallina* (Linnaeus, 1758) took place for over 30 years in the Adriatic Sea, few specific studies have addressed to measure the impact of the fishing pressure and the potential recovery time of the exploited macrozoobenthic community (e.g., Froggia and Fiorentini, 1988; Vaccarella *et al.*, 1994; Morello *et al.*, 2006). To that regard, the main results from an investigation aiming to describe the status of the bivalves in two ecologically-comparable coastal areas northern the Gargano peninsula (southern Adriatic Sea) are reported. Commercial dredging has been interrupted in the two study areas during the last three years and occasional hauls were carried out to test the striped clam abundance in order to evaluate the possibility to restart the exploitation.

Materials and methods - Sampling was carried out in two areas off Varano during July 2017. A hydraulic dredge with 2 m of iron opening was used and a net sampler of 40 cm opening and 7 mm of mesh was placed in the dredge. The former sampling area (L), located near Capoiale, is characterized by the absence of fishing activities. The latter area (H), located about 3 miles easternmost, is interested by occasional hydraulic dredging. A total of 6 linear transects (ca. 100 m in length) for each area were carried out from 2.5 to 4.8 m in depth. The living fauna sampled in the net was identified at species level. The biomass/m² of *C. gallina* was estimated. The antero-posterior shell length (SL) of each specimen was measured to describe the population structure throughout the length-frequency distribution. Margalef, Simpson, Shannon-Wiener and Pielou indexes were calculated and the non-parametric Kruskal-Wallis test was performed to describe potential differences in the two communities.

Results - A mean density of 94±14 and 69±13 striped clam/100 m² was estimated in the L and H area, respectively. A mean clam biomass of 180.50±26.88 and 132.50±24.96 g/100 m² was estimated in the L and H area, respectively. The minimum SL was of 14 mm in both areas. The maximum SL was 36 and 31 mm at the L and H area, respectively. A total of 30 living species were collected from the L area (min 12; max 17), while 15 were sampled in the H area (min 6; max 10). Both L and H areas resulted characterized by a SFBC biocoenosis *sensu* Pérès and Picard (1964), with the dominant presence of the bivalves *C. gallina*, *Donax semistriatus* Poli, 1795 and

Mactra stultorum (Linnaeus, 1758), as well as the decapod *Diogenes pugilator* (Roux, 1829). The richness, dominance and diversity index resulted significantly higher in L than in H area (Tab. 1). On the contrary, the evenness resulted significantly higher in H area. The thanatocoenosis was dominated by a conspicuous number of valves of *C. gallina* and *D. semistriatus*, followed by the Tellinidae *Peronidia albicans* (Gmelin, 1791) and *Peronaea planata* (Linnaeus, 1758).

Tab. 1 - Minimum, maximum, mean and standard deviation (s.d.) of the index calculated in the sampling areas, Kruskal-Wallis (K-W) test values and significance.

Minimo, massimo, media e deviazione standard (s.d.) degli indici ecologici calcolati nelle aree di campionamento, risultati del test di Kruskal-Wallis (K-W) e significatività.

Index	Area	Min	Max	Mean	s.d.	K-W	P-value
Margalef d (Species Richness)	L	2.51	3.11	2.79	0.26	8.3	<0.01
	H	1.15	2.27	1.83	0.38		
Simpson D (Dominance)	L	0.10	0.23	0.17	0.04	5.8	<0.05
	H	0.19	0.27	0.23	0.03		
Shannon-Wiener H (Specific Diversity)	L	1.91	2.44	2.10	0.18	8.3	<0.01
	H	1.57	1.87	1.73	0.14		
Pielou J (Evenness)	L	0.71	0.90	0.78	0.08	0.9	<0.05
	H	0.73	0.88	0.82	0.06		

Conclusions - Although three years of fishing stop, a very depleted bivalve community was found in both the investigated areas. In addition, the biomass of *C. gallina* resulted significantly below the threshold value of 10 g/m² indicated for the commercial exploitation. Despite a massive recruitment was recorded in the two areas for another SFBC bivalve (Chimienti *et al.*, 2015), the absence of specimens of *C. gallina* smaller than 14 mm SL suggests that recruitment is currently very low. The mud-tolerant species expected in case of medium/high fishing pressure (Vaccarella *et al.*, 1994; Morello *et al.*, 2006) were almost absent. To that regard, some recent events of mass mortality, reported by local fishermen, could have played a key role in the banalization of the whole community. Thus, the status of the bivalves in the two areas is probably due to an environmental stress acting besides the very low fishing pressure. However, although exploitation was not the main stressor affecting the community, the slight differences observed between the two investigated areas are likely related to the occasional hydraulic dredging.

References

- CHIMIENTI G., PANETTA P., LIONETTI A., RICCI P., CARLUCCI R., MATARRESE A., MASTROTOTARO F. (2015) - Findings of juveniles of *Donax semistriatus* (Mollusca, Bivalvia) in the South Adriatic Sea. *Biol. Mar. Mediterr.*, **22** (1): 81-82.
- FROGLIA C., FIORENTINI L. (1988) - Valutazione degli stocks di vongole nei Compartimenti Marittimi di Ancona e San Benedetto del Tronto: stato di avanzamento e prime considerazioni. *Atti Sem. Pesca e Acquacoltura M.M.M. C.N.R.*, **1**: 353-369.
- MORELLO E.B., FROGLIA C., ATKINSONS R.J.A., MOORE P.G. (2006) - Medium-term impacts of hydraulic clam dredgers on a macrobenthic community of the Adriatic Sea (Italy). *Mar. Biol.*, **149**: 401-413.
- PÈRES J.M., PICARD J. (1964) - Nouveau manuel de bionomie benthique de la Méditerranée. *Rec. Trav. Staz. Mar. Endoume*, **31** (47): 137 pp.
- VACCARELLA R., PASTORELLI A.M., MARANO G. (1994) - Studio sulla efficienza delle draghe turbosoffianti e loro effetto sulle comunità bentoniche. *Boll. Malacol.*, **30** (1-4): 17-28.

This study benefited from funding through the RETE PESCA III “Basi scientifiche e strumenti a supporto dei piani di gestione delle risorse della pesca nell’ambito della politica comune della pesca e delle politiche ambientali ed economiche” research agreement between MIPAAF (Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali) and CoNISMa.

E. CURCURACI, E.C. LA MARCA, M. MILAZZO, R. CHEMELLO

Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare (DiSTeM), Università di Palermo,
Via Archirafi, 20 - 90123 Palermo, Italia.
eleonora.curcuraci@yahoo.it

RECRUITMENT OF *DENDROPOMA CRISTATUM* (BIONDI, 1859) ON SUBSTRATES WITH DIFFERENT COMPLEXITY

RECLUTAMENTO DI DENDROPOMA CRISTATUM (BIONDI, 1859) SU SUBSTRATI A COMPLESSITÀ DIFFERENTE

Abstract - Artificial substrates with different ranks of complexity were fixed to the outer of three vermetid reefs for five months, to evaluate how complexity affects the settlement of *Dendropoma cristatum* larvae. The highest number of settlers was observed in September on the substrate with the highest level of complexity. The smooth substrate was the one that overall exerted the lowest number of settlers. Settlement rates differed according to the recruitment period and the sites.

Key-words: recruitment, larval settlement, artificial substrate, complexity, vermetid reef.

Introduction - Despite the ecological relevance of the vermetid bioconstructions in the Mediterranean, little is known about the early life stage of *Dendropoma cristatum* (Biondi, 1859) (La Marca *et al.*, 2016) and attempts of habitat restoration of *Dendropoma* reefs are still at an infancy stage (Milazzo *et al.*, 2017). To address conservation and management actions on vermetid reefs it is necessary to fully understand their biological characteristics and the drivers affecting their larval settlement process. Even if it is well known that increased surface complexity has long been recognized as an important factor enhancing larval settlement of many benthic invertebrates in addition to providing protection from predation and enhancing local availability of food resources, there is no unified definition of complexity in ecology (Loke *et al.*, 2015). To provide a better ecological knowledge on this relevant reef building species, this study describes the role of artificial substrates with different complexity levels in affecting *D. cristatum* larval settlement.

Materials and methods - The study was conducted in Punta Raisi (northern Sicily) from late June to early November 2017 (*i.e.* the recruitment period), on the external rim of the *D. cristatum* reef (Chemello, 2009). 144 artificial substrates made by forex (10×5 cm, thickness 5 mm) were fixed to the substrate and oriented parallel to the coast. The surface of the artificial substrates was manipulated creating six distinct roughness levels made by furrows that were 12, 8, 5, 3 and 2 millimetres apart. A sixth surface was smooth and used as control. The increasing levels of complexity of the substrate were ranked: 0 (smooth), 1 (12 mm), 2 (8 mm), 3 (5 mm), 4 (3 mm) and 5 (2 mm). Interspersed combinations of the six settlement surfaces (n=8 for each typology) were fixed in three different sites. Vermetid settlement was monthly monitored by photo-sampling and the number of settlers was recorded. At the end of the experiment the photos were analysed to record the number of settlers on the total surface of each complexity level: 50 cm² (rank 0), 64 cm² (rank 1), 68 cm² (rank 2), 76 cm² (rank 3), 88 cm² (rank 4) and 100 cm² (rank 5). All density values have been referred to 100 cm².

Results - During the five months of field exposure the highest number of settlers was observed in September (57.8 individuals) on the substrate with the highest level of complexity (rank 5). The smooth substrate (rank 0) showed the lowest number of settlers (between 0.27 and 7.45 individuals). All the complex substrates showed

an increasing number of settlers between July and September except for the rank 1 (-6.0 % rank 1, +30.9% rank 2, +33.7% rank 3, +10.0% rank 4, +28.3% rank 5) and a drastic decrease of settlers in October and November (-24.4% rank 1, -37.6 rank 2, -27.1 rank 3, -23.6% rank 4, -20.2% rank 5). The rank 0 did not follow this trend and the number of settlers was constantly low (5.08 ± 1.43 S.E. T1, 5.21 ± 1.55 S.E. T2, 7.45 ± 2.33 S.E. T3, 6.18 ± 1.58 S.E. T4, 0.27 ± 0.19 S.E. T5). Statistical analyses showed significant differences in settlement success depending on the substrate complexity ($p=0.0001$), on the sampling period ($p=0.0008$) and on the sampling sites ($p=0.0001$) and their paired interactions. Within the substrate complexity the rank 0 showed a high difference of *D. cristatum* number of settlers, from the other rank substrates ($pMC < 0.05$), the highest settlement difference was detected between rank 1 (37.9 ± 5.26 S.E. T1, 30.29 ± 5.49 S.E. T2, 28.48 ± 4.79 S.E. T3, 6.96 ± 1.42 S.E. T4, 6.25 ± 1.58 S.E. T5) and rank 4 (37.87 ± 3.71 S.E. T1, 49.71 ± 7.78 S.E. T2, 54.69 ± 7.60 S.E. T3, 12.92 ± 3.07 S.E. T4, 11.26 ± 2.43 S.E. T5) ($pMC=0.0007$).

Conclusions - Substrate complexity affects the settlement of marine sessile organisms and can either enhance or reduce larval settlement. Accordingly, this study shows that substrate complexity is a key factor in the active selection of settlement sites of *D. cristatum*. It is likely that vermetid larvae crawl out the maternal shell and recognize different substrates by preferring the ones with the most complex microtopography and not smaller than the size of larvae. This rank of complexity seems to provide a more secure site for adhesion, and refuge to hydrodynamic forces. The present study takes a first step for the deepening of the knowledge related to the successful recruitment of the *D. cristatum* species on artificial substrates, through an analysis of the physical characteristics of the substrate suitable for the settlement of larvae and the recruitment period of the species. A greater understanding of this species, in the future, will lead to the creation of artificial structures that recreate the complexity of the ideal substrate for their settlement to attempt the vermetid reef habitat restoration.

References

- CHEMELLO R. (2009) - Le biocostruzioni marine in Mediterraneo. Lo stato delle conoscenze sui reef a vermeti. *Biol. Mar. Mediterr.*, **16** (1): 2-18.
- LA MARCA E.C., FRANZITTA G., CAPRUZZI E., MILAZZO M., CHEMELLO R. (2016) - Substratum recognition as settlement cue for larvae of *Dendropoma cristatum* (Biondi, 1859). *Biol. Mar. Mediterr.*, **23** (1): 202-203.
- LOKE L.H.L., LADLE R.J., BOUMA T.J., TODD P.A. (2015) - Creating complex habitats for restoration and reconciliation. *Ecol. Eng.*, **77**: 307-313.
- MILAZZO M., FINE M., LA MARCA E.C., ALESSI C., CHEMELLO R. (2017) - Drawing the line at neglected marine ecosystems: ecology of vermetid reefs in a changing ocean. In: Rossi S., Bramanti L., Gori A., Orejas C. (eds), *Marine animal forests. The ecology of benthic biodiversity hotspots*. Springer International Publishing, Switzerland: 345-367.

L. DONNARUMMA, F. DI STEFANO, L. APPOLLONI, F. FERRIGNO, F. RENDINA, A. ROMANO*,
R. SANDULLI, G.F. RUSSO

Dipartimento di Scienze e Tecnologie, Università di Napoli "Parthenope",
Centro Direzionale, Isola C4 - 80143 Napoli, Italia.

luigia.donnarumma@uniparthenope.it

*AMP Isola di Ventotene e S. Stefano, P.zza Castello, 1 - 04020 Ventotene (LT), Italia.

RECREATIONAL BOATING INFLUENCE ON *POSIDONIA OCEANICA* BEDS IN THE MARINE PROTECTED AREA "ISOLA DI VENTOTENE E SANTO STEFANO"

INFLUENZA DEL DIPIORTISMO SU PRATERIE DI POSIDONIA OCEANICA NELL'AREA MARINA PROTETTA "ISOLA DI VENTOTENE E SANTO STEFANO"

Abstract - This study evaluates the health state of *Posidonia oceanica* beds subjected to recreational boating around Ventotene Island, through analysis of morpho-phenological parameters, in four areas with different anchoring pressure. The results showed a disturbed state of the seagrass beds, since a decrease of shoot density was detected, principally where anchoring pressure is higher.

Key-words: seagrass, seasonality, anchoring effects, bioindicator, Pontine Island.

Introduction - Nowadays, the relevant growth of the nautical sector induces the Marine Protected Areas to adopt management measures and monitoring plans of the coastal activity, to limit organic (e.g. restrooms) and industrial pollution (e.g. antifouling paints, hydrocarbons). Furthermore, recreational boating produces the principal disturbance on benthic communities, increasing wave action along the coasts, generating acoustic pollution and damaging by anchoring marine seagrass beds (Pinturo *et al.*, 2011). *Posidonia oceanica* (L.) Delile, the endemic and dominant seagrass in the Mediterranean Sea, is widely extended around Ventotene Island. Here, the touristic activities (e.g. boat trips, marine ecotourism, diving) drastically increase during the summer period (Di Donato, 2008) and positively affect the Island economy. The aim of this work is to evaluate the response of anchoring pressure by recreational boating on *P. oceanica* meadows around the Ventotene Island, in order to preserve this marine habitat, protected by the European Directive 92/43/EEC.

Materials and methods - On the basis of previous information on MPA management data, four areas with different anchoring pressure were selected around Ventotene Island: A - Control Area without anchoring; B - Low Anchoring level; C - Intermediate Anchoring level; D - High Anchoring level. The anchoring areas offer shelter from prevailing winds during the summer season, and therefore preferred by recreational boating. In each area, 4 stations were selected: 2 at 5 m depth and 2 at 15 m depth, at a distance of about 100 m in each depth. Five frames (0.20 m²) were randomly chosen to measure the *Posidonia* density and 5 plant shoots were randomly collected at each station. For each shoot, the following leaf parameters were analysed: length of adult and intermediate leaves; Leaf Area Index (L.A.I.); percentage of broken apex of leaves both by herbivores and mechanically. All sampling and counting were carried out in spring 2015 and replicated in autumn, in order to know the state of *Posidonia* beds before and after summer anchoring pressure. The statistical analysis (one-way ANOVA and t-test) were performed to compare the two sampling periods and the four areas.

Results - In spring, the density values of *Posidonia* shoots at both depths suggested a good state of beds according to Buia *et al.* (2003), while in autumn *Posidonia* beds appeared disturbed, as density values were lower than in spring (Tab. 1). The same trend occurred for the leaf length and LAI (Tab. 1). In spring the leaves apex was intact for 77%, broken by herbivores for 13% and mechanically for 10%; in autumn, the percentage of intact leaves was 79%, leaves broken by herbivores 6% and mechanically 15%. Therefore, leaves mechanically broken increased in percentage after the summer period in all the three anchoring areas (increment of 2% in B; 9% in C; 12% in D).

Tab. 1 - Mean values of some morpho-phenological parameters for each area exposed to different anchoring pressure (A - Control Area; B - Low anchoring; C - Intermediate anchoring; D - High anchoring) and statistical one-way ANOVA and t-test analysis.

Valore medio di alcuni parametrici morfo-fenologici per ogni area esposta a differente pressione di ancoraggio (A - Controllo; B - Ancoraggio basso; C - Ancoraggio intermedio; D - Ancoraggio elevato) e analisi statistiche mediante ANOVA e t-test.

	Area	Spring	Autumn	one-way ANOVA						
				Spring		Autumn		Between Seasons		
				A-D	A-D	A-D	A-D			
Density (-5 m)	A	589.3±62	416.8±200.9	**	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	*
	B	585.6±52.8	435.6±115.1							
	C	457.5±118.7	410.6±98							
	D	524.3±63.6	317.5±233.7							
Density (-15 m)	A	493.1±83.7	405.6±151.1	***	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	***
	B	561.8±35.4	338.1±255.8							
	C	521.8±131.8	238±116							
	D	581.2±55.9	237.5±94							
t-test*										
	Area	Spring	Autumn	Between Seasons	A-B	A-C	A-D	A-B	A-C	A-D
Leaf length (cm)	A	40.69±16.21	27.17±2.08	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	*
	B	38.37±10.28	16.79±5.07	***						
	C	34.65±12.67	21.48±7	n.s.						
	D	48.08±11.89	22.23±3.15	**						
L.A.I. (m ² /m ²)	A	2.10±0.83	1.13±0.08	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	***	*	**
	B	2.21±0.59	0.49±0.14	**						
	C	1.53±0.55	0.75±0.24	*						
	D	2.39±0.59	0.84±0.11	**						

Conclusions - A disturbed state of *Posidonia oceanica* beds around Ventotene Island was found, considering both density and morpho-phenological parameters in the four areas with different anchoring pressure. *P. oceanica* shoot density values were higher in spring than in autumn. The same trend applies to leaves length, which resulted in a low canopy of beds and, therefore, in low leaf surface area in autumn, possibly due to anchoring pressure and seagrass seasonal dynamics. This was mainly recorded in the three anchoring areas, where *Posidonia* leaf apex showed a higher mechanical damage.

References

- BUIA M.C., GAMBI M.C., DAPPIANO M. (2003) - I sistemi a fanerogame marine. In: Gambi M.C., Dappiano M. (eds), Manuale di metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo. *Biol. Mar. Mediterr.*, **10** (Suppl.): 145-198.
- DI DONATO R. (2008) - *Sviluppo di basi di dati GIS e procedure d'analisi multicriterio per la pianificazione e la gestione di Aree Marine Protette*. Tesi di dottorato, Università "Parthenope": 167 pp.
- PINTURO R., RANDIERI A., MOLLICA E. (2011) - Impatto del rumore prodotto dall'uomo sulla fauna marina. *Uomo e Natura*, **2**: 31-38.

J. FERRARIO, C. BOGI¹, A. CARDECCIA, J. LANGENECK², A. MARCHINI,
A. ULMAN, A. OCCHIPINTI AMBROGI

Department of Earth and Environmental Sciences, University of Pavia,
Via S. Epifanio, 14 - 27100 Pavia, Italy.
jasmine.ferrario@unipv.it

¹Gruppo Malacologico Livornese, Livorno, Italy.

²Department of Biology, University of Pisa, Pisa, Italy.

FOULING COMMUNITY IN THE HARBOUR OF PIRAN (SLOVENIA)

COMUNITÀ FOULING NEL PORTO DI PIRANO (SLOVENIA)

Abstract - A rapid assessment of the fouling community in the harbour of Piran, Slovenia, was carried out in September 2017. A total of 59 species were collected, out of which 6 were non-indigenous species, all representing new records for Slovenia and 2 of which are also new records for the Adriatic Sea. The usefulness of rapid assessment monitoring programmes is highlighted.

Key-words: macrozoobenthos, non-indigenous species, biological invasions, shipping, Adriatic Sea.

Introduction - Harbours and marinas are well-known recipient areas for non-indigenous species (NIS) and the dense travel network, created by international and local maritime traffic, can be considered one of the major pathways for NIS introductions and spreading (Hewitt *et al.*, 2009). In this work, we report the results of a rapid assessment sampling exercise on the fouling community, performed in the small harbour of Piran (which hosts predominantly recreational vessels; 30 berths), with the aim of detecting the presence of NIS.

Materials and methods - A rapid assessment of the fouling community in the harbour of Piran was carried out on September 28th, 2017. The sampling methodology used was undertaken within a 1-hour period, along the main dock by scraping the submerged concrete substrates, together with ropes, ladders and buoys with a 3-inch paint scraper (Ulman *et al.*, 2017). Samples were partially sorted on site and identified in the field; the remaining material was then preserved in 70% ethanol and taxonomic analyses were then completed in the laboratory for both native and non-indigenous species.

Results - Crustacea, Mollusca and Polychaeta were the most represented taxonomic groups within the fouling community, that was comprised of a total of 59 species (Tab. 1), out of which 6 are NIS: the polychaete *Hydroides elegans* (Haswell, 1883), the crustaceans *Caprella scaura* Templeton, 1836, *Paracerceis sculpta* (Holmes, 1904) and *Stenothoe georgiana* Bynum & Fox, 1977, the bryozoa *Watersipora arcuata* Banta, 1969 and the tunicate *Styela plicata* (Lesueur, 1823) (Fig. 1). Besides species commonly found in port localities - *e.g.* *Botryllus schlosseri* (Pallas, 1766), *Clavelina lepadiformis* (Müller, 1776), *Elasmopus rapax* Costa, 1853, *H. elegans*, *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 and *Schizoporella errata* (Waters, 1878) - the fouling of Piran harbour also hosted a few native species that are more commonly observed in natural habitats - *e.g.* *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816), *Leodice harassii* (Audouin & Milne-Edwards, 1833), *Odontosyllis ctenostoma* Claparède, 1868. Furthermore, all 6 NIS reported here are new records for Slovenia, representing nearly 10% of the total species richness. Notably, the records of *W. arcuata* and *S. georgiana* are also first records for the Adriatic Sea.

Tab. 1 - List of fouling species recorded in the harbour of Piran; NIS are marked with an asterisk.

Lista delle specie fouling rinvenute presso il porto di Pirano; le NIS sono indicate con un asterisco.

PORIFERA	CRUSTACEA
<i>Sycon</i> sp.	<i>Ampithoe</i> sp.
CNIDARIA	<i>Apocorophium</i> spp.
<i>Actinia</i> sp.	<i>Caprella equilibra</i> Say, 1818
<i>Kirchenpaueria halecioides</i> (Alder, 1859)	* <i>Caprella scaura</i> Templeton, 1836
POLYCHAETA	<i>Chondrochelia</i> sp.
<i>Amphiglena mediterranea</i> (Leydig, 1851)	<i>Cyathura carinata</i> (Krøyer, 1847)
<i>Ceratonereis costae</i> (Grube, 1840)	<i>Elasmopus rapax</i> Costa, 1853
<i>Eumida sanguinea</i> (Ørsted, 1843)	<i>Erichthonius brasiliensis</i> (Dana, 1853)
<i>Filograna</i> sp.	<i>Lysianassina longicornis</i> (Lucas, 1846)
* <i>Hydroides elegans</i> (Haswell, 1883)	<i>Microdeutopus stationis</i> Della Valle, 1893
<i>Leodice harassii</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833)	* <i>Paracerceis sculpta</i> (Holmes, 1904)
<i>Nereiphylla rubiginosa</i> (Saint-Joseph, 1888)	<i>Pinnotheres</i> sp.
<i>Odontosyllis ctenostoma</i> Claparède, 1868	<i>Processa</i> sp.
<i>Polyophthalmus pictus</i> (Dujardin, 1839)	<i>Stenothoe monoculoides</i> (Montagu, 1815)
<i>Simplaria</i> sp.	* <i>Stenothoe georgiana</i> Bynum & Fox, 1977
<i>Spirobranchus triqueter</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Zeuxo</i> sp.
<i>Syllis gerlachi</i> (Hartmann-Schröder, 1960)	BRYOZOA
<i>Syllis gracilis</i> Grube, 1840	<i>Aetea</i> sp.
<i>Timarete filigera</i> (Delle Chiaje, 1828)	<i>Cradoscrupocellaria bertholletii</i> (Audouin, 1826)
MOLLUSCA	<i>Cryptosula pallasiana</i> (Moll, 1803)
<i>Anomia ephippium</i> Linnaeus, 1758	<i>Savignyella lafontii</i> (Audouin, 1826)
<i>Arca noae</i> Linnaeus, 1758	<i>Schizoporella errata</i> (Waters, 1878)
<i>Chama gryphoides</i> Linnaeus, 1758	* <i>Watersipora arcuata</i> Banta, 1969
<i>Hiatella arctica</i> (Linnaeus, 1767)	ECHINODERMATA
<i>Mimachlamys varia</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Amphipholis squamata</i> (Delle Chiaje, 1828)
<i>Modiolus barbatus</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Paracentrotus lividus</i> (Lamarck, 1816)
<i>Mytilaster solidus</i> Monterosato, 1883	ASCIDIACEA
<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck, 1819	<i>Botryllus schlosseri</i> (Pallas, 1766)
<i>Musculus costulatus</i> (Risso, 1826)	<i>Clavelina lepadiformis</i> (Müller, 1776)
<i>Petricola lithophaga</i> (Retzius, 1788)	<i>Didemnum</i> sp.
<i>Pseudochama gryphina</i> (Lamarck, 1819)	* <i>Styela plicata</i> (Lesueur, 1823)
<i>Ostrea edulis</i> Linnaeus, 1758	
<i>Ostrea</i> cf. <i>stentina</i> Payraudeau, 1826	
<i>Rocellaria dubia</i> (Pennant, 1777)	

The serpulid *H. elegans* and the ascidian *S. plicata* are common and widespread NIS in Mediterranean harbours since the 19th century, therefore their presence in Piran could be expected. The crustaceans *C. scaura* and *P. sculpta* are present in the Mediterranean since the 1980's - 1990's, having begun their spreading history from the northern Adriatic Sea (Forniz and Sconfietti, 1983; Mizzan, 1999), and having later been observed rather frequently in different Mediterranean localities across the entire basin (e.g. Forniz and Maggiore, 1985; Martínez and Adarraga, 2008; Bakir and Katağan, 2011; Katsanevakis *et al.*, 2014; Ferrario *et al.*, 2017; Ulman *et al.*, 2017).

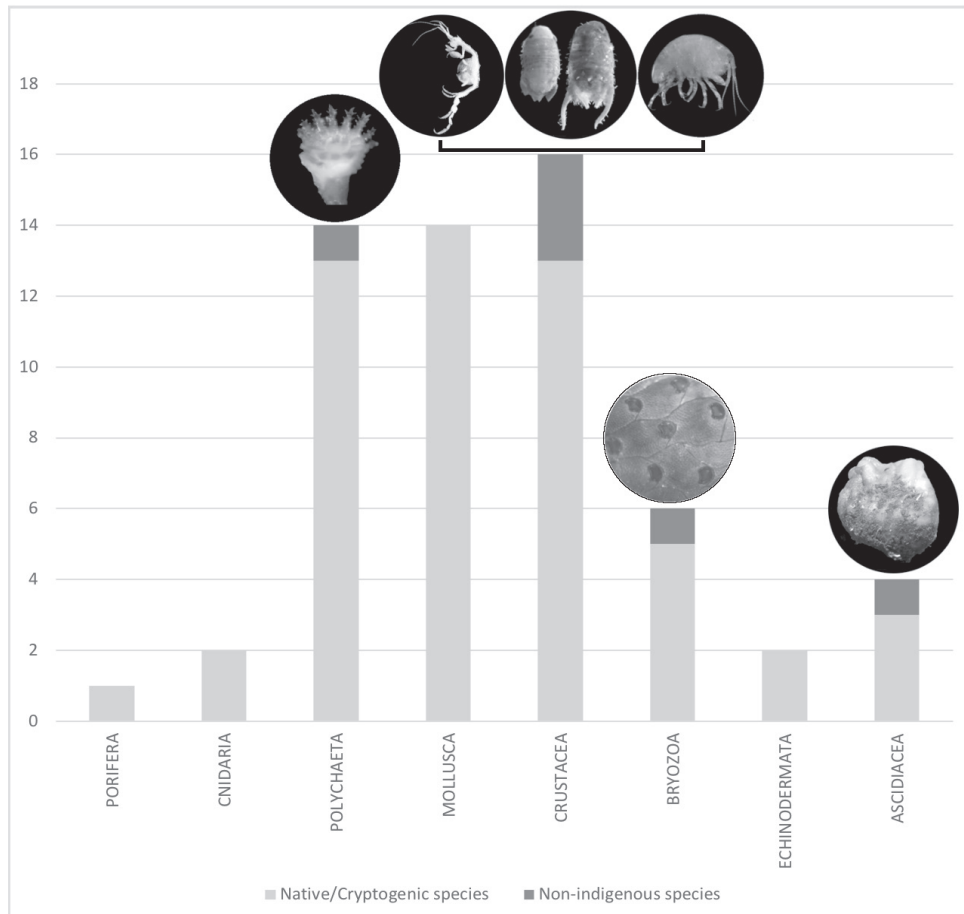


Fig. 1 - Number of native/cryptogenic and non-indigenous species (with corresponding picture) per taxonomic group. Pictures from left to right correspond with the following non-indigenous species: *Hydroides elegans*, *Caprella scaura*, *Paracerceis sculpta*, *Stenothoe georgiana*, *Watersipora arcuata* and *Styela plicata*.

Numero di specie nativel/cryptogeniche e non indigene (con relativa foto) per ciascun gruppo tassonomico. Le immagini da destra a sinistra corrispondono alle seguenti specie non indigene: *Hydroides elegans*, *Caprella scaura*, *Paracerceis sculpta*, *Stenothoe georgiana*, *Watersipora arcuata* e *Styela plicata*.

We also found two NIS whose presence in the Mediterranean has been firstly reported only very recently: *S. georgiana* and *W. arcuata*. The amphipod *S. georgiana* was first recorded from Spanish fish farms (in 2010; Fernandez-Gonzalez and Sanchez-Jerez, 2017) and later observed in port localities along the western and southern Mediterranean coasts (Ferrario *et al.*, 2017; Ulman *et al.*, 2017; Fig. 2A). The bryozoan *W. arcuata* was first recorded along the western Italian coast in 2013 (Ferrario *et al.*, 2015) and recently observed also in Maltese, Sicilian, Spanish and Turkish port localities (Ulman *et al.*, 2017; Ferrario *et al.* 2018; Fig. 2B). The present record notably extends their colonization range and suggests these species may further spread elsewhere in the Adriatic Sea.

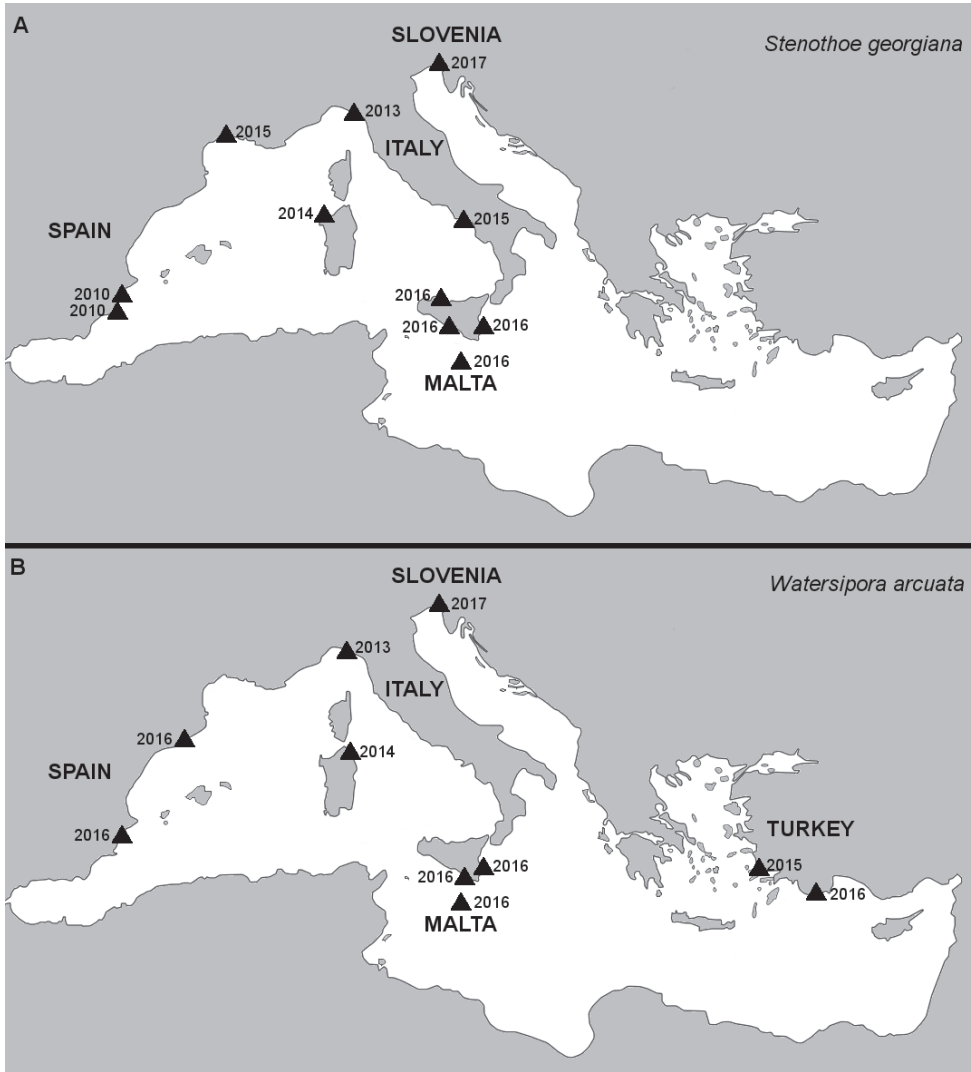


Fig. 2 - Mediterranean distribution range of *Stenothoe georgiana* (A) and *Watersipora arcuata* (B), the year of first record for each locality are indicated.

Areale di distribuzione mediterranea di Stenothoe georgiana (A) e Watersipora arcuata (B), con indicazione dell'anno di primo rinvenimento in ciascuna località.

Conclusions - This work allowed us to update the Mediterranean distribution of 6 NIS and reveals the impressive spreading capabilities of *S. georgiana* and *W. arcuata* that have now also reached the Adriatic Sea. It is not possible to assess with certainty the pathway followed by a NIS into the Mediterranean Sea, but the sequential records observed for the above-mentioned NIS are a testament to their rapid spreading capabilities, hence suggesting that an additional broader colonization of the basin can be expected in upcoming years. The conventional rapid assessment approaches usually target just a few easily identifiable species, which are typically the large-sized and eye-catching ones, and the sampling protocol consists of a simple

visual assessment (Olenin and Minchin, 2011; Minchin, 2012). The methodology used here: scraping the artificial substrates, identifying the larger species on-site and in the laboratory the smaller or unknown species, which otherwise go overlooked with the on-site identification technique alone, allows for the assessment of the entire community. The high number of NIS detected by this rapid assessment procedure demonstrates its efficiency, as well as the importance of initiating baseline surveys of the entire fouling communities, which can be useful for continuous monitoring programmes in port habitats, especially in order to assess and update the distribution range and establishment status of NIS in the Mediterranean Sea.

References

- BAKIR K., KATAĞAN T. (2011) - On the occurrence of *Caprella scaura* Templeton, 1836 (Crustacea: Amphipoda) in Turkish waters. *Zool. Middle East*, **52** (1): 125-126.
- FERNANDEZ-GONZALEZ V., SANCHEZ-JEREZ P. (2017) - Fouling assemblages associated with off-coast aquaculture facilities: an overall assessment of the Mediterranean Sea. *Mediterr. Mar. Sci.*, **18** (1): 87-96.
- FERRARIO J., CARONNI S., OCCHIPINTI AMBROGI A., MARCHINI A. (2017) - Role of commercial harbours and recreational marinas in the spread of non-indigenous fouling species. *Biofouling*, **33** (8): 651-660.
- FERRARIO J., D'HONDT J.-L., MARCHINI A., OCCHIPINTI AMBROGI A. (2015) - From the Pacific Ocean to the Mediterranean Sea: *Watersipora arcuata*, a new non-indigenous bryozoan in Europe. *Mar. Biol. Res.*, **11** (9): 909-919.
- FERRARIO J., ROSSO A., MARCHINI A., OCCHIPINTI AMBROGI A. (2018) - Mediterranean non-indigenous bryozoans: an update and knowledge gaps. *Biodivers. Conserv.*, **27** (11): 2783-2794.
- FORNIZ C., MAGGIORE F. (1985) - New records of Sphaeromatidae from the Mediterranean Sea (Crustacea, Isopoda). *Oealia*, **11** (3): 779-783.
- FORNIZ C., SCONFETTI R. (1983) - Ritrovamento di *Paracerceis sculpta* (Holmes, 1904) (Isopoda, Flabellifera, Sphaeromatidae) nella laguna di Venezia. *Boll. Mus. civ. St. nat. Venezia*, **34**: 197-203.
- HEWITT C.L., GOLLASCH S., MINCHIN D. (2009) - The vessel as a vector - Biofouling, ballast water and sediments. In: Rilov G., Crooks J. (eds), *Biological invasions in marine ecosystems. Ecological, management, and geographic perspectives*. Springer, Heidelberg, Germany: 117-131.
- KATSANEVAKIS S., ACAR Ü., AMMAR I., BALCI B., BEKAS P., BELMONTE M., CHINTIROGLOU C., CONSOLI P., DIMIZA M., FRYGANIOTIS K., GEROVASILEIOU V., GNISCI V., GÜLŞAHİN N., HOFFMAN R., ISSARIS Y., IZQUIERDO-GOMEZ D., IZQUIERDO-MUNOZ A., KAVADAS S., KOEHLER L., KONSTANTINIDIS E., MAZZA G., NOWELL G., ÖNAL U., ÖZEN M., PAFILIS P., PASTORE M., PERDIKARIS C., POURSANIDIS D., PRATO E., RUSSO F., SICURO B., TARKAN A., THESSALOU-LEGAKI M., TIRALONGO F., TRIANTAPHYLLOU M., TSIAMIS K., TUNÇER S., TURAN C., TÜRKER A., YAPICI S. (2014) - New Mediterranean biodiversity records (October, 2014). *Mediterr. Mar. Sci.*, **15** (3): 675-695.
- MARTÍNEZ J., ADARRAGA I. (2008) - First record of invasive caprellid *Caprella scaura* Templeton, 1836 *sensu lato* (Crustacea: Amphipoda: Caprellidae) from the Iberian Peninsula. *Aquat. Invasions*, **3** (2): 165-171.
- MINCHIN D. (2012) - Rapid assessment of the bryozoan, *Zoobotryon verticillatum* (DelleChiaje, 1822) in marinas, Canary Islands. *Marine Poll. Bull.*, **64** (10): 2146-2150.
- MIZZAN L. (1999) - Le specie alloctone del macrozoobenthos della laguna di Venezia: il punto della situazione. *Boll. Mus. civ. St. nat. Venezia*, **49**: 145-177.
- OLENIN S., MINCHIN D. (2011) - Biological introductions to the systems: macroorganisms. In: Wolanski E., McLusky D.S. (eds), *Treatise on estuarine and coastal science*. Vol. 8. Academic Press: 149-183.
- ULMAN A., FERRARIO J., OCCHIPINTI AMBROGI A., ARVANITIDIS C., BANDI A., BERTOLINO M., BOGI C., CHATZIGEORGIOU G., ÇIÇEK B.A., DEIDUN A., RAMOS-ESPLÁ A., KOÇAK C., LORENTI M., MARTINEZ-LAIZ G., MERLO G., PRINCISGH E., SCRIBANO G., MARCHINI A. (2017) - A massive update of non-indigenous species records in Mediterranean marinas. *PeerJ*, **5**, doi: 10.7717/peerj.3954.

V. INFANTINI, M. MISTRI, V. PITACCO, C. MUNARI

Dipartimento di Scienze Chimiche e Farmaceutiche, Università di Ferrara,
Via Fossato di Mortara, 17 - 44121 Ferrara, Italia.
vanessa.infantini@student.unife.it

LA PRESENZA DI SPECIE NON INDIGENE NELLA SACCA DI GORO

THE PRESENCE OF NON-INDIGENOUS SPECIES IN THE SACCA DI GORO

Abstract - This study is aimed to update the presence of non-indigenous species in the Sacca of Goro. Data were collected during three sampling campaigns performed in January 2015, June 2017 and October 2017. All the components of the benthic community were identified to species level. Over the 2-yr sampling period, we found 16 non-indigenous species (NIS) on a total of 93 taxa gathered. Based on the collected data, a list of the alien species found was drawn up, highlighting if the species were found in one, two or all the three samplings. The annelids, with 27.6% of alien species out of the total of 29 species sampled, show the highest number of NIS, followed by molluscs (22,2%) and crustaceans (12.9%).

Key-words: alien species, transitional waters, Adriatic lagoon, Mediterranean Sea, benthic community.

Introduzione - L'introduzione e la diffusione di specie non indigene è considerata una delle principali minacce alla biodiversità delle aree costiere e di transizione. La parte nord-occidentale dell'Adriatico è caratterizzata da un gran numero di lagune costiere salmastre, riconosciute come altamente vulnerabili all'introduzione di specie aliene a causa della loro instabilità ambientale, della presenza di un numero ridotto di specie tipico degli ambienti a salinità variabile, dell'elevato sfruttamento per l'acquacoltura e l'allevamento intensivo di molluschi (Viaroli *et al.*, 2006). Lo scopo di questo studio è il monitoraggio nel tempo delle specie alloctone presenti nella sacca di Goro, una laguna dell'Alto Adriatico.

Materiali e metodi - La Sacca di Goro è una laguna poco profonda del Delta del Po, di superficie di 26 km² e profondità media di 1,5 m. Le zone occidentali e centrali della laguna, che rappresentano la metà della superficie totale, ospitano un allevamento di vongole tra i più fiorenti d'Europa. La zona orientale è una sorta di *cul-de-sac*, caratterizzata da frequenti *blooms* algali estivi. Nell'ambito di un progetto LIFE (LIFE13 NAT/IT/000115 AGREE), è stata monitorata la biodiversità bentonica nella parte orientale della Sacca. Dieci siti sono stati campionati in triplicato tra il 2015 (gennaio) e il 2017 (giugno e ottobre) mediante una benna di Van Veen (capacità 4 l). Ci si è riferiti alle banche dati Comunitarie (CIESM, DAISIE, IMPASSE, WoRMS) ed alla letteratura recente (Zenetos *et al.*, 2017).

Risultati - L'area considerata presenta fondi fangosi, lo strato di discontinuità del potenziale redox (RPDL) è compreso tra 0 e 1 mm di profondità, mentre il contenuto di materia organica sedimentaria varia tra l'1 e il 6%. Complessivamente, sono stati raccolti 93 taxa di macroinvertebrati bentonici, suddivisi in 7 phyla. I taxa non indigeni sono 16. Il loro numero è elevato, costituendo il 17,2% dei taxa raccolti. Gli Anellidi, con il 27,6% di specie aliene sul totale di 29 differenti specie campionate, mostrano il maggior numero di specie non indigene, seguiti da Molluschi (con il 22,2% di specie aliene sul totale di 18 differenti specie campionate) e Crostacei (con il 12,9% di specie aliene sul totale di 31 differenti specie campionate). Alcune specie aliene sono state trovate in tutti e tre i campionamenti: *Arcuatula senhousia* (Benson, 1842) (20,878±11,994 ind m⁻²), *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850) (4,750±2,414), *Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel, 1923) (1,217±1,605), e *Grandidierella*

japonica Stephensen, 1938 (12,167±14,219). Altre specie sono state ritrovate solo in due dei campionamenti: *Anadara transversa* (Say, 1822) (0,067±0,067), *Dyspanopeus sayi* (Smith, 1869) (0,167±0,058), *Caprella scaura* Templeton, 1836 (0,189±0,164) e *Desdemona ornata* Banse, 1957 (0,113±0,069). La maggior parte delle specie aliene sono presenti solo in un campionamento, ovvero *Mya arenaria* Linnaeus, 1758 (0,067±0,115), *Rhithropanopeus harrisi* (Gould, 1841) (0,067±0,115), (0,011±0,019), *Hydroides elegans* (Haswell, 1883) (0,056±0,096) ed *Hydroides dianthus* (Verrill, 1873) (0,578±1,001). Sono state identificate quattro specie aliene appartenenti ai generi: *Polydora* Bosc, 1802, *Pseudopolydora* Czerniavsky, 1881, *Prionospio* Malmgren, 1867 e *Streblospio* Webster, 1879. I dati relativi a questi Spionidi sono in fase di pubblicazione. In particolare, la presenza dell'Aoridae indopacifica *Grandidierella japonica* nel campionamento del 2015 rappresenta la prima segnalazione in Adriatico (Munari *et al.*, 2016) di questa specie, il cui primo rinvenimento in Mediterraneo è avvenuto nel 2013 (Marchini *et al.*, 2016). Il ritrovamento di una popolazione riproduttiva della specie nel 2015 e la presenza di numerosi esemplari nei campionamenti successivi (giu-2017 e ott-2017), suggeriscono che *G. japonica* attualmente si sia affermata con successo nella Sacca di Goro.

Conclusioni - Nel tempo vi è un costante aumento del numero totale di specie non indigene all'interno della comunità macrobentonica della Sacca di Goro, tuttavia delle 16 specie trovate solo quattro sono presenti in tutti e tre i campionamenti: *Arcuatula senhousia*, *Ruditapes philippinarum*, *Ficopomatus enigmaticus* e *Grandidierella japonica*. I nostri risultati mostrano che la Sacca di Goro è un ambiente intrinsecamente instabile e variabile, sottoposto a più introduzioni di specie non indigene, le cui modalità più comuni di introduzione sembrano essere l'introduzione volontaria legata all'acquacoltura, come nel caso di *Ruditapes philippinarum* (Rossi, 1989), e il rilascio accidentale, ad esempio attraverso le acque di zavorra (Williams *et al.*, 1988).

Bibliografia

- MARCHINI A., FERRARIO J., NASI E. (2016) - Arrival of the invasive amphipod *Grandidierella japonica* to the Mediterranean Sea. *Mar. Biodivers. Rec.*, **9**, doi: 10.1186/s41200-016-0049-y.
- MUNARI C., BOCCHI N., MISTRI M. (2016) - *Grandidierella japonica* (Amphipoda: Aoridae): a non-indigenous species in a Po delta lagoon of the northern Adriatic (Mediterranean Sea). *Mar. Biodivers. Rec.*, **9**, doi: 10.1186/s41200-016-0018-5.
- ROSSI R. (1989) - Pesca e allevamento di vongola verace nella Sacca di Goro. *Mare nostrum*, **3** (2): 16-18.
- VIAROLI P., GIORDANI G., BARTOLI M., NALDI M., AZZONI R., NIZZOLI D., FERRARI I., ZALDÍVAR COMENGES J.M., BENCIVELLI S., CASTALDELLI G., FANO E.A. (2006) - The Sacca di Goro Lagoon and an Arm of the Po River. In: Wangersky P.J. (ed), *Estuaries. The Handbook of Environmental Chemistry*, **5H**: 197-232.
- WILLIAMS R.J., GRIFFITHS F.B., VAN DER WAL E.J., KELLY J. (1988) - Cargo vessel ballast water as a vector for the transport of non-indigenous marine species. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **26** (4): 409-420.
- ZENETOS A., ÇINAR M.E., CROSETTA F., GOLANI D., ROSSO A., SERVELLO G., SHENKAR N., TURON X., VERLAQUE M. (2017) - Uncertainties and validation of alien species catalogues: the Mediterranean as an example. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **191**: 171-187.

C. LONGO, N. COLOZZA¹, G. PAPINI², F. ARDUINI¹, M.F. GRAVINA², G. CORRIERO

Dipartimento di Biologia, Università di Bari, Via Orabona, 4 - 70125 Bari, Italia.
caterina.longo@uniba.it

¹Dip. di Scienze e Tecnologie Chimiche, Università di Roma "Tor Vergata",
Via della Ricerca Scientifica - 00133 Roma, Italia.

²Dip. di Biologia, Università di Roma "Tor Vergata", Via della Ricerca Scientifica - 00133 Roma, Italia.

NOTE SULLE CAPACITÀ DI BIORISANAMENTO DA METALLI PESANTI IN DUE FILTRATORI MEDITERRANEI

NOTES ON HEAVY METAL BIOREMEDIATION CAPACITY OF TWO MEDITERRANEAN FILTER-FEEDERS

Abstract - The aim of the study is to compare the heavy metals bioremediation capacity of two Mediterranean filter-feeders: the sponge *Ircinia* sp. and the ascidian *Styela plicata* (Lesueur, 1823). The analytical measurements have been performed by applying the technique of anodic stripping voltammetry (ASV) and by using the innovative miniaturized bismuth-based sensor. The results confirm that both organisms show a remarkable heavy metals bioaccumulation capacity. Furthermore, it turned out that the sponge *Ircinia* sp. has greater bioremediation potential than *S. plicata*.

Key-words: bioremediation, heavy metal, *Styela plicata*, *Ircinia* sp., Mediterranean Sea.

Introduzione - Gli ecosistemi acquatici ed in particolare quelli marini, costituiscono lo specchio della distribuzione degli inquinanti presenti sulle terre emerse. Gli organismi marini ed in particolare quelli bentonici, possono fornire importanti informazioni relative ad eventuali contaminazioni ambientali, ai suoi effetti e offrire potenziali risoluzioni ad esse. La capacità degli organismi viventi di degradare o rimuovere contaminanti (organici ed inorganici) nelle acque è nota come biorisanamento o *bioremediation* (Gifford *et al.*, 2007). Le metodiche di bonifica biologica offrono un'interessante alternativa ai metodi chimico-fisici e permettono di affrontare il problema dell'inquinamento in modo naturale ed ecosistemico, nel rispetto dei tempi biologici, degli organismi e degli habitat, con un minore impatto ambientale ed economico. Con l'intento di valutare l'efficienza di *bioremediation*, è stato condotto uno studio della capacità di accumulo di due metalli pesanti di elevata tossicità, Cadmio (Cd) e Piombo (Pb), nella spugna *Ircinia* sp., uno tra i più comuni e abbondanti organismi filtratori del macrobenthos. I nostri dati sono stati confrontati con quelli ottenuti da Colozza *et al.* (2017) sull'ascidia *Styela plicata* (Lesueur, 1823).

Materiali e metodi - La ricerca è stata condotta in laboratorio in condizioni controllate trattando esemplari di *Ircinia* sp. (n=3) con acqua di mare inquinata artificialmente con Cd e Pb a concentrazione di 1000 ppb per una settimana. Sono stati allestiti 4 mesocosmi (3 trattamenti, 1 controllo) ognuno contenente 1,5 l di acqua di mare ed un aeratore. In ognuno dei 3 mesocosmi trattamento è stato posizionato un esemplare di spugna, un ultimo senza filtratore è stato utilizzato come controllo. La ricerca di Cd²⁺ e Pb²⁺, nell'acqua di mare e nei tessuti mineralizzati del filtratore è stata fatta utilizzando la tecnica di voltammetria di stripping anodico (ASV) ottimizzata usando un sensore innovativo a bismuto, come descritto in Colozza *et al.* (2017).

Risultati - Alla fine dell'esperimento, le concentrazioni di Cd²⁺ e Pb²⁺ nell'acqua di mare dei mesocosmi trattati con *Ircinia* sp. sono risultate più basse (321±118 µg/l per il Cd²⁺ e 289±65 µg/l per il Pb²⁺) rispetto al controllo, senza filtratore,

dove sono risultate pressoché invariate. Nei tessuti mineralizzati di spugna la concentrazione di Pb^{2+} è risultata pari a 184,2 mg/g, mentre la concentrazione di Cd^{2+} non è stata apprezzabile. Il confronto con i risultati ottenuti nell'esperimento con *S. plicata* ha messo in evidenza che la spugna, nelle stesse condizioni sperimentali, mostra una maggiore efficienza di biorisanamento. In presenza della spugna, infatti, si assiste ad una riduzione della concentrazione di Cd^{2+} e Pb^{2+} nell'acqua di mare pari a circa il 70%. Inoltre, la concentrazione di Pb^{2+} nei tessuti mineralizzati di *Ircinia* sp. è risultata doppia rispetto a quella presente nell'ascidia (184,2 e 90,8 mg/g, rispettivamente).

Conclusioni - È nota, in letteratura, la capacità di accumulo di metalli pesanti da parte di alcune demosponge ed il loro potenziale utilizzo come bioindicatori (e.g. Perez *et al.*, 2005; Davis *et al.*, 2014). I risultati ottenuti nel corso del presente studio, sebbene preliminari, confermano l'elevata capacità di accumulo di metalli pesanti (Cd^{2+} e Pb^{2+}) da parte di *Ircinia* sp. Inoltre, dal confronto con i dati ottenuti per l'ascidia *S. plicata* da Colozza *et al.* (2017) appare evidente una migliore *performance* di *bioremediation* da parte della spugna. Sebbene la tecnica analitica utilizzata (ASV) sia stata ottimizzata, e comunque necessiti di ulteriori migliorativi, pur non rientrando tra quelle ufficiali, restituisce dati qualitativi con essi confrontabili. I risultati della presente ricerca confermano l'utilizzo dei due filtratori come bioindicatori (Perez *et al.*, 2005; Davis *et al.*, 2014; Aydin-Önen, 2016; Bellante *et al.*, 2016; Colozza *et al.*, 2017) e suggeriscono il loro potenziale utilizzo come biorimediazioni di metalli pesanti in ambiente marino.

Bibliografia

- AYDIN-ÖNEN S. (2016) - *Styela plicata*: a new promising bioindicator of heavy metal pollution for eastern Aegean Sea coastal waters. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.*, **23** (21): 21536-21553.
- BELLANTE A., PIAZZESE D., CATALDO S., PARISI M.G., CAMMARATA M. (2016) - Evaluation and comparison of trace metal accumulation in different tissues of potential bioindicator organisms: macrobenthic filter feeders *Styela plicata*, *Sabella spallanzanii*, and *Mytilus galloprovincialis*. *Environ. Toxicol. Chem.*, **35** (12): 3062-3070.
- COLOZZA N., GRAVINA M.F., AMENDOLA L., ROSATI M., AKRETICHE D.E., MOSCONE D., ARDUINI F. (2017) - A miniaturized bismuth-based sensor to evaluate the marine organism *Styela plicata* bioremediation capacity toward heavy metal polluted seawater. *Sci. Total Environ.*, **584-585**: 692-700.
- DAVIS A.R., DE MESTRE C., MAHER W., KRIKOWA F., BROAD A. (2014) - Sponges as sentinels: metal accumulation using transplanted sponges across a metal gradient. *Environ. Toxicol. Chem.*, **33** (12): 2818-2825.
- GIFFORD S., DUNSTAN R.H., O'CONNOR W., KOLLER C.E., MACFARLANE G.R. (2007) - Aquatic zooremediation: deploying animals to remediate contaminated aquatic environments. *Trends Biotechnol.*, **25** (2): 60-65.
- PEREZ T., LONGET D., SCHEMBRI T., REBOUILLON P., VACELET J. (2005) - Effects of 12 years' operation of a sewage treatment plant on trace metal occurrence within a Mediterranean commercial sponge (*Spongia officinalis*, Demospongiae). *Mar. Pollut. Bull.*, **50** (3): 301-309.

F. MISURALE, F. LE BIHANIC, C. CLERANDEAU, B. MORIN, C. GAMBARDELLA*, J. CACHOT

Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux (5805 UMR EPOC),
Université de Bordeaux, Talence, France.
francesco.misurale@gmail.com
*CNR IAS, Genova, Italia.

INGESTIONE DI MICROPLASTICHE IN MOLLUSCHI BIVALVI E CROSTACEI DECAPODI CAMPIONATI NELL'ESTUARIO DELLA SENNA

MICROPLASTICS INGESTION IN MOLLUSKS AND CRUSTACEANS SAMPLED IN THE SEINE RIVER ESTUARY

Abstract - The aim of this study was to investigate the potential ingestion of microplastics (1 μm - 5 mm) in two marine species of commercial interest: the crustacean *Crangon crangon* and the mollusk *Mytilus edulis*. Microplastic fragments were found in all the specimens sampled in the estuary of Seine river (France), with different concentrations. These findings show that the presence of microplastics in seafood it's extremely high and could pose a threat to environment and food safety with potential risks for human health.

Key-words: microplastics, mollusks, crustaceans, seafood.

Introduzione - La produzione di plastica a livello mondiale è aumentata esponenzialmente negli ultimi 60 anni, da 1,7 milioni di tonnellate nel 1950 a circa 300 milioni di tonnellate nel 2015. Questo incremento ha determinato pesanti ripercussioni sull'ambiente marino che risente in modo particolare dell'inquinamento da plastica. È stato stimato, infatti, che almeno il 10% della produzione globale di plastica possa raggiungere il mare (Andrady, 2011). Un problema sempre più discusso riguarda la presenza di frammenti microscopici di plastica (1 μm - 5 mm) noti come "microplastiche" nell'ambiente marino (Suaria *et al.*, 2016). Diversamente dai frammenti più grandi, queste microparticelle sono difficilmente identificabili e possono essere facilmente ingerite dagli organismi marini, con ricadute sull'intera rete trofica. Questo lavoro ha l'obiettivo di valutare la potenziale ingestione di microplastiche in due specie di interesse commerciale: il mollusco bivalve *Mytilus edulis* (Linneus, 1758) e il crostaceo decapode *Crangon crangon* (Linneus, 1758), prelevati in un'area altamente antropizzata del canale della Manica (Francia).

Materiali e metodi - Venti esemplari di *M. edulis* e 15 di *C. crangon* sono stati campionati presso l'estuario del fiume Senna, nella zona industriale di Le Havre (Francia). I molluschi sono stati prelevati in due siti: uno all'interno del porto di Le Havre (LH-IN) e uno all'esterno del porto (LH-OUT). Ciascun organismo è stato misurato, pesato e dissezionato per eliminare, rispettivamente, le valve nei molluschi e il carapace nei crostacei. I campioni sono quindi stati congelati e conservati a secco a -20 °C. Ogni fase della procedura è stata eseguita sotto cappa a flusso laminare. Ad ogni campione sono stati aggiunti 150 ml di una soluzione di idrossido di potassio al 10% filtrata per eliminare ogni possibile fonte di contaminazione di frammenti plastici all'interno della soluzione). Il campione così preparato è stato quindi lasciato in agitazione a 50 °C per 24 ore per permettere la completa digestione della matrice organica. Vista l'abbondante presenza di sabbia e di altre frazioni non eliminate dalla digestione chimica, è stata eseguita una separazione per densità con una soluzione ipersalina di NaCl a 1,2 g/cm³. I campioni sono stati quindi filtrati su filtro di cellulosa 8 mm e osservati al microscopio per identificare e contare gli eventuali

frammenti di microplastiche presenti. Alla concentrazione rilevata è stata sottratta la media della concentrazione riscontrata nei controlli, è stata quindi effettuata l'analisi della varianza tramite il test Kruskal-Wallis. Il numero di frammenti per individuo è stato poi espresso, per ciascuna specie, come media ed errore standard.

Risultati - In tutti i campioni analizzati sono stati riscontrati frammenti di microplastiche. In *M. edulis* è stato stimato un contenuto medio di $2,43 \pm 0,46$ frammenti per individuo. Inoltre, negli esemplari campionati all'interno del porto (LH-IN) è stato osservato un numero medio maggiore, ma non significativo ($p > 0,05$), di frammenti di microplastiche rispetto a quelli campionati all'esterno dell'area portuale (LH-OUT): $3,22 \pm 0,7$ frammenti vs $1 \pm 0,63$. In *C. crangon*, invece, è stata misurata una concentrazione media di $3,43 \pm 0,93$ frammenti per individuo.

Conclusioni - I risultati ottenuti nelle due specie analizzate dovranno essere confermati da ulteriori analisi mediante spettroscopia ad infrarossi (FT-IR), per il corretto riconoscimento e identificazione dei polimeri riscontrati. La concentrazione di microplastiche riscontrata è superiore a quanto riportato in letteratura (Devriese *et al.*, 2015; Van Cauwenberghe *et al.*, 2015). Questo potrebbe essere imputabile al fatto che l'estuario risente dell'inquinamento delle acque marine e di quelle fluviali. La concentrazione in *C. Crangon* risulta superiore a quella riscontrata in *M. edulis*. L'abbondanza di frammenti trovati nei crostacei decapodi conferma quella riportata in letteratura su esemplari della stessa specie (*C. crangon*) campionati in una zona altamente antropizzata del Mare del Nord (Devriese *et al.*, 2015). Per quanto riguarda i molluschi bivalvi, invece, l'abbondanza di microplastiche osservata in questo studio risulta superiore a quella presente lungo la costa franco-belga della Manica ($1,9$ vs $0,25$ frammenti per grammo di tessuto; Van Cauwenberghe *et al.*, 2015). È importante sottolineare che negli studi presi in esame gli organismi analizzati provengono da allevamenti, quindi cresciuti in condizioni controllate e sottoposti a stabulazione. Considerando l'interesse commerciale delle due specie oggetto di studio, l'elevata concentrazione di microplastiche osservata sottolinea ulteriormente la pericolosità della contaminazione da plastiche che entra nella rete trofica, rappresentando un potenziale rischio per la salute umana oltre che un danno ambientale.

Bibliografia

- ANDRADY A.L. (2011) - Microplastics in the marine environment. *Mar. Pollut. Bull.*, **62** (8): 1596-1605.
- DEVRIESE L.I., VAN DER MEULEN M.D., MAES T., BEKAERT K., PAUL-PONT I., FRÈRE L., ROBBENS J., VETHAAK A.D. (2015) - Microplastic contamination in brown shrimp (*Crangon crangon*, Linnaeus 1758) from coastal waters of the southern North Sea and Channel area. *Mar. Pollut. Bull.*, **98** (1-2): 179-187.
- SUARIA G., AVIO C.G., MINEO A., LATTIN G.L., MAGALDI M.G., BELMONTE G., MOORE C.J., REGOLI F., ALIANI S. (2016) - The Mediterranean Plastic Soup: synthetic polymers in Mediterranean surface waters. *Scientific Reports*, **6**, doi: 10.1038/srep37551.
- VAN CAUWENBERGHE L., CLAESSENS M., VANDEGEHUCHTE M.B., JANSSEN C.R. (2015) - Microplastics are taken up by mussels (*Mytilus edulis*) and lugworms (*Arenicola marina*) living in natural habitats. *Environ. Pollut.*, **199**: 10-17.

L. PIAZZI, F. ATZORI*, N. CADONI*, M.F. CINTI*, F. FRAU*, G. CECCHERELLI

Dipartimento di Chimica e Farmacia, Università di Sassari, Via Piandanna, 4 - 07100 Sassari, Italia.

*Area Marina Protetta di Capo Carbonara-Villasimius, Villasimius (CA), Italia.
direzione@ampcapocarbonara.it

**PATTERN DI DIVERSITÀ DEI POPOLAMENTI MACROALGALI
NELL'AMP CAPO CARBONARA-VILLASIMIUS
(SARDEGNA, ITALIA)
IN RELAZIONE ALLA DISTANZA DAL PORTO TURISTICO**

***DIVERSITY PATTERNS OF MACROALGAL ASSEMBLAGES
IN THE MPA OF CAPO CARBONARA-VILLASIMIUS (SARDINIA, ITALY)
IN RELATION TO THE DISTANCE FROM A TOURISTIC PORT***

Abstract - *Alpha and beta diversity of three macroalgal assemblages were studied within a MPA in order to evaluate the suitability of a touristic port through a multifactorial sampling design. Results showed that both diversities were not influenced by the presence of the port. Beta diversity values in *Cystoseira* and dead matte were lower than in photophyllous assemblages.*

Key-words: *macroalgae, alpha diversity, beta diversity, port, Marine Protected Area.*

Introduzione - La biodiversità è considerata un descrittore fondamentale nell'ambito della valutazione della sostenibilità delle attività antropiche. Nella maggior parte dei casi è la diversità specifica (alpha) che viene presa in considerazione nei programmi di monitoraggio e nelle valutazioni di impatto, mentre altri aspetti sono raramente considerati anche se da ritenere altrettanto importanti (Gray, 1997). La diversità beta, intesa come l'eterogeneità spaziale all'interno degli habitat (Gray, 1997), è considerata un descrittore idoneo a valutare l'impatto di molte pressioni antropiche (Piazzini e Balata, 2008). Lo studio ha come obiettivo di valutare la sostenibilità di un porto turistico all'interno di un'Area Marina Protetta in base ai *pattern* di diversità alpha e beta di differenti popolamenti macroalgali.

Materiali e metodi - Lo studio è stato effettuato nell'Area Marina Protetta Capo Carbonara-Villasimius (Sardegna sud-orientale), a una profondità di circa 6 m. Sono stati studiati 3 habitat: popolamento algale fotofilo su substrato roccioso, popolamento dominato da *Cystoseira* spp. e matte morta di *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Sono state considerate 5 condizioni: la zona antistante il porto, e poi, sia in direzione est che ovest, una zona di controllo vicina (2 km) e una di controllo lontana (4 km) (De Biasi *et al.*, 2016). Per ogni condizione sono stati scelti casualmente 2 siti distanti un centinaio di metri e in ogni sito sono stati prelevati 3 campioni. I campioni sono stati ottenuti mediante asportazione completa dei popolamenti macroalgali presenti su una superficie di 400 cm²; successivamente, le specie sono state identificate in laboratorio e ne è stata stimata l'abbondanza come proiezione ortogonale del tallo espressa in termini di ricoprimento percentuale della superficie di campionamento. La diversità alpha è stata valutata come numero di specie per campione, mentre la diversità beta come distanza media dei campioni dai centroidi in un'analisi multivariata (analisi PERMDISP ad una via sul fattore Sito, Anderson *et al.*, 2006). I valori del numero di specie per campione sono stati analizzati mediante ANOVA (Underwood, 1997) con un modello a tre vie, con i fattori Condizione (5 livelli) e Habitat (3 livelli) fissi e ortogonali, e il fattore Sito (2 livelli) random e gerarchizzato nell'interazione condizione×sito. Per la distanza dai centroidi, i siti sono stati utilizzati come repliche.

Risultati - Il numero di specie non varia significativamente né tra habitat ($F=2,2$; $p=0,145$), né tra condizioni ($F=1,6$; $p=0,215$) o per l'interazione tra i due fattori ($F=1,8$; $p=0,055$), mentre la distanza dei centroidi è risultata minore nella *matte* morta e nella *Cystoseira* rispetto al popolamento fotofilo ($F=13,7$; $p=0,001$; Fig. 1).

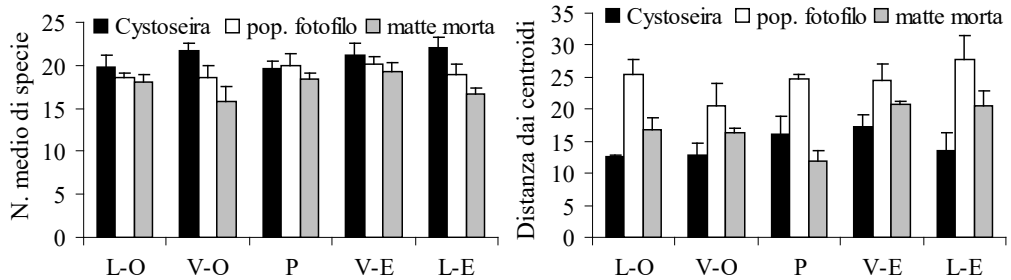


Fig. 1 - Valori (media \pm ES, n=6) di diversità alpha e beta nei popolamenti macroalgali dell'AMP Capo Carbonara-Villasimius. L=lontano, V=vicino, O=ovest, E=est, P=porto.

Values (mean \pm SE, n=6) of alpha and beta diversity of macroalgal assemblages within the MPA Capo Carbonara-Villasimius. L=far, V=near, O=West, E=East, P=port.

Conclusioni - Dalle analisi è emerso che, la *matte* morta presenta valori piuttosto bassi sia di diversità alpha che beta, i popolamenti a *Cystoseira* mostrano un'elevata diversità alpha e una bassa diversità beta, mentre una situazione intermedia caratterizza il popolamento fotofilo. In generale, i risultati dello studio hanno evidenziato che la presenza del porto turistico all'interno dell'AMP non comporta variazioni significative della diversità dei popolamenti algali nei tre habitat considerati. Questo dato, anche se limitato a valutazioni riguardanti i soli popolamenti macroalgali, non scoraggia la sostenibilità ambientale di strutture portuali di limitata grandezza in aree di elevato interesse naturalistico (Petrosillo *et al.*, 2010). Uno studio più dettagliato con l'analisi anche di altre variabili, che includano popolamenti animali e sistemi a fanerogame, sarebbe auspicabile per una più completa valutazione.

Bibliografia

- ANDERSON M.J., ELLINGSEN K.E., McARDLE B.H. (2006) - Multivariate dispersion as a measure of beta diversity. *Ecol. Lett.*, **9** (6): 683-693.
- DE BIASI A.M., PACCIARDI L., PIAZZI L. (2016) - An asymmetrical sampling design as a tool for sustainability assessment of human activities in coastal systems: a fish farming study case. *Mar. Biol. Res.*, **12** (9): 958-968.
- GRAY J.S. (1997) - Marine biodiversity: patterns, threats and conservation needs. *Biodiv. Conserv.*, **6** (1): 153-175.
- PETROSILLO I., VASSALLO P., VALENTE D., MENSA J.A., FABIANO M., ZURLINI G. (2010) - Mapping the environmental risk of a tourist harbor in order to foster environmental security: objective vs. subjective assessments. *Mar. Pollut. Bull.*, **60** (7): 1051-1058.
- PIAZZI L., BALATA D. (2008) - The spread of *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* in the Mediterranean Sea: an example of how biological invasions can influence beta diversity. *Mar. Environ. Res.*, **65** (1): 50-61.
- UNDERWOOD A.J. (1997) - *Experiments in ecology. Their logical design and interpretation using analysis of variance*. Cambridge University Press, Cambridge: 504 pp.

F. RENDINA, G.F. RUSSO, R. SANDULLI, L. APPOLLONI, F. FERRIGNO, L. DONNARUMMA,
A. PUTRA*, R. KOLZENBURG*, F. RAGAZZOLA*

Dipartimento di Scienze e Tecnologie, Università di Napoli "Parthenope",
Centro Direzionale, Isola C4 - 80143 Napoli, Italia.
francesco.rendina@uniparthenope.it

*Institute of Marine Sciences, University of Portsmouth, Ferry Road, PO4 9LY Portsmouth, UK.

RISPOSTA FISIOLÓGICA DELL'ALGA *CORALLINA OFFICINALIS* (CORALLINALES, RHODOPHYTA) ALLO STRESS TERMICO

PHYSIOLOGICAL RESPONSE OF THE ALGA CORALLINA OFFICINALIS (*CORALLINALES, RHODOPHYTA*) TO THERMAL STRESS

Abstract - *The adaptation capability to climate change stressors of a South East UK population of Corallina officinalis is analysed. The work is aimed at understanding how this intertidal species, adapted to survive to daily thermal excursions, would respond both to gradual ocean warming and to marine heatwaves increased in intensity and frequency under climate change. The effects of increased temperature on the metabolic processes (respiration and photosynthesis) of this population are studied. Respiration and photosynthesis rates increased after exposure to elevated temperatures, but decreased overtime at higher temperatures.*

Key-words: *Corallina officinalis, physiology, climate change, temperature, thermal stress.*

Introduzione - In questo studio si analizza sperimentalmente la risposta allo stress termico dovuto al cambiamento climatico di una popolazione di *Corallina officinalis* (Linnaeus, 1758) del sud-est dell'Inghilterra. Si considera l'effetto combinato sia di un aumento di temperatura graduale, che l'*International Panel on Climate Change* prevede sia di circa +3 °C entro il 2100, sia di ondate di calore marino, in aumento per intensità e frequenza (Hobday *et al.*, 2016). La specie studiata è di particolare interesse per la sua ampia diffusione e poiché svolge diversi servizi ecosistemici. Inoltre, trattandosi di una specie intertidale tipica delle pozze di marea, vive già in un ambiente caratterizzato da significative variazioni di temperatura (Williamson *et al.*, 2017). Lo scopo di tale lavoro è analizzare la risposta di queste alghe allo stress termico in termini di respirazione e fotosintesi.

Materiali e metodi - Campioni di *C. officinalis* sono stati raccolti in pozze di marea presso la baia di St. Margaret (Dover, UK) a settembre 2017. Presso l'Istituto di Scienze Marine dell'Università di Portsmouth (UK), le alghe sono state fissate su piccole rocce per simulare le condizioni in natura. In seguito, sono state fatte acclimatare per 2 settimane alle condizioni di luce e temperatura presenti in estate nel sito di campionamento, con una variazione della temperatura durante le 24 ore compresa tra i valori $T_{max} \approx 20$ °C e $T_{min} \approx 16,5$ °C, secondo i dati registrati sul campo durante le maree. Successivamente le alghe sono state sottoposte a 4 trattamenti di temperatura: un controllo (Control) ad una temperatura fluttuante in accordo con le variazioni registrate nei cicli di marea; un trattamento (+3) in cui si è simulato l'aumento di temperatura previsto entro la fine del secolo (+3 °C rispetto a Control); un trattamento (HW) nel quale è stata simulata un'ondata di calore di una settimana (+1 °C rispetto a Control); infine un trattamento (HW+3) che simula un aumento di +4 °C, in cui si sommano gli effetti dei due riscaldamenti precedenti. Ogni trattamento è stato replicato in 4 differenti acquari da 11 l, ciascuno contenente 3 rocce su cui erano fissate le alghe. La temperatura è stata variata di ~0,5 °C al giorno fino al raggiungimento del valore desiderato. L'esperimento ha avuto durata di circa 2 mesi. La fotosintesi e la respirazione sono state calcolate misurando la concentrazione di

ossigeno disciolto (O_2 , $\mu\text{mol l}^{-1}$) prima e dopo l'incubazione delle alghe (1 g/Fresh Weight o FW) in presenza di luce ($300 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) per la fotosintesi e in assenza per la respirazione. Tali misure sono state fatte in diversi tempi dell'esperimento: $t_1=4$ settimane, ovvero dopo 2 settimane di acclimatazione alla temperatura del controllo, più 1 settimana di riscaldamento fino alla temperatura di $+3 \text{ }^\circ\text{C}$ e 1 settimana di stabilizzazione alla temperatura di $+3 \text{ }^\circ\text{C}$ (il riscaldamento di $+3 \text{ }^\circ\text{C}$ è avvenuto solo in $+3$ e HW+3); $t_2=5$ settimane, ovvero 1 settimana di ondata di calore con aumento di $+1 \text{ }^\circ\text{C}$ dopo t_1 (l'ondata di calore è stata fatta solo in HW e HW+3); $t_3=7$ settimane, ovvero dopo 2 settimane di recupero dalla fine di t_2 , quando le temperature nei vari trattamenti sono tornate a quelle presenti al tempo t_1 . Per determinare se ci fosse un effetto significativo della temperatura e del tempo di esposizione sulla respirazione e la fotosintesi, sono state effettuate ANOVA a una via, seguite da test *post-hoc* di Tukey.

Risultati - Respirazione. La temperatura e il tempo di esposizione hanno entrambi avuto un effetto significativo sulla respirazione. Al tempo t_2 , i tassi più bassi di respirazione sono stati misurati in HW ($p<0,001$ rispetto a $+3$), mentre quelli più alti in $+3$ ($p=0,001$ rispetto a HW); un andamento simile si è visto al tempo t_3 . La respirazione è aumentata in $+3$ da t_1 a t_2 ($p=0,013$) ed è diminuita da t_2 a t_3 ($p=0,015$); non ci sono state invece variazioni significative della respirazione nel tempo in entrambi i trattamenti in cui è stata simulata l'ondata di calore. **Fotosintesi lorda.** La temperatura e il tempo di esposizione hanno entrambi avuto un effetto significativo sulla fotosintesi. Al tempo t_2 , i tassi più bassi di fotosintesi sono stati misurati nel trattamento HW, mentre quelli più alti nel trattamento $+3$ ($p=0,046$ tra HW e $+3$). Si è visto un decremento generale della fotosintesi in tutti i trattamenti durante il tempo di esposizione. La fotosintesi è infatti diminuita dal tempo t_1 al tempo t_3 nel trattamento $+3$ ($p=0,033$) e da t_2 a t_3 nel trattamento HW+3 ($p=0,013$).

Conclusioni - In una popolazione inglese di *Corallina officinalis* già soggetta a stress termico indotto dalle maree, è stata analizzata la risposta in termini di respirazione e fotosintesi all'effetto combinato dell'aumento di temperatura previsto per la fine del secolo e di un'ondata di calore marino. È stato osservato che i tassi metabolici di fotosintesi e respirazione aumentavano dopo l'esposizione a una temperatura di $+3 \text{ }^\circ\text{C}$ (fino ad una T_{max} di $23 \text{ }^\circ\text{C}$) rispetto alla temperatura ambientale misurata sul campo. Questo tipo di risposta è stata già osservata in altre specie di alghe coralline (Martin *et al.*, 2013). Tuttavia un'esposizione prolungata alle alte temperature (*i.e.*, 7 settimane a una T_{max} di $23 \text{ }^\circ\text{C}$) ha spesso causato una riduzione dei tassi metabolici. Questo studio potrebbe rappresentare un utile contributo alle ricerche attuali che mirano a comprendere come il cambiamento climatico influenzerà gli ecosistemi marini.

Bibliografia

- HOBDAY A.J., ALEXANDER L.V., PERKINS S.E., SMALE D.A., STRAUB S.C., OLIVER E.C.J., BENTHUYSEN J.A., BURROWS M.T., DONAT M.G., FENG M., HOLBROOK N.J., MOORE P.J., SCANNELL H.A., SEN GUPTA A., WERNBERG T. (2016) - A hierarchical approach to defining marine heatwaves. *Progr. Oceanogr.*, **141**: 227-238.
- MARTIN S., COHU S., VIGNOT C., ZIMMERMAN G., GATTUSO J.-P. (2013) - One-year experiment on the physiological response of the Mediterranean crustose coralline alga, *Lithophyllum cabiochae*, to elevated $p\text{CO}_2$ and temperature. *Ecol. Evol.*, **3** (3): 676-693.
- WILLIAMSON C.J., PERKINS R., VOLLER M., YALLOP M.L., BRODIE J. (2017) - The regulation of coralline algal physiology, an *in situ* study of *Corallina officinalis* (Corallinales, Rhodophyta). *Biogeosciences*, **14**: 4485-4498.

T. SCIROCCO, A. SPECCHIULLI, L. CILENTI, S. PELOSI, A. SANTUCCI,
R. D'ADAMO, F. URBANO

Istituto di Scienze Marine (ISMAR), CNR, UOS Lesina, Via Pola, 4 - 71010 Lesina (FG), Italia.
tommaso.scirocco@fg.ismar.cnr.it

I MOLLUSCHI BIVALVI DELLE LAGUNE DI LESINA E VARANO,
PARCO NAZIONALE DEL GARGANO
(ADRIATICO CENTRALE), PUGLIA, ITALIA

*THE MOLLUSCS BIVALVE OF THE LESINA AND VARANO
LAGOONS, NATIONAL PARK OF GARGANO
(CENTRAL ADRIATIC), APULIA, ITALY*

Abstract - In the Lesina and Varano lagoon, 9 species and 1 genera of Bivalve Molluscs were identified. Out of these, 5 species and 1 genus are indigenous: *Abra segmentum*, *A. prismatica*, *Loripes lucinalis*, *Cerastoderma glaucum*, *Gastrana fragilis*, *Mytilaster spp.*, and 4 species and 1 genus Non-Indigenous (NIS): *Arcuatula senhousia*, *Anadara transversa*, *A. inaequalis*, *Ruditapes philippinarum*.

Key-words: *macrobenthos, Bivalvia, Lesina and Varano lagoon, Adriatic Sea.*

Introduzione - I molluschi bivalvi costituiscono uno dei gruppi più diffusi e abbondanti delle lagune europee (Barnes, 1980). Questo taxon è posto in un livello trofico intermedio tra produttori primari e carnivori: si cibano di microalghe e batteri, ma a loro volta sono mangiati da granchi e da pesci (Francescon *et al.*, 1987; Breber *et al.*, 2001). Piuttosto scarse e frammentarie sono le indagini ecologiche sui molluschi bivalvi presenti nelle lagune di Lesina e Varano (Florio *et al.*, 2008; Scirocco *et al.*, 2016). Il presente lavoro ha avuto come obiettivo quello di descrivere la composizione e la biodiversità dei molluschi bivalvi delle lagune di Lesina e Varano, gli specchi salmastri più estesi dell'Italia Meridionale, inserite nel territorio del Parco Nazionale del Gargano, evidenziando l'abbondanza delle specie non indigene.

Materiali e metodi - Per l'indagine sono stati utilizzati i dati della macrofauna bentonica raccolti nelle lagune di Lesina e Varano dal 2000 al 2016 nell'ambito di diversi progetti di ricerca. Il campionamento è stato eseguito con *box-corer* di volume 15×15×18 cm³ pari a 4,05 l. I campioni raccolti sono stati vagliati *in situ* con setaccio di maglia 1 mm e identificati, ove possibile, fino al livello della specie. Sono state calcolate l'abbondanza (ind/m²), la biomassa umida (gr/m²) ed effettuata analisi statistica multivariata.

Risultati - I bivalvi sono stati la componente dominante della macrofauna bentonica delle lagune di Lesina (75%) e Varano (73%) in termini di numero totale di individui pari al 92% e all'82% del peso umido totale, rispettivamente. Nella laguna di Lesina sono stati identificati 3 specie e 1 genere, di cui 2 specie e 1 genere indigeni: *Abra segmentum* (Récluz, 1843), *Cerastoderma glaucum* (Bruguière, 1789) e *Mytilaster spp.* e 1 specie non indigena *Arcuatula senhousia* (Benson in Cantor, 1842). Nella laguna di Varano sono stati identificati 9 specie e 1 genere, di cui 5 specie e 1 genere indigene: *Abra segmentum* (Récluz, 1843), *A. prismatica* (Montagu, 1808), *Loripes lucinalis* (Lamarck, 1818), *Cerastoderma glaucum* (Bruguière, 1789), *Gastrana fragilis* (Linnaeus, 1758), *Mytilaster spp.* e 4 specie non indigene in accordo a Corriero *et al.* (2016): *Arcuatula senhousia* (Benson in Cantor, 1842), *Anadara transversa* (Say, 1822), *A. inaequalis* (Bruguière, 1789), *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850).

Nella laguna di Lesina le specie indigene sono state il 99,85% del numero totale di bivalvi, pari al 99,66% della biomassa umida totale. Le specie più abbondanti sono state *A. segmentum* (60%) e *Mytilaster* spp. (36%). Nella laguna di Lesina la sola specie non indigena presente è stata *A. senhousia* (0,15%). Nella laguna di Varano, invece, le specie indigene sono state il 43,15% del totale pari al 52,68% della biomassa umida totale. La specie più abbondante è stata *L. lucinalis* (23%), mentre le specie non indigene sono state il 56,85% del totale, pari al 47,32% della biomassa umida totale. La specie più abbondante è stata *A. senhousia* (40%) pari al 32% della biomassa umida totale.

Conclusioni - Le lagune garganiche sono caratterizzate da una biocenosi costituita da specie tipiche delle lagune mediterranee (Bedulli e Sabelli, 1990) e specie non indigene di origine Indo-Pacifica, il cui contributo alla biomassa e alla produttività dei bacini è tutt'altro che marginale. La presenza e diffusione incontrollata di specie non indigene, oltre alle conseguenze di tipo ecologico, potrebbe avere ripercussioni di carattere socio-economico e sanitario sugli ecosistemi salmastri di Lesina e Varano.

Bibliografia

- BARNES R.S.K. (1980) - Coastal lagoons. The natural history of a neglected habitat. *Cambridge studies in modern biology*, 1. Cambridge University Press: XI+106 pp.
- BEDULLI D., SABELLI R. (1990) - È possibile una zoogeografia delle lagune mediterranee attraverso la distribuzione dei molluschi? *Oebalia*, 16 (1) (Suppl.): 133-141.
- BREBER P., CILENTI L., PAGLIANI T., SAVINO B., SPADA A., STRADA R., SCIROCCO T. (2001) - La valutazione della qualità ambientale delle lagune. *Biologi Italiani*, 31 (6): 42-46.
- CORRIERO G., PIERRI C., ACCORONI S., ALABISO G., BAVESTRELLO G., BARBONE E., BASTIANINI M., BAZZONI A.M., BERNARDI AUBRY F., BOERO F., BUIA M.C., CABRINI M., CAMATTI E., CARDONE F., CATALETTO B., CATTANEO VIETTI R., CECERE E., CIBIC T., COLANGELO P., DE OLAZABAL A., D'ONGHIA G., FINOTTO S., FIORE N., FORNASARO D., FRASCHETTI S., GAMBI M.C., GIANGRANDE A., GRAVILI C., GUGLIELMO R., LONGO C., LORENTI M., LUGLIÈ A., MAIORANO P., MAZZOCCHI M.G., MERCURIO M., MASTROTOTARO F., MISTRI M., MONTI M., MUNARI C., MUSCO L., NONNIS-MARZANO C., PADEDDA B.M., PATTI F.P., PETROCELLI A., PIRAINO S., PORTACCI G., PUGNETTI A., PULINA S., ROMAGNOLI T., ROSATI I., SARNO D., SATTA C.T., SECHI N., SCHIAPARELLI S., SCIPIONE B., SION L., TERLIZZI A., TIRELLI V., TOTTI C., TURSI A., UNGARO N., ZINGONE A., ZUPO V., BASSET A. (2016) - Ecosystem vulnerability to alien and invasive species: a case study on marine habitats along the Italian coast. *Aquat. Conserv.*, 26 (2): 392-409.
- FLORIO M., BREBER P., SCIROCCO T., SPECCHIULLI A., CILENTI L., LUMARE L. (2008) - New guests in Lesina and Varano lagoons: Gargano National Park (Italy). *Transit. Waters Bull.*, 2 (2): 69-79.
- FRANCESCON A., BARBARO A., LA ROCCA A., BERTAGGIA R. (1987) - Stima quantitativa della dieta naturale dell'orata (*Sparus aurata*) in ambiente salmastro. *Arch. Oceanogr. Limnol.*, 21: 45-61.
- SCIROCCO T., SPECCHIULLI A., CILENTI L., PELOSI S., SANTUCCI A., URBANO F., RAMPACCI M., D'ADAMO R. (2016) - Abbondanza di specie non-indigene nella biodiversità dei bivalvi della laguna di Varano (Adriatico Centrale). *Biol. Mar. Mediterr.*, 23 (1): 243-244.

J. TEMPESTI, J. LANGENECK, A. CASTELLI

Dipartimento di Biologia, Università di Pisa, Via Derna, 1 - 56126 Pisa, Italia.
tempesti.jonathan@gmail.com

ALIEN SPECIES IN MACROFOULING ASSEMBLAGES IN THE PORT AREA OF LIVORNO (TUSCANY, ITALY)

SPECIE ALIENE NEL MACROFOULING DELL'AREA PORTUALE DI LIVORNO (TOSCANA, ITALIA)

Abstract - Macrofouling assemblages were collected in the port area of Livorno in order to study the occurrence of alien species. Twenty-five alien species have been identified, sixteen of which are new for the study area, and three also for the Italian waters. Our study has increased to forty the number of macrozoobenthic alien species occurring in the port area of Livorno.

Key-words: hard bottoms, harbour, anthropic environments, alien species, Mediterranean Sea.

Introduction - The construction of port areas originates new environments characterized by high internal spatial heterogeneity and impacted by several anthropic activities. Therefore, the study of macrofouling assemblages in these environments can be a suitable method to evaluate the effects of different types of impact in port areas. Since the ports are major hotspots for the arrival of alien species (Occhipinti Ambrogi *et al.*, 2011), the quali-quantitative estimate of these species in the macrofouling, in relation to different types of disturbance, can help to identify sensitive areas that could facilitate the establishment of allochthonous species.

Materials and methods - Within the Livorno harbour seven stations have been identified, according to their destination use, and three additional stations have been selected in three marinas (Molo Nazario Sauro, Ardenza and Antignano) located south of Livorno harbour. For each station two different sites have been sampled, each one with three replicates. Fouling assemblages in each replicate have been sampled in April 2016 by scraping a fixed surface ($100 \times 25 \text{ cm} = 0.25 \text{ m}^2$) along docks and submerged artificial walls. All samples have been fixed in 70% ethanol for subsequent sorting and species determination.

Results - A total of 264 species of macrofouling, belonging to 10 phyla, were identified, 25 of which are alien species (Tab. 1). In addition, some species, as *Zeuxo turkensis* Larsen, 2014, *Stenosoma nadejda* (Rezig, 1989) and *Erinaceusyllis belizensis* (Russell, 1989), are the first records for the Italian waters. The analysis of the whole macrofouling assemblages showed a marked heterogeneity in terms of community structure related to the site location.

Conclusions - Comparing these results with previous alien species list of the area (Langeneck *et al.*, 2015), 16 of the recorded allochthonous taxa are new records, increasing to 40 the number of macrozoobenthic alien species occurring in the port area of Livorno. These results confirm this port area as a hot spot for the introduction of alien species (Campani *et al.*, 2004; Langeneck *et al.*, 2015), underlining the important role of ports and marinas in the arrival and establishment of these species along the Italian coasts (Ulman *et al.*, 2017).

Tab. 1 - Check list of alien species found in the Livorno harbour and nearby marinas (the asterisks indicates the cryptogenic species).

Check list delle specie aliene ritrovate nel porto di Livorno e marine limitrofe (gli asterischi indicano le specie criptogenetiche).

Bryozoa	<i>Tricellaria inopinata</i> d'Hondt & Occhipinti Ambrogi, 1985 <i>Watersipora subtorquata</i> (d'Orbigny, 1852)
Porifera	<i>Paraleucilla magna</i> (Klautau, Monteiro & Borojevic, 2004)
Mollusca	<i>Arcuatula senhousia</i> (Benson, 1842) <i>Haminoea japonica</i> Pilsbry, 1895 <i>Xenostrobus securis</i> (Lamarck, 1819)
Polychaeta	<i>Branchiomma boholense</i> (Grube, 1878) <i>Branchiomma luctuosum</i> (Grube, 1860) * <i>Erinaceusyllis belizensis</i> (Russel, 1989) <i>Ficopomatus enigmaticus</i> (Fauvel, 1923) <i>Hydroides dirampha</i> Morch, 1863 <i>Hydroides elegans</i> (Haswell, 1883) <i>Hydroides</i> cf. <i>inornata</i> Pillai, 1960 <i>Naineris setosa</i> (Verrill, 1900) <i>Syllis pectinans</i> Haswell, 1920
Crustacea	<i>Amphibalanus eburneus</i> (Gould, 1841) <i>Caprella scaura</i> Templeton, 1836 * <i>Elasmopus pecteniscrus sensu Auctt.</i> (Spence Bate, 1862) * <i>Mesanthura</i> cf. <i>romulea</i> Poore & Lew Ton, 1986 <i>Paracercis sculpta</i> (Holmes, 1904) <i>Paranthura japonica</i> Richardson, 1909 * <i>Zeuxo normani</i> (Richardson, 1905)
Ascidiacea	<i>Polyandrocarpa zorritensis</i> (Van Name, 1931) <i>Styela plicata</i> (Lesueur, 1823)
Echinodermata	* <i>Ophiactis savignyi</i> (Muller & Troschel, 1842)

References

- CAMPANI E., COPPINI M., CUNEO F., MARGELLI A. (2004) - Bivalvi "alieni" nelle acque del porto di Livorno: *Theora* (*Endopleura*) *lubrica* Gould, 1861 e *Musculista senhousia* (Benson in Cantor, 1842). *Atti Soc. tosc. Sci. nat. Mem. Serie B*, **111**: 1-5.
- LANGENECK J., BARBIERI M., MALTAGLIATI F., CASTELLI A. (2015) - The low basin of the Arno River (Tuscany, Italy) as alien species hotspot: first data about *Rhithropanopeus harrisi* (Crustacea, Panopeidae). *Transit. Waters Bull.*, **9** (1): 1-10.
- OCCHIPINTI AMBROGI A., MARCHINI A., CANTONE G., CASTELLI A., CHIMENZ C., CORMACI M., FROGLIA C., FURNARI G., GAMBI M.C., GIACCONE G., GIANGRANDE A., GRAVILI C., MASTROTOTARO F., MAZZIOTTI C., ORSI-RELINI L., PIRAINO S. (2011) - Alien species along the Italian coasts: an overview. *Biol. Invas.*, **13** (1): 215-237.
- ULMAN A., FERRARIO J., OCCHIPINTI AMBROGI A., ARVANITIDIS C., BANDI A., BERTOLINO M., BOGI C., CHATZIGEORGIOU G., ÇIÇEK B.A., DEIDUN A., RAMOS-ESPLÁ A., KOÇAK C., LORENTI M., MARTINEZ-LAIZ G., MERLO G., PRINCISGH E., SCRIBANO G., MARCHINI A. (2017) - A massive update of non-indigenous species records in Mediterranean marinas. *PeerJ*, **5**, doi: 10.7717/peerj.3954.

Tema

MEDITERRANEO PROFONDO:
ESPLORAZIONE, RICERCA
E CONSERVAZIONE

F. MASTROTOTARO^{1,2}, G. CHIMIENTI^{1,2}, M. BO^{2,3}

¹Dipartimento di Biologia, Università di Bari Aldo Moro, ULR CoNISMa di Bari,
Via E. Orabona, 4 - 70125 Bari, Italia.
francesco.mastrototaro@uniba.it

²Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Scienze del Mare (CoNISMa), Roma, Italia.

³Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita, Università di Genova,
Corso Europa, 26 - 16132 Genova, Italia.

UN MARE DI CORALLI IN MEDITERRANEO

A SEA OF CORALS IN THE MEDITERRANEAN SEA

Abstract - The fortuitous discovery of living colonies of white corals on the unexplored bottoms of Santa Maria di Leuca (Ionian Sea), 18 years ago, represented an unprecedented turning point in the study of the Mediterranean bathyal ecosystems. A long-term explorative and descriptive study program was carried out in this area, also stimulating the search of coral forest ecosystems all over the basin, at all depths, and the carrying out of numerous relevant scientific studies. The deep coral era has started. Nowadays, considering as cold-water corals the habitat-forming azooxanthellate cnidarians, 61 deep coral sites are known in the basin.

Key-words: Cold Water Corals, deep-sea, Santa Maria di Leuca, ROV, Mediterranean Sea.

Introduzione - Con il termine “coralli di acque fredde” (*Cold Water Corals*, CWC) vengono raggruppate quelle specie di cnidari azooxantellati presenti, in Mediterraneo, a partire dai 200 m di profondità (Chimienti *et al.*, 2019). Oggi il termine di CWC sta acquisendo una valenza sempre più ampia, includendo specie di cnidari azooxantellati capaci di strutturare un habitat (*habitat formers*). Infatti, oltre alle specie note come “coralli bianchi” *Lophelia pertusa* (Linnaeus, 1758), *Madrepora oculata* Linnaeus, 1758 e *Desmophyllum dianthus* (Esper, 1794), tra i CWC sono annoverati anche gli antipatari *Antipathes dichotoma* Pallas, 1766, *Leiopathes glaberrima* (Esper, 1788) e *Parantipathes larix* (Esper, 1788), la sclerattinia *Dendrophyllia cornigera* (Lamarck, 1816), gli alcionacei *Callogorgia verticillata* (Pallas, 1766) e *Viminella flagellum* (Johnson, 1863), lo stylasteridae *Errina aspera* (Linnaeus, 1767), nonché specie tipiche dei fondali incoerenti come l'alcionaceo *Isidella elongata* (Esper, 1788) e i pennatulacei *Funiculina quadrangularis* (Pallas, 1766) e *Kophobelemnion stelliferum* (Müller, 1776) (Chimienti *et al.*, 2019). Alla luce di questa più ampia definizione di CWC, il presente contributo propone un *excursus* sulle ricerche biogeografiche effettuate fino ad oggi a partire dal fortuito ritrovamento del primo grande banco a CWC in Mediterraneo, al largo del Capo di Santa Maria di Leuca (SML), nel Mar Ionio settentrionale (Mastrototaro *et al.*, 2002). Contestualmente, sono state portate avanti numerose ricerche sulle comunità di tali ambienti, approfondendo aspetti sulla distribuzione, abbondanza, diversità e comportamento della fauna bento-pelagica associata (*e.g.* D’Onghia *et al.*, 2012, 2015a).

Prima del 2000 - Prima dell'accidentale scoperta del banco di SML, le conoscenze su questo particolare habitat erano alquanto limitate e si basavano per lo più su ritrovamenti puntiformi e sporadici, tanto che tali specie erano ritenute prossime all'estinzione in Mediterraneo (Delibrias e Taviani, 1985). Rogers (1999), nella sua monografia sulla biologia di *L. pertusa*, definisce la specie quasi estinta in Mediterraneo in ragione dei cambiamenti climatici avvenuti in tale bacino dal Plio-Pleistocene, in concomitanza con le grandi glaciazioni, ai tempi recenti, nonché ai modelli di circolazione delle acque profonde ritenute poco adatte al trofismo di queste specie. Pertanto, gli isolati ritrovamenti di colonie viventi erano ritenuti occasionali

e considerati come presenze relitte prima di una loro prossima estinzione (Rogers, 1999; Mastrototaro *et al.*, 2002; Taviani *et al.*, 2005a). La prima segnalazione di CWC viventi nel piano batiale mediterraneo risale al 1891, da parte di von Marenzeller proprio al largo di Santa Maria di Leuca nell'ambito delle prime esplorazioni profonde effettuate mediante la nave oceanografica austriaca Pola (von Marenzeller, 1893). Quarant'anni dopo questa prima segnalazione, nel 1920, viene segnalata la presenza di *M. oculata* al largo di Punta Mesco in Mar Ligure (collezione Museo Civico di Storia Naturale G. Doria di Genova in Fanelli *et al.*, 2017). Nel 1958, Rossi riporta la presenza di colonie viventi di *M. oculata*, *L. pertusa* e polipi solitari di *D. dianthus*, raccolti nella stessa area del Mar Ligure da Tortonese durante la campagna di esplorazione della Calypso, sino alla profondità di 770 m (Rossi, 1958; Blanc, 1959). Quasi dieci anni più tardi, Fusco (1967) riporta ben 10 aree a coralli profondi, individuate in prevalenza come tanatocenosi, nelle carte di pesca n. 6 e n. 7 nel Mar Ligure orientale, per un'estensione complessiva di circa 2000 ettari, da Punta Mesco al Canyon del Bisagno, tra i 200 e i 750 m di profondità. In queste aree è stata osservata la presenza di pochi e isolati polipi viventi posti all'apice di grandi colonie per lo più morte e ricoperte di ossidi di manganese (Fanelli *et al.*, 2017; Enrichetti *et al.*, 2018). Morri *et al.* (1986) confermano la presenza di tali piccoli banchi che furono osservati e fotografati *in situ* da Tunesi e Diviaco (1997) mediate le prime immersioni del batiscafo Cyana. Le due zone madreporiche del Fusco antistanti Portofino sono state recentemente osservate tramite ROV (Enrichetti *et al.*, 2018) ed è stato osservato un grande banco di coralli viventi presso il Canyon di Monterosso (Fanelli *et al.*, 2017). Sempre nel bacino ligure provenzale, Bourcier e Zibrowius (1973) riportano la presenza di alcune colonie viventi di *M. oculata* e *L. pertusa* tra i 130 e i 1000 m di profondità. Altre occasionali segnalazioni, prima del 2000, riguardarono il Golfo del Leone, il Mare di Alboran e il Mar Egeo (Zibrowius, 1980; Vafidis *et al.*, 1997) (Fig. 1A).

Dopo il 2000 - Lo straordinario ritrovamento del banco di SML, presentato proprio nel contesto nazionale del XXXII Congresso della SIBM (Mastrototaro *et al.*, 2002), sollevò la curiosità di molti ricercatori, ancora convinti che la presenza dei coralli profondi in Mediterraneo fosse dovuta essenzialmente ad un numero molto ridotto di colonie ormai prossime all'estinzione. Era necessaria una conferma e, soprattutto, era necessario raccogliere delle prove incontrovertibili sulla vitalità delle colonie, nonché georeferenziare l'estensione del banco. Tra il 2001 e il 2002 furono organizzate le prime campagne di ricerca e i primi dati raccolti evidenziavano che il banco era formato da lussureggianti colonie di coralli estese su un'area di circa 1000 km², compresa tra i 350 e i 1100 m di profondità (Tursi *et al.*, 2004). Tale ritrovamento rappresentò l'innescò per una serie di ricerche effettuate in tutto il bacino Mediterraneo. Una delle prime domande che il mondo della ricerca si pose, riguardava le cause della presenza di un banco così esteso proprio in quell'area e quale fosse il perno energetico a sostegno di tale comunità. Una ipotesi vagliata fu quella di correlare la presenza del banco a particolari condizioni idrografiche (Taviani *et al.*, 2005a), oppure alla presenza di sostanza organica frutto dell'attività microbica di chemiosintesi presente in prossimità di sorgenti di idrocarburi leggeri (CH₄) (Hovland *et al.*, 1998). Non fu trovata nessuna correlazione tra la presenza dei coralli e tali sorgenti (Etiopie *et al.*, 2010). Tuttavia, i primi dati oceanografici, nonché le prime immagini del banco, confermavano l'ipotesi che la presenza di queste specie era legata a particolari condizioni edafiche, tra cui un substrato coerente sufficientemente inclinato, in modo da limitare l'infangamento, e un idrodinamismo capace di fornire nutrimento ai coralli (Taviani *et al.*, 2005b). Sempre in quegli anni fu effettuata la prima ricognizione video ad alta risoluzione mediante il ROV Pluto Palla della *GayMarine* che, oltre a fornire le prime spettacolari immagini del banco a coralli, mostrò la straordinaria e diversificata macrofauna ad essi associata

(D'Onghia *et al.*, 2008; Mastrototaro *et al.*, 2010), nonché l'abbondante presenza di specie zooplanctoniche intorno alle colonie. Successivi studi, hanno dimostrato che la principale componente trofica nella dieta di questi sospensivori è proprio rappresentata dallo zooplancton profondo, nonché dalla sostanza organica proveniente dalle aree più superficiali (Carlier *et al.*, 2009). Dopo la scoperta del banco di SML, furono segnalati altri siti a coralli tra cui un esteso banco nel Canale di Sicilia a sud di Malta (Schembri *et al.*, 2007). In seguito alla crescente attenzione verso questo particolare habitat e alla sua riconosciuta importanza ecologica, nel gennaio del 2006 la *General Fisheries Commission for the Mediterranean* istituì nell'area di SML la prima *Deep-sea Fisheries Restricted Area* (FRA) del Mediterraneo per la protezione dei CWCs. Al fine di meglio conoscere e studiare l'ormai "famoso" sito a coralli, venne finanziato nel 2004 il progetto APLABES (*Apulian Plateau Bank Ecosystem Study*) che vedeva coinvolti numerosi ricercatori, sia italiani che stranieri, animati dalla stessa curiosità di conoscere e studiare questa particolare biocenosi batiale (Corselli, 2010). L'approccio pluridisciplinare consolidò le conoscenze sul banco confermandone la sua importanza come *hotspot* di biodiversità batiale (D'Onghia *et al.*, 2010; Mastrototaro *et al.*, 2010). L'intera area a coralli fu, dunque, caratterizzata dal punto di vista geomorfologico (Savini e Corselli, 2010; Vertino *et al.*, 2010), evidenziando che la piattaforma pugliese (*Apulian Plateau*) rappresentava un meso-habitat elettivo per i coralli profondi grazie alla sua leggera inclinazione, alla presenza di numerosi *mound* e canyon, nonché alla presenza di un regime idrodinamico favorevole. Alla luce dei risultati ottenuti furono programmate e realizzate numerose altre crociere oceanografiche. La crociera M-70 (agosto 2006), a bordo della N/O Meteor nell'ambito del Progetto HERMES, documentò la presenza di estese aree a coralli nel Canale di Sicilia, nonché presso la scarpata continentale presente al largo di Gallipoli e lungo le pareti subverticali del Canyon di Bari (Freiwald *et al.*, 2009). Successivamente a tali studi, le segnalazioni di siti a coralli vivi in Mediterraneo sono continuate. Orejas *et al.* (2009) hanno confermato la presenza di un'estesa comunità a CWC nel Golfo del Leone, area caratterizzata dalla presenza di numerosi canyon (Würtz, 2012). Tra questi, sui fondali scoscesi del Canyon di Cassidagne, Fabri *et al.* (2014) hanno censito il banco a *M. oculata* più superficiale per il bacino Mediterraneo (180-220 m; fatta eccezione per le aree prossime allo Stretto di Gibilterra). Angeletti *et al.* (2014) confermarono la presenza di CWC lungo la scarpata adriatica, dal Canyon di Bari ad Otranto, avvalorando la possibile connessione presente tra i banchi adriatici e quelli del Mar Ionio settentrionale. Gli stessi autori segnalano la presenza di CWC anche lungo le coste montenegrine (Angeletti *et al.*, 2014). D'Onghia *et al.* (2016) e Nasto *et al.* (2018), mediante una campagna di *citizen science* che coinvolgeva i pescatori attivi in Adriatico meridionale, riportano alcune nuove segnalazioni di coralli campionati mediante attrezzi da pesca. Infine, Taviani *et al.* (2017) descrivono una nuova area a CWC nel Canale di Sardegna. Grazie ai succitati studi, ad oggi sono stati censiti nel Mediterraneo 61 siti a CWC, considerando sia il ritrovamento dei cosiddetti coralli bianchi, sia le sempre più frequenti segnalazioni di foreste animali costituite da altri cnidari arborei come coralli neri, alcionacei e pennatulacei batiali (Fig. 1B) che trovano la loro massima espansione lungo la scarpata continentale ed il piano batiale superiore (Chimienti *et al.*, 2018, 2019). Tra i numerosi record di CWC, sono state individuate ad oggi 6 province a CWC, intese qualitativamente come aree caratterizzate da una elevata concentrazione di colonie su un'area più o meno estesa (*sensu* Taviani *et al.*, 2017). I dati idrodinamici raccolti hanno confermato che i CWC in Mediterraneo si sviluppano in aree caratterizzate da condizioni idrodinamiche capaci di mantenere la temperatura inferiore ai 14 °C e la salinità compresa tra i 38,4 e i 38,8 psu e, allo stesso tempo, in grado di fornire delle condizioni di ossigenazione (3,75-4,45 ml/l) e di trofismo adeguato.

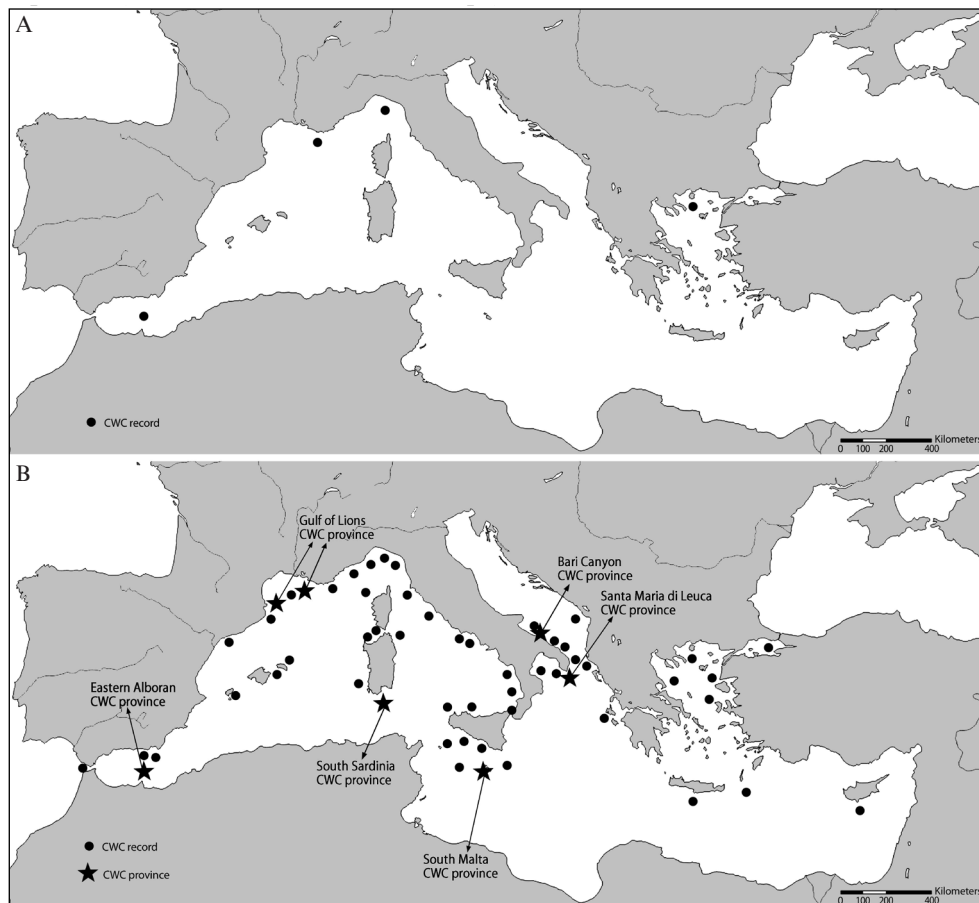


Fig. 1 - Mappa delle conoscenze pregresse il 2000 (A) e successive al 2000 (B) sulla distribuzione dei coralli di acque fredde in Mediterraneo. I riferimenti dei singoli record sono riportati in Chimienti *et al.* (2019).

*Map of the known CWC distribution before (A) and after 2000 (B) in the Mediterranean Sea. The references are reported in Chimienti *et al.* (2019).*

In particolare, le acque Nord Adriatiche profonde (NAdW) e il loro stagionale movimento verso sud (*cascading*), nonché le acque Levantine Intermedie (LIW) che si formano nel bacino di Levante e percorrono buona parte del Mediterraneo in direzione Est-Ovest, giocherebbero un ruolo determinante nella distribuzione di queste specie (Freiwald *et al.*, 2009; Taviani *et al.*, 2017; Chimienti *et al.*, 2019). I coralli, infatti, sono avvantaggiati dai regimi idrodinamici laterali o in risalita che veicolano ossigeno, sostanza organica e plancton, nonché contribuiscono alla diffusione dei gameti e delle larve di queste specie (*broadcast species*) (Strömberg, 2016). Lo studio di queste particolari biocostruzioni profonde ha permesso di definirne meglio anche il loro importantissimo ruolo ecologico. I CWC, infatti, oltre a rappresentare dei veri e propri *hotspot* di biodiversità nell'ambiente batiale (Mastrototaro *et al.*, 2010; D'Onghia *et al.*, 2015b), sono risultati essere delle importanti aree di riproduzione e *nursery* per molte specie batiali, alcune delle quali di notevole interesse commerciale (D'Onghia *et al.*, 2010, 2012). A tale proposito nel 2006, nell'ambito del progetto

internazionale CoralFish, è stata realizzata la prima piattaforma di monitoraggio della fauna bentopelagica: il lander MEMO (*Marine Environment MONitoring system*), capace di indagare, attraverso video rilievi *in situ*, la presenza e il comportamento delle specie bentopelagiche presenti nelle aree a coralli (D'Onghia *et al.*, 2015a). Durante questi anni di ricerca è stato osservato, inoltre, che la presenza stessa delle biocostruzioni a CWC rappresenta un deterrente naturale all'esercizio della pesca a strascico, preservando anche i fondali incoerenti compresi tra le biocostruzioni. Indagando nelle aree *inter-mounds*, infatti, è stato possibile scoprire e studiare la presenza di particolari *facies* batiali nuove per il Mediterraneo, come la *facies* costituita dal pennatulaceo *Kophobelemnion stelliferum* ritrovata proprio nei pressi del banco di Santa Maria di Leuca (Mastrototaro *et al.*, 2013).

Conclusioni - Alla luce dei risultati ottenuti, in 18 anni di ricerche, è ormai chiaro che la presenza di banchi a coralli profondi nel Mediterraneo è molto più frequente e diffusa di quello che si potesse immaginare. Infatti, dalle sporadiche e poco estese segnalazioni precedenti l'agosto del 2000, si è passati in poco meno di vent'anni a 61 segnalazioni e all'individuazione di ben 6 province a coralli. Tale distribuzione risulta fortemente influenzata dalla concomitante presenza di fattori abiotici, come la natura e la disposizione del substrato, e dalla presenza di particolari condizioni idrografiche legate a particolari flussi di corrente, tra cui temperatura, concentrazione di ossigeno e disponibilità trofica. In particolare, l'attuale distribuzione dei CWC sembra essere strettamente correlata alla presenza delle masse d'acqua appartenenti alle LIW e alle Acque Mediterranee Profonde. Seguendo le dinamiche di queste ultime potremmo raccogliere ulteriori dati sulla distribuzione dei coralli profondi in Mediterraneo. Inoltre, ulteriori sforzi esplorativi saranno necessari per indagare i confini dei già noti siti a coralli, al fine di evidenziare una possibile continuità geografica tra le varie aree, per esempio andando ad investigare ambienti batiali poco conosciuti ma soggetti a regimi idrodinamici di rilievo come i *seamount* e i canyon sottomarini. A tal proposito, una sfida ancora aperta rimane quella di verificare l'effettiva connettività dei siti a coralli attraverso un studio biomolecolare che, di fatto, potrebbe anche chiarire se esiste ancora un flusso genico tra i popolamenti atlantici e quelli mediterranei.

Bibliografia

- ANGELETTI L., TAVIANI M., CANESE S., FOGLENI F., MASTROTOTARO F., ARGNANI A., TRINCARDI F., BAKRAN-PETRICIOLI T., CEREGATO A., CHIMIENTI G., MAČIĆ V., POLISENO A. (2014) - New deep-water cnidarian sites in the southern Adriatic Sea. *Mediterr. Mar. Sci.*, **15** (2): 263-273.
- BLANC J.J. (1959) - Recherches sur les vases du Golfe de Génes (Région de Portofino). *Ann. Inst. Océan.*, **37**: 274-287.
- BOURCIER M., ZIBROWIUS H. (1973) - Les "boues rouges" déversées dans le canyon de la Cassidaigne (région de Marseille). Observations en soucoupe plongeante SP 350 (juin 1971) et résultats de dragages. *Téthys*, **4** (4): 811-842.
- CARLIER A., LE GUILLOUX E., OLU K., SARRAZIN J., MASTROTOTARO F., TAVIANI M., CLAVIER J. (2009) - Trophic relationships in a deep Mediterranean cold-water coral bank (Santa Maria di Leuca, Ionian Sea). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **397**: 125-137.
- CHIMIENTI G., BO M., MASTROTOTARO F. (2018) - Know the distribution to assess the changes: Mediterranean cold-water coral bioconstructions. *Rend. Lincei Sci. Fis.*, **29** (3): 583-588.
- CHIMIENTI G., BO M., TAVIANI M., MASTROTOTARO F. (2019) - Occurrence and biogeography of Mediterranean cold-water corals. In: Orejas C., Jiménez C. (eds), *Mediterranean Cold-Water Corals: past, present and future*. Springer, doi: 10.1007/978-3-319-91608-8_19.
- CORSELLI C. (2010) - Introduction: Cold-Water Coral communities in the Mediterranean Sea. *Deep-Sea Res. Pt. II*, **57** (5-6): 323-325.

- DELIBRIAS G., TAVIANI M. (1985) - Dating the death of Mediterranean deep-sea scleractinian corals. *Mar. Geol.*, **62** (1-2): 175-180.
- D'ONGHIA G., CALCULLI C., CAPEZZUTO F., CARLUCCI R., CARLUCCIO A., MAIORANO P., POLLICE A., RICCI P., SION L., TURSI A. (2016) - New records of cold-water coral sites and fish fauna characterization of a potential network existing in the Mediterranean Sea. *Mar. Ecol.*, **37** (6): 1398-1422.
- D'ONGHIA G., CAPEZZUTO F., CARDONE F., CARLUCCI R., CARLUCCIO A., CHIMIENTI G., CORRIERO G., LONGO C., MAIORANO P., MASTROTOTARO F., PANETTA P., ROSSO A., SANFILIPPO R., SION L., TURSI A. (2015b) - Macro- and megafauna recorded in the submarine Bari Canyon (southern Adriatic, Mediterranean Sea) using different tools. *Mediterr. Mar. Sci.*, **16** (1): 180-196.
- D'ONGHIA G., CAPEZZUTO F., CARLUCCIO A., CARLUCCIR., GIOVE A., MASTROTOTARO F., PANZA M., SION L., TURSI A., MAIORANO P. (2015a) - Exploring composition and behaviour of fish fauna by *in situ* observations in the Bari Canyon (southern Adriatic Sea, Central Mediterranean). *Mar. Ecol.*, **36** (3): 541-556.
- D'ONGHIA G., MAIORANO P., CARLUCCI R., CAPEZZUTO F., CARLUCCIO A., TURSI A., SION L. (2012) - Comparing deep-sea fish fauna between coral and non-coral "megahabitats" in the Santa Maria di Leuca cold-water coral province (Mediterranean Sea). *PLoS ONE*, **7** (9), doi: 10.1371/journal.pone.0044509.
- D'ONGHIA G., MAIORANO P., SION L., GIOVE A., CAPEZZUTO F., CARLUCCI R., TURSI A. (2010) - Effects of deep-water coral banks on the abundance and size structure of the megafauna in the Mediterranean Sea. *Deep-Sea Res. Pt. II*, **57** (5-6): 397-411.
- D'ONGHIA G., MASTROTOTARO F., MAIORANO P., TURSI A. (2008) - Cold water corals: a biodiversity "hot-spot" in the Mediterranean Sea. *JMBA Global Marine Environment* (published on line): 32-33.
- ENRICHETTI F., BAVESTRELLO G., COPPARI M., BETTI F., BO M. (2018) - *Placogorgia coronata* first documented record in Italian waters: use of trawl bycatch to unveil vulnerable deep-sea ecosystems. *Aquat. Conserv.*, doi: 10.1002/aqc.2930.
- ETIOPE G., SAVINI A., LO BUE N., FAVALI P., CORSELLI C. (2010) - Deep-sea survey for the detection of methane at the "Santa Maria di Leuca" cold-water coral mounds (Ionian Sea, South Italy). *Deep-Sea Res. Pt. II*, **57** (5-6): 431-440.
- FABRI M.-C., PEDEL L., BEUCK L., GALGANI F., HEBBELN D., FREIWALD A. (2014) - Megafauna of vulnerable marine ecosystems in French Mediterranean submarine canyons: spatial distribution and anthropogenic impacts. *Deep-Sea Res. Pt. II*, **104**: 184-207.
- FANELLI E., DELBONO I., IVALDI R., PRATELLESI M., COCITO S., PEIRANO A. (2017) - Cold-water coral *Madrepora oculata* in the eastern Ligurian Sea (NW Mediterranean): historical and recent findings. *Aquat. Conserv.*, **27** (5): 965-975.
- FREIWALD A., BEUCK L., RÜGGERBERG A., TAVIANI M., HEBBELN D., and R/V *Meteor* Cruise M70-1 Participants (2009) - The white coral community in the central Mediterranean Sea revealed by ROV surveys. *Oceanography*, **22** (1): 58-74.
- FUSCO N. (1967) - *Il fondo del mare da Sestri Levante alla foce dell'Arno*. Con annessa carta di pesca n. 6. Ministero Marina Mercantile, Direzione Generale della Pesca Marittima, Roma: 163 pp.
- HOVLAND M., MORTENSEN P.B., BRATTEGARD T., STRASS P., ROKOENGEN K. (1998) - Ahermatypic coral banks off Mid-Norway: evidence for a link with seepage of light hydrocarbons. *Palaos*, **13** (2): 189-200.
- MASTROTOTARO F., D'ONGHIA G., CORRIERO G., MATARRESE A., MAIORANO P., PANETTA P., GHERARDI M., LONGO C., ROSSO A., SCIUTO F., SANFILIPPO R., GRAVILI C., BOERO F., TAVIANI M., TURSI A. (2010) - Biodiversity of the white coral bank off Cape Santa Maria di Leuca (Mediterranean Sea): an update. *Deep-Sea Res. Pt. II*, **57** (5-6): 412-430.
- MASTROTOTARO F., MAIORANO P., VERTINO A., BATTISTA D., INDENNIDATE A., SAVINI A., TURSI A., D'ONGHIA G. (2013) - A facies of *Kophobelemnon* (Cnidaria, Octocorallia) from Santa Maria di Leuca coral province (Mediterranean Sea). *Mar. Ecol.*, **34** (3): 313-320.
- MASTROTOTARO F., MATARRESE A., TURSI A. (2002) - Un mare di coralli nel Mar Ionio. *Biol. Mar. Mediterr.*, **9** (1): 616-619.

- MORRI C., BIANCHI C.N., DAMIANI V., PEIRANO A., ROMEO G., TUNESI L. (1986) - L'ambiente marino tra Punta della Chiappa e Sestri Levante (Mar Ligure): profilo ecotipologico e proposta di carta bionomica. *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova*, **52** (Suppl.): 213-231.
- NASTO I., CARDONE F., MASTROTOTARO F., PANETTA P., ROSSO A., SANFILIPPO R., TAVIANI M., TURSI A. (2018) - Benthic invertebrates associated with subfossil cold-water coral frames and hardgrounds in the Albanian deep waters (Adriatic Sea). *Turk. J. Zool.*, **42**: 360-371.
- OREJAS C., GORI A., LO IACONO C., PUIG P., GILI J.-M., DALE M.R.T. (2009) - Cold-water corals in the Cap de Creus canyon, northwestern Mediterranean: spatial distribution, density and anthropogenic impact. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **397**: 37-51.
- ROGERS A.D. (1999) - The biology of *Lophelia pertusa* (Linnaeus, 1758) and other deep-water reef-forming corals and impacts from human activities. *Int. Rev. Hydrobiol.*, **84** (4): 315-406.
- ROSSI L. (1958) - Contributo allo studio della fauna di profondità vivente presso la Riviera Ligure di Levante. *Doriana*, **2**: 1-13.
- SAVINI A., CORSELLI C. (2010) - High-resolution bathymetry and acoustic geophysical data from Santa Maria di Leuca Cold Water Coral province (northern Ionian Sea - Apulian continental slope). *Deep-Sea Res. Pt. II*, **57** (5-6): 326-344.
- SCHEMBRI P.J., DIMECH M., CAMILLERI M., PAGE R. (2007) - Living deep-water *Lophelia* and *Madrepora* corals in Maltese waters (Strait of Sicily, Mediterranean Sea). *Cah. Biol. Mar.*, **48**: 77-83.
- STRÖMBERG S.M. (2016) - Early Life History of the cold-water coral *Lophelia pertusa* - with implications for dispersal. Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy. Department of Marine Science, Faculty of Science. University of Gothenburg: 53 pp.
- TAVIANI M., ANGELETTI L., CANESE S., CANNAS R., CARDONE F., CAU A., CAU A.B., FOLLESA M.C., MARCHESE F., MONTAGNA P., TESSAROLO C. (2017) - The "Sardinian cold-water coral province" in the context of the Mediterranean coral ecosystems. *Deep-Sea Res. Pt. II*, **145**: 61-78.
- TAVIANI M., FREIWALD A., ZIBROWIUS H. (2005a) - Deep coral growth in the Mediterranean Sea: an overview. In: Freiwald A., Roberts J.M. (eds), *Cold-water corals and ecosystems*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg: 137-156.
- TAVIANI M., REMIA A., CORSELLI C., FREIWALD A., MALINVERNO E., MASTROTOTARO F., SAVINI A., TURSI A. (2005b) - First geo-marine survey of living cold-water *Lophelia* reefs in the Ionian Sea (Mediterranean basin). *Facies*, **50** (3-4): 409-417.
- TUNESI L., DIVIACCO G. (1997) - Observations by submersible on the bottoms off shore Portofino Promontory (Ligurian Sea). Atti 12° Congresso AIOL. Isola di Vulcano, 18-21 settembre, 1996: 61-74.
- TURSI A., MASTROTOTARO F., MATARRESE A., MAIORANO P., D'ONGHIA G. (2004) - Biodiversity of the white coral reefs in the Ionian Sea (Central Mediterranean). *Chem. Ecol.*, **20** (Suppl. 1): 107-116.
- VAFIDIS D., KOUKOURAS A., VOULTSIADOU-KOUKOURA E. (1997) - Actiniaria, Corallimorpharia, and Scleractinia (Hexacorallia, Anthozoa) of the Aegean Sea, with a checklist of the eastern Mediterranean and Black Sea species. *Isr. J. Zool.*, **43** (1): 55-70.
- VERTINO A., SAVINI A., ROSSO A., DI GERONIMO I., MASTROTOTARO F., SANFILIPPO R., GAY G., ETIOPE G. (2010) - Benthic habitat characterization and distribution from two representative sites of the deep-water SML Coral Province (Mediterranean). *Deep-Sea Res. Pt. II*, **57** (5-6): 380-396.
- VON MARENZELLER E. (1893) - Zoologische Ergebnisse. II. Polychäten des Grundes, Gesammelt 1890, 1891 und 1892. *Denkschriften d. kais. Akad. d. Wiss. math.-naturw. Classe, Bd.*, **60** [Berichte der Commission für Erforschung des östlichen Mittelmeeres, 6]: 25-48 + 4 pl.
- WÜRTZ M. (ED) (2012) - *Mediterranean submarine canyons: ecology and governance*. IUCN, Gland, Switzerland and Málaga, Spain: 216 pp.
- ZIBROWIUS H. (1980) - Les scléactiniaires de la Méditerranée et de l'Atlantique nord-oriental. *Mém. Inst. Océanogr. Monaco*, **11**: 1-284.

F. CAPEZZUTO, F. ANCONA, A. CARLUCCIO, G. D'ONGHIA, P. MAIORANO,
L. SION, A. TURSI

Dipartimento di Biologia, Università di Bari Aldo Moro, ULR CoNISMa di Bari,
Via E. Orabona, 4 - 70125 Bari, Italia.
francesca.capezzuto@uniba.it

SPETTRO TROFICO DELLO SCORFANO DI FONDALE,
HELICOLENUS DACTYLOPTERUS (OSTEICHTHYES,
SCORPAENIFORMES), NEL MEDITERRANEO CENTRALE

*TROPHIC SPECTRUM OF THE BLACKBELLY ROSEFISH,
HELICOLENUS DACTYLOPTERUS (OSTEICHTHYES,
SCORPAENIFORMES), IN THE CENTRAL MEDITERRANEAN*

Abstract - Feeding habits of *Helicolenus dactylopterus* were analysed in different habitats of the central Mediterranean. The trophic spectrum of this commercial species was mainly composed of crustaceans, for the smaller specimens distributed on muddy bottoms, while teleosts predominate for the larger specimens collected in the Bari canyon.

Key-words: diet, central Mediterranean, muddy bottoms, cold-water corals.

Introduzione - Lo scorfano di fondale, *Helicolenus dactylopterus* (Delaroche, 1809), è una specie necto-bentonica distribuita su un ampio gradiente batimetrico e in vari tipi di habitat, dai fondali fangosi ad habitat più complessi ed eterogenei come i *seamount*, i canyon e le aree a coralli di profondità (Costello *et al.*, 2005; Ross e Quattrini, 2007; D'Onghia *et al.*, 2010, 2015). È un tipico predatore che adotta la strategia "sit-and-wait", anche grazie alla sua colorazione altamente criptica (D'Onghia *et al.*, 2011). Lo spettro trofico è stato studiato in diverse aree del Mediterraneo (Madurell e Labropoulou, 2000; Nouar e Maurin, 2000; Carlucci *et al.*, 2017 e relativa bibliografia), ma ad oggi non esistono informazioni per l'Adriatico meridionale e lo Ionio nord-occidentale. Nel presente lavoro viene presentato lo spettro trofico dello scorfano di fondale campionato in questi due bacini e in differenti tipologie di habitat.

Materiali e metodi - Sono stati analizzati gli stomaci di esemplari di *H. dactylopterus* raccolti nello Ionio nord-occidentale, in habitat caratterizzati da fondali fangosi, e nell'Adriatico meridionale all'interno del canyon di Bari, in cui sono presenti coralli di acque fredde. Gli esemplari distribuiti sui fondali fangosi sono stati raccolti nell'ambito della campagna di pesca a strascico sperimentale MEDITS realizzata a giugno 2013 (Bertrand *et al.*, 2002). Il canyon di Bari è stato esplorato a novembre-dicembre 2013 nell'ambito del progetto RITMARE, utilizzando come campionario un palangaro sperimentale di profondità (D'Onghia *et al.*, 2015). La dieta è stata investigata in un totale di 296 esemplari, di cui 172 provenienti da fondali fangosi compresi fra 209 e 721 m e 124 dal canyon di Bari tra 338 e 612 m. È stata analizzata la struttura in taglia per habitat e sono stati elaborati i dati relativi alla dieta. È stato stimato il *Vacuity Index* (VI), calcolato come rapporto percentuale tra il numero di stomaci vuoti e il totale di quelli esaminati e lo *Stomach Fullness Index* (SFI), come rapporto percentuale tra il peso del contenuto stomacale e il peso totale dell'animale. Il contributo di ciascuna preda alla dieta è stato stimato attraverso il calcolo dell'abbondanza numerica percentuale (N%) e della frequenza di rinvenimento (F%) (Neves *et al.*, 2012). Infine, è stata analizzata la dieta rispetto alla taglia, considerando tre differenti classi di lunghezza: 40-100 mm LT; 101-200 mm LT; 201-300 mm LT.

Risultati - La distribuzione di taglia degli individui di *H. dactylopterus* è riportata in Fig. 1. In habitat fangosi, in relazione all'attrezzo utilizzato, risulta evidente una componente modale relativa ai giovanili, non rilevata nel canyon di Bari, dove gli esemplari campionati hanno mostrato taglie superiori a 160 mm LT. L'indice di vacuità calcolato per il primo habitat è risultato piuttosto basso, pari a circa il 22%, mentre, nel canyon di Bari, è risultato molto alto, pari a circa il 72%. I valori minimi e massimi di SFI sono risultati più elevati nei campioni provenienti dai fondali fangosi (5,756E-05-4,465). Considerando l'intera area d'indagine sono stati identificati 54 *food items*, di cui, 49 rinvenuti negli stomaci campionati in habitat fangosi e solo 13 in habitat a coralli (Tab. 1). In particolare, sui fondali fangosi, il *taxon* maggiormente rappresentato, sia come abbondanza (73,49%) sia come frequenza (81,01%), è risultato quello dei crostacei e la preda più abbondante è risultata *Goneplax rhomboides*, seguito da isopodi e anfipodi. I teleostei sono risultati secondi per abbondanza relativa. Nel canyon di Bari i teleostei sono risultati i più rappresentati, con N% di circa 86% ed F% di circa 68% (Tab. 1). All'aumentare della taglia è stata rilevata nella dieta una diminuzione altamente significativa ($\chi^2=61,42$; $p<0,01$) dei crostacei ed un aumento altamente significativo dei teleostei ($\chi^2=209,45$; $p<0,01$) (Fig. 2).

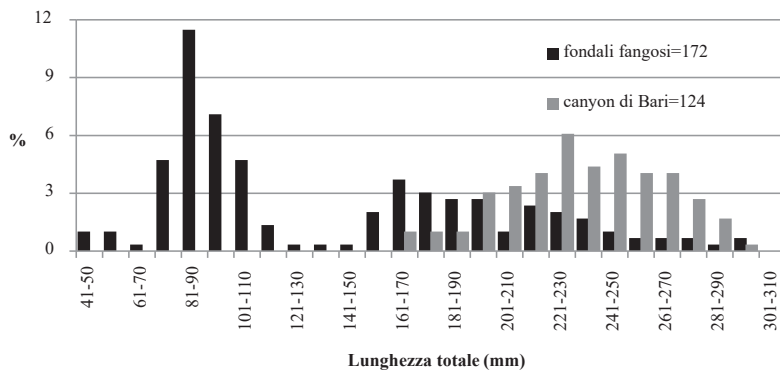


Fig. 1 - Distribuzione lunghezza/frequenza degli esemplari di *H. dactylopterus* campionati su fondali fangosi e nel canyon di Bari.

Length/frequency distribution of H. dactylopterus caught on muddy bottoms and in the Bari canyon.

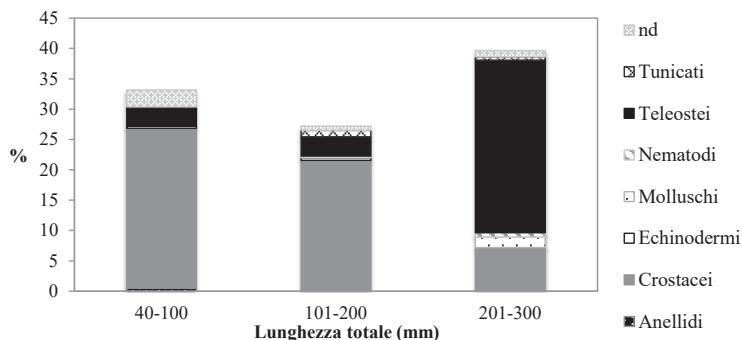


Fig. 2 - Distribuzione percentuale per classi di taglia dei *taxa* rinvenuti negli stomaci di *H. dactylopterus*.

Percentage distribution by size-classes of taxa observed in H. dactylopterus stomachs.

Tab. 1 - Abbondanza numerica (N%) e frequenza di rinvenimento (F%) delle prede identificate.

Percentage by number (N%) and frequency of occurrence (F%) of identified preys.

PREDE	Fondali fangosi		Canyon di Bari	
	N%	F%	N%	F%
Nematoda	1,03	0,56	-	-
Totale Nematoda	1,03	0,56	-	-
Annelida	0,26	0,56	-	-
Polychaeta	0,77	1,12	-	-
Totale Anellida	1,03	1,68	-	-
Mollusca				
Bivalvia				
Semelidae				
<i>Abra longicallus</i>			0,55	2,63
Gastropoda			0,55	2,63
Fasciolaridae				
<i>Fusinus rostratus</i>			0,55	2,63
Cliidae				
<i>Clio pyramidata</i>			1,66	5,26
Philinidae				
<i>Philine quadripartita</i>	1,55	1,68	-	-
Cephalopoda	1,03	2,23	1,10	5,26
Sepiolidae				
<i>Heteroteuthis dispar</i>	1,55	3,35	-	-
Loliginidae				
<i>Alloteuthis</i> spp.	0,26	0,56	-	-
Histiotteuthidae				
<i>Histioteuthis reversa</i>	0,26	0,56	-	-
Totale Mollusca	4,65	1,68	4,41	13,16
Crustacea				
Copepoda	0,26	0,56	-	-
Eumalacostraca				
Amphipoda	4,64	6,70	-	-
Cumacea	0,52	0,56	-	-
Decapoda	2,32	4,47	-	-
Caridea				
Alpheidae				
<i>Alpheus glaber</i>	0,77	1,68	-	-
Crangonidae				
<i>Philocheras echinulatus</i>	0,77	1,12	-	-
<i>Pontophilus spinosus</i>	0,26	0,56	-	-
Pandalidae	0,26	0,56	-	-
<i>Chlorotocus crassicornis</i>	0,52	1,12	-	-
<i>Plesionika heterocarpus</i>	0,52	1,12	-	-
Pasiphaeidae				
<i>Pasiphaea sivado</i>	0,26	0,56	-	-
Processidae	0,26	0,56	-	-
Dendrobranchiata				
Penaeidae				
Sergestidae				
<i>Sergestes corniculum</i>	0,26	0,56	-	-
<i>Sergia robusta</i>	0,52	1,12	-	-
Anomura				
Munididae				
<i>Munida rullanti</i>	1,03	2,23	-	-
Paguridae	0,26	0,56		
Brachyura	4,64	6,70	0,55	2,63
Polybiidae				
<i>Macropipus tuberculatus</i>	0,52	1,12	-	-
Leucosiidae				
<i>Ebalia nux</i>	1,03	1,68	0,55	2,63
Goneplacidae				
<i>Goneplax rhomboides</i>	22,94	26,26	-	-
Xanthidae				
<i>Monodaeus couchii</i>	2,06	3,91	2,76	10,53
Polychelida				
Polychelidae				
<i>Polycheles typhlops</i>	0,52	1,12	-	-
Euphausiacea	1,29	1,68	-	-
Isopoda	6,44	8,94	1,10	2,63
Lophogastrida				
Lophogastridae				
<i>Lophogaster typicus</i>	1,03	2,23	-	-
Mysidacea	1,29	1,68	-	-
Crustacea nd	18,30	29,61	1,66	7,89
Total Crustacea	73,49	81,01	6,62	26,31
Echinodermata				
Ophiurida				
Ophiuridae	1,03	2,23	-	-
Totale Echinodermata	1,03	2,23	-	-
Tunicata				
Thaliacea				
Pyrosomatidae				
<i>Pyrosoma</i> spp.	2,32	3,91	-	-
Totale Tunicata	2,32	3,91	-	-
Teleostea				
Myctophiformes				
Myctophidae	0,52	1,12	-	-
<i>Lampanyctus crocodilus</i>	0,77	1,68	-	-
<i>Diaphus</i> spp.	0,26	0,56	-	-
Pleuronectiformes				
Cynoglossidae				
<i>Symphurus nigrescens</i>	0,26	0,56	-	-
Scorpaeniformes				
Peristediidae				
<i>Peristedion cataphractum</i>	-	-	0,55	2,63
Gadiformes				
Phycidae				
<i>Phycis blennoides</i>	0,52	1,12	-	-
Moridae				
<i>Mora moro</i>	0,77	1,68	-	-
Macrouridae				
<i>Nezumia sclerorhynchus</i>	0,26	0,56	-	-
Anguilliformes	0,26	0,56	-	-
Beryciformes				
Trachichthyidae				
<i>Hoplostethus mediterraneus</i>	0,26	0,56	-	-
Stomiiformes				
Sternoptychidae				
<i>Maurolicus muelleri</i>	0,26	0,56	-	-
Teleostea nd	6,44	14,53	85,64	68,42
Totale Teleostea	10,58	21,79	86,19	68,42
Struttura ND	5,41	8,94	2,76	10,53
Totale struttura ND	5,41	8,94	2,76	10,53

Conclusioni - L'indagine condotta con due diverse tipologie di attrezzi ha permesso di ottenere un ampio intervallo di taglie per *H. dactylopterus*, sebbene provenienti da due differenti habitat del Mediterraneo centrale. L'elevato numero di stomaci vuoti rinvenuti nel canyon di Bari rispetto agli habitat fangosi potrebbe essere dovuto alle differenti taglie campionate nei due habitat, piuttosto che all'attrezzo campionario. Il tempo di permanenza in acqua degli esemplari catturati dagli ami del palangaro, infatti, potrebbe aumentare sensibilmente la digestione di eventuali prede. La preferenza dei crostacei nella dieta di esemplari distribuiti su fondali fangosi è stata ampiamente riportata in letteratura in diverse aree mediterranee (Madurell e Labropoulou, 2000; Neves *et al.*, 2012; Carlucci *et al.*, 2017). L'abbondanza di teleostei nella dieta degli individui di maggiori dimensioni confermerebbe quanto ipotizzato da Neves *et al.* (2012). La predominanza di prede bentoniche e bentopelagiche nella dieta di *H. dactylopterus* riscontrata in questo lavoro è in accordo con quanto già riportato in altre aree (Nouar e Maurin, 2000; Uiblein *et al.*, 2003; Carlucci *et al.*, 2017 e relativa bibliografia). In accordo con questi studi, gli esemplari più piccoli avrebbero una dieta più generalista con crostacei come preda principale, mentre quelli più grandi sembrerebbero selezionare soprattutto i teleostei.

Bibliografia

- BERTRAND J.A., GIL DE SOLA L., PAPACONSTANTINO C., RELINI G., SOUPLÉ A. (2002) - The general specifications of the MEDITS survey. *Sci. Mar.*, **66** (Suppl. 2): 9-17.
- CARLUCCI R., CABIDDU S., SION L. (2017) - *Helicolenus dactylopterus*. In: Sartor P., Mannini A., Carlucci R., Massaro E., Queirolo S., Sabatini A., Scarcella G., Simoni R. (eds), Sintesi delle conoscenze di biologia, ecologia e pesca delle specie ittiche dei mari italiani. *Biol. Mar. Mediterr.*, **24** (Suppl. 1): 263-271.
- COSTELLO M.J., McCREA M., FREIWALD A., LUNDÄLV T., JONSSON L., BETT B.J., VAN WEERING T.C.E., DE HAAS H., ROBERTS J.M., ALLEN D. (2005) - Role of cold-water *Lophelia pertusa* coral reefs as fish habitat in the NE Atlantic. In: Freiwald A., Roberts J.M. (eds), *Cold-water corals and ecosystems*. Springer, Berlin: 771-805.
- D'ONGHIA G., CAPEZZUTO F., CARDONE F., CARLUCCI R., CARLUCCIO A., CHIMIENTI G., CORRIERO G., LONGO C., MAIORANO P., MASTROTOTARO F., PANETTA P., ROSSO A., SANFILIPPO R., SION L., TURSI A. (2015) - Macro- and megafauna recorded in the submarine Bari canyon (southern Adriatic, Mediterranean Sea) using different tools. *Mediterr. Mar. Sci.*, **16** (1): 180-196.
- D'ONGHIA G., INDENNIDATE A., GIOVE A., SAVINI A., CAPEZZUTO F., SION L., VERTINO A., MAIORANO P. (2011) - Distribution and behaviour of deep-sea benthopelagic fauna observed using towed cameras in the Santa Maria di Leuca cold-water coral province. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **443**: 95-110.
- D'ONGHIA G., MAIORANO P., SION L., GIOVE A., CAPEZZUTO F., CARLUCCI R., TURSI A. (2010) - Effects of deep-water coral banks on the abundance and size structure of the megafauna in the Mediterranean Sea. *Deep-Sea Res Pt. II*, **57** (5-6): 397-411.
- MADURELL T., LABROPOULOU M. (2000) - A preliminary study on the feeding habits of *Hoplostethus mediterraneus* and *Helicolenus dactylopterus* in the Ionian Sea. Proceedings of the 6th Hellenic Symposium on Oceanography and Fisheries. Chios, 23-26 May 2000: 39-44.
- NEVES A., SEQUEIRA V., PAIVA R.B., VIEIRA A.R., GORDO L.S. (2012) - Feeding habits of the bluemouth, *Helicolenus dactylopterus dactylopterus* (Delaroche, 1809) (Pisces: Sebastidae) in the Portuguese coast. *Helgol. Mar. Res.*, **66** (2): 189-197.
- NOUAR A., MAURIN C. (2000) - Régime alimentaire de *Helicolenus dactylopterus dactylopterus* (Pisces: Scorpaenidae) des fonds chabutables des côtes algériennes. *Cah. Biol. Mar.*, **41**: 313-320.
- ROSS S.W., QUATTRINI A.M. (2007) - The fish fauna associated with deep coral banks off the southeastern United States. *Deep-Sea Res. Pt. I*, **54** (6): 975-1007.
- UIBLEIN F., LORANCE P., LATROUITE D. (2003) - Behaviour and habitat utilisation of seven demersal fish species on the Bay of Biscay continental slope, NE Atlantic. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **257**: 223-232.

A. CARLUCCIO, F. ANCONA, F. CAPEZZUTO, G. D'ONGHIA, P. MAIORANO,
P. RICCI, L. SION, A. TURSI

Dipartimento di Biologia, Università di Bari Aldo Moro, ULR CoNISMa di Bari,
Via E. Orabona, 4 - 70125 Bari, Italia.
angela.carluccio@uniba.it

SPAZZINI IN HABITAT PROFONDI DEL MEDITERRANEO: OSSERVAZIONI *IN SITU* MEDIANTE *BAITED LANDER*

SCAVENGERS IN THE MEDITERRANEAN DEEP-SEA HABITATS: IN SITU OBSERVATIONS WITH A BAITED LANDER

Abstract - Using the MEMO baited-lander in the deep-sea habitats of the central Mediterranean Sea, the scavenging behaviour of benthopelagic fauna was investigated over 183 hours of video recording and reported here for 8 species (2 crustaceans, 3 chondrichthyes and 3 osteichthyes).

Key-words: deep-sea, baited lander, behaviour, scavenger, Central Mediterranean.

Introduzione - L'utilizzo di sistemi video, quali ROV (*Remotely Operated Vehicle*) e *lander*, consente l'esplorazione di habitat sensibili e geomorfologicamente complessi, come *seamount*, canyon e aree a coralli di acque fredde, con un limitato impatto sull'habitat e sulla fauna (e.g. Bailey *et al.*, 2007; Söffker *et al.*, 2011; D'Onghia *et al.*, 2011, 2015). L'esplorazione dell'ambiente marino profondo attraverso sistemi video, consente di acquisire conoscenze sulla distribuzione a piccola scala e sul comportamento della fauna bentopelagica (Jones *et al.*, 2003; Uiblein *et al.*, 2003; Capezzuto *et al.*, 2012; Sion *et al.*, 2013; D'Onghia *et al.*, 2015). Inoltre, il *lander*, in quanto dotato di esca, permette di analizzare il comportamento alimentare dei detritivori (*scavenger*) nel loro habitat naturale. Nel presente lavoro si riportano alcune osservazioni realizzate in habitat marini profondi del Mediterraneo centrale.

Materiali e metodi - Nell'ambito di progetti di ricerca nazionali (OBAMA-PRIN, RITMARE, MSFD) ed internazionali (CoralFISH), il *lander* MEMO (*Marine Environment MONitoring system*) è stato utilizzato in differenti habitat del Mediterraneo centrale (Ionio settentrionale e Adriatico meridionale), con l'obiettivo di investigare la composizione, distribuzione e comportamento della megafauna bentopelagica. MEMO è costituito da una struttura metallica, dotata di piatto per l'esca, equipaggiata con 2 videocamere (HD Multi - SeaCam), due fari LED, sonda multiparametrica, correntometro, modem acustico e unità di controllo centrale. Una volta posizionato sul fondale, MEMO può registrare per 24 ore consecutive. In questo lavoro, sono riportati i risultati delle registrazioni video effettuate in 21 stazioni distribuite tra 442 e 797 m di profondità, in habitat a coralli di acque fredde di Santa Maria di Leuca (SML) e di altre aree dell'Adriatico meridionale e dello Ionio settentrionale, nonché nel Canyon di Bari (CB), per un totale di oltre 183 ore di registrazione video (Tab. 1). Prima di ciascuna immersione, sul piatto per l'esca sono stati posizionati esemplari freschi di *Scomber scombrus* (Linnaeus, 1758). In tal modo, l'esca produce una scia odorosa che, propagata dalla corrente, attira gli animali all'interno del campo visivo delle videocamere (Bailey *et al.*, 2007). In ciascuna stazione, le differenti specie rilevate da MEMO, sono state identificate attraverso le principali caratteristiche morfologiche. Per ciascuna specie è stato rilevato il comportamento dei differenti esemplari e, in particolare, l'attività e il comportamento alimentare riferito all'esca. In ciascuna stazione è stata valutata la percentuale di consumo dell'esca, a partire dal numero iniziale di individui costituenti l'esca sino a quelli residui alla fine della registrazione.

Risultati - In tutte le aree esplorate sono state identificate 32 specie, di cui 6 crostacei, 3 cefalopodi, 7 pesci cartilaginei e 16 pesci ossei. Fra queste, 8 specie (2 crostacei, 3 pesci cartilaginei e 3 pesci ossei) hanno mostrato comportamento da *scavenger*, sebbene con modalità comportamentali differenti. Ove presenti, i crostacei *Bathynectes maravigna* (Prestandrea, 1839) e *Paromola cuvieri* (Risso, 1816) sono sempre stati osservati consumare l'esca (Fig. 1a), stazionando spesso per molto tempo su essa e, per *P. cuvieri*, anche con più individui. Fra i pesci cartilaginei, *Hexanchus griseus* (Bonnaterre, 1788) ha sempre mostrato attrazione per l'esca, esplorando l'area circostante, per poi attaccare il piatto nel tentativo di strappare porzioni di esca e, in qualche caso riuscendo a mangiarla (Fig. 1b). *Centrophorus granulosus* (Bloch & Schneider, 1801) ed *Etmopterus spinax* (Linnaeus, 1758) sono stati attratti dall'esca e, solo raramente, sono stati osservati mentre la utilizzavano per alimentarsi.

Tab. 1 - Stazioni di campionamento visivo con il lander MEMO, con numero di pesci-esca (N) all'inizio e fine della registrazione, e quantità di esca consumata (%) dagli *scavenger*.

Stations of video sampling by means of the MEMO lander, with number of fish (N) at the starting and ending time of video-record, and quantity of bait used (%) by the scavengers.

Data	Area	Stazione	Latitudine	Longitudine	Prof. (m)	Durata video (h, m)	Esca (Inizio) N	Esca (Fine) N	Consumo %
16/06/10	SML	St. 1-MS08	39°33.6900 N	18°12.7300 E	547	14,09	5	0	100
17/06/10	SML	St. 2-MS04	39°36.9101 N	18°30.3000 E	622	5,24	4	0	100
17/06/10	SML	St. 3-MS04	39°36.8300 N	18°28.8699 E	620	15,37	4	35	12,5
05/11/10	SML	St. 1-MS04	39°36.7543 N	18°30.5021 E	648	18,17	1	0	100
06/11/10	SML	St. 2-MS04	39°37.1367 N	18°30.1182 E	610	4,38	3	2	33,3
06/11/10	SML	St. 3-MS08	39°34.6595 N	18°15.7071 E	624	13,02	7	45	35,7
07/11/10	SML	St. 4-MS08	39°35.2782 N	18°08.4744 E	615	2,48	6	1,25	79,2
02/04/11	SML	St. 1-MS03	39°33.0224 N	18°31.9878 E	775	4,35	5	0	100
03/04/11	SML	St. 2-MS03	39°36.1544 N	18°36.0212 E	790	7,23	7	4,75	32,1
04/04/11	SML	St. 3-MS03	39°32.9240 N	18°31.5561 E	771	5,26	6	3	50
29/05/12	CB	St. 1	41°18.4085 N	17°09.0622 E	443	7,14	7	0	100
30/05/12	CB	St. 2	41°17.7093 N	17°17.4949 E	787	7,39	6	0	100
31/05/12	CB	St. 3	41°17.7127 N	17°17.7126 E	788	12,45	6	0	100
01/06/12	CB	St. 4	41°14.4876 N	17°20.3415 E	577	16,26	8	7	87,5
08/11/15	CB	MS15_17	41°18.3991 N	17°09.0569 E	442	4,27	6	0,03	0,5
09/11/15	CB	MS15_23	41°17.6895 N	17°17.2657 E	775	10,07	7	7	100
12/11/15	Monopoli	MS15_69	41°03.8057 N	17°37.0753 E	576	7,47	7	7	0
14/11/15	Tricase	MS15_102	39°53.4801 N	18°55.1687 E	797	9,02	6	2,5	58,3
15/11/15	SML	MS15_112	39°33.0334 N	18°31.9703 E	792	7,01	6	6	100
16/11/15	SML	MS15_119	39°33.6950 N	18°12.7190 E	559	6,41	6	0,3	5
17/11/15	Gallipoli	MS15_128	39°57.4389 N	17°41.6373 E	485	2,25	6	6	0

Fra i pesci ossei, *Conger conger* (Linnaeus, 1758), *Pagellus bogaraveo* (Brünnich, 1768) e *Polyprion americanus* (Bloch & Schneider, 1801) sono stati attratti dall'esca, odorando, attaccando e ingerendo parti della stessa. In particolare, *C. conger* è stato sempre osservato mordere rapidamente e avidamente l'esca, strappandone grandi porzioni (Fig. 1c). *P. bogaraveo*, invece, ha mostrato un comportamento gregario: gli individui stazionavano brevemente sull'esca, strappandone piccole porzioni

e, qualche volta, fino ad un pesce intero; una volta rimossi i primi pezzi di esca, gli altri individui, in genere, continuavano a mangiare lo stesso pesce utilizzato in precedenza, mostrando un comportamento di frenesia alimentare (Fig. 1d). *P. americanus*, infine, è stato attratto dall'esca, intorno alla quale ha mostrato spesso un comportamento esplorativo, ma ingerendola soltanto raramente. A partire da un numero generalmente tra 6 e 7 pesci sul piatto esca, ad eccezione di alcune stazioni in cui c'è stata la perdita di alcuni individui-esca durante la discesa del *lander*, il consumo dell'esca è risultato essere variabile nell'ambito delle differenti stazioni (Tab. 1). In 9 stazioni, tutte all'interno dell'habitat a coralli di SML o in CB, l'esca è stata consumata completamente, mentre in 2 stazioni, al largo di Gallipoli (dove il piatto esca è stato completamente infangato) e di Monopoli, l'esca non è stata affatto utilizzata (Tab. 1). Nella maggior parte delle stazioni, *C. conger* ha contribuito maggiormente al consumo dell'esca, in alcuni casi anche strappando esemplari interi. Un contributo notevole al consumo totale è stato fornito anche da *P. bogaraveo* che, quando in gruppi numerosi di esemplari, ha mangiato pezzi sul piatto e/o asportato pesci-esca interi, nelle stazioni più superficiali di CB. I crostacei hanno sempre prodotto un consumo esiguo dell'esca, mangiandone piccole porzioni in maniera lenta e continuativa nel tempo. In una stazione in SML *P. cuvieri* è stata osservata asportare individui dal piatto dell'esca.



Fig. 1 - Immagini relative al comportamento sull'esca di *P. cuvieri* (a), *H. griseus* (b), *C. conger* (c) e *P. bogaraveo* (d) registrate con il *lander* MEMO.

Images related to the behaviour on the bait of *P. cuvieri* (a), *H. griseus* (b), *C. conger* (c) and *P. bogaraveo* (d) video recorded by MEMO *lander*.

Conclusioni - È ben noto che un *lander*, per la presenza dell'esca, rappresenti un sistema video selettivo nei confronti di specie bentopelagiche vagili e natanti (Bailey *et al.*, 2007). L'utilizzo del *lander* MEMO in habitat profondi ha sicuramente attratto specie tipicamente detritivore, come i crostacei brachiuri *B. maravigna* e *P. cuvieri*, operanti sull'esca tutte le volte che erano presenti, o predatori opportunisti come *C. conger*, sempre attivo nell'attaccare e divorare l'esca, ma anche predatori come la cernia di fondale *P. americanus* o gli squali *H. griseus*, *C. granulosus* ed *E. spinax*. Infatti, sebbene per questi squali di profondità sia stato riportato un comportamento dominante di sola esplorazione del piatto sia nell'habitat a coralli di SML (Sion *et al.*, 2013), sia nel Canyon di Bari (D'Onghia *et al.*, 2015), le osservazioni di interesse costante per l'esca e l'ingestione della stessa concordano con quanto descritto per *E. spinax* e *H. griseus* nel Mediterraneo orientale (Gilat e Gelman, 1984; Jones *et al.*, 2003), confermando per *H. griseus* l'habitus di uno dei più attivi *scavenger* su esca riportato da Jones *et al.* (2003). Per *P. bogaraveo*, il consumo attivo dell'esca, anche in più esemplari contemporaneamente, conferma sia il comportamento fortemente gregario della specie, sia la selezione opportunistica di habitus predatorio o da *scavenger*, in relazione alla disponibilità di cibo nell'habitat, descritti da D'Onghia *et al.* (2015) per il Canyon di Bari. Considerando che il consumo dell'esca rappresenta anche una indiretta stima dell'abbondanza delle specie nell'area, i differenti risultati tra le stazioni potrebbero essere relativi alla natura dell'habitat. Pertanto, con un numero maggiore di repliche si potrebbero ottenere utili informazioni sulle condizioni dell'habitat stesso, oltre che sulle strategie comportamentali adottate dalle differenti specie.

Bibliografia

- BAILEY D.M., KING N.J., PRIEDE I.G. (2007) - Cameras and carcasses: historical and current methods for using artificial food falls to study deep-water animals. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **350**: 179-191.
- CAPEZZUTO F., MAIORANO P., PANZA M., INDENNIDATE A., SION L., D'ONGHIA G. (2012) - Occurrence and behaviour of *Paromola cuvieri* (Crustacea, Decapoda) in the Santa Maria di Leuca cold-water coral community (Mediterranean Sea). *Deep-Sea Res. Pt. I*, **59**: 1-7.
- D'ONGHIA G., CAPEZZUTO F., CARLUCCIO A., CARLUCCI R., GIOVE A., MASTROTOTARO F., PANZA M., SION L., TURSI A., MAIORANO P. (2015) - Exploring composition and behaviour of fish fauna by *in situ* observations in the Bari Canyon (southern Adriatic Sea, Central Mediterranean). *Mar. Ecol.*, **36** (3): 541-556.
- D'ONGHIA G., INDENNIDATE A., GIOVE A., SAVINI A., CAPEZZUTO F., SION L., VERTINO A., MAIORANO P. (2011) - Distribution and behaviour of deep-sea benthopelagic fauna observed using towed cameras in the Santa Maria di Leuca cold-water coral province. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **443**: 95-110.
- GILAT E., GELMAN A. (1984) - On the sharks and fishes observed using underwater photography during a deep-water cruise in the eastern Mediterranean. *Fish. Res.*, **2** (4): 257-271.
- JONES E.G., TSELEPIDES A., BAGLEY P.M., COLLINS M.A., PRIEDE I.G. (2003) - Bathymetric distribution of some benthic and benthopelagic species attracted to baited cameras and traps in the deep eastern Mediterranean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **251**: 75-86.
- SION L., CAPEZZUTO F., CARLUCCI R., CARLUCCIO A., INDENNIDATE A., MAIORANO P., D'ONGHIA G. (2013) - Behaviour of deep-sea sharks observed in the Santa Maria di Leuca cold-water coral province. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, **40**: 494.
- SÖFFKER M., SLOMAN K.A., HALL-SPENCER J.M. (2011) - *In situ* observations of fish associated with coral reefs off Ireland. *Deep-Sea Res. Pt. I*, **58** (8): 818-825.
- UIBLEIN F., LORANCE P., LATROUITE D. (2003) - Behaviour and habitat utilisation of seven demersal fish species on the Bay of Biscay continental slope, NE Atlantic. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **257**: 223-232.

L. SION, F. CAPEZZUTO, R. CARLUCCI, L. CORNACCHIA, G. D'ONGHIA,
A. INDENNIDATE, P. MAIORANO, A. TURSI

Dipartimento di Biologia, Università di Bari Aldo Moro, ULR CoNISMa di Bari,
Via Orabona, 4 - 70125 Bari, Italia.
letizia.sion@uniba.it

ETÀ E ACCRESCIMENTO DI *HELICOLENUS DACTYLOPTERUS* NEL MAR IONIO NORD OCCIDENTALE

AGE AND GROWTH OF HELICOLENUS DACTYLOPTERUS IN THE NORTH WESTERN IONIAN SEA

Abstract - Age and growth of *Helicolenus dactylopterus* have been studied by means of both otoliths reading, back calculation (direct method) and modal progression analysis (indirect method). Data were collected in the Ionian Sea during both trawl and long line surveys. The maximum age identified was 13 years. Von Bertalanffy growth parameters were estimated (otoliths reading: $L_{\infty}=412\pm 17.52$, $k=0.08\pm 0.01$, $t_0=-2.50\pm 0.70$; back calculation: $L_{\infty}=337\pm 22.69$, $k=0.12\pm 0.02$, $t_0=-2.00\pm 0.34$; modal progression analysis: $L_{\infty}=359\pm 28.90$, $k=0.10\pm 0.02$, $t_0=-2.05\pm 0.30$). The direct and indirect methods provided comparable results.

Key-words: age determination, growth, back calculation, otolith reading, Ionian Sea.

Introduzione - Lo scorfano di fondale, *Helicolenus dactylopterus* (Delaroche, 1809), è una specie necto-bentonica batiale, presente in Atlantico e in Mediterraneo (Whitehead *et al.*, 1984-86) e distribuita sia su fondali fangosi sia in habitat eterogenei quali *seamounts*, canyon e comunità a coralli di acque fredde (Costello *et al.*, 2005; D'Onghia *et al.*, 2010, 2012). Gli studi condotti sull'accrescimento di *H. dactylopterus* in Mediterraneo (Romanelli *et al.*, 1997; Massutì *et al.*, 2000; Consoli *et al.*, 2010) e nel Mar Ionio (D'Onghia *et al.*, 1996) con differenti metodi, hanno evidenziato discrepanze sulla stima della longevità e dei parametri di crescita. Pertanto, il presente lavoro intende fornire un ulteriore contributo sull'accrescimento di questo scorpenide, utilizzando metodi diretti e indiretti.

Materiali e metodi - In questo studio, sono stati analizzati esemplari di *H. dactylopterus* campionati su fondali strascicabili del Mar Ionio settentrionale mediante rete a strascico sperimentale e nell'area a coralli di acque fredde di Santa Maria di Leuca con palangaro di fondo, rispettivamente nell'ambito dei progetti di ricerca internazionali MEDITS (AA.VV., 2017) e CoralFISH (Grehan *et al.*, 2017). In particolare, sono stati utilizzati i dati provenienti da tre campagne CoralFISH svolte nel 2010 e 2011 e da quattro campagne MEDITS condotte dal 2013 al 2016. Su ogni esemplare campionato sono stati rilevati la lunghezza totale (LT, mm) e il sesso e, per ciascuna campagna, è stata elaborata la distribuzione lunghezza-frequenza. La determinazione dell'età, distinta per sesso, è stata stimata mediante il metodo diretto di conteggio degli anelli di crescita annuali (trasparenti) e degli incrementi giornalieri presenti negli otoliti (*sagittae*) (Massutì *et al.*, 2000). La lettura delle *sagittae* è stata effettuata attraverso uno stereo microscopio (Leica M165C) a luce riflessa su fondo scuro. La periodicità giornaliera è stata resa visibile, dopo levigatura e lucidatura, grazie all'utilizzo di un microscopio (Leica DM LS2) a luce trasmessa. Il grado di accordo delle letture effettuate da 3 lettori è stato valutato attraverso il test APE (*Average Percent Error*) (Beamish e Fournier, 1981). Le differenze tra maschi e femmine nelle letture degli otoliti, sono state valutate mediante il test statistico non parametrico di Kolmogorov-Smirnov (KS). Il metodo diretto è stato corroborato con retrocalcolo (*back calculation*) attraverso l'equazione di Fraser-Lee (Smedstad e Holm, 1996). Inoltre, è stata effettuata l'analisi delle pseudocoorti, considerando le distribuzioni di taglia provenienti dalle campagne MEDITS e CoralFISH condotte nel 2010, mediante

Bhattacharya (MPA, FiSAT) (Gayanilo *et al.*, 2006). Le chiavi lunghezza-età risultanti dai tre metodi sono state confrontate mediante il test di KS. Utilizzando, infine, la procedura "length-at-age" (Gayanilo *et al.*, 2006), sono stati stimati i parametri di crescita (L_{∞} , k e t_0) dell'equazione di von Bertalanffy (1938), confrontati mediante il test di Chen (Chen *et al.*, 1992), e calcolato l'indice di *growth performance* (ϕ').

Risultati - Le distribuzioni lunghezza-frequenza dello scorfano di fondale hanno presentato un andamento polimodale in entrambi gli habitat esplorati, con taglie comprese tra 22 e 300 mm LT nell'habitat fangoso e tra 100 e 380 mm LT nell'habitat a coralli di acque fredde (Fig. 1). La stima dell'età attraverso la lettura degli otoliti è stata effettuata su un totale di 632 esemplari compresi tra 42 e 315 mm LT provenienti da entrambi gli habitat, con un elevato grado di accordo tra le letture (APE=4%). Lo stato di alcuni campioni non ha consentito il conteggio degli anelli di crescita dei due esemplari più grandi. Dalla lettura degli otoliti, non è risultata alcuna differenza significativa ($p>0,05$) tra i sessi; pertanto, la stima dei parametri di crescita è stata effettuata sull'intera popolazione campionata. L'età massima stimata è risultata pari a 13 anni, corrispondente ad un esemplare di 315 mm LT. La lettura degli incrementi giornalieri (Tab. 1), effettuata su 17 otoliti appartenenti a giovani esemplari con taglia compresa tra 42 e 113 mm LT, ha validato l'identificazione del primo anno d'età. In Tab. 2 sono mostrate le lunghezze medie per età ottenute dai due metodi diretti e dal metodo indiretto. Il confronto tra i tre metodi, considerando 11 classi di età, non ha evidenziato alcuna differenza significativa ($p>0,05$). I parametri di crescita stimati per ciascun metodo (Tab. 3) sono risultati confrontabili tra loro ($F_{critico}=2,40 > F_{osservato}=0,06$; $p>0,05$).

Tab. 1 - Lunghezze totali (LT) e corrispondente numero degli incrementi giornalieri (N) identificati in individui di *H. dactylopterus* campionati nel Mar Ionio.

Total lengths (TL) and relative number (N) of daily increments identified in H. dactylopterus individuals caught in the Ionian Sea.

LT (mm)	42	48	50	58	58	85	85	87	88	88	95	97	98	101	107	108	113
N	191	207	228	247	243	352	383	389	395	392	402	401	394	412	421	427	431

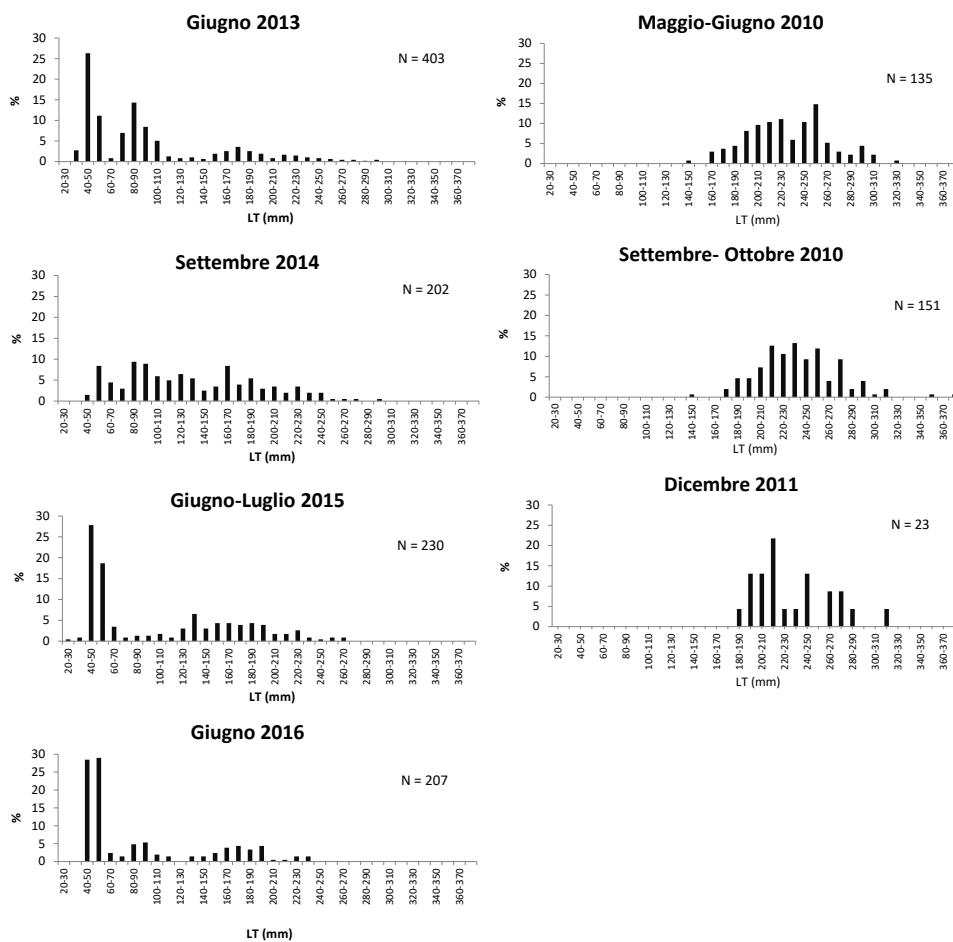
Tab. 2 - Chiave lunghezza-età stimata, con tre differenti metodi, per *H. dactylopterus* catturato nel Mar Ionio (d.s.: deviazione standard).

The age-length key estimated, by three different methods, for H. dactylopterus caught in the Ionian Sea (s.d.: standard deviation).

Età (anno)	Letture otoliti	Back calculation	MPA
	LT media (mm) \pm d.s.	LT media (mm) \pm d.s.	LT media (mm) \pm d.s.
1	103 \pm 10,1	96 \pm 2,71	92 \pm 4,24
2	126 \pm 10,4	117 \pm 1,98	111 \pm 4,29
3	145 \pm 10,3	137 \pm 1,91	136 \pm 6,81
4	167 \pm 12,2	155 \pm 2,39	153 \pm 7,61
5	185 \pm 9,5	172 \pm 2,63	177 \pm 6,62
6	201 \pm 12,2	188 \pm 3,01	199 \pm 8,02
7	216 \pm 13,5	204 \pm 3,31	212 \pm 7,70
8	235 \pm 15,3	219 \pm 3,75	223 \pm 6,41
9	245 \pm 14,6	232 \pm 4,04	235 \pm 6,28
10	262 \pm 11,8	246 \pm 4,35	245 \pm 7,15
11	276 \pm 15,5	258 \pm 4,12	255 \pm 4,16
12	283 \pm 7,5	-	-
13	294 \pm 7,3	-	-

Tab. 3 - Parametri di crescita e indici di *growth performance* (ϕ') stimati per *H. dactylopterus* mediante metodologie dirette e indirette.*Growth parameters estimated for H. dactylopterus by direct and indirect methods.*

		L_{∞}	k (anno ⁻¹)	t_0 (anno)	ϕ'
Metodi diretti	Letture otoliti	412±17,52	0,08±0,01	-2,50±0,70	4,13
	<i>Back calculation</i>	337±22,69	0,12±0,02	-2,00±0,34	4,13
Metodo indiretto	MPA	359±28,90	0,10±0,02	-2,05±0,30	4,11

Fig. 1 - Distribuzioni lunghezza-frequenza degli esemplari di *H. dactylopterus* campionati su fondali fangosi (sinistra) e in habitat a coralli profondi (destra).*Length-frequency distributions of H. dactylopterus caught on muddy bottoms (left) and in the deep-sea coral habitat (right).*

Conclusioni - Il presente lavoro fornisce ulteriori conoscenze sull'accrescimento di *H. dactylopterus* nel Mar Ionio settentrionale. L'utilizzo di due differenti campionatori (rete a strascico e palangaro di fondo) e in due differenti habitat ha permesso la cattura di individui di maggiore dimensione, solitamente non catturabili con rete a strascico. È stata osservata un'età massima pari a 13 anni; tuttavia, la lunghezza

massima campionata (380 mm LT) nel presente studio, sulla base dei parametri di crescita stimati, farebbe ipotizzare una longevità superiore a 25 anni per lo scorfano del Mar Ionio, in accordo con quanto osservato per il Mar Adriatico meridionale (Romanelli *et al.*, 1997). L'analisi degli incrementi giornalieri ha consentito la validazione della lunghezza media del primo anno di età (circa 90-100 mm LT) ottenuta dai tre differenti metodi utilizzati. I risultati ottenuti confermano la crescita lenta di questa specie (D'Onghia *et al.*, 1996; Romanelli *et al.*, 1997; Massutì *et al.*, 2000; Consoli *et al.*, 2010) che impiegherebbe circa 5-6 anni per raggiungere la maturità sessuale, considerando il pattern di crescita riportato nel presente lavoro ed una taglia di prima maturità di 200 mm LT (Relini *et al.*, 1999). Ciò potrebbe essere spiegato dal fatto che i primi due anni sono relativamente più rapidi sia per l'età (non riproduttiva) sia per la distribuzione della frazione dei giovanili su fondali di piattaforma più ricchi di risorse trofiche. Successivamente con la crescita, gli adulti tenderebbero a distribuirsi in acque più profonde, più fredde e solitamente con minore apporto trofico (D'Onghia *et al.*, 2010, 2012).

Bibliografia

- AA.VV. (2017) - MEDITS-Handbook. Version n. 9. MEDITS Working Group: 106 pp.
- BEAMISH R.J., FOURNIER D.A. (1981) - A method for comparing the precision of a set of age determinations. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **38** (8): 982-983.
- CHEN Y., JACKSON D.A., HARVEY H.H. (1992) - A comparison of von Bertalanffy and polynomial functions in modelling fish growth data. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **49** (6): 1228-1235.
- CONSOLI P., BATTAGLIA P., CASTRIOTA L., ESPOSITO V., ROMEO T., ANDALORO F. (2010) - Age, growth and feeding habits of the bluemouth rockfish, *Helicolenus dactylopterus dactylopterus* (Delaroche 1809) in the central Mediterranean (southern Tyrrhenian Sea). *J. Appl. Ichthyol.*, **26** (4): 583-591.
- COSTELLO M.J., McCREA M., FREIWALD A., LUNDÄLV T., JONSSON L., BETT B.J., VAN WEERING T.C.E., DE HAAS H., ROBERTS J.M., ALLEN D. (2005) - Role of cold-water *Lophelia pertusa* coral reefs as fish habitat in the NE Atlantic. In: Freiwald A., Roberts J.M. (eds), *Cold-water corals and ecosystems*. Springer, Berlin: 771-805.
- D'ONGHIA G., MAIORANO P., CARLUCCI R., CAPEZZUTO F., CARLUCCIO A., TURSI A., SION L. (2012) - Comparing deep-sea fish fauna between Coral and Non-Coral "Megahabitats" in the Santa Maria di Leuca cold-water coral province (Mediterranean Sea). *PLoS ONE*, **7** (9), doi: 10.1371/journal.pone.0044509.
- D'ONGHIA G., MAIORANO P., SION L., GIOVE A., CAPEZZUTO F., CARLUCCI R., TURSI A. (2010) - Effects of deep-water coral banks on the abundance and size structure of the megafauna in the Mediterranean Sea. *Deep-Sea Res. Pt. II*, **57** (5-6): 397-411.
- D'ONGHIA G., MASTROTOTARO F., PANZA M. (1996) - On the growth and mortality of rockfish, *Helicolenus dactylopterus* (Delaroche 1809), from the Ionian Sea. *FAO Fish. Rep.*, **533** (Suppl.): 143-147.
- GAYANILO F.C., SPARRE P., PAULY D. (2006) - FAO-ICLARM Stock assessment tools II (FiSAT II). Revised version. User's Guide. *FAO Computerized Information series (Fisheries)*, **8**: 168 pp.
- GREHAN A.J., ARNAUD-HAOND S., D'ONGHIA G., SAVINI A., YESSON C. (2017) - Towards ecosystem based management and monitoring of the deep Mediterranean, North-East Atlantic and beyond. *Deep-Sea Res. Pt. II*, **145**: 1-7.
- MASSUTÌ E., MORALES-NIN B., MORANTA J. (2000) - Age and growth of blue-mouth, *Helicolenus dactylopterus* (Osteichthyes: Scorpaenidae), in the western Mediterranean. *Fish. Res.*, **46** (1-3): 165-176.
- RELINI G., BERTRAND J., ZAMBONI A. (EDS) (1999) - Sintesi delle conoscenze sulle risorse da pesca dei fondi del Mediterraneo centrale (Italia e Corsica). *Biol. Mar. Mediterr.*, **6** (Suppl. 1): 868 pp.
- ROMANELLI M., PALLADINO S., TARULLI E., FERRETTI M. (1997) - Stima dell'accrescimento di *Helicolenus d. dactylopterus* (Delaroche) in Adriatico meridionale tramite esame delle *sagittae* di esemplari prelevati con reti a strascico e palangari di fondo. *Biol. Mar. Mediterr.*, **4** (1): 554-556.
- SMEDSTAD O.M., HOLM J.C. (1996) - Validation of back-calculation formulae for cod otoliths. *J. Fish. Biol.*, **49** (5): 973-985.
- VON BERTALANFFY (1938) - A quantitative theory of organic growth. *Hum. Biol.*, **10** (2): 181-213.
- WHITEHEAD P.J.P., BAUCHOT M.-L., HUREAU J.-C., NIELSEN J., TORTONESE E. (1984-86) - *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean* (FNAM). Vol. 1-3. UNESCO, Paris: 1473 pp.

A. BELLODI, P. ALTEA, AL. CAU, A. MULAS, M.F. MARONGIU, C. PORCU, M.C. FOLLESA

Dip. di Scienze della Vita e dell'Ambiente, Macrosez. di Biologia Animale ed Ecologia,
Università di Cagliari, Via T. Fiorelli, 1 - 09126 Cagliari, Italia.
abellodi@unica.it

MEGAFUNA DIVERSITY OF CENTRAL-WESTERN MEDITERRANEAN SEA DEEP ENVIRONMENTS

DIVERSITÀ DELLA MEGAFUNA DEGLI AMBIENTI PROFONDI DEL MEDITERRANEO CENTRO-OCCIDENTALE

Abstract - A total of 242 experimental trawl hauls were carried out at depth between 200 and about 1900 metres in order to characterize the fishery resources inhabiting the South-eastern Sardinia bathyal belt. The Canonical Analysis of Principal coordinates suggested the presence in the vertical gradient of six major assemblages. The ecological diversity indexes revealed a gradual diversity decrease with increasing depth as a general trend. Teleosts appeared to be the most important faunistic group in terms of species diversity between 200 and 1299 m, while in the two deepest investigated strata this role was covered by crustaceans.

Key-words: deep-sea assemblages, bathyal belt, megafauna diversity, central-western Mediterranean Sea.

Introduction - Deep-sea ecosystems are known to be an important source of biodiversity and most of them, due to their extreme conditions and remoteness, remain unexplored (Danovaro *et al.*, 2010). In the specific case, the deep Mediterranean environments are characterized by strong gradients of pressure, temperature, oxygen and a poor supply of nutrients and sunlight and for this reason they are considered as “fragile ecosystems” (Levin and Dayton, 2009). Considering the information lack in literature regarding the bathyal-zone of the central-western Mediterranean Sea, the aim of this paper was focused, primarily, on the ecological status evaluation of the fishery resources present in the South-eastern Sardinia bathyal belt (between 200 and 1900 m).

Materials and methods - The employed data were collected by a total of 242 experimental trawl hauls of which 142 derived from the MEDITS campaign (at depth between 216 and 685 m) and 100 from a deep trawl campaigns organized by the University of Cagliari investigating depths between 721 and 1890 m. All obtained biomass and density data were standardized as $\text{Kg}\cdot\text{h}^{-1}$ and $\text{N}\cdot\text{h}^{-1}$ respectively and employed (initially subdivided in depth intervals of 100 m) to identify the principal species assemblages in function of the depth through CAP analysis (Anderson and Willis, 2003). For each assemblage the Shannon-Weaver [$H'(\log_e)$] (Shannon and Weaver, 1949), Evenness (J') and Simpson's ($1-\lambda$) indexes were calculated.

Results - The CAP analysis suggested the presence in the vertical gradient of 6 major assemblages (200-499 m; 500-699 m; 700-899 m; 900-1299 m; 1300-1599 m; 1600-1899 m). In Tab. 1 the total number of species and specimens in addition to Shannon-Weaver, Evenness and Simpson's indexes were reported for each identified bathymetric stratum. A strong drop in terms of species and specimens number among groups is detected with increasing depth. Every considered diversity index showed a slight increasing general trend until the deepest stratum (1600-1899 m), with the exception of the 700-899 depth interval where Shannon and the Simpson's values appeared in decrement. Among the main faunistic categories teleosts and crustaceans appeared as the most important in terms of number of species in all the identified bathymetric strata. Specifically, teleosts were the most diverse group in

the first four considered strata (200-1299 m), while in the last two strata (1300-1899 m) the crustaceans became the most important taxonomic group exceeding teleosts. Nevertheless, starting by 700-899 m stratum to the deepest ones, the most abundant species in terms of density and biomass was the scyliorhinid *Galeus melastomus* Rafinesque, 1810 followed, among crustaceans by the aristeid *Aristaeomorpha foliacea* (Risso, 1827) and *Aristaeus antennatus* (Risso, 1816), being however the acantheephyrid *Acantheephyra eximia* Smith, 1884 more abundant at depth below 1300 m.

Tab. 1 - Number of species (S), number of specimens (N), Evenness index (J'), Shannon-Weaver index [H'(loge)] and Simpson's Index (1-lambda).

Numero di specie (S), numero di individui (N), indice di Evenness (J'), indice di Shannon-Weaver [H'(loge)] e indice di Simpson (1-lambda).

Depth interval (m)	S	N	J'	H'(loge)	1-Lambda'
200-499	144	10952	0.6487	3.224	0.9277
500-699	128	2290	0.877	3.337	0.9288
700-899	67	411	0.7137	3.001	0.9023
900-1299	81	241	0.7703	3.385	0.917
1300-1599	48	210	0.8517	3.297	0.9509
1600-1899	44	179	0.8226	3.113	0.9355

Conclusions - The bathyal bottoms communities of South-eastern Sardinia have proven to be intensely linked to the depth, showing how this factor appears as one of the most involved in the communities' vertical assemblages. Six distinct assemblages, corresponding to six different faunistic zones of the continental slope, were detected. The Shannon index revealed a gradual diversity decrease with increasing depth as suggested by Stefanescu *et al.* (1993), however the number of species seemed to rise slightly in the stratum between 900 and 1299 m as also observed by D'Onghia *et al.* (2004) and Follesa *et al.* (2011). Crustaceans, in the two deepest strata, became the most important faunistic group in diversity, while in the bathymetric strata between 200 and 1299 m teleosts appeared to be the most diverse group.

References

- ANDERSON M.J., WILLIS T.J. (2003) - Canonical analysis of principal coordinates: a useful method of constrained ordination for ecology. *Ecology*, **84** (2): 511-525.
- DANOVARO R., COMPANY J.B., CORINALDESI C., D'ONGHIA G., GALIL B., GAMBI C., GOODAY A.J., LAMPADARIOU N., LUNA G.M., MORIGI C., OLU K., POLYMENAKOU P., RAMIREZ-LLODRA E., SABBATINI A., SARDÀ F., SIBUET M., TSELEPIDES A. (2010) - Deep-sea biodiversity in the Mediterranean Sea: the known, the unknown, and the unknowable. *PLoS ONE*, **5** (8), doi: 10.1371/journal.pone.0011832.
- D'ONGHIA G., POLITOU C.-Y., BOZZANO A., LLORIS D., ROTLLANT G., SION L., MASTROTOTARO F. (2004) - Deep-water fish assemblages in the Mediterranean Sea. *Sci. Mar.*, **68** (Suppl. 3): 87-99.
- FOLLESA M.C., PORCU C., CABIDDU S., MULAS A., DEIANA A.M., CAU A. (2011) - Deep-water fish assemblages in the central-western Mediterranean (South Sardinian deep-waters). *J. Appl. Ichthyol.*, **27** (1): 129-135.
- LEVIN L.A., DAYTON P.K. (2009) - Ecological theory and continental margins: where shallow meets deep. *Trends Ecol. Evol.*, **24** (11): 606-617.
- SHANNON C.E., WEAVER W. (1949) - *The Mathematical Theory of Communication*. The University of Illinois Press, Urbana: 125 pp.
- STEFANESCU C., LLORIS D., RUCABADO J. (1993) - Deep-sea fish assemblages in the Catalan Sea (western Mediterranean) below a depth of 1000 m. *Deep-Sea Res. Pt. I*, **40** (4): 695-707.

R. GATELLI, A. MARTINO¹, C. LAZZARINI, D. MINELLI²

Museo di Zoologia “Vita nelle acque” del C.M.R., Via Godo vecchia, 34/ a - Russi (RA), Italia.
info@aquaemundi.it

¹Comandante Motopeschereccio Harlock, Marina di Gioiosa Ionica (RC), Italia.

²Lab. di Biologia Marina e Pesca di Fano, Dip. BiGeA,
Univ. di Bologna, Viale Adriatico, 1/N - Fano (PU), Italia.

CROSTACEI BATIALI MEDITERRANEI
DELLA COLLEZIONE DEL MUSEO
«VITA NELLE ACQUE» DI RUSSI DI RAVENNA

*BATHYAL MEDITERRANEAN CRUSTACEANS
FROM THE ZOOLOGICAL COLLECTION OF THE MUSEUM
“LIFE IN WATERS” OF RUSSI (RAVENNA)*

Abstract - Synergy between “Life in Waters” Museum and “Harlock” boat, fishing with traps at depths ranging from -200 to -600 m, has allowed to obtain 21 species of Crustaceans decapods that will be used for teaching, research and modern politics of interchange between museums. An abundance index of the captured species is also reported.

Key-words: museum, zoology, Crustacea Decapoda, fish trap.

Introduzione - Talvolta è evidente la forza plasmante che l'evoluzione e l'adattamento all'ambiente opera sulle creature animali. Negli abissi marini, ad esempio, i Crostacei decapodi si specializzano in maniera assai differente per adattarsi ad ambienti estremi e, almeno apparentemente, insospitati e scarsi di risorse trofiche e di rifugi. Questa variegata ricchezza di forme affascina e riveste un interesse didattico crescente. Il Museo “Vita nelle Acque” di Russi di Ravenna ospita anche una delle più ricche collezioni di Crostacei decapodi a secco d'Italia e d'Europa. Una delle collezioni più importanti riguarda le specie di Crostacei di acque profonde, creature difficili da osservare e da reperire integre. Grazie alla sinergia che si è creata negli ultimi 15 anni fra lo staff del Museo e diversi pescatori professionisti, è stato possibile ottenere molto materiale “profondo”, la maggior parte del quale proviene dal Mar Ionio settentrionale e riguarda specie pescate fra i 200 ed i 600 m di profondità su fondali di sabbia mista a fango. Questo materiale zoologico è prezioso per la didattica, per la ricerca scientifica e per una politica di collaborazione e di interscambio fra musei zoologici di tutto il mondo. Per questi motivi il Museo “Vita nelle acque” sta creando un archivio on line di tutte le specie conservate che riporta il numero di esemplari per specie disponibili per rendere la fruibilità dei reperti il più semplice possibile.

Materiali e metodi - Non sempre è facile recuperare dello “sporco di pesca” o *bycatch* da pescherecci che praticano la pesca a strascico e comunque molto materiale pescato a strascico, soprattutto le specie più delicate, rotolando nella rete si danneggiano irrimediabilmente. Occorrono poi i fondali giusti, con profondità elevate e dove vi sia la possibilità di catturare pescato commerciale che giustifica costi e tempo. Dopo molte ricerche siamo riusciti a trovare un peschereccio che pratica un tipo di pesca ottimale per la raccolta di crostacei profondi: il motopeschereccio “Harlock” infatti cala giornalmente 200 nasse di varia forma e capacità in fondali che raggiungono e superano i 600 m di profondità per la cattura di scampo (*Nephrops norvegicus*) e gambero ovato o gobetto (*Plesionika edwardsii*).

Risultati - Ad oggi sono state reperite 20 specie di Crostacei decapodi di cui 9

brachiuri, 3 anomuri e 8 macruri (per la classificazione sistematica ci siamo avvalsi delle chiavi di identificazione in Falciai e Minervini (1992) e Zariquiey Alvarez (1968), aggiornando la nomenclatura in base al *World Register of Marine Species* (www.marinespecies.org). Di queste 20 specie, 7 sono considerate occasionali ossia più che rare: questo non significa che si tratta necessariamente di specie di per sé rare ma anche solo inusuali nelle batimetriche considerate fra i -200 ed i -600 m (*Dardanus arrosor*, ad esempio, nei fondali rocciosi da -30 a -150 m è comunissimo). È stato anche possibile ottenere una valutazione di abbondanza delle specie catturate (Tabb. 1,2). Prossimamente compiremo cale sperimentali in prossimità di contrafforti rocciose profonde e relitti per verificare la presenza di altre specie.






Tab. 1 - Elenco delle specie di Crostacei pescati.

Checklist of the species of Crustaceans caught.

FAMIGLIA	GENERE SPECIE AUTORE DATA	
Epialtidae	<i>Anamathia rissoana</i> (Roux, 1828)	
Polybiidae	<i>Bathynectes maravigna</i> (Prestandrea, 1839)	
Calappidae	<i>Calappa granulata</i> (Linnaeus, 1758)	
Geryonidae	<i>Geryon longipes</i> A. Milne-Edwards, 1882	
Homolidae	<i>Homola barbata</i> (Fabricius, 1793)	
Latreillidae	<i>Latreillia elegans</i> Roux, 1830	
Polybiidae	<i>Macropipus tuberculatus</i> (Roux, 1830)	
Homolidae	<i>Paromola civieri</i> (Risso, 1816)	
Parthenopidae	<i>Spinolambus macrochelos</i> (Herbst, 1790)	
Munididae	<i>Munida intermedia</i> A. Milne Edwards & Bouvier, 1899	
Munididae	<i>Munida tenuimana</i> Sars, 1872	
Diogenidae	<i>Dardanus arrosor</i> (Herbst, 1796)	
Aristeidae	<i>Aristeus antennatus</i> (Risso, 1816)	
Lysmatidae	<i>Ligur ensiferus</i> (Risso, 1816)	
Nephropidae	<i>Nephrops norvegicus</i> (Linnaeus, 1758)	
Palinuridae	<i>Palinurus mauritanicus</i> Gruvel, 1911	
Polychelidae	<i>Polycheles perarmatus</i> Holthuis, 1952	
Pandalidae	<i>Plesionika edwardsii</i> (Brandt, 1851)	
Pandalidae	<i>Plesionika gigliolii</i> (Senna, 1902)	
Pandalidae	<i>Plesionika heterocarpus</i> (A. Costa, 1871)	

Tab. 2 - Indice di abbondanza.

Abundance index.

VALUTAZIONE DI ABBONDANZA: si considerano i dati raccolti in tabella 1, ossia il numero di esemplari di ogni specie catturati in 600 nasse. Se, ad esempio di una specie se ne catturano 6 esemplari in 600 nasse allora l'abbondanza è dell'1% ossia "comune".	
	MOLTO COMUNE ($\geq 3\%$)
	COMUNE ($\geq 1\% < 2\%$)
	RARO ($\geq 0,5\% < 1\%$)
	MOLTO RARO ($\geq 0,3\% < 0,5\%$)
	OCCASIONALE ($< 0,5\%$)

Conclusioni - La sinergia del Museo "Vita nelle acque" con il motopesca "Harlock" ha consentito il reperimento di 21 specie di Crostacei Decapodi da batimetriche comprese fra -200 e -600 m. Tale materiale zoologico è ora conservato nel Museo, è visibile al pubblico e disponibile per tesisti e dottorandi e presto sarà disponibile per interscambi fra musei.

Bibliografia

- FALCIAI L., MINERVINI R. (1992) - *Guida dei crostacei decapodi d'Europa*. F. Muzzio Ed., Padova: 282 pp.
- ZARIQUIEY ALVAREZ R. (1968) - *Crustáceos decápodos Ibéricos. Invest. Pesq.*, **32**: 1-510.

J. LANGENECK, G. BUSONI, S. ALIANI*, A. CASTELLI

Dipartimento di Biologia, Università di Pisa, Via Derna, 1 - 56126 Pisa, Italy.
jlangeneck@biologia.unipi.it

*Istituto di Scienze Marine (ISMAR), Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR),
Unità di Lerici (SP), Italy.

DIVERSITY AND BIOGEOGRAPHY OF BATHYAL POLYCHAETES ALONG A CONTINENTAL SLOPE

DIVERSITÀ E BIOGEOGRAFIA DI POLICHETI BATALI LUNGO UNA SCARPATA CONTINENTALE

Abstract - The diversity of polychaete fauna along a bathymetric gradient (600-2400 m depth) on the Sardinia slope is critically analysed. Among the 97 taxa identified, seven are recorded for the first time in the Mediterranean Sea, two are recorded for the first time in the western Mediterranean, two have been described as new species, and another eight are still undescribed. From the biogeographical point of view, bathyal polychaetes mainly include Atlantic-Mediterranean and Mediterranean endemic species, with a minor component of allegedly cosmopolitan species.

Key-words: Polychaeta, Sardinia slope, new species, Mediterranean Sea, deep-sea.

Introduction - Despite almost two centuries of studies, Mediterranean deep environments are still largely unknown, especially as regards diversity and functioning of macrobenthic communities (Danovaro *et al.*, 2010). Until approximately twenty years ago, Mediterranean bathyal benthic communities were regarded as low-density and low-diversity assemblages, consisting substantially of typical Atlantic species, with only few endemic taxa (Bouchet and Taviani, 1992). This paradigm has been partially refuted by more recent studies, but the actual extent of deep-sea Mediterranean biodiversity is still largely unknown. The knowledge on Mediterranean bathyal polychaetes is especially fragmentary, with only few monographic works devoted to specific families. In this work we characterised from the taxonomic and biogeographical point of view the polychaetes sampled along a bathymetric gradient on soft bottoms of the western Mediterranean Sea.

Materials and methods - Sediment samples were collected on the Sardinia slope along a bathymetric gradient between 600 and 2400 m depth, with a 300 m interval; at each depth were randomly allocated three sites, and at each site three replicates were taken. Samples were obtained with a box-corer (surface area 706.7 cm²), sieved with a 0.5 mm mesh and fixed with 4% buffered formalin in seawater. For sorting and identification samples were stained with rose Bengal and transferred in 70% ethanol.

Results - A total of 97 taxa were identified, 60 of which at the species level. Among the identified organisms, *Abyssoninoe* cf. *abyssorum* (McIntosh, 1885), *Auchenoplax worsfoldi* Jirkov & Leontovich, 2013, '*Caulleriella*' cf. *serrata* Eliason, 1962, *Ceratocephale pacifica* Hartman, 1960, *Levinsenia flava* (Strelzov, 1973), *Nothria maremontana* André & Pleijel, 1989, and *Scalibregma hanseni* Bakken, Oug & Kongsrud, 2014 are recorded for the first time in the Mediterranean Sea; whereas *Aonidella dayi* López-Jamar, 1989 and *Lacydonia laureci* Laubier, 1975 are recorded for the first time in the western part of the basin. Two species, *Erinaceusyllis barbarae* Langeneck, Musco & Castelli, 2018 and *Prosphaerosyllis danovaro* Langeneck, Musco & Castelli, 2018, have been described on the basis of this material (Langeneck *et al.*, 2018), whereas another eight are considered undescribed, and currently under

study. All these species typically occur from the low circalittoral to the bathyal stage. From the biogeographical point of view, identified species can be divided in three categories, namely endemic Mediterranean species, Atlantic-Mediterranean species, and cosmopolitan species. Among all samples, Mediterranean and Atlantic-Mediterranean species are equally represented, while cosmopolitan species represent a minor part of the assemblages (Fig. 1A). However, the ratio seems to vary with depth, with shallowest and deepest samples showing a higher percentage of Mediterranean endemic species, and intermediate depths showing a high ratio of Atlantic-Mediterranean ones (Fig. 1B).

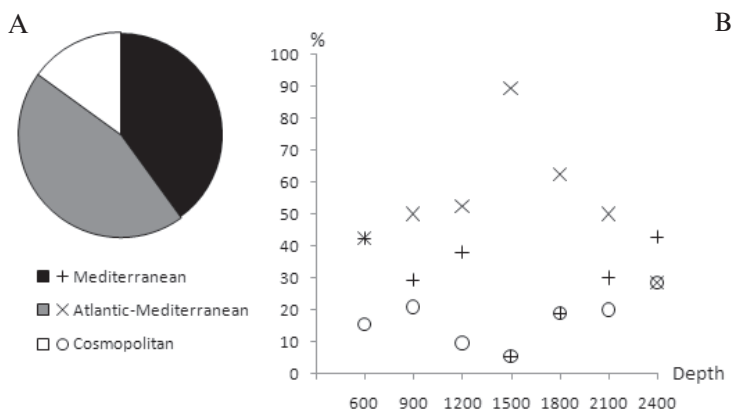


Fig. 1 - Biogeographical repartition of polychaete species across all samples (A) and at different depths (B).

Ripartizione biogeografica dei policheti raccolti nell'insieme di tutti i campioni (A) e a differenti profondità (B).

Conclusions - Based on our results, Mediterranean bathyal polychaete assemblages are characterised by a high ratio of endemic species, which contrasts the hypothesis that deep-sea Mediterranean communities are substantially impoverished Atlantic ones (Bouchet and Taviani, 1992). Instead, our study highlights the presence of several undescribed species, along with the occurrence of a number of species that were previously unknown for the area. Moreover, the composition of the assemblage seems to change at different depths, which suggests that deep benthic communities in the Mediterranean Sea are far less uniform than previously suggested. Our study, therefore, confirms that deep Mediterranean assemblages are still scarcely known, and worth of further study.

References

- BOUCHET P., TAVIANI M. (1992) - The Mediterranean deep-sea fauna: pseudopopulations of Atlantic species? *Deep-Sea Res.*, **39** (2): 169-184.
- DANOVARO R., COMPANY J.F., CORINALDESI C., D'ONGHIA G., GALIL B., GAMBI C., GOODAY A.J., LAMPADARIOU N., LUNA G.M., MORIGI C., OLU K., POLYMENAKOU P., RAMIREZ-LLODRA E., SABBATINI A., SARDÀ F., SIBUET M., TSELEPIDES A. (2010) - Deep-sea biodiversity in the Mediterranean Sea: the known, the unknown, and the unknowable. *PLoS ONE*, **5** (8), doi: 10.1371/journal.pone.0011832.
- LANGENECK J., MUSCO L., BUSONI G., CONESE I., ALIANI S., CASTELLI A. (2018) - Syllidae (Annelida: Phyllodocida) from the deep Mediterranean Sea, with the description of three new species. *Zootaxa*, **4369** (2): 197-220.

F. MASNADI, A. LIGAS*, C. MUSUMECI*, P. SARTOR*

Cooperativa Mare Ricerca, Via E. Cialdini, 76 - 60122 Ancona, Italia.

*CIBM, Viale N. Sauro, 4 - 57128 Livorno, Italia.

psartor@cibm.it

CONTRIBUTO ALLA CONOSCENZA DELLA FAUNA BATHIALE DEL MAR LIGURE E DEL TIRRENO CENTRO-SETTENTRIONALE

CONTRIBUTION TO THE KNOWLEDGE OF THE BATHYAL FAUNA OF THE LIGURIAN AND CENTRAL-NORTHERN TYRRHENIAN SEA

Abstract - MEDITS trawl survey data (1994-2015) were used to provide further information of the bathyal (500-750 m depth) communities of the Ligurian and central-northern Tyrrhenian Sea. In spite of the high number of species recorded (195) in the 22 years of investigation, the communities are dominated by a small and recurrent number of species, in terms of frequency of occurrence, density and biomass.

Key-words: deep sea, species assemblages, trawl surveys, Ligurian Sea, Tyrrhenian Sea.

Introduzione - Il presente studio è mirato ad aggiornare le conoscenze presenti (Biagi *et al.*, 2002) sulla fauna ittica dei fondi molli della Sub-area geografica FAO-GFCM GSA 9 (Mar Ligure e Tirreno centro-settentrionale), analizzando i dati raccolti con le campagne di pesca a strascico sperimentale MEDITS (Bertrand *et al.*, 2002) che, realizzate su base annuale dal 1994, costituiscono una fonte rilevante di informazioni.

Materiali e metodi - Sono stati analizzati i dati di 549 cale eseguite tra 500 e 750 m di profondità, durante le campagne MEDITS svoltesi dal 1994 al 2015 nella GSA 9. Per ciascuna specie catturata è stata calcolata la frequenza di ritrovamento percentuale e gli indici di biomassa (kg/km²) e di densità (n. ind/km²), per anno. Successivamente sono stati calcolati i valori medi per l'intero periodo investigato. La variazione temporale dei due indici delle 10 specie più frequenti è stata valutata con il test Rho di Spearman.

Risultati - Durante i 22 anni di campionamento sono state identificate 195 specie (87 Osteitti, 16 Condroitti, 46 Crostacei, 24 Cefalopodi, 11 Gasteropodi, 11 Echinodermi). Altri Taxa (es. Poriferi, Cnidari, Bivalvi), catturati non sistematicamente con reti a strascico, non sono stati considerati in questo studio. Il numero di specie osservato per anno è variato da 82 a 111, senza mostrare alcun trend nel tempo. Nonostante il cospicuo numero di specie rinvenute, solo 10 hanno mostrato frequenza di ritrovamento maggiore del 70%: i pesci *Phycis blennooides* (Brunnich, 1768) (97%), *Galeus melastomus* Rafinesque, 1810 (96%), *Hymenocephalus italicus* Giglioli, 1884 (96%), *Etmopterus spinax* Rafinesque, 1810 (95%), *Lampanyctus crocodilus* (Risso, 1810) (89%) ed i crostacei *Plesionika martia* (Milne Edwards, 1883) (95%), *Nephrops norvegicus* (Linneo, 1758) (87%), *Polycheles typhlops* Heller, 1862 (83%), *Aristaeomorpha foliacea* (Risso, 1827) (71%) e *Plesionika acanthonotus* (Smith, 1882) (71%). Gli indici di densità e biomassa di queste 10 specie non hanno mostrato una variazione significativa nel tempo, eccetto *P. martia* e *P. acanthonotus* che hanno mostrato una diminuzione (Tab. 1). Anche in termini di biomassa e di densità, le catture sono risultate dominate da un esiguo numero di specie (Fig. 1); la specie dominante in peso è risultata *G. melastomus*, quella in numero di individui il crostaceo *Pasiphaea sivado* (Risso, 1816).

Tab. 1 - Indice Rho di Spearman degli indici di biomassa e di densità delle specie con frequenza di ritrovamento >70% (dati Medits 1994-2015). In grassetto i valori significativi (alfa≤0,05).

Spearman Rho index of the biomass and density indices of the species with frequency of occurrence >70% (Medits data 1994-2015). In bold the significant values (alfa≤0.05) are shown.

	<i>A. foliacea</i>	<i>P. blennoides</i>	<i>G. melastomus</i>	<i>H. italicus</i>	<i>P. martia</i>
kg/km ²	-0,127	-0,106	-0,209	-0,176	-0,677
n. ind. /km ²	-0,165	0,214	-0,085	-0,221	-0,619

	<i>E. spinax</i>	<i>L. crocodilus</i>	<i>N. norvegicus</i>	<i>P. typhlops</i>	<i>P. acanthonotus</i>
kg/km ²	0,224	-0,089	-0,126	-0,056	-0,553
n. ind. /km ²	0,059	-0,039	-0,102	-0,162	-0,676

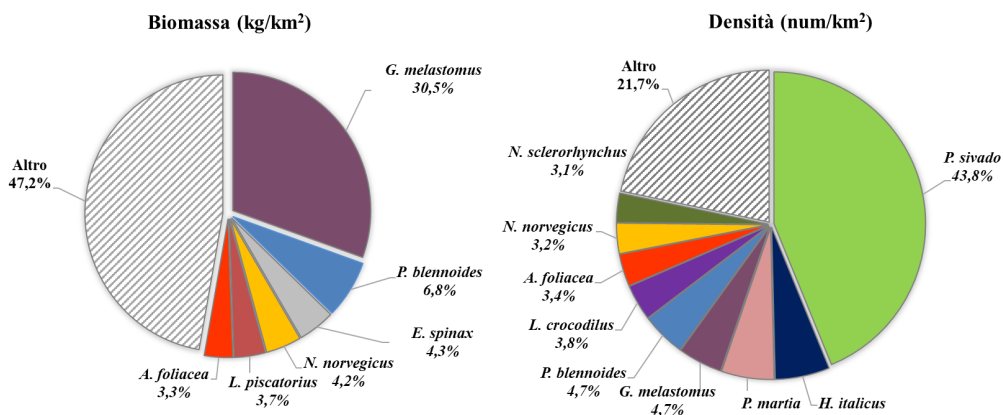


Fig. 1 - Contributo percentuale specie-specifico sul totale delle catture, in termini di biomassa e di densità, nei 22 anni di campagne MEDITS nella GSA 9.

Species percentage contribution on total catches, in terms of biomass and density, in the 22 years of MEDITS surveys in the GSA 9.

Conclusioni - In accordo con quanto riportato da Biagi *et al.* (2002), i presenti risultati confermano che le comunità batiali della GSA 9 sono dominate da un ristretto numero di specie, facenti parte dello stesso “*deep-sea assemblage*”. Tali specie, rientrano tra i principali predatori e prede delle comunità batiali (Carrassón e Matallanas, 2002).

Bibliografia

- BERTRAND J.A., GIL DE SOLA L., PAPAConstantinou C., RELINI G., SOUPLET A. (2002) - The general specifications of the MEDITS surveys. *Sci. Mar.*, **66** (Suppl. 2): 9-17.
- BIAGI F., SARTOR P., ARDIZZONE G.D., BELCARI P., BELLUSCIO A., SERENA F. (2002) - Analysis of demersal assemblages off the Tuscany and Latium coasts (North-western Mediterranean). *Sci. Mar.*, **66** (Suppl. 2): 233-242.
- CARRASSÓN M., MATA LLANAS J. (2002) - Diets of deep-sea macrourid fishes in the western Mediterranean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **234**: 215-228.

Poster dei Comitati e della Sessione Vari

S. AGNESI, A. ANNUNZIATELLIS, G. MO, L. TUNESI

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA),
Via V. Brancati, 48/60 - 00144 Roma, Italia.
leonardo.tunesi@isprambiente.it

EUSEAMAP - A PAN EUROPEAN SEABED HABITATS CARTOGRAPHY: EVOLUTION AND PERSPECTIVE

EUSEAMAP - UNA CARTOGRAFIA DEGLI HABITAT BENTONICI MARINI A SCALA PAN EUROPEA: EVOLUZIONE E PROSPETTIVE

Abstract - The evolution of the European seabed habitats initiative from 2009 to the present is hereby illustrated. Special attention is given to the progress made over the years, to the usefulness of the products and to the main challenges that the project is currently facing.

Key-words: cartography, seabed habitat modelling, GIS, European seas.

Introduction - Marine habitat cartography is a key tool for environmental assessment, monitoring and management of the seabed. Homogeneous broad-scale maps for all the European sea-basins are a prerogative for the implementation of the EC Directives and Regulations. The European Maritime and Fisheries Fund has financed a full coverage and homogeneous European seabed habitats cartography within the framework of the European Marine Observation and Data Network (EMODnet).

Materials and methods - The process to attain a full coverage and homogeneous European seabed habitats cartography was initiated in EMODnet Phase I (2009-2013) (Cameron and Askew, 2011) through the EUSeaMap project. Phase II (2013-2016), consisted in the extension of the work carried during Phase I, to move from a prototype to an operational service delivering full coverage of a broad-scale physical habitat map for all European sea-basins, along with the dissemination of maps from surveys (Populus *et al.*, 2017). The EUSeaMap predictive sea bed habitat map is based on the combination of abiotic variables known to influence seabed habitat distribution (*i.e.* substrate typology, depth, light at seafloor, energy, etc.). The main steps followed to generate the map are:

- 1) Acquisition of the best-available spatial data for environmental variables;
- 2) Organization and harmonization of the data;
- 3) Definition of specific environmental variable thresholds (*i.e.* biologically relevant cut-off values for a given variable, taking in consideration the correlations between the habitat occurrences and each physical variable in order to define the boundaries between habitat classes) to classify abiotic data into ecologically-relevant broad categories (*i.e.* biological zones) and influencing habitat distribution;
- 4) Spatial overlay of input abiotic layers, using GIS techniques.

In the current Phase III (2017-2019) the broad-scale map is being updated, improved and further extended to cover the Barents Sea. In this framework the habitat maps library is growing, from a prototype to an operational service delivering an increasing broader coverage of multiscale maps across European sea-basins. EMODnet Phase III is also characterized by two new activities, which further enrich the available on-line data repositories: i. the collation and dissemination of point habitat data from surveys; ii. the collation of specific European benthic habitat model outputs. All data products are then delivered through the EMODnet Seabed habitat web portal (<http://www.emodnet.eu/seabed-habitats>). The three project phases have brought together a

consortium of partners representing the complete geographic coverage of the project area. This has resulted in the increase of the consortium partners across all three phases concurrently with the extension of the map coverage to all the EU basins. To pursue the project's goal, the partnership gathered a complementary set of specialists in benthic ecology, geology, oceanography, spatial habitat modelling, data collation and management, web delivery and marine policy implementation.

Results and conclusions - The geographic coverage of the project increased from 4 sub regions in phase I (Baltic Sea, Greater North Sea and the Kattegat, Celtic Sea and western Mediterranean) to a total of 11 sub regions in phase II (with the addition of the Bay of Biscay and the Iberian Coast, the Adriatic Sea, the Central/Ionian and eastern Mediterranean, the Black and Norwegian seas and Macaronesia). User satisfaction of the EMODnet physical habitat products (modelled map and map archive) is evaluated by the rate of downloads from the web portal, indicating a clear increase since 2015, when the publication of the first full map was released. Even if the users were mostly from the research and the academic world, this map has been widely used by Member States for many purposes among which, the MSFD assessment and marine protected area network assessments (Agnesi *et al.*, 2017; Andersen *et al.*, 2018). The ongoing phase III work centers on delivering the highest resolution predicted map possible by changing the modelling methods/thresholds to take into account the best-resolution data coming from other EU deliveries, thereby allowing inclusion of very detailed information where available (both in terms of scale and number of modeled habitats). Another important upgrade is the ground-truth data collection involving access to existing datasets and boosting the existing library of digital habitat maps. In this context, the EU scientific community has the opportunity to greatly contribute to this European initiative by sharing its small-scale benthic habitats maps and ground-truth point data within the framework of one of the most wide ranging and long term pan European seabed habitat EU web portals.

References

- AGNESI S., MO G., ANNUNZIATELLIS A., CHANIOTIS P., KORPINEN S., SNOJ L., GLOBEVNIK L., TUNESI L., REKER J. (2017) - Assessing Europe's Marine Protected Area networks. Proposed methodologies and scenarios. In: Künitzer A. (ed), *ETC/ICM Technical Report 2/2017*. European Topic Centre on inland, coastal and marine waters, Magdeburg: 72 pp.
- ANDERSEN J.H., MANCA E., AGNESI S., AL-HAMDANI Z., LILLIS H., MO G., POPULUS J., REKER J., TUNESI L., VASQUEZ M. (2018) - European Broad-Scale Seabed Habitat Maps Support Implementation of Ecosystem-Based Management. *Open J. Ecol.*, **8** (2): 86-103.
- CAMERON A., ASKEW N. (EDS) (2011) - *EUSeaMap - Preparatory Action for development and assessment of a European broad-scale seabed habitat map*. Final report: 227 pp. Available at <http://jncc.gov.uk/euseamap>.
- POPULUS J., VASQUEZ M., ALBRECHT J., MANCA E., AGNESI S., AL HAMDANI Z., ANDERSEN J., ANNUNZIATELLIS A., BEKKBY T., BRUSCHI A., DONCHEVA V., DRAKOPOULOU V., DUNCAN G., INGHILESI R., KYRIAKIDOU C., LALLI F., LILLIS H., MO G., MURESAN M., SALOMIDI M., SAKELLARIOU D., SIMBOURA M., TEACA A., TEZCAN D., TODOROVA V., TUNESI L. (2017) - *EUSeaMap - A European broad-scale seabed habitat map*. Final report: 174 pp. <http://doi.org/10.13155/49975>.

P. BERNAT, D. SICURELLI, S. CAMBIGANU*, A. KULYK*, F. NUARA*,
J. PRECI*, E. RAMPINI*, E. ZANETTI*, A. MOLINARI

RSTA srl, Via Malta, 2/8 - 16121 Genova, Italia.
paolobernat@icloud.com

*Liceo Scientifico Statale "O. Grassi", Via Corridoni, 2r - 17100 Savona, Italia.

PRIMO CENSIMENTO DELLE MADREPORE
CLADOCORA CAESPITOSA E *OCULINA PATAGONICA*
SULLA *BEACHROCK* DI BORGIO VEREZZI (SV - ITALIA)

PRELIMINARY REPORT OF MADREPORARIAN
CLADOCORA CAESPITOSA AND *OCULINA PATAGONICA*
ON BORGIO VEREZZI (SV - ITALY) *BEACHROCK*

Abstract - The snorkeling along a stretch of beachrock 460 m long, located in front of the Borgio Verezzi municipality, allowed to record the presence of 75 colonies belonging to madreporarian *Cladocora caespitosa* and *Oculina patagonica*, located between 1 and 4 m depth. Data collected for each colony were: depth of the settlement, orientation (sub-vertical or sub-horizontal), surface (size) and the GPS referred position. No sign of bleaching on the colonies was detected.

Key-words: madreporarian, beachrock, macrobenthos, Ligurian Sea, citizen science.

Introduzione - Lungo la costa del Finalese, da Capo Noli fino a Pietra Ligure, si sviluppano *beachrocks* semiaffioranti, se non addirittura emerse, per circa 12 km (incluse nella Zona Speciale di Conservazione "Fondali Finale Ligure IT1324172"). Le *beachrocks* sono caratteristiche formazioni di spiagge fossili (Turner, 2005) che sembrano essere un ambiente particolarmente favorevole per l'insediamento, lo sviluppo e la riproduzione delle madrepoce *Cladocora caespitosa* (L., 1767) - una specie protetta elencata nell'Annesso II del Protocollo SPA/BIO della Convenzione di Barcellona - e *Oculina patagonica* De Angelis, 1908, una specie endemica abbastanza rara, in espansione in alcune aree ma in regressione in altre a causa di fenomeni di *bleaching*. Essendo queste specie particolarmente sensibili al surriscaldamento delle acque marine (Rodolfo-Metalpa *et al.*, 2006), si possono considerare degli ottimi indicatori ambientali del "global warming"; si è ritenuto quindi interessante avviare delle osservazioni sulla distribuzione e sull'evoluzione delle condizioni delle colonie di madrepoce sulla *beachrock* di Borgio Verezzi (Savona), anche in considerazione della mancanza di informazioni sistematiche per quest'area (Molinari, 2009). Nell'ambito di un progetto di "alternanza scuola-lavoro", è stato così eseguito un primo monitoraggio da parte di alcuni studenti del liceo scientifico "O. Grassi" di Savona, con il tutoraggio dei biologi marini di R.S.T.A. (Genova), cooperativa di ricerche tecnico-scientifiche.

Materiali e metodi - Il campionamento è stato svolto nel mese di maggio 2017 lungo un tratto di costa di circa 460 m, posto al confine tra Borgio Verezzi e Finale Ligure. I rilevamenti sono stati effettuati tramite immersioni in apnea sulla *beachrock* tra la sommità delle bancate, posta ad 1 m di profondità, e la base delle stesse, a -4 m. Le colonie di madreporari sono state censite mediante lavagnetta subacquea, profundimetro, bussola e cima metrata e di ciascuna è stata misurata la superficie, la disposizione rispetto al fondale, l'orientamento e la profondità di insediamento (Bianchi *et al.*, 2003). Tutte le colonie sono state fotografate e la loro posizione è stata inoltre rilevata mediante GPS.

Risultati - Sono state conteggiate e misurate 75 colonie di madrepora: di queste, solo 5 sono da attribuire alla specie *O. patagonica*, mentre le rimanenti 70 appartengono alla specie *C. caespitosa*.

Cladocora caespitosa. Dall'analisi della distribuzione di queste madrepora in funzione della profondità, risulta che la maggior parte delle colonie (41 colonie, 59%) è distribuita ad una profondità compresa tra 2,5 e 3 m e altre 22 colonie (31%) sono insediate tra 2 e 2,5 m. Le restanti 7 colonie (10%) sono state individuate tra 1 e 2 m di profondità. In base alla disposizione rispetto al fondale, 55 colonie di *C. caespitosa* (79%), sono disposte verticalmente sullo scalino e sulle fenditure verticali della beachrock mentre solo 15 colonie (21%) sono disposte orizzontalmente. Per quanto riguarda le dimensioni delle colonie di *C. caespitosa* disposte orizzontalmente solo 2 hanno una superficie maggiore di 1000 cm², 8 colonie hanno una superficie compresa tra 100 e 1000 cm² e 5 colonie presentano una superficie inferiore a 100 cm². Delle 55 colonie disposte verticalmente, 3 colonie occupano una superficie maggiore di 1000 cm², ben 38 colonie hanno una superficie compresa tra 100 e 1000 cm² e le restanti 14 colonie verticali mostrano superfici di colonizzazione inferiori a 100 cm².

Oculina patagonica. Le 5 colonie sono tutte disposte verticalmente e appartengono a questa specie le 2 colonie di madrepora di maggiori dimensioni, rispettivamente di 0,19 e 0,36 m².

Conclusioni - Le 75 colonie di madrepora censite sono tutte distribuite nella ristretta fascia batimetrica che va da 1 a 3 m di profondità - tranne una colonia di *Oculina* posta a 3,2 m - e la maggior parte di esse (84%) è insediata tra i 2 ed i 3 m. Le colonie di *Cladocora caespitosa*, madreporario dominante rispetto a *Oculina patagonica*, sono disposte soprattutto verticalmente rispetto al fondale e si è anche osservato che sono queste colonie a raggiungere le maggiori dimensioni. Considerato che nel tratto di costa monitorato la corrente principale scorre parallelamente al fronte verticale della beachrock, da est verso ovest, e considerata la seppur moderata sedimentazione riscontrata, si potrebbe concludere che la filtrazione sia ottimale per i polipi delle colonie poste verticalmente rispetto alle colonie disposte orizzontalmente. Nel corso di questo primo censimento, svolto con metodi scientifici di base da studenti delle scuole superiori e con l'impiego di una strumentazione essenziale, non sono state colte evidenze di sofferenze delle colonie o fenomeni di *bleaching* dovuti a stress termici.

Bibliografia

- BIANCHI C.N., PRONZATO R., CATTANEO-VIETTI R., BENEDETTI-CECCHI L., MORRI C., PANSINI M., CHEMELLO R., MILAZZO M., FRASCHETTI S., TERLIZZI A., PEIRANO A., SALVATI E., BENZONI F., CALCINAI B., CERRANO C., BAVESTRELLO G. (2003) - I fondi duri. In: Gambi M.C., Dappiano M. (eds), Manuale di metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo. *Biol. Mar. Mediterr.*, **10** (Suppl.): 199-232.
- MOLINARI A. (2009) - Preliminari informazioni sul macrobenthos e nuove osservazioni sulla fauna ittica delle formazioni a beach-rock nel ponente ligure. 70° Congresso Nazionale dell'Unione Zoologica Italiana. Rapallo (GE), 21-24 settembre 2009.
- RODOLFO-METALPA R., RICHARD C., ALLEMAND D., BIANCHI C.N., MORRI C., FERRIER-PAGÈS C. (2006) - Response of zooxanthellae in symbiosis with the Mediterranean corals *Cladocora caespitosa* and *Oculina patagonica* to elevated temperatures. *Mar. Biol.*, **150** (1): 45-55.
- TURNER R.J. (2005) - Beachrock. In: Schwartz M.L. (ed), *Encyclopedia of coastal science*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands: 183-186.

G. CHIMIENTI, R. AGUILAR¹, A.V. GEBRUK², F. MASTROTOTARO

Department of Biology and CoNISMa LRU, University of Bari 'A. Moro',
Via Orabona, 4 - 70125 Bari, Italy.
giovanni.chimienti@uniba.it
¹OCEANA, Madrid, Spain.

²Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.

PENILPIDIA LUDWIGI (HOLOTHUROIDEA) LACKS ANATOMICAL STRUCTURE TO SWIM, BUT IT SWIMS ANYWAY

PENILPIDIA LUDWIGI (HOLOTHUROIDEA) NON HA LE STRUTTURE ANATOMICHE PER NUOTARE, MA NUOTA COMUNQUE

Abstract - *Penilpidia ludwigi* (von Marenzeller, 1893) has been considered a non-swimming species because of the absence of proper anatomical structures allowing other deep-sea holothurians to swim. This paper reports the first high-definition observation of this species and its peculiar swimming ability.

Key-words: macrobenthos, swimming holothurians, elasipodida, Balearic Sea, Mediterranean Sea.

Introduction - Several bathyal and abyssal holothuroids show conspicuous anatomical structures that appear to be morphological adaptations for swimming, such as veils, brims and/or enlarged tentacles (Miller and Pawson, 1990). *Penilpidia ludwigi* (von Marenzeller, 1893) is a tiny deep-sea holothurian endemic of its Mediterranean Sea. It is the only Mediterranean Elpidiidae, recently re-described by Gebruk *et al.* (2013). This species was firstly found by the Pola expedition in 1891 North and northwest of Crete, then recorded again only 100 years later close to its type locality (Gebruk *et al.*, 2013). Afterwards, several specimens were accidentally collected by different authors in sediment traps deployed few tens of meters above the seabed off Catalonia (Pagès *et al.*, 2007; Mecho *et al.*, 2014). These occurrences were mainly interpreted as a resuspension of specimens in the water column due to their neutral buoyancy. Swimming behavior was not considered as likely as re-suspension, because *P. ludwigi* lacks external features, such as brims and veils, characteristic of the other deep-sea swimming holothurians (Miller and Pawson, 1990). For this reason, this species was not included among the swimming holothurians by Gebruk (1995) and its possible swimming ability is still in discussion (Gebruk *et al.*, 2013). This study reports the first high-definition observations of *P. ludwigi* in its natural environment, providing a proof of its active swimming behavior.

Materials and methods - Two Remotely Operated Vehicles (ROV) surveys were carried out in the Balearic Sea, one close to the Oliva Bank Seamount (38°51.8969'N-001°56.0495'E; 485-518 m) and one on the top of the Emile Baudot Escarpment (8°53.066'N-002°35.865'E; 520-550 m). Video footage was gathered onboard the Ketch Catamaran *Ranger* using a *Saab Seaeye Falcon DR* ROV equipped with an HDV (High Definition Video) camera of 480 TVL (Tele Vision Lines). All the specimens of *P. ludwigi* observed were counted and their behavior was described.

Results - A total of 31 specimens of *P. ludwigi* were observed, 18 close to Oliva Bank Seamount and 13 at Emile Baudot Escarpment. Among these, 7 specimens were actively swimming when first encountered with the ROV. Swimming resulted to be performed with the contraction of the radial longitudinal muscles, without any particular external feature, assuming a typical S-shape position (Fig. 1). Thanks to the synchronous powerful strokes of both the anterior and the posterior ends of the body, the specimens achieved vertical lift and they were able to perform horizontal

movements. After a period of active swimming, specimens generally assumed a horizontal posture and they were passively drifted (Fig. 1). Drifting specimens slowly descended toward the seabed thanks to their negative buoyancy. No specimens were observed feeding in the water column, confirming that *P. ludwigi* only feeds on the seabed, where it was observed taking and ingesting small amounts of mud using oral tentacles. Specimens quickly expel the sediments from the intestine when disturbed, in order to become lighter and to propel itself above the seabed with strong and rapid movements. This peculiar behavior was directly observed on a specimen naturally disturbed by the presence of a small shark *Galeus melastomus* Rafinesque, 1810 (Fig. 1). *Penilpidia ludwigi* was able to lift ca. 40 cm upward within few seconds, and it moved ca. 2 m away in 25 seconds of swimming.

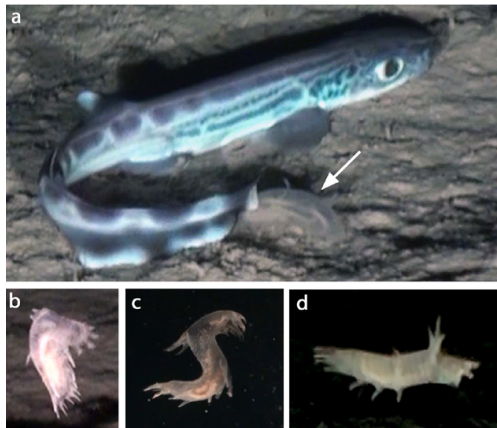


Fig. 1 - a) *Penilpidia ludwigi* (white arrow) feeding close to *Galeus melastomus*; b) vertical lift; c) S-shape swimming behavior; d) drifting.

a) *Penilpidia ludwigi* (*freccia bianca*) in alimentazione vicino a *Galeus melastomus*; b) elevazione verticale; c) nuoto a S; d) drifting.

Conclusions - The ability of some swimming holothurians to leave the seabed and venture upwards into the water column has been documented several times, based on commonly shared anatomical structures (Miller and Pawson, 1990; Gebruk, 1995; Gebruk *et al.*, 2013). However, the direct observation allowed by ROVs is now revealing new and interesting animal behaviors and adaptation still not known, particularly in the deep-sea environment. In the case of *P. ludwigi*, its uncertain swimming ability resulted now clearly explained due to peculiar movements not involving the common swimming external structures typical of other swimming holothurians.

References

- GEBRUK A.V. (1995) - Locomotory organs in the elasipodid holothurians: functional-morphological and evolutionary approaches. In: Emson R.H., Smith A.B., Campbell A.C. (eds), *Echinoderm Research 1995*. Balkema, Rotterdam: 95-102.
- GEBRUK A.V., ROGACHEVA A.V., PAWSON D.L., HAMEL J.-F., MACISAAC K.G., MERCIER A. (2013) - *Penilpidia desbarresi* sp. nov. (Echinodermata: Holothuroidea: Elasipodida) from the upper slope of Newfoundland and re-description of *P. ludwigi* (von Marenzeller, 1893). *Mar. Biol. Res.*, **9** (10): 1029-1036.
- MECHO A., BILLET D.S.M., RAMÍREZ-LLODRA E., AGUZZI J., TYLER P.A., COMPANY J.B. (2014) - First records, rediscovery and compilation of deep-sea echinoderms in the middle and lower continental slope of the Mediterranean Sea. *Sci. Mar.*, **78** (2): 281-302.
- MILLER J.E., PAWSON D.L. (1990) - Swimming sea cucumbers (Echinodermata: Holothuroidea): a survey, with analysis of swimming behavior in four bathyal species. *Smithsonian Contrib. Mar. Sci.*, **35**: 1-18.
- PAGÈS F., MARTÍN J., PALANQUES A., PUIG P., GILI J.-M. (2007) - High occurrence of the elasipodid holothurian *Penilpidia ludwigi* (von Marenzeller, 1893) in bathyal sediment traps moored in a western Mediterranean submarine canyon. *Deep-Sea Res. Pt. I*, **54** (12): 2170-2180.

G. CHIMIENTI, F. MONTESANTO, F. GRIECO, D. SANTACROCE,
F. MASTROTOTARO, P. PANETTA

Department of Biology and CoNISMa LRU, University of Bari 'A. Moro',
Via Orabona, 4 - 70125 Bari, Italy.
giovanni.chimienti@uniba.it

THE GENUS *ALVANIA* (MOLLUSCA: GASTROPODA: RISSOIDAE) IN A COASTAL DETRITIC THANATOCOENOSIS

IL GENERE ALVANIA (MOLLUSCA: GASTROPODA: RISSOIDAE) IN UNA TANATOCENOSI DEL DETRITICO COSTIERO

Abstract - The mollusc thanatocoenosis sampled on a coastal detritic seabed off Castro (northern Ionian Sea) revealed to be highly rich in species, with several rare or uncommon records. Among the 231 species identified, 11 species of the genus *Alvania* are here reported.

Key-words: Mollusca, shell, Ionian Sea, Mediterranean Sea.

Introduction - The genus *Alvania* Risso, 1826 is represented by a variety of species that can live from intertidal to deep-sea environments, widely distributed from the North Atlantic to the Pacific Ocean (Bouchet and Warén, 1993; Amati and Chiarelli, 2017). In the Mediterranean Sea, the genus *Alvania* is characterized by more than 70 recognized species (Bouchet and Gofas, 2017) with conical-ovate shells, fragile to robust, with clathrate sculptures. The shells are usually small, from 1 to few mm in length, and many species of *Alvania* can be included in the so-called micromolluscs (Chimienti *et al.*, 2016). The present study reports the occurrence of several species of *Alvania* in a mollusc thanatocoenosis sampled on a detritic seabed.

Materials and methods - The survey was carried out onboard the R/V *Minerva Uno* within the oceanographic cruise SPECTRA2017, in the frame of the Project RITMARE. A total of 6 sampling station were allocated on the continental shelf southeast Castro (northern Ionian Sea; Italy) from 40 to 82 m depth. The area is characterized by a Coastal Detritic biocoenosis with patchy coralligenous bioconstructions. Sediment sampling was carried out during February 2017 using a Van Veen grab (30 l of volume). Samples were washed on 1 mm sieves and the mollusc fraction was identified. All the species of the genus *Alvania* are here reported.

Results - The seabed resulted characterized by detritic sand at 40 m depth, by muddy sand from 50 to 70 m depth and by clay mud with more or less bioclastic sand below 70 m depth. A total of 231 species of molluscs were identified (150 Gastropoda, 79 Bivalvia and 2 Scaphopoda). The most represented families in terms of number of species were Conidae, Rissoidae, Pyramidellidae and Veneridae, with 19, 17, 13 and 12 species respectively. Among Rissoidae, the genus *Alvania* was highly represented, with 11 species (Fig. 1). In particular, shells of *Alvania* cf. *cimicoides* (Forbes, 1844) and *Alvania* cf. *hispidula* (Monterosato, 1884) resulted particularly abundant. No living specimens of *Alvania* were sampled.

Conclusions - The continental shelf thanatocoenosis are usually characterized by a low number of species due to the terrigenous muddy contributions (*e.g.*, Giacobbe and Spanò, 2001). On the contrary, the mollusc thanatocoenosis here studied proved to be interestingly rich in species, some of which rare or uncommon. This is the case, for example, of the genus *Alvania* here found with shells of several species (Fig. 1), whose finding with living specimens is rather uncommon (Chimienti *et al.*,

2017). The occurrence of several congeneric species in the same area and in a small bathymetric range can be very useful for taxonomic purposes (e.g., identification and comparison) in a still debated group such as *Alvania* genus (Bouchet and Gofas, 2017). Shell morphology still play a primary role in the taxonomic identification of this complex group of species, characterized by small shells and often difficult to be sampled with living specimens.

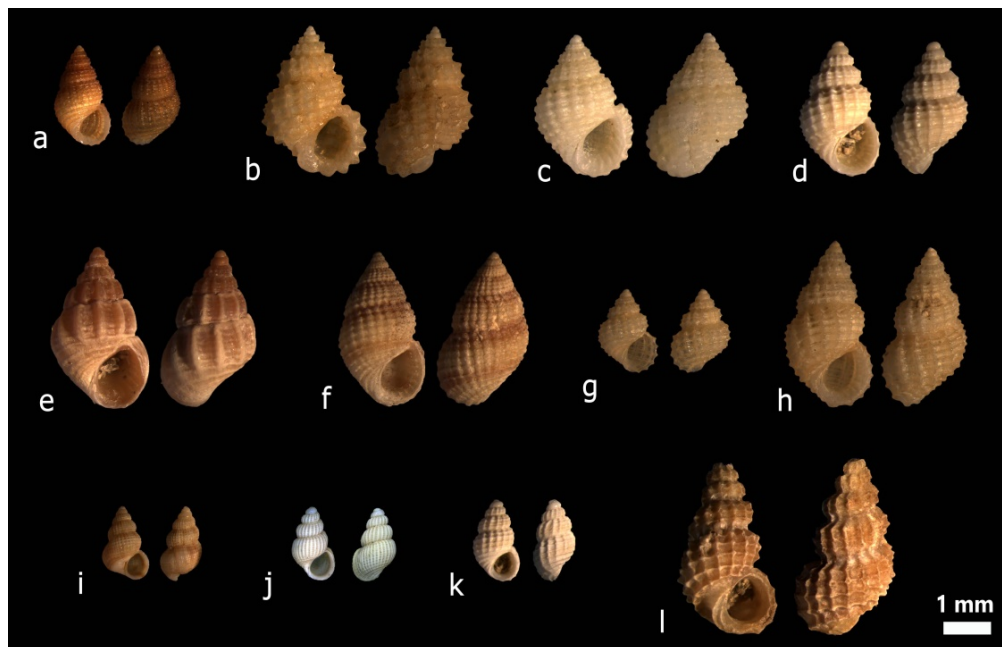


Fig. 1 - a) *Alvania beanii* (Hanley in Thorpe, 1844); b) *Alvania cancellata* (da Costa, 1778); c) *Alvania mamillata* Risso, 1826; d) *Alvania* cf. *cimicoides* (Forbes, 1844); e) *Alvania settepassii* Amati & Nofroni, 1985; f) *Alvania geryonia* (Nardo, 1847); g) *Alvania cancellata* juvenile (Monterosato, 1884); h) *Alvania* cf. *hispidula* (Monterosato, 1884); i) *Alvania punctura* (Montagu, 1803); j) *Alvania subsoluta* (Aradas, 1847); k) *Alvania testae* (Aradas & Maggiore, 1844); l) *Alvania zetlandica* (Montagu, 1815).

References

- AMATI B., CHIARELLI S. (2017) - Description of *Alvania oetyliaca* n. sp. from the Mediterranean Sea (Mollusca Gastropoda Rissoidae). *Biodivers. J.*, **8** (3): 839-850.
- BOUCHET P., GOFAS S. (2017) - *Alvania*. In: MolluscaBase (2018). Accessed through: World Register of Marine Species at <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=138439> on 01 February 2018.
- BOUCHET P., WARÉN A. (1993) - Revision of the northeast Atlantic bathyal and abyssal Mesogastropoda. *Boll. Malacol.*, Suppl. 3: 579-849.
- CHIMIANTI G., MASTROTOTARO F., PANETTA P. (2016) - Secrets in the sands: micromolluscs of Isole Tremiti MPA. *Biol. Mar. Mediterr.*, **23** (1): 218-221.
- CHIMIANTI G., MONTESANTO F., ROTELLA B., PANETTA P., DE MARCO A., MASTROTOTARO F. (2017) - Coastal soft-bottom molluscs at Isole Tremiti MPA (South Adriatic). *Biol. Mar. Mediterr.*, **24** (1): 104-105.
- GIACOBBE S., SPANÒ N. (2001) - Tanatocenosi di comunità bentoniche del Medio Adriatico. *Biol. Mar. Mediterr.*, **8** (1): 826-828.

G. COSTA, A. SALOMONE, G. DANERI*, M. PANSINI, M. BERTOLINO

Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue Risorse (DISTAV), Università di Genova,
Corso Europa, 26 - 16132 Genova, Italia.
gabrielec1987@gmail.com

*Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia (CIEP), Coyhaique, Chile.

LA FAUNA DI SPUGNE DEL FIORDO PUYUHUAPI E DEL CANALE JACAF (CILE)

THE SPONGE FAUNA FROM THE PUYUHUAPI FJORD AND THE JACAF CANAL (CHILE)

Abstract - This study deals with the sponge fauna of Puyuhuapi Fjord and Jacaf Canal (Chile), southern Pacific Ocean. The main preliminary result is the identification of 23 sponge species: 9 of them are probably new to science and 3 are new records for the Pacific Ocean. This further addition to the number of sponges known from the Chilean Fjord Region remarkably increases the biodiversity of the area.

Key-words: sponges, biodiversity, benthos, Chilean Fjord Region.

Introduzione - La regione della Patagonia Cilena è caratterizzata da una costa molto frastagliata, con numerosi fiordi e isole originatisi in seguito all'azione di imponenti fenomeni di erosione glaciale e ritiro delle calotte. Questa particolare morfologia rende difficile l'esplorazione della regione e, di conseguenza, risultano molto ridotte le conoscenze sulla biodiversità marina. Questo vale in particolare per i Poriferi, uno dei gruppi zoobentonici più rappresentativi dell'area. Una conoscenza di base dei poriferi della provincia magellanica si deve alle grandi campagne oceanografiche di fine '800 e inizi del '900 a cui si aggiunge il dettagliato studio di Thiele (1905). Le prime pubblicazioni mirate alla descrizione biogeografica della fauna di spugne della regione risalgono invece agli anni '70 (Desqueyroux, 1972, 1976). Nella loro analisi del 1987, Desqueyroux e Moyano censiscono 94 specie di poriferi per le coste del Cile. A partire dal 2003, una serie di studi con campionamenti in immersione e documentazione fotografica *in situ* (Hajdu *et al.*, 2006), hanno portato a un incremento graduale della conoscenza sulla biodiversità dei poriferi cileni, che attualmente comprende 158 specie (Carvalho *et al.*, 2007, 2011; Esteves *et al.*, 2007; Hajdu e Desqueyroux-Faúndez, 2008; Azevedo *et al.*, 2009; Lopes *et al.*, 2011; Hajdu *et al.*, 2013). L'obiettivo di questo studio è stato quello di ampliare le conoscenze sui Poriferi di queste zone.

Materiali e metodi - L'area di studio riguarda 12 siti distribuiti nella zona del fiordo Puyuhuapi, che comprende il seno Magdalena, e il canale Jacaf. Questa regione è caratterizzata dalla presenza di acque oceaniche profonde, con alti livelli di salinità e nutrienti, e acque più superficiali con salinità ridotta, per via delle abbondanti precipitazioni e scioglimento di ghiacciai, e povere di nutrienti (Iriarte *et al.*, 2010). In questa fascia - che si estende per qualche metro - non sono presenti spugne. Gli esemplari (45) di Poriferi sono stati fotografati *in situ* e raccolti manualmente, in immersione subacquea (ARA), su substrati prevalentemente rocciosi o detritici, tra 10 e 30 m di profondità, nel mese di giugno 2016. Le spugne sono state classificate sino a livello di specie.

Risultati - Lo studio del materiale raccolto in questa spedizione ha permesso di identificare 23 specie, tutte appartenenti alla classe delle Demosponge. In tutti i siti studiati la specie più abbondante risulta essere *Axinella* sp., nove specie

(*Hymerhabdia* sp., *Axinella* sp., *Dragmaxia* sp., *Biemna* sp., *Scopalina* sp. 1, *S.* sp. 2, *S.* sp. 3, *Rhizaxinella* sp., *Darwinella* sp.) sono probabilmente nuove per la scienza, *Biemna* cf. *polyphylla* Lévi, 1963, *Acanthella* cf. *erecta* (Carter, 1876) e *Hymedesmia* (*Stylopus*) *stylifera* (Alander, 1942) sono nuovi ritrovamenti per le coste cilene. *Biemna* cf. *polyphylla* era segnalata solo per le coste del Sud Africa, *Acanthella* cf. *erecta* ha, invece, una distribuzione Nord Atlantica. Tuttavia, la distanza di queste zone dall'area di studio è tale da rendere necessarie indagini molecolari sugli esemplari disponibili per comprovarne la conspecificità.

Conclusioni - Questo studio ci ha permesso di incrementare le conoscenze sulla biodiversità marina dei fiordi cileni, elevando a 170 il numero delle specie di Poriferi conosciute. Il ritrovamento di 9 specie probabilmente nuove per la scienza (quasi il 50% del totale delle specie raccolte) e di 3 nuovi ritrovamenti per quest'area e per l'Oceano Pacifico, conferma che siamo lontani da una stima definitiva del numero di specie che vivono lungo le coste cilene, a causa dell'estensione e della scarsa accessibilità di buona parte della costa.

Bibliografia

- AZEVEDO F., HAJDU E., WILLENZ P., KLAUTAU M. (2009) - New records of Calcareous sponges (Porifera, Calcarea) from the Chilean coast. *Zootaxa*, **2072**: 1-30.
- CARVALHO M.S., DESQUEYROUX-FAÚNDEZ R., HAJDU E. (2007) - *Phakellia sur* sp. nov. (Demospongiae, Halichondrida, Axinellidae) from the lower slope off Cape Horn (South America), with a revision of the genus. *Mar. Biol. Res.*, **3** (2): 109-116.
- CARVALHO M.S., DESQUEYROUX-FAÚNDEZ R., HAJDU E. (2011) - Taxonomic notes on *Poecillastra* sponges (Astrophorida: Pachastrellidae), with the description of three new bathyal southeastern Pacific species. *Sci. Mar.*, **75** (3): 477-492.
- DESQUEYROUX R. (1972) - Demospongiae (Porifera) de la Costa de Chile. *Gayana*, **20**: 3-71.
- DESQUEYROUX R. (1976) - Démonsporges signalées pour la région des canaux du Chili. *Cah. Biol. Mar.*, **17**: 93-109.
- DESQUEYROUX R., MOYANO H. (1987) - Zoogeografía de demospongias chilenas. *Bol. Soc. Biol. Concepción Chile*, **58**: 39-66.
- ESTEVES E.L., LÓBO-HAJDU G., HAJDU E. (2007) - Three new species of *Crambe* (Crambeidae: Poecilosclerida: Demospongiae) from the South-eastern Pacific, with a review of morphological characters for the genus. *J. Mar. Biol. Assoc. UK*, **87** (6): 1367-1378.
- HAJDU E., DESQUEYROUX-FAÚNDEZ R. (2008) - A reassessment of the phylogeny and biogeography of *Rhabderemia* Topsent, 1890 (Rhabderemiidae, Poecilosclerida, Demospongiae). *Rev. Suisse Zool.*, **115** (2): 377-395.
- HAJDU E., DESQUEYROUX-FAÚNDEZ R., CARVALHO M.S., LÓBO-HAJDU G., WILLENZ P. (2013) - Twelve new Demospongiae (Porifera) from Chilean fjords, with remarks upon sponge-derived biogeographic compartments in the SE Pacific. *Zootaxa*, **3744** (1): 1-64.
- HAJDU E., WILLENZ P., LÓBO-HAJDU G., DESQUEYROUX-FAÚNDEZ R., CARVALHO M.S., HÄUSSERMANN V., FÖRSTERRA G., SCUTERI M. (2006) - Marine sponges biodiversity. Project EMBARC: diving and wading at southern South America. *JMBA Global Mar. Env.*, **4**: 28-29.
- IRIARTE J.L., GONZÁLEZ H.E., NAHUELHUAL L. (2010) - Patagonian fjord ecosystems in southern Chile as a highly vulnerable region: problems and needs. *AMBIO*, **39** (7): 463-466.
- LOPES D.A., BRAVO A., HAJDU E. (2011) - New carnivorous sponges (Cladorhizidae: Poecilosclerida: Demospongiae) from off Diego Ramírez Archipelago (South Chile), with comments on taxonomy and biogeography of the family. *Invertebr. Syst.*, **25** (5): 407-443.
- THIELE J. (1905) - Die Kiesel- und Hornschwämme der Sammlung Plate. *Zoolog. Jahrb., Suppl.* **6** (Fauna Chiliensis III): 407-496 + pls 427-433.

F. FIORENTINO, N. FIORENTINO*, D. MASSI

Istituto di Ricerche sulle Risorse Marine e l'Ambiente (IAMC-CNR), SS di Mazara del Vallo,
Via L. Vaccara, 61 - 91026 Mazara del Vallo (TP), Italia.
fabio.fiorentino@iamc.cnr.it

*Via Tritone, 13 - 90147 Palermo, Italia.

VARIAZIONI DELL'ABBONDANZA DI *APLYSIA DACTYLOMELA*
RANG, 1828 (MOLLUSCA: HETEROBRANCHIA)
NELLA AMP DI CAPO GALLO - ISOLA DELLE FEMMINE
(SICILIA SETTENTRIONALE)

SHORT - TIME CHANGES IN ABUNDANCE OF APLYSIA
DACTYLOMELA RANG, 1828 (MOLLUSCA: HETEROBRANCHIA)
IN THE MPA OF CAPO GALLO - ISOLA DELLE FEMMINE
(NORTHERN SICILY)

Abstract - Short-term changes in the abundance of the spotted sea hare, *Aplysia dactylomela* Rang, 1828, a non indigenous large sea slugs quickly spreading in the Mediterranean, were studied in a site of the MPA of Capo Gallo-Isola delle Femmine (northern Sicily). Two close habitats, an artificial and a natural reef, were monitored from late June to late September 2017. Overall 137 specimens with the typical livery of the *A. dactylomela* and 3 individuals with brownish livery were observed. The abundance was higher in the artificial reef in June and July, while specimens became more numerous on the natural reef (trottoir) in August, being the specimens detected in September very low. Mating was observed in July and August and dead specimens were found on the bottom in August and September.

Key-words: non indigenous species, southern Tyrrhenian Sea, central Mediterranean, mating, mortality.

Introduzione - La lepre di mare dagli anelli *Aplysia dactylomela* Rang, 1828 è un vistoso opistobranco dalla caratteristica colorazione giallo-crema con grandi anelli scuri distribuiti su tutto il corpo, nativo dell'Oceano Atlantico. La specie, che vive nelle acque temperate calde e subtropicali della fascia eulitorale e sublitorale superficiale, si osserva generalmente brucare su substrati rocciosi rivestiti da alghe fotofile. La specie è stata segnalata per la prima volta in Mediterraneo nell'isola di Lampedusa (Mediterraneo centrale) nel 2002 (Trainito, 2003). Sono seguiti numerosi ritrovamenti in Israele, Libano, Siria, Cipro, Turchia, Grecia, Croazia, Montenegro, Malta, Italia (coste siciliane, pugliesi, calabre e liguri), Francia e Spagna (Kljajić e Mačić, 2012; Bernat e Molinari, 2016; Gambi *et al.*, 2017; Moles *et al.*, 2017). Dopo il primo ritrovamento di Lampedusa e limitatamente alle acque siciliane, la specie è stata segnalata a Catania, Taormina, Stretto di Messina, Pantelleria, Linosa, Favignana, Marettimo e Ustica. In questo lavoro si riportano informazioni sulla variazione nell'abbondanza della specie in due diversi habitat, a poche centinaia di metri di distanza, di un sito costiero al centro del Golfo di Sferracavallo (PA) nella zona C dell'Area Marina Protetta di Capo Gallo - Isola delle Femmine. Sulla base delle conoscenze di uno degli Autori, maturate in più di 50 anni di osservazione diretta degli organismi marini presenti nel sito, la comparsa della specie è stata osservata per la prima volta nell'estate 2014. La presenza della specie è stata confermata negli anni successivi.

Materiali e metodi - Fra giugno e settembre 2017 sono stati compiuti 19 censimenti visivi giornalieri, sia in "snorkeling" che passeggiando sul *trottoir*, tra le 16:15 e le 19:00 (ora legale) con una durata media di circa 60 minuti per osservazione. Si è censita una superficie di circa 200 m² a levante del punto di immersione in acqua ($\varphi=38^{\circ}12'15,11''$ e $\lambda=13^{\circ}16'45,06''$), incluso il *trottoir* adiacente, ed una superficie

analoga presso la vicina barriera artificiale a due ordini di massi (coordinate del punto centrale $\varphi=38^{\circ}12'20,32''$ e $\lambda=13^{\circ}16'45,05''$). Tale barriera, situata di fronte al litorale Barcarello nella borgata palermitana di Sferracavallo, è lunga circa 100 m, larga circa 15 m e dista in media 120 m dalla riva.

Risultati - Sono stati censiti 140 individui, di cui 137 con la caratteristica livrea di *A. dactylomela* e 3 esemplari di colore brunastro. A fine giugno (3 osservazioni) sono stati rilevati 27 individui sulla barriera e solo 1 vicino al punto di immersione. A luglio (7 osservazioni) sono stati rilevati 59 esemplari sulla barriera e solo 10 presso il punto di immersione e sul *trottoir* adiacente. Ad agosto (8 osservazioni) è stata registrata una netta predominanza di esemplari presso la riva e sul *trottoir* con 34 individui contro solo 3 sulla barriera. I pochi esemplari rilevati in settembre (2 osservazioni) non consentono di evidenziare preferenze di habitat della specie (2 in prossimità della riva e 1 sulla barriera). Il giorno 11 luglio uno degli esemplari brunastri si è accoppiato con un esemplare in livrea tipica sulla barriera. Altri esemplari in accoppiamento in livrea tipica sono stati osservati il giorno 8 ed il giorno 24 agosto immediatamente sotto il *trottoir*. Sono stati, infine, rilevati 3 esemplari morti sul fondo: all'inizio di agosto, a metà ed a fine settembre. L'esemplare morto di fine settembre era lungo 18 cm e pesava 369 g.

Conclusioni - Sebbene siano trascorsi appena tre anni dal primo ritrovamento della specie, *A. dactylomela* sembra essersi insediata con successo nel Golfo di Sferracavallo. Considerando le conoscenze "locali" sulla presenza delle lepri di mare nell'area, è interessante notare che l'insediamento della specie "aliena" si è verificato molti anni dopo la forte riduzione delle specie autoctone, in primo luogo *A. fasciata* Poiret, 1789 che tra gli anni Sessanta e gli anni Ottanta del secolo scorso era molto abbondante. Sebbene non si siano reperite informazioni sul ciclo vitale di *A. dactylomela*, i dati raccolti confermano quanto noto per specie congeneri, ovvero un ciclo vitale breve in cui la morte segue la riproduzione (Moroz, 2011). Considerata, inoltre, l'importanza attribuita alla circolazione superficiale delle correnti per la dispersione della specie (Moles *et al.*, 2017), la comparsa iniziale sui massi superficiali della barriera, seguita dallo spostamento sul *trottoir*, suggerisce che la prima funzioni come "sink" per l'insediamento delle larve pelagiche (veliger).

Bibliografia

- BERNAT P., MOLINARI A. (2016) - Northernmost record of the alien sea hare *Aplysia dactylomela* Rang, 1828 (Opisthobranchia, Aplysiidae) in the Mediterranean Sea. *Biol. Mar. Mediterr.*, **23** (1): 216-217.
- GAMBI M.C., CARUGATI F., CROCCETTA F., GIANGUZZA P. (2017) - Aplisie in...piscina! Una popolazione di *Aplysia dactylomela* (Heterobranchia: Aplysiidae) nell'isola di Ustica. *Notiziario SIBM*, **72**: 99-102.
- KLJAJIĆ Z., MAČIĆ V. (2012) - The alien sea hare *Aplysia dactylomela* Rang, 1828 (Opisthobranchia) in the Boka Kotorska Bay (Montenegro, Adriatic Sea). In: Thessalou-Legaki M. *et al.* (collective article), New Mediterranean Biodiversity Records (December 2012). *Mediterr. Mar. Sci.*, **13** (2): 319.
- MOLES J., MAS G., FIGUEROA I., FERNÁNDEZ-VILERT R., SALVADOR X., GIMÉNEZ J. (2017) - As fast as a hare: colonization of the heterobranch *Aplysia dactylomela* (Mollusca: Gastropoda: Anaspeida) into the western Mediterranean Sea. *Cah. Biol. Mar.*, **58**: 341-345.
- MOROZ L.L. (2011) - *Aplysia*. *Curr. Biol.*, **21** (2): 60-61.
- TRAINITO E. (2003) - *Arlecchini mediterranei. Guida ai molluschi opisthobranchi del Mediterraneo*. Taphros Editrice, Olbia, Italia: 60 pp.

G. FURFARO, P. MARIOTTINI

Dipartimento di Scienze, Università di Roma Tre, Viale G. Marconi, 446 - 00146 Roma, Italia.
giulia.furfaro@uniroma3.it

UNA NUOVA SPECIE DI NUDIBRANCO SUL RELITTO DELL'ASIA (MAR TIRRENO CENTRALE)

A NUDIBRANCH SPECIES NEW TO SCIENCE WAS RECORDED ON THE ASIA WRECK (CENTRAL TYRRHENIAN SEA)

Abstract - A species of nudibranch new to science was recorded on the artificial substratum of the Asia wreck in the Central Tyrrhenian Sea at 30 m depth. *Dondice sp. nov.* A is diagnosed by both morphological and molecular analysis. The anatomical study involved diagnostic features mostly used in nudibranchs, like the buccal apparatus and the reproductive system, while the molecular investigations have used the mitochondrial 16S and COI and the nuclear H3 molecular markers. Furthermore, the phylogenetic assessment of the *Dondice* genus and the two mostly related genera *Phyllodesmium* and *Godiva* was also performed resolving some historical controversies.

Key-words: mollusc, integrative taxonomy, phylogeny, *Dondice sp. nov.*, Mediterranean Sea.

Introduzione - Il Mar Mediterraneo ospita una grande varietà di specie di molluschi nudibranchi, di cui 39 endemiche (Trainito e Doneddu, 2014) di questo bacino semi-chiuso. Il giorno 11 giugno 2014, durante un'immersione SCUBA sul relitto Asia situato davanti al porticciolo di Riva di Traiano, nel Mar Tirreno centrale (Fig. 1 A,B), è stato campionato un esemplare la cui identificazione preliminare lo avvicinava a *Dondice banyulensis* Portmann & Sandmeier, 1960, seppur con rilevanti differenze fenotipiche.

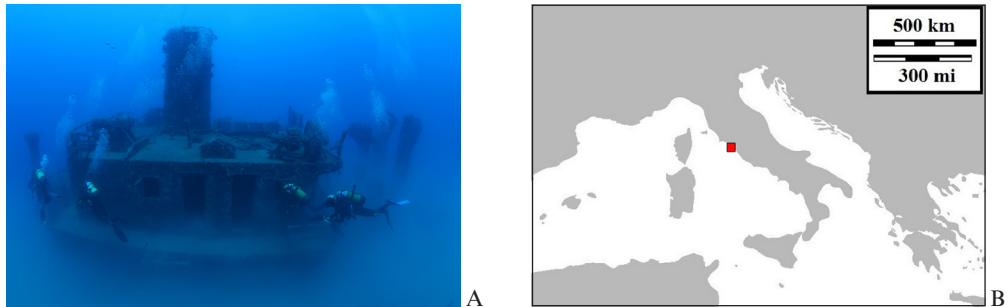


Fig. 1 - A) Foto subacquea del relitto Asia a Civitavecchia (Mar Tirreno Centrale). B) Mappa del Mar Tirreno centrale con la località analizzata in questo studio, indicata con un quadrato rosso.

A) Under water picture of the Asia wreck (Central Tyrrhenian Sea). B) Map of the Central Tyrrhenian Sea with the type locality indicated with the red square.

Due anni dopo (nelle date 4 giugno e 28 agosto del 2016) la specie è stata nuovamente rinvenuta sullo stesso relitto e raccolta, ottenendo così un dataset più robusto su cui poter effettuare lo studio. Sono state eseguite analisi morfologiche e anatomiche e i risultati sono stati confrontati con quelli ottenuti dalle specie più vicine, *D. banyulensis* e *Godiva quadricolor* (Barnard, 1927), entrambe presenti nel Mar

Mediterraneo. Gli esemplari sono stati esaminati anche tramite analisi molecolari e i risultati ottenuti hanno evidenziato una divergenza significativa tra le sequenze degli esemplari campionati e le altre di specie affini. *Dondice* sp. nov. A è stata così caratterizzata su base sia morfologica, sia molecolare e i risultati sono in via di pubblicazione. Inoltre, l'analisi filogenetica effettuata ha permesso di chiarire alcune relazioni filogenetiche con le specie appartenenti ai generi *Dondice* Marcus Er. 1958, *Godiva* Macnae, 1954 e *Phylloidesmium* Ehrenberg, 1831. Infine, la lista delle specie di nudibranchi presenti sul relitto è presentata considerando osservazioni effettuate dagli anni 2012 ad oggi. Questa checklist può costituire un punto di partenza per futuri studi comparativi di fauna a molluschi nudibranchi associati a substrati artificiali di origine antropica quali i relitti.

Materiali e metodi - Gli esemplari campionati sono stati fotografati *in situ* e in laboratorio, successivamente conservati in alcol EtOH 95% per ulteriori analisi. Gli individui, almeno due per specie, sono stati dissezionati per la caratterizzazione delle strutture anatomiche. In particolare, l'apparato riproduttore è stato fotografato allo stereo microscopio per produrre immagini ad alta risoluzione delle diverse fasi della dissezione. Le caratteristiche diagnostiche sono state rappresentate in un disegno schematico. L'apparato boccale è stato trattato con NaOH 10% per la rimozione della componente tissutale e la pulizia delle strutture masticatorie chitinose. Queste sono state quindi fotografate al microscopio ottico e al microscopio elettronico a scansione (SEM), generando immagini ad elevata risoluzione. Da un frammento di tessuto è stato estratto il DNA secondo la procedura chiamata di 'salting out' (Aljanabi e Martinez, 1997) e poi i marcatori molecolari, COI, 16S e H3, sono stati amplificati tramite la tecnica della Polymerase Chain Reaction (PCR). I prodotti di PCR sono stati sequenziati e le sequenze ottenute allineate con MEGA 6.0 (Tamura *et al.*, 2013). La divergenza genetica tra *Dondice* sp. nov. A e le specie più vicine, è stata valutata e analizzata. Analisi filogenetiche sul dataset concatenato e partizionato sono state inoltre effettuate utilizzando il programma MrBayes 3.2.6 (Ronquist *et al.*, 2012) per l'analisi Bayesiana (BI) e GARLI 0.96 (Zwickl, 2006) per l'analisi di Maximum Likelihood (ML).

Risultati - *Dondice* sp. nov. A è ad oggi stato rinvenuto solo sul relitto Asia a Civitavecchia (Mar Tirreno centrale), a una profondità compresa fra 25 ed 40 m. Gli esemplari sono stati rinvenuti su colonie di idrozoi, di cui si stavano cibando, appartenenti al genere *Eudendrium* Ehrenberg, 1834, che ricoprono gran parte del substrato artificiale. L'analisi morfologica e anatomica è stata effettuata e la nuova specie così caratterizzata. Il dataset molecolare totale è consistito di 134 sequenze (di cui 22 prodotte in questo lavoro e le restanti ottenute da Genbank) appartenenti a 47 individui di 32 specie differenti. L'albero filogenetico ottenuto ha raggruppato le specie appartenenti al genere *Phylloidesmium* in un unico clade monofiletico, mentre un secondo gruppo polifiletico comprende specie appartenenti ai generi *Dondice* e *Godiva*. La nuova specie è 'sorella' di *D. occidentalis* Engel, 1925 descritta originariamente per le coste della Giamaica e attualmente distribuita nell'Oceano Atlantico occidentale. *G. quadricolor*, specie tipo del genere, è strettamente correlata alle specie del genere *Dondice*, risultando in particolare molto vicina a *D. banyulensis* (Fig. 2 A,B,C,D). Infine, la checklist dei nudibranchi presenti sul relitto Asia è stata prodotta e riportata in Tab. 1.

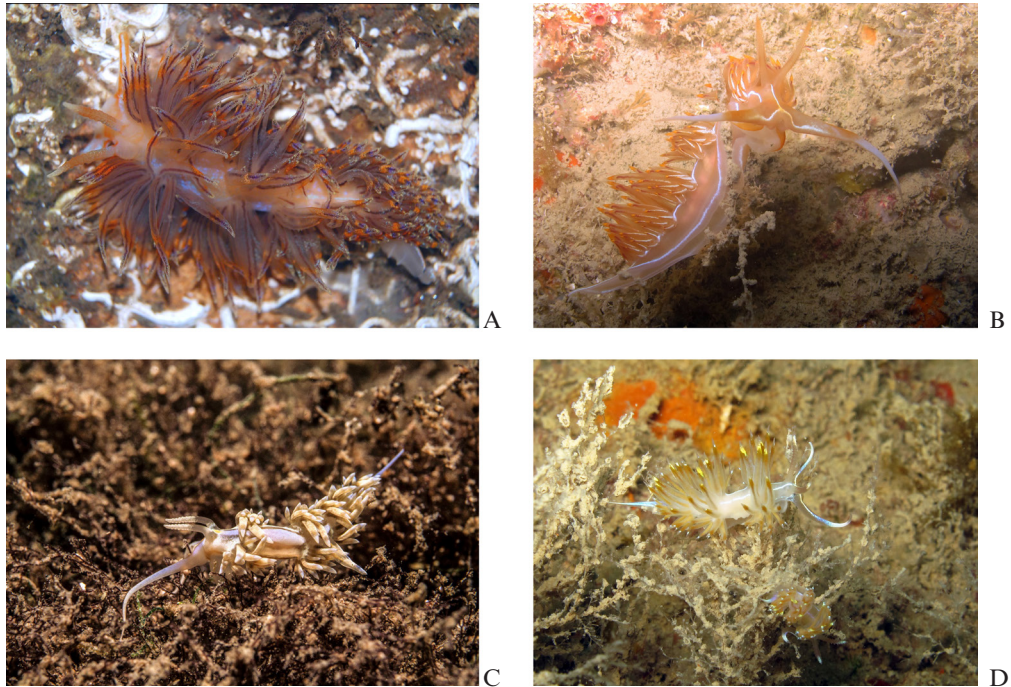


Fig. 2 - A) *Godiva quadricolor* dal canale del lago di Paola (Sabaudia); B) *Dondice banylensis* dal relitto Asia; C) *Dondice occidentalis* da Cayo Largo, Cuba; D) foto *in situ* di *Dondice* sp. nov. A dal relitto Asia.

A) *Godiva quadricolor* from the channel of Paola lake (Sabaudia); B) *Dondice banylensis* from the Asia wreck; C) *Dondice occidentalis* from Cayo Largo, Cuba; D) *in situ* picture of *Dondice* sp. nov. A from the Asia wreck.

Tab. 1 - Nome delle specie, Famiglia, substrato su cui vivono e abbondanza (rara <10, 10<poco comune<20, >20 comune) delle specie trovate dal 2012 ad oggi sul relitto Asia (Mar Tirreno Centrale).

Species name, Family, habitat and abundance (rare<10, 10<not common<20, >20 common) of the species recorded since the year 2012 up to now from the Asia wreck (Central Tyrrhenian Sea).

Specie	Famiglia	Substrato	Abbondanza
<i>Felimida luteorosea</i> (Rapp, 1827)	Chromodorididae	Substrato duro artificiale	Rara
<i>Felimare picta</i> (Schultz in Philippi, 1836)	Chromodorididae	Spugne	Poco comune
<i>Peltodoris atromaculata</i> Bergh, 1880	Discodorididae	Spugne	Comune
<i>Cratena peregrina</i> (Gmelin, 1791)	Facelinidae	Idrozoi, <i>Eudendrium</i>	Comune
<i>Dondice banyulensis</i> Portmann & Sandmeier, 1960	Facelinidae	Idrozoi, <i>Eudendrium</i>	Comune
<i>Dondice</i> sp. nov.	Facelinidae	Idrozoi, <i>Eudendrium</i>	Poco comune
<i>Edmundsella pedata</i> (hMontagu, 1816)	Flabellinidae	Idrozoi, <i>Eudendrium</i>	Poco comune
<i>Flabellina affinis</i> (Gmelin, 1791)	Flabellinidae	Idrozoi, <i>Eudendrium</i>	Comune
<i>Paraflabellina ischitana</i> (Hirano & Thompson, 1990)	Flabellinidae	Idrozoi, <i>Eudendrium</i>	Poco comune
<i>Limacia clavigera</i> (O. F. Müller, 1776)	Polyceridae	Substrato duro artificiale	Rara
<i>Luisella babai</i> (Schmekel, 1972)	Samlidae	Substrato duro artificiale	Comune

Conclusioni - Una nuova specie di nudibranco, *Dondice* sp. nov. A è stata trovata sul relitto Asia, affondato per la prevenzione della pesca a strascico il 4 aprile 1987 dopo essere stato adeguatamente bonificato, davanti al porto di Riva di Traiano a Civitavecchia, nel Mar Tirreno Centrale. La nuova specie è risultata essere strettamente correlata a *D. occidentalis*, specie tipo del genere, confermando la sua appartenenza a questo genere. L'analisi molecolare condotta su un dataset più allargato ha inoltre evidenziato una polifilia tra i generi *Dondice* e *Godiva* che avrà bisogno di ulteriori analisi per essere del tutto chiarita. La fauna di nudibranchi rinvenuti sul relitto si è rivelata essere povera in specie, per un totale di undici in tutto, presenti nell'area oggetto di studio. Questo fenomeno potrebbe essere legato alla ridotta estensione del relitto che misura 30 m in lunghezza e 12 m in larghezza. La grande varietà di organismi sessili, possibili prede dei nudibranchi, che ricoprono il relitto tuttavia, sembra non avvalorare questa ipotesi. La bassa diversità di nudibranchi presenti potrebbe invece essere correlata alla particolare caratteristica ecologica della specie predominante nel sito, *D. banyulensis*. Questo nudibranco eolide di dimensioni cospicue, è molto abbondante sul relitto e si nutre anche di altre specie di nudibranchi. Inoltre, negli ultimi anni si è osservata una diminuzione nel numero di individui di *D. banyulensis* con un conseguente incremento nella diversità specifica di nudibranchi. Questo dato è molto interessante e sembra confortare la teoria secondo la quale i costumi predatori di questo nudibranco siano la principale causa in grado di spiegare la bassa biodiversità di nudibranchi osservata.

Ringraziamenti: Gli autori ringraziano profondamente tutto lo staff del Diving "Gruppo Nasim" per la gentile disponibilità e per la professionale assistenza tecnica durante tutte le fasi del campionamento. Un grazie speciale va ad Egidio Trainito per i suoi validi e preziosi consigli. Un ringraziamento particolare va a Francesco Ruggeri per averci gentilmente donato delle immagini subacquee del relitto Asia e a Matteo Garzia per l'aiuto durante i campionamenti.

Bibliografia

- ALJANABI S.M., MARTINEZ I. (1997) - Universal and rapid salt-extraction of high quality genomic DNA for PCR-based techniques. *Nucleic Acids Res.*, **25** (22): 4692-4693.
- RONQUIST F., TESLENKO M., VAN DER MARK P., AYRES D.L., DARLING A., HÖHNA S., LARGET B., LIU L., SUCHARD M.A., HUELSENBECK J.P. (2012) - MrBayes 3.2: efficient Bayesian phylogenetic inference and model choice across a large model space. *Syst. Biol.*, **61** (3): 539-542.
- TAMURA K., STECHER G., PETERSON D., FILIPSKI A., KUMAR S. (2013) - MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 6.0. *Mol. Biol. Evol.*, **30** (12): 2725-2729.
- TRAINITO E., DONEDDU M. (2014) - *Nudibranchi del Mediterraneo*. Il Castello, Cornaredo (MI): 192 pp.
- ZWICKL D.J. (2006) - Genetic algorithm approaches for the phylogenetic analysis of large biological sequence datasets under the maximum likelihood criterion. Ph.D. dissertation, The University of Texas at Austin: 115 pp.

M.C. GAMBI, P. SORVINO¹, L. TIBERTI², M. GAGLIOTI, N. TEIXIDO

Stazione Zoologica Anton Dohrn, Napoli, Italy.
mariacristina.gambi@szn.it

¹ANS diving, Ischia (NA), Italy.

²Associazione NEMO, Ischia (NA), Italy.

MORTALITY EVENTS OF BENTHIC ORGANISMS ALONG THE COAST OF ISCHIA IN SUMMER 2017

MORTALITÀ DI ORGANISMI BENTONICI LUNGO LE COSTE DI ISCHIA NELL'ESTATE 2017

Abstract - A mortality event of some key-benthic organisms was observed along the coast of Ischia during summer 2017. The scleractinians *Astroides calycularis*, *Cladocora caespitosa*, the gorgonians *Eunicella cavolini* and *E. singularis*, and the coralline algae *Lithophyllum* spp., were the species affected with mortality between 20% (*Lithophyllum* spp., *Astroides* and *Cladocora*) and 60% (*Eunicella* spp.). A heat-wave, with surface temperature up to 28 °C in August and up to 23-24 °C at 25 m depth in September-October, was a possible explanation of such catastrophic events.

Key-words: mass mortality, Cnidaria, Coralline White Patch Disease, heath-wave, Tyrrhenian Sea.

Introduction - Mass mortality outbreaks of benthic invertebrates, more frequent in the western Mediterranean especially during the last two decades, have been often related to climate change and in particular to summer positive thermal anomalies (heat waves) (Garrahou *et al.*, 2009). Along the coast of Ischia (Tyrrhenian Sea), these events have been documented in 2002, 2003, 2005 and 2009, always concurrent with such thermal anomalies during summers (Gambi *et al.*, 2010). All the recorded mortality events affected the most common local Gorgonacea, *Paramuricea clavata* (Risso, 1826), *Eunicella singularis* (Esper, 1791) and *E. cavolini* (Koch, 1887), while the 2009 heat wave affected also for the first time the scleractinian *Astroides calycularis* (Pallas, 1766) (Gambi *et al.*, 2010). In this paper we report a further severe mortality episode of these key sessile organisms, which occurred in summer 2017 off the coast of Ischia.

Materials and methods - Mortality of benthic organisms were observed during several SCUBA and snorkeling surveys conducted from June to October 2017 in various sites off the coast of Ischia. Some of such events were signaled through a web site of Citizen Science activated by the MPA “Regno di Nettuno” (Ischia, Procida and Vivara) in collaboration with the Stazione Zoologica of Napoli (www.citizensciencerdn.org). Quantitative estimates for the gorgonians were done between 15 and 22 m depth in 10 50×50 cm quadrats for each *Eunicella* species along the cliff off Sant’Angelo, and in the rocky bank “Formiche of Vivara” (both included in BI no-take zones of the MPA).

Results and conclusions - The species affected by different extent of necrosis or total mortality were the scleractinians *Astroides calycularis* and *Cladocora caespitosa* (Linnaeus, 1758), the gorgonians *Eunicella cavolini* and *E. singularis*, and the coralline algae *Lithophyllum* spp. (Fig. 1). Necrosis on the two species of scleractinians were observed from July to September, while necrosis of *Lithophyllum* spp., and *Eunicella* spp. were observed in September/middle October. Along the cliff of S. Angelo, both *E. singularis* and *E. cavolini* showed different degrees of necrosis between 15 and 22 m depth, while deeper than 24 m depth colonies were in healthy conditions. The 9.7% of *E. cavolini* were entirely alive, while 58.2% were totally dead or with 95% tissue

necrosis. *E. singularis* showed 10.2% of alive colonies and 63.2% dead or with more than 95% damaged tissues. In sub-horizontal surfaces of the cliff, large white/dead patches of *Lithophyllum* sp. were also observed at 18-20 m depth, likely due to the *CWPD* (*Coralline White Patch Disease*) (Caronni *et al.*, 2017). At the Formiche of Vivara, only *E. cavolini* was present at 15-20 m depth, showing 4.7% of the colonies still alive, while 60.6% were totally dead or over 95% damaged. Additional necrosis of both species of *Eunicella* were reported at the rocky bank “Bell’ommo ‘e terra”, testifying that mortality was widespread all around Ischia. At shallower depth (0-5 m) of S. Angelo, S. Pancrazio and Punta Vico, *C. caespitosa* and *A. calycularis* showed about 20% of the colonies completely or partially dead, with white corallites/colonies (Fig. 1A). At Punta Vico, *Lithophyllum* cf. *stictaeforme* (Areschoug) Hauck, 1877 showed important necrosis, similar to the effects of the *CWPD* (Fig. 1B), a disease reported only once along the Italian coast by Caronni *et al.* (2017).

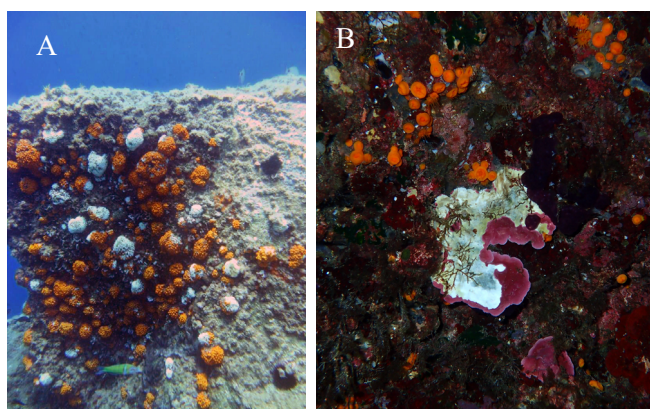


Fig. 1 - A) *Astroides calycularis*, live and dead colonies (S. Angelo - Ischia, -5 m, L. Tiberti); B) *Lithophyllum* cf. *stictaeforme* in necrosis (*CWPD*) (Punta Vico - Ischia, -4 m, N. Teixido).

A) Colonie vive e morte di *Astroides calycularis* (S. Angelo - Ischia, -5 m, L. Tiberti); B) *Lithophyllum* cf. *stictaeforme* in necrosi (*CWPD*) (Punta Vico - Ischia, -4 m, N. Teixido).

A time series of temperature sensors along a depth gradient at Ischia (5-30 m, San Pancrazio cliff) revealed a surface temperature up to 28 °C in August, and peak values of 23-24 °C at 25 m depth in September-October. A similar trend in deep waters was observed also in the previous summer 2016 but without apparent negative effects for benthic organisms. We hypothesize that repetitive thermal stress events (heat-waves) can be the causal explanation of the strong mortality effects observed in these key-sessile organisms, as already occurred at Ischia during the two consecutive heat-waves in 2002 and 2003 (Garrabou *et al.*, 2009).

References

- CARONNI S., CARAGNANO A., BRACCHI V., HEREU B., ANGELETTI L., BASSO D. (2017) - Prima documentazione di *Coralline White Patch Disease* in un letto a rodoliti delle isole Egadi. *Biol. Mar. Mediterr.*, **24** (1): 100-101.
- GAMBI M.C., BARBIERI F., SIGNORELLI S., SAGGIOMO V. (2010) - Mortality events along the Campania coast (Tyrrhenian Sea) in summers 2008 and 2009 and relation to thermal conditions. *Biol. Mar. Mediterr.*, **17** (1): 126-127.
- GARRABOU J., COMA R., BENSOUSSAN N., BALLY M., CHEVALDONNÉ P., CIGLIANO M., DIAZ D., HARMELIN J.G., GAMBI M.C., KERSTING D.K., LEDOUX J.B., LEJEUSNE C., LINARES C., MARSCHAL C., PÉREZ T., RIBES M., ROMANO J.C., SERRANO E., TEIXIDO N., TORRENTS O., ZABALA M., ZUBERER F., CERRANO C. (2009) - Mass mortality in Northwestern Mediterranean rocky benthic communities: effects of the 2003 heat wave. *Glob. Change Biol.*, **15** (5): 1090-1103.

M. GRECHI¹, S. CITTERIO², A. OCCHIPINTI AMBROGI¹, S. CARONNI^{1,2}

¹Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente, Università di Pavia,
Via S. Epifanio, 14 - 27100 Pavia, Italia.
matteo.grechi01@universitadipavia.it

²Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio e di Scienze della Terra,
Università di Milano Bicocca, Milano, Italia.

UN NUOVO RECORD DELLA MICROALGA *CHRYSOPHAENUM TAYLORII* LUNGO LE COSTE DELL'ADRIATICO

A NEW RECORD OF THE MICROALGA CHRYSOPHAENUM TAYLORII ALONG THE ADRIATIC COASTS

Abstract - In August of 2016 a research was conducted along the coasts of Abruzzo (Adriatic Sea) in order to improve the knowledge on the presence and abundance of the benthic mucilage-forming microalga *Chrysothrix taylorii* Lewis & Bryan (*Pelagophyceae*) in the Adriatic Sea.

Key-words: *phytobenthos*, *Chrysothrix taylorii*, *new record*, *Adriatic Sea*, *distribution*.

Introduzione - *Chrysothrix taylorii* Lewis & Bryan è una microalga bentonica produttrice di mucillagine che negli ultimi anni sta rapidamente ampliando la sua distribuzione nel Mediterraneo (Caronni *et al.*, 2014). Dopo la prima osservazione all'Isola d'Elba nel 2005 (Lugliè *et al.*, 2008), la presenza della microalga è stata registrata in Sardegna, dove sembra essersi stabilmente insediata, lungo le coste laziali (Blasi *et al.*, 2013) e siciliane (Calabretti *et al.*, 2016), nonché nei mari della Turchia (Aktan e Topaloğlu, 2011). Al fine di verificarne la presenza anche in Adriatico e di stimarne l'eventuale abbondanza, nell'estate del 2016 sono state effettuate due brevi campagne di campionamento, una alle Isole Tremiti e una lungo le coste abruzzesi. I campioni raccolti alle Isole Tremiti sono stati osservati al microscopio nel gennaio 2017 e la presenza della microalga nella zona è stata segnalata in occasione dello scorso congresso SIBM (Calabretti *et al.*, 2017). In questo lavoro, invece, sono riportati i risultati della campagna abruzzese.

Materiali e metodi - Nell'agosto del 2016, lungo la costa nei pressi di Ortona (42°21'20.37"N, 14°24'12.94"E), sono stati raccolti campioni di acqua e materiale epilittico in due siti simili per caratteristiche del substrato (fondi duri ad alghe fotofile) ma differenti per idrodinamismo. In ciascun sito, in particolare, sono stati raccolti tre campioni, secondo il metodo descritto da Abbate *et al.* (2007) ad una profondità di circa 1 m, alla quale la microalga è risultata essere presente in altre zone nel Mediterraneo (Caronni *et al.*, 2014), e fissati con una soluzione di Lugol e acqua di mare (Abbate *et al.*, 2007). L'identificazione tassonomica ed il conteggio delle cellule di *C. taylorii* sono stati effettuati al microscopio a rovesciamento (3 sub-campioni per ciascun campione) secondo il metodo Utermöhl (Abbate *et al.*, 2007), e la densità è stata espressa in cellule ml⁻¹. Per la determinazione della specie sono state considerate sia la descrizione generale fornita da Lewis e Bryan (1941) sia quella di Calabretti *et al.* (2015), relativa a cellule del ceppo mediterraneo della specie ottenute in coltura.

Risultati - La presenza della microalga *C. taylorii* è stata osservata in tre dei sei campioni complessivamente raccolti nel corso dello studio e, in particolare, in quelli provenienti dal sito caratterizzato da moderato idrodinamismo. Nel sito con idrodinamismo intenso, invece, le cellule vegetative di *C. taylorii* non sono risultate presenti. Dove presente, la densità cellulare media della microalga è risultata pari a

13±2 cellule ml⁻¹ e nei campioni sono state osservate due tipologie di cellule. Oltre alle caratteristiche cellule a forma di fico (~35×15 µm, ovali, allungate, ristrette basalmente, con un grande vacuolo centrale e cloroplasti addossati alla membrana nettamente distinguibile), sono state individuate anche delle cellule con forma pressoché sferica, vacuolo di dimensioni ridotte e organuli ben visibili.

Conclusioni - I risultati di questa ricerca forniscono un ulteriore contributo alle conoscenze sulla distribuzione di *C. taylorii* nel bacino del Mediterraneo, confermandone la presenza in Adriatico (Calabretti *et al.*, 2017). La densità della microalga nei campioni raccolti in Abruzzo è risultata molto simile a quella osservata lungo la costa delle Isole Tremiti (~15 cellule ml⁻¹) e nettamente più bassa rispetto a quelle registrate in altre zone del Mediterraneo (>7000 cellule ml⁻¹), in cui *C. taylorii* si è insediata già da tempo (Caronni *et al.*, 2014). Questi dati rinforzano, quindi, l'ipotesi avanzata da Calabretti *et al.* (2017), secondo cui la colonizzazione dell'Adriatico da parte di *C. taylorii* è avvenuta solo di recente. Inoltre, l'assenza di cellule nel sito ad idrodinamismo più intenso, conferma che questo fattore gioca un ruolo chiave nell'ecologia della specie (Caronni *et al.*, 2014). Infine, la presenza nei campioni di alcune cellule descritte da Lewis e Bryan (1941) come aplanospore, già osservate da Calabretti *et al.* (2015) in coltura, appare particolarmente interessante perché rappresenta il primo ritrovamento di spore della specie in ambiente naturale in Mediterraneo.

Bibliografia

- ABBATE M., BORDONE A., CERRATI G., LISCA A., PEIRANO A. (2007) - Variabilità della distribuzione e densità di *Ostreopsis ovata* nel Golfo della Spezia. *Biol. Mar. Mediterr.*, **14** (2): 286-287.
- AKTAN Y., TOPALOĞLU B. (2011) - First record of *Chrysophaeum taylorii* Lewis & Bryan and their benthic mucilaginous aggregates in the Aegean Sea (eastern Mediterranean). *J. Black Sea Mediterr. Env.*, **17** (2): 159-170.
- BLASI F., DELARIA M., CARONNI S. (2013) - Prima segnalazione della microalga bentonica *Chrysophaeum taylorii* Lewis & Bryan lungo le coste laziali. *Biol. Mar. Mediterr.*, **20** (1): 120-121.
- CALABRETTI C., BONUOMO C., CITTERIO S., OCCHIPINTI AMBROGI A., CARONNI S. (2016) - Prima segnalazione della microalga produttrice di mucillagine *Chrysophaeum taylorii* Lewis & Bryan lungo le coste siciliane. *Biol. Mar. Mediterr.*, **23** (1): 253-254.
- CALABRETTI C., CHIMIENTI G., CITTERIO S., MACRI G., CARONNI S. (2017) - Prima osservazione della microalga produttrice di mucillagine *Chrysophaeum taylorii* presso l'AMP Isole Tremiti. *Biol. Mar. Mediterr.*, **24** (1): 98-99.
- CALABRETTI C., GHIANI A., NAVONE A., CITTERIO S., CARONNI S. (2015) - Prime osservazioni sul ciclo vitale del ceppo mediterraneo della microalga *Chrysophaeum taylorii*. *Biol. Mar. Mediterr.*, **22** (1): 70-71.
- CARONNI S., DELARIA M.A., NAVONE A., PANZALIS P., SECHI N., CECCHERELLI G. (2014) - Relevant scales of variability of the benthic allochthonous microalga *Chrysophaeum taylorii*. *Mar. Biol.*, **161** (8): 1787-1798.
- LEWIS I.F., BRYAN H.F. (1941) - A new protophyte from the dry tortugas. *Am. J. Bot.*, **28** (4): 343-348.
- LUGLIÈ A., SATTA C., PADEDDA B., PULINA S., SECHI N. (2008) - What is *Chrysophaeum taylorii* Lewis & Bryan doing in Sardinia (Tyrrhenian Sea, Mediterranean)? *Harmful Algae News*, **36**: 4-6.

R. GUASTELLA, N. MANCIN, A. CARUSO¹, P. BALISTRERI², A.M. MANNINO², A. MARCHINI

Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente, Università di Pavia,
Via S. Epifanio, 14 - 27100 Pavia, Italia.
agnese.marchini@unipv.it

¹Dip. di Scienze della Terra e del Mare, Università di Palermo, Via Archirafi, 22 - 90123 Palermo, Italia.

²Dip. di Scienze e Tecnologie Biologiche, Chimiche e Farmaceutiche, Sez. di Botanica ed Ecologia delle piante, Università di Palermo, Via Archirafi, 38 - 90123 Palermo, Italia.

UN PICCOLO INVASORE ALLA CONQUISTA DELLA SICILIA: *AMPHISTEGINA LOBIFERA* (FORAMINIFERA: AMPHISTEGINIDAE)

A SMALL INVADER CONQUERS SICILY: AMPHISTEGINA LOBIFERA (FORAMINIFERA: AMPHISTEGINIDAE)

Abstract - The highly invasive *Amphistegina lobifera* (Larsen, 1976), a benthic foraminiferal species native to the Red Sea, has colonized the eastern Mediterranean through the Suez Canal and altered the native community structure. More recently, it has been reported from Malta and the Pelagian Islands within the Sicily Channel. Here, we report new records from the southern coasts of Sicily, where we found it abundant both in the soft-bottom sediment and as epiphyt on algae. The occurrence of *A. lobifera* in Pantelleria and Favignana islands represents the Mediterranean westernmost record of this non-indigenous species.

Key-words: benthic foraminifera, Lessepsian invasion, Sicily Channel, Central Mediterranean Sea.

Introduzione - Il Mar Mediterraneo negli ultimi decenni ha subito un progressivo processo di invasione da parte di specie marine provenienti dal Mar Rosso, che tutt'oggi si immettono nel Mediterraneo attraverso il Canale di Suez, la via navigabile artificiale realizzata nel 1869 ed ampliata negli ultimi anni. Il fenomeno riguarda sia i macro che i microrganismi. Tra i microrganismi marini di origine Indo-Pacifica che stanno colonizzando il Mar Mediterraneo vi è una specie di foraminifero bentonico particolarmente invasiva: *Amphistegina lobifera* Larsen, 1976 (Fig. 1). A causa delle sue ridotte dimensioni (<2 mm), per decenni la sua presenza è sfuggita agli occhi dei biologi marini ed oggi è una delle forme più diffuse nel Mediterraneo orientale. Negli ultimi anni *A. lobifera* ha raggiunto anche il Mediterraneo centrale ed è ormai abbondante lungo le coste della Libia e della Tunisia (Blanc-Vernet, 1969; Langer *et al.*, 2012), di Malta (Yokes *et al.*, 2007), delle Isole Pelagie nel Canale di Sicilia (Caruso e Cosentino, 2014) e lungo le coste albanesi (Langer e Mouanga, 2016) nell'Adriatico meridionale. Questa specie, grazie al suo rapido ciclo riproduttivo e all'elevata adattabilità a nuovi ambienti, sta rapidamente modificando le associazioni a foraminiferi bentonici tipiche del Mediterraneo orientale, sostituendosi alle specie endemiche (Langer *et al.*, 2012). Inoltre, alla morte dell'organismo, la deposizione sul fondo del suo guscio carbonatico sta causando un'alterazione degli habitat, modificando i substrati da rocciosi in sabbiosi (Langer *et al.*, 2012). Oggetto di questo lavoro è lo studio della distribuzione attuale di *A. lobifera* lungo le coste della Sicilia meridionale e delle isole di Pantelleria e Favignana.

Materiali e metodi - Nel periodo compreso tra agosto e novembre 2017, sono stati prelevati circa un centinaio di campioni (sia di alghe, sia di sedimento) ad una profondità compresa tra 0,10 m e 8 m. Il campionamento è stato eseguito in 3 diverse aree: 12 siti lungo le coste della Sicilia meridionale, 5 siti attorno l'isola di Pantelleria e 4 siti lungo le coste meridionali dell'isola di Favignana. Subito dopo la raccolta, i campioni sono stati trattati con Rosa Bengala per distinguere gli individui vivi da quelli già morti all'atto del campionamento. Successivamente i

campioni di sedimento sono stati lavati con acqua utilizzando due setacci a maglie rispettivamente di 150 μm e 63 μm ; i residui di lavato ottenuti sono stati poi asciugati in stufa ca. 40 °C per 2 giorni ed analizzati al microscopio ottico stereoscopico nel loro contenuto in foraminiferi bentonici: attraverso il conteggio di circa 300 individui, è stata determinata la percentuale relativa di *A. lobifera* rispetto all'associazione a foraminiferi bentonici di ciascun campione. I campioni di alghe sono stati essiccati in stufa e poi sbriciolati meccanicamente sul setaccio di 63 μm per staccare gli individui epifitici. Analogamente ai campioni di sedimento, i residui algali sono stati quantitativamente analizzati al microscopio per definire l'abbondanza relativa di *A. lobifera*.

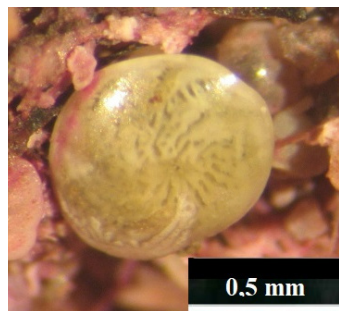


Fig. 1 - Esemplare di *A. lobifera* raccolto in Sicilia meridionale.
Specimen of A. lobifera collected in southern Sicily.

Risultati - I nostri risultati dimostrano che *A. lobifera* ha raggiunto le coste della Sicilia meridionale, dove risulta essere già abbondantemente presente, soprattutto nell'area compresa tra Marzamemi, Capo Passero e Pozzallo, con percentuali relative comprese tra 10% e 30%. In tutti i siti campionati a Pantelleria sono stati trovati individui di *A. lobifera*, con abbondanze discrete in alcune località (es. Cala Levante-Arco dell'Elefante, ca. 30%). Infine, il ritrovamento di *A. lobifera* sulle coste meridionali delle Isole Egadi (isola di Favignana, loc. Punta Longa), seppure limitato a rari esemplari parzialmente abrasati dal moto ondoso (ca. 1%), documenta per la prima volta la presenza della specie al confine col Mediterraneo occidentale.

Conclusioni - I recenti ritrovamenti di *A. lobifera* a Pantelleria e Favignana rappresentano la nuova linea di frontiera dell'espansione di questa specie all'interno del Mediterraneo centrale. Di conseguenza non è da escludere che *A. lobifera* sia anche in grado di oltrepassare lo Stretto di Sicilia, ritenuto finora una barriera geografica naturale per questa specie aliena, ed invadere il Mediterraneo occidentale.

Bibliografia

- BLANC-VERNET L. (1969) - Contribution à l'étude des foraminifères de la Méditerranée. *Rec. Trav. St. Mar. Endoume*, **64** (48): 315 pp.
- CARUSO A., COSENTINO C. (2014) - The first colonization of Genus *Amphistegina* and other exotic benthic foraminifera of the Pelagian Islands and South-eastern Sicily (central Mediterranean Sea). *Mar. Micropal.*, **111**: 38-52.
- LANGER M.R., MOUANGA G.H. (2016) - Invasion of amphisteginid foraminifera in the Adriatic Sea. *Biol. Invasions*, **18** (5): 1335-1349.
- LANGER M.R., WEINMANN A.E., LÖTTERS S., RÖDDER D. (2012) - "Strangers" in paradise: modeling the biogeographic range expansion of the foraminifera *Amphistegina* in the Mediterranean Sea. *J. Foramin. Res.*, **42** (3): 234-244.
- YOKES M.B., MERIC E., AVSAR N. (2007) - On the presence of alien foraminifera *Amphistegina lobifera* Larsen on the coasts of the Maltese Islands. *Aquat. Invasions*, **2** (4): 439-441.

E. MIONI, A.M. MANNINO¹, S. MERLINO²

Istituto Scolastico Autonomo I.S.A. 2 “Complesso scolastico 2 giugno”,
Viale A. Ferrari - 19122 La Spezia, Italia.
erika.mioni@gmail.com

¹Dip. STEBICEF, Università di Palermo, Italia.

²CNR-ISMAR, La Spezia, Italia.

FIRST RECORD OF *APLYSIA DACTYLOMELA* RANG, 1828
(HETEROBRANCHIA, APLYSIIDAE)
FROM PIANOSA ISLAND (NORTHERN TYRRHENIAN SEA)

PRIMA SEGNALAZIONE DI *APLYSIA DACTYLOMELA* RANG, 1828
(HETEROBRANCHIA, APLYSIIDAE)
NELL'ISOLA DI PIANOSA (ALTO TIRRENO)

Abstract - The non-indigenous spotted sea hare *Aplysia dactylomela* Rang, 1828, entered the Mediterranean Sea from the Atlantic, is recorded for the first time from shallow coastal waters of Pianosa Island in 2015. This record can be considered the first occurrence in the northern Tyrrhenian Sea. One specimen of *A. dactylomela* was photographed while was feeding on a rock bottom mainly covered with red algae.

Key-words: non-indigenous species, *Aplysia dactylomela*, Pianosa Island, Tyrrhenian Sea.

Introduction - *Aplysia dactylomela* Rang, 1828 is a yellowish-brownish “opisthobranch” with black rings that make it easily identifiable. It is distributed worldwide in tropical and warm temperature waters, even if molecular studies revealed that it takes origin from the Atlantic (Valdés *et al.*, 2013). It was first recorded in the Mediterranean Sea, from the Island of Lampedusa (AG) by Trainito (2003). Then, *A. dactylomela* was reported from the Adriatic Sea, Calabria, Crete, Cyprus, the Egadi Islands, the eastern Sicily, Israel, the Ligurian Sea, Malta, Turkey (Ayas and Ağılkaya, 2017). The strong marine currents running along the coasts of North Africa from West to East probably allow the larval dispersion towards the Levantine basin where average temperatures are closer to those of its origin areas (Bernat and Molinari, 2016). Moreover, an efficient chemical defense and communication system may promote or facilitate the establishment of local populations and the expansion of *A. dactylomela* (Pasternak and Galil, 2010). In December 2015, a specimen of *A. dactylomela* was sighted and photographed at Pianosa Island (northern Tyrrhenian Sea).

Materials and methods - A specimen of *A. dactylomela* was recorded during a scuba survey (Project “Percorsi nel Blu”, Mioni *et al.*, 2017) carried out at Cala Marzocco, a small cove within Cala dei Turchi (Fig. 1A, Pianosa Island, 42°35'15”N; 10°06'03”E). Cala Marzocco is characterized by calm shallow water and a mixed (sand and rock) bottom, densely covered with algae (from 0.5 to 3 m depth). The specimen (Fig. 1B), sighted at 0.5 m depth, was measured and photographed, but not collected.

Results - The specimen, 20 cm long, presented the characteristic black-dark rings of different sizes and a net of blackish lines at the outer edge of the parapodia. It was on a mixed (sand and rock) bottom feeding on algae, mainly calcareous red algae, Chlorophyceae and Phaeophyceae.

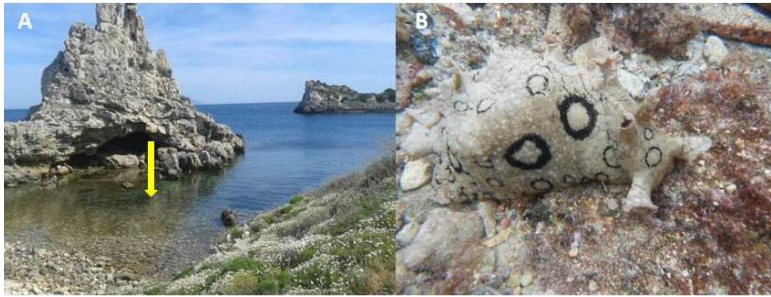


Fig. 1 - A) Sighting site of *Aplysia dactylomela* at Cala Marzocco (Pianosa Island, 42°35'15''N; 10°06'03''E); B) *Aplysia dactylomela* on rocky bottom covered with photophilic algae.

A) Sito di rinvenimento di *Aplysia dactylomela* a Cala Marzocco (Isola di Pianosa, 42°35'15''N; 10°06'03''E); B) *Aplysia dactylomela* su fondale roccioso ricoperto da alghe fotofile.

Conclusions - This first record in the northern Tyrrhenian Sea and second one in the North-western Mediterranean Sea, confirms that *A. dactylomela* is northwards spreading. In a general context of global climate change, a period of mild temperatures in winter season may have created suitable conditions for the survival and colonization of *A. dactylomela* at Pianosa Island. Its nocturnal/crepuscular habit may explain why we found only one specimen during our observations carried out during the day. The sighting of *A. dactylomela* feeding on algae (Mannino *et al.*, 2014; Ayas and Ağilkaya, 2017) mainly Rhodophyceae, may support the hypothesis of a prevalence of red algae in its diet (Greco, 2006). The possible impact of this herbivorous sea hare on the macroalgal community, and the role of reproduction strategy and defense system in the invasion success of *A. dactylomela* need further studies. Moreover, citizen science activities to monitor the spread and abundance of *A. dactylomela* especially during the summer season, period in which the species reproduces should be necessary.

References

- AYAS D., AĞILKAYA G.S. (2017) - Occurrence of the spotted sea hare *Aplysia dactylomela* (Rang 1828, Aplysiidae) in the Yeşilovacık Bay, Northeastern Mediterranean coast of Turkey. *NEsciences*, **2** (3): 73-78.
- BERNAT P., MOLINARI A. (2016) - Northernmost record of the alien sea hare *Aplysia dactylomela* Rang, 1828 (Opisthobranchia, Aplysiidae) in the Mediterranean Sea. *Biol. Mar. Mediterr.*, **23** (1): 216-217.
- GRECO A. (2006) - Segnalazione di *Aplysia dactylomela* Rang, 1828 (Opisthobranchia: Aplysiidae) per il Mar Ionio (Sicilia orientale, Taormina). *Boll. Malacol.*, **42** (9-12): 125-128.
- MANNINO A.M., BALISTRERI P., YOKEŞ M.B. (2014) - First record of *Aplysia dactylomela* (Opisthobranchia: Aplysiidae) from the Egadi Islands (western Sicily). *Mar. Biodivers. Rec.*, **7**, doi: 10.1017/S1755267214000190.
- MIONI E., STROOBANT M., LOCITANI M., MERLINO S., TRAVERSO R. (2017) - "Blue paths": 5 years motivating Citizen participation in research activities for benthos coastal monitoring. First Italian Citizen Science Conference. Rome, 23-24 November 2017.
- PASTERNAK G., GALIL B.S. (2010) - Occurrence of the alien sea hare *Aplysia dactylomela* Rang, 1828 (Opisthobranchia, Aplysiidae) in Israel. *Aquat. Invasions*, **5** (4): 437-440.
- TRAINITO E. (2003) - *Arlecchini mediterranei. Guida ai molluschi opisthobranchi del Mediterraneo*. Taphros Editrice, Olbia, Italia: 60 pp.
- VALDÉS Á., ALEXANDER J., CROCCETTA F., YOKES M.B., GIACOBBE S., POURSANIDIS D., ZENETOS A., CERVERA J.L., CABALLER M., GALIL B.S., SCHEMBRI P.J. (2013) - The origin and dispersal pathway of the spotted sea hare *Aplysia dactylomela* (Mollusca: Opisthobranchia) in the Mediterranean Sea. *Aquat. Invasions*, **8** (4): 427-436.

L. POLA, B. CALCINAI, G. DEL SETTE, D. PICA, F. TORSANI, C. CERRANO

Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente (DiSVA), Università Politecnica delle Marche,
Via Brece Bianche - 60131 Ancona, Italia.
l.pola@pm.univpm.it

MACROZOOBENTHOS ASSOCIATO A DUE SPECIE MEDITERRANEE DI *SARCOTRAGUS* (PORIFERA, DEMOSPONGIAE)

MACROZOOBENTHOS ASSOCIATED WITH TWO MEDITERRANEAN SPECIES OF SARCOTRAGUS (PORIFERA, DEMOSPONGIAE)

Abstract - *Sponge-associated macrozoobenthic assemblages were investigated to evaluate the symbiotic relationships between macrofaunal organisms and sponges belonging to the genus Sarcotragus Schmidt, 1862 in two areas of the Italian waters: Portofino Promontory (Ligurian Sea) and Ancona (Adriatic Sea). Despite the different morphology of the two species and the geographical distance of the two sampled populations, the associated fauna is comparable in term of diversity but with different abundances and seasonal trends.*

Key-words: *macrobenthos, symbioses, Sarcotragus, Adriatic Sea, Ligurian Sea.*

Introduzione - I Poriferi sono spesso coinvolti in associazioni simbiotiche con organismi appartenenti a numerosi *taxa* e possono essere considerati come dei veri “hotel viventi” (Pearse, 1932). Il sistema acquifero delle Demospugne, e in particolare quello del genere *Sarcotragus* Schmidt, 1862, costituisce un eccellente micro-habitat dove policheti, molluschi e crostacei possono trovare aree di rifugio, riproduzione e migliori opportunità di nutrimento (Çinar *et al.*, 2002). Negli ultimi 20 anni numerose specie aventi uno scheletro di spugna hanno sofferto i periodi di anomalia climatica manifestando estesi fenomeni di moria in tutto il Mediterraneo settentrionale (Cerrano *et al.*, 2000; Di Camillo *et al.*, 2013), ciò nonostante il genere *Sarcotragus* sembra resistere meglio di altre spugne cornee agli stress termici. Gli obiettivi di questo lavoro sono stati l'identificazione dei principali *taxa* associati a questo genere di spugna cornea e il loro andamento stagionale per valutare eventuali risposte della comunità macrozoobentonica associata agli stress termici. In particolare, è stata esaminata a Portofino la specie *S. foetidus* Schmidt, 1862, avente grandi dimensioni (40-50 cm di diametro) e voluminosi canali interni, e presso il Passetto di Ancona la specie *S. spinosulus* Schmidt, 1862 avente dimensioni inferiori (15-20 cm di diametro) e canali interni più ridotti.

Materiali e metodi - Cinque campioni di *S. foetidus* e cinque campioni di *S. spinosulus* sono stati raccolti da operatori scientifici subacquei ogni due mesi, dall'estate 2016 alla primavera 2017, rispettivamente a una profondità di circa 20 m presso il Faro del Promontorio di Portofino e a circa 8 m presso il Passetto di Ancona. Per l'estrazione dei simbiotici è stato seguito il protocollo descritto in Pansini (1970). Dopo aver misurato il volume, ogni campione è stato tagliato in frammenti di circa 2 cm², filtrato mediante setaccio a maglia di 125 mm e conservato in alcol 70°. La macrofauna presente è stata identificata e standardizzata per cm³ di volume di spugna.

Risultati - La fauna associata a queste due specie di *Sarcotragus* era costituita in tutto da 2415 organismi di cui 156 presenti nelle spugne prelevate a Portofino e 2259 presenti nelle spugne prelevate ad Ancona. Sono stati identificati 14 diversi *taxa* appartenenti a Sipuncula, Annelida, Mollusca, Arthropoda ed Echinodermata. In entrambe le stazioni, il *taxon* con la maggiore diversità e densità risulta essere

quello dei Policheti, seguito dai Bivalvi e dagli Anfipodi; mostrano valori minori i restanti *taxa*. Appartenenti ai Policheti, sono state individuate 14 famiglie in *S. spinosulus* (Ancona) e 10 famiglie in *S. foetidus* (Portofino); risultano comuni le famiglie Eunicidae, Nereididae, Sabellidae, Serpulidae e Syllidae, già segnalate in altre spugne del Mar Mediterraneo (Koukouras *et al.*, 1996; Gherardi *et al.*, 2001). In *S. spinosulus*, i valori medi delle densità dei Policheti sono pari a $1,629 \pm 0,538$ ind/cm³ e rimangono costanti durante tutto il periodo di studio, mentre in *S. foetidus* si hanno valori mediamente più bassi ($0,129 \pm 0,085$ ind/cm³). Per i Bivalvi, le densità medie sono nettamente superiori in *S. spinosulus* ($0,694 \pm 1,139$ ind/cm³), dove mostrano un picco nel mese di gennaio 2017 ($2,4 \pm 3,530$ ind/cm³), rispetto a *S. foetidus* dove raggiungono i valori massimi in marzo 2017 ($0,119 \pm 0,114$ ind/cm³). Gli Anfipodi presenti nei due siti presentano valori massimi di densità nel mese di gennaio 2017 ($1,548 \pm 0,801$ ind/cm³) in *S. spinosulus* e nel mese di novembre 2016 ($0,036 \pm 0,072$ ind/cm³) in *S. foetidus*.

Conclusioni - La macrofauna associata a *Sarcotragus* spp. nei due siti mostra similarità per quanto riguarda la diversità dei *taxa* presenti ma differenze in termini di abbondanza e andamenti stagionali. Le grandi dimensioni degli esemplari di *S. foetidus* rispetto a *S. spinosulus* possono fare ipotizzare un ambiente interno più stabile e meno soggetto alle oscillazioni stagionali, ma non confermano la relazione positiva riportata in letteratura tra volume dei canali interni e abbondanza della macrofauna associata. La maggiore trofia delle acque adriatiche rispetto alle acque del Tirreno potrebbe quindi essere il fattore di controllo più importante.

Bibliografia

- CERRANO C., BAVESTRELLO G., BIANCHI C.N., CATTANEO-VIETTI R., BAVA S., MORGANTI C., MORRI C., PICCO P., SARA G., SCHIAPARELLI S., SICCARDI A., SPONGA F. (2000) - A catastrophic mass-mortality episode of gorgonians and other organisms in the Ligurian Sea (North-western Mediterranean), summer 1999. *Ecol. Lett.*, **3** (4): 284-293.
- ÇINAR M.E., KATAĞAN T., ERGEN Z., SEZGIN M. (2002) - Zoobenthos-inhabiting *Sarcotragus muscarus* (Porifera: Demospongiae) from the Aegean Sea. *Hydrobiologia*, **482** (1-3): 107-117.
- DI CAMILLO C.G., BARTOLUCCI I., CERRANO C., BAVESTRELLO G. (2013) - Sponge disease in the Adriatic Sea. *Mar. Ecol.*, **34** (1): 62-71.
- GHERARDI M., GIANGRANDE A., CORRIERO G. (2001) - Epibiotic and endobiotic polychaetes of *Geodia cydonium* (Porifera, Demospongiae) from the Mediterranean Sea. *Hydrobiologia*, **443** (1-3): 87-101.
- KOUKOURAS A., RUSSO A., VOULTSIADOU-KOUKOURA E., ARVANITIDIS C., STEFANIDOU D. (1996) - Macrofauna associated with sponge species of different morphology. *Mar. Ecol.*, **17** (4): 569-582.
- PANSINI M. (1970) - Inquilinismo in *Spongia officinalis*, *Ircinia fasciculata* e *Petrosia ficiformis* della Riviera Ligure di Levante. *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova*, **38**: 5-17.
- PEARSE A.S. (1932) - Inhabitants of certain sponges at Dry Tortugas. *Pap. Tortugas Lab.*, **28**: 117-124.

S. RIGHI, I. MALETTI, R. SIMONINI, S. FAI, V. TESSARI, D. PREVEDELLI

Dipartimento di Scienze della Vita, Università di Modena e Reggio Emilia,
Via Campi, 213/D - 41125 Modena, Italia.
sara.righi@unimore.it

CARATTERI MORFOMETRICI DI UNA POPOLAZIONE IONICA
DEL VERME DI FUOCO *HERMODICE CARUNCULATA*
(ANNELIDA, AMPHINOMIDAE)

*MORPHOMETRIC TRAITS OF AN IONIAN POPULATION
OF THE BEARDED FIREWORM HERMODICE CARUNCULATA
(ANNELIDA, AMPHINOMIDAE)*

Abstract - We measured different allometric traits (body length, weight, number of segments and width) of bearded fireworms (*Hermodice carunculata*) from Porto Cesareo (LE). Correlation and regression analyses suggested the existence of significant and statistically positive relationships among traits. A few studies have dealt with Mediterranean fireworm biology and these results are important contributions to investigate fireworm population dynamic.

Key-words: allometry, morphology, populations, zoobenthos, Mediterranean Sea.

Introduzione - Il verme di fuoco *Hermodice carunculata* (Pallas, 1766) è un polichete amfinomide diffuso nell'Oceano Atlantico e nel Mar Mediterraneo (Simonini *et al.*, 2017). Le conoscenze sulle popolazioni mediterranee sono relativamente scarse, anche se diverse problematiche socio-economiche ed ecologiche sono associate ai vermi di fuoco. Dense popolazioni possono danneggiare la pesca, nutrendosi opportunisticamente di specie ittiche commercialmente pregiate rimaste intrappolate nelle reti (Celona e Comparetto, 2010). La presenza massiccia di questi animali urticanti è sgradita ai bagnanti di numerose zone balneari dell'Italia Meridionale. Infine, i vermi di fuoco possono predare specie chiave degli ambienti marini rocciosi provocando effetti a cascata su più livelli trofici (Simonini *et al.*, 2017). Lo studio di queste problematiche richiede un'analisi della dinamica di popolazione basata sulle variabili morfometriche individuali. Ad oggi, i soli dati disponibili in letteratura riguardano il numero di segmenti chetigeri raccolto da piccoli campioni di popolazioni atlantiche e mediterranee (Ahrens *et al.*, 2013). Per ottenere informazioni sulle principali variabili morfometriche e descrivere le relazioni tra di esse sono stati esaminati 105 esemplari di *H. carunculata*.

Materiali e metodi - I vermi di fuoco sono stati raccolti tramite SCUBA diving a Porto Cesareo (LE) tra maggio 2016 e dicembre 2017, trasferiti in laboratorio all'Università di Modena e mantenuti all'interno di un sistema di acquari con ricircolo (capacità complessiva 600 l). Le condizioni di mantenimento erano: temperatura 24-25 °C; salinità 32-36 psu; fotoperiodo 16 ore luce/8 ore buio. L'analisi morfometrica è stata eseguita dieci giorni dopo il campionamento. Tutte le variabili sono state ricavate *in vivo* dagli animali anestetizzati all'interno di una vasca con MgCl₂ al 7%. Sono stati esclusi dalle misurazioni esemplari danneggiati o con porzioni del corpo rigenerate. Per ciascun individuo sono stati determinati: il peso totale sgocciolato, la lunghezza del corpo, il numero di segmenti chetigeri e la larghezza. Quest'ultima variabile è stata ottenuta misurando la lunghezza della linea gialla intersegmentale al 10° segmento chetigero (d'ora in poi chiamata "lunghezza della linea gialla"). Analisi preliminari su un sotto-gruppo di 39 individui hanno rivelato che la lunghezza della linea gialla è il miglior descrittore della larghezza dei

vermi di fuoco e la sua misura è semplice e precisa. Tutte le misure lineari sono state ottenute fotografando gli animali anestetizzati accanto ad un riferimento metrico, derivando i dati dalle foto tramite il software ImageJ (Ferreira e Rasband, 2012). Le relazioni tra le variabili sono state inizialmente esplorate calcolando la correlazione non parametrica di Spearman (r_s). La stima delle relazioni esistenti tra coppie di variabili è stata ottenuta applicando una regressione secondo potenza. Le coppie sono state scelte in base alla rilevanza biologica ed all'intensità della correlazione (coefficiente r_s maggiore) (i.e. lunghezza-peso, numero di segmenti-lunghezza, linea gialla-lunghezza, linea gialla-peso).

Risultati - Gli individui di *H. carunculata* mostravano lunghezza del corpo compresa tra 3 cm e 28 cm (media $15,75 \pm 5,26$ cm). Il peso variava da un minimo di 0,50 g ed un massimo di 45,5 g (media $11,76 \pm 8,98$ g). Il numero di segmenti era compreso tra 37 e 128 (media $80,91 \pm 15,62$) e la lunghezza della linea gialla tra 0,24 cm e 0,88 cm (media $0,57 \pm 0,15$ cm). È stata osservata una correlazione positiva significativa tra tutte le relazioni analizzate. L'analisi della regressione ha evidenziato l'esistenza di relazioni altamente significative tra lunghezza del corpo e il peso ($y=0,0318x^{2,084}$; $R^2=0,91$; $p<0,001$), il numero di segmenti e la lunghezza del corpo ($y=0,0073x^{1,7412}$; $R^2=0,8$; $p<0,001$) e la lunghezza della linea gialla e quella del corpo ($y=27,922x^{1,0726}$; $R^2=0,58$; $p<0,001$). Anche la relazione tra la lunghezza della linea gialla e il peso è significativa ($y=39,863x^{2,5646}$; $R^2=0,7$; $p<0,001$).

Conclusioni - Il range di taglia della popolazione campionata è sovrapponibile a quello delle popolazioni campionate in Atlantico (34-103 segmenti chetigeri) e nel Mediterraneo orientale (36-123 segmenti chetigeri) (Ahrens *et al.*, 2013), ma non è stato possibile esaminare esemplari di dimensioni ridotte (0,5-2,5 cm) (Wolf e Nugues, 2013). Le strette relazioni che esistono tra le diverse variabili misurate possono permettere di risalire dall'una all'altra. Le informazioni ottenute suggeriscono che il numero di segmenti e la lunghezza del corpo possono risultare particolarmente utili nelle future indagini sulla dinamica di popolazione di *H. carunculata*. Inoltre, la lunghezza della linea gialla può essere usata per stimare la lunghezza e/o il peso dei vermi di fuoco, specie nel caso di individui in rigenerazione o di cui siano disponibili solo immagini fotografiche della parte anteriore del corpo.

Bibliografia

- AHRENS J.B., BORDA E., BARROSO R., PAIVA P.C., CAMPBELL A.M., WOLF A., NUGUES M.M., ROUSE G.W., SCHULZE A. (2013) - The curious case of *Hermodice carunculata* (Annelida: Amphinomidae): evidence for genetic homogeneity throughout the Atlantic Ocean and adjacent basins. *Mol. Ecol.*, **22** (8): 2280-2291.
- CELONA A., COMPARETTO G. (2010) - Prime osservazioni sulla predazione opportunistica del "vermocane" *Hermodice carunculata* (Pallas, 1766), ai danni della piccola pesca artigianale nelle acque di Lampedusa (Is. Pelagie). *Ann. Ser. hist. nat.*, **20** (1): 15-20.
- FERREIRA T., RASBAND W. (2012) - ImageJ user guide. ImageJ/Fiji 1.46r: 185 pp.
- SIMONINI R., RIGHI S., MALETTI I., FAI S., PREVEDELLI D. (2017) - Bearded versus thorny: the fireworm *Hermodice carunculata* preys on the sea urchin *Paracentrotus lividus*. *Ecol.*, **98** (10): 2730-2732.
- WOLF A.T., NUGUES M.M. (2013) - Predation on coral settlers by the corallivorous fireworm *Hermodice carunculata*. *Coral Reefs*, **32** (1): 227-231.

F. SCARPA, P. COSSU, D. SANNA¹, T. LAI, P. PANZALIS², A. NAVONE², M. CASU

Dipartimento di Medicina Veterinaria, Università di Sassari, Via Vienna, 2 - 07100 Sassari, Italy.
marcasu@uniss.it

¹Dipartimento di Scienze Biomediche, Università di Sassari, Viale San Pietro, 43/b - 07100 Sassari, Italy.

²Area Marina Protetta Tavolara Punta Coda Cavallo, Via Dante, 1 - 07026 Olbia, Italy.

EFFECTIVENESS OF THE NON-LETHAL PROTOCOL FOR TISSUE SAMPLING IN *PATELLA FERRUGINEA*

EFFICACIA DEL PROTOCOLLO DI CAMPIONAMENTO NON LETALE DI TESSUTI IN PATELLA FERRUGINEA

Abstract - *Patella ferruginea* is a rare and threatened Mediterranean gastropod. Hence, since 2004 we developed a non-lethal protocol aimed at sampling tissues for genetic analysis. Here we report further evidence of the protocol long-term effectiveness, based on a study carried out at Tavolara Punta Coda Cavallo MPA. We confirm the 100% of the survival rate of the managed specimens by using the non-lethal protocol.

Key-words: macrozoobenthos, *Patella ferruginea*, endangered species, non-lethal sampling method, Tavolara Punta Coda Cavallo MPA.

Introduction - The Mediterranean giant limpet, *Patella ferruginea* Gmelin, 1791 (Mollusca: Gastropoda) is an endemic species of the western Mediterranean and nowadays is one of the most endangered marine invertebrates in that area. In recognition of the potentially critical status of this species, we developed and standardized a non-lethal protocol for collecting fresh tissue as a source of genetic material (see Casu *et al.*, 2011, and references therein). The protocol relies on the following steps (see Fig. 1): limpet removal from its home location by means of a metal chisel during high tide (Fig. 1a,b,c); collecting of a small foot-muscle tissue (30-60 mg) using sterilized surgical forceps (Fig. 1d); limpet re-positioning in its home location and waiting until the complete adhesion to the rock (Fig. 1e,f). The present study evaluates the effectiveness of such protocol, analyzing the medium-term (4 years) survival rate of individuals of *P. ferruginea* sampled at Tavolara Punta Coda Cavallo MPA (NE Sardinia).

Materials and methods - During a multidisciplinary survey in 2013 on genetic diversity and effective size of the *P. ferruginea* population in the MPA Tavolara Punta Coda Cavallo (see Cossu *et al.*, 2017 for results), 3104 limpets were censused and georeferenced, 100 of which were sampled using the non-lethal protocol. Among these individuals, 49 limpets were sampled in three islets: Isola di Molarotto (MLT, 25 individuals), Isola dei Porri (IPO, 12) and Isola dei Topi (ITO, 12), which represent perfect natural laboratories for the aim of the present study. Indeed, their isolation and small extension greatly hamper external perturbations. Four years later, relying on the strong homing reaction of the species (Laborel-Deguen and Laborel, 1991), the 49 limpets have been searched by means of Garmin etrex 10 - GPS + GLONASS (the same GPS used in 2013) (Cossu *et al.*, 2017). Each individual has been identified by interpolating coordinates, photographic material, shell dimension and orientation, and distribution pattern of other individuals on the rock.



Fig. 1 - Steps of the non-lethal sampling: a) and b) limpet removal; c) “home scare”; d) cut of muscle tissue; e) limpet re-positioning; f) check of the adhesion of the limpet.

Fasi del campionamento non letale: a) e b) distacco della patella; c) “home scare”; d) prelievo del tessuto muscolare; e) riposizionamento in situ della patella; f) verifica dell’adesione della patella.

Results and conclusions - In this survey, each individual of *P. ferruginea* sampled in 2013 by the non-lethal tissue protocol was found in the same locations, indicating a survival rate up to 100%. Although based on a low number of individuals, the results are intriguing and confirm the effectiveness of the tested protocol. Moreover, this study extends former knowledge on survival, as individuals were so far checked for three months after tissue sampling. It should be pointed out that the size of the individuals, sampled in 2013, ranged between 2 and 10 cm of shell total length. Accordingly, results on the survival rate should not have been influenced by the bodies’ size. Nevertheless, according to our experience, very small and very large individuals are more sensitive to handling compared to limpets of intermediate size. In particular, the first ones may suffer for tissue excision, which may turn out not to be negligible compared to the foot size. Conversely, the second ones mostly suffer during the removal from the substrate, as they are able to perform a strong muscle contraction, which may cause abrasions and/or involuntary resections on the foot due to detachment. Avoiding the sampling of individuals out of the range 2-10 cm is, in our opinion, the best way to escape mortality due to the manipulation.

References

- CASU M., RIVERA-INGRAHAM G.A., COSSU P., LAI T., SANNA D., DEDOLA G.L., SUSSARELLU R., SELLA G., CRISTO B., CURINI-GALLETTI M., GARCÍA-GÓMEZ J.C., ESPINOSA F. (2011) - Patterns of spatial genetic structuring in the endangered limpet *Patella ferruginea*: implications for the conservation of a Mediterranean endemic. *Genetica*, **139** (10): 1293-1308.
- COSSU P., SCARPA F., DEDOLA G.L., SANNA D., LAI T., CRISTO B., CURINI-GALLETTI M., PANZALIS P., NAVONE A., CAREDDU G., CONGIATU P.P., MURA L., FOIS N., CASU M. (2017) - Surviving at the edge of a fragmented range: patterns of genetic diversity in isolated populations of the endangered giant Mediterranean limpet (*Patella ferruginea*). *Mar. Biol.*, **164**, doi: 10.1007/s00227-017-3080-6.
- LABOREL-DEGUEN F., LABOREL J. (1991) - Nouvelles observations sur la population de *Patella ferruginea* Gmel. de Corse. In: Boudouresque C.-F., Avon M., Gravez V. (eds), *Les espèces marines à protéger en Méditerranée*. GIS Posidonie publ., France: 105-117.

V. SULLIOTTI, A. RINALDI¹, V. ANGELINI², R. HAYASHI³, S. PARI²

Dipartimento di Biologia, Università di Bologna, Campus di Ravenna,
Via dell'Agricoltura, 5 - 48123 Ravenna, Italia.

¹Fondazione Centro Ricerche Marine, Viale A. Vespucci, 2 - 47042 Cesenatico (FC), Italia.

²Fondazione Cetacea onlus, Viale Torino, 7/A - 47838 Riccione (RN), Italia.
educazione@fondazionecetacea.org

³Atmosphere and Ocean Research Institute, Università di Tokio, Kashiwa, Chiba 277-8564, Giappone.

SEGNALAZIONE DI RITROVAMENTO
IN ALTO ADRIATICO DEL BALANIDE
CHELONIBIA MANATI CREMATIBASIS PILSBRY, 1916

FINDING OF BARNACLE
CHELONIBIA MANATI CREMATIBASIS PILSBRY, 1916
IN NORTH ADRIATIC SEA

Abstract - Sea turtles often have different epibionts on their bodies and especially those belonging to the Chelonibiidae family. In the Adriatic Sea, on the most common sea turtle species the *Caretta caretta*, several species belonging to these crustaceans are attached but until now, it has never been reported *Chelonibia manati crenatibasis*, whose presence on the host is typical for marine mammals and cartilaginous fish as the sharks.

Key-words: epibiont, sea turtle, *Chelonibia manati crenatibasis*, barnacles, Adriatic Sea.

Introduzione - Il ritrovamento di *Chelonibia manati crenatibasis* Pilsbry, 1916 è avvenuto in maniera casuale mentre veniva condotto uno studio di tesi sulla presenza, la tipologia e la distribuzione di epibionti su esemplari di *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758) in Alto Adriatico per comprendere meglio l'ecologia di questo rettile e le sue rotte migratorie stagionali attraverso una maggiore conoscenza della fauna epibionte che colonizza il suo corpo. Infatti, si è osservato che in base all'areale e all'habitat frequentato dalle tartarughe marine, i suoi epibionti variano (Casale *et al.*, 2012).

Materiali e metodi - Tra il 2013 e il 2014 sono stati prelevati, come campioni, 105 esemplari di balani dal carapace, parte dorsale della corazza, di 35 tartarughe marine della specie *C. caretta*; 28 di queste erano animali spiaggiati morti mentre 7 erano vivi e sono stati pescati accidentalmente con reti a strascico. L'area geografica in cui sono stati recuperati gli esemplari di *C. caretta* si estendeva per 204 km tra la Regione Emilia-Romagna e la Regione Marche. Il prelievo dei campioni dalle tartarughe vive è stato effettuato posizionando gli animali in vasche di quarantena con acqua dolce per un tempo limitato tra le 24 e le 72 h, in modo che l'adesione degli epibionti diminuisse e con più facilità, utilizzando strumenti di estrazione come delle pinzette, fosse possibile staccarli, raccogliarli e poi conservarli in etanolo al 70% (Sulliotti, 2013).

Risultati - Oltre alle specie di balanidi più frequenti ritrovate su tutte le tartarughe esaminate, su di un solo esemplare è stata riscontrata una specie morfologicamente differente da quelle normalmente presenti. L'epibionte mostrava, alla sua base, delle protuberanze cornee ramificate come delle radici, utilizzate per l'ancoraggio che avveniva penetrando in profondità nel tessuto epiteliale dell'ospite, anche nelle sue parti più cheratinizzate, provocando notevoli lacerazioni. Questa particolare adesione, rendeva la sua rimozione molto complicata, anche per le lesioni che l'estrazione dell'epibionte provocava. La colorazione bianco-avorio e la forma cilindrico conica

delle piastre, rendeva simile l'esemplare alla specie *Chelonibia patula* (Ranzani, 1818), ma le differenze erano troppe. Attraverso una ricerca in letteratura, si è cercata un'identificazione certa e dopo aver erroneamente attribuito il campione alla specie *Stephanolepas muricata* Fischer, 1886, grazie all'aiuto dell'esperto giapponese prof. Ryota Hayashi (Hayashi *et al.*, 2013), si è avuta la conferma dell'appartenenza dell'esemplare alla specie *Chelonibia manati crenatibasis*. Questa specie di balanide non è tipica delle tartarughe marine, ma piuttosto è un epibionte che infesta l'epidermide di mammiferi marini, in particolare i Sirenidi e i pesci cartilaginei. La *C. manati crenatibasis* (Fig. 1) appartiene alla super famiglia dei Coronuloidea caratterizzata da una riduzione delle dimensioni dell'opercolo e dalla penetrante modalità di ancoraggio all'ospite (Frick *et al.*, 2010).

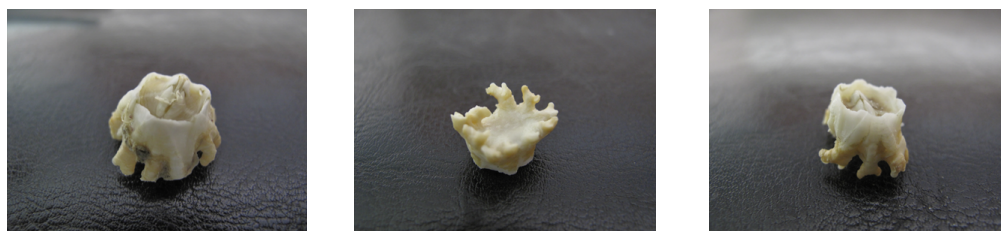


Fig. 1 - Alcuni esemplari di *C. manati crenatibasis*, ritrovati su di una tartaruga marina comune (*Caretta caretta*).

Some specimens of C. manati crenatibasis, found on loggerhead sea turtle (Caretta caretta).

Conclusioni - Il ritrovamento di *C. manati crenatibasis* è un evento nuovo e inusuale non solo per il bacino dell'Adriatico ma anche per il resto del Mediterraneo (Rinaldi, 2017), che può determinare un inizio di indagine più approfondita sulla natura degli epibionti presenti sulle tartarughe marine in quanto possibili indici anche di modifiche ecologiche e ambientali.

Bibliografia

- CASALE P., D'ADDARIO M., FREGGI D., ARGANO R. (2012) - Barnacles (Cirripedia, Thoracica) and associated epibionts from sea turtles in the central Mediterranean. *Crustaceana*, **85** (4-5): 533-549.
- FRICK M.G., ZARDUS J.D., LAZO-WASEM E.A. (2010) - A new coronuloid barnacle subfamily, genus and species from cheloniid sea turtles. *Bull. Peabody Mus. Nat. Hist.*, **51** (2): 169-177.
- HAYASHI R., CHAN B.K.K., SIMON-BLECHER N., WATANABE H., GUY-HAIM T., YONEZAWA T., LEVY Y., SHUTO T., ACHITUV Y. (2013) - Phylogenetic position and evolutionary history of the turtle and whale barnacles (Cirripedia: Balanomorpha: Coronuloidea). *Mol. Phylogenet. Evol.*, **67** (1): 9-14.
- RINALDI A. (2017) - *Atlante della fauna e flora marina dell'Adriatico nord-occidentale*. 3° Ed. Editrice La Mandragora, Imola: 393 pp.
- SULLIOTTI V. (2013) - Presenza e distribuzione di epibionti su *Caretta caretta* in Adriatico. Tesi di Laurea, Università di Bologna, Corso di laurea triennale in Scienze Ambientali: 36 pp.

P. THEERANUKUL¹, S. WATABE², D. IKEDA³, J. KETTRATAD^{1,2},
S. PIYAPATTANAKORN^{1,2}, F. MALTAGLIATI⁴

¹Department of Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University - 10330 Bangkok, Thailand.

²Center of Excellence for Marine Biotechnology, Department of Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University - 10330 Bangkok, Thailand.

³Kitasato University School of Marine Bioscience Mimami-ku - 252-0373 Sagamihara, Japan.

⁴Dipartimento di Biologia, Università di Pisa, Via Derna, 1 - 56126 Pisa, Italia.
ferruccio.maltagliati@unipi.it

DIVERSITÀ GENETICA SUL FANGO. *BOLEOPHTALMUS BODDARTI* (ACTINOPTERYGII, GOBIIDAE) È GENETICAMENTE STRUTTURATO NEL GOLFO DI TAILANDIA?

GENETIC DIVERSITY ON THE MUD. IS THE MUDSKIPPER BOLEOPHTALMUS BODDARTI (ACTINOPTERYGII, GOBIIDAE) GENETICALLY STRUCTURED IN THE GULF OF THAILAND?

Abstract - A total of 178 individuals of the blue-spotted mudskipper, *Boleophthalmus boddarti*, from 6 locations within the Gulf of Thailand were analysed through sequencing of a 320bp portion of the mitochondrial control region. Statistical analyses showed the occurrence of significant genetic divergence between samples from the inner and outer Gulf of Thailand.

Key-words: *Boleophthalmus boddarti*, mitochondrial DNA, control region, genetic diversity, Gulf of Thailand.

Introduzione - *Boleophthalmus boddarti* (Pallas, 1770) (Actinopterygii, Gobiidae), è un pesce bentonico tipico dei fondi fangosi intertidali delle foreste di mangrovie della regione indo-pacifica. Questa specie rappresenta una fonte di cibo in molti paesi del sud-est asiatico ed è anche impiegata in acquacoltura. La larva è pelagica e gli adulti mostrano un'elevata fedeltà all'habitat compiendo spostamenti molto limitati. È stato documentato che le riduzioni demografiche, talvolta drammatiche, delle popolazioni di *B. boddarti* e di altre specie ittiche con il medesimo habitat sono da mettersi in relazione all'alterazione e alla riduzione dei mangrovieti, avvenute negli ultimi decenni a causa dell'imponente sviluppo di attività antropiche sulla fascia costiera (Polidoro *et al.*, 2010). Con il presente lavoro si è indagata la struttura genetica di *B. boddarti* nel Golfo di Thailandia al fine di ottenere una base di dati da impiegare nella gestione di questa specie.

Materiali e metodi - Nel periodo maggio 2014 - luglio 2016 sono state prelevate porzioni di pinna caudale (<1 cm²) di 178 individui di *B. boddarti* in 6 località del Golfo di Thailandia (Fig. 1). Il DNA è stato estratto mediante un protocollo basato su precipitazione indotta da elevata concentrazione di NaCl (Aljanabi e Martinez, 1997). Per ogni individuo sono state sequenziate 320 pb della regione di controllo mitocondriale per mezzo dei primer 5'-CACGAACCCATTCAAACAAG-3' (*forward*) e 5'-AGTTTACGAGTTTAGGGGGG-3' (*reverse*). Il network degli aplotipi è stato ottenuto con Network v. 5.0.0.3 (Bandelt *et al.*, 1999), l'analisi della varianza molecolare (AMOVA) è stata eseguita con Arlequin v. 3.5 (Excoffier e Lischer, 2010) e il test Bayesiano di assegnazione con BAPS v. 5.2 (Corander *et al.*, 2004).

Risultati - Complessivamente sono stati rilevati 55 aplotipi, di cui il più comune era condiviso da tutte le località, mentre 45 aplotipi (82%) erano località-privati. I due aplogruppi principali presenti nel network erano determinati dall'inserzione di un'adenina alla posizione 74, osservata in 14 aplotipi delle tre località più esterne

al Golfo (RY, NK e PT). L'AMOVA ha rilevato divergenza genetica significativa *i*) tra località e *ii*) tra gruppi di località interne (SS, PB e CH) ed esterne (RY, NK e PT) (rispettivamente $F_{SC}=0,034$, $P=0,022$ e $F_{CT}=0,071$, $P<0,001$). Il test Bayesiano di assegnazione ha confermato la presenza dei due aplogruppi ($PP=1$) di cui uno presente in tutte le località e l'altro quasi esclusivo delle località più esterne del Golfo (Fig. 1).

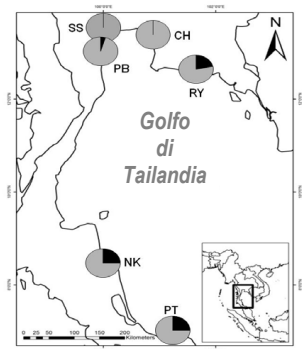


Fig. 1 - Siti di campionamento di *B. boddarti* nel Golfo di Thailandia. I grafici indicano le frequenze dei due aplogruppi.

Sampling sites of *B. boddarti* within the Gulf of Thailand. Pie charts indicate frequencies of the two haplogroups.

RY, Rayong ($N=32$), CH, Chachoengsao ($N=39$), SS, Samutsongkram ($N=24$), PB, Petchburi ($N=22$), NK, Nakorn Sri Thammarat ($N=36$), PT, Pattani ($N=24$).

Conclusioni - I risultati del presente lavoro hanno evidenziato la presenza di una significativa struttura genetica di *B. boddarti* all'interno del Golfo di Thailandia. L'insorgenza di una strutturazione genetica più pronunciata all'interno del Golfo è contrastata dal flusso genico dovuto all'elevato potenziale per la dispersione della larva planctonica. La durata della vita larvale in *B. boddarti* non è nota, ma molto presumibilmente non dovrebbe discostarsi di molto da quella della specie filogeneticamente vicina con caratteristiche ecologiche simili, *B. pectinirostris* (L., 1758), che ha una durata della vita larvale di 30-50 giorni (Zhang *et al.*, 1989). La struttura genetica osservata, che riguarda principalmente la divergenza tra i campioni della parte più interna del Golfo e quelli più esterni, è favorita da fattori oceanografici locali. Infatti i fiumi che sfociano nella parte più interna del Golfo determinano movimenti circolari (*gyres*) delle acque superficiali, che hanno un andamento antiorario da aprile a settembre ed orario da ottobre a marzo (Sojisuporn *et al.*, 2010). Questi *gyres* possono creare una barriera alla dispersione larvale, favorendo la ritenzione larvale nella parte più interna del Golfo e limitando quindi il flusso genico con la parte più esterna.

Bibliografia

- ALJANABI S.M., MARTINEZ I. (1997) - Universal and rapid salt-extraction of high quality genomic DNA for PCR-based techniques. *Nucleic Acids Res.*, **25** (22): 4692-4693.
- BANDELT H.-J., FORSTER P., RÖHL A. (1999) - Median-joining networks for inferring intraspecific phylogenies. *Mol. Biol. Evol.*, **16** (1): 37-48.
- CORANDER J., WALDMANN P., MARTTINEN P., SILLANPÄÄ M.J. (2004) - BAPS 2: enhanced possibilities for the analysis of genetic population structure. *Bioinformatics*, **20** (15): 2363-2369.
- EXCOFFIER L., LISCHER H.E.L. (2010) - Arlequin suite ver 3.5: a new series of programs to perform population genetics analyses under Linux and Windows. *Mol. Ecol. Resour.*, **10** (3): 564-567.
- POLIDORO B.A., CARPENTER K.E., COLLINS L., DUKE N.C., ELLISON A.M., ELLISON J.C. *et al.* (2010) - The loss of species: mangrove extinction risk and geographic areas of global concern. *PLoS ONE*, **5** (4), doi: 10.1371/journal.pone.0010095.
- SOJISUPORN P., MORIMOTO A., YANAGI T. (2010) - Seasonal variation of sea surface current in the Gulf of Thailand. *Coast. Mar. Sci.*, **34** (1): 91-102.
- ZHANG Q.-Y., HONG W.-S., DAI Q.-N., ZHANG J., CAI Y.-Y., HUANG J.-L. (1989) - Studies on induced ovulation, embryonic development and larval rearing of the mudskipper (*Boleophthalmus pectinirostris*). *Aquaculture*, **83** (3-4): 375-385.

L. APPOLLONI, L. DONNARUMMA, F. DI STEFANO, F. FERRIGNO, F. RENDINA,
R. SANDULLI, G.F. RUSSO

Dipartimento di Scienze e Tecnologie (DiST), Università di Napoli "Parthenope", URL CoNISMa,
Centro Direzionale, Isola C4 - 80143 Napoli, Italia.
luca.appolloni@uniparthenope.it

COMPARAZIONI DI POPOLAMENTI ITTICI ASSOCIATI AGLI HABITAT FOTOFILO E CORALLIGENO LUNGO LE COSTE DELLA CAMPANIA

FISH ASSEMBLAGES COMPARISONS ASSOCIATED TO PHOTOPHILOUS AND CORALLIGENOUS HABITATS ALONG CAMPANIA COAST

Abstract - Fish assemblages associated with photophilous and coralligenous habitats in the no take zones of three MPAs along Campania Region coast were detected by visual census. Results show that although there are significant differences due to the interaction between MPA and habitat factors, those differences are not enough to affect β -diversity.

Key-words: Marine Protected Areas, fish communities, β -diversity.

Introduzione - Negli ultimi anni gli studi sulla β -diversità negli ecosistemi marini hanno assunto un ruolo centrale, permettendo di quantificare il grado di variazione delle comunità lungo gradienti ambientali. La β -diversità è misurata in termini di eterogeneità delle comunità ittiche lungo gradienti spaziali (o temporali), permettendo di investigare quali siano i fattori che maggiormente incidono sulla struttura e composizione delle comunità stesse (Appolloni *et al.*, 2017). Questo lavoro mostra i risultati preliminari ottenuti per valutare se le comunità ittiche di tre Aree Marine Protette lungo le coste campane, associate agli habitat di fondo duro fotofilo e coralligeno, presentano differenze significative.

Materiali e metodi - Le comunità ittiche associate agli habitat fotofilo (Ph) e coralligeno (C) sono state valutate attraverso la tecnica del censimento visivo lungo transetti (25×5×5 m), procedendo ad una velocità di 2,5 m/min (Harmelin-Vivien *et al.*, 1985). Sono state considerate le zone di riserva integrale di tre Aree Marine Protette campane: AMP di Punta Campanella (PC, la più settentrionale), AMP di Santa Maria di Castellabate (SMC) e AMP Costa Infreschi e della Masseta (CI, la più meridionale). I dati ottenuti sono stati analizzati attraverso parametri sinecologici [ricchezza specifica (RS), abbondanza (A), Diversità Specifica (H') ed Equitabilità (J)] e statistici. In particolare, sono state svolte analisi multivariate delle varianze (PERMANOVA) sulle abbondanze delle specie [trasformate nel $\log(x+1)$] utilizzando la similarità di Bray-Curtis e ogni termine dell'analisi è stato testato tramite 4999 permutazioni casuali. Il disegno sperimentale ha coinvolto due fattori: Area Marina Protetta (AMP, 3 livelli, fisso e ortogonale) e Habitat (Ha, 2 livelli, fisso e ortogonale), $n=3$. Comparazioni a coppie *post hoc* sono state, inoltre, svolte attraverso il *t-test* PERMANOVA. È stato condotto un test sulla dispersione multivariata (PERMDISP) per l'interazione $AMP \times Ha$, che ha permesso di misurare la β -diversità delle comunità in termini di distanza (D) degli elementi dell'*i*-esimo cluster dal suo centroide.

Risultati - Nell'AMP di Punta Campanella le RS negli habitat Ph e C sono rispettivamente $19,2 \pm 1,10$ e $9,33 \pm 1,15$ specie/transetto; le A sono $3215,33 \pm 132,50$ e $420,33 \pm 10,11$ individui/transetto; gli indici di diversità e di equitabilità sono rispettivamente $H'=1,29 \pm 0,16$ e $2,59 \pm 0,33$, $J=0,30 \pm 0,03$ e $0,80 \pm 0,06$. Nell'AMP di Santa

Maria di Castellabate le RS negli habitat Ph e C sono rispettivamente $9,67 \pm 2,08$ e $11,67 \pm 2,09$ specie/transetto; le A sono $146,33 \pm 62,54$ e $533,17 \pm 194,91$ individui/transetto; gli indici di diversità e di equità sono rispettivamente $H' = 2,34 \pm 0,44$ e $2,46 \pm 0,14$, $J = 0,71 \pm 0,06$ e $0,70 \pm 0,08$. Nell'AMP Costa Infreschi e della Masseta le RS negli habitat Ph e C sono rispettivamente $8,66 \pm 3,5$ e $7,33 \pm 2,05$ specie/transetto; le A sono $533,00 \pm 275,31$ e $164,67 \pm 103,38$ individui/transetto; gli indici di diversità e di equità sono rispettivamente $H' = 1,67 \pm 0,23$ e $1,86 \pm 0,13$, $J = 0,57 \pm 0,13$ e $0,67 \pm 0,07$. Dall'analisi sinecologica, quindi, è evidente che l'habitat fotofilo è caratterizzato da un alto numero di specie e di individui (principalmente in PC), mentre l'habitat sciafilo da un'alta diversità specifica ed equità (principalmente in PC e SMC). Dall'analisi multivariata risultano differenze significative nella struttura delle comunità ittiche, sia tra gli habitat che tra le AMP ed è evidente un'interazione tra questi due fattori (Tab. 1). Di contro non si evidenziano differenze significative nell'eterogeneità delle comunità ittiche sebbene è evidente che le comunità di PC siano molto omogenee, in contrasto con quelle di CI più eterogenee, soprattutto nell'habitat C (Fig. 1).

Tab. 1 - Risultati della PERMANOVA e comparazione a coppie; le differenze significative sono evidenziate in grassetto.

PERMANOVA and pair-wise tests results; statistical differences are highlighted in bold.

PERMANOVA		
Fattore	Pseudo-F	p
AMPxHa	3.916	0.0232
Pair-wise all'interno del fattore Ph		
Groups	t	p
CI_SMC	1.8597	0.0912
CI_PC	2.8656	0.0156
SMC_PC	2.7508	0.022
Pair-wise all'interno del fattore C		
Groups	t	p
CI_SMC	1.6976	0.1322
CI_PC	1.6953	0.1106
SMC_PC	3.4237	0.012
Pair-wise tra Ph e C all'interno di:		
Fattore	t	p
PC	8.5417	0.0008
SMC	2.4726	0.0306
CI	1.793	0.01009

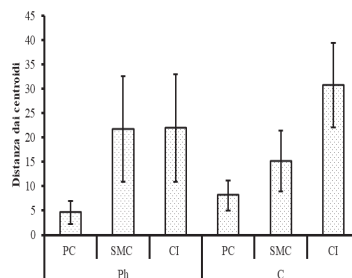


Fig. 1 - Media ($\pm SE$, $n=3$) delle dispersioni sulle repliche intorno ai centroidi AMP x Ha.

Mean ($\pm SE$, $n=3$) multivariate dispersion of replicates around AMP x Ha centroids.

Conclusioni - Le analisi effettuate rivelano, seppur in maniera preliminare, che le comunità ittiche, sebbene diverse sulla base delle AMP e degli habitat, non mostrano differenze statisticamente significative nell'eterogeneità spaziale e, quindi, di β -diversità. Questi risultati lasciano supporre che la mancanza d'impatto antropico nei siti dove sono state rilevate le comunità e la non eccessiva distanza tra le AMP (circa una trentina di miglia nautiche) sono responsabili dell'assenza di variazioni nella β -diversità lungo le coste campane a differenza di quanto descritto in studi svolti lungo l'intera costa italiana (Guidetti *et al.*, 2014).

Bibliografia

APPOLLONI L., BEVILACQUA S., SBRESCIA L., SANDULLI R., TERLIZZI A., RUSSO G.F. (2017) - Does full protection count for the maintenance of β -diversity patterns in marine communities? Evidence from Mediterranean fish assemblages. *Aquat. Conserv.*, **27** (4): 828-838.

GUIDETTI P., BAIATA P., BALLESTEROS E., DI FRANCO A., HEREU B., MACPHERSON E., MICHELI F., PAIS A., PANZALIS P., ROSENBERG A.A., ZABALA M., SALA E. (2014) - Large-scale assessment of mediterranean marine protected areas effects on fish assemblages. *PLoS ONE*, **9** (4), doi: 10.1371/journal.pone.0091841.

HARME LIN-VIVIEN M.L., HARME LIN J.G., CHAUVET C., DUVAL C., GALZIN R., LEJEUNE P., BARNABÉ G., BLANC F., CHEVALIER R., DUCLERC J., LASSERRE G. (1985) - Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons: méthodes et problèmes. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, **40** (4): 467-539.

S. CARONNI^{1,2}, C. CALABRETTI¹, G. CECCHERELLI³, S. CITTERIO¹, M.A. DELARIA³,
M. GRECHI², G. MACRI⁴, A. NAVONE⁵, A. OCCHIPINTI AMBROGI², P. PANZALIS⁵, D. BASSO⁶

¹Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Terra, Università di Milano-Bicocca,
Piazza della Scienza, 1 - 20126 Milano, Italia.

²Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente, Università di Pavia, Pavia, Italia.
sarah.caronni@unipv.it

³Dipartimento di Scienze della Natura e del Territorio, Università di Sassari, Sassari, Italia.
⁴Mac Pro e GIS, Pavia, Italia.

⁵Area Marina Protetta Tavolara Punta Coda Cavallo, Olbia, Italia.

⁶CoNISMa, Unità Operativa di Milano Bicocca, Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Terra,
Sezione di Scienze Geologiche e Geotecnologie, Milano, Italia.

IL RUOLO DELLE MACROALGHE ERETTE NELLA RISPOSTA DI UN POPOLAMENTO DI ALGHE CORALLINE INCROSTANTI AD UN *BLOOM* MUCILLAGINOSO

THE ROLE OF ERECT MACROALGAE IN THE RESPONSE OF AN ENCRUSTING CORALLINE ALGAE ASSEMBLAGE TO A MUCILAGINOUS BLOOM

Abstract - In the summer of 2016, a short manipulative experimental research was conducted in Tavolara Punta Coda Cavallo Marine Protected Area to acquire the first data on the interactive effect of mucilage and competition (erect macroalgae) on encrusting coralline algae (Rhodophyta, Corallinophycidae).

Key-words: Corallinophycidae, mucopolysaccharides, experimental research, multiple stressors, marine parks.

Introduzione - Le alghe coralline (CCA) (Rhodophyta, Corallinophycidae) sono tra le più importanti componenti delle comunità macroalgali delle zone fotiche di gran parte dei mari e degli oceani (Harrington *et al.*, 2005). Recenti studi hanno dimostrato che le CCA sono in grado di sopravvivere ad eventi di *overgrowing* ad opera di altre specie macroalgali (Bulleri, 2006) mentre sembrano essere particolarmente danneggiate, almeno a breve termine, dalla presenza sul substrato di mucillagine prodotta durante la fioritura di microalghe bentoniche (Schiaparelli *et al.*, 2007). Tra queste, *Chrysophaeum taylorii* Lewis & Bryan è una specie originariamente tipica delle regioni tropicali e sub-tropicali, recentemente osservata anche nel Mediterraneo e, in particolare, lungo le coste sarde, dove i suoi bloom stanno causando seri danni alle comunità bentoniche sessili (Caronni *et al.*, 2014). Obiettivo di questo lavoro, che rientra in un ampio progetto di ricerca sulle CCA condotto grazie ad una collaborazione tra l'Area Marina Protetta Tavolara Punta Coda Cavallo e le Università di Pavia, Sassari e Milano-Bicocca, è stato verificare, per mezzo di un esperimento manipolativo di campo, se la competizione con le macroalghe erette presenti sul substrato possa influire sulla risposta delle CCA ad un bloom mucillaginoso di *C. taylorii*. L'ipotesi alla base dell'esperimento era che la presenza di mucillagine sul substrato e la competizione con le macroalghe erette avessero sulle CCA un effetto negativo sinergico; ci si aspettava, quindi, di trovare la percentuale più alta di CCA vive in assenza dei due *stressor* e la più bassa quando essi agivano su di esse simultaneamente.

Materiali e metodi - L'esperimento è stato condotto in una zona C dell'Area Marina Protetta Tavolara Punta Coda Cavallo (Punta Don Diego: 40°52.501' N; 9°39.306' E), dove dal 2007 ogni estate si verificano fioriture mucillaginosose più o meno massicce ad opera di *C. taylorii* (Caronni *et al.*, 2014). Sul campo, in una zona della baia in cui le CCA sono risultate particolarmente abbondanti, sono state preparate 12 unità sperimentali (20×20 cm) a circa 1 m di profondità,

che sono state manipolate per i fattori *macroalghe erette* (rimozione vs controllo) e *mucillagine* (rimozione vs controllo). Le unità di rimozione sono state pulite manualmente per rimuovere le macroalghe erette (a inizio esperimento) e/o la mucillagine (ogni settimana durante il bloom) e tutte le unità sono state fotografate all'inizio ed alla fine dell'esperimento (T_0 : inizio luglio; T_1 : fine settembre). L'analisi d'immagine (Dethier *et al.*, 1993) è stata utilizzata per stimare la percentuale di copertura del substrato ad opera delle CCA vive all'inizio e alla fine dell'esperimento osservandone la colorazione, come suggerito da Martin e Gattuso (2009). L'effetto delle macroalghe erette (A) e della mucillagine (M) sulla copertura delle coralline vive è stata testata per mezzo di due ANOVA ad un fattore (GMAV5). Il test SNK a posteriori è stato utilizzato laddove l'ANOVA test ha fornito risultati significativi, per individuare l'origine delle differenze osservate.

Risultati - All'inizio dell'esperimento (T_0) in tutte le unità considerate sono state registrate percentuali di copertura maggiori di CCA vive rispetto alle morte (Fig. 1) e l'ANOVA test ha escluso l'esistenza di differenze significative di copertura tra unità dovute ai trattamenti (Tab. 1).

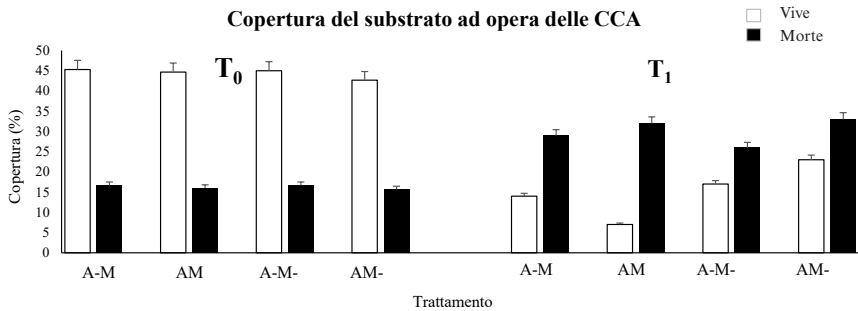


Fig. 1 - Percentuale media (+ES) di copertura del substrato delle coralline vive e morte in relazione al trattamento a inizio (T_0) e fine esperimento (T_1).

Mean percent cover (+ES) of the substratum by living and dead coralline algae in relation to treatment at the beginning (T_0) and at the end (T_1) of the experiment.

Al tempo T_1 , invece, la copertura delle CCA in necrosi è aumentata notevolmente ed è risultata maggiore rispetto a quelle delle vive in tutti i trattamenti (Fig. 1). La presenza di macroalghe erette in aggiunta alla mucillagine è risultata la condizione che ha determinato la maggiore mortalità, mentre le CCA vive sono apparse più abbondanti laddove le specie erette erano presenti e la mucillagine rimossa (Fig. 1, Tab. 1).

Tab. 1 - Risultati delle analisi statistiche (ANOVA e SNK test a posteriori) relativi alla percentuale di ricoprimento del substrato delle CCA vive a fine esperimento.

Results of statistical analysis (ANOVA and SNK a posteriori test) on the percent cover of living CCA at the end of the experiment.

ANOVA		T_0		T_1	
Source	DF	F	P	F	P
A	1	0.40	0.5447	2.69	0.1393
M	1	1.11	0.3226	30.14	0.0005
AxM	1	30.69	0.4236	20.38	0.0020
Res	8				
Tot	11				
SNK (AxM) T_1 S.E. = 1.9933					
A+: M->M+			M-: A+=A-		
A-: M-=M+			M+: A+<A-		

Conclusioni - I dati raccolti nel corso di questo studio hanno dimostrato come lo stato di salute delle CCA sia stato significativamente influenzato dall'interazione tra i due *stressor* considerati, ovvero dalla competizione con le macroalghe erette e dalla presenza di mucillagine sul substrato. Le percentuali di ricoprimento del substrato molto simili osservate, in assenza di mucillagine, nelle unità con e senza macroalghe erette suggeriscono che la competizione con queste ultime non rappresenti di per sé uno *stressor* per le CCA, come ipotizzato da Bulleri (2006). A riguardo, Figueiredo e Steneck (2000) e Anthony *et al.* (2008) hanno recentemente dimostrato che, nonostante in presenza di specie erette le CCA abbiano un tasso di crescita inferiore, esse sono protette dall'esposizione diretta alle radiazioni ultraviolette; nonostante la competizione per la luce e per i nutrienti, quindi, la presenza sul substrato di specie erette sembra fungere da protezione per le alghe incrostanti, presumibilmente soprattutto rispetto al fenomeno del *bleaching* (Figueiredo e Steneck, 2000). D'altro canto, anche la mucillagine non sembra danneggiare particolarmente le coralline in assenza di macroalghe, contrariamente a quanto osservato da Schiaparelli *et al.* (2007). Percentuali di ricoprimento assai basse ad opera delle CCA vive, infatti, sono state osservate solo nelle unità in cui hanno agito entrambi gli *stressor* suggerendo che sia il loro effetto sinergico a danneggiare le CCA e non la sola mucillagine, come ipotizzato, invece, da Caronni *et al.* (2017). Rimane tuttavia da testare se questo risultato dipenda dai livelli di abbondanza, sia delle mucillagini che delle erette; alti livelli di mucillagine, infatti, potrebbero determinare la morte delle specie erette e dunque influire in modo diverso su quella delle CCA.

Bibliografia

- ANTHONY K.R.N., KLINE D.I., DIAZ-PULIDO G., DOVE S., HOEGH-GULDBERG O. (2008) - Ocean acidification causes bleaching and productivity loss in coral reef builders. *P. Natl. Acad. Sci. USA*, **105** (45): 17442-17446.
- BULLERI F. (2006) - Duration of overgrowth affects survival of encrusting coralline algae. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **321**: 79-85.
- CARONNI S., CALABRETTI C., CECCHERELLI G., DELARIA M.A., GRECHI M., MACRI G., NAVONE A., OCCHIPINTI AMBROGI A., BASSO D. (2017) - Effetto di un bloom mucillaginoso su un popolamento di alghe coralline incrostanti. *Biol. Mar. Mediterr.*, **24** (1): 138-139.
- CARONNI S., DELARIA M.A., NAVONE A., PANZALIS P., SECHI N., CECCHERELLI G. (2014) - Relevant scales of variability of the benthic allochthonous microalga *Chrysophaeum taylorii*. *Mar. Biol.*, **161** (8): 1787-1798.
- DETHIER M.N., GRAHAM E.S., COHEN S., TEAR L.M. (1993) - Visual versus random-point percent cover estimations: 'objective' is not always better. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **96**: 93-100.
- FIGUEIREDO M.A.O., STENECK R.S. (2000) - Floristic and ecological studies of crustose coralline algae on Brazil's Abrolhos reefs. Proceedings 9th International Coral Reef Symposium. Bali (Indonesia), 23-27 October 2000. Vol. 1: 493-498.
- HARRINGTON L., FABRICIUS K., EAGLESHAM G., NEGRI A. (2005) - Synergistic effects of diuron and sedimentation on photosynthesis and survival of crustose coralline algae. *Mar. Pollut. Bull.*, **51** (1-4): 415-427.
- MARTIN S., GATTUSO J.-P. (2009) - Response of Mediterranean coralline algae to ocean acidification and elevated temperature. *Glob. Change Biol.*, **15** (8): 2089-2100.
- SCHIAPARELLI S., CASTELLANO M., POVERO P., SARTONI G., CATTANEO-VIETTI R. (2007) - A benthic mucilage event in North-western Mediterranean Sea and its possible relationships with the summer 2003 European heatwave: short term effects on littoral rocky assemblages. *Mar. Ecol.*, **28** (3): 341-353.

M. GAGLIOTI, E. RICEVUTO, M.C. GAMBI

Dept. Integrative Marine Ecology, Stazione Zoologica Anton Dohrn,
Punta S. Pietro, s/n - 80077 Ischia (NA), Italy.
martina.gaglioti@szn.it

PATTERN AND MAP OF BIODIVERSITY RELATED TO OCEAN ACIDIFICATION IN CO₂ VENTS OF ISCHIA

DISTRIBUZIONE E MAPPA DI BIODIVERSITÀ IN RELAZIONE ALL'ACIDIFICAZIONE MARINA NELLE EMISSIONI DI CO₂ DI ISCHIA

Abstract - Based on a check-list of species recorded in the naturally acidified CO₂ vents of the Castello Aragonese at Ischia, and nearby control zones (633 taxa: micro- and macrophytes, benthic invertebrates and fishes), a distributional, GIS geo-referenced map of dominance of various taxonomic groups is presented. The analysis of distribution of the whole taxa showed a relevant loss of biodiversity (67% of the taxa) from controllambient pH zones (outside the CO₂ vents), to areas of extreme low pH conditions, within intense CO₂ bubbling.

Key-words: CO₂ vents, ocean acidification, species check-lists, GIS system, Tyrrhenian Sea.

Introduction - The volcanic CO₂ vents off the Castello Aragonese at Ischia (Italy) represent the first natural system studied in the world to evaluate effects of ocean acidification (OA) on local flora and fauna biodiversity, as the constant bubbling of CO₂ into the water cause long-term changes in pH and seawater carbonate chemistry (Hall-Spencer *et al.*, 2008). This system allowed also to pioneer new approaches to study the effects of this climate-related stressor on eco-physiology of Mediterranean species and their acclimation and adaptation mechanisms to the unique acidified conditions (Foo *et al.*, 2018). Ten years from the first study (Hall-Spencer *et al.*, 2008), and more than 60 papers published, a general overview of the research done in the Castello vents is now available, including a check-list of species recorded in this naturally acidified area, and nearby control zones (Foo *et al.*, 2018). Based on this check-list, we present a cartographic approach (GIS representation) and a fist map of species richness distribution in the area, related to the unique OA conditions.

Materials and methods - We considered published taxonomic information on the Castello Aragonese area, and nearby zones (approx. 300 m from the Castello islet), from 1950 to 2007 (28 papers), and in studies conducted on the vents from 2008 to 2017 (29 papers, containing taxonomic information). The main habitat of the area, included on the available literature, were seagrass meadows (*Posidonia oceanica* and *Cymodocea nodosa*) and shallow vegetated rocky reefs around the Castello coast (Fig. 1). Species records were divided in three pH zones: normal/ambient conditions (pH=8.10-8.12) (outside/far from the CO₂ bubbling areas), low pH (mean pH 7.9-7.6) (modest CO₂ bubbling), extreme low pH (mean pH 7.4-6.9) (intense CO₂ bubbling) (Fig. 1), and for each pH zones, records of each species on the Castello north and/or south sides were distinguished. The dominance of each of the taxonomic groups considered (based on species richness) for each pH zone, were elaborated with Q-GIS software (v.2.18.15) and projected according to EPSG: 32633 (WGS 84/UTM 33N) spatial reference.

Results and conclusions - A total of 633 taxa were recorded (84% classified at species level): microphytes (diatoms, cyanophytes and dinophytes, 15 taxa), macrophytes (Pheophyceae 34, Rhodophyceae 107, Chlorophyceae 33, seagrasses 3); Foraminifera (37), Porifera (21), Cnidaria (10), Polychaeta (119), Mollusca (chitons, cephalopods, gastropods, bivalves, 87), Mysidacea (11), Decapoda (22), Amphipoda

61), Isopoda, Tanaidacea and Cumacea (21), Bryozoa (6), Echinodermata (7), Pisces (25), Alia (15) (check-list in Foo *et al.*, 2018). The ambient area hosted 550 taxa (87.4% of the whole data set), the low pH area 322 taxa (51.4%) and the extreme low pH area 206 taxa (32.6%), 27 of which exclusive for this zone (*e.g.*, 2 macroalgae, 2 sponges, 2 polychaetes, 9 mollusks, 7 amphipods). In addition, 3 species new to science and 8 alien taxa were recorded in the acidified areas (Foo *et al.*, 2018). A clear decrease in biodiversity is evident from ambient to extreme low pH (Fig. 1), in both the south and north sides of the gradient, with a loss of 67% of the taxa; this reduction is consistent for most individual groups: from 27% loss for peracarid crustaceans (amphipods, isopods, tanaids) to 82% for calcareous foraminifers, 82% for red algae, 78% for echinoderms. Considering only the calcified taxa (298 taxa=47% of the data set), we observe 80% reduction of sessile/sedentary forms and 53% decrease of the motile ones in the extreme low pH zone (71% of all taxa lost). The GIS map is a useful representation of the overall impact of OA on local biodiversity, and additional cartographic elaborations are in progress, considering individual taxonomic or functional groups, to highlights and compare various spatial patterns of distribution and biodiversity under OA conditions.

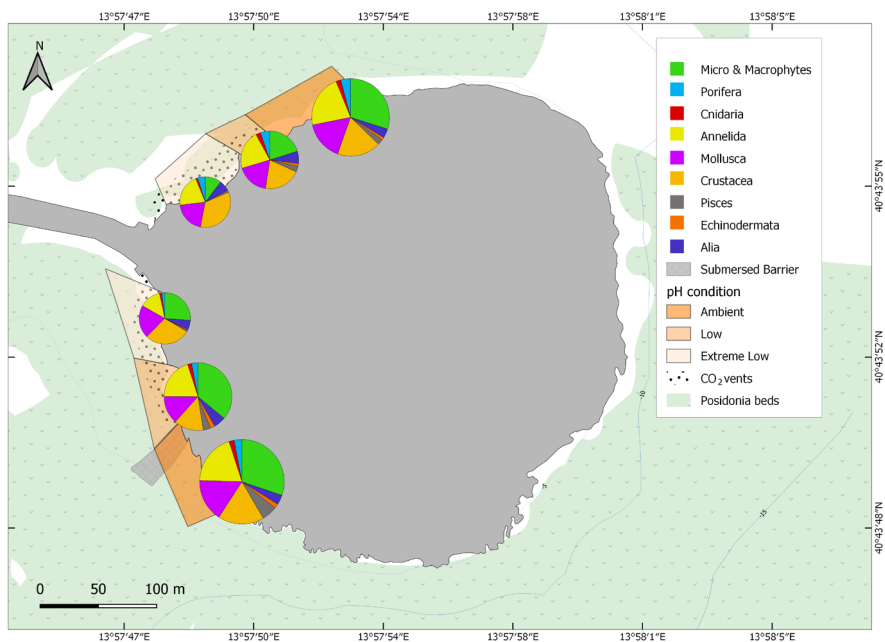


Fig. 1 - Map of the Castello of Ischia area with distribution pattern of the dominance of the main taxonomic groups (based on species richness) along the north and south side pH zones.

Mapa del Castello d'Ischia con pattern di distribuzione della dominanza dei principali gruppi tassonomici (basata sulla ricchezza di specie) nelle aree nord e sud a diverso pH.

References

- FOOS.A., BYRNEM., RICEVUTOE., GAMBI M.C. (2018) - The carbon dioxide vents of Ischia, Italy, a natural laboratory to assess impacts of ocean acidification on marine ecosystems: an overview of research and comparisons with other vent systems. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, **56**: 236-310.
- HALL-SPENCER J.M., RODOLFO-METALPA R., MARTIN S., RANSOME E., FINE M., TURNER S.M., ROWLEY S.J., TEDESCO D., BUIA M.C. (2008) - Volcanic carbon dioxide vents show ecosystem effects of ocean acidification. *Nature*, **454**: 96-99.

M.S. SCIUTO, M. LOIA*, R. PROIETTI*, A. PAZZINI*, L. NICOLETTI*

Università di Roma "La Sapienza", Piazzale A. Moro, 5 - 00185 Roma, Italia.

svevasciuto@libero.it

*ISPRA, Roma, Italia.

CARTOGRAFIA BIOECENOTICA DI UN'AREA AL LARGO DEL PARCO NAZIONALE DEL CIRCEO

BIOECENOTIC MAP OF AN AREA OFFSHORE CIRCEO NATIONAL PARK

Abstract - The aim of this study was to realize a biocenotic map in an area offshore Circeo Cape, in water depths between 40 and 120 m. The map has been processed with the integration of various environmental matrices such as morphobathymetric geophysical surveys, sediment analyses and the analyses of polychaetes assemblages.

Key-words: biocenotic map, biocenosis, multibeam, Mediterranean Sea.

Introduzione - La cartografia biocenotica è uno strumento fondamentale per la tutela e la valorizzazione degli ecosistemi costieri ed essenziale per valutare le condizioni ambientali e programmare eventuali interventi di tutela e di gestione delle risorse. Scopo di questo lavoro è la realizzazione di una carta biocenotica di dettaglio di un'area della piattaforma continentale laziale antistante Capo Circeo, prospiciente il parco nazionale del Circeo. La carta è stata realizzata tramite l'integrazione di dati morfobatimetrici, sedimentologici e di dati relativi al popolamento bentonico a policheti. I policheti rappresentano, infatti, una delle componenti dominanti delle comunità bentoniche nei fondi mobili, sia come numero di individui, sia di specie, risultando pertanto efficaci descrittori dell'ambiente marino (Hutchings, 1998).

Materiali e metodi - L'area di studio è localizzata a circa 0,6 miglia dalla costa al largo di Capo Circeo, a profondità comprese tra 40 e 120 m. Su tutta l'area di studio sono stati eseguiti rilievi morfobatimetrici tramite *Multibeam (kongsberg EM2040)* per l'acquisizione di dati batimetrici di dettaglio e di *backscatter*. Sono state, inoltre, campionate 16 stazioni mediante benna Van Veen (0,1 m²), 2 repliche per il popolamento a policheti (32 campioni in totale) e 1 replica per la caratterizzazione sedimentologica del fondo (16 campioni). La cartografia biocenotica è stata realizzata in ambiente GIS, mediante l'utilizzo del software ARCGIS 10.1[®], sovrapponendo i diversi *layers* e perimetrando le aree omogenee sulla base delle diverse informazioni acquisite.

Risultati - Sono stati rinvenuti in totale 1522 policheti appartenenti a 97 specie. L'analisi del popolamento a policheti, insieme alle analisi granulometriche (dati disponibili presso ISPRA), ha permesso l'attribuzione biocenotica delle stazioni campionate, informazione successivamente estesa alle aree con medesima intensità di *backscatter*. L'integrazione dei dati raccolti ha consentito di definire e delimitare sulla carta, con buon grado di risoluzione, i confini di 12 diverse unità descrittive tra biocenosi, fondi duri ed aree di transizione tra biocenosi differenti. Sono state così individuate le biocenosi del DC, del DE, della *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile, 1813, aree con *matte* morta, un'area di transizione VTC/DE, e un'area caratterizzata da substrato duro affiorante (Fig. 1).

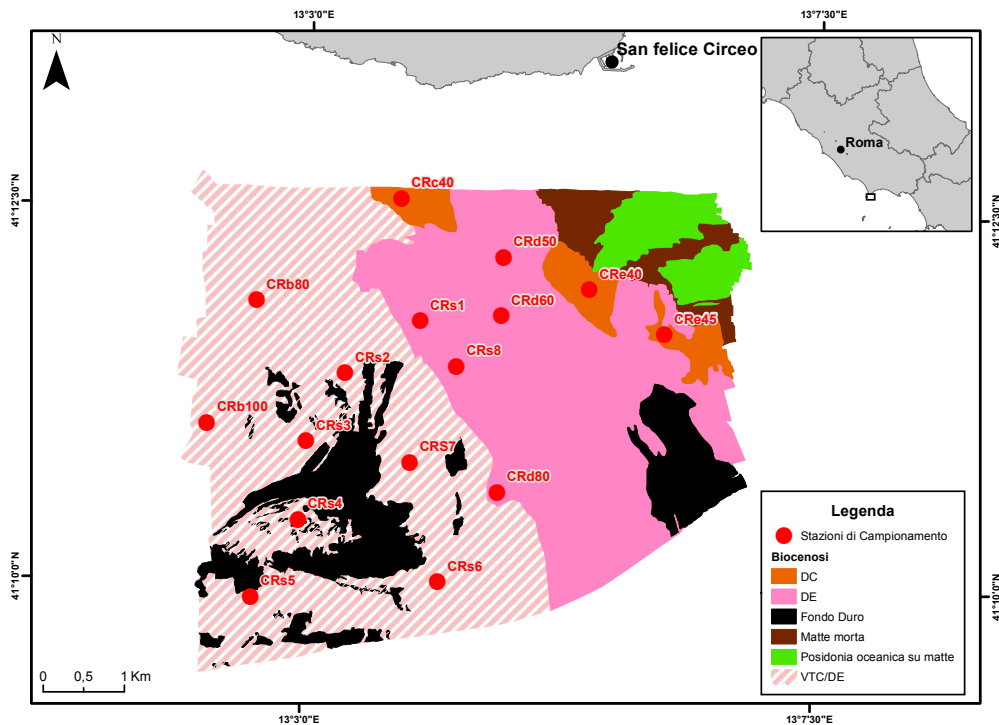


Fig. 1 - Carta delle biocenosi bentoniche.

Map of benthic biocenosis.

Conclusioni - La carta biocenotica ottenuta in questo studio è un utile strumento per le amministrazioni competenti per la protezione, gestione e conservazione dell'ambiente marino e della fascia costiera (Agnesi *et al.*, 2012). Infatti, solo conoscendo la distribuzione delle componenti biotiche e abiotiche, si può pensare alla progettazione e realizzazione di opere marino-costiere consentendo le soluzioni gestionali più adeguate nel rispetto dell'ambiente (Tunesi, 2012). La cartografia marina, inoltre, è uno strumento indispensabile ai fini dell'attuazione delle Direttive Europee, quali la Direttiva Habitat (92/43/CEE), la MSFD - Marine Strategy Framework Directive (2008/56/CE) e la MSP - Maritime Spatial Planning (2014/89/EU) (Tunesi *et al.*, 2008).

Bibliografia

- AGNESI S., PROIETTI R., LA VALLE P., MAGGI C., PAGANELLI D., GABELLINI M., NICOLETTI L. (2012) - Cartografia tematica dei fondali marini laziali. Compendio degli studi condotti nel decennio 1999-2009 per la caratterizzazione ambientale dei fondali marini antistanti la costa laziale per il dragaggio di depositi sabbiosi ai fini del ripascimento. *Rapporti ISPRA*, **170**: 46 pp.
- HUTCHINGS P. (1998) - Biodiversity and functioning of polychaetes in benthic sediments. *Biodivers. Conserv.*, **7** (9): 1133-1145.
- TUNESI L. (2012) - Il ruolo della cartografia a supporto delle valutazioni integrate degli ecosistemi marini. *Biol. Mar. Mediterr.*, **19** (1): 66-78.
- TUNESI L., AGNESI S., DI NORA T., MO G. (2008) - La conservazione della biodiversità marina alla luce delle iniziative europee. *Biol. Mar. Mediterr.*, **15** (1): 463-472.

L. CASCIARO, M. DONNALOIA, W. ZUPA, P. GAUDIO, P. CARBONARA

COISPA Tecnologia e Ricerca s.c.r.l., Via dei Trulli, 18/20 - 70126 Bari, Italia.
casciaro@coispa.eu

SPATIAL DISTRIBUTION OF *PLESIONIKA* SPECIES IN THE SOUTH AND CENTRAL TYRRHENIAN SEA

DISTRIBUZIONE SPAZIALE DELLE SPECIE DEL GENERE PLESIONIKA NEL TIRRENO CENTRO-MERIDIONALE

Abstract - A total of 27,032 specimens belonging to 6 species of the *Plesionika* Bate, 1888 genus were collected during the experimental trawl surveys (MEDITS) carried out from 2012 to 2016 in the South and central Tyrrhenian Sea (GSA 10 sensu FAO-GFCM). *P. heterocarpus* and *P. acanthonotus* are respectively the most and less abundant species, *P. martia* is the most widespread, whilst *P. antigai* shows the smallest areale. The highest abundance for almost all species was identified between 350 and 400 m depth, except for *P. acanthonotus* and *P. martia* which were more abundant between 550 and 600 m.

Key-words: *Plesionika* species, distribution, abundance, experimental trawl survey, GSA 10.

Introduction - The genus *Plesionika* (Decapoda, Caridea, Pandalidae) consists mainly of deep-water shrimps with a widespread occurrence all over the world. Pandalid shrimps are nektobenthic and active predators of macroplankton species (Cartes, 1993). These species are typical of the Batial Mud (VP) biocoenosis and some of them (*P. martia* and *P. edwardsii*) have an increasing economic value (Fanelli *et al.*, 2004). The aim of this study is to explore the spatial and depth distribution of the species belonging to the *Plesionika* genus in the GSA 10.

Materials and methods - Data were collected in all the 350 hauls (depth 10-800 m; area: 20,255 km²) carried out during 5 MEDITS trawl surveys from 2012 to 2016, in the GSA 10. In each haul, all caught species were classified, weighed and their individuals counted. The index of abundance in number (DI; N/km²), in weight (BI; kg/km²) (swept area method) and the frequency of occurrence (f_o ; % of positive hauls) of the *Plesionika* species were estimated. The linear trend significance was tested by Spearman's rho on BI using the whole time series (1995-2016). The maps of spatial distribution of DI were obtained using the Q Gis 2.18.3 software.

Results - A total of 27,032 specimens of *Plesionika* belonging to the following species were collected: *P. acanthonotus* (Smith, 1882) (ACA), *P. antigai* Zariquiey-Alvarez, 1955 (ANT), *P. edwardsii* (Brandt, 1851) (EDW), *P. giglioli* (Senna, 1903) (GIG), *P. heterocarpus* (A. Costa, 1871) (HET) and *P. martia* (A. Milne-Edwards, 1883) (MAR). These species contribute, on average, to 15% in number and 12% in weight of the crustacean abundance indices. ACA and MAR were more abundant at depths between 550 and 600 m, while the other species between 350 and 400 m (Tab. 1). In general, HET is the most abundant, whilst ACA is the less one, and a trend in BI was present for ANT and HET (Tab. 1). In terms of spatial distribution (Fig. 1), HET was more abundant in the Gulf of Salerno, EDW off Cape Gallo (NW of Sicily), Cape Bonifati and Scalea (Calabria); the other species were instead more homogeneously distributed, especially MAR, which was the more ubiquitous.

Conclusions - EDW and HET seem preferring epibathyal bottoms (200-450 m), whilst, ACA and MAR have a *preferendum* for deeper waters. Species-specific abundances by depth are similar to those of populations studied in others Mediterranean areas (Cartes, 1993; Fanelli *et al.*, 2004; Guijarro *et al.*, 2012). Many

authors reported that the main drivers of the depth distribution of *Plesionika* species are related to their feeding habits as well as to the habitat characteristics that determine prey availability. HET is considered the most benthic species of the genus (Gujjarro *et al.*, 2012) and in the Gulf of Salerno the highest abundance is associated to *Leptometra phalangium* (J. Müller, 1841) facies, which probably favors a high richness and diversity of epibenthic prey (Reale *et al.*, 2005). The presence of canyons and steep underwater cliffs likely explains the highest abundance of EDW in the area off Cape Gallo (NW of Sicily) and along the southern continental coasts due to its dietary specialization consisting primarily of benthopelagic eucarid crustaceans (*Pasiphea* spp.) (Cartes, 1993), which co-occurred in the same sampling sites. The BI time series showed significant trends increasing for HET, decreasing for ANT, and not significant trends for the other species.

Tab. 1 - DI (N/km²), BI (kg/km²), f_0 (%) and depth distribution (min, max and range with the highest abundance, HAR) by *Plesionika* species.

DI (N/km²), BI (kg/km²), f_0 (%) e distribuzione batimetrica (min, max e range con maggiore abbondanza, HAR) per specie del genere *Plesionika*.

Species	2012-2016			101-200 m			201-500 m			501-800 m			201-800 m			Depth distribution (m)			
	kg/km ²	N/km ²	f ₀ %	kg/km ²	N/km ²	f ₀ %	kg/km ²	N/km ²	f ₀ %	kg/km ²	N/km ²	f ₀ %	kg/km ²	N/km ²	f ₀ %	BI trend	Min.	Max.	HAR
<i>P. acanthonotus</i>				~0	1	3.3%	0.1	45	77.4%	~0	27	44.9%	↔				405	676	550-600
<i>P. antgai</i>	~0	2	1.4%	0.2	136	52.2%				0.1	55	22.9%	↘				170	446	350-400
<i>P. edwardsii</i>				4.6	900	45.6%	~0	2	8.7%	1.9	364	24.9%	↔				310	652	350-400
<i>P. gigliolii</i>				0.4	272	81.1%	~0	5	21.7%	0.2	113	47.8%	↔				238	645	350-400
<i>P. heterocarpus</i>	0.1	64	8.6%	2.2	998	78.9%	~0	1	3.5%	0.9	403	36.6%	↗				116	656	350-400
<i>P. martia</i>	~0	0.3	1.4%	~0	20	14.4%	2.1	389	100%	1.3	240	62.4%	↔				160	677	550-600

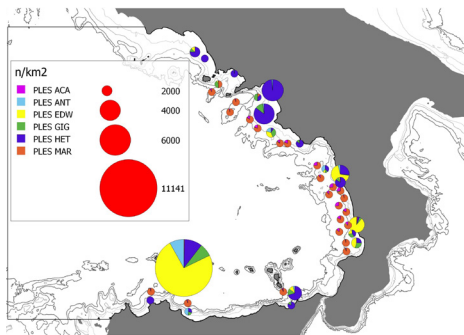


Fig. 1 - Average abundance (N/km²) per species by haul (only positive).

Abbondanza media (N/km²) per specie e cala (cala positive).

References

- CARTES J.E. (1993) - Diets of deep-water pandalid shrimps on the western Mediterranean slope. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **96**: 49-61.
- FANELLI E., COLLOCA F., BELLUSCIO A., ARDIZZONE G.D. (2004) - Distribution characteristics of pandalid shrimps (Decapoda: Caridea: Pandalidae) along the Central Mediterranean Sea. *Mediterr. Mar. Sci.*, **5** (2): 35-44.
- GUIJARRO B., FANELLI E., MORANTA J., CARTES J.E., MASSUTÍ E. (2012) - Small-scale differences in the distribution and population dynamics of pandalid shrimps in the western Mediterranean in relation to environmental factors. *Fish. Res.*, **119-120**: 33-47.
- REALE B., SARTOR P., LIGAS A., VIVA C., BERTOLINI D., DE RANIERI S., BELCARI P. (2005) - Demersal species assemblage on the *Leptometra phalangium* (J. Müller, 1841) (Echinodermata; Crinoidea) bottoms of the northern Tyrrhenian Sea. *Biol. Mar. Mediterr.*, **12** (1): 571-574.

Data used in this paper were collected in the fishery Data Collection Framework (DCF) supported by the Italian Ministry of Agriculture, Food and Forestry Policy (MIPAAF) and by the European Commission.

S. COLELLA, S. ANGELINI, M. MARTINELLI, A. SANTOJANNI

CNR - Istituto Scienze Marine (ISMAR), Largo Fiera della Pesca, 2 - 60125 Ancona, Italia.
s.colella@ismar.cnr.it

OBSERVATIONS ON THE REPRODUCTIVE BIOLOGY OF NORWAY LOBSTER FROM TWO DIFFERENT AREAS OF THE ADRIATIC SEA

OSSERVAZIONI SULLA BIOLOGIA RIPRODUTTIVA DELLO SCAMPO PROVENIENTE DA DUE DIFFERENTI AREE DEL MARE ADRIATICO

Abstract - The study focuses on some reproductive aspects of Norway lobster (*Nephrops norvegicus* L., 1758) females landed in two Adriatic harbors (Ancona and Giulianova) and coming from two different fishing areas. The ovarian maturation showed a peak in May for Ancona's samples and in June for Giulianova's ones. Berried females were more frequent in autumn in both areas. The estimated carapace length at first maturity was 29.62 mm in Ancona and 23.31 mm in Giulianova.

Key-words: *Nephrops norvegicus*, reproductive period, sex ratio, length at first maturity, Adriatic Sea.

Introduction - The Norway lobster (*Nephrops norvegicus* L., 1758) is a decapod crustacean common in the Mediterranean basin, intensely exploited by bottom trawlers. In the Adriatic Sea, this species is typically distributed from about 50 to 400 m depth (Gramitto and Froglià, 1977; Froglià and Gramitto, 1979). Despite the commercial importance of this species in the Adriatic Sea, after the eighties, reproduction has not been considered a main issue. It is already known that the Ancona fleet usually exploits fishing grounds situated off Ancona between 50 and 70 m depth, while more than the 40% of *N. norvegicus* landed in Giulianova comes from fishing grounds of the Pomo Pit area (Russo *et al.*, 2018). Therefore, this study aims to focus on reproductive aspects of specimens coming from these two different areas.

Materials and methods - In the context of the Data Collection Framework (EU Reg. 199/2008), samples of *N. norvegicus* were collected from commercial landings of bottom trawlers of the Ancona and Giulianova fleets, from 2007 to 2013. In detail, 5989 specimens (3138 females and 2851 males) from Ancona and 5536 specimens (1670 females and 3866 males) from Giulianova were analysed. Carapace length (CL) was measured to the nearest 1 mm below. Maturity stage was established only for females, according to ICES criteria (2010): the females from stage 3 to 5 were considered mature. The sex ratio (F/F+M) was estimated both by season and by CL class (1 mm). The length at first maturity (L_{50}), defined as the size class at which 50% of the females are mature, was estimated fitting the logistic equation to the experimental data (Prager *et al.*, 1994):

$$p = [1 + e^{-r(x - X_{50})}]^{-1}$$

Results - Samples from Ancona showed seasonal values of sex ratio generally in favour of females, except for autumn-winter period. As concerns sex ratio, males outnumber females in the larger length classes (from 42 to 75 mm CL). The seasonal size frequency distribution of female maturity stages highlighted higher percentages of mature females (stage 4) from spring (72%) to summer (69%). In autumn, berried and "maturing females" (stage 3) represented the greater part of the sampled population (35% and 48% respectively). Spent females (stage 5) were observed in higher percentage during winter (12%). The reproductive period, in terms of "ovarian maturation", was observed from April to July, with a peak in May. A different

scenario was observed in Giulianova: the seasonal sex ratio showed values always in favour of males, more pronounced in autumn-winter and the sex ratio by length confirmed the predominance of males for the larger length classes (from 29 to 61 mm of CL). The highest percentages of mature females were observed in spring (15%) and summer (14%), although most of the analysed females were “maturing” (stage 3) in all seasons. Berried females were observed in autumn and winter also in Giulianova, although in lower percentages. The reproductive period (from May to July, no data in April) resulted similar in both areas, but in Giulianova the peak was recorded in June. Other reproductive parameters are summarized in Tab. 1.

Tab. 1 - Summary of Norway lobster females' reproductive parameters.

Riepilogo dei parametri riproduttivi delle femmine di scampo.

	Ancona	Giulianova
Ovigerous Size	28≤CL≤65	22≤CL≤26
L₅₀ (Carapace length)	29.62 mm (A.S.E.=0.14 R ² =0.987)	23.31 mm (A.S.E.=0.40 R ² =0.91)
Mature Females Size	24≤CL≤73	20≤CL≤46

Conclusions - Although this was observed all along the year in Giulianova, the sex ratio by season for the two harbours, confirmed the tendency of berried females to spend long time in burrows during the autumn-winter period, resulting in a predominance of males in the catches. In both fishing grounds, males outnumbered females in the larger size classes. Females reached maturity at smaller sizes in Giulianova compared to those of Ancona, although the reproductive period was similar in both areas. Berried females were observed in autumn, in agreement with previous studies performed in the Adriatic Sea (Gramitto and Froglija, 1977; Colella and Santojanni, 2012). The estimated L₅₀ showed remarkable different values in the two areas: that obtained for Ancona is comparable to values reported in previous studies for the same area (Froglija and Gramitto, 1979; Orsi Relini *et al.*, 1998; Colella and Santojanni, 2012), while the value obtained for Giulianova is more similar to the one obtained in studies for the Pomo area (Gramitto and Froglija, 1977).

References

- COLELLA S., SANTOJANNI A. (2012) - Aspetti della biologia riproduttiva di *Nephrops norvegicus* L., 1758 (Crustacea: Decapoda) nel Mare Adriatico Centrale: risultati preliminari. *Biol. Mar. Mediterr.*, **19** (1): 146-147.
- FROGLIA C., GRAMITTO M.E. (1979) - An estimate of the fecundity of Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) in the Adriatic Sea. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, **25/26** (4): 227-229.
- GRAMITTO M.E., FROGLIA C. (1977) - Osservazioni sugli scampi dell'Adriatico. *Il Gazzettino della Pesca*, **24** (7): 3-7.
- ICES (2010) - Report of the workshop on crustaceans (*Aristeus antennatus*, *Aristaeomorpha foliacea*, *Parapenaeus longirostris*, *Nephrops norvegicus*) maturity stages (WKMSC). Messina (Italy), 19-23 October 2009. ICES CM 2009/ACOM:46: 77 pp.
- ORSI RELINI L., ZAMBONI A., FIORENTINO F., MASSI D. (1998) - Reproductive patterns in Norway lobster *Nephrops norvegicus* (L.), (Crustacea Decapoda Nephropidae) of different Mediterranean areas. *Sci. Mar.*, **62** (Suppl. 1): 25-41.
- PRAGER M.H., SAILA S.B., RECKSIEK C.W. (1994) - FISHPARM: a microcomputer program for parameter estimation of nonlinear models in fishery science. *Old Dominion University Oceanography Technical Report*, **87** (10): 1-18.
- RUSSO T., MORELLO E.B., PARISI A., SCARCELLA G., ANGELINI S., LABANCHI L., MARTINELLI M., D'ANDREA L., SANTOJANNI A., ARNERI E., CATAUDELLA S. (2018) - A model combining landings and VMS data to estimate landings by fishing ground and harbor. *Fish. Res.*, **199**: 218-230.

F. DE CARLO, C. MUSUMECI*, B. FRANCESCONI, A. VANNUCCI

Aplysia Soc. Coop. r.l., Via Menichetti, 35 - 57121 Livorno, Italy.
francesco.decarlo@aplysia.it

*CIBM, Viale N. Sauro, 4 - Livorno, Italy.

CHARACTERIZATION OF COASTAL FISH ASSEMBLAGES OF SHALLOW ROCKY HABITATS IN CAPRAIA ISLAND BY MEANS OF UNDERWATER VISUAL CENSUS

CARATTERIZZAZIONE DEI POPOLAMENTI ITTICI COSTIERI DI HABITAT ROCCIOSI DELL'ISOLA DI CAPRAIA CON CENSIMENTI VISIVI SUBACQUEI

Abstract - Underwater Visual Census (UVC) was performed in the Capraia Island MPA ("Arcipelago Toscano" National Park). 32 strip transects were deployed in June 2017 in order to collect first information on coastal fishes. 1978 fish specimens belonging to 34 species were censused. The most represented families were Labridae and Sparidae.

Key-words: Underwater Visual Census (UVC), fish assemblages, Capraia Island, Ligurian Sea.

Introduction - Since 1996, the "Arcipelago Toscano" National Park includes a Marine Protected Area around the Capraia Island, divided in zone 1 (integral Reserve) and zone 2 (partial protection level area). The present study is aimed at providing a general information on the coastal fish assemblages present in this MPA.

Materials and methods - A total of 8 sites, with 4 replicate transects each, were sampled in the period 13-15 June 2017 using the SCUBA diver visual census method (Harmelin-Vivien *et al.*, 1985). Fish abundance was estimated along 25 m long and 5 m wide strip-transects in a depth range of 5-8 m, on rocky bottoms. The structure of the fish community was evaluated using density and species richness data, as well as the Shannon-Wiener and Pielou evenness indices. Statistical analyses were performed using SIMPER and DIVERSE routines, available in the Primer software (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research).

Results - A total of 1978 individuals were observed (740 from the zone 1 and 1238 from zone 2), belonging to 34 species and 11 families. *Oblada melanura* (Linnaeus, 1758), *Sarpa salpa* (Linnaeus, 1758), *Symphodus tinca* (Linnaeus, 1758), *Coris julis* (Linnaeus, 1758), *Chromis chromis* (Linnaeus, 1758), *Diplodus vulgaris* (Geoffroy Saint-Hilaire, 1817) and *Symphodus roissali* (Risso, 1810) were the dominant species, with a frequency of occurrence of 100% (except *C. chromis*, 75%) and represented the 53% of the total density (Tab. 1).

Tab. 1 - Most representative species (in density) of the area.

Specie più rappresentative (in densità) dell'area.

Family	Species	Average density [n. individuals]	Contribution [%]
Sparidae	<i>O. melanura</i>	5.11	9.47
Sparidae	<i>S. salpa</i>	6.45	8.89
Labridae	<i>S. tinca</i>	4.39	8.31
Labridae	<i>C. julis</i>	3.89	7.99
Pomacentridae	<i>C. chromis</i>	6.94	6.36
Sparidae	<i>D. vulgaris</i>	2.86	6.19
Labridae	<i>S. roissali</i>	2.09	6.04

On the other hand, 5 species showed very low densities, contributing for less than 2% of the total, although they were recorded in more than 50% of the censuses: *Spondyllosoma cantharus* (Linnaeus, 1758), *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834), *Tripterygion delaisi* (Cadenat & Blache, 1970), *Mullus surmuletus* (Linnaeus, 1758) and *Symphodus mediterraneus* (Linnaeus, 1758). Other species, observed in the 100% of the stations, although with low density values, were *Symphodus rostratus* (Bloch, 1791), *Thalassoma pavo* (Linnaeus, 1758) and *Symphodus melanocercus* (Risso, 1810). Tab. 2 shows different indices about the structure of the fish community (density and species richness, Pielou and Shannon-Wiener indices).

Tab. 2 - Number of individuals, species richness (Margalef), evenness (Pielou), diversity (Shannon-Wiener) indices with standard deviations.

Numero di individui, indici di ricchezza specifica (Margalef), evenness (Pielou) e diversità (Shannon-Wiener) con le relative deviazioni standard.

	Number of individuals	Species richness (Margalef)	Evenness (Pielou)	Diversity (Shannon-Wiener)
Value	66.5	4.865875	0.866975	2.6175
sd	41.5864	0.370736	0.128154	0.355141

Conclusions - The present study contributes to increase the knowledge of the coastal fish assemblages around the Capraia MPA. The fish community was dominated by Labridae and Sparidae families, which account for the 64% of the total density. This is a typical characteristic of the shallow rocky fish assemblages, already reported by previous studies in the Tyrrhenian Sea (Santangelo *et al.*, 1996; Vacchi *et al.*, 1997; La Mesa and Vacchi 1999; La Mesa *et al.*, 2011).

References

- HARMELIN-VIVIEN M.L., HARMELIN J.G., CHAUVET C., DUVAL C., GALZIN R., LEJEUNE P., BARNABÉ G., BLANC F., CHEVALIER R., DUCLERC J., LASSERRE G. (1985) - Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons: méthodes et problèmes. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, **40** (4): 467-539.
- LA MESA G., MOLINARI A., GAMBACCINI S., TUNESI L. (2011) - Spatial pattern of coastal fish assemblages in different habitats in North-western Mediterranean. *Mar. Ecol.*, **32** (1): 104-114.
- LA MESA G., VACCHI M. (1999) - An analysis of the coastal fish assemblage of the Ustica Island Marine Reserve (Mediterranean Sea). *Mar. Ecol.*, **20** (2): 147-165.
- SANTANGELO G., CAFORIO G., ACUNTO S., GIANNINI F., RAPPAZZO F. (1996) - Descrizione bionomica dei fondali costieri dell'isola di Capraia. *Atti Soc. tosc. Sci. nat. Mem. Serie B*, **103**: 119-128.
- VACCHI M., BUSSOTTI S., GENTILE G., GUIDETTI P. (1997) - Notes on the fish fauna of Gorgona Island (Ligurian Sea, North-western Mediterranean). *Doriana*, **6** (298): 1-10.

M. DONNALOIA, L. CASCIARO, I. BITETTO, C. NEGLIA, P. CARBONARA

COISPA Tecnologia e Ricerca s.c.r.l., Via dei Trulli, 18/20 - 70126 Bari, Italia.
donnaloia@coispa.eu

THE HAND-JIG LINE FISHERY FOR OMMASTREPHIDAE CEPHALOPODS ALONG THE NORTHERN SICILIAN COASTS

LA PESCA AI CEFALOPODI OMMASTREFIDI CON LE LENZE NELLA SICILIA SETTENTRIONALE

Abstract - The hand and pole line is an artisanal fishery quite common along the Sicilian coasts. North Sicilian fishing features and catch composition are described following direct observations on board and at landing sites. This fishery has a high degree of specialization, with *Todarodes sagittatus* as target and bulk of the catches (94% in number of individuals). The mantle length range from 14 to 46.6 cm (99th percentile) with a maximum record of 59.5 cm.

Key-words: hand-jig line fishery, *Todarodes sagittatus*, northern Sicilian coasts.

Introduction - Fisheries in the central southern Tyrrhenian Sea is mainly small scale, characterized by a notable variety of métier and target resources, given the morphological and environmental features of this area combined with cultural heritage of local traditions (Battaglia *et al.*, 2010). The hand-jig line for cephalopods represents one of the artisanal fishery quite popular in the southern Tyrrhenian Sea (Aeolian Islands) (Potoschi and Longo, 2009; Battaglia *et al.*, 2010). In this work we provide additional information on North Sicilian fishery in terms of vessel characteristics, fishing activity (*e.g.* seasonality, depth range) catch composition and catch length structure of the main target species, *Todarodes sagittatus* (Lamarck, 1798).

Materials and methods - Data were collected in the Data Collection Framework (DCF EU Reg. 199/2008) in four different harbors of the northern Sicily since 2011 to 2015. 61 sampling occasions were monitored using 10 sample vessels and collecting catch data by species. Individual mantle length of squids was measured to the nearest 0.5 cm and total individual weight was recorded to the nearest 0.1 g.

Results - Along the northern Sicilian coasts, from Sant'Agata di Militello (Messina) to Palermo, about 50 fishing vessels, mostly involved in set net fishing, switch seasonally to the hand-jig line métier. Data on the fishing fleet are as follows: LOA range between 3.67 and 6.36 m (mean 5.34 m); engine power between 1.1-26.5 kw (mean 7.07 kw), including rowing boats (EU Fleet Register). This fishing is operated during the first hours of the night, along 4-6 hours, in a depth range from 55 to 660 m, using two kinds of jig, with or without light. Mean CPUE in number of the caught species ranged from a minimum in May (mean±standard deviation, 1.63±0.66 N/h) to a maximum in August (5.50±4.45 N/h), whilst, mean CPUE in weight from a min in April (0.90±0.77 kg/h) to a max in July (2.51±1.91 kg/h) (Fig. 1). *T. sagittatus* represents the most important target species with 98% in catch weight and 94% in number of individuals. Length frequency distributions of 781 specimens showed mantle lengths (ML, cm) varying from 14 to 46.6 cm (99th percentile); the median and the lengths at 1st and 3rd quartiles were respectively 21, 17 and 24 cm (Fig. 2). Mean ML ranged from 20.9 cm in August to 26.3 cm in June, and from 20.6 cm in the depth range 55-200 m to 25.9 cm in deeper waters (600-700 m). An individual with an exceptional ML of 59.5 cm was recorded. The remaining 2% of the catch in weight was composed by other Ommastrephidae cephalopods. No discard has been observed in this fishery, whereas the by-catch *Ommastrephes bartramii* (Lesueur, 1821) was barely recorded.

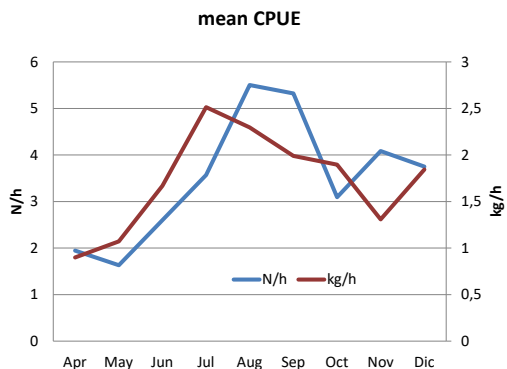


Fig. 1 - Mean CPUE (N/h and kg/h) with hand-jig line métier.

CPUE medie (N/h e kg/h) con le lenze.

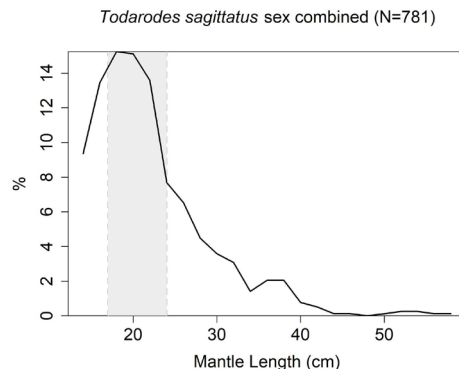


Fig. 2 - Length frequency distribution of *T. sagittatus* with 1st-3th quartile range.

Distribuzione di frequenza-lunghezza al primo e terzo quartile di *T. sagittatus*.

Conclusions - The hand-jig line fishery shows a high specialization for the catch of *T. sagittatus*, a species with a wide bathymetric distribution (range from the surface to 700 m, the most explored bathymetric level in the Italian waters), but occurring mainly on the slope at depths higher than 200 m (Belcari, 2017). This species makes diel vertical migration, remaining near the bottom during the day and ascending at night to feed (Roper *et al.*, 2010), a behavior exploited by the hand-jig line fisheries. The highest mean CPUE values recorded during summer are in accordance with Potoschi and Longo (2009) observations in the Aeolian Islands, although for the same area Battaglia *et al.* (2010) reported mean CPUE for *T. sagittatus* exceeding 5 kg per day in every season. The stock fraction caught by this fishery is mostly composed by male adults and female sub-adults in consideration of their sexual dimorphism (Belcari, 2017). In our observations, mean mantle lengths are smaller in summer and early autumn. Larger individuals are caught on the slope, though large specimens (ML>30 cm) in our samplings are sporadic, probably because these occur in deeper waters (Quetglas *et al.*, 1998) than the ones explored by the monitored fishery.

References

- BATTAGLIA P., ROMEO T., CONSOLI P., SCOTTI G., ANDALORO F. (2010) - Characterization of the artisanal fishery and its socio-economic aspects in the central Mediterranean Sea (Aeolian Islands, Italy). *Fish. Res.*, **102** (1-2): 87-97.
- BELCARI P. (2017) - *Todarodes sagittatus*. In: Sartor P., Mannini A., Carlucci R., Massaro E., Queirolo S., Sabatini A., Scarcella G., Simoni R. (eds), Synthesis of the knowledge on biology, ecology and fishery of the halieutic resources of the Italian seas. *Biol. Mar. Mediterr.*, **24** (Suppl. 1): 125-129.
- POTOSCHI A., LONGO F. (2009) - Descrizione della pesca ai molluschi cefalopodi tuteoidei dell'Arcipelago delle Eolie. *Biol. Mar. Mediterr.*, **16** (1): 356-357.
- QUETGLAS A., ALEMANY F., CARBONELL A., MERELLA P., SÁNCHEZ P. (1998) - Some aspects of the biology of *Todarodes sagittatus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) from the Balearic Sea (western Mediterranean). *Sci. Mar.*, **62** (1-2): 73-82.
- ROPER C.F.E., NIGMATULLIN C., JEREB P. (2010) - Family Ommastrephidae. In: Jereb P., Roper C.F.E. (eds), Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of cephalopod species known to date. Vol. 2. *FAO Species Catalogue for Fishery Purposes*, **4**: 269-347.

Data used in this paper were collected in the fishery Data Collection Framework (DCF) supported by the Italian Ministry of Agriculture, Food and Forestry Policy (MIPAAF) and by the European Commission.

V. GANCITANO, C. BADALUCCO, S. CUSUMANO,
F. FALSONE, G. INGRANDE, D. SCANNELLA, G. SINACORI, S. VITALE

Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) - Istituto per l'Ambiente Marino Costiero (IAMC),
S.S. di Mazara del Vallo, Via L. Vaccara, 61 - 91026 Mazara del Vallo (TP), Italia.
vita.gancitano@iamc.cnr.it

ANDAMENTO TEMPORALE DELLA TAGLIA DEI RIPRODUTTORI DI *MERLUCCIVS MERLUCCIVS* (LINNAEVS, 1758) NELLO STRETTO DI SICILIA

TEMPORAL TREND OF SIZE OF SPAWNERS OF MERLUCCIVS MERLUCCIVS (LINNAEVS, 1758) IN THE STRAIT OF SICILY

Abstract - *Temporal trend of median length of spawners of European hake, MerluccivS merluccivS (Linnaeus, 1758), was estimated on annual basis using data collected by MEDITS trawl survey (1994-2016) and monitoring of commercial catches (2002-2016) in the Strait of Sicily (GSA 16). No significant monotonic trend both in median length of mature females and males from scientific survey and commercial catch were observed. Although the state of overfishing of the species in the Strait of Sicily, the stability of size at maturity throughout time series underlines the capability of the stock to resist to high fishing pressure.*

Key-words: *European hake, median length, spawner, Strait of Sicily.*

Introduzione - Il nasello, *MerluccivS merluccivS* (Linnaeus, 1758), è un'importante risorsa demersale e la principale specie accessoria catturata dalle strascicanti che operano la pesca al gambero bianco nello Stretto di Sicilia. *M. merluccivS* è considerata specie bersaglio per la pesca con i palangari di fondo e le reti da posta. Grazie alla disponibilità di una serie storica di informazioni provenienti dalle campagne sperimentali e dalla pesca commerciale nello Stretto di Sicilia (GSA 16), si presenta l'andamento nel tempo delle lunghezze mediane della frazione di esemplari sessualmente maturi di nasello nello Stretto di Sicilia.

Materiali e metodi - I dati sono stati raccolti nell'ambito del Programma Nazionale di Raccolta Dati Alieutici (<https://datacollection.jrc.ec.europa.eu>), modulo *trawl survey* MEDITS (1994-2016) e modulo sul monitoraggio delle catture commerciali Campbiol (2002-2016). Come indicatore robusto della taglia dei riproduttori è stata scelta la lunghezza mediana degli individui nello stadio di maturità sessuale (gonadi fluenti e presenza di uova idratate nelle femmine). La condizione di maturità degli esemplari provenienti dalle campagne MEDITS è individuata dallo stadio 3 fino al 2007, stadio 4 nel 2008 e 5 dal 2009 delle scale MEDITS per i pesci ossei (Anon., 2016). Nel caso del Campbiol gli individui maturi corrispondono allo stadio 4 della scala di Holden e Raitt (1974) fino al 2008 e allo stadio 5 della scala MEDITS dal 2009.

Risultati e conclusioni - Sebbene sia evidente una certa fluttuazione delle lunghezze mediane della frazione dei riproduttori nella serie MEDITS, l'analisi dell'andamento temporale dei dati dei due diversi moduli, testato mediante il Rho di Spearman, ha mostrato trend monotonici non statisticamente significativi ($\alpha \leq 0.05$) in entrambi i sessi (Fig. 1). Considerando l'intera serie storica dei due moduli la lunghezza mediana dei maturi calcolata è pari a 35 e 24 cm per le femmine e i maschi nel caso del MEDITS, 37 e 25 cm per le femmine e i maschi provenienti dal Campbiol. Nonostante le condizioni di "overfishing" (Khoufi *et al.*, 2017),

l'andamento pressoché stabile nei 23 anni esaminati delle taglie della frazione matura sessualmente, costituisce un segnale positivo in termini di capacità di resistenza della specie all'elevata pressione di pesca esistente.

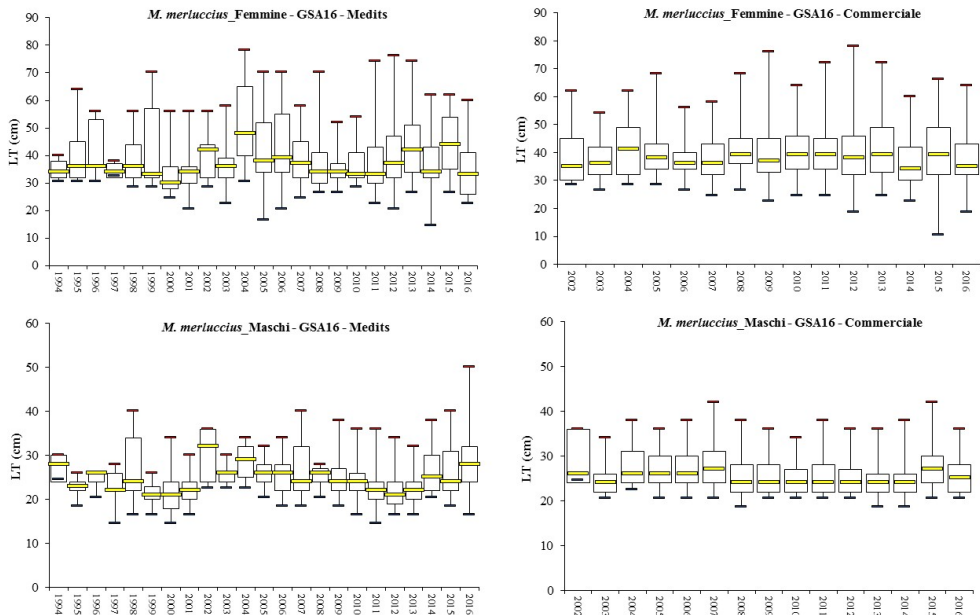


Fig. 1 - Distribuzione delle taglie illustrata mediante standard boxplot dei maturi di *Merluccius merluccius* (serie MEDITS 1994-2016; serie Campbiol 2002-2016) nello Stretto di Sicilia.

Standard boxplot of size distribution of spawners of Merluccius merluccius (MEDITS series 1994-2016; Campbiol series 2002-2016) in the Strait of Sicily.

Bibliografia

- ANONYMOUS (2016) - MEDITS-Handbook. Version n. 8. MEDITS Working Group: 177 pp.
- HOLDEN M.J., RAITT D.F.S. (1974) - Manual of fisheries science. Part 2. Methods of resource investigation and their application. *FAO Fish. Tech. Pap.*, **115**, (Rev. 1): 214 pp.
- KHOUIFI W., GANCITANO V., MILISENDA G., BEN MERIEM S., COLLOCA F., ARNERI E., CERIOLA L., JARBOUI O., GAMBIN M., MIFSUD R., FIORENTINO F. (2017) - Assessment of European hake in the MedSudMed area. General Fisheries Commission for the Mediterranean, Scientific Advisory Committee (SAC – SCSA), Working Group on stock assessment of demersal species. Roma, 13-18 November 2017. <http://www.fao.org/gfcm/meetings/info/en/c/1040665/>.

Questo lavoro è stato svolto nell'ambito del Modulo G – Campagne di ricerca a mare MEDITS e Moduli C&E - Variabili biologiche relative al metier e Variabili relative agli stock nell'ambito della Data Collection Framework – finanziato dalla Comunità Europea e dal Ministero delle Politiche Agricole e Forestali.

D. MASSI, A. CARIANI¹, C. MANCUSI², A. TITONE, A. FERRARI¹, V. CROBE¹,
F. TINTI¹, F. SERENA

Istituto di Ricerche sulle Risorse Marine e l'Ambiente (IAMC-CNR), SS di Mazara del Vallo,
Via L. Vaccara, 61 - 91026 Mazara del Vallo (TP), Italia.

daniela.massi@iamc.cnr.it

¹Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Università di Bologna,
Via Sant'Alberto, 163 - 48123 Ravenna, Italia.

²ARPAT - Settore Mare, Via Marradi, 114 - 57126 Livorno, Italia.

BIOMETRY AND MOLECULAR DATA OF EGG-CASES
OF *RAJA ASTERIAS* DELAROCHE, 1809 (CHONDRICHTHYES,
RAJIDAE) IN THE STRAIT OF SICILY
(CENTRAL MEDITERRANEAN)

*BIOMETRIE E DATI MOLECOLARI DELLE CAPSULE OVIGERE
DI RAJA ASTERIAS DELAROCHE, 1809 (CHONDRICHTHYES,
RAJIDAE) NELLO STRETTO DI SICILIA
(MEDITERRANEO CENTRALE)*

Abstract - *Biometrics of 12 egg-cases of R. asterias in the Strait of Sicily were reported. Measures were taken on cases sampled from mature females or attributed to the species by molecular analyses of embryos.*

Key-words: *egg-cases, biometrics, molecular analyses, Raja asterias, Mediterranean Sea.*

Introduction - Skates and rays are greatly vulnerable to trawl fishery and several cases of population decline and local extinction have been documented in the last 20 years in the European seas. In the Mediterranean Sea, 15 species of Rajidae are reported (Serena *et al.*, 2010). The egg-cases of Rajidae have a species specific shape and, recently, Mancusi and Serena (2015) described the morphology of the egg-case of *Raja asterias* Delarocche, 1809. The correct association of the egg-case to the species can be obtained either directly by sampling the egg capsules inside the uterus of females or indirectly through the molecular analyses of biological material of the embryos. Within the more general framework of investigation on the distribution of fishery resources, this study is aimed at characterizing biometrics of egg-cases of *R. asterias* in the Strait of Sicily (SoS) obtained both by direct and indirect method.

Materials and methods - Measures were taken on 12 *R. asterias* egg-cases (5 directly extracted by the body of 5 different females and other 7 with embryo inside) collected within the European Data Collection Framework (Campbiol and MEDITS modules). For each egg-case total weight (TW) and eight measurements have been recorded: total length with horns (TL), body length without horns (BL), maximum width (MW), proximal (PHL) and distal horn length (DHL), maximum width of lateral keels (MWLK), width of proximal (WPF) and distal field (WDF). Molecular analyses were carried out on 7 full eggs (capsule and embryo) and 2 embryos. DNA was extracted by using the organic CTAB solution (Winnepenninckx *et al.*, 1993). The amplification concerned: a) the partial sequence of the 16S rDNA mitochondrial ribosomal gene of 280bp, previously evaluated as highly discriminatory among the elasmobranch species (Valsecchi *et al.*, 2005) and b) a fragment of the mitochondrial gene cytochrome oxidase subunit I (COI, 650bp; Ward *et al.*, 2005). The sequences obtained were compared with those of the Rajidae available in the GenBank public database using the Neighbour-joining tree clustering (Collins and Cruickshank, 2013).

Results and conclusions - The molecular analyses confirmed that both egg-cases and embryos belonged to *R. asterias*. The main biometrics of the egg-cases are reported in Tab. 1. Preliminary multivariate analyses of biometrics have suggested that the width of the egg-cases is the measure with the highest distinguishing power in species identification (Mancusi and Serena, 2015). To clarify differences among species biometric features of ascertained egg-cases of *R. asterias* need to be verified in a larger number of samples. Comparing the genetic sequences obtained with those available for the species in the Mediterranean, the analysed egg-cases and embryos showed pattern in common with samples from Algeria, Spain, Tyrrhenian Sea and Adriatic Sea, confirming the nature of the SoS as transition zone between western and eastern basin.

Tab. 1 - Main biometrics of egg-cases of *Raja asterias* from the Strait of Sicily. *egg-case extracted from a mature female, **egg-case verified by molecular analyses.

*Principali dati biometrici delle ooteche di Raja asterias dallo Stretto di Sicilia. *ootecha estratta da una femmina matura, **ootecha verificata mediante analisi molecolari.*

Code	TL mm	BL mm	WPF mm	WDF mm	MWLK mm	PHL mm	DHL mm	MW mm	TW g	Remarks
14CAMP15	92	38	4		2	28	21	30	4.1	*
15CAMP15	90	35	4		2	32	18	30	4	*
1CAMP12	85	34	5	1	1	24	23	31		*
2CAMP12	82	36	6	1	1	25	21	28		*
1CAMP15	87	36	8	2	1	29	20	31		*
2M13-C28	85	37	5	4	2	26	22	30	3.4	**
6M13-C28	78	35	5		2	25	20	32	3.5	**
7M13-C28	76	32	5	1	2	23	22	30	2.4	**
8M13-C28	84	35	5	2	2	25	23	31	2.5	**
9M13-C28	84	34	7	2	2	23	22	30	3.2	**
20M13-C28	80	33	4	1	1	23	22	30	1.9	**
1M13-C29	86	34	5	2	2	28	25	32	2.5	**
Min	76	32	4	1	1	23	18	28	1.9	
Max	92	38	8	4	2	32	25	32	4.1	

References

- COLLINS R.A., CRUICKSHANK R.H. (2013) - The seven deadly sins of DNA barcoding. *Mol. Ecol. Resour.*, **13** (6): 969-975.
- MANCUSI C., SERENA F. (2015) - Diagnosi morfologica delle capsule ovigere dei condroitti mediterranei. Metodiche di studio, biologia e chiavi di determinazione specifica. Settimana seminariale sulla biologia e conservazione degli elasmobranchi. Mazara del Vallo (TP), 18-22 maggio 2015: 75 pp.
- SERENA F., MANCUSI C., BARONE M. (EDS) (2010) - Field identification guide to the skates (Rajidae) of the Mediterranean Sea. Guidelines for data collection and analysis. *Biol. Mar. Mediterr.*, **17** (Suppl. 2): 189 pp.
- VALSECCHI E., PASOLINI P., BERTOZZI M., GAROIA F., UNGARO N., VACCHI M., SABELLI B., TINTI F. (2005) - Rapid Miocene-Pliocene dispersal and evolution of Mediterranean rajid fauna as inferred by mitochondrial gene variation. *J. Evolution. Biol.*, **18** (2): 436-446.
- WARD R.D., ZEMLAK T.S., INNES B.H., LAST P.R., HEBERT P.D.N. (2005) - DNA barcoding Australia's fish species. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.*, **360** (1462): 1847-1857.
- WINNENPENNINCKX B., BACKELJAU T., DE WACHTER R. (1993) - Extraction of high molecular weight DNA from molluscs. *Trends Genet.*, **9** (12): 407.

A. MOLINARI, D. DI BLASI¹, E. CARLIG¹, S. ROCCATAGLIATA, P. BERNAT, S. BAVA²

RSTA Scrl, Via Malta, 2/8 - 16121 Genova, Italia.
andreamolinari1969@gmail.com

¹Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), ISMAR, Via De Marini, 6 - 16149 Genova, Italia.

²Area Marina Protetta Isola di Bergeggi, Bergeggi (SV), Italia.

PRIME OSSERVAZIONI SULLE CATTURE DELLA PESCA ARTIGIANALE ALL'INTERNO E ALL'ESTERNO DELL'AMP ISOLA DI BERGEGGI

FIRST OBSERVATIONS OF THE ARTISANAL FISHERY CATCHES INSIDE AND OUTSIDE THE BERGEGGI ISLAND MPA

Abstract - Several studies pointed out that MPAs have a positive effect on fish stocks in terms of increased biomass and size of specimens. The benefit of the protection extends on the boundaries of the MPAs' areas according to the spill-over effect. This work provides catch observations of the artisanal fishery during the summer 2012 and compares the catches inside and outside the Bergeggi Island MPA to assess the effects of the conservation measures 5 years later the MPA's institution.

Key-words: small scale fishery, marine protected areas, coastal fishing assemblages, Ligurian Sea, Bergeggi Island MPA.

Introduzione - Le aree marine protette rivestono un ruolo di fondamentale importanza non solo per la preservazione degli habitat e della biodiversità marina ma anche per la gestione delle attività di pesca (Russ, 2007). Essendo aree di tutela che promuovono la conservazione in ottica dello sviluppo sostenibile di attività locali, la piccola pesca artigianale è consentita e regolamentata. L'Area Marina Protetta (AMP) Isola di Bergeggi è stata istituita con D.M. del 7 maggio 2007, pubblicato sulla G.U. n. 206 del 5 settembre 2007. In seguito alla sua istituzione sono stati condotti studi sulla fauna ittica esclusivamente tramite *visual census* (Molinari e Bava, 2011; Cattaneo-Vietti *et al.*, 2011). Questa indagine, condotta nell'ambito del progetto "Realizzazione di un'azione di monitoraggio dei parametri biologici ed ambientali, nel quadro delle azioni di assistenza tecnica alla Direzione Generale della Pesca Marittima e dell'Acquacoltura del Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali", ha come scopo quello di verificare l'eventuale effetto della protezione sui popolamenti ittici a cinque anni dall'istituzione dell'area marina protetta, tramite un confronto delle catture della pesca professionale effettuate all'interno e all'esterno dell'area tutelata.

Materiali e metodi - Ricercatori a bordo di imbarcazioni da pesca artigianale hanno raccolto dati sulla composizione, in numero e peso, delle catture all'interno e all'esterno dell'AMP di Bergeggi da metà giugno a metà agosto 2012. Sono state osservate un totale di 22 cale, 11 all'interno dell'AMP e 11 in aree esterne all'area tutelata, rilevando la posizione e la profondità di ciascuna cala, le dimensioni dell'attrezzo e le catture. Gli attrezzi utilizzati sono stati il tremaglio in 18 cale (9 cale sia in AMP che all'esterno) e l'incastellata in 4 cale (2 cale sia in AMP che all'esterno).

Risultati - La lista completa degli organismi catturati, identificati a livello di specie, comprende 44 specie ittiche, 1 di crostacei e 4 di molluschi. Nel complesso i rendimenti medi di pesca, in termini di numero (esemplari/m² di rete) sono maggiori nelle aree di pesca esterne all'AMP, sia con rete incastellata che con tremaglio, mentre in termini di peso (g/m² di rete) sono pressappoco equivalenti (Tab. 1).

Tab. 1 - Rendimenti di pesca ottenuti mediante l'uso della rete incastellata e del tremaglio in AMP ed all'esterno. Tra parentesi il numero di cale.

Fishing yields obtained through the use of the combined net and the trammel net inside and outside MPA. In brackets the number of hauls.

	AMP		Esterno	
	Incastellata (2)	Tremaglio (9)	Incastellata (2)	Tremaglio (9)
Numero (esemplari/m ²)	0,012	0,035	0,005	0,091
Peso (g/m ²)	3	12	2	12

Le sole specie con rese migliori in AMP sono *Lophius* spp. e *Scorpaena* spp., mentre quelle con rese migliori all'esterno sono *Pagellus* spp., *Merluccius merluccius*, *Mullus* spp. e *Octopus vulgaris* (Tab. 2).

Tab. 2 - Rese di pesca medie per specie, ottenute in AMP e all'esterno, utilizzando la rete incastellata (*) e il tremaglio (**).

Average fishing yields per species, obtained inside and outside MPA, using the combined net () and trammel net (**).*

Specie	AMP		Esterno	
	Esempl./m ²	g/m ²	Esempl./m ²	g/m ²
<i>Bothus podas</i> (Delaroche, 1809)	0,003*/0,001**	0,2*/0,01**	0,001*/0,0001**	0,1*/0,1**
<i>Diplodus</i> spp.	0,001*/0,0004**	0,2*/0,05**	0,001*/0,0003**	0,2*/0,1**
<i>Lophius</i> spp.	- */0,001**	- */4**	- */0,0003**	- */0,5**
<i>M. merluccius</i> (L., 1758)	- */0,0004**	- */0,2**	0,001*/0,001**	0,3*/0,2**
<i>Mullus</i> spp.	0,0001*/0,001**	0,01*/0,05**	0,001*/0,04**	0,1*/3**
<i>O. vulgaris</i> Cuvier, 1797	0,0004*/0,0001**	0,5*/0,04**	- */0,002**	- */2**
<i>Pagellus</i> spp.	0,002*/0,004**	0,1*/1**	0,002*/0,023**	0,2*/2**
<i>Sepia officinalis</i> L., 1758	0,001*/0,005**	0,3*/1**	0,0005*/0,004**	0,2*/1**
<i>Scorpaena</i> spp.	0,002*/0,01**	0,5*/2**	0,0004*/0,005**	0,1*/1**
<i>Uranoscopus scaber</i> L., 1758	0,0004*/0,0004**	0,2*/0,1**	0,001*/0,001**	0,2*/0,2**
Altre specie	0,003*/0,011**	1*/3**	0,004*/0,017**	1*/2**

Conclusioni - Nel complesso le osservazioni condotte, seppur su una sola stagione e su un numero non elevato di pesche, hanno evidenziato che le catture dentro all'area tutelata hanno rese in peso leggermente maggiori, pur avendo un numero di esemplari inferiori rispetto all'esterno, confermando i dati raccolti nel 2011 tramite *visual census* (Cattaneo-Vietti *et al.*, 2011). Le informazioni raccolte implementano quelle rilevate in periodi antecedenti l'istituzione dell'AMP (Molinari e Tunesi, 2002), evidenziando che al momento solo poche risorse demersali sembrano aver beneficiato dell'effetto della protezione, probabilmente anche a causa delle ridotte dimensioni della zona a maggior vincolo di tutela dell'area marina protetta.

Bibliografia

- CATTANEO-VIETTI R., GUIDETTI P., DI LORENZO M., BUSSOTTI S. (2011) - Pre-valutazione dell'effetto riserva presso i cinque parchi marini della Liguria. Annualità 2010. Relazione tecnica finale: 152 pp.
- MOLINARI A., BAVA S. (2011) - Application of underwater visual census methods to study the fish assemblages of the Marine Protected Area of Bergoggi (western Ligurian Sea). Book of Abstracts 3rd International Symposium on occupational scientific diving. Porto Cesareo (LE), 9-12 November 2011: 48.
- MOLINARI A., TUNESI L. (2002) - Characterization of the artisanal fishery activities in the Bergoggi Island's waters (Ligurian Sea). *Biol. Mar. Mediterr.*, **10** (2): 734-737.
- RUSS G.R. (2007) - Yet another review of marine reserves as reef fishery management tools. In: Sale P.F. (ed), *Coral reef fishes. Dynamic and diversity in a complex ecosystem*. Academic Press, San Diego, CA, USA: 421-443.

M. ROMANELLI

ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale,
Via V. Brancati, 48/60 - 00144 Roma, Italia.
michele.romanelli@isprambiente.it

OSSERVAZIONI SULLE STIME DI RIFERIMENTO SUI LIVELLI PRODUTTIVI DELLA FLOTTA ITALIANA DEDITA ALLA PICCOLA PESCA E/O ARTIGIANALE

NOTE ON THE REFERENCE DATA ON THE ANNUAL PRODUCTION ESTIMATES FOR THE ITALIAN SMALL-SCALE FISHING FLEET

Abstract - In the Mediterranean small boats ($OTL \leq 12$ m) operating non-trawled gears make up the bulk of the national fishing fleets, but estimates on their landings and sales are scarce. In Italy official statistics by IREPA (and others) assigned 12-18% and 20-25% of landings and outputs in years monitored during 1997-2013, but detailed local data from the literature show those estimates should be cut by 25-50%.

Key-words: fixed gears, Italy, Mediterranean Sea, small-scale fleet.

Introduzione - La recente “Disciplina della piccola pesca e della pesca artigianale” (MiPAAF, D.M. 7 dicembre 2016) riguarda imbarcazioni con $LFT \leq 12$ m abilitate alla pesca entro 12 miglia dalla costa ed operanti con gli attrezzi di cattura ivi elencati, tutti “passivi”. I due affini segmenti della flotta disciplinati interessano, congiuntamente, circa il 60% delle barche italiane autorizzate alla pesca professionale, con un ruolo più netto in alcuni tratti costieri. Le informazioni su sbarcato e fatturato annui sono, però, scarse a causa della dispersione delle barche e le oscillazioni dell’attività (Colloca *et al.*, 1998). Nonostante tali difficoltà i rapporti annuali curati da IREPA (o da altre UU.OO.) nel periodo 1997-2013 (con lacune per il 2008 e il 2012, vedi elenco in IREPA, 2012, più Sabatella, 2015) assegnano alla “piccola pesca” (nei rapporti individuabile nell’insieme delle imbarcazioni disciplinate dal recente decreto) quote del 12%-18% e del 20%-25% rispettivamente dello sbarcato e del fatturato dell’intera flotta italiana nei vari anni. Giacché queste stime appaiono “alte” rispetto a quanto ricavabile da alcuni studi locali (es. Potoschi *et al.*, 2000), ai fini del presente lavoro si è esaminata parte della bibliografia esistente sulla piccola pesca marittima lungo le coste italiane, onde valutare la congruità dei dati produttivi con quelli dei citati rapporti annuali.

Materiali e metodi - Nella bibliografia consultata si sono ricercate informazioni riguardo a: 1) frazione di barche della piccola pesca di ciascuna area di studio inattive su scala annuale o stagionale; 2) dati o stime dello sbarcato giornaliero medio delle barche attive (informazioni talvolta ricavabili da quelle sullo sforzo e rese per le specie bersaglio); 3) età, dimensioni e potenza motore medie delle imbarcazioni.

Risultati - I dati dei rapporti IREPA del periodo 1997-2011, e quelli di un’analoga indagine curata da Sabatella (2015) per l’anno 2013, indicano che il numero delle imbarcazioni dedite alla piccola pesca è complessivamente diminuito. Infatti, secondo le informazioni disponibili sulle caratteristiche delle singole barche e le licenze di pesca indicate in ALP (“Archivio Licenze Pesca”), la riduzione è pari al 31,3% nel periodo in esame, da circa 12.550 unità del 1997-1998 alle 8.620 registrate, in media, nel 2011 e 2013. Cali quasi analoghi risultano pure nelle singole regioni (ad eccezione delle coste sarde, ove le barche sarebbero all’incirca passate da 1.120

a 1.025), con graduali mutamenti nel tempo. Ciò trova conferma nell'alta età media rilevata nel 2013 per le barche del comparto (28-34 anni nei vari litorali; Sabatella, 2015). Nell'insieme dei sopra citati rapporti annuali lo sbarcato totale del comparto risulta in progressivo calo, da circa 100.000 a 30.000 t, con fatturati che nel tempo passano da 450 a 200 milioni di euro. Lo stesso *trend* vale per i giorni in mare, che calano da 2,1 a 1,0 milioni (ossia da 167 a 116 giorni l'anno per ogni unità, quali medie nazionali). In altre fonti l'attività della piccola pesca appare assai più "frammentaria": Vacchi *et al.* (1994) riportavano che in alcuni porti della Liguria occidentale su 209 barche iscritte solo circa 40-75 unità risultarono attive nel corso di sopralluoghi mensili effettuati per un anno; Biagi e De Ranieri (1985) in una rilevazione per 12 mesi su sette imbarcazioni presso la foce dell'Arno osservarono che i giorni di pesca erano di 89-223 giorni per le varie unità (mediana: 113 giorni). In Colloca *et al.* (1998) si afferma che nel 1994-1996 solo il 30% delle 227 barche della piccola pesca con base in Cilento e Golfo di Policastro era attivo. In Sicilia NE Potoschi *et al.* (2000) rilevarono che nel 1997-1999 erano attive 89 delle 413 barche della piccola pesca iscritte nell'area. Secondo Fiori *et al.* (2005) lungo le coste romagnole nel corso del 2003 operarono circa 250 barche della piccola pesca (di cui solo 99 tutto l'anno) a fronte delle 450 unità indicate in un coevo rapporto IREPA. Da Fabi e Grati (2005) si apprende che nel 1999-2002 nel Compartimento di Ancona erano presenti 77 barche del segmento (di cui 50 più attive) a fronte delle 630 indicate nei rapporti dell'epoca per le Marche.

Conclusioni - Il confronto tra i dati dei rapporti annuali 1997-2013 e quelli da altre fonti indica una forte sovrastima, nei rapporti IREPA, sia del numero di imbarcazioni della piccola pesca attive e sia dei loro giorni di attività in mare. Una situazione analoga è stata rilevata in Spagna, ove il 40% delle unità dell'intera flotta contribuì, nel 2014, allo sbarcato totale solo per il 2% in peso e il 3% in valore economico, con una percentuale molto alta di barche inattive tra quelle con LFT \leq 12 m (MAGRAMA, 2015).

Bibliografia

- BIAGI F., DE RANIERI S. (1985) - Indagine sulla piccola pesca costiera nell'area limitrofa alla foce del fiume Arno. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. Mem. Ser. B*, **92**: 103-118.
- COLLOCA F., CERASI S., NATALE M.G., MANCINO L. (1998) - Rilevamento delle attività di pesca nel Golfo di Policastro e lungo il litorale del Cilento (Tirreno meridionale) ai fini della gestione della fascia costiera. *Biol. Mar. Mediterr.*, **5** (3): 698-706.
- FABI G., GRATI F. (2005) - Small-scale fisheries in the maritime department of Ancona (Central northern Adriatic Sea). *Adriamed Techn. Doc.*, **15**: 64-84.
- FIORI F., CAMANZI L., GRAMOLINI R., MAFFEI M., MALORGIO G.A., MATARAZZO D., PRIOLI G. (2005) - La pesca artigianale in Emilia-Romagna. *Quad. Sci. Lega Pesca*, **10**: 1-48.
- IREPA (2012) - *Osservatorio economico sulle strutture produttive della pesca marittima in Italia 2011*. Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli: 249 pp.
- MAGRAMA (2015) - *Plan de acción para las flotas en desequilibrio entre la capacidad pesquera y las oportunidades de pesca*. Ministerio Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid: 138 pp.
- POTOSCHI A., ROMEO T., BOTTARI T., CANNAVÒ G. (2000) - Situazione della pesca artigianale nella Sicilia orientale. *Biol. Mar. Mediterr.*, **7** (1): 830-835.
- SABATELLA R.F. (2015) - Rapporto annuale sulle strutture produttive nei mari italiani. In: Mannini A., Sabatella R.F. (eds), *Annuario sullo stato delle risorse e sulle strutture produttive dei mari italiani*. *Biol. Mar. Mediterr.*, **22** (Suppl. 1): 207-310.
- VACCHI M., LA MESA M., GIANNÌ A. (1994) - La "piccola pesca" nel Compartimento di Savona: tipologia degli attrezzi e composizione delle catture. Atti 10° Congresso AIOL. Alassio, 4-6 novembre 1992: 503-511.

M. SBRANA, F. DE CARLO*, C. VIVA, A. MASSARO*

Centro Interuniversitario di Biologia Marina ed Ecologia Applicata (CIBM),
Viale N. Sauro, 4 - 57128 Livorno, Italy.
sbrana@cibm.it

*Aplysia Soc. Coop. r.l., Livorno, Italy.

USE OF ARTIFICIAL LIGHTS IN THE BOTTOM TRAWL FISHERY IN THE NORTHERN TYRRHENIAN SEA

USO DI LUCI ARTIFICIALI NELLA PESCA A STRASCICO DI FONDO NEL MAR TIRRENO SETTENTRIONALE

Abstract - The use of artificial lights on the headline of the trawl net seems to be effective in reducing the capture of *Merluccius merluccius* under the Minimum Conservation Reference Size (MCRS) in the fishery targeting deep-water rose shrimp. The use of artificial lights placed on the trawl net can be a simple and economical solution to reduce unwanted catches without loss of the commercial fraction.

Key-words: trawl fishery, discard, bycatch, Tyrrhenian Sea.

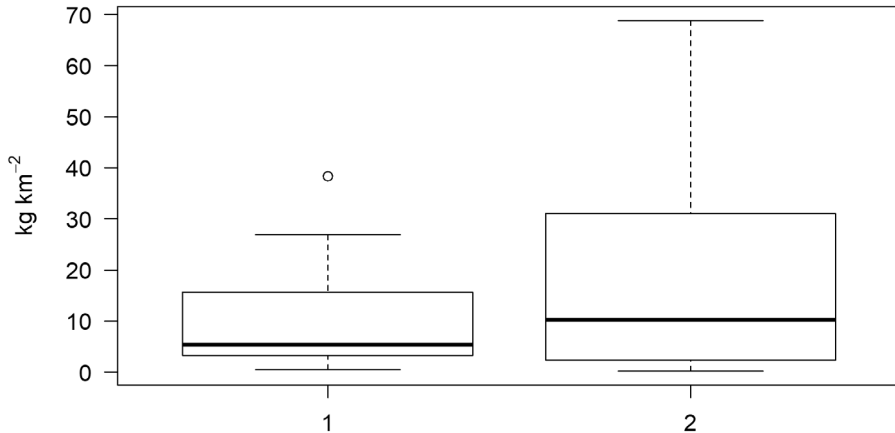
Introduction - In the last few years, some fishermen adopted the use of artificial lights attached to the headline of the bottom trawl net in order to increase the catches of targeted crustaceans. According to their knowledge, the use of such a device resulted particularly effective in the hauls performed during the night on the continental shelf and targeting *Parapenaeus longirostris* (Lucas, 1846). Currently, there is no scientific evidence in support of this anecdotal believe. The aim of the study was to evaluate the effects of artificial lights attached to the trawl net to 1) increasing the catches of targeted crustaceans and 2) reducing fish bycatch (and discards).

Materials and methods - The study area comprises the commercial fishing grounds of the continental shelf and slope in the northern Tyrrhenian Sea. Those fishing grounds are routinely exploited by the trawl fleets of Porto Ercole and Porto Santo Stefano, practicing mixed bottom trawl fisheries targeting *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758), *Mullus barbatus* Linnaeus, 1758, *Eledone cirrhosa* (Lamarck, 1798), *P. longirostris* and *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758). The sampling design consisted in paired hauls using a commercial fishing vessel, alternating the control bottom trawl net with the one equipped with lights on the headline. The field trials were conducted on consecutive days in three different seasons (summer 2016, autumn 2016, and spring 2017), for a total of 52 hauls (26 with lights, 26 without lights). Catch sorting was performed by the fishermen to avoid any bias in discarding practices. Commercial and discarded fractions were divided by species, and total weight by species and commercial category recorded. For each haul and for each taxon identified (both in the commercial and discarded fraction), biomass indices (kg/km²) were calculated (Sparre and Venema, 1998). The data were analysed by means of generalised additive mixed modelling (GAMM). GAMM models with Poisson distribution were used to fit the response variable biomass (kg) (Miller, 2013).

Results - The results of GAMM analysis showed that the use of lights did not affect the catch rates of commercial catches and of the main target species, deep-water rose shrimp. On the other side, the use of this device allowed a general decrease of discards of species with Minimum Conservation Reference Size (mostly fish). The use of lights allowed a decrease of *M. merluccius* discards (Tab. 1). Average discard rate of the species was 11.6 kg/km² with lights, while it was 27.4 kg/km² without lights (Fig. 1).

Tab. 1 - Results of GAMM analysis on *M. merluccius* discard.*Risultati dell'analisi GAMM sullo scarto di M. merluccius.*

Model:	kg ~ offset(logswept) + s(depth) + light			
Parametric coefficients:	Estimate	Std. Error	t value	p-value
(Intercept)	1.943	0.196	9.926	<0.01
light	0.861	0.185	4.654	<0.01

Fig. 1 - Box-and-whisker plot showing the discard rates of *M. merluccius* with lights (1) and without lights (2).*Grafico Box-and-whisker che mostra i tassi di scarto di M. merluccius con luci (1) e senza luci (2).*

Conclusions - The EU discards ban has the objective of reducing discards in EU fisheries and working towards more selective fishing by incentivizing fishermen to apply appropriate technical solutions. Investigating the effect of simple modifications of current bottom trawl designs are interesting because these modifications may work towards reducing unwanted bycatch, without undue changes to the fishing practices of fishermen or expensive modifications that would entail additional costs. This is the first study in Italian waters aimed at investigating the effects of artificial lights on the catches of trawl nets. The results, although indicating a promising scenario, need to be confirmed by further investigations, both in time and in space.

References

- MILLER T.J. (2013) - A comparison of hierarchical models for relative catch efficiency based on paired-gear data for US Northwest Atlantic fish stocks. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **70** (9): 1306-1316.
- SPARRE P., VENEMA S.C. (1998) - Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1: Manual. *FAO Fish. Tech. Pap.*, **306**: 407 pp.

The study has been carried out in the context of Minouw project funded by Horizon 2020 framework.

M. VALLISNERI¹, E. BENNI¹, S. MONTANINI^{1,2}, M. STAGIONI^{1,2}, M.R. RANDI¹, G. VALDRÈ¹

¹Department of Biological, Geological and Environmental Sciences (BiGeA), University of Bologna,
Via Selmi, 3 - 40126 Bologna, Italy.
maria.vallisneri@unibo.it

²Laboratory of Marine Biology and Fisheries of Fano, University of Bologna, Italy.

OTOLITH MICROSTRUCTURE AS BIOMARKER OF *ENGRAULIS ENCRASICOLUS* FROM NORTHERN AND CENTRAL ADRIATIC SEA

LA MICROSTRUTTURA DELL'OTOLITE COME BIOMARCATORE DI ENGRAULIS ENCRASICOLUS DEL NORD E MEDIO ADRIATICO

Abstract - Microstructure of the sagitta otoliths of the inner ear European anchovy from northern and central Adriatic Sea were analyzed by SEM. The shape profile of the otoliths and the crystalline surface on sulcus acusticus showed morphological differences between sites. These microstructural differences could be biomarkers related to two anchovy forms.

Key-words: otoliths, microstructure, Adriatic Sea, *Engraulis encrasicolus*.

Introduction - The biocomplexity of European anchovy was cause of confusion for the Adriatic populations definition. Two anchovy forms in the Adriatic were described based on color (Borsa *et al.*, 2004) and allozyme-frequency variation (Bembo *et al.*, 1996). A small silver anchovy occurs largely in the shallow and less saline waters of the northern Adriatic and a larger bluish form inhabits the open waters of the central basin: these morphs are superficially similar to *Engraulis albidus* Borsa, Collet & Durand, 2004 (silver anchovy) and *E. encrasicolus* (Linnaeus, 1758) (blue anchovy) in the Gulf of Lyon, suggesting that both species also inhabit the Adriatic Sea (Borsa *et al.*, 2004). Additionally, Bembo *et al.* (1996) found strong allozyme-frequency gradients among populations in the northwestern and southeastern areas of the Adriatic. Ruggeri *et al.* (2016) indicates that anchovies throughout the Adriatic belong to a single species, *E. encrasicolus*. However, this species seems to be partitioned into two subpopulations showing a patchy distribution of genetic variability that reflected selective processes mediated by several environmental variables: salinity, temperature and dissolved oxygen content. The goal of this study was to assess the variations of the otolith microstructure along its geographical distribution range in Adriatic Sea.

Materials and methods - A total of 220 samples of European anchovy were collected in northern (Istria-Conero) and central (Conero-Tremiti) Adriatic Sea during the MEDITS trawl survey in 2015; a representative subsamples (n=8 from both areas) of left saccular otoliths (*sagittae*) of two sites were removed, cleaned from adhering remaining tissue with 3% H₂O₂ for 15 min and then with Milli-Q water (two successive cycles by vortex) and then kept dry. Were used otoliths from adult individuals with median total length (TL) of 122.5 mm for samples from northern area (range 115-124 mm TL) and 125.5 mm for samples from central area (range 123-128 mm TL). For external observation of the proximal surface the otoliths were mounted on stubs and gold-coated (100 Å) for the observation using Hitachi-S 2400 SEM. They were located on the stubs with the proximal side faced up in order to show *sulcus acusticus* crystalline arrangement.

Results and conclusions - The sagitta otoliths of northern and central Adriatic Sea showed different shape profile and features (Fourier analysis) according to Montanini *et al.* (2016). The prismatic crystals of the *sulcus acusticus* showed similar

dimension, but microstructural differences (Fig. 1). All the northern sub-samples showed: well defined crystallographic planes, crystal faces and habits (length $\pm 10\text{-}20\ \mu\text{m}$) in the ostial area; well defined acicular crystals in the caudal area (length $\pm 100\ \mu\text{m}$). Instead central sub-samples showed: roundish crystals with no well-defined habits, embedded in an amorphous substance, in the ostial area; a less evident morphological structures in the caudal area, with morphological units joined together. These differences in otolith microstructures confirmed those reported by shape analysis between northern and Central Adriatic Sea (Montanini *et al.*, 2016). In conclusion, geographic gradients in sea temperature, salinity and dissolved oxygen (Morello and Arneri, 2009) appear to drive adaptive differences among populations. Therefore, accurately definition of the composition of the Adriatic forms of *E. encrasicolus*, is basic for optimizing exploitation strategies for sustainable harvests (Ruggeri *et al.*, 2016).

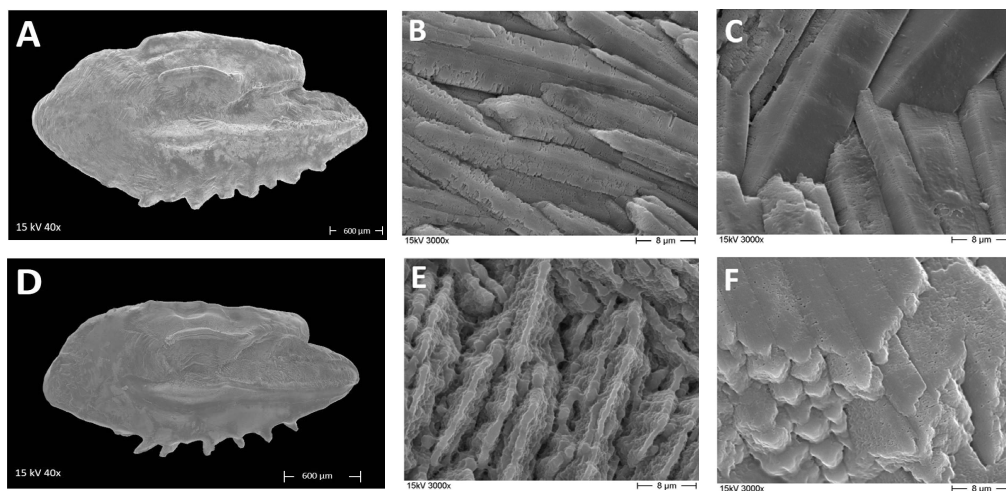


Fig. 1 - SEM images of otoliths of *E. encrasicolus*; external crystalline structure, *sulcus acusticus*: *ostium* and *cauda* from northern (A-B-C) (fish TL=124 mm) and central (D-E-F) (fish TL=128 mm) Adriatic Sea.

Immagini al SEM di otoliti di E. encrasicolus; struttura cristallina esterna, sulcus acusticus: ostium e cauda del nord (A-B-C) e medio (D-E-F) Adriatico.

References

- BEMBO D.G., CARVALHO G.R., CINGOLANI N., ARNERI E., GIANNETTI G., PITCHER T.J. (1996) - Allozymic and morphometric evidence for two stocks of the European anchovy *Engraulis encrasicolus* in Adriatic waters. *Mar. Biol.*, **126** (3): 529-538.
- BORSA P., COLLET A., DURAND J.-D. (2004) - Nuclear-DNA markers confirm the presence of two anchovy species in the Mediterranean. *C. R. Biol.*, **327** (12): 1113-1123.
- MONTANINI S., STAGIONI M., BENNI E., VALLISNERI M. (2016) - Otolith shape analysis within species: an application on sagittal otolith of European anchovy from GSA 17. *Biol. Mar. Mediterr.*, **23** (1): 271-272.
- MORELLO E.B., ARNERI E. (2009) - Anchovy and sardine in the Adriatic Sea - An ecological review. *Oceanogr. Mar. Biol.*, **47**: 209-256.
- RUGGERI P., SPLENDIANI A., OCCHIPINTI G., FIORAVANTI T., SANTOJANNI A., LEONORI I., DE FELICE A., ARNERI E., PROCACCINI G., CATANESE G., TIČINA V., BONANNO A., NISI CERIONI P., GIOVANNOTTI M., GRANT W.S., CAPUTO BARUCCHI V. (2016) - Biocomplexity in populations of European anchovy in the Adriatic Sea. *PLoS ONE*, **11** (4), doi: 10.1371/journal.pone.0153061.

M. CANGINI, S. CAPELLACCI¹, A. PENNA¹, F. ANDREONI¹, A. MAURO²,
S. PIGOZZI, M. POMPEI

Fondazione Centro Ricerche Marine, Laboratorio Nazionale di Riferimento (LNR)
per il monitoraggio delle biotossine marine, Viale A. Vespucci, 2 - 47042 Cesenatico (FC), Italia.
monica.cangini@centroricerchemarine.it

¹Dip. Sc. Biomolecolari, Università di Urbino, Viale Trieste, 296 - 61121 Pesaro, Italia.

²ARPA Sicilia, Struttura Territoriale di Trapani,
Viale della Provincia c/o Cittadella della salute, Erice Casa Santa (TP), Italia.

BYSMATRUM SUBSALSUM (DINOPHYCEAE)
HARMFUL ALGAL BLOOM
IN UNA LAGUNA ARTIFICIALE DELLA SICILIA OCCIDENTALE

BYSMATRUM SUBSALSUM (DINOPHYCEAE)
HARMFUL ALGAL BLOOM
IN AN ARTIFICIAL LAGOON OF WESTERN SICILY, ITALY

Abstract - In the summer of 2015, in a small artificial lagoon in western Sicily (locality Tonnarella, Mazara del Vallo), there was an intense reddish discoloration that involved the entire water column; the analysis at the MO showed the presence of a bloom of *Bysmatrum subsalsum* (Ostenfeld) M.A. Faust & K.A. Steidinger, 1998 (Dinophyceae). Furthermore, there has been an abnormal proliferation of an aquatic plant (identified as *Ruppia* sp.) then decomposed. The scenario was completed by an extensive death of fish (*Mugil cephalus* and *Anguilla anguilla*).

Key-words: *dinoflagellates bloom*, *Bysmatrum subsalsum*, *red tide*, *lagoon ecosystem*.

Introduzione - In agosto 2015, in una piccola laguna artificiale della Sicilia (Mazara del Vallo, TP), si è verificata un'intensa *red tide* che occupava tutta la colonna d'acqua; l'analisi al MO ha evidenziato la presenza di un *bloom* di *Bysmatrum subsalsum* (Ostenfeld) M.A. Faust & K.A. Steidinger, 1998 (ex *Scrippsiella subsalsa*), una microalga tipica degli ambienti tropicali e subtropicali. In concomitanza vi era una intensa proliferazione di *Oxyrrhis marina* Dujardin, 1841 (Dinophyceae), *Microcystis* sp. (Cyanophyceae) e di *Ruppia* sp. (Spermatophyta) entrata poi in decomposizione. Lo scenario era completato da una estesa moria di pesci (*Mugil cephalus* Linnaeus, 1758 e *Anguilla anguilla* Linnaeus, 1758).

Materiali e metodi - In Loc. Tonnarella, TP (coord. WGS84-UTM33N: 285925.12-E, 4170551.01-N) durante un intenso episodio di *HAB*, sono stati raccolti campioni superficiali di acqua di mare e diversi esemplari di pesci morti. I campioni di acqua sono stati analizzati al MO secondo la metodica di Utermöhl (UNI EN 15204:2006), utilizzando anche la tecnica del Calcofluor (Fritz e Triemer, 1985). Cellule di *B. subsalsum* sono state isolate per l'allestimento di 5 colture monoclonali per la caratterizzazione molecolare. I ceppi di *Bysmatrum* sp. sono stati processati per il sequenziamento genico delle regioni ribosomiale ITS-5.8S rDNA (Penna *et al.*, 2008). Su alcuni esemplari di pesci morti (*M. cephalus* e *A. anguilla*), raccolti dall'Autorità Competente, è stata effettuata la ricerca di biotossine marine lipofile utilizzando il protocollo EURLMB (2015). Con una sonda multiparametrica (Idromar IP181D) sono stati rilevati i parametri chimico-fisici della colonna d'acqua.

Risultati - La fioritura di *B. subsalsum* (Ostenfeld) M.A. Faust & K.A. Steidinger (Faust e Steidinger, 1998) aveva una concentrazione di $3,4 \times 10^6$ cell/L. Le cellule avevano una caratteristica reticolazione delle placche e una particolare struttura dell'*apical pore complex* (APC), da cui fuoriusciva materiale mucillaginoso.

L'identificazione è stata confermata dall'analisi molecolare, tramite il sequenziamento delle regioni ribosomiali ITS-5.8S e l'allineamento delle sequenze in silico su BLAST (Anglès *et al.*, 2017). La ricerca di biotossine marine ha dato esito negativo. I parametri chimico-fisici della colonna d'acqua hanno evidenziato una condizione di forte anossia (saturazione O.D.=8%).

Conclusioni - Le specie appartenenti al genere *Bysmatrum* sono fotosintetiche, bentoniche e marine, tipiche degli ambienti costieri tropicali e subtropicali (Steidinger e Balech, 1977; Faust e Steidinger, 1998; Almazán-Becerril *et al.*, 2015). Solo recentemente *B. subsalsum* è stato ritrovato anche in aree temperate, incluso il Mar Mediterraneo (López-Flores *et al.*, 2010; Aissaoui *et al.*, 2012; Anglès *et al.*, 2017). La disposizione delle placche, così come i dati morfometrici e biomolecolari, sono molto simili a quelli finora descritti nelle aree tropicali e subtropicali. L'assenza di biotossine marine conferma che non si tratta di una specie tossica; la moria di pesci era da imputare alla forte condizione di anossia, dovuta alle alte temperature estive, alla bassa profondità della laguna, e alla decomposizione di *Ruppia*.

Bibliografia

- AISSAOUI A., TURKI S., BEN HASSINE O.K. (2012) - Occurrence of harmful dinoflagellates in the punic harbors of Carthage (Gulf of Tunis, Tunisia) and their correlations with the physicochemical parameters. *Bull. Inst. Natn. Sci. Tech. Mer de Salammbô*, **39**: 127-140.
- ALMAZÁN-BECERRIL A., ESCOBAR-MORALES S., ROSILES-GONZÁLEZ G., VALADEZ F. (2015) - Benthic-epiphytic dinoflagellates from the northern portion of the Mesoamerican Reef System. *Bot. Mar.*, **58** (2): 115-128.
- ANGLÈS S., RENÉ A., GARCÉS E., LUGLIÈ A., SECHI N., CAMP J., SATTÀ C.T. (2017) - Morphological and molecular characterization of *Bysmatrum subsalsum* (Dinophyceae) from the western Mediterranean Sea reveals the existence of cryptic species. *J. Phycol.*, **53** (4): 833-847.
- EURLMB (2015) - EU-Harmonised Standard Operating Procedure for determination of Lipophilic marine biotoxins in molluscs by LC-MS/MS. Vers. 5, January 2015. Available online at: http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/laboratorios/LNRBM/ARCHIVO2EU-Harmonised-SOP-LIPO-LCMSMS_Version5.pdf.
- FAUST M.A., STEIDINGER K.A. (1998) - *Bysmatrum* gen. nov. (Dinophyceae) and three new combinations for benthic scrippsielloid species. *Phycologia*, **37** (1): 47-52.
- FRITZ L., TRIEMER R.E. (1985) - A rapid simple technique utilizing Calcofluor White M2R for the visualization of dinoflagellate thecal plates. *J. Phycol.*, **21** (4): 662-664.
- LÓPEZ-FLORES R., BOIX D., BADOSA A., BRUCET S., QUINTANA X.D. (2010) - Is Microtox® toxicity related to potentially harmful algae proliferation in Mediterranean salt marshes? *Limnetica*, **29** (2): 257-268.
- PENNA A., FRAGA S., MASÓ M., GIACOBBE M.G., BRAVO I., GARCÉS E., VILA M., BERTOZZINI E., ANDREONI F., LUGLIÈ A., VERNESI C. (2008) - Phylogenetic relationships among the Mediterranean *Alexandrium* (Dinophyceae) species based on sequences of 5.8S gene and Internal Transcript Spacers of the rRNA operon. *Eur. J. Phycol.*, **43** (2): 163-178.
- STEIDINGER K.A., BALECH E. (1977) - *Scrippsiella subsalsa* (Ostenfeld) comb. nov. (Dinophyceae) with a discussion on *Scrippsiella*. *Phycologia*, **16** (1): 69-73.
- UNI EN 15204 (2006) - European standard. Water quality - Guidance standard for the routine analysis of phytoplankton abundance and composition using inverted microscopy (Utermöhl technique). CEN Management Centre, Brussels: 1-40.

S. CASABIANCA^{1,2}, M. BASTIANINI³, F. PERINI¹, S. CAPELLACCI^{1,2}, L. PUGLIESE¹,
E. DI POI⁴, M. CABRINI⁴, S. BURATTI⁵, M. MARINI⁶, A. PENNA^{1,2}

¹Dipartimento di Scienze Biomolecolari, Università di Urbino,
Via Ca' le Suore, 2/a - 61029 Pesaro (PU), Italia.
antonella.penna@uniurb.it

²CONISMA, Consorzio Interuniversitario Scienze del Mare, Roma, Italia.

³ISMAR-CNR, Istituto di Scienze Marine, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Venezia, Italia.

⁴OGS, Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale, Trieste, Italia.

⁵Fondazione Centro Ricerche Marine, Cesenatico (FC), Italia.

⁶ISMAR-IRBIM, Istituto per le Risorse Biologiche e le Biotecnologie Marine,
Consiglio Nazionale delle Ricerche, Ancona, Italia.

HAB (HARMFUL ALGAL BLOOM) DINOFLAGELLATE RESTING CYSTS MONITORING BY MOLECULAR METHODS

MONITORAGGIO DI CISTI DI RESISTENZA HAB (HARMFUL ALGAL BLOOM) ATTRAVERSO METODI MOLECOLARI

Abstract - Many toxic dinoflagellates produce resting stages, as part of their life cycle. In this study, a rapid, specific and sensitive qPCR method has been applied to enumerate toxic dinoflagellate cysts in sediment samples collected from Adriatic harbours.

Key-words: cysts, HAB, microscopy, qPCR, sediments.

Introduction - It is known that toxic dinoflagellates produce resting cysts as part of their life cycle depositing in the bottom sediments and playing an important role in bloom initiation, as the seed population can persist for long time in the sea bottom (Ishikawa *et al.*, 2014). Monitoring of cyst abundance in the coastal areas is important, so that damages by potential toxic blooms can be forecasted and minimized. Ballast waters represent a major vector for marine HAB species as resting stages can survive in ballast waters that are loaded at source port, transported and discharged at destination harbours (Hamer *et al.*, 2001). The aim of this study was to develop and apply a rapid, specific and sensitive molecular qPCR (quantitative PCR) based assay for the detection and enumeration of toxic dinoflagellate cysts in sediment samples collected during the survey activity in the Adriatic ports within the EU Interreg Project BALMAS (Perini *et al.*, in press).

Materials and methods - Surface sediments were collected at 14 sampling stations in the four Adriatic ports of Trieste, Venezia, Ancona and Bari during spring and autumn campaigns. About 5 g of sediments were suspended in filtered seawater and the suspension was then sieved through a steel mesh of 100 and 20 µm size fractionation. Then, cysts were separated from detrital material by density gradient method using sodium polytungstate solution (SPT). After centrifugation steps, the interface containing organic matter and cysts was harvested for DNA extraction and molecular analysis. The qPCR based assay was developed and validated for *Lingulodinium polyedrum* (Stein) Dodge (1989), *Protoceratium reticulatum* (Claparède & Lachmann) Bütschli (1885), *Gonyaulax spinifera* (Claparède & Lachmann) Diesing (1866), *Alexandrium minutum* Halim (1960) and *A. pacificum* Litaker in John *et al.* (2014) cyst abundance determination, expressed as cyst number per gram of dry weight (d.w.) sediment. Microscopy analyses were also performed for cyst abundance determination by Utermöhl's method (Utermöhl, 1958).

Results - For the majority of samples, higher cyst concentrations were detected by qPCR compared to light microscopy (LM). qPCR species identification was also more accurate. The highest total toxic cyst content was found in Ancona in both campaigns (range, 174-1029 cysts g⁻¹ d.w.), whereas the lowest values were found in samples collected at Venice, again in both campaigns (3±0.5 cysts g⁻¹ d.w.). The total abundance of toxic cysts detected by qPCR was not significantly different between surveys (U=80, Mann-Whitney test, p=0.42). A positive correlation was found between qPCR and LM data (n=28, Spearman's r=0.43, p=0.02) at all sites and in both surveys. The most abundant species in the spring survey was *G. spinifera*, at two stations in Ancona (747±373 and 633±316 cysts g⁻¹ d.w.). The most abundant species in the autumn campaign was *P. reticulatum*, which was also most abundant at two stations in Ancona (499±249 and 461±230 cysts g⁻¹ d.w.). The next most abundant species was *A. minutum* in Bari port (566±283 cysts g⁻¹ d.w.). *A. minutum*, *G. spinifera*, and *L. polyedrum* were the most frequent species in both surveys; the least abundant was *A. pacificum*, which was found only in Bari and Trieste in the spring campaign and only in Bari in the autumn campaign (1 cell g⁻¹ d.w. at all sites). Furthermore, it was found sporadically at Ancona port in the first campaign. However, there was no difference in the abundance of cysts from any species between the two surveys: *A. minutum* (U=82.5, p=0.48), *A. polyedrum* (U=82, p=0.47), *G. spinifera* (U=68.5, p=0.17), and *P. reticulatum* (U=80, p=0.40). qPCR produced a higher detection rate than LM, especially for *P. reticulatum* (75%) and *G. spinifera* (57%), whereas the values for *L. polyedrum* (18%) and *A. minutum* (7%) were lower. Notably, *A. pacificum* was detected only by qPCR. A positive correlation between qPCR and LM data was found for cyst abundance of *L. polyedrum* in both surveys and for *A. minutum* only in the autumn campaign (Spearman's rs=0.50, p<0.05; rs=0.56, p<0.05, respectively).

Conclusions - The qPCR assay is a highly sensitive and specific method for toxic dinoflagellate resting cysts detection and quantification in a complex matrix, such as marine sediments of ports. These powerful molecular tools coupled with efficient monitoring through accurate and more adequate sampling will be fundamental to manage and prevent health and economic risks related to the blooms of toxic and non-indigenous species, potentially transported by ballast waters, in coastal areas.

References

- HAMER J.P., LUCAS I.A.N., MCCOLLIN T.A. (2001) - Harmful dinoflagellate resting cysts in ships' ballast tank sediments: potential for introduction into English and Welsh waters. *Phycologia*, **40** (3): 246-255.
- ISHIKAWA A., HATTORI M., ISHII K.-I., KULIS D.M., ANDERSON D.M., IMAI I. (2014) - *In situ* dynamics of cyst and vegetative cell populations of the toxic dinoflagellate *Alexandrium catenella* in Ago Bay, central Japan. *J. Plankton Res.*, **36** (5): 1333-1343.
- JOHN U., LITAKER R.W., MONTRESOR M., MURRAY S., BROSNAN M.L., ANDERSON D.M. (2014) - Formal revision of the *Alexandrium tamarense* species complex (Dinophyceae) taxonomy: the introduction of five species with emphasis on molecular-based (rDNA) classification. *Protist*, **165** (6): 779-804.
- PERINI F., BASTIANINI M., CAPELLACCI S., PUGLIESE L., DI POI E., CABRINI M., BURATTI S., MARINI M., PENNA A. (in press) - Molecular methods for cost-efficient monitoring of HAB (Harmful Algal Bloom) dinoflagellates resting cysts. *Mar. Pollut. Bull.*
- UTERMÖHL H. (1958) - Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. int. Ver. theor. angew. Limnol.*, **9**: 1-38.

M.R. VADRUCCI, D. CASTELUCCIA, L. ROSELLI, T. DI FESTA, S. D'ARPA, D. DONADEI, M. FLORIO, E. LONGO, F. MACI, S. RANIERI, M. SPINELLI, A. PASTORELLI, N. UNGARO

Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Regione Puglia,
Corso Trieste, 27 - 70126 Bari, Italia.
m.vadrucci@arpa.puglia.it

PHYTONUMB3RS: UN *TOOLKIT* A SUPPORTO DELLA DETERMINAZIONE DELLA DENSITÀ CELLULARE DEL FITOPLANCTON CON IL METODO DI UTERMÖHL

PHYTONUMB3RS: A TOOLKIT TO SUPPORT THE DETERMINATION OF PHYTOPLANKTON NUMERICAL ABUNDANCE BY UTERMÖHL METHOD

Abstract - *The Utermöhl method, using inverted light microscope and standard settling technique, is the most worldwide used to determine biodiversity of phytoplankton assemblages and their relative abundance. PhytoNumb3rs has been developed as a user friendly computing system based on Excel spreadsheets. It allows to count phytoplankton cells at different magnifications and counting strategies and to obtain a referred florist list with relative cell density, uncertainty and detection limit for each taxon.*

Key-words: *phytoplankton, uncertainty, cell density, toolkit for counting.*

Introduzione - Il fitoplancton è uno degli elementi di qualità biologica incluso nelle direttive europee [WFD (2000/60/CE) e MSFD (2008/56/CE)] quale descrittore dello stato ecologico degli ecosistemi acquatici. La determinazione quali-quantitativa del fitoplancton viene eseguita tradizionalmente utilizzando il metodo di Utermöhl (1958; UNI EN 15204:2006). Tuttavia, nonostante i numerosi tentativi effettuati per uniformare le procedure operative tra laboratori, esse variano ampiamente a scapito dell'armonizzazione dei dati. L'analisi quali-quantitativa del fitoplancton richiede all'operatore un numero elevato di ore di lavoro al microscopio, variabile a seconda della complessità e della diversità della comunità fitoplanctonica osservata. Infine, non esistono procedure operative chiare su come stimare l'incertezza di misura da associare al risultato analitico. In questo lavoro si presenta il *toolkit* PhytoNumb3rs (PN), sviluppato per facilitare l'operatore nell'analisi del fitoplancton, il cui utilizzo consente una riduzione dei tempi di analisi e una maggiore comparabilità e uniformità dei dati.

Materiali e metodi - PN rappresenta un pratico supporto *step by step* per l'analisi quali-quantitativa del fitoplancton ed è costituito da 3 files Excel combinati.

1. Raw Data Sheet (RDS) in cui si inseriscono i dati grezzi provenienti dai conteggi effettuati sui singoli taxa. In questo foglio l'operatore riporta le informazioni relative alle strategie di conteggio (C=campi, T=trasetti, F=fondo camera) e agli ingrandimenti utilizzati, nonché le informazioni sull'anagrafica del campione. In RDS sono contenute le liste di riferimento dei taxa divise per categoria di acque (laghi LA, acque marine CW e di transizione TW). Il RDS è corredato da funzioni macro sviluppate in Visual Basic Application per le seguenti funzionalità: i) selezione dei taxa dalle liste di riferimento attraverso un menù a tendina e gestione automatica di inserimento e aggiornamento di nuovi taxa; ii) conteggio automatico del numero totale di cellule per taxon, del numero totale di cellule per strategia di conteggio e del numero totale di cellule.

2. Sedimentation Chambers Data Sheet (SCDS) contiene tutti i dati relativi all'area e al volume delle camere di sedimentazione utilizzate nelle analisi.

3. *Enumeration Data Sheet (EDS)* calcola la densità cellulare (espressa in cell/L) utilizzando una serie di funzioni macro sviluppate in VBA. Tali funzioni sono organizzate in una fase di input e una di output gestite da una serie numerata di pulsanti di azione. Nella fase di input, l'operatore inserisce manualmente il livello di significatività richiesto per l'analisi e le caratteristiche del microscopio; inoltre importa SCDS e RDS specifico del campione. Nella fase di output l'operatore crea l'elenco floristico con l'abbondanza cellulare ed i rispettivi limiti di confidenza (CL) dei singoli taxa e una tabella riportante la densità cellulare totale e delle principali divisioni/classi tassonomiche (Diatomee, Dinoflagellati, Altro fitoplancton). L'EDS calcola anche il limite di quantificazione (*detection limit*) ed esegue l'export automatico dei risultati analitici sia in formato tabellare che in formato elenco per il popolamento di database.

Risultati - L'organizzazione di PhytoNumb3rs è riportata in uno schema semplificato indicante le connessioni tra i 3 file Excel. Le fasi di input e di output sono rappresentate nei due box (Fig. 1).

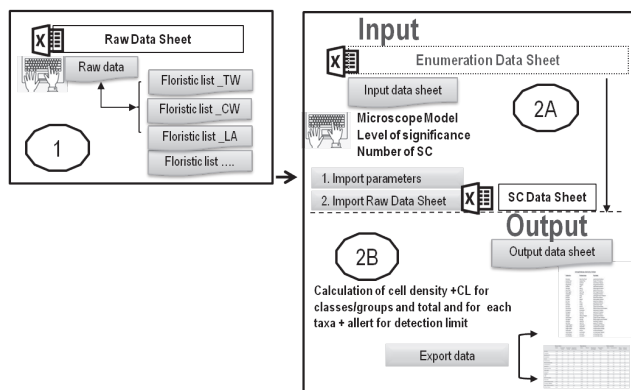


Fig. 1 - Visualizzazione semplificata della struttura di PhytoNumb3rs.

Simplified visualization of PhytoNumb3rs framework.

Conclusioni - PhytoNumb3rs è uno strumento *user-friendly* e *free-access* poiché progettato interamente con Excel. PN contribuisce a migliorare la qualità dei dati e a ridurre l'eterogeneità poiché, attraverso l'applicazione di procedure automatizzate si escludono errori di *typing* e di calcolo. PN consente di calcolare le caratteristiche di prestazione necessarie per le procedure di controllo di qualità associate ai risultati analitici secondo la UNI EN 15204 (limiti di confidenza e di quantificazione). Infine, l'uso di PN consente una notevole riduzione del tempo-operatore per le fasi di calcolo delle densità cellulari e di compilazione dei data-base.

Bibliografia

- EUROPEAN COMMISSION (2000) - Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. Official Journal of the European Communities, L. 327: 1-72.
- EUROPEAN COMMISSION (2008) - Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for Community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive). Official Journal of the European Communities, L. 164: 19-40.
- UNI EN 15204 (2006) - European standard. Water quality - Guidance standard for the routine analysis of phytoplankton abundance and composition using inverted microscopy (Utermöhl technique). CEN Management Centre, Brussels: 1-40.
- UTERMÖHL H. (1958) - Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. int. Ver. theor. angew. Limnol.*, **9**: 1-38.

A. BASTARI, S. DE LAURETIS, V. GNETTI¹, B. PETANI², C. CERRANO

Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente (DiSVA), Università Politecnica delle Marche,
Via Brece Bianche - 60131 Ancona, Italia.
azzurra.bastari@staff.univpm.it

¹MEDREACT, Via Urbana, 143 - 00184 Roma, Italia.

²Department of Ecology, Agronomy and Aquaculture, University of Zadar,
Trg kneza Viseslava, 9 - 23000 Zadar, Croatia.

TREND STORICI DELL'ABBONDANZA DELLA MEGA-FAUNA DEL CENTRO ADRIATICO SECONDO LA PERCEZIONE DEI PESCATORI

FISHERMEN PERCEPTION ON THE TEMPORAL TRENDS ON THE ABUNDANCE OF MEGA-FAUNA OF THE CENTRAL ADRIATIC SEA

Abstract - *The change of abundances of the mega-fauna of the central Adriatic Sea in the last 40 years is here reported through the Local Ecological Knowledge (LEK) of fishermen from the Italian and Croatian trawl fleets. Historical data on the by-catch composition and abundances were collected by the mean of a structured questionnaire. Our analysis of the responses suggests a general temporal decline for the selected mega-benthic species, with Italian fishers that perceived the highest declines respect the Croatian ones.*

Key-words: *Local Ecological Knowledge, mega-benthos, historical trends, fisherman perception.*

Introduzione - La limitata disponibilità di informazioni storiche relative agli organismi non commerciali del mega-benthos, rendono difficile la possibilità di descrivere i cambiamenti subiti dalle specie strutturanti dell'ecosistema marino. Negli ultimi decenni, l'utilizzo della conoscenza dei pescatori, *Local Ecological Knowledge* (LEK), ha permesso di descrivere i trend storici e la distribuzione di specie vulnerabili (Azzurro *et al.*, 2011; Damalas *et al.*, 2015). In Adriatico, i cambiamenti climatici, la pesca a strascico, le crisi anossiche e l'ingresso di specie aliene sono tra le principali cause dei cambiamenti delle comunità bentoniche (Lotze *et al.*, 2011). Recenti lavori mostrano che l'utilizzo di LEK può evidenziare specie ed ecosistemi a rischio quando i dati scientifici sono limitati o assenti (Bastari *et al.*, 2017). Questo lavoro ha valutato la possibilità di utilizzare la LEK di pescatori italiani e croati come strumento utile per descrivere i cambiamenti del mega-benthos del centro Adriatico negli ultimi 40 anni.

Materiali e metodi - Nell'ambito del progetto "*Adriatic Recovery Project*", le interviste sono state effettuate nei principali porti del centro Adriatico. I pescatori sono stati selezionati in base alla loro disponibilità a partecipare volontariamente alle interviste e in base alla tipologia di pesca che attuano (selezionati solo coloro che utilizzano attrezzi di pesca a strascico). Per raccogliere le informazioni, si è utilizzato un questionario strutturato suddiviso in 3 parti. Nella prima sezione sono state raccolte informazioni relative alle caratteristiche delle flotte italiana e croata; nella seconda si sono raccolte informazioni storiche semi-quantitative relative a specie accidentali; nella terza sezione si sono raccolte informazioni semi-quantitative riguardanti l'abbondanza del mega-benthos. In particolare, si è chiesto ai pescatori di fornire informazioni di 14 specie di invertebrati appartenenti a 5 phyla (Porifera, Cnidaria, Bryozoa, Mollusca e Echinodermata), sulla base della loro presenza nel *by-catch*. Il questionario è stato strutturato in modo tale da ottenere informazioni per stimare i cambiamenti di abbondanza negli ultimi 40 anni (decadi 1980-1989,

1990-1999, 2000-2009, dal 2010 ad oggi). Le informazioni raccolte sono state inserite in un database standardizzato e i dati sono stati analizzati per ottenere risultati quantitativi o semi-quantitativi.

Risultati - Un totale di 77 interviste, di cui 51 pescatori italiani (nei porti di Ancona, San Benedetto, Giulianova, Pescara, Ortona e Vasto) e 26 pescatori croati (nei porti di Zara, Ugljan, Kukljica, Murter, Tribunj, Vodice Sebenico, Spalato, Podgora, Starigrad, Rijeka) sono state effettuate nel febbraio 2017. Gli intervistati italiani avevano un'età compresa tra 30 e 84 anni, mentre quelli croati tra 27 e 64 anni. La maggior parte dei pescatori coinvolti nell'indagine (43% di italiani e 42% di quelli croati) avevano un'età compresa tra 40-49 anni. I risultati sono stati convertiti in percentuali rispetto al totale di osservazioni ottenute per la rispettiva decade. Tutte le 14 specie/gruppi del mega-benthos selezionate [le spugne *Geodia cydonium* (Linnaeus, 1767), *Suberites* sp. Nardo, 1833, l'idrozoo *Lytocarpia myriophyllum* (Linnaeus, 1758), le pennatule *Funiculina quadrangularis* (Pallas, 1766), *Pennatula* spp. Linnaeus, 1758, *Pteroeides spinosum* (Ellis, 1764), *Virgularia mirabilis* (Müller, 1776), e le sclerattinie *Dendrophyllia cornigera* (Lamarck, 1816), *Madrepora oculata* Linnaeus, 1758, il briozoo *Amathia semiconvoluta* Lamouroux, 1824, i molluschi *Atrina fragilis* (Pennant, 1777), *Neopycnodonte cochlear* (Poli, 1795) e *Pecten jacobaeus* (Linnaeus, 1758) e il gruppo delle oloturie] sono state riconosciute dai pescatori. In linea generale, i risultati hanno evidenziato che tutte le specie selezionate sono ad oggi meno abbondanti rispetto a 40 anni fa. I pescatori italiani hanno percepito maggiormente le differenze di abbondanza rispetto ai pescatori croati. Secondo la percezione dei pescatori italiani i molluschi *A. fragilis*, *N. cochlear* e *P. jacobaeus* e la spugna *G. cydonium*, sono tra le specie maggiormente diminuite di abbondanza negli ultimi 40 anni (rispettivamente del 30%, 22%, 34% per le diverse specie di molluschi e del 44% per *Geodia*). La differenza tra le percezioni dei pescatori croati ed italiani potrebbe essere associata alla differente intensità di pesca tra le due aree, alla differente condizione geomorfologica dei fondali, alla diversa composizione delle comunità bentoniche, o alla diversa selettività degli strumenti usati per la pesca e quindi diversa composizione del *by-catch*.

Conclusioni - I risultati evidenziano l'utilità dell'approccio LEK per descrivere i cambiamenti di abbondanza della mega-fauna del centro Adriatico. Tali informazioni possono contribuire a fornire dati per individuare aree prioritarie da sottoporre a misure di conservazione e di gestione per il recupero degli ecosistemi marini.

Bibliografia

- AZZURRO E., MOSCHELLA P., MAYNOU F. (2011) - Tracking signals of change in Mediterranean fish diversity based on Local Ecological Knowledge. *PLoS ONE*, **6** (9), doi: 10.1371/journal.pone.0024885.
- BASTARI A., BECCACECE J., FERRETTI F., MICHELI F., CERRANO C. (2017) - Local ecological knowledge indicates temporal trends of benthic invertebrates species of the Adriatic Sea. *Front. Mar. Sci.*, **4**, doi: 10.3389/fmars.2017.00157.
- DAMALAS D., MARAVELIAS C.D., OSIO G.C., MAYNOU F., SBRANA M., SARTOR P. (2015) - "Once upon a time in the Mediterranean" long term trends of Mediterranean fisheries resources based on fishers' traditional ecological knowledge. *PLoS ONE*, **10** (3), doi: 10.1371/journal.pone.0119330.
- LOTZE H.K., COLL M., DUNNE J.A. (2011) - Historical changes in marine resources, food-web structure and ecosystem functioning in the Adriatic Sea, Mediterranean. *Ecosystems*, **14** (2): 198-222.

G. CARUSO¹, M. AZZARO¹, O. DELL'ACQUA², A. LO GIUDICE^{1,3}, S. FAZI⁴, C. CAROPPO⁵,
F. AZZARO¹, R. LA FERLA¹, G. MAIMONE¹, P. LAGANÁ⁶, F. MARINELLI⁷, F. BERINI⁷,
G.L. MARCONE⁷, G. PICHON⁸, M. CHIANTORE²

¹Istituto per l'Ambiente Marino Costiero (IAMC), Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR),
Spianata S. Raineri, 86 - 98122 Messina, Italia.

gabriella.caruso@iamc.cnr.it

²DISTAV, Università di Genova, Corso Europa, 26 - 16132 Genova, Italia.

³Dipartimento CHIBIOFARAM, Università di Messina, Viale Stagno D'Alcontres, 31 - 98166 Messina, Italia.

⁴Istituto di Ricerca sulle Acque (IRSA), CNR, Via Salaria Km 29,300 - 00015 Monterotondo (RM), Italia.

⁵IAMC-CNR, Via Roma, 3 - 74100 Taranto, Italia.

⁶Dipartimento BIOMORF, Università di Messina, Via Consolare Valeria - 98125 Messina, Italia.

⁷Dipartimento DBSV, Università dell'Insubria, Via J.H. Dunant, 3 - 21100 Varese, Italia.

⁸Barbier Group, La Guide - 43600 Sainte Sigolène, France.

THE ANT-BIOFILM PROJECT (PNRA): BIOLOGICAL COLONIZATION OF ANTARCTIC COASTAL SITES AND BIOTECHNOLOGICAL PROSPECTING

IL PROGETTO ANT-BIOFILM (PNRA): COLONIZZAZIONE BIOLOGICA DI SITI COSTIERI ANTARTICI ED APPLICAZIONI BIOTECNOLOGICHE

Abstract - This note describes the design and set up of artificial structures for the study of biological colonization within the two-year ANT-Biofilm project funded by the National Programme of Antarctic Research (PNRA), focusing on the activities performed from the experimental concept to the bioprospecting of bacteria with biotechnological potential.

Key-words: *substrata, biofilms, bacteria, benthos, Antarctica.*

Introduction - Within aquatic environments, microbial biofilms play a crucial role in the colonization of substrata, also representing a biodiversity hot-spot and a source of secondary metabolites with biotechnological potential. In Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica), microbial biofilm communities are still scarcely explored regarding their structure and function; moreover, there is no information whether and to what extent environmental and/or anthropic forcing might affect biological colonization. Funded by the National Programme of Antarctic Research (PNRA16_00105), the project ANT-Biofilm started in November 2017 with the objective of studying microbial colonization of benthic environments, focusing on microbial abundance, activity and diversity, and larval settlement in response to natural or anthropogenic disturbances.

Materials and methods - The experimental design performed to study microbial colonization in Terra Nova Bay includes two different time-scale (short and long term) experiments, carried out during austral summer 2017 and 2018 in two study sites: Road Bay, where a wastewater effluent from the Zucchelli station is located, and Tethys Bay, an inner bay isolated from the previous one, where the salinity gradient is affected by a glacier. The experimental design applied during the 33rd Italian expedition consisted in the positioning of metallic structures on the sea bottom, where polyvinylchloride (PVC) tiles (18×18 cm) were placed. Polyethylene (PE) tiles provided by the Barbier Group were included too. In the short term experiment, carried out in the Road Bay only, the tiles were first recovered in January 2018 (close to the end of the expedition) and then replaced with new ones, which will be recovered in November 2018. Conversely, in the long term experiment, the tiles will remain submerged in both bays for 12 months.

Results - The PVC tiles have been selected as the substrate for the ANT-Biofilm project because of their characteristics, such as their good surface attachment for biological communities and long resistance without corrosion in underwater conditions. For a comparison, some PE tiles have also been anchored to the metallic structures. Tab. 1 summarizes the seawater samples that were collected during the first year of the research for the environmental characterization of the study sites.

Tab. 1 - Metadata of the water samples collected from Road Bay (RB) and Tethys Bay (TB) within the ANT-Biofilm project.

Metadati dei campioni di acqua raccolti da Road Bay (RB) e Tethys Bay (TB) nel progetto ANT-Biofilm.

Stations	RB- Control		RB- Impact		TB- Control		RB- Impact		Total
	5	20	5	20	5	20	5	20	
Depths (m)	5	20	5	20	5	20	5	20	
Temperature, Salinity, Nutrients	1	1	1	1	1	1	1	1	8
Total, Live/Dead and respiring bacterioplankton	1	1	1	1	1	1	1	1	8
Heterotrophic bacteria	1	1	1	1	1	1	1	1	8
Microb. Metabolism (Biolog)	1	1	1	1	1	1	1	1	8
Extracellular Enzymatic Activity	1	1	1	1	1	1	1	1	8
Microalgal abundance (by Niskin bottles)	1	1	1	1	1	1	1	1	8
Microalgal composition (by net)	1		1		1		1		4
Microb. structure by Next Generation Sequencing	1	1	1	1	1	1	1	1	8

In Road Bay, *Escherichia coli* and enterococci counts allowed to choose the sites - Control (with no faecal pollution) and Impact (with faecal concentrations always $<10^3$ CFU/100 ml) - most appropriate for *in situ* positioning of the artificial structures. Thanks to the ENEA logistic facilities, in November 2017 (in sea-ice covered conditions), artificial metallic supports mounting the PVC tiles were anchored to the sea bottom by experienced scuba divers. The artificial structures have been deployed at -5 and -20 m depths, according to the bathymetry of the two study sites. Tiles recovered from the short term experiment in Road Bay revealed biofilm growth like a slime of a few milligrams (around 0.01 mg) which was scraped from the tiles' surface and differently treated for the determination of several parameters (bacterioplankton abundance, microalgal abundance and composition, microbial enzymatic activities, macrobenthos).

Conclusions - This study is a first contribute to the microbial characterization of biofilm and related larval invertebrate settlements in Terra Nova Bay. Analyses are in the due course, but the research seems to offer a high potential to fill the gaps of the scarce literature currently available on Antarctic biofilm communities (Webster and Negri, 2006; Lee *et al.*, 2016) and to explore new biotechnological perspectives.

References

- LEE Y.M., CHO K.H., HWANG K., KIM E.H., KIM M., HONG S.G., LEE H.K. (2016) - Succession of bacterial community structure during the early stage of biofilm development in the Antarctic marine environment. *Korean J. Microbiol.*, **52** (1): 49-58.
- WEBSTER N.S., NEGRI A.P. (2006) - Site-specific variation in Antarctic marine biofilms established on artificial surfaces. *Environ. Microbiol.*, **8** (7): 1177-1190.

A. CIOFINI, L. MERCATELLI¹, D. JAFRANCESCO¹, A. UGOLINI, T. HARIYAMA²

Dipartimento di Biologia, Università di Firenze, Via Romana, 17 - 50125 Firenze, Italia.
alice.ciofini@unifi.it

¹Istituto Nazionale di Ottica Applicata CNR, Largo E. Fermi, 6 - 50125 Firenze, Italia.

²Department of Biology, Hamamatsu University School of Medicine,
1-20-1, Handayama, Higashi-Ku, Hamamatsu 431-3192, Japan.

A REGIONALIZATION OF THE VISUAL CAPABILITIES WITHIN THE COMPOUND EYE OF *TALITRUS SALTATOR* (CRUSTACEA, AMPHIPODA)?

UNA REGIONALIZZAZIONE DELLE CAPACITÀ VISIVE NELL'OCCHIO COMPOSTO DI TALITRUS SALTATOR (CRUSTACEA, AMPHIPODA)?

Abstract - The proper perception of celestial orienting factors is fundamental for the zonal recovery of the supralittoral amphipod *Talitrus saltator* (Crustacea, Amphipoda). Here, we test the existence of the regionalization of its visual capabilities within its compound eye. Indeed, we show that the dorsal area plays a main role in the detection of skylight cues and we point out putative morphological adaptations of the ommatidia located in this region.

Key-words: celestial orientation behaviour, compound eye, *Talitrus saltator*.

Introduction - In its zonal recovery along the sea-land axis of sandy shores, the supralittoral amphipod *Talitrus saltator* (Montagu, 1808) is well known to rely on several celestial cues, such as the sun, the moon and the luminance pattern of the sky (see Pardi and Ercolini, 1986; Ugolini *et al.*, 2009). However, the perception of a skylight factor in the UV-blue wavelengths range ($\lambda < 450$ nm) is fundamental for the proper use of the celestial orienting references by this species (Ugolini *et al.*, 1996). Recent studies (Ugolini *et al.*, 2010) have pointed out the existence within its compound eye of discrete photoreceptors sensitive to different ranges of light (UV-blue and green, respectively). Since other arthropods exhibit a typical spatial distribution of their visual pigments with UV-blue sensitive cells mainly located in the dorsal region of their eye (Duelli and Wehner, 1973; Wehner and Strasser, 1985), we investigated the eventual regionalization of the visual capabilities in *T. saltator*.

Materials and methods - We tested the celestial orientation of freshly collected adult individuals with discrete regions of their eyes (the dorsal 1/3 area and the ventral 2/3 area respectively) obscured by black enamel. Intact animals were released as controls. Each group was composed of 30 individuals. Experiments were carried out in a confined environment (see Ugolini and Macchi, 1988 for a description of the apparatus) by placing gelatine filters above the device. In particular, we used a grey (transmittance=23.5%) and a blue (transmittance=73%, $\lambda_{\max}=450$ nm) filter. Tests were conducted both in conditions of sun visible and with its vision blocked. Data were analysed following the methods proposed by Batschelet (1981) for circular distributions. Furthermore, we assessed the anatomical structure of the ommatidia occurring in the eye of *T. saltator*. Semi-thin (1 μ m thick) sections were cut along the dorso-ventral axis of the eye, stained with blue toluidine and observed by light microscope. We then realized 3D reconstruction of ommatidia by aligning and volume-rendering photos taken from each section.

Results - Our behavioural investigations showed that each group of individuals released performed a mean orientation in good agreement with the expected

direction. However, in any cases, animals with the dorsal portion of their eyes obscured exhibited a major difficulty in performing directional choices than the other lots of individuals tested. Furthermore, morphological investigations and 3D reconstructions of the ommatidial structure revealed that ommatidia located in the dorsal area are typically straight, whereas those occurring in the rest of the eye exhibit a bent shape.

Conclusions - This work suggests a regionalization of the visual capabilities in *T. saltator*. In fact, behavioural investigations, although not providing evidence for the spatial distribution of the visual pigments within the compound eye of this species, indicate that ommatidia located in the dorsal region play a main role in the proper perception of celestial cues by this species. The anatomical differences revealed in the ommatidial structure between the dorsal region and the rest of the eye support this hypothesis, since they suggest specific adaptations of the dorsal ommatidia with respect those occurring elsewhere. Since highly specialized ommatidia located in the dorsal rim of the eye (DRA) are involved in the perception of polarized light by many species of arthropods (see Labhart and Meyer, 1999), our results do not exclude that the correct detection of the celestial orienting factors by *T. saltator* is in fact mediated by the pattern of polarization of the sky.

References

- BATSCHOLET E. (1981) - *Circular statistic in biology*. Academy Press, London: 371 pp.
- DUELLI P., WEHNER R. (1973) - The spectral sensitivity of polarized light orientation in *Cataglyphis bicolor* (Formicidae, Hymenoptera). *J. Comp. Physiol. A*, **86** (1): 37-53.
- LABHART T., MEYER E.P. (1999) - Detectors for polarized skylight in insects: a survey of ommatidial specializations in the dorsal rim area of the compound eye. *Microsc. Res. Techniq.*, **47** (6): 368-379.
- PARDI L., ERCOLINI A. (1986) - Zonal recovery mechanisms in talitrid crustaceans. *Boll. Zool.*, **53** (2): 139-160.
- UGOLINI A., MACCHI T. (1988) - Learned component in the solar orientation of *Talitrus saltator* Montagu (Amphipoda: Talitridae). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **121** (1): 79-87.
- UGOLINI A., BORGIOLI G., GALANTI G., MERCATELLI L., HARIYAMA T. (2010) - Photoresponses of the compound eye of the sandhopper *Talitrus saltator* (Crustacea, Amphipoda) in the ultraviolet-blue range. *Biol. Bull.*, **219** (1): 72-79.
- UGOLINI A., GALANTI G., MERCATELLI L. (2009) - Difference in skylight intensity is a new celestial cue for sandhopper orientation (Amphipoda Talitridae). *Anim. Behav.*, **77** (1): 171-175.
- UGOLINI A., VIGNALI B., CASTELLINI C., LINDSTRÖM M. (1996) - Zonal orientation and spectral filtering in *Talitrus saltator* (Amphipoda, Talitridae). *J. Mar. Biol. Assoc. UK*, **76** (2): 377-389.
- WEHNER R., STRASSER S. (1985) - The POL area of the honey bee's eye: behavioural evidence. *Physiol. Entomol.*, **10** (3): 337-349.

A. DALLA LIBERA¹, M. BATTUELLO^{2,3}, R. MUSSAT SARTOR^{2,3}, N. NURRA^{2,3},
L. RIVOIRA¹, M. CASTIGLIONI¹, M.C. BRUZZONITI¹

¹Dipartimento di Chimica, Università di Torino, Via P. Giuria, 7 - 10125 Torino, Italia.
andrea.dallalibera@edu.unito.it

²DBIOS, Università di Torino, Via Accademia Albertina, 13 - 10123 Torino, Italia.

³Pelagosphera Soc. Coop., Via U. Cosmo, 17 bis - 10131 Torino, Italia.

DETERMINAZIONE DI IPA E PCB IN AMBIENTE MARINO MEDIANTE GC-MS

DETERMINATION OF PAHs AND PCBs IN MARINE ENVIRONMENT USING GC-MS

Abstract - Seawater, sediment and zooplanktonic samples were collected from Ligurian Sea, near Tuscany coasts, to investigate the presence of the priority pollutants PAHs and PCBs. Compared to the available literature data, similar values were found for seawater samples, while lower values were observed for sediments and higher values for PCBs in zooplankton.

Key-words: PCBs, PAHs, zooplankton, seawater, sediment.

Introduzione - Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e i policlorobifenili (PCB) sono inquinanti organici persistenti, di origine sia naturale sia antropica, che rappresentano potenziali minacce per gli ecosistemi e per la salute umana, a causa della loro elevata tossicità (Werres *et al.*, 2009; Song *et al.*, 2012). Il Mar Mediterraneo è un punto di ricezione di inquinanti organici provenienti da fiumi o deposizioni atmosferiche (Berrojalbiz *et al.*, 2011a) e risulta pertanto di notevole interesse lo studio della loro presenza in comparti ambientali marini (acqua, sedimento, zooplancton).

Materiali e metodi - Acqua, sedimento e zooplancton sono stati campionati durante l'estate 2017 al largo delle coste livornesi (Battuello *et al.*, 2017). L'acqua è stata raccolta con bottiglia Niskin da 2,5 l, a 3 m di profondità. IPA e PCB sono stati estratti da 100 ml di acqua con estrazione in fase solida (SPE) a fase inversa ed eluizione con 2 ml di diclorometano. Una carota di sedimento è stata prelevata con benna Van Veen da 18 l a 110 m di profondità; IPA e PCB sono stati estratti dal campione con diclorometano, impiegando il metodo QuEChERS. La componente zooplanctonica è stata raccolta con retino standard WP-2 (rete da 200 µm) e liofilizzata. Il campione è stato sottoposto a digestione in NaOH e metanolo ed estrazione in diclorometano. Gli estratti dei campioni di acqua di mare, sedimento e zooplancton sono stati analizzati tramite gascromatografo accoppiato a uno spettrometro di massa (GC-MS).

Risultati - Per ciascuna matrice, le estrazioni sono state effettuate in triplicato, valutando: (i) rese di estrazione attraverso il recupero di standard surrogati marcati, e assenti nelle matrici ambientali; (ii) limiti di rilevabilità (MDL) e di quantificazione (MQL). La metodica SPE a fase inversa per le acque di mare ha mostrato, per gli IPA, buone rese di estrazione comprese tra 49,2±8,2 e 70±5,2%, con RSD% tra 5,4 e 19,1%. I valori di MDL sono risultati compresi tra 2,18 e 8,89 ng/l, con valori di MQL tra 6,62 e 26,95 ng/l. Lo stesso metodo, per i PCB, ha evidenziato recuperi compresi tra 81,4±2,7 e 93,7±1,1%, con RSD% tra 1,1 e 6,1% e valori di MDL e MQL compresi tra 1,96 e 10,45 ng/l e tra 5,94 e 31,68 ng/l. Nel campione di acqua di mare prelevato sono stati investigati 13 IPA considerati prioritari dall'*Environmental Protection Agency*, riscontrando la presenza di acenaftilene, fluorene e fenantrene (Σ IPA=396,3±17,7 ng/l). Per i PCB sono stati considerati 14 composti *dioxin* e *non-dioxin*

like, riscontrando la presenza del solo PCB52 ($35,3 \pm 0,4$ ng/l). Il metodo QuEChERS utilizzato sul sedimento ha mostrato rese di estrazione tra $58,9 \pm 4,5$ e $71,7 \pm 1,9\%$ per gli IPA, con RSD% compresa tra 2,7 e 7,7%, MDL compresi tra 1,01 e 6,52 ng/kg e MQL tra 3,07 e 19,75 ng/kg. Per i PCB, i recuperi sono compresi tra $73 \pm 1,8$ e $95,4 \pm 2,1\%$, con una RSD% tra 1,8 e 2,5%. I valori di MDL e MQL sono risultati compresi tra 0,11 e 0,84 $\mu\text{g}/\text{kg}$ e tra 0,35 e 2,55 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Nel campione di sedimento analizzato sono stati rinvenuti tutti gli IPA ricercati ($\Sigma \text{IPA} = 910,8 \pm 42,7$ ng/kg), mentre, per i PCB, i soli congeneri PCB15 ($3,2 \pm 0,2$ $\mu\text{g}/\text{kg}$) e PCB52 ($12,4 \pm 1,2$ $\mu\text{g}/\text{kg}$). Nell'analisi dello zooplancton, il metodo utilizzato ha evidenziato, per gli IPA, ottimi recuperi compresi tra $63 \pm 5,7$ e $92,3 \pm 7,3\%$, con RSD% tra 6,4 e 10%. I valori di MDL e MQL sono compresi tra 0,03 e 0,31 $\mu\text{g}/\text{g}$ e tra 0,08 e 0,94 $\mu\text{g}/\text{g}$. Per i PCB, i recuperi sono compresi tra $79 \pm 2,1$ e $92,1 \pm 5,3\%$, con RSD% tra 2,7 e 8,1%. MDL e MQL sono risultati tra 0,003 e 0,39 $\mu\text{g}/\text{g}$ e tra 0,008 e 1,18 $\mu\text{g}/\text{g}$. Gli IPA rinvenuti sono fluorene, fenantrene e pirene ($\Sigma \text{IPA} = 1,75 \pm 0,22$ $\mu\text{g}/\text{g}$), mentre per i PCB è stata evidenziata la presenza di PCB101 ($1,24 \pm 0,04$ $\mu\text{g}/\text{g}$) e PCB52 ($10,56 \pm 0,04$ $\mu\text{g}/\text{g}$).

Conclusioni - Le concentrazioni registrate in acqua di mare mostrano valori di IPA e PCB simili ad altre aree del Mediterraneo ritenute moderatamente inquinate, mentre le concentrazioni nel sedimento risultano inferiori (Annicchiarico *et al.*, 2011; Guigue *et al.*, 2014; Odabasi *et al.*, 2017). I risultati sullo zooplancton hanno evidenziato, invece, concentrazioni simili per gli IPA e molto più alte per i PCB rispetto a quelle presentate in altri studi (Berrojalbiz *et al.*, 2011a,b).

Bibliografia

- ANNICCHIARICO C., BUONOCORE M., CARDELLICCHIO N., DI LEO A., GIANDOMENICO S., SPADA L. (2011) - PCBs, PAHs and metal contamination and quality index in marine sediments of the Taranto Gulf. *Chem. Ecol.*, **27** (Suppl. 1): 21-32.
- BATTUELLO M., MUSSAT SARTOR R., BRIZIO P., NURRA N., PESSANI D., ABETE M.C., SQUADRONE S. (2017) - The influence of feeding strategies on trace element bioaccumulation in copepods (Calanoida). *Ecol. Ind.*, **74**: 311-320.
- BERROJALBIZ N., DACHS J., DEL VENTO S., OJEDA M.J., VALLE M.C., CASTRO-JIMÉNEZ J., MARIANI G., WOLLGAST J., HANKE G. (2011a) - Persistent organic pollutants in Mediterranean seawater and processes affecting their accumulation in plankton. *Environ. Sci. Technol.*, **45** (10): 4315-4322.
- BERROJALBIZ N., DACHS J., OJEDA M.J., VALLE M.C., CASTRO-JIMÉNEZ J., WOLLGAST J., GHIANI M., HANKE G., ZALDIVAR J.M. (2011b) - Biogeochemical and physical controls on concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons in water and plankton of the Mediterranean and Black Seas. *Global Biogeochem. Cy.*, **25** (4), doi: 10.1029/2010GB003775.
- GUIGUE C., TEDETTI M., FERRETTO N., GARCIA N., MÉJANELLE L., GOUTX M. (2014) - Spatial and seasonal variabilities of dissolved hydrocarbons in surface waters from the northwestern Mediterranean Sea: results from one year intensive sampling. *Sci. Total. Environ.*, **466-467**: 650-662.
- ODABASI M., DUMANOGLU Y., KARA M., ALTIOK H., ELBIR T., BAYRAM A. (2017) - Spatial variation of PAHs and PCBs in coastal air, seawater, and sediments in a heavily industrialized region. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, **24** (15): 13749-13759.
- SONG X., LI J., CHEN L., CAI Z., LIAO C., PENG H., XIONG H. (2012) - Determination of polychlorinated biphenyls in seawater using headspace solid-phase microextraction coupled with gas chromatography-mass spectrometry with the aid of experimental design. *J. Braz. Chem. Soc.*, **23** (1): 132-141.
- WERRES F., BALSAA P., SCHMIDT T.C. (2009) - Total concentration analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in aqueous samples with high suspended particulate matter content. *J. Chromatogr. A*, **1216** (12): 2235-2240.

D. IACIOFANO, S. LO BRUTTO, V. ARIZZA

Dipartimento Scienze e Tecnologie Biologiche Chimiche e Farmaceutiche (Dip. STeBiCeF),
Università di Palermo, Via Archirafi, 18 - 90123 Palermo, Italia.
vincenzo.arizza@unipa.it

IMPATTO FISICO DELLA MICROPLASTICA NEI CROSTACEI ANFIPODI: STATO DELL'ARTE

MICROPLASTIC PHYSICAL IMPACT IN CRUSTACEAN AMPHIPODS: STATE-OF-ART

Abstract - A query of the microplastic literature has been conducted with the aim to learn more about the microplastics physical impact on Amphipods.

Key-words: microplastics, Crustacea, Amphipoda.

Introduzione - La presenza di materiale plastico in ambiente marino risulta uno dei temi di grande interesse attuale a causa degli impatti che questo ha sulla fauna marina. Il principale impatto fisico da ingestione di materiale plastico consiste nell'ostruzione e abrasione dell'apparato gastrointestinale (Bergmann *et al.*, 2015). La plastica in mare è presente in varie dimensioni; la microplastica (MP), di forma variabile (fibre o perline) con una dimensione inferiore a 500 μm (Bergmann *et al.*, 2015), è la classe da noi considerata. La MP può avere diverse origini: prodotta dalle industrie per un utilizzo diretto (microplastiche primarie); per rottura di frammenti più grandi attraverso processi chimici, fisici e/o biologici (microplastiche secondarie) (Cole *et al.*, 2011).

Materiali e metodi - Una ricerca bibliografica è stata condotta per presentare lo stato dell'arte degli effetti da impatto fisico da microplastica nel gruppo target degli Anfipodi. Sono stati selezionati i lavori pubblicati su riviste *peer-review* utilizzando la combinazione delle parole chiave "Microplastics" e "Amphipoda". Tra i lavori consultati sono stati selezionati quelli che trattano l'impatto fisico da microplastica in anfipodi bentonici.

Risultati e conclusioni - Vari studi condotti per comprendere il comportamento degli Anfipodi in presenza di materiale plastico, in condizioni sperimentali ricreate in laboratorio, mostrano che diverse specie di Anfipodi entrando in contatto con microplastiche primarie (fibre o perline) a varie concentrazioni riescono ad ingerirle. Si è osservato che la completa espulsione può avvenire in tempi diversi, in *Gammarus fossarum* e *Echinogammarus marinus* dalle 16 alle 48 ore dopo l'assunzione (Blarer e Burkhardt-Holm, 2016; Bruck e Ford, 2018), mentre è stato osservato in *Talitrus saltator* una completa espulsione solo dopo una settimana (Ugolini *et al.*, 2013). I risultati indicano, inoltre, che l'impatto fisico delle microplastiche sugli Anfipodi sia specie/dimensione-MP dipendente e che una delle conseguenze più gravi riscontrate negli anfipodi è legata alla nutrizione. Infatti, esponendo individui di *G. fossarum* e *G. pulex* per 28 giorni, a fibre e frammenti-irregolari di dimensioni rispettivamente 500 \times 20 μm e 20-500 μm è stata osservata una riduzione significativa nella capacità di assimilazione del cibo e una riduzione significativa nel tasso di crescita (Blarer e Burkhardt-Holm, 2016; Redondo-Hasselerharm *et al.*, 2018). Mentre esponendo individui di *G. fossarum*, *G. pulex* ed *E. marinus* a microplastiche di dimensioni più ridotte rispetto gli esperimenti precedenti (rispettivamente frammenti irregolari \leq 150 μm e perline di 8 μm), nessun effetto significativo è stato osservato (Straub *et al.*,

2017; Bruck e Ford, 2018; Weber *et al.*, 2018). Da queste analisi emerge che le specie *G. pulex* e *G. fossarum* risultano sensibili solo a microplastiche con dimensioni >150 μm . Tuttavia, considerando che *G. fossarum*, *G. pulex* ed *E. marinus* hanno pressoché la medesima morfologia dell'apparato boccale (Karaman e Pinkster, 1977; Pinkster, 1993) si può supporre che queste specie abbiano comportamenti simili a contatto con microplastiche di uguali dimensioni ($\geq 150 \mu\text{m}$). Al contrario, *Hyalrella azteca*, specie di dimensioni corporee più piccole e con apparato boccale più "stenopodiale" con un processo molare più robusto, risulta sensibile a microplastiche con forma sferica e filiforme di dimensioni più ridotte $\leq 20 \mu\text{m}$ e $20\text{-}75 \times 20 \mu\text{m}$ (Au *et al.*, 2015; Redondo-Hasselerharm *et al.*, 2018); mentre un'esposizione a perline-irregolari di dimensioni maggiori (dai 20 ai 500 μm) non ha registrato nessun effetto negativo osservando l'assenza di microplastiche nell'apparato digerente e nel materiale fecale (Redondo-Hasselerharm *et al.*, 2018), ipotizzando una incapacità dell'animale nell'assumere questa taglia di MP. Effetti più o meno dose-dipendenti sono stati osservati in *H. azteca* con aumento significativo della mortalità o riduzione del tasso di riproduzione in casi di esposizione acuta o cronica (Au *et al.*, 2015). Questi studi mostrano la presenza di un impatto fisico negativo di microplastiche primarie in specie di Anfipodi. Ancora poco si sa sugli effetti delle microplastiche secondarie.

Bibliografia

- AU S.Y., BRUCE T.F., BRIDGES W.C., KLAINE S.J. (2015) - Responses of *Hyalrella azteca* to acute and chronic microplastic exposures. *Environ. Toxicol. Chem.*, **34** (11): 2564-2572.
- BERGMANN M., GUTOW L., KLAGES M. (EDS) (2015) - *Marine anthropogenic litter*. Springer, Cham: 447 pp.
- BLARER P., BURKHARDT-HOLM P. (2016) - Microplastics affect assimilation efficiency in the freshwater amphipod *Gammarus fossarum*. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, **23** (23): 23522-23532.
- BRUCK S., FORD A.T. (2018) - Chronic ingestion of polystyrene microparticles in low doses has no effect on food consumption and growth to the intertidal amphipod *Echinogammarus marinus*? *Environ. Pollut.*, **233**: 1125-1130.
- COLE M., LINDEQUE P., HALSBAND C., GALLOWAY T.S. (2011) - Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. *Mar. Pollut. Bull.*, **62** (12): 2588-2597.
- KARAMAN G.S., PINKSTER S. (1977) - Freshwater *Gammarus* species from Europe, North Africa and adjacent regions of Asia (Crustacea-Amphipoda). Part I. *Gammarus pulex*-group and related species. *Bijdr. Dierkd.*, **47** (1): 1-97.
- PINKSTER S. (1993) - A revision of the genus *Echinogammarus* Stebbing, 1899, with some notes on related genera (Crustacea, Amphipoda). *Memorie Museo Civ. Stor. nat. Verona* (Ser. 2), **10**: 185 pp.
- REDONDO-HASSELERHARM P.E., FALAHUDIN D., PEETERS E.T.H.M., KOELMANS A.A. (2018) - Microplastic effect thresholds for freshwater benthic macroinvertebrates. *Environ. Sci. Technol.*, **52** (4): 2278-2286.
- STRAUB S., HIRSCH P.E., BURKHARDT-HOLM P. (2017) - Biodegradable and petroleum-based microplastics do not differ in their ingestion and excretion but in their biological effects in a freshwater invertebrate *Gammarus fossarum*. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, **14** (7), doi: 10.3390/ijerph14070774.
- UGOLINI A., UNGHERESE G., CIOFINI M., LAPUCCI A., CAMAITI M. (2013) - Microplastic debris in sandhoppers. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **129**: 19-22.
- WEBER A., SCHERER C., BRENNHOLT N., REIFFERSCHIED G., WAGNER M. (2018) - PET microplastics do not negatively affect the survival, development, metabolism and feeding activity of the freshwater invertebrate *Gammarus pulex*. *Environ. Pollut.*, **234**: 181-189.

C. MUNARI, V. INFANTINI, M. SCOPONI^{1,2}, T. GRANATA³, L. MORUZZI³,
F. MASSARA⁴, M. DE DONATI⁴, M. MISTRI

Dipartimento di Scienze Chimiche e Farmaceutiche, Università di Ferrara,
Via Fossato di Mortara, 17 - 44121 Ferrara, Italy.
mnc@unife.it

¹ISOF-CNR, c/o Università di Ferrara, Via L. Borsari, 46 - 44121 Ferrara, Italy.

²Advanced Polymer Materials, Via G. Saragat, 9 - 44122 Ferrara, Italy.

³CESI, Via N. Bixio, 39 - 29121 Piacenza, Italy.

⁴TERNA, Viale E. Galbani, 70 - 00156 Roma, Italy.

MICROPLASTICS IN MARINE SEDIMENTS IN THE AREA OF PIANOSA ISLAND

MICROPLASTICHE NEI SEDIMENTI DELL'ISOLA DI PIANOSA

Abstract - The occurrence of plastic contamination in sediments collected in the area of Pianosa Island was investigated in 2015 by collecting 20 sediment samples along a 25 km-long transect. All sediment samples contained plastics. In terms of numerical abundance, microplastics accounted for 64.4% of the total amount found. Six polymers types were recognized through FT-IR spectroscopy.

Key-words: microplastics, sediments, pollution, Adriatic Sea.

Introduction - World production of plastics has strongly expanded, from 1.7 million tonnes in 1950 to 322 million tonnes in 2015. Discarded “end-of-life” plastic accumulates particularly in marine habitats (Avio *et al.*, 2017). The Marine Strategy Framework Directive, MSFD (2008/56/EC) follows a holistic functional approach identifying a set of 11 Descriptors, which collectively represent the state and functioning of the whole system. Descriptor 10 (D10) is identified as “Properties and quantities of marine litter do not cause harm to the coastal and marine environment”. Microplastics are considered specifically in descriptor 10 of the MSFD [10.1.3 “Trends in the amount, distribution and, where possible, composition of micro-particles (in particular micro-plastics)”. According to the MSDF, microplastics should be categorized according to their physical characteristics including size and shape. It is also important to obtain information on polymer type. We investigated the occurrence and extent of plastic contamination in sediments collected in the Central Adriatic Sea, in the area of Pianosa Island, outside the boundaries of the MPA.

Materials and methods - In November 2015, 20 sediment samples (Van Veen grab, area 0.1 m²) were taken along a 25 km-long transect, at depth varying between 119 and 142 m. At the laboratory, plastic debris in samples were removed under a dissection microscope, counted, weighted, measured and classified into three dimensional groups, and finally categorized according to shape. Fourier-transform infrared spectroscopy (FT-IR) analysis of plastic debris was carried out with a CARY 600 FT-IR (Agilent Technologies) instrument. Measurements were carried out in attenuated total reflectance (ATR) configuration, with a Pike Miracle diamond cell. Tests were carried out at 25 °C in dry air. Particles were identified by comparing FT-IR absorbance spectra of the microplastics to those in a polymer reference library.

Results - Seafloor was characterized by particles ranging from gravels (diameter between 4-2 mm) to clay (diameter <0.0039 mm), according to the Wentworth grain-size classification. The fraction of finer sediments (silt + clay) was always dominant.

All sediment samples contained plastics. In terms of numerical abundance, microplastics accounted for 64.4% of the total amount found, mesoplastics made up 33.1%, macroplastics accounted for 2.5%. Filaments (66.1%) were the most common shape category, followed by fragments and film (16.9% each). All plastics in our samples were secondary products derived from degradation and fragmentation of larger fragments, but it was not possible to attribute a specific source or a specific activity of origin if not for some fishing lines filaments. Identification through FT-IR spectroscopy evidenced the presence of 6 polymer types: polyethylene, polypropylene, nylon 6.6, linear low-density polyethylene-octene copolymer, ethylene vinyl alcohol copolymer, and thermoplastic polyurethane. Considering abundance, the majority of plastic debris were nylon (53.2%), followed by polyethylene (18%). By weight, polyethylene (61.4%) was the most represented polymer type, followed by polypropylene (19.6%). The latter plastics can be carried long distances because they are less dense than seawater.

Conclusions - This study gives a first insight into microplastic pollution on the seafloor in the Pianosa area. All plastics in our samples were secondary products derived from degradation and fragmentation of larger fragments, but it was rarely possible to attribute a specific source or a specific activity of origin if not for some fishing lines filaments. This part of the Adriatic Sea is a busy shipping route with thousands ships passing by per year. We hypothesize that plastics found at our sampling sites are originated from marine-based sources including fishing vessels, merchant vessels and recreational boats. Results from this study could be used as reference or baseline data to test the effectiveness of any reduction measures adopted to address the MSFD requirements.

References

AVIO C.G., GORBI S., REGOLI F. (2017) - Plastics and microplastics in the oceans: from emerging pollutants to emerged threat. *Mar. Environ. Res.*, **128**: 2-11.

L. PEZZOLESI, S. PICHIERRI¹, C. SAMORÌ², C. TOTTI¹, S. VANUCCI³, R. PISTOCCHI

Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali (BiGeA), Università di Bologna,
Via Sant'Alberto, 163 - 48123 Ravenna, Italia.
laura.pezzolesi@unibo.it

¹Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente, Università Politecnica delle Marche, Ancona, Italia.

²Dipartimento di Chimica "Ciamician", Università di Bologna, Bologna, Italia.

³Dipartimento ChiBioFarAm, Università di Messina, Messina, Italia.

ROLE OF POLYUNSATURATED ALDEHYDES (PUAs) IN THE CHEMICAL INTERACTIONS WITHIN A MICROPHYTOBENTHIC COMMUNITY (CONERO RIVIERA, NORTHERN ADRIATIC SEA)

RUOLO DI ALDEIDI POLINSATURE (PUAs) NELLE INTERAZIONI CHIMICHE ALL'INTERNO DI UNA COMUNITÀ MICROFITOBENTONICA (RIVIERA DEL CONERO, NORD ADRIATICO)

Abstract - Three common benthic diatoms (*Tabularia affinis*, *Proschkinia complanatoidea* and *Navicula* sp.) from the Conero Riviera (northern Adriatic Sea) were studied to provide evidence on their capacity to produce polyunsaturated aldehydes (PUAs). The values per cell found in the three species highlighted their PUA potential release and effect on benthic dinoflagellates. Thus, the effects of some common PUAs (heptadienal, octadienal and decadienal) on the growth, cytological features and cell morphology of *Ostreopsis* cf. *ovata* were investigated, showing a decrease of its growth, presence of abnormal cells morphologies, DNA degradation and increase of lipids, especially when algal cells were exposed to the longest-chain PUA.

Key-words: microphytobenthos, diatoms, chemical defence, *Ostreopsis*, Adriatic Sea.

Introduction - Diatoms are known to produce and release a wide range of secondary metabolites that mediate interactions with organisms of different groups. Among these compounds, fatty acid derived long-chained polyunsaturated aldehydes (PUAs) have been related to multiple functions, such as intra- or interspecific signals and adverse effects on the reproduction of marine invertebrates. Several studies reported that some planktonic diatoms produce PUAs (Wichard *et al.*, 2005) which affect cell growth, morphology and membrane permeability of other microalgae (Ribalet *et al.*, 2007). Little information is available on the production of these compounds in benthic microalgae and effects on harmful species able to develop massive algal blooms and to produce toxins, such as dinoflagellates of the genus *Ostreopsis*. The aim of this work was to investigate allelopathic interactions within the microphytobenthic community, by evaluating the production of polyunsaturated fatty acids (PUFAs) and PUAs in three benthic diatoms [*Tabularia affinis* (Kützing) Snoeijs, *Proschkinia complanatoidea* (Hustedt ex R. Simonsen) D.G. Mann and *Navicula* sp.], as well as the effects of some PUAs on the benthic dinoflagellate *Ostreopsis* cf. *ovata* Fukuyo.

Materials and methods - The diatoms strains (*T. affinis*, *P. complanatoidea* and *Navicula* sp.) were obtained from microphytobenthos samples collected in 2013 in the Passetto station (Conero Riviera, northern Adriatic Sea) and cultured in F/2 medium at 20±1 °C, under a 16:8 L:D photoperiod and irradiance of 100-110 µmol m⁻² s⁻¹. PUFAs and PUAs analysis were performed at different algal growth phases (days 3-44) by Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS), as described in Pezzolesi *et al.* (2017). *O. cf. ovata* was cultured in a modified F/2 medium and

exposed to several concentrations (from 3 to 36 $\mu\text{mol L}^{-1}$) of three PUAs (heptadienal, octadienal and decadienal). Algal growth, cell morphology, DNA degradation, and lipid content were analyzed under light and epifluorescence microscopy, as reported in Pichierri *et al.* (2016).

Results - The fatty acids analysis revealed a composition mainly constituted by myristic and palmitic acids (C14:0 and C16:0) among saturated acids, and C16-chains and eicosapentaenoic acid (C20:5, EPA) among unsaturated ones; low amounts of C18 fatty acids were detected. No clear correlation between PUAs and PUFAs content was observed. The intracellular unsaturated aldehydes concentration ranged from 1.8 to 154.4 fmol cell^{-1} , varying either with the algal stage and among the diatom species. No aldehydes were detected until day 28 in each diatom culture. The percentage of unsaturated compounds on the total aldehydes was higher (ANOVA, $p < 0.05$) in *Navicula* sp. (20-96%) than in *P. complanatoides* (64-68%) and *T. affinis* (62-74%) cultures. In *Navicula* sp., although hexadienal (C6:2), octadienal (C8:2), decatetraenal (C10:4), undecatetraenal (C11:4), undecapentenal (C11:5) and tridecatetraenal (C13:4) were also detected, octenal (C8:1) was the most abundant compound (94%), while hexadienal (C6:2) contributed up to 51 and 39% in *T. affinis* and *P. complanatoides*, respectively. Moreover, we observed a clear decrease of *O. cf. ovata* growth with longer-chained molecules than with shorter-chained ones ($p < 0.05$). This result was confirmed also by effective concentration (EC50) values calculated at 48 h for decadienal and octadienal (6.6 ± 1.5 , 17.9 ± 2.6 $\mu\text{mol L}^{-1}$, respectively) and at 72 h for heptadienal (18.4 ± 0.7 $\mu\text{mol L}^{-1}$). Morphological analysis highlighted up to 79% of abnormal (*i.e.* motionless, with a contraction of cytoplasm and abnormal vesicle-like structures) *O. cf. ovata* cells at the highest concentrations of decadienal tested (9, 18 and 36 $\mu\text{mol L}^{-1}$), a gradual DNA degradation and an increase of lipid droplets with all tested PUAs.

Conclusions - This study provided evidence on the real capacity of benthic diatoms to produce PUAs in concentrations which are within the range observed for planktonic species (Wichard *et al.*, 2005). The production of a large family of PUAs, including some with four unsaturations, such as decatetraenal, undecatetraenal and tridecatetraenal, was observed, highlighting that a variety of PUAs can be produced and released by diatoms at a very late stage of the growth, affecting the benthic invertebrates and/or the succession of other microalgae, including toxic bloom-forming species, such as *O. cf. ovata*. The observed effects of some PUAs (heptadienal, octadienal and decadienal) on the growth, cytological features and cell morphology of this dinoflagellate, similar to those previously reported for other algal species (Ribalet *et al.*, 2007), suggested their potential role in the inhibition of *O. cf. ovata* cell proliferation, raising concern on the potential effects of these compounds in the benthic marine environment.

References

- PEZZOLESI L., PICHIERRI S., SAMORÌ C., TOTTI C., PISTOCCHI R. (2017) - PUFAs and PUAs production in three benthic diatoms from the northern Adriatic Sea. *Phytochemistry*, **142**: 85-91.
- PICHIERRI S., PEZZOLESI L., VANUCCI S., TOTTI C., PISTOCCHI R. (2016) - Inhibitory effect of polyunsaturated aldehydes (PUAs) on the growth of the toxic benthic dinoflagellate *Ostreopsis cf. ovata*. *Aquat. Toxicol.*, **179**: 125-133.
- RIBALET F., BERGES J.A., IANORA A., CASOTTI R. (2007) - Growth inhibition of cultured marine phytoplankton by toxic algal-derived polyunsaturated aldehydes. *Aquat. Toxicol.*, **85** (3): 219-227.
- WICHARD T., POULET S.A., HALSBAND-LENK C., ALBAINA A., HARRIS R., LIU D., POHNERT G. (2005) - Survey of the chemical defence potential of diatoms: screening of fifty one species for α , β , γ , δ -unsaturated aldehydes. *J. Chem. Ecol.*, **31** (4): 949-958.

C. SERANGELI, P. SALZ¹, L. DI PAOLA²

Agc98 S.r.l., Via E. Duse, 5 - 00197 Roma, Italia.
agc@agc98.net

¹Framian BV, Achterburg, 9 - 22641 La Pikkacker, Netherlands.

²Unit of Chemical-Physics Fundamentals in Chemical Engineering, Department of Engineering,
Università Campus Bio-Medico di Roma, Via Álvaro del Portillo, 21 - 00128 Roma, Italia.

FISH BIOREFINERY: A WASTE-TO-VALUE CHAIN FOR LANDING OBLIGATIONS

FISH BIOREFINERY: *UN PROCESSO “WASTE-TO-VALUE” PER L’OBBLIGO DI SBARCO*

Abstract - Landing Obligations (LO) is a major issue in EU fishery policies in the Mediterranean Sea and Black Sea. A possible viable solution to incentive their application is to find a value-chain path for their use. We present a preliminary study on this route, showing the value of LO in the area with respect to two bioactive compounds to be extracted: collagen and PUFA (w-3 and w-6).

Key-words: landing obligations, circular economy, value chain.

Introduction - The 2013 reform of the Common Fisheries Policy (CFP) included a Landing Obligation (LO, sometimes referred to as the ‘discards ban’), which aims at minimizing discarding of unwanted fish catches by requiring all catches of regulated commercial species brought on-board vessels to be landed. Since 2015 LO is being implemented on a gradual basis. In the Mediterranean some species are regulated by quotas (TAC) or minimum landing size (MLS). Undersized fish cannot be marketed for direct human consumption purposes. The intention of the legislator was to push fishermen to introduce more sustainable and less impacting fishery practices. The valorisation of by-catches, not intended for human consumption, thus granting a price to LO, transforming them effectively into fishery by-products, is a possible route to incentive the landings rather than illegal discharge of the catches in the sea. While the fish wastes based biorefinery already reached the commercial scale (Arvanitoyannis and Kassaveti, 2008; Kerton *et al.*, 2013), the exploitation of LOs in the same perspective is still at its first stages. In this work, we present a preliminary analysis of value chain for LOs transformation into collagen (around 25% of the whole fish protein content; Pal and Suresh, 2016) and PUFA (Poly Unsaturated Fatty Acids, best known as w3 and w6, around 36% of the whole fish lipid content; Ciriminna *et al.*, 2017), providing a sketch of by-catches value across the Mediterranean/Black Sea area (FAO Area 37) in 2015.

Materials and methods - Data from STECF was analysed to determine overall catches in 2015 as for the FAO Area 37 countries (codes: BGR, CYP, ESP, FRA, GRC, HRV, ITA, MLT and ROU). We collected data for monospecific catches of the following species: *Clupea Harengus* (Linnaeus, 1758), *Scomber scombrus* (Linnaeus, 1758), *Micromesistius poutassou* (Risso, 1827), *Scomber japonicus* (Houttuyn, 1782), *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758), *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792), *Sprattus sprattus* (Linnaeus, 1758) and jack and horse mackerel nei. We quantified by-catches as 18% of the whole catches (Tsagarakis *et al.*, 2017). The whole quantity of both compounds was quantified on the basis of the protein and fat content reported by FAO Corporate Document Repository (<http://www.fao.org/docrep/003/t0219e/T0219E03.htm>). Tab. 1 reports market prices of collagen and PUFA at different purity grade. The high difference in price is due to the huge costs for purification and to the tiny, specialized market for reagents, when compared to costs and market for raw materials.

Tab. 1 - Market prices of bioactive compounds from fish biomass (raw materials, source: alibaba.com; analytical grade reagents, source: sigmaaldrich.com).

Prezzi di mercato dei composti bioattivi da biomassa ittica (materiale grezzo, fonte: alibaba.com; reagenti a purezza analitica, fonte: sigmaaldrich.com).

	Raw material, €/kg	Analytical grade reagent, €/kg
Collagen	32	44000
PUFA	33.8	40250

Results - Fig. 1 reports the value of total by-catches with respect to the content of the two target compounds for each country (for the two compounds - collagen and PUFA -we used the lowest unit price per kg given in Tab. 1). As expected, the value chain is very convenient for countries with larger volumes of catches. The values should be around one thousand times higher for analytical grade reagents, but relying on a much smaller market of reference.

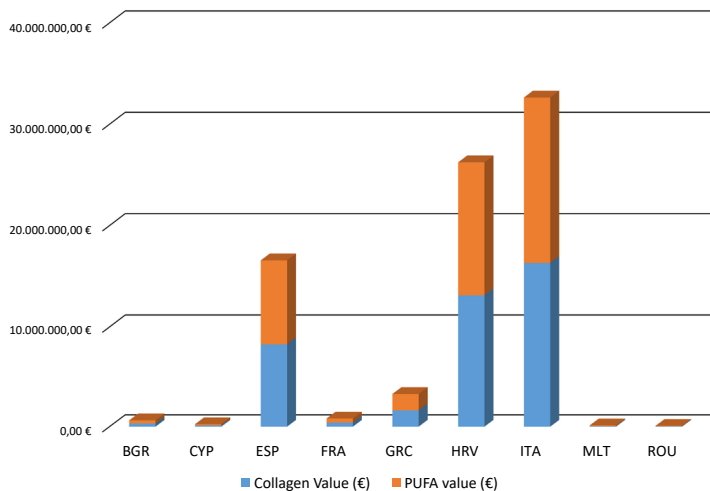


Fig. 1 - Whole value of bioactive compounds (collagen+PUFA) for each country.

Valore complessivo dei composti bioattivi (collagene+PUFA) per singolo Stato.

Conclusions - This preliminary study shows the potentiality of the circular economy application to fishery, not only to find a path to diversification for the market sector, but also as a support to EU policy towards more sustainable fishery practices.

References

- ARVANITTOYANNIS I.S., KASSAVETI A. (2008) - Fish industry waste: treatments, environmental impacts, current and potential uses. *Int. J. Food Sci. Tech.*, **43** (4): 726-745.
- CIRIMINNA R., MENEGUZZO F., DELISI R., PAGLIARO M. (2017) - Enhancing and improving the extraction of omega-3 from fish oil. *Sust. Chem. Pharm.*, **5**: 54-59.
- KERTON F.M., LIU Y., OMARI K.W., HAWBOLDT K. (2013) - Green chemistry and the ocean-based biorefinery. *Green Chem.*, **15** (4): 860-871
- PAL G.K., SURESH P.V. (2016) - Sustainable valorisation of seafood by-products: recovery of collagen and development of collagen-based novel functional food ingredients. *Inn. Food Sci. Emerg. Technol.*, **37** (Part B): 201-215.
- TSAGARAKIS K., PALIALEXIS A., VASSILOPOULOU V. (2017) - Mediterranean fishery discards: review of the existing knowledge. *ICES J. Mar. Sci.*, **71** (5): 1219-1234.

Y. TOMIO, A. BUOSI, A.A. SFRISO*

Dipartimento di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica, Università Ca' Foscari di Venezia,
Via Torino, 155 - 30172 Mestre (VE), Italia.
yari.tomio@unive.it

*Dipartimento di Scienze Chimiche e Farmaceutiche (DipSCF), Università di Ferrara, Italia.

STUDIO PRELIMINARE SULLA PRODUZIONE PRIMARIA
E L'ASSORBIMENTO DI NUTRIENTI DI DUE SPECIE
DI FANEROGAME ACQUATICHE DELLA FAMIGLIA
ZOSTERACEAE (*ZOSTERA MARINA* E *ZOSTERA NOLTEI*)
NELLA LAGUNA DI VENEZIA

PRELIMINARY STUDY OF PRIMARY PRODUCTION
AND NUTRIENT UPTAKE BY TWO SEAGRASSES OF ZOSTERACEAE
FAMILY (*ZOSTERA MARINA* AND *ZOSTERA NOLTEI*)
IN THE VENICE LAGOON

Abstract - Preliminary study of primary production and nutrient uptake by the communities of two seagrass species, *Zostera marina* and *Zostera noltei*. Oxygen production and nutrient uptake were estimated using six benthic chambers in two campaigns (August and October 2017) by studying the variation of the concentrations of oxygen, ammonium, nitrate and phosphorous in water samples taken from the chambers. Both oxygen concentrations and nutrient uptake were higher in August than in October for both species.

Key-words: *Zostera marina*, *Zostera noltei*, nutrient uptake, primary production, Venice lagoon.

Introduzione - Le fanerogame acquatiche *Zostera marina* Linnaeus e *Zostera noltei* Hornemann sono le due specie più diffuse nella laguna di Venezia e ricoprono un importante ruolo ecologico. In particolare, vengono considerate uno tra i produttori primari di maggiore rilevanza negli ecosistemi marino-costieri (Charpy-Roubaud e Sournia, 1990). In laguna di Venezia, nel corso degli ultimi decenni, si è assistito ad un decremento della loro distribuzione, a causa di impatti antropici quali l'aumento di torbidità e fenomeni di eutrofizzazione (Sfriso e Facca, 2007). In questo contesto è stato quindi intrapreso per la prima volta in laguna di Venezia uno studio preliminare sulla produzione primaria e l'assorbimento di nutrienti dalla colonna d'acqua tramite l'uso di camere bentiche al fine di avere maggiori conoscenze sulla fitoecologia e le attività metaboliche di queste piante acquatiche.

Materiali e metodi - Lo studio è stato condotto durante due campionamenti (agosto e ottobre) in prossimità della laguna settentrionale di Venezia, all'interno di un canale in località Cavallino-Treporti dove sono state individuate dense praterie naturali e stabili di *Z. marina* e *Z. noltei*. La produzione primaria netta della comunità (PPN) è stata valutata, utilizzando il metodo Winkler, attraverso misurazioni delle variazioni delle concentrazioni di ossigeno all'interno di un set di sei camere bentiche (tre per ogni specie) di forma cilindrica con aperture ai due estremi (Olivé *et al.*, 2016). All'interno di ciascuna camera bentica è stato posto un sacchetto di plastica trasparente in grado di simulare la naturale propagazione delle correnti e delle maree della stazione (Barrón e Duarte, 2009) e provvisto di valvole per il prelievo dei campioni d'acqua da analizzare. Le camere sono state inserite, in condizione di totale sommersione, per circa 10 cm all'interno del sedimento al fine di garantirne la stabilità ed evitare la formazione di bolle. Dopo circa cinque minuti e dopo due ore e mezza sono stati prelevati da ogni camera bentica due

campioni d'acqua per la determinazione delle concentrazioni di ossigeno. A intervalli regolari di un'ora sono stati inoltre prelevati, filtrati e posti all'interno di bottiglie di polietilene campioni d'acqua per la successiva determinazione dell'assorbimento dei nutrienti in laboratorio con metodo colorimetrico spettrofotometrico. Al fine di determinare il volume di ciascuna camera benthica, è stato iniettato un volume noto di una soluzione 0,25 M di idrogeno fosfato di potassio e, dopo cinque minuti, è stato prelevato un campione d'acqua per la determinazione delle concentrazioni di fosforo reattivo (Barrón *et al.*, 2006). Infine, sono state prelevate le zolle delimitate da camere benthiche per la determinazione della biomassa umida e secca. Le concentrazioni dei nutrienti così determinate sono state poi rapportate alle biomasse corrispondenti.

Risultati - Si è osservata una decrescita di biomassa tra agosto ed ottobre per entrambe le specie con valori che per *Z. marina* passano da $37,7 \pm 17,9$ gr(fwt) a $25,9 \pm 0,3$ gr(fwt) e per *Z. noltei* da $34,2 \pm 2,0$ gr(fwt) a $12,6 \pm 1,0$ gr(fwt). I dati mostrano anche una diminuzione della produzione primaria netta della comunità tra agosto e ottobre sia per *Z. marina* (da $3,93 \pm 1,62$ mmoli $m^{-2} h^{-1}$ a $1,74 \pm 0,87$ mmoli $m^{-2} h^{-1}$) che per *Z. noltei* (da $24,4 \pm 12,7$ mmoli $m^{-2} h^{-1}$ a $3,68 \pm 0,90$ mmoli $m^{-2} h^{-1}$). Infine, per entrambe le specie, questo studio ha mostrato come l'*uptake* maggiore dalla colonna d'acqua sia per lo ione ammonio [con una media di $20,5 \pm 5,7$ nM gr(fwt) $^{-1} h^{-1}$ per *Z. marina* e $28,2 \pm 18,0$ nM gr(fwt) $^{-1} h^{-1}$ per *Z. noltei* ad agosto e $8,53 \pm 8,71$ nM gr(fwt) $^{-1} h^{-1}$ e $23,3 \pm 7,0$ nM gr(fwt) $^{-1} h^{-1}$ ad ottobre] e valori inferiori per nitrati e fosforo. In particolare: nel mese di agosto l'assorbimento medio è stato di $10,6 \pm 8,0$ nM gr(fwt) $^{-1} h^{-1}$ per i nitrati e $5,48 \pm 3,53$ nM gr(fwt) $^{-1} h^{-1}$ per il fosforo e, nel mese di ottobre, di $4,56 \pm 3,94$ nM gr(fwt) $^{-1} h^{-1}$ per il fosforo, mentre non si è assistito ad un assorbimento di nitrati.

Conclusioni - I dati ottenuti in questo studio, in accordo con i tassi di crescita media mensili delle due specie in laguna di Venezia (Sfriso e Ghetti, 1998), ci permettono di avere un quadro preliminare sulle attività metaboliche di entrambe le specie e ipotizzare che l'ammonio, probabilmente grazie alle sue piccole dimensioni che non richiedono *carrier* per passare la membrana cellulare e alle proprietà elettrochimiche (Touchette e Burkholder, 2000), possa rappresentare lo ione preferito per l'assimilazione dell'azoto da parte delle foglie nella colonna d'acqua rispetto ai nitrati e all'assimilazione dal sedimento.

Bibliografia

- BARRÓN C., DUARTE C.M. (2009) - Dissolved organic matter release in a *Posidonia oceanica* meadow. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, **374**: 75-84.
- BARRÓN C., DUARTE C.M., FRANKIGNOULLE M., BORGES A.V. (2006) - Organic carbon metabolism and carbonate dynamics in a Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*) meadow. *Estuar. Coasts*, **29** (3): 417-426.
- CHARPY-ROUBAUD C., SOURNIA A. (1990) - The comparative estimation of phytoplanktonic, microphytobenthic and macrophytobenthic primary production in the oceans. *Mar. Microbial Food Webs*, **4** (1): 31-57.
- OLIVÉ I., SILVA J., COSTA M.M., SANTOS R. (2016) - Estimating seagrass community metabolism using benthic chambers: the effect of incubation time. *Estuar. Coasts*, **39** (1): 138-144.
- SFRISO A., FACCA C. (2007) - Distribution and production of macrophytes and phytoplankton in the lagoon of Venice: comparison of actual and past situation. *Hydrobiologia*, **577** (1): 71-85.
- SFRISO A., GHETTI P.F. (1998) - Seasonal variation in biomass, morphometric parameters and production of seagrasses in the lagoon of Venice. *Aquat. Bot.*, **61** (3): 207-223.
- TOUCHETTE B.W., BURKHOLDER J.M. (2000) - Review of nitrogen and phosphorus metabolism in seagrasses. *J. Experim. Mar. Biol. Ecol.*, **250** (1-2): 133-167.

F. TORSANI, Z. DA ROS, M. MILANESE*, E. FERRETTI, A. SARÀ*,
A. DELL'ANNO, C. CERRANO

Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente (DiSVA), Università Politecnica delle Marche,
Via Brece Bianche - 60131 Ancona, Italia.

f.torsani@pm.univpm.it

*Studio Associato Gaia snc, Piazza della Vittoria, 15/23 - 16121 Genova, Italia.

UN ESPERIMENTO DI TRAPIANTO COMBINATO DI SPUGNE E GORGONIE NELL'AREA MARINA PROTETTA DI PORTOFINO

AN EXPERIMENT OF COMBINED SPONGES-GORGONIANS TRANSPLANT IN PORTOFINO MPA

Abstract - A combined experiment of transplants of sponges and gorgonians has been started in Portofino MPA, in the frame of MERCES, the EU-funded project about the restoration of degraded marine habitats. The aims are to identify the most suitable techniques to perform large-scale restoration of coralligenous habitats and to verify the effects of the transplants on the macro and micro benthic communities, and on the transplanted species themselves.

Key-words: restoration, degraded habitats, transplants, macrobenthos, microbenthos.

Introduzione - L'alterazione delle condizioni ambientali causata dal cambiamento climatico globale ha determinato un incremento degli eventi di mortalità massiva negli ecosistemi costieri (Cerrano *et al.*, 2000; Garrabou *et al.*, 2009). Per contrastare gli effetti di questi episodi, così come stabilito dalla *Marine Strategy Directive*, sta aumentando la sensibilità verso la messa a punto di tecniche per il recupero di habitat degradati. In particolare, il progetto europeo MERCES (*Marine Ecosystem Restoration in Changing European Seas*) si propone di sviluppare e testare metodologie di restauro per differenti habitat marini degradati. Nell'ambito di questo progetto, due esperimenti pilota basati sul trapianto di differenti specie di spugne e gorgonie sono stati allestiti nell'Area Marina Protetta (AMP) di Portofino, al fine di testare l'efficacia delle metodiche utilizzate e valutare l'effetto dell'aumento della complessità strutturale dell'habitat sulla comunità bentonica e sul funzionamento ecosistemico.

Materiali e metodi - Le specie utilizzate per i trapianti sono state: *Petrosia ficiformis* (Poiret, 1789), *Spongia (Spongia) lamella* (Schulze, 1879), *Spongia (Spongia) officinalis* Linnaeus, 1759, *Eunicella cavolini* (Koch, 1887), *Eunicella singularis* (Esper, 1791). I frammenti da trapiantare sono stati prelevati da popolazioni naturali all'interno dell'AMP di Portofino. I frammenti di spugne (volume minimo 500 cm³) sono stati preparati al trapianto avvitando al loro interno un tassello in Teflon[®], che è stato poi fissato al substrato mediante una resina bicomponente per uso subacqueo a rapido indurimento. I frammenti di gorgonie (altezza minima 15 cm), invece, sono stati direttamente fissati utilizzando la resina. *S. officinalis* ed *E. cavolini* sono state trapiantate su substrato verticale alla profondità di circa 23 m, mentre *P. ficiformis* ed *E. singularis* (con simbionti autotrofi) sono state trapiantate insieme su substrato orizzontale alla profondità di circa 28 m. In entrambi i casi ogni plot di trapianto, costituito da 3 gorgonie e 2 spugne disposte in un'area di 40×40 cm, è stato replicato 4 volte. Per valutare l'effetto della frequentazione dei subacquei, l'intero trapianto (4 plot orizzontali e 4 plot verticali) è stato replicato in due siti presso Punta del Faro, uno altamente frequentato dai subacquei, a ovest, e uno poco frequentato, a est. Al momento dell'allestimento dei trapianti è stato attuato un campionamento fotografico secondo uno schema predefinito (16 fotografie per ogni unità di 4 plot e 16 foto di controllo sul substrato circostante, mantenendo costanti profondità

ed esposizione), al fine di consentire la sua replicabilità a intervalli regolari. Il disegno di campionamento prevede, infatti, di replicare le fotografie ogni due mesi e di calcolare il ricoprimento percentuale della fauna sessile bentonica mediante un software dedicato (*i.e.* photoQuad; Trygonis e Sini, 2012). Sono previsti, inoltre, campionamenti di *E. singularis* trapiantata e naturale al fine di valutare l'effetto dei trapianti sulla diversità del microbioma associato e sullo stato di salute delle zooxanthellae ospitate (Danovaro *et al.*, 2008). Sono stati effettuati 4 campionamenti fotografici e un campionamento di *E. singularis*.

Risultati - Dopo 10 mesi dall'allestimento dell'esperimento la percentuale di permanenza dei trapiantati delle varie specie risulta: per *S. officinalis* 12% sia a est che a ovest (88% di frammenti distaccati); per *E. cavolini* 100% a est e 75% (25% di distacchi) a ovest; per *P. ficiformis* 75% a est (25% di distacchi) e 62% a ovest (25% di distacchi, 13% di frammenti morti); per *E. singularis* 92% a est (8% di distacchi) e 83% a ovest (17% di distacchi). L'abbondanza delle zooxanthellae associate ai frammenti degli esemplari di *E. singularis* trapiantati risulta essere paragonabile a quella associata alla popolazione di origine delle gorgonie, tuttavia la classificazione nelle tre categorie "intatte, parzialmente degradate ed opalescenti, trasparenti" mostra una parziale perdita di pigmentazione da parte delle zooxantelle associate ai frammenti trapiantati.

Conclusioni - Benché l'esperimento si trovi ancora nella sua fase iniziale, è già possibile valutare positivamente le metodologie di trapianto applicate. La differenza di successo fra la maggioranza delle specie testate e *S. officinalis* può risiedere in aspetti quali: ecologia della specie, selezione dei siti di trapianto, dimensione dei frammenti e tecniche adottate. Questi aspetti saranno ulteriormente approfonditi nelle fasi successive del lavoro.

Bibliografia

- CERRANO C., BAVESTRELLO G., BIANCHI C.N., CATTANEO-VIETTI R., BAVA S., MORGANTI C., MORRI C., PICCO P., SARA G., SCHIAPARELLI S., SICCARDI A., SPONGA F. (2000) - A catastrophic mass-mortality episode of gorgonians and other organisms in the Ligurian Sea (North-western Mediterranean), summer 1999. *Ecol. Lett.*, **3** (4): 284-293.
- DANOVARO R., BONGIORNI L., CORINALDESI C., GIOVANNELLI D., DAMIANI E., ASTOLFI P., GRECI L., PUSCEDDU A. (2008) - Sunscreens cause coral bleaching by promoting viral infections. *Environ. Health Perspect.*, **116** (4): 441-447.
- GARRABOU J., COMA R., BENSOUSSAN N., BALLY M., CHEVALDONNÉ P., CIGLIANO M., DIAZ D., HARMELIN J.G., GAMBI M.C., KERSTING D.K., LEDOUX J.B., LEJEUSNE C., LINARES C., MARSCHAL C., PÉREZ T., RIBES M., ROMANO J.C., SERRANO E., TEIXIDO N., TORRENTS O., ZABALA M., ZUBERER F., CERRANO C. (2009) - Mass mortality in northwestern Mediterranean rocky benthic communities: effects of the 2003 heat wave. *Glob. Change Biol.*, **15** (5): 1090-1103.
- TRYGONIS V., SINI M. (2012) - PhotoQuad: a dedicated seabed image processing software, and a comparative error analysis of four photoquadrat methods. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **424-425**: 99-108.

7° WORKSHOP DEL GRUPPO CETACEI

“Interdisciplinarietà nello studio dei Cetacei”

C. VISCHIONI¹, J. ALESSI^{1,2,3}, C. FIORI¹, A. MANDICH^{1,3}, D. ANGELETTI⁴, B. VIOLI^{1,5}

¹Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita (DISTAV), Università di Genova, Corso Europa, 26 - 16132 Genova, Italia.

²Associazione Me.Ri.S., Via Milano, 8 - 92026 Favara (AG), Italia.

³Centro Interuniversitario CIRCE, c/o DISTAV, Corso Europa, 26 - 16132 Genova, Italia.

⁴Dipartimento di Scienze Biologiche ed Ecologiche, Centro Ittiogenico Sperimentale Marino (CISMAR), Università della Tuscia, Borgo Le Saline - 01016 Tarquinia (VT), Italia.

⁵Associazione Menkab: il respiro del mare, Lungomare Matteotti, 1 - 17100 Savona, Italia. violi.biagio@gmail.com

GENE FLOW AND GENETIC DIVERSITY OF STRIPED DOLPHIN (*STENELLA COERULEOALBA*) IN MEDITERRANEAN AND ATLANTIC AREAS

FLUSSO GENICO E DIVERSITÀ GENETICA DI STENELLA STRIATA (STENELLA COERULEOALBA) NELLE AREE ATLANTICA E MEDITERRANEA

Abstract - Morphological and genetic studies on *Stenella coeruleoalba* (Meyen, 1833) have suggested that the Mediterranean and North Atlantic populations are genetically differentiated, with little or no gene flow across the Strait of Gibraltar. The aim of this study is to evaluate the gene flow and the genetic diversity, using samples from free-ranging and stranded individuals of Ligurian and Tyrrhenian seas and sequences from Atlantic individuals, through genotyping of a mitochondrial marker (cytochrome B).

Key-words: Mediterranean striped dolphin, genetic diversity, cytochrome B, mtDNA, gene flow.

Introduction - The striped dolphin *Stenella coeruleoalba* is the most abundant cetacean species in the Mediterranean Sea, and here is classified as vulnerable (IUCN RedList). The Mediterranean and eastern-North Atlantic populations are isolated from each other, with no relevant or no gene flow across the Strait of Gibraltar: each population is well defined both at mtDNA level, with no shared haplotypes among two putative population (García-Martínez *et al.*, 1999), and at microsatellites (Gaspari *et al.*, 2007). Despite all analyses have confirmed the existence of two separate populations, a very limited gene flow is driven by males across the Strait of Gibraltar (Gaspari *et al.*, 2007).

Materials and methods - A set of 22 samples from stranded (7) and free-ranging (15) individuals, from Ligurian and Tyrrhenian seas were amplified and sequenced for the cytochrome b gene (1106 bp) using H-strand primer on tRNA threonine L-14724. Polymerase Chain Reactions (PCR) and sequencing conditions used are described in Amaral *et al.* (2007). A set of 46 sequences from individuals of Atlantic oceans was downloaded from Genbank and used for our analyses. All sequences were aligned and trimmed using Geneious software. Nucleotide and haplotype diversities were estimated in DNAsp v. 5.10.01. Phylogenetic relationships were determined by maximum likelihood tree built using MEGA 7 following Hasegawa-Kishino-Yano model with discrete Gamma distribution used to model evolutionary rate differences among sites. A network of haplotypes was drawn using Network 7.0 (Fig. 1).

Results - The region of CytB long 1106 bp was successfully amplified from 20 on 22 samples present in our archive from Mediterranean Sea. In total, 67 sequences (our sequences plus 46 from Atlantic Ocean and 1 from Mediterranean Sea downloaded from GenBank) were used for our analyses, which grouped into 34 haplotypes defined by 790 identical sites (71.4%) and a complex pairwise identity of

98.7%. Three haplotypes were shared among the two populations, and respectively 6 haplotypes were typical of Mediterranean and 25 of Atlantic area. Levels of nucleotide diversity (P_i) and haplotype diversity (H_d) were respectively $P_i=0.00288\pm 0.00045$ and $H_d=0.795\pm 0.077$ in Mediterranean and $P_i=0.00907\pm 0.00128$ and $H_d=0.979\pm 0.010$ in Atlantic ($c^2=46.0225$; $P\text{-value}=0.0655$; $df=33$) and have not revealed any significant genetic differentiation among the two putative populations.

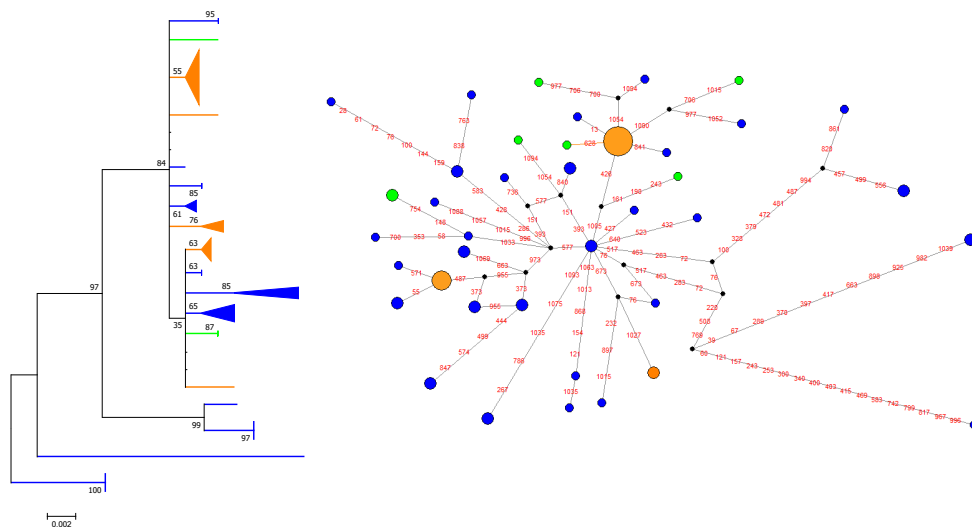


Fig. 1 - Maximum likelihood tree based on Hasegawa-Kishino-Yano model on the left and median joining network on the right: North-Atlantic Ocean in blue, Mediterranean in green, and shared sequences among both areas in orange.

A sinistra albero filogenetico costruito con il metodo della massima verosimiglianza basato sul modello Hasegawa-Kishino-Yano, a destra il network di aptotipi 'median joining': in blu nord-Atlantico, in verde Mediterraneo e in arancio le sequenze condivise tra le due aree.

Conclusions - Our preliminary analyses haven't detected any geographical structuring among the two putative populations. The bootstrap analyses on the median-joining tree and the haplotype network revealed a high degree of complexity with no clear geographical structure among haplotypes. Some private Mediterranean mtDNA haplotypes suggest prevailing gene flow from Atlantic towards Mediterranean. Thus, considering our marker, Gibraltar Strait is not a geographical barrier to dispersion of female. More analyses using nuclear genes are needed to clarify the gene flow of the species through Gibraltar Strait.

References

- AMARAL A.R., SEQUEIRA M., COELHO M.M. (2007) - A first approach to the usefulness of cytochrome *c* oxidase I barcodes in the identification of closely related delphinid cetacean species. *Mar. Freshwater Res.*, **58** (6): 505-510.
- GARCÍA-MARTÍNEZ J., MOYA A., RAGA J.A., LATORRE A. (1999) - Genetic differentiation in the striped dolphin *Stenella coeruleoalba* from European waters according to mitochondrial DNA (mtDNA) restriction analysis. *Mol. Ecol.*, **8** (6): 1069-1073.
- GASPARI S., AZZELLINO A., AIROLDI S., HOELZEL A.R. (2007) - Social kin associations and genetic structuring of striped dolphin populations (*Stenella coeruleoalba*) in the Mediterranean Sea. *Mol. Ecol.*, **16** (14): 2922-2933.

D. LAPICCIRELLA¹, C. MONACO^{2,3}, D. PESSANI^{1,4}, L. FAVARO^{1,4}

¹Dipartimento di Scienze della Vita e Biologia dei Sistemi, Università di Torino,
Via Accademia Albertina, 13 - 10123 Torino, Italia.

²Associazione Marecamp, Lungomare Scardamiano, 1 - 95021 Aci Castello (CT), Italia.

³Dipartimento di Agricoltura, Alimentazione e Ambiente, Università di Catania,
Via Santa Sofia, 100 - 95123 Catania, Italia.

⁴Centro Interuniversitario di Ricerca sui Cetacei (CIRCE), Viale Benedetto XV, 5 - 16132 Genova, Italia.
livio.favaro@unito.it

INTERAZIONE TRA STENELLE (*STENELLA COERULEOALBA*) E PESCA ARTIGIANALE AI TOTANI NEL GOLFO DI CATANIA

INTERACTION BETWEEN STRIPED DOLPHINS (STENELLA COERULEOALBA) AND SQUID ARTISANAL FISHERY IN THE GULF OF CATANIA

Abstract - The artisanal squid fishery is of great economic, social, and cultural importance in Sicily. However, in recent years, it has dramatically declined, and local fishermen mostly perceive the interaction with dolphins as the primary cause for such a decline. In this study, we showed that striped dolphins are frequently present and feed around squid fishing boats. However, their activity does not significantly affect the number of squids caught by this particular kind of artisanal fishery.

Key-words: small-scale fisheries, marine mammals, striped dolphins, Sicily.

Introduzione - La pesca ai totani, *Todarodes sagittatus* (Lamarck, 1798), praticata dalla flotta italiana in Mediterraneo, produce un volume che supera 2 mila tonnellate, per un valore di oltre 11 milioni di euro. In Sicilia la pesca artigianale ai totani, legata a cultura e tradizioni locali, copre 81% delle catture, per oltre un migliaio di tonnellate (Jereb e Ragonese, 1995). Nell'ultimo decennio, in molti paesi del Mediterraneo, l'aumento dei costi operativi, l'età avanzata dei pescatori e la vetustà delle imbarcazioni hanno portato a riduzioni drammatiche della pesca artigianale, compresa quella ai totani in Sicilia (Vindigni *et al.*, 2016). Inoltre, in numerose aree, il problema, molto sentito, dell'interazione tra cetacei e pesca è in aumento, anche per la riduzione degli stock ittici ed il conseguente stress nutrizionale, che spinge i cetacei alla ricerca di cibo catturabile con basso dispendio energetico (Bearzi, 2010). Di conseguenza, in queste aree, i pescatori ritengono che l'unica causa della riduzione della pesca sia la presenza dei cetacei, anche se non esistono studi che dimostrino l'impatto negativo dei cetacei sulla quantità di pescato con particolari tecniche artigianali. Il presente studio si pone l'obiettivo di quantificare, per la prima volta, la presenza di cetacei durante le attività di pesca artigianale ai totani nel Golfo di Catania e di valutare il loro impatto sul successo delle "pescate".

Materiali e metodi - La raccolta dati è stata effettuata durante 26 uscite notturne nel Golfo di Catania (settor biogeografico 6), in ottobre e novembre 2017, effettuate con la collaborazione di tre pescatori attivi nel comune di Aci Trezza (CT). La pesca artigianale ai totani si avvale di due strumenti: il "cannone", struttura in plexiglass, calata sul fondale e lentamente recuperata per attirare i totani verso la superficie, e la "polpara", innescata con *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) e utilizzata per la cattura dei cefalopodi. Per ogni "pescata" (calata della polpara in prossimità del cannone quando questo è oltre -300 m) effettuata sono state registrate l'ora ed il punto GPS e monitorati i seguenti parametri: temperatura media dell'aria, altezza dell'onda, velocità massima del vento, batimetria del fondale e copertura del cielo. Sono stati anche registrati: successo o meno della cattura, regime del motore

dell'imbarcazione (acceso o spento), modalità di recupero della lenza (a mano o con motore elettrico), profondità della pescata, numero di barche (<3 o >3) nel raggio visivo dell'osservatore. Infine, è stata verificata la presenza di cetacei utilizzando un idrofono HTI-94-SSQ immerso a circa -2 m e collegato ad un registratore digitale TASCAM DR-680 (*sampling rate* 96 kHz). Per valutare quali tra i fattori considerati determinassero il successo delle pescate (cattura *vs* non-cattura), è stato costruito un Modello Generale Misto Linearizzato (GLMM) per dati binari in R (Bates *et al.*, 2015). La presenza di cetacei e le variabili misurate in campo sono state inserite nel modello come fattori fissi, mentre il giorno di campionamento ed il pescatore come fattori casuali. L'assenza di collinearità tra i predittori è stata verificata attraverso il calcolo dei *Vigilance Inflation Factors*. Attraverso un *likelihood ratio test* (ANOVA *with argument test "Chisq"*), un modello *full* contenente sia i fattori fissi sia i fattori casuali è stato quindi confrontato contro un modello *null* contenente esclusivamente i fattori casuali.

Risultati - La presenza di cetacei, esclusivamente *Stenella coeruleoalba* (Meyen, 1833) nell'immediata prossimità dell'imbarcazione è stata accertata in 394 delle 453 pescate effettuate. I risultati mostrano un effetto significativo di sei dei fattori considerati (*i.e.* velocità vento, copertura cielo, profondità pescata, livello idrometrico, modalità recupero lenza e regime motore) sul successo delle catture, con differenza statisticamente significativa del modello *full* rispetto a quello *null* (GLMM *full vs null*: $\chi^2=24,762$, $df=13$, $P=0,028$). Tra questi non compare la presenza delle stenelle in prossimità dell'imbarcazione, presenza che non influenza in nessun caso il successo della pescata ($\chi^2=2,083$, $df=1$, $P=0,150$).

Conclusioni - Le stenelle si cibano di totani durante l'attività di pesca, la loro presenza è costante e verosimilmente approfittano delle barche che attirano le prede in superficie. Tuttavia, nella pesca artigianale, il pescatore non può catturare più di un totano per pescata, indipendentemente dal fatto che contemporaneamente le stenelle si cibino o meno degli altri individui presenti. Di conseguenza, il successo della singola pescata dipende esclusivamente dalla presenza dei totani attirati in superficie e quindi dalle condizioni ambientali ed operative che ne determinano la risalita, ma non dalla presenza di stenelle, sebbene queste vengano percepite come la principale causa di insuccesso.

Ringraziamenti: Gli autori ringraziano la comunità di pescatori di Aci Trezza, l'Area Marina Protetta Isole Ciclopi e l'associazione Marecamp per il supporto durante le attività di campo.

Bibliografia

- BATES D., MÄCHLER M., BOLKER B.M., WALKER S.C. (2015) - lme4: Linear Mixed-Effects Models using 'Eigen' and S4. Available at <http://CRAN.R-project.org/package=lme4>.
- BEARZI G. (2010) - Delfini e pesca in Mediterraneo: depredazione e interazioni trofiche in aree marine soggette a varie misure di tutela. In: Guidetti P. (ed), *Pesca e gestione delle Aree Marine Protette*. Edizioni Grifo, Lecce: 7-13.
- JEREB P., RAGONESE S. (1995) - An outline of the biology of the squid *Illex coindetii* in the Sicilian Channel (Central Mediterranean). *J. Mar. Biol. Assoc. UK*, **75** (2): 373-390.
- VINDIGNI G., CARRÀ G., MONACO C. (2016) - Which approach for sustainable development of small-scale fisheries? The case of Italy. *Quality - Access to Success*, **17** (Suppl. 1): 142-148.

M. AZZOLIN^{1,2,3}, A. ZAMPOLLO^{1,2}, A. GIOVANNINI^{1,2}, C. GIACOMA¹

¹Dipartimento di Scienze della Vita e Biologia dei Sistemi, Università di Torino,
Via Accademia Albertina, 13 - 10123 Torino, Italia.

²Gaia Research Institute Onlus, Italia.

³Thalassa, Torino, Italia.
tursiope.ve@libero.it

SPATIAL DISTRIBUTION OF *STENELLA COERULEOALBA* IN THE GULF OF CORINTH (GREECE)

ANALISI DELLA DISTRIBUZIONE SPAZIALE DI *STENELLA* *COERULEOALBA* NEL GOLFO DI CORINTO (GRECIA)

Abstract - This study analyses the spatial distribution of the striped dolphin (*Stenella coeruleoalba*) inside the Gulf of Corinth, a recently recognised Natura 2000 Area in Greece (Ionian Sea). Data collected from 2009 to 2015 are analysed. The results of this study highlight that “depth” and “distance from shore” are the parameters that affect the most striped dolphin’s distribution. Further studies on striped dolphin habitat use and spatial interaction with human activity would shade a light on the ecology of this protected species, and would highlight the existence of area that may be important for its conservation and management.

Key-words: striped dolphin, spatial distribution, Natura 2000, Gulf of Corinth, Greece.

Introduction - Striped dolphin, *Stenella coeruleoalba* (Meyen, 1833), is a cosmopolitan species common worldwide in tropical and temperate waters. This species is present in oligotrophic pelagic waters, but it occurs also in the inshore ones, where the slope is high (Van Waerebeek *et al.*, 1998). The Mediterranean striped dolphin is classified Vulnerable by IUCN experts (Aguilar and Gaspari, 2012). The Gulf of Corinth (GOC) is located in the eastern Mediterranean Sea, and it is composed by the portion of the Ionian Sea that separates the Peloponnesus from the continental Greece (Fig. 1). The area presents deep waters and the characteristics of a pelagic habitat, making it ideal for striped dolphin. In order to study striped dolphin’s spatial distribution inside the GOC a research project was started in 2009. The research project is still carried on. Spatial distribution data are analyzed and results are presented for the period 2009-2015.

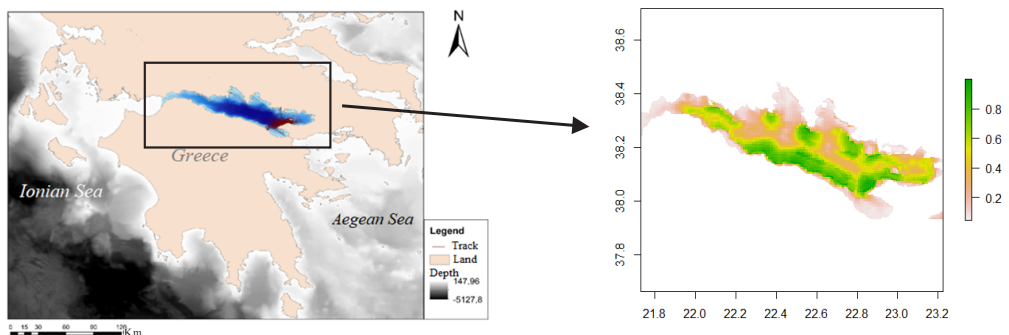


Fig. 1 - Area of study, monitoring effort, sightings and Maxent prediction model of striped dolphin distribution inside the Gulf of Corinth.

Area di studio, sforzo di monitoraggio, avvistamenti, e modelli predittivi di Maxent relativi alla distribuzione di stenella all'interno del Golfo di Corinto.

Materials and methods - Striped dolphin's monitoring activity was conducted in standard weather condition from a 12 m sailing vessel. Each 15 minutes environmental and anthropogenic parameters were collected. During each sighting, data on striped dolphin's position, group composition and group size were collected. In order to study the spatial distribution of striped dolphin inside the GOC, sighting data were analysed performing ArcGis 10.3 software. A grid of 1 km was overlapped to the area of study. The following data were included into the GIS platform: bathymetry, slope and distance from shore. The sighting position and the tracks of monitoring activity were employed for calculating the encounter rate of each cell of the grid. Statistical analysis was employed for comparing the cells with/without sightings. The software Maxent was used for modelling striped dolphin distribution.

Results - 332 hours and 2130 km of monitoring activity were carried out. 76 sightings were realized. The mean sighting frequency and the mean encounter rate for the whole period results respectively 0.28 ± 0.15 sights/hour and 0.04 ± 0.02 km/hour. The "depth" of the cells containing sightings ranges from -194 m to -866 m and its mean value is 550 m; the "slope" ranges from 23% to 87%, and its mean value is 73%; the "distance from shore" ranges from 300 m to 9600 m and its mean value is 3500 m. Considering the cells of the grid without sightings the mean "depth" is -533 m, the mean "slope" is 65%, and the mean "distance from shore" is 4150 m. Statistical analysis (Mann-Witney) shows that "depth" and "distance from shore" are significantly different among the monitored cells of the grid with and without sightings ($P < 0.05$). The results of the Maxent analysis show that "depth" is the parameter more relevant for explaining striped dolphin's distribution (Fig. 1). The AUC of obtained prediction model is 0.752. The results of this study highlight how "depth" and "distance from shore" may affect dolphin's distribution, as already showed for different area of the Mediterranean Sea (Forcada *et al.*, 1995; Panigada *et al.*, 2008).

Conclusions - Further studies on striped dolphin habitat use and spatial interaction with human activity would shade a light on the ecology of the species and would highlight the existence of regions, inside this new Natura 2000 area, that may be important for species conservation and that could need detailed management actions.

References

- AGUILAR A., GASPARI S. (2012) - *Stenella coeruleoalba* (Mediterranean subpopulation). The IUCN Red List of Threatened Species 2012: e.t16674437a16674052.
- FORCADA J., NOTARBARTOLO DI SCIARA G., FABBRI F. (1995) - Abundance of fin whales and striped dolphins summering in the Corso-Ligurian basin. *Mammalia*, **59** (1): 127-140.
- PANIGADA S., ZANARDELLI M., MACKENZIE M., DONOVAN C., MÉLIN F., HAMMOND P.S. (2008) - Modelling habitat preferences for fin whales and striped dolphins in the Pelagos Sanctuary (western Mediterranean Sea) with physiographic and remote sensing variables. *Remote Sens. Environ.*, **112** (8): 3400-3412.
- VAN WAEREBEEK K., FELIX F., HAASE B., PALACIOS D.M., MORA-PINTO D.M., MUNOZ-HINCAPIE M. (1998) - Inshore records of the striped dolphin, *Stenella coeruleoalba*, from the Pacific coast of South America. *Rep. Int. Whal. Commn.*, **48**: 525-532.

F. CAPANNI^{1,2}, A. D'AGOSTINO³, L. MARSILI¹

¹Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente, Università di Siena,
Via Mattioli, 4 - 53100 Siena, Italia.

²Dipartimento di Scienze della Vita, Università di Trieste, Via L. Giorgieri, 5 - 34127 Trieste, Italia.
francesca.capanni@phd.units.it

³Dip. Studi Aziendali e Quantitativi, Univ. Napoli "Parthenope", Via Parisi, 13 - 80132 Napoli, Italia.

STATISTICA E TOSSICOLOGIA: L'IMPORTANZA
DELLA INTERDISCIPLINARIETÀ PER VALUTARE
IL PERICOLO POTENZIALE DA ORGANOCOLORURATI
NELLA STENELLA STRIATA (*STENELLA COERULEOALBA*)
DEL MAR MEDITERRANEO

*STATISTICS AND TOXICOLOGY: THE IMPORTANCE
OF INTERDISCIPLINARITY IN THE ASSESSMENT
OF THE POTENTIAL HAZARD ASSOCIATED WITH
ORGANOCHLORINE COMPOUNDS
IN STRIPED DOLPHINS (STENELLA COERULEOALBA)
FROM THE MEDITERRANEAN SEA*

Abstract - Data regarding the toxicological status of stranded and free-ranging specimens of Mediterranean striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*), collected between 1985 and 2016, have been reviewed in order to formulate a series of statistical theoretical models to evaluate the potential hazard associated with organochlorine compounds in individuals of this subpopulation.

Key-words: marine mammals, *Stenella coeruleoalba*, toxicity, Mediterranean Sea, statistical models.

Introduzione - La stenella striata (*Stenella coeruleoalba*, Meyen 1833) è considerata un ottimo indicatore del *Good Environmental Status* (*Marine Strategy Framework Directive*) per le acque pelagiche mediterranee. In passato, è stato suggerito che alti livelli di contaminanti lipoaffini, in particolare composti organoclorurati (OCs), rilevati nel tessuto adiposo di esemplari ritrovati spiaggiati lungo le coste mediterranee, abbiano potenziato, a causa del loro noto potere immunosoppressore, gli effetti di fenomeni epizootici (*Morbillivirus*) che hanno interessato la popolazione mediterranea a partire dagli anni '90 (Aguilar e Borrell, 1994). L'obiettivo di questo studio, che segue il lavoro di Marsili *et al.* (2004), è stato quello di formulare modelli teorici ecotossicologici per la stima del pericolo potenziale da organoclorurati nella stenella striata del Mar Mediterraneo, al fine di fornire strumenti utili a determinare lo stato di salute della popolazione, considerata *Vulnerable* dalla *International Union for the Conservation of Nature (IUCN)*, e dell'intero ecosistema mediterraneo e promuovere misure di mitigazione per la sua conservazione. Questo approccio mira, inoltre, ad individuare possibili correlazioni tra gli alti livelli di xenobiotici clorurati e le patologie causa di decesso degli esemplari (Di Guardo *et al.*, 2015; Grattarola *et al.*, 2016).

Materiali e metodi - Nell'adipe sottocutaneo di esemplari spiaggiati (N=166) e *free-ranging* (N=260) campionati tra il 1985 ed il 2016 lungo le coste italiane, sono stati valutati i livelli di composti organoclorurati quali esaclorobenzene (HCB), diclorodifeniltricloroetano ed i suoi metaboliti (DDTs) e 30 congeneri di policlorobifenili (PCBs), tramite un processo di estrazione, secondo la metodica EPA 8081/8082 modificata da Marsili e Focardi (1996), ed analisi gascromatografica. Per l'analisi statistica, i valori ottenuti sono stati suddivisi in due serie distinte di dati: una riferibile agli esemplari spiaggiati (*stranded*), ed una agli esemplari *free-ranging* (*free*). I due gruppi rappresentano, rispettivamente, uno stato di pericolo e di non pericolo da OCs. Al fine di valutare se i

livelli di *HCB*, *DDTs* e *PCBs*, mostrassero differenze significative tra le due popolazioni di dati è stato utilizzato il test non parametrico di Kruskal-Wallis. Le equazioni discriminanti (formule CAN) sono state formulate per cinque classi di contaminanti: *DDTs*, *PCBs*, *OCs* con caratteristiche mutageniche, cancerogeniche o teratogeniche (MCT), tra i quali *l'HCB*, *OCs* noti distruttori endocrini (*EDCs*) ed *OCs* immunotossici (IMM). Per la formulazione delle equazioni è stata inserita un'analisi discriminante "stepwise" (Jennrich, 1977), che non include variabili con un'elevata correlazione statistica, e per la validazione è stata effettuata una "cross validation", tramite procedura "jackknife" basata sul ricampionamento dei dati originali (McGarigal *et al.*, 2000).

Risultati - I livelli di *OCs* valutati negli esemplari spiaggiati sono risultati significativamente superiori in media ($p < 0,001$) ai valori ottenuti negli animali *free-ranging*. Dall'analisi discriminante canonica, le equazioni hanno dimostrato un adeguato potere discriminante, con tassi di classificazione corretta maggiori del 50% per tutti i modelli considerati. Tuttavia, alcuni degli esemplari non sono stati riclassificati all'interno dell'appropriato gruppo di potenziale pericolo tossicologico. Gli esemplari *free-ranging* che sono stati erroneamente riattribuiti al gruppo tossicologico "stranded", e che quindi sembrano essere esposti ad un maggior grado di pericolo da composti *OCs*, provengono dal Mar Ligure, in percentuali del 93% per i *DDTs* e del 100% per i *PCBs*. Il 94% degli esemplari spiaggiati che sono stati riclassificati nel gruppo "free-ranging" per tutti i 5 gruppi tossicologici appartengono, invece, al Mar Tirreno.

Conclusioni - I risultati ottenuti sembrano suggerire un grado di pericolo potenziale da *OCs* maggiore per i cetacei che abitano il Mar Ligure, a confronto con esemplari provenienti da altre regioni costiere italiane. Tale dato acquisisce maggiore spessore considerando che proprio il Mar Ligure rappresenta una delle zone più ricche di biodiversità dell'intero bacino e che ospita il Santuario Pelagos, l'area marina protetta più estesa del Mediterraneo. I modelli ottenuti potranno essere utilizzati in futuro per continuare a monitorare lo stato di salute tossicologico della stenella striata.

Bibliografia

- AGUILAR A., BORRELL A. (1994) - Abnormally high polychlorinated biphenyl levels in striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*) affected by the 1990-1992 Mediterranean epizootic. *Sci. Total Environ.*, **154** (2-3): 237-247.
- DI GUARDO G., FALCONI A., DI FRANCESCO A., MAZZARIOL S., CENTELLEGHE C., CASALONE C., PAUTASSO A., COCUMELLI C., ELENI C., PETRELLA A., DI FRANCESCO C.E., SABATUCCI A., LEONARDI L., SERRONI A., MARSILI L., STORELLI M.M., GIACOMINELLI-STUFFLER R. (2015) - Western blot expression of 5-lipoxygenase in the brain from striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*) and bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) with or without encephalitis/meningo-encephalitis of infectious nature. *J. Biol. Regul. Homeost. Agents*, **29** (1): 245-250.
- GRATTAROLA C., GIORDA F., IULINI B., PINTORE M.D., PAUTASSO A., ZOPPI S., GORIA M., ROMANO A., PELETTI S., VARELLO K., GARIBALDI F., GAROFOLO G., DI FRANCESCO C.E., MARSILI L., BOZZETTA E., DI GUARDO G., DONDO A., MIGNONE W., CASALONE C. (2016) - Meningoencephalitis and *Listeria monocytogenes*, *Toxoplasma gondii* and *Brucella* spp. coinfection in a dolphin in Italy. *Dis. Aquat. Org.*, **118** (2): 169-174.
- JENNRICH R.I. (1977) - Stepwise discriminant analysis. In: Enslein K., Ralston A., Wilf H.S. (eds), *Statistical methods for digital computers*. Wiley and Sons, New York: 76-96.
- MARSILI L., D'AGOSTINO A., BUCALOSSO D., MALATESTA T., FOSSI M.C. (2004) - Theoretical models to evaluate hazard due to organochlorine compounds (OCs) in Mediterranean striped dolphin (*Stenella coeruleoalba*). *Chemosphere*, **56** (8): 791-801.
- MARSILI L., FOCARDI S. (1996) - Organochlorine levels in subcutaneous blubber biopsies of fin whales (*Balaenoptera physalus*) and striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*) from the Mediterranean Sea. *Environ. Pollut.*, **91** (1): 1-9.
- McGARIGAL K., CUSHMAN S., STAFFORD S. (2000) - *Multivariate statistics for wildlife and ecology research*. Springer-Verlag, New York: 283 pp.

P. VASSALLO¹, C. MARINI^{1,2}, C. PAOLI¹, M. BELLINGERI², F. DHERMAIN³, S. NUTI⁴,
S. AIROLDI⁵, P. BONELLI⁶, S. LARAN⁷, M.C. SANTONI⁸, G. GNONE²

¹DISTAV, Università di Genova, Corso Europa, 26 - 16132 Genova, Italia.
paolo.vassallo@unige.it

²Acquario di Genova, Area Porto Antico, Ponte Spinola - 16128 Genova, Italia.

³GECEM, Groupe d'Études des Cétacés en Méditerranée, Marseille, France.

⁴CET.U.S., Centro di Ricerche sui Cetacei, Viareggio (LU), Italia.

⁵Tethys Research Institute, Milano, Italia.

⁶Ambiente Mare, Faenza (RA), Italia.

⁷GIS3M, Le Kalliste, Sausset-les-pins, France.

⁸OEC, Office de l'Environnement de la Corse, Base technique de la Rondinara, Bonifacio, France.

APPROCCIO MULTI-TIPO NELLA MODELLIZZAZIONE DI HABITAT DEL TURSIOPE (*TURSIOPS TRUNCATUS*) NEL SANTUARIO PELAGOS

*MULTI-TYPE APPROACH IN MODELLING THE HABITAT OF THE BOTTLENOSE DOLPHIN (*TURSIOPS TRUNCATUS*) IN THE PELAGOS SANCTUARY*

Abstract - The bottlenose dolphin is a cosmopolitan Odontocete showing a remarkable plasticity in ecological and behavioural habits, which makes difficult to model its distribution. In the present work we propose a "multi-type approach" to predict the distribution of this species in the Pelagos Sanctuary, a Specially Protected Area of Mediterranean Importance located in the NW Mediterranean Sea. A Multi-Type Model, based on Random Forest regression, was developed, analysing the ecological habits of two geographical units living in the Pelagos area. When compared with a classical Single-Type Model, the Multi-Type Model performed much better in a prediction test (TSS: 94% vs 52%), confirming the value of this experimental approach.

Key-words: cetology, ecology, habitat selection, Pelagos Sanctuary, *Tursiops truncatus*.

Introduzione - Il tursiope (*Tursiops truncatus* Montagu, 1821) è un Odontoceto cosmopolita. La sua ampia distribuzione è associata a una notevole plasticità nelle abitudini ecologiche, che rende difficile modellarne la distribuzione. Nel presente lavoro proponiamo un approccio modellistico per prevedere la distribuzione del tursiope nel Santuario Pelagos, un'area specialmente protetta di importanza mediterranea (SPAMI) situata nel Mediterraneo nord-occidentale. Alcuni approcci modellistici alla distribuzione di questa specie nel Santuario Pelagos sono già stati effettuati considerando la presenza di una unica popolazione (modelli uni-tipo). Al contrario, per sviluppare la presente analisi abbiamo analizzato le abitudini ecologiche di due distinte unità geografiche: A) distribuita lungo le coste sabbiose della Versilia; B) distribuita lungo le coste rocciose della Corsica nord-occidentale. Abbiamo generato due distinti modelli e abbiamo integrato i risultati (modello multi-tipo).

Materiali e metodi - L'area di studio è stata suddivisa in 43.929 celle di dimensioni 1×1 NM. In ogni cella sono state calcolate quattro variabili predittive: 1) profondità media; 2) distanza dalla costa; 3) distanza dalla batimetrica dei 100 m; 4) pendenza (Bailey e Thompson, 2006; Marini *et al.*, 2015). Abbiamo utilizzato un dataset di 605 avvistamenti, raccolti dal 1994 al 2011 da 10 gruppi di ricerca che operano all'interno del Santuario Pelagos. Un totale di 806 individui di tursiope sono stati foto-identificati grazie ai marcaggi naturali della pinna dorsale. Come in Carnabuci *et al.* (2016), l'analisi Girvan-Newman, applicata su una selezione di individui (i delfini avvistati almeno 4 volte, 272 individui in 458 avvistamenti), suddivide la

(meta)popolazione in cinque cluster distinti: α , β , γ , δ , ϵ . I delfini appartenenti alle unità geografiche A e B formano i cluster più rappresentativi e ben separati: α (178 individui) e β (65 individui). Un modello predittivo Random Forest (RF) è stato sviluppato prendendo in esame un campione casuale di 100 avvistamenti sui 458 selezionati. La capacità predittiva di tale modello “uni-tipo” è stata confrontata con quella di un modello “multi-tipo”, sviluppato selezionando 50 avvistamenti relativi al cluster α e 50 avvistamenti relativi al cluster β . La bontà dei due modelli è stata messa a confronto per sensitività, specificità e TSS (sensibilità+specificità-1).

Risultati - Il modello uni-tipo produce valori di sensibilità elevati (94%) associati a una bassa specificità (58%), con un valore di TSS del 52%. Questo identifica il modello come capace di valutare presenze, ma incline a interpretazioni errate delle assenze. Il modello multi-tipo mostra invece alti valori sia nella sensibilità (91%) che nella specificità (94%), con un TSS dell'85% (Tab. 1).

Tab. 1 - Risultati del test predittivo dei due modelli (MUT: Modello Uni-Tipo; MMT: Modello Multi-Tipo).

Results in the prediction test of the two models (MUT: Uni-Type Model; MMT: Multi-Type Model).

	Valori attesi	Valori osservati		Sens	Spec	TSS
		Presenza	Assenza			
MUT	Presenza	94	42	0,94	0,58	0,52
	Assenza	6	58			
MMT	Presenza	91	6	0,91	0,94	0,85
	Assenza	9	94			

Conclusioni - L'approccio multi-tipo sembra più adatto a rappresentare la plasticità ecologica e comportamentale tipica del tursiope, producendo risultati significativamente migliori in un test di predizione. Le unità geografiche analizzate nel presente lavoro hanno una distribuzione geografica ravvicinata, ma vivono in diversi contesti ecologici, separati da una netta frattura di habitat. I risultati del nostro lavoro suggeriscono che l'ecologia animale debba tenere maggiormente conto dell'esistenza di tali “tipi comportamentali” quando tenti di descrivere l'abitudine ecologica di una specie plastica come *Tursiops truncatus* e di prevederne la distribuzione.

Bibliografia

- BAILEY H., THOMPSON P. (2006) - Quantitative analysis of bottlenose dolphin movement patterns and their relationship with foraging. *J. Animal Ecol.*, **75** (2): 456-465.
- CARNABUCI M., SCHIAVON G., BELLINGERI M., FOSSA F., PAOLI C., VASSALLO P., GNONE G. (2016) - Connectivity in the network macrostructure of *Tursiops truncatus* in the Pelagos Sanctuary (NW Mediterranean Sea): does landscape matter? *Popul. Ecol.*, **58** (2): 249-264.
- MARINI C., FOSSA F., PAOLI C., BELLINGERI M., GNONE G., VASSALLO P. (2015) - Predicting bottlenose dolphin distribution along Liguria coast (northwestern Mediterranean Sea) through different modeling techniques and indirect predictors. *J. Environ. Manage.*, **150**: 9-20.

R. CARLUCCI, G. CIPRIANO, P. RICCI, V. POLLAZZON¹, F. CAPEZZUTO,
C. DE LEONARDIS¹, R. MAGLIETTA², V. RENÒ², C. FANIZZA¹

Department of Biology, University of Bari, Via Orabona, 4 - 70125 Bari, Italy.
roberto.carlucci@uniba.it

¹Jonian Dolphin Conservation, Viale Virgilio, 102 - 74121 Taranto, Italy.

²ISSIA CNR, Via Amendola, 122/D-I - 70126 Bari, Italy.

UPDATE OCCURRENCE OF *PHYSETER MACROCEPHALUS*
LINNAEUS, 1758 (CETARTIODACTYLA, PHYSETERIDAE)
IN THE GULF OF TARANTO (NORTHERN IONIAN SEA,
CENTRAL-EASTERN MEDITERRANEAN SEA)

AGGIORNAMENTO SULLA PRESENZA DI *PHYSETER*
MACROCEPHALUS LINNAEUS, 1758 (CETARTIODACTYLA,
PHYSETERIDAE) NEL GOLFO DI TARANTO (MAR IONIO
SETTENTRIONALE, MEDITERRANEO CENTRO-ORIENTALE)

Abstract - The occurrence of sperm whale in the Gulf of Taranto was updated using data collected from 2016 to 2017 during standardized vessel-based surveys. The occurrence of 7 sightings for a total of 27 specimens was recorded in the northernmost Taranto Valley canyon system in a depth range from 900 to 1130 m. These results contributed to update the knowledge on the spatial distribution of *P. macrocephalus* in the central-eastern Mediterranean Sea. The need of conservation measures for the protection of the species in the area was discussed.

Key-words: sperm whale, Gulf of Taranto, northern Ionian Sea, Mediterranean Sea.

Introduction - According to the IUCN Red List the sperm whale *Physeter macrocephalus* is assessed as Endangered in the Mediterranean Sea (Notarbartolo di Sciara *et al.*, 2012). The Mediterranean subpopulation is subject to a wide range of threats including habitat fragmentation, resources depletion, entanglement in gillnets, ship strikes and underwater noise that can result in sources of strandings or mortality (Reeves and Notarbartolo di Sciara, 2006). An increase in monitoring effort is required to fill the gap in knowledge regarding sperm whale distribution and habitat use and in turn, to suggest conservation actions in the Mediterranean areas. To that regard, presence records of *P. macrocephalus* in the Gulf of Taranto (northern Ionian Sea) were provided updating information on its occurrence in the central-eastern Mediterranean Sea.

Materials and methods - A standardized vessel-based surveys targeting dolphins and whales was carried out from 2009 to 2017 in the study area exploring a depth range from 8 to 1130 m. The GPS position, depth (m) and number of observed specimens were recorded for each species observed during sightings.

Results - Seven sightings of sperm whale were recorded during 2016 and 2017 occurring in a depth range from 900 to 1130 m (Fig. 1). A total of 27 specimens were observed and during each sighting the group size ranged from 1 to 7 specimens. A calf was observed during October 2016 swimming with others 6 specimens on bottoms at 1000 m in depth. An umbrella squid *Histioteuthis bonnellii* was sampled from 2 sperm whales after their dive of 40 minutes on a bottom of 1120 m in depth.

Conclusions - The sightings of sperm whales, occurred in the northernmost portion of the Taranto Valley canyon system in the northern Ionian Sea, were overlapped to a previous sighting recorded during 2007 (Dimatteo *et al.*, 2011).

Further studies are necessary to investigate the habitat use of *P. macrocephalus* in the study area. However these results contributed to update knowledge on the spatial distribution of the species in the central-eastern Mediterranean Sea. The presence of the sperm whale in the Gulf of Taranto with other 4 cetacean species requires to enforce specific conservation measures for their effective protection in an area where they feed and breed calves and could be exposed to elevated level of anthropogenic pressure (Carlucci *et al.*, 2018).

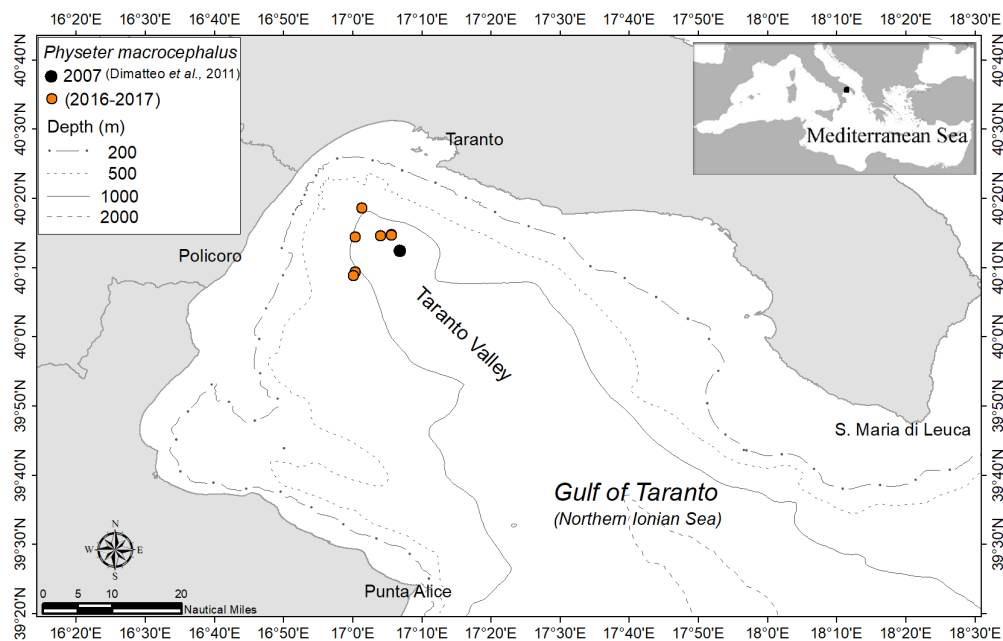


Fig. 1 - Map of sightings of *Physeter macrocephalus* recorded in the Gulf of Taranto (central-eastern Mediterranean Sea) from 2007 to 2017.

Mappa degli avvistamenti di Physeter macrocephalus registrati nel Golfo di Taranto (Mar Mediterraneo centro-orientale) dal 2007 al 2017.

References

- CARLUCCI R., RICCI P., CIPRIANO G., FANIZZA C. (2018) - Abundance, activity and critical habitat of the striped dolphin *Stenella coeruleoalba* in the Gulf of Taranto (northern Ionian Sea, central Mediterranean Sea). *Aquat. Conserv.*, **28** (2): 324-336.
- DIMATTEO S., SINISCALCHI M., ESPOSITO L., PRUNELLA V., BONDANESE P., BEARZI G., QUARANTA A. (2011) - Encounters with pelagic and continental slope cetacean species near the northern shore of the Gulf of Taranto, Italy. *Ital. J. Zool.*, **78** (1): 130-132.
- NOTARBARTOLO DI SCIARA G., FRANTZIS A., BEARZI G., REEVES R. (2012) - *Physeter macrocephalus* (Mediterranean subpopulation). The IUCN Red List of threatened species 2012: e.T16370739A16370477.
- REEVES R.R., NOTARBARTOLO DI SCIARA G. (2006) - *The status and distribution of cetaceans in the Black Sea and Mediterranean Sea*. IUCN Centre for Mediterranean Cooperation, Malaga, Spain: 137 pp.

G. CIPRIANO, N. AMABILE¹, P. RICCI, C. FANIZZA², V. POLLAZZON²,
R. MAGLIETTA³, V. RENO³, R. CARLUCCI

Department of Biology, University of Bari, Via Orabona, 4 - 70125 Bari, Italy.
giulia.cipriano@uniba.it

¹Italian Navy General Staff.

²Jonian Dolphin Conservation, Viale Virgilio, 102 - 74121 Taranto, Italy.

³ISSIA CNR, Via Amendola, 122/D - 70126 Bari, Italy.

MONITORING SURVEYS OF CETACEANS IN THE CENTRAL-WESTERN MEDITERRANEAN SEA IN COLLABORATION WITH THE ITALIAN NAVY

CAMPAGNE DI MONITORAGGIO DELLA CETOFAUNA NEL MEDITERRANEO CENTRO-OCCIDENTALE IN COLLABORAZIONE CON LA MARINA MILITARE ITALIANA

Abstract - Results from 5 monitoring surveys of cetaceans carried out in collaboration with the Italian Navy were reported. An effort of 48 days, 480 hours of observation along about 4718 nautical miles was applied from June 2015 to October 2017 along the central-western Mediterranean Sea. The striped and common bottlenose dolphins were the most frequent observed species, followed by the sperm whale, fin whale and Cuvier's beaked whale. Italian Navy school ships resulted promising and cost-effective observation platforms to collect cetacean's presence data during un-surveyed seasons in the Mediterranean Sea.

Key-words: cetaceans, monitoring, Italian Navy, Mediterranean Sea.

Introduction - In the Mediterranean Sea, cetaceans are seriously threatened by habitat degradation and local impacts. This condition often hides the most important critical element that expose them to the maximum vulnerability on Mediterranean and global scale: the lack of knowledge regarding their bioecology, spatial distribution and habitat use to define suitable management actions improving their conservation status (Reeves *et al.*, 2003). Therefore, results from monitoring surveys of cetaceans carried out in collaboration with the Italian Navy, were reported to gather information on their presence in the central-western Mediterranean Sea.

Materials and methods - Five surveys were carried out from June 2015 to October 2017 on board of the Italian Navy school ships Palinuro and Amerigo Vespucci during their annual training cruises. Sightings derived from naked eye or 7×50 binoculars investigations carried out by at least 4 researchers, placed at about 9 m above the sea level, scanning from bow to beam on each side of the ship. The GPS position, depth (m) and number of specimens were recorded during each sighting.

Results - An observation effort of 48 days and 480 hours along about 4718 nautical miles were applied throughout the central-western Mediterranean Sea. The most frequent species were *Stenella coeruleoalba* (Mayen, 1833) and *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821) with 40 and 31 sightings recorded, respectively (Tab. 1). In addition, *Ziphius cavirostris* (Cuvier, 1823), *Physeter macrocephalus* (Linnaeus, 1758) and *Balaenoptera physalus* (Linnaeus, 1758) were also recorded. The map reporting the sightings for each species was provided in Fig. 1.

Tab. 1 - List of observed species, number of sightings, number of specimens and range depth recorded during the monitoring surveys of cetaceans carried out in collaboration with the Italian Navy.

Elenco delle specie osservate, del numero di avvistamenti, del numero di individui e del range di profondità registrato durante le campagne di monitoraggio dei cetacei in collaborazione con la Marina Militare Italiana.

Species	No. of sightings	No. of specimens	Range depth (m)
<i>Stenella coeruleoalba</i>	40	235	124-3700
<i>Tursiops truncatus</i>	31	135	8-2250
<i>Ziphius cavirostris</i>	1	1	3000
<i>Physeter macrocephalus</i>	3	3	1200-3000
<i>Balaenoptera physalus</i>	2	2	1630-2000

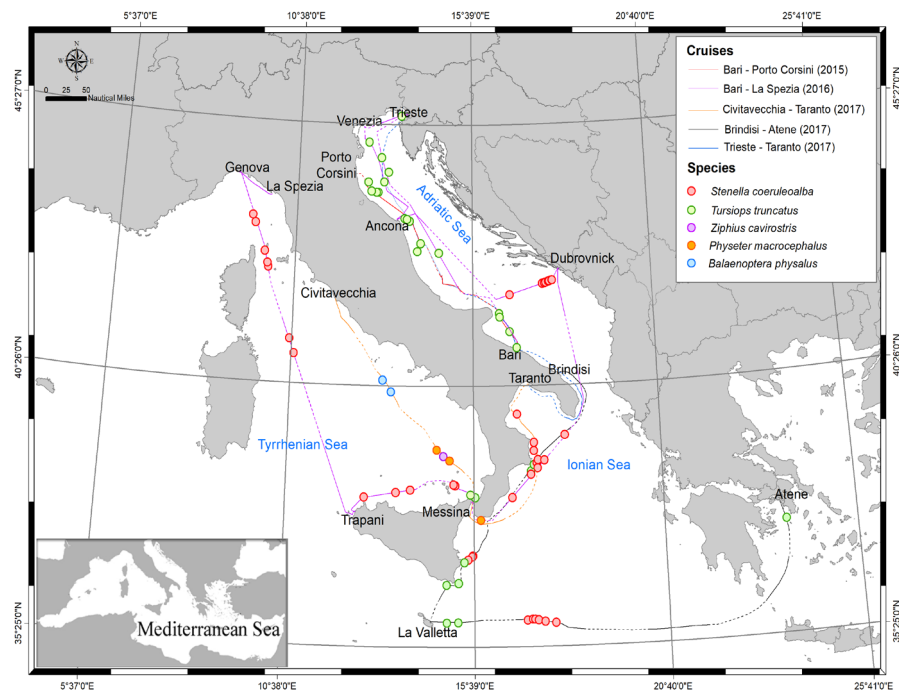


Fig. 1 - Map of sightings recorded in the central-western Mediterranean Sea from 2015 to 2017. Solid and dashed lines indicate on- and off-effort navigation, respectively.

Mapa degli avvistamenti registrati nel Mediterraneo centro-occidentale dal 2015 al 2017. Le linee continue e tratteggiate indicano, rispettivamente, la navigazione on- e off-effort.

Conclusions - The monitoring of cetaceans using the Italian Navy school ships as observation platforms resulted a promising and cost-effective method to collect presence data for dolphins and whales during un-surveyed seasons in the Mediterranean Sea.

References

REEVES R.R., SMITH B.D., CRESPO E.A., NOTARBARTOLO DI SCIARA G. (2003) - *Dolphins, Whales and Porpoises: 2002-2010 Conservation Action Plan for the World's Cetaceans*. IUCN/SSC Cetacean Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK: 139 pp.

INDICI

INDICE GENERALE

Tema “Tendenze evolutive dello stato trofico nel sistema padano-adriatico”

Relazione introduttiva

VIAROLI P., FERRARI C.R., BENZI M., MAZZIOTTI C., NALDI M., NIZZOLI D., SOANA E., RINALDI A. - Variazioni recenti dello stato trofico delle acque costiere dell’Emilia-Romagna in relazione alle pressioni antropiche e ai carichi dei nutrienti nel bacino del Po	2
--	---

Comunicazioni del Tema

FERRANTE L., AURIEMMA R., NASI F., D’ALESSANDRO M., CIBIC T., ZONTA R., DEL NEGRO P. - Macrozoobenthic beta diversity in relation to organic matter composition in four lagoons of the Po River Delta system	19
GIANI M., COZZI S., TARTARI G. - Tendenze dei carichi di nutrienti riversati dal fiume Po nel Nord Adriatico	23
LIBRALATO S., FORTIBUONI T., GIOVANARDI O., PRANOVI F., RAICEVICH S., SOLIDORO C. - I cambiamenti di lungo periodo dell’ecosistema Alto Adriatico desunti dall’analisi dello sbarcato	27
LIPIZER M., KRALJ M., BRUNETTI F., ČERMELJ B., CELIO M., FRANCE J., GIANI M., MOZETIČ P. - Variazioni inter-decadali dell’ossigeno di fondo nelle acque del Golfo di Trieste e recenti fenomeni di ipossia	31
POMPEI M., MILANDRI A., CANGINI M. - Fenomeni di <i>Harmful Algal Bloom</i> nell’area emiliano-romagnola: implicazioni ambientali e igienico-sanitarie.....	35
RICCI F., CAPELLACCI S., PENNA A. - Dinamica dello stato trofico nel nord-ovest adriatico (Marche nord)	39
RINALDI A., GIOVANARDI F., FERRARI C.R., MAZZIOTTI C. - Stato trofico dell’Alto Adriatico: tendenze evolutive e quadro di riferimento concettuale	43
SFRISO A., BUOSI A. - Trophic status changes in the Venice Lagoon during the last 40 years.....	47

Poster del Tema

GRILLI F., BERNARDI AUBRY F., BASTIANINI M., BERGAMI C., CABRINI M., CAMATTI E., CAMPANELLI A., CATALETTO B., COZZI S., DEL NEGRO P., GIANI M., GUICCIARDI S., MARINI M., PENNA A., PENNA P., PUGNETTI A., RAVAIOLI M., RIMINUCCI F., RINALDI A., RICCI F., TOTTI C., VIAROLI P. - Seasonal and interannual trends of trophic status in northern Adriatic Sea in relation to nutrient loadings.....	51
---	----

URBINI L., GIANI M., CAMPANALE L., DJAKOVAC T., PRECALI R. - Influenza degli apporti fluviali sulle variazioni di pH e del sistema carbonatico nel Nord Adriatico.....	53
--	----

Tema “Acquacoltura: sostenibilità, qualità e innovazione”

Relazione introduttiva

LEMBO G. - Sustainable, organic, resilient and friendly European aquaculture	56
--	----

Comunicazioni del Tema

BRUNI L., SECCI G., FACCENDA F., PARISI G. - Effect of including a seaweed meal in the diet on slaughter yield and major quality traits of rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i> Walbaum, 1792).....	60
CAROPPO C., PORTACCI G., GIORDANO L. - Produzione di serie storiche con il telerilevamento satellitare: uno strumento innovativo per la gestione sostenibile della molluschicoltura?.....	64
CASALINI A., EMMANUELE P., TIOZZO L., PISATI D., ZACCARONI A., MORDENTI O. - Messa a punto di un nuovo sistema per la riproduzione in cattività di <i>Octopus vulgaris</i> : performance riproduttive	68
FERRANTI M.P., MONTEGGIA D., ASNAGHI V., CHIANTORE M. - Protocol for non-lethal spawning induction in <i>Patella</i> spp.....	72
NICCOLAI A., CHINI ZITTELLI G., RODOLFI L., BIONDI N., TULLI F., TIBALDI E., TREDICI M.R. - Biomasse microalgali: nuovi ingredienti per la formulazione di diete di alta qualità in acquacoltura .	76
SFRISO A.A., MUNARI C., MISTRI M., SFRISO A., BUOSI A., JUHMANI A.F. - Lipids production from <i>Ulva rigida</i> C. Agardh.....	80
TULLI F., CERRI R., CARDINALETTI G., NICCOLAI A., TIBALDI E. - Digeribilità di biomasse microalgali quali ingredienti sostenibili nei mangimi per l’acquacoltura	84
ZUPA W., CARBONARA P., FIOCCHI E., MANFRIN A., SPEDICATO M.T., LEMBO G. - Personality screening in reared <i>Sparus aurata</i>	88

Poster del Tema

BERTOCCHI M., ANDREANI G., MEDICI F., GUSTINELLI A., FERLIZZA E., FEDRIZZI G., ISANI G. - Caratterizzazione biochimica di alghe utilizzate come supplemento nutrizionale.....	92
BIANDOLINO F., PARLAPIANO I., DENTI G., FANELLI G., RUSSO V., PRATO E. - Studio comparativo del contenuto lipidico e del profilo degli acidi grassi di <i>Holothuria tubulosa</i> e <i>H. polii</i>	94
CARUSO G., GENOVESE L., LAGANÁ P., CARUSO R., GAI F., MARICCHIOLO G. - Valutazione dell’attività antibatterica in siero, muco e rene di spigole (<i>Dicentrarchus labrax</i> , Linneo, 1758) alimentate con una dieta arricchita con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> var. <i>boulardii</i>	96

CASALINI A., EMMANUELE P., BUELONI E., GUERCILENA N., ZACCARONI A., MORDENTI O. - Espressioni comportamentali di adulti di <i>Octopus vulgaris</i> mantenuti in ambiente controllato.....	98
FERLIZZA E., COLAK S., GUSTINELLI A., FIORAVANTI M.L., ISANI G. - Elettroforesi delle proteine sieriche in esemplari di ombrina boccadoro (<i>Argyrosomus regius</i>) di allevamento	100
GIANGRANDE A., DEL PASQUA M., MORGANTE A., PIERRI C., STABILI L., LICCIANO M. - Indagine preliminare sull'utilizzo di biomasse di filtratori ottenute come <i>by product</i> nei sistemi IMTA: anellidi policheti	102
GUARNIERO I., CARIANI A., SULLIOTTI V., CASALINI A., FERRARI A., TINTI F., MORDENTI O. - Acquacoltura di specie emergenti: genotipizzazione e pedigree in <i>Anguilla anguilla</i> , primi risultati.	104
MANDICH A., MONTEGGIA D., MARADONNA F., REBOA A., ANGELINI C., BONALDO M., GALLO P., MITA D.G., CARNEVALI O. - Hepatic alterations in gilthead sea bream juveniles exposed by food to mixtures of pollutants	106
MURA L., SANNA G., COSSU P., CASU M., FLORIS R., SERRA S., FOIS N. - Genetic variation between wild and hatchery <i>Mugil cephalus</i> (Linnaeus, 1758) populations in Sardinia Island.....	108
PETROCELLI A., PORTACCI G., RUSSO V., CECERE E. - Biostimolanti per l'agricoltura da macroalghe: progetto preliminare nei mari di Taranto	110
STABILI L., ACQUAVIVA M.I., CECERE E., GIANGRANDE A., NARRACCI M., PETROCELLI A., CAVALLO R.A. - Il progetto REMEDIA-Life e l'impiego di macroalghe come biorimediazioni: sfruttamento delle loro biomasse per fini biotecnologici.....	112
 Tema “Biodiversità e conservazione in ambienti marini costieri antropizzati”	
<i>Comunicazioni del Tema</i>	
DI CAMILLO C.G., PICA D., PUCE S., CERRANO C. - Fouling hydroids on mussel farms: a possible model in the study of temporal niche dynamics in marine environment	116
FERRIGNO F., APPOLLONI L., DI STEFANO F., DONNARUMMA L., RENDINA F., RUSSO G.F., SANDULLI R. - Stato, pressioni e nuove prospettive di indagine degli habitat coralligeni delle coste campane	120
LO BRUTTO S., IACIOFANO D., SCIPIONE M.B. - <i>Citizen Science</i> : un caso studio nel porto di Palermo.....	124
PIAZZI L., CECCHERELLI G. - Diversità alpha e beta di popolamenti macroalgali mediterranei sottoposti a pressioni antropiche.....	127
PITACCO V., MISTRI M., INFANTINI V., MUNARI C. - Variabilità temporale della comunità macrobentonica nelle Valli di Comacchio (Adriatico settentrionale) in relazione ai cambiamenti climatici.....	130

SFRISO A., BUOSI A., WOLF M.A., SFRISO A.A. - Spreading of alien macroalgae in the Venice Lagoon, the Italian hotspot of non-indigenous species: biodiversity and standing crop.....	134
<i>Poster del Tema</i>	
BALESTRI E., MENICAGLI V., VALLERINI F., LARDICCI C. - Degradation of biodegradable bags in marine sediments and effects on seagrasses.....	137
CARDECCIA A., FERRARIO J., MARCHINI A., OCCHIPINTI AMBROGI A. - Specie non-indigene marine e delle acque di transizione e loro distribuzione a livello regionale.....	139
CHIMIENTI G., MONTESANTO F., GRIECO F., RICCI P., CARLUCCI R. - The status of a bivalve community after three-years of hydraulic dredging stop.....	141
CURCURACI E., LA MARCA E.C., MILAZZO M., CHEMELLO R. - Recruitment of <i>Dendropoma cristatum</i> (Biondi, 1859) on substrates with different complexity.....	143
DONNARUMMA L., DI STEFANO F., APPOLLONI L., FERRIGNO F., RENDINA F., ROMANO A., SANDULLI R., RUSSO G.F. - Recreational boating influence on <i>Posidonia oceanica</i> beds in the Marine Protected Area "Isola di Ventotene e Santo Stefano".....	145
FERRARIO J., BOGI C., CARDECCIA A., LANGENECK J., MARCHINI A., ULMAN A., OCCHIPINTI AMBROGI A. - Fouling community in the harbour of Piran (Slovenia).....	147
INFANTINI V., MISTRI M., PITACCO V., MUNARI C. - La presenza di specie non indigene nella Sacca di Goro.....	152
LONGO C., COLOZZA N., PAPINI G., ARDUINI F., GRAVINA M.F., CORRIERO G. - Note sulle capacità di biorisanamento da metalli pesanti in due filtratori mediterranei.....	154
MISURALE F., LE BIHANIC F., CLERANDEAU C., MORIN B., GAMBARDELLA C., CACHOT J. - Ingestione di microplastiche in molluschi bivalvi e crostacei decapodi campionati nell'estuario della Senna.....	156
PIAZZI L., ATZORI F., CADONI N., CINTI M.F., FRAU F., CECCHERELLI G. - <i>Pattern</i> di diversità dei popolamenti macroalgali nell'AMP Capo Carbonara-Villasimius (Sardegna, Italia) in relazione alla distanza dal porto turistico.....	158
RENDINA F., RUSSO G.F., SANDULLI R., APPOLLONI L., FERRIGNO F., DONNARUMMA L., PUTRA A., KOLZENBURG R., RAGAZZOLA F. - Risposta fisiologica dell'alga <i>Corallina officinalis</i> (Corallinales, Rhodophyta) allo stress termico.....	160
SCIROCCO T., SPECCHIULLI A., CILENTI L., PELOSI S., SANTUCCI A., D'ADAMO R., URBANO F. - I molluschi bivalvi delle lagune di Lesina e Varano, Parco Nazionale del Gargano (Adriatico centrale), Puglia, Italia.....	162

TEMPESTI J., LANGENECK J., CASTELLI A. - Alien species in macrofouling assemblages in the port area of Livorno (Tuscany, Italy) ...	164
---	-----

Tema "Mediterraneo profondo: esplorazione, ricerca e conservazione"

Relazione introduttiva

MASTROTOTARO F., CHIMIANTI G., BO M. - Un mare di coralli in Mediterraneo	168
---	-----

Comunicazioni del Tema

CAPEZZUTO F., ANCONA F., CARLUCCIO A., D'ONGHIA G., MAIORANO P., SION L., TURSI A. - Spettro trofico dello scorfano di fondale, <i>Helicolenus dactylopterus</i> (Osteichthyes, Scorpaeniformes), nel Mediterraneo centrale	175
---	-----

CARLUCCIO A., ANCONA F., CAPEZZUTO F., D'ONGHIA G., MAIORANO P., RICCI P., SION L., TURSI A. - Spazzini in habitat profondi del Mediterraneo: osservazioni <i>in situ</i> mediante <i>baited lander</i> ..	179
--	-----

SION L., CAPEZZUTO F., CARLUCCI R., CORNACCHIA L., D'ONGHIA G., INDENNIDATE A., MAIORANO P., TURSI A. - Età e accrescimento di <i>Helicolenus dactylopterus</i> nel Mar Ionio nord occidentale	183
--	-----

Poster del Tema

BELLODI A., ALTEA P., CAU AL., MULAS A., MARONGIU M.F., PORCU C., FOLLESA M.C. - Megafauna diversity of central-western Mediterranean Sea deep environments	187
---	-----

GATTELLI R., MARTINO A., LAZZARINI C., MINELLI D. - Crostacei batiali mediterranei della collezione del museo «Vita nelle acque» di Russi di Ravenna.....	189
---	-----

LANGENECK J., BUSONI G., ALIANI S., CASTELLI A. - Diversity and biogeography of bathyal polychaetes along a continental slope.....	191
--	-----

MASNADI F., LIGAS A., MUSUMECI C., SARTOR P. - Contributo alla conoscenza della fauna batiale del Mar Ligure e del Tirreno centro-settentrionale.....	193
---	-----

Poster del Comitato Benthos

AGNESI S., ANNUNZIATELLIS A., MO G., TUNESI L. - EUSeaMap - A pan European seabed habitats cartography: evolution and perspective	196
---	-----

BERNAT P., SICURELLI D., CAMBIGANU S., KULYK A., NUARA F., PRECI J., RAMPINI E., ZANETTI E., MOLINARI A. - Primo censimento delle madrepora <i>Cladocora caespitosa</i> e <i>Oculina patagonica</i> sulla <i>beachrock</i> di Borgio Veruzzi (SV - Italia).....	198
---	-----

CHIMIANTI G., AGUILAR R., GEBRUK A.V., MASTROTOTARO F. - <i>Penilpidia ludwigi</i> (Holothuroidea) lacks anatomical structure to swim, but it swims anyway.....	200
---	-----

CHIMIENTI G., MONTESANTO F., GRIECO F., SANTACROCE D., MASTROTOTARO F., PANETTA P. - The genus <i>Alvania</i> (Mollusca: Gastropoda: Rissoidae) in a coastal detritic thanatocoenosis.....	202
COSTA G., SALOMONE A., DANERI G., PANSINI M., BERTOLINO M. - La fauna di spugne del fiordo Puyuhuapi e del Canale Jacaf (Cile)	204
FIorentino F., FIorentino N., MASSI D. - Variazioni dell'abbondanza di <i>Aplysia dactylomela</i> Rang, 1828 (Mollusca: Heterobranchia) nella AMP di Capo Gallo - Isola delle Femmine (Sicilia settentrionale).....	206
FURFARO G., MARIOTTINI P. - Una nuova specie di nudibranco sul relitto dell'Asia (Mar Tirreno centrale).....	208
GAMBI M.C., SORVINO P., TIBERTI L., GAGLIOTI M., TEIXIDO N. - Mortality events of benthic organisms along the coast of Ischia in summer 2017.....	212
GRECHI M., CITTERIO S., OCCHIPINTI AMBROGI A., CARONNI S. - Un nuovo record della microalga <i>Chrysophaeum taylorii</i> lungo le coste dell'Adriatico.....	214
GUASTELLA R., MANCIN N., CARUSO A., BALISTRERI P., MANNINO A.M., MARCHINI A. - Un piccolo invasore alla conquista della Sicilia: <i>Amphistegina lobifera</i> (Foraminifera: Amphisteginidae).....	216
MIONI E., MANNINO A.M., MERLINO S. - First record of <i>Aplysia dactylomela</i> Rang, 1828 (Heterobranchia, Aplysiidae) from Pianosa Island (northern Tyrrhenian Sea).....	218
POLA L., CALCINAI B., DEL SETTE G., PICA D., TORSANI F., CERRANO C. - Macrozoobenthos associato a due specie mediterranee di <i>Sarcotragus</i> (Porifera, Demospongiae).....	220
RIGHI S., MALETTI I., SIMONINI R., FAI S., TESSARI V., PREVEDELLI D. - Caratteri morfometrici di una popolazione ionica del verme di fuoco <i>Hermodice carunculata</i> (Annelida, Amphinomidae)..	222
SCARPA F., COSSU P., SANNA D., LAI T., PANZALIS P., NAVONE A., CASU M. - Effectiveness of the non-lethal protocol for tissue sampling in <i>Patella ferruginea</i>	224
SULLIOTTI V., RINALDI A., ANGELINI V., HAYASHI R., PARI S. - Segnalazione di ritrovamento in Alto Adriatico del balanide <i>Chelonibia manati crenatibasis</i> Pilsbry, 1916.....	226
THEERANUKUL P., WATABE S., IKEDA D., KETTRATAD J., PIYAPATTANAKORN S., MALTAGLIATI F. - Diversità genetica sul fango. <i>Boleophthalmus boddarti</i> (Actinopterygii, Gobiidae) è geneticamente strutturato nel Golfo di Thailandia?.....	228
 Poster del Comitato Gestione e Valorizzazione della Fascia Costiera	
APPOLLONI L., DONNARUMMA L., DI STEFANO F., FERRIGNO F., RENDINA F., SANDULLI R., RUSSO G.F. - Comparazioni di popolamenti ittici associati agli habitat fotofilo e coralligeno lungo le coste della Campania.....	230

CARONNI S., CALABRETTI C., CECCHERELLI G., CITTERIO S., DELARIA M.A., GRECHI M., MACRI G., NAVONE A., OCCHIPINTI AMBROGI A., PANZALIS P., BASSO D. - Il ruolo delle macroalghe erette nella risposta di un popolamento di alghe coralline incrostanti ad un <i>bloom</i> mucillaginoso.....	232
GAGLIOTI M., RICEVUTO E., GAMBI M.C. - Pattern and map of biodiversity related to ocean acidification in CO ₂ vents of Ischia.....	235
SCIUTO M.S., LOIA M., PROIETTI R., PAZZINI A., NICOLETTI L. - Cartografia biocenotica di un'area al largo del parco nazionale del Circeo.....	237
 <i>Poster del Comitato Necton e Pesca</i>	
CASCIARO L., DONNALOIA M., ZUPA W., GAUDIO P., CARBONARA P. - Spatial distribution of <i>Plesionika</i> species in the South and central Tyrrhenian Sea.....	239
COLELLA S., ANGELINI S., MARTINELLI M., SANTOJANNI A. - Observations on the reproductive biology of Norway lobster from two different areas of the Adriatic Sea	241
DE CARLO F., MUSUMECI C., FRANCESCONI B., VANNUCCI A. - Characterization of coastal fish assemblages of shallow rocky habitats in Capraia Island by means of underwater visual census.....	243
DONNALOIA M., CASCIARO L., BITETTO I., NEGLIA C., CARBONARA P. - The hand-jig line fishery for Ommastrephidae cephalopods along the northern Sicilian coasts.....	245
GANCITANO V., BADALUCCO C., CUSUMANO S., FALSONE F., INGRANDE G., SCANNELLA D., SINACORI G., VITALE S. - Andamento temporale della taglia dei riproduttori di <i>Merluccius merluccius</i> (Linnaeus, 1758) nello Stretto di Sicilia.....	247
MASSI D., CARIANI A., MANCUSI C., TITONE A., FERRARI A., CROBE V., TINTI F., SERENA F. - Biometry and molecular data of egg-cases of <i>Raja asterias</i> Delaroche, 1809 (Chondrichthyes, Rajidae) in the Strait of Sicily (central Mediterranean).....	249
MOLINARI A., DI BLASI D., CARLIG E., ROCCATAGLIATA S., BERNAT P., BAVA S. - Prime osservazioni sulle catture della pesca artigianale all'interno e all'esterno dell'AMP Isola di Bergeggi.....	251
ROMANELLI M. - Osservazioni sulle stime di riferimento sui livelli produttivi della flotta italiana dedicata alla piccola pesca e/o artigianale..	253
SBRANA M., DE CARLO F., VIVA C., MASSARO A. - Use of artificial lights in the bottom trawl fishery in the northern Tyrrhenian Sea	255
VALLISNERI M., BENNI E., MONTANINI S., STAGIONI M., RANDI M.R., VALDRÈ G. - Otolith microstructure as biomarker of <i>Engraulis encrasicolus</i> from northern and central Adriatic Sea.....	257

Poster del Comitato Plancton

CANGINI M., CAPELLACCI S., PENNA A., ANDREONI F., MAURO A., PIGOZZI S., POMPEI M. - <i>Bysmatrum subsalsum</i> (Dinophyceae) Harmful Algal Bloom in una laguna artificiale della Sicilia occidentale..	259
CASABIANCA S., BASTIANINI M., PERINI F., CAPELLACCI S., PUGLIESE L., DI POI E., CABRINI M., BURATTI S., MARINI M., PENNA A. - HAB (Harmful Algal Bloom) dinoflagellate resting cysts monitoring by molecular methods.....	261
VADRUCCI M.R., CASTELUCCIA D., ROSELLI L., DI FESTA T., D'ARPA S., DONADEI D., FLORIO M., LONGO E., MACI F., RANIERI S., SPINELLI M., PASTORELLI A., UNGARO N. - Phytonumb3rs: un <i>toolkit</i> a supporto della determinazione della densità cellulare del fitoplancton con il metodo di Utermöhl	263

Poster della Sessione Vari

BASTARI A., DE LAURETIS S., GNETTI V., PETANI B., CERRANO C. - Trend storici dell'abbondanza della mega-fauna del centro Adriatico secondo la percezione dei pescatori	265
CARUSO G., AZZARO M., DELL'ACQUA O., LO GIUDICE A., FAZI S., CAROPPO C., AZZARO F., LA FERLA R., MAIMONE G., LAGANÁ P., MARINELLI F., BERINI F., MARCONE G.L., PICHON G., CHIANTORE M. - The ANT-Biofilm project (PNRA): biological colonization of Antarctic coastal sites and biotechnological prospecting.....	267
CIOFINI A., MERCATELLI L., JAFRANCESCO D., UGOLINI A., HARIYAMA T. - A regionalization of the visual capabilities within the compound eye of <i>Talitrus saltator</i> (Crustacea, Amphipoda)?.....	269
DALLA LIBERA A., BATTUELLO M., MUSSAT SARTOR R., NURRA N., RIVOIRA L., CASTIGLIONI M., BRUZZONITI M.C. - Determinazione di IPA e PCB in ambiente marino mediante GC-MS....	271
IACIOFANO D., LO BRUTTO S., ARIZZA V. - Impatto fisico della microplastica nei crostacei Anfipodi: stato dell'arte.....	273
MUNARI C., INFANTINI V., SCOPONI M., GRANATA T., MORUZZI L., MASSARA F., DE DONATI M., MISTRI M. - Microplastics in marine sediments in the area of Pianosa Island.....	275
PEZZOLESI L., PICHIERRI S., SAMORÌ C., TOTTI C., VANUCCI S., PISTOCCHI R. - Role of polyunsaturated aldehydes (PUAs) in the chemical interactions within a microphytobenthic community (Conero Riviera, northern Adriatic Sea)	277
SERANGELI C., SALZ P., DI PAOLA L. - Fish biorefinery: a waste-to-value chain for landing obligations	279
TOMIO Y., BUOSI A., SFRISO A.A. - Studio preliminare sulla produzione primaria e l'assorbimento di nutrienti di due specie di fanerogame acquatiche della famiglia Zosteraceae (<i>Zostera marina</i> e <i>Zostera noltei</i>) nella laguna di Venezia	281

TORSANI F., DA ROS Z., MILANESE M., FERRETTI E., SARÀ A., DELL'ANNO A., CERRANO C. - Un esperimento di trapianto combinato di spugne e gorgonie nell'Area Marina Protetta di Portofino.....	283
---	-----

7° Workshop del Gruppo Cetacei

“Interdisciplinarietà nello studio dei Cetacei”

Comunicazioni

VISCHIONI C., ALESSI J., FIORI C., MANDICH A., ANGELETTI D., VIOLI B. - Gene flow and genetic diversity of striped dolphin (<i>Stenella coeruleoalba</i>) in Mediterranean and Atlantic areas	286
---	-----

LAPICCIARELLA D., MONACO C., PESSANI D., FAVARO L. - Interazione tra stenelle (<i>Stenella coeruleoalba</i>) e pesca artigianale ai totani nel Golfo di Catania	288
---	-----

AZZOLIN M., ZAMPOLLO A., GIOVANNINI A., GIACOMA C. - Spatial distribution of <i>Stenella coeruleoalba</i> in the Gulf of Corinth (Greece).....	290
--	-----

CAPANNI F., D'AGOSTINO A., MARSILI L. - Statistica e tossicologia: l'importanza della interdisciplinarietà per valutare il pericolo potenziale da organoclorurati nella stenella striata (<i>Stenella coeruleoalba</i>) del Mar Mediterraneo	292
--	-----

VASSALLO P., MARINI C., PAOLI C., BELLINGERI M., DHERMAIN F., NUTI S., AIROLDI S., BONELLI P., LARAN S., SANTONI M.C., GNONE G. - Approccio multi-tipo nella modellizzazione di habitat del tursiopo (<i>Tursiops truncatus</i>) nel Santuario Pelagos.....	294
---	-----

Poster

CARLUCCI R., CIPRIANO G., RICCI P., POLLAZZON V., CAPEZZUTO F., DE LEONARDIS C., MAGLIETTA R., RENÒ V., FANIZZA C. - Update occurrence of <i>Physeter macrocephalus</i> Linnaeus, 1758 (Cetartiodactyla, Physeteridae) in the Gulf of Taranto (northern Ionian Sea, central-eastern Mediterranean Sea).....	296
---	-----

CIPRIANO G., AMABILE N., RICCI P., FANIZZA C., POLLAZZON V., MAGLIETTA R., RENÒ V., CARLUCCI R. - Monitoring surveys of cetaceans in the central-western Mediterranean Sea in collaboration with the Italian Navy	298
---	-----

INDICE per AUTORI

A

ACQUAVIVA M.I. 112
AGNESI S. 196
AGUILAR R. 200
AIROLDI S. 294
ALESSI J. 286
ALIANI S. 191
ALTEA P. 187
AMABILE N. 298
ANCONA F. 175, 179
ANDREANI G. 92
ANDREONI F. 259
ANGELETTI D. 286
ANGELINI C. 106
ANGELINI S. 241
ANGELINI V. 226
ANNUNZIATELLIS A. 196
APPOLLONI L. 120, 145, 160, 230
ARDUINI F. 154
ARIZZA V. 273
ASNAGHI V. 72
ATZORI F. 158
AURIEMMA R. 19
AZZARO F. 267
AZZARO M. 267
AZZOLIN M. 290

B

BADALUCCO C. 247
BALESTRI E. 137
BALISTRERI P. 216
BASSO D. 232
BASTARI A. 265
BASTIANINI M. 51, 261
BATTUELLO M. 271
BAVA S. 251
BELLINGERI M. 294
BELLODI A. 187
BENNI E. 257
BENZI M. 2
BERGAMI C. 51
BERINI F. 267
BERNARDI AUBRY F. 51

BERNAT P. 198, 251
BERTOCCHI M. 92
BERTOLINO M. 204
BIANDOLINO F. 94
BIONDI N. 76
BITETTO I. 245
BO M. 168
BOGI C. 147
BONALDO M. 106
BONELLI P. 294
BRUNETTI F. 31
BRUNI L. 60
BRUZZONITI M.C. 271
BUELONI E. 98
BUOSI A. 47, 80, 134, 281
BURATTI S. 261
BUSONI G. 191

C

CABRINI M. 51, 261
CACHOT J. 156
CADONI N. 158
CALABRETTI C. 232
CALCINAI B. 220
CAMATTI E. 51
CAMBIGANU S. 198
CAMPANALE L. 53
CAMPANELLI A. 51
CANGINI M. 35, 259
CAPANNI F. 292
CAPELLACCI S. 39, 259, 261
CAPEZZUTO F. 175, 179, 183, 296
CARBONARA P. 88, 239, 245
CARDECCIA A. 139, 147
CARDINALETTI G. 84
CARIANI A. 104, 249
CARLIG E. 251
CARLUCCI R. 141, 183, 296, 298
CARLUCCIO A. 175, 179
CARNEVALI O. 106
CARONNI S. 214, 232
CAROPPO C. 64, 267
CARUSO A. 216

CARUSO G. 96, 267
 CARUSO R. 96
 CASABIANCA S. 261
 CASALINI A. 68, 98, 104
 CASCIARO L. 239, 245
 CASTELLI A. 164, 191
 CASTELUCCIA D. 263
 CASTIGLIONI M. 271
 CASU M. 108, 224
 CATALETTO B. 51
 CAU AL. 187
 CAVALLO R.A. 112
 CECCHERELLI G. 127, 158, 232
 CECERE E. 110, 112
 CELIO M. 31
 ČERMELJ B. 31
 CERRANO C. 116, 220, 265, 283
 CERRI R. 84
 CHEMELLO R. 143
 CHIANTORE M. 72, 267
 CHIMIENTI G. 141, 168, 200, 202
 CHINI ZITTELLI G. 76
 CIBIC T. 19
 CILENTI L. 162
 CINTI M.F. 158
 CIOFINI A. 269
 CIPRIANO G. 296, 298
 CITTERIO S. 214, 232
 CLERANDEAU C. 156
 COLAK S. 100
 COLELLA S. 241
 COLOZZA N. 154
 CORNACCHIA L. 183
 CORRIERO G. 154
 COSSU P. 108, 224
 COSTA G. 204
 COZZI S. 23, 51
 CROBE V. 249
 CURCURACI E. 143
 CUSUMANO S. 247

D

D'ADAMO R. 162
 D'AGOSTINO A. 292
 D'ALESSANDRO M. 19
 DALLA LIBERA A. 271
 DANERI G. 204

DA ROS Z. 283
 D'ARPA S. 263
 DE CARLO F. 243, 255
 DE DONATI M. 275
 DELARIA M.A. 232
 DE LAURETIS S. 265
 DE LEONARDIS C. 296
 DELL'ACQUA O. 267
 DELL'ANNO A. 283
 DEL NEGRO P. 19, 51
 DEL PASQUA M. 102
 DEL SETTE G. 220
 DENTI G. 94
 DHERMAIN F. 294
 DI BLASI D. 251
 DI CAMILLO C.G. 116
 DI FESTA T. 263
 DI PAOLA L. 279
 DI POI E. 261
 DI STEFANO F. 120, 145, 230
 DJAKOVAC T. 53
 DONADEI D. 263
 D'ONGHIA G. 175, 179, 183
 DONNALOIA M. 239, 245
 DONNARUMMA L. 120, 145, 160, 230

E

EMMANUELE P. 68, 98

F

FACCENDA F. 60
 FAI S. 222
 FALSONE F. 247
 FANELLI G. 94
 FANIZZA C. 296, 298
 FAVARO L. 288
 FAZI S. 267
 FEDRIZZI G. 92
 FERLIZZA E. 92, 100
 FERRANTE L. 19
 FERRANTI M.P. 72
 FERRARI A. 104, 249
 FERRARI C.R. 2, 43
 FERRARIO J. 139, 147
 FERRETTI E. 283
 FERRIGNO F. 120, 145, 160, 230
 FIOCCHI E. 88

FIORAVANTI M.L. 100
FIORENTINO F. 206
FIORENTINO N. 206
FIORI C. 286
FLORIO M. 263
FLORIS R. 108
FOIS N. 108
FOLLESA M.C. 187
FORTIBUONI T. 27
FRANCE J. 31
FRANCESCONI B. 243
FRAU F. 158
FURFARO G. 208

G

GAGLIOTI M. 212, 235
GAI F. 96
GALLO P. 106
GAMBARDELLA C. 156
GAMBI M.C. 212, 235
GANCITANO V. 247
GATTELLI R. 189
GAUDIO P. 239
GEBRUK A.V. 200
GENOVESE L. 96
GIACOMA C. 290
GIANGRANDE A. 102, 112
GIANI M. 23, 31, 51, 53
GIORDANO L. 64
GIOVANARDI F. 43
GIOVANARDI O. 27
GIOVANNINI A. 290
GNETTI V. 265
GNONE G. 294
GRANATA T. 275
GRAVINA M.F. 154
GRECHI M. 214, 232
GRIECO F. 141, 202
GRILLI F. 51
GUARNIERO I. 104
GUASTELLA R. 216
GUERCILENA N. 98
GUICCIARDI S. 51
GUSTINELLI A. 92, 100

H

HARIYAMA T. 269
HAYASHI R. 226

I

IACIOFANO D. 124, 273
IKEDA D. 228
INDENNIDATE A. 183
INFANTINI V. 130, 152, 275
INGRANDE G. 247
ISANI G. 92, 100

J

JAFRANCESCO D. 269
JUHMANI A.F. 80

K

KETTRATAD J. 228
KOLZENBURG R. 160
KRALJ M. 31
KULYK A. 198

L

LA FERLA R. 267
LAI T. 224
LAGANÁ P. 96, 267
LA MARCA E.C. 143
LANGENECK J. 147, 164, 191
LAPICCIRELLA D. 288
LARAN S. 294
LARDICCI C. 137
LAZZARINI C. 189
LE BIHANIC F. 156
LEMBO G. 56, 88
LIBRALATO S. 27
LICCIANO M. 102
LIGAS A. 193
LIPIZER M. 31
LO BRUTTO S. 124, 273
LO GIUDICE A. 267
LOIA M. 237
LONGO C. 154
LONGO E. 263

M

MACI F. 263
MACRI G. 232
MAGLIETTA R. 296, 298
MAIMONE G. 267

MAIORANO P. 175, 179, 183
MALETTI I. 222
MALTAGLIATI F. 228
MANCIN N. 216
MANCUSI C. 249
MANDICH A. 106, 286
MANFRIN A. 88
MANNINO A.M. 216, 218
MARADONNA F. 106
MARCHINI A. 139, 147, 216
MARCONE G.L. 267
MARICCHIOLO G. 96
MARINELLI F. 267
MARINI C. 294
MARINI M. 51, 261
MARIOTTINI P. 208
MARONGIU M.F. 187
MARSILI L. 292
MARTINELLI M. 241
MARTINO A. 189
MASNADI F. 193
MASSARA F. 275
MASSARO A. 255
MASSI D. 206, 249
MASTROTOTARO F. 168, 200, 202
MAURO A. 259
MAZZIOTTI C. 2, 43
MEDICI F. 92
MENICAGLI V. 137
MERCATELLI L. 269
MERLINO S. 218
MILANDRI A. 35
MILANESE M. 283
MILAZZO M. 143
MINELLI D. 189
MIONI E. 218
MISTRI M. 80, 130, 152, 275
MISURALE F. 156
MITA D.G. 106
MO G. 196
MOLINARI A. 198, 251
MONACO C. 288
MONTANINI S. 257
MONTEGGIA D. 72, 106
MONTESANTO F. 141, 202
MORDENTI O. 68, 98, 104
MORGANTE A. 102

MORIN B. 156
MORUZZI L. 275
MOZETIČ P. 31
MULAS A. 187
MUNARI C. 80, 130, 152, 275
MURA L. 108
MUSSAT SARTOR R. 271
MUSUMECI C. 193, 243

N

NALDI M. 2
NARRACCI M. 112
NASI F. 19
NAVONE A. 224, 232
NEGLIA C. 245
NICCOLAI A. 76, 84
NICOLETTI L. 237
NIZZOLI D. 2
NUARA F. 198
NURRA N. 271
NUTI S. 294

O

OCCHIPINTI AMBROGI A. 139, 147, 214, 232

P

PANETTA P. 202
PANSINI M. 204
PANZALIS P. 224, 232
PAOLI C. 294
PAPINI G. 154
PARI S. 226
PARISI G. 60
PARLAPIANO I. 94
PASTORELLI A. 263
PAZZINI A. 237
PELOSI S. 162
PENNA A. 39, 51, 259, 261
PENNA P. 51
PERINI F. 261
PESSANI D. 288
PETANI B. 265
PETROCELLI A. 110, 112
PEZZOLESI L. 277
PIAZZI L. 127, 158
PICA D. 116, 220
PICHIERRI S. 277

PICHON G. 267
 PIERRI C. 102
 PIGOZZI S. 259
 PISATI D. 68
 PISTOCCHI R. 277
 PITACCO V. 130, 152
 PIYAPATTANAKORN S. 228
 POLA L. 220
 POLLAZZON V. 296, 298
 POMPEI M. 35, 259
 PORCU C. 187
 PORTACCI G. 64, 110
 PRANOVI F. 27
 PRATO E. 94
 PRECALI R. 53
 PRECI J. 198
 PREVEDELLI D. 222
 PROIETTI R. 237
 PUCE S. 116
 PUGLIESE L. 261
 PUGNETTI A. 51
 PUTRA A. 160

R

RAGAZZOLA F. 160
 RAICEVICH S. 27
 RAMPINI E. 198
 RANDI M.R. 257
 RANIERI S. 263
 RAVAIOLI M. 51
 REBOA A. 106
 RENDINA F. 120, 145, 160, 230
 RENÒ V. 296, 298
 RICCI F. 39, 51
 RICCI P. 141, 179, 296, 298
 RICEVUTO E. 235
 RIGHI S. 222
 RIMINUCCI F. 51
 RINALDI A. 2, 43, 51, 226
 RIVOIRA L. 271
 ROCCATAGLIATA S. 251
 RODOLFI L. 76
 ROMANELLI M. 253
 ROMANO A. 145
 ROSELLI L. 263
 RUSSO G.F. 120, 145, 160, 230
 RUSSO V. 94, 110

S

SALOMONE A. 204
 SALZ P. 279
 SAMORÌ C. 277
 SANDULLI R. 120, 145, 160, 230
 SANNA D. 224
 SANNA G. 108
 SANTACROCE D. 202
 SANTOJANNI A. 241
 SANTONI M.C. 294
 SANTUCCI A. 162
 SARÀ A. 283
 SARTOR P. 193
 SBRANA M. 255
 SCANNELLA D. 247
 SCARPA F. 224
 SCIPIONE M.B. 124
 SCIROCCO T. 162
 SCIUTO M.S. 237
 SCOPONI M. 275
 SECCI G. 60
 SERANGELI C. 279
 SERENA F. 249
 SERRA S. 108
 SFRISO A. 47, 80, 134
 SFRISO A.A. 80, 134, 281
 SICURELLI D. 198
 SIMONINI R. 222
 SINACORI G. 247
 SION L. 175, 179, 183
 SOANA E. 2
 SOLIDORO C. 27
 SORVINO P. 212
 SPECCHIULLI A. 162
 SPEDICATO M.T. 88
 SPINELLI M. 263
 STABILI L. 102, 112
 STAGIONI M. 257
 SULLIOTTI V. 104, 226

T

TARTARI G. 23
 TEIXIDO N. 212
 TEMPESTI J. 164
 TESSARI V. 222
 THEERANUKUL P. 228
 TIBALDI E. 76, 84

TIBERTI L. 212
TINTI F. 104, 249
TIOZZO L. 68
TITONE A. 249
TOMIO Y. 281
TORSANI F. 220, 283
TOTTI C. 51, 277
TREDICI M.R. 76
TULLI F. 76, 84
TUNESI L. 196
TURSI A. 175, 179, 183

U

UGOLINI A. 269
ULMAN A. 147
UNGARO N. 263
URBANO F. 162
URBINI L. 53

V

VADRUCCI M.R. 263
VALDRÈ G. 257

VALLERINI F. 137
VALLISNERI M. 257
VANNUCCI A. 243
VANUCCI S. 277
VASSALLO P. 294
VIAROLI P. 2, 51
VIOLI B. 286
VISCHIONI C. 286
VITALE S. 247
VIVA C. 255

W

WATABE S. 228
WOLF M.A. 134

Z

ZACCARONI A. 68, 98
ZAMPOLLO A. 290
ZANETTI E. 198
ZONTA R. 19
ZUPA W. 88, 239

HANNO PARTECIPATO A QUESTO VOLUME IN QUALITÀ DI REFEREE:

ABELLA Alvaro Juan
ADDIS Pierantonio
ANDALORO Franco
ANGIONI Alberto
APPOLLONI Luca
ARDIZZONE Gian Domenico
ASNAGHI Valentina
AZZELLINO Arianna
BADALAMENTI Fabio
BAINO Romano
BALLARDINI Marco
BASSO Daniela
BAVESTRELLO Giorgio
BELLINGERI Michela
BELLUSCIO Andrea
BERTOLINO Marco
BLASI Filippo
BO Marzia
BUIA Maria Cristina
CALTAVUTURO Giovanni
CAMATTI Elisa
CANESE Simonepietro
CARONARA Pierluigi
CARDINALETTI Gloriana
CAROPPO Carmela
CARUSO Gabriella
CASU Marco
CATTANEO-VIETTI Riccardo
CAU Angelo
CERRANO Carlo
CERRI Roberto
CHEMELLO Renato
CHIANTORE Mariachiara
CHIMIENTI Giovanni
CIOFI Claudio
CORRIERO Giuseppe
D'AGARO Edo
DE RANIERI Stefano
DE SABATA Eleonora
D'ONGHIA Gianfranco
DONNARUMMA Luigia
FALACE Annalisa
FANCIULLI Giorgio
FERRANDO Sara
FERRIGNO Federica
FIORENTINO Fabio
FROGLIA Carlo
GAMBI Maria Cristina
GARIBALDI Fulvio
GIANGRANDE Adriana
GIANGUZZA Paola
GIOVANARDI Franco
GNONE Guido
JEREB Patrizia
LANTERI Luca
LAZZARA Luigi
LIBRALATO Simone
LIGAS Alessandro
MAIORANO Porzia
MANDICH Alberta
MANGONI Olga
MANNINO Anna Maria
MARINI Mauro
MARTELLINI Tania
MASSA Fabio
MASTROMEI Giorgio
MASTROTOTARO Francesco
MAZZIOTTI Cristina
MENGONI Alessio
MESSINA Maria Concetta

MISTRI Michele
MONTEFALCONE Monica
MOSCONI Gilberto
MUNARI Cristina
MUSCO Luigi
MUSCO Marianna
MUSSAT SARTOR Rocco
NICOLETTI Luisa
OCCHIPINTI Anna
PAIS Antonio
PAPINI Alessio
PARISI Giuliana
PIAZZI Luigi
PISTOCCHI Rossella
PRATO Ermelinda
PRETTI Carlo
PRIOLI Giuseppe
RAGONESE Sergio
RELINI Giulio
RIA Michela
RINALDI Attilio
SANDULLI Roberto
SANNA Daria
SARTOR Paolo

SBRANA Mario
SCARPA Fabio
SCOPETANI Costanza
SERENA Fabrizio
SFRISO Adriano
SICURO Benedetto
SILVESTRI Roberto
TEPSICH Paola
TERLIZZI Antonio
TIBALDI Emilio
TRAINITO Egidio
TRUZZI Cristina
TULLI Francesca
TUNESI Leonardo
UGOLINI Alberto
VACCHI Marino
VALSECCHI Elena
VANUCCI Silvana
VEZZULLI Luigi
VIAROLI Pierluigi
VOLIANI Alessandro
VOLPATTI Donatella
ZUFFI Marco

S.I.B.M. – SOCIETÀ ITALIANA DI BIOLOGIA MARINA / ITALIAN SOCIETY FOR MARINE BIOLOGY

Cod. Fisc. 00816390496 – Cod. Anagrafe Ricerca 307911FV

Sede legale/*Headquarters* c/o Acquario Comunale, Piazzale Mascagni 1 – 57127 Livorno

BREVE STORIA DELLA S.I.B.M. (SOCIETÀ ITALIANA DI BIOLOGIA MARINA - ONLUS)

La Società Italiana di Biologia Marina (SIBM) è stata fondata il 4 giugno 1969 a Livorno presso il cui Acquario Comunale si trova la sede legale.

L'associazione è una ONLUS dal 1998 ed ha per scopo principale la tutela e la valorizzazione della natura ed in particolare dell'ambiente marino e del suo biota. Fin dalla fondazione la SIBM ha promosso studi sulla vita marina, anche organizzando e coordinando gruppi di ricerca e campagne in mare in tutte le acque italiane. Un costante sforzo viene profuso nella diffusione delle conoscenze scientifiche di base ed applicate e nella promozione dell'educazione e sensibilizzazione sulle problematiche della vita nell'ambiente marino, anche organizzando riunioni, congressi, tavole rotonde e pubblicando appositi volumi a carattere scientifico. L'attività della SIBM è coordinata da un Consiglio Direttivo, composto da Presidente, vice Presidente, Segretario più altri quattro membri. Nell'ambito della Società ci sono cinque Comitati scientifici, ciascuno coordinato da un direttivo composto dal Presidente, Segretario e quattro membri.

A SHORT HISTORY OF S.I.B.M. (ITALIAN SOCIETY FOR MARINE BIOLOGY - ONLUS)

The Italian Society for Marine Biology (SIBM) was founded the 4th June 1969 in Livorno, the registered office of SIBM was at Aquarium of Livorno (Piazzale Mascagni, 1).

The Association is an ONLUS (like registered charity) since 1998 and has the main aim to promote the conservation and valorisation of nature and in particular of the marine environment and biota. Since its foundation SIBM has promoted studies on marine life also organizing coordinated groups of researchers and surveys in all Italian seas. A constant effort is done to diffuse basic and applied technical and scientific knowledge to promote education and awareness on marine life also organizing meetings, congresses, workshops and publishing scientific papers and volumes. Each year a congress and at least a General Assembly is organized in different sites and Proceedings are published. The activity of SIBM is managed by the Council Board, composed by the President, the vice President, the Secretary and four Councilmen, elected every three years. Inside SIBM there are five Committees, each chaired by a President, Secretary and four Council Members.

CONSIGLIO DIRETTIVO (in carica fino al dicembre 2018)/*COUNCIL BOARD (in charge until December 2018)*

Giovanni RUSSO – Presidente/*President*

Carmela CAROPPO – Vice Presidente/*Vice President* Antonella PENNA – Consigliere/*Member*

Giorgio BAVESTRELLO – Segretario Tesoriere/*Secretary* Paolo SARTOR – Consigliere/*Member*

Fabio FIORENTINO – Consigliere/*Member* Michele SCARDI – Consigliere/*Member*

Giulio RELINI - Presidente Onorario/*Honorary President*

PRESIDENTI E SEGRETARI DEI 5 COMITATI SCIENTIFICI/ *PRESIDENTS AND SECRETARIES OF 5 SCIENTIFIC COMMITTEES*

BENTHOS <i>(Benthos)</i> Renato CHEMELLO (Pres.) Marzia BO (Segr.)	PLANCTON <i>(Plankton)</i> Olga MANGONI (Pres.) Annamaria ZOPPINI (Segr.)	NECTON e PESCA <i>(Necton & Fishery)</i> Fabrizio SERENA (Pres.) Saša RAICEVICH (Segr.)
--	---	---

ACQUACOLTURA <i>(Aquaculture)</i> Mariachiara CHIANTORE (Pres.) Adele FABBROCINI (Segr.)	GESTIONE e VALORIZZAZIONE <i>della FASCIA COSTIERA</i> <i>(Management of the Coastal Zone)</i> Roberto SANDULLI (Pres.) Adriana GIANGRANDE (Segr.)
--	---

Segreteria Tecnica ed Amministrazione/*Technical and Administrative Secretariat*

c/o DISTAV, Università di Genova – Viale Benedetto XV, 3 – 16132 GENOVA
e-mail sibmzool@unige.it web site www.sibm.it
G. RELINI E. MASSARO, S. QUEIROLO, R. SIMONI
tel. e fax 0039 010 3533016 tel. e fax 0039 010 357888