

Fabio Pranovi, Serena Pol, Piero Franzoi, Patrizia Torricelli

VARIAZIONI STAGIONALI NELLE CATTURE DELLA PESCA
IN ALTO ADRIATICO: POSSIBILE EFFETTO DI CAMBIAMENTI CLIMATICI?

Riassunto. L'analisi di variazioni su ampie scale temporali, quali quelle legate ai cambiamenti climatici, richiede l'utilizzo di lunghe serie storiche, spesso non disponibili per le comunità biotiche. Una possibile fonte di dati utile a colmare questa lacuna può essere quella delle serie di sbarcato della pesca commerciale. Nel presente lavoro viene proposto l'uso di serie temporali di lungo periodo (1945-2009), relative alle catture della pesca commerciale, al fine di evidenziare i possibili effetti delle modificazioni climatiche sul popolamento neotonico dell'Alto Adriatico. Sulla base dei risultati ottenuti è stato possibile evidenziare cambiamenti significativi della composizione e della dinamica stagionale delle catture, riconducibili a variazioni nel regime termico.

Summary. *Seasonal variation of fish landings in the northern Adriatic Sea: effects of climate changes?* In a deeply changing world, scientific analyses require to refer to long time series in order to detect transformations on a large temporal scale. Such data, however, are often lacking for biological assemblages. A possible solution would be the use of commercial fishing landings. In this paper we propose to use landing time series (1945-2009) in order to analyze the possible effects of climate change on the nekton assemblage of the northern Adriatic Sea. Obtained results highlight significant changes in terms of both seasonal captures and catch composition.

Keywords: landings, fishing activities, climate change, northern Adriatic Sea.

INTRODUZIONE

Allo stato attuale, evidenze sia teoriche che empiriche mostrano che i cambiamenti climatici rappresentano uno dei principali fattori di pressione per gli ecosistemi marini, con notevoli ripercussioni, sia dirette che indirette (HUGHES et al., 2003; PARMESAN & YOHE, 2003). In particolare, si prevede che le caratteristiche attuali degli ecosistemi marini, quali grado di acidità, idrodinamica e produttività, subiranno mutamenti dovuti ai cambiamenti delle forzanti meteorologiche (HOBDDAY et al., 2006). Tutto ciò avrà, prevedibilmente, profonde implicazioni sul funzionamento degli ecosistemi e sulle attività antropiche direttamente connesse, quali ad esempio la pesca (WALTHER et al., 2002; CHEUNG et al., 2008).

Uno degli elementi chiave nel contesto dei cambiamenti globali è rappresentato dalla temperatura che, in accordo con recenti stime dell'IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2007), potrebbe aumentare, entro la fine del secolo, tra 1,4 e 5,7°C.

In questo contesto di variazione, l'area alto adriatica risulta di estremo interesse in quanto rappresenta una zona altamente vulnerabile. Essa, infatti, in relazione alla posizione geografica (vicinanza alle Alpi e lontananza dalla grande circolazione mediterranea), all'influenza dei venti dominanti che spirano dai quadranti settentrionali e orientali (ad esempio la bora) e all'apporto di acque fredde dovuto alla presenza di fiumi alpini di breve corso, è caratterizzata da un clima di tipo subatlantico. Tutto ciò determina, nel tratto di costa compreso tra il Tagliamento ed il Po, un'interruzione della continuità del clima mediterraneo, nota come "lacuna biogeografica del Veneziano", che si manifesta non solo con una diluizione degli elementi più termofili, ma anche con la persistenza di veri e propri relitti glaciali (MARCELLO, 1961, 1962).

Un importante strumento di analisi dei cambiamenti a livello globale dei sistemi ecologici è l'utilizzo di dati sperimentali raccolti su ampie scale temporali, ossia dati organizzati in serie storiche di ampia durata (GREENLAND et al., 2003). Spesso, infatti, le variazioni avvengono su scale così ampie da risultare non rilevabili nel breve-medio termine (MAGNUSON, 1990). Tali serie, tuttavia, specialmente in ambiente marino, risultano scarse e/o frammentarie, rendendo necessaria l'integrazione con dati di altra natura (MCGOWAN et al., 1998). Questo risulta particolarmente vero per comunità quali quella neotonica, che mostra una naturale ampia fluttuazione in termini spazio-temporali e quindi risulta più difficile da catturare/descrivere con campionamenti non sistematici.

In questo ambito, un'interessante fonte di informazioni può essere data dalle statistiche dello sbarcato della pesca commerciale, reperibili presso i mercati ittici all'ingrosso. Questi dati, infatti, seppur potenzialmente affetti da diverse fonti di errore – variazioni dei fishing ground, variazioni dello sforzo di pesca, catture non riportate, vedi CADDY et al. (1998) e PAULY et al. (1998) – che devono essere tenute in debita considerazione, forniscono un'eccellente opportunità per ricostruire lo stato della comunità ittica risalendo a ritroso nel tempo (LIBRATO et al., 2004; FORTIBUONI et al., 2010).

Nel presente lavoro viene proposto l'uso di serie temporali di lungo periodo (1945-2009), relative alle catture della pesca commerciale conferite presso il mercato ittico all'ingrosso di Chioggia (sede della principale flotta peschereccia dell'Alto Adriatico), al fine di evidenziare i possibili effetti delle modificazioni del regime termico sul popolamento neotonico dell'Alto Adriatico. A questo scopo, sono state considerate sia le differenze nella composizione in specie delle catture tra le diverse decadi, sia le variazioni nella dinamica temporale delle catture di specie caratterizzate da una spiccata stagionalità dei quantitativi conferiti al mercato ittico.

MATERIALI E METODI

In questo lavoro, la serie storica di sbarcato relativa al periodo 1945-2009 è stata ricostruita sulla base dei fogli d'asta mensili del mercato ittico di Chioggia.

Delle 103 categorie merceologiche conferite presso il mercato ne sono state selezionate 23, nel tentativo di rappresentare i principali comparti ecologici (pelagico, demersale, epibentonico) nonché i diversi ambienti (marino, lagunare e vallivo) (tab. 1). In particolare, per le analisi su base mensile, l'attenzione si è focalizzata sulle specie caratterizzate da un marcato ciclo stagionale, pertanto particolarmente soggette ai possibili effetti di variazione del regime termico (tab. 1).

L'utilizzo di dati di sbarcato si basa sull'assunzione che il risultato dell'attività di pesca possa essere considerato una rappresentazione quali-quantitativa della comunità sfruttata. Pertanto, variazioni in termini di struttura dovrebbero riflettersi sulla composizione delle catture. Per analizzare tali variazioni è stato dunque applicato un approccio multivariato sui dati trasformati (\sqrt{x}) mediante una matrice di Bray Curtis. La dispersione dei campioni osservata mediante MDS è stata testata con il Multi Dispersion Index (MDI), mentre la significatività delle differenze osservate tra le diverse decadi è stata testata mediante PERMANOVA.

Quest'ultima può essere sintetizzata come un'analisi della varianza mediante il metodo delle permutazioni (ANDERSON et al., 2008). I singoli campioni vengono suddivisi in gruppi a seconda di uno o più fattori, in questo caso le decadi. Per ogni campione viene determinata, a partire dalla dissimilarità rispetto agli altri campioni, una posizione nello spazio a S dimensioni. Si calcola quindi la distanza di ogni campione dal centroide del proprio gruppo e dal centroide totale dell'intero set di dati. Il test si basa sull'ipotesi nulla che non vi sia alcuna differenza tra i gruppi, ovvero che a ogni campione possa essere assegnata un'"etichetta" casualmente senza ottenere differenze significative nell'analisi della dissimilarità. Utilizzando le distanze viene quindi calcolato un fattore F che è tanto maggiore quanto più è falsa l'ipotesi nulla. Il calcolo del fattore F è ripetuto più volte, ordinando ogni volta i campioni in modo diverso, associando quindi "etichette" diverse a ogni campione. Si ottiene così un coefficiente P che esprime la probabilità che l'ipotesi nulla sia vera. Tanto minore è il coefficiente P, tanto più significativa è la dissimilarità tra i campioni.

Per testare le differenze nei pattern mensili osservati per le singole specie nel periodo 1949-1987 e 1988-2009 è invece stato utilizzato il test χ^2 , confrontando le frequenze con cui i diversi mesi mostrano il valore massimo di anomalia.

Tab. 1. Lista delle specie selezionate e criteri di scelta. *stagionalità media, **stagionalità marcata con migrazioni largo-costa-laguna, o variazioni del ciclo che influiscono in modo sostanziale sulla vulnerabilità alla cattura.

Nome comune	Nome scientifico	Comparto/ambiente	Stagionalità
Anguilla	<i>Anguilla anguilla</i>	laguna/valle	*
Latterino	<i>Atherina boyeri</i>	mare/laguna	**
Alaccia	<i>Sardinella aurita</i>	mare	
Sardina	<i>Sardina pilchardus</i>	mare	
Spratto	<i>Sprattus sprattus</i>	mare	
Acciuga	<i>Engraulis encrasicolus</i>	mare	
Molo	<i>Merlangius merlangus</i>	mare	
Marsione	<i>Pomatoschistus</i> spp.	laguna	
Gò	<i>Zosterisessor ophiocephalus</i>	laguna	**
Branzino	<i>Dicentrarchus labrax</i>	mare/laguna/valle	
Cefalo	<i>Mugil cephalus</i>	mare/laguna/valle	*
Triglia di fango	<i>Mullus barbatus</i>	mare	
Passera	<i>Platichthys flesus</i>	mare/laguna	*
Sogliola	<i>Solea solea</i>	mare	**
Orata	<i>Sparus aurata</i>	mare/laguna/valle	
Calamaro	<i>Loligo vulgaris</i>	mare	
Canestrello	<i>Aequipecten opercularis</i>	mare	
Cappasanta	<i>Pecten jacobaeus</i>	mare	
Polpo	<i>Octopus vulgaris</i>	mare	
Seppia	<i>Sepia officinalis</i>	mare/laguna	**
Pannocchia	<i>Squilla mantis</i>	mare	
Granchio verde	<i>Carcinus aestuarii</i>	laguna	*
Schilla	<i>Crangon crangon</i>	mare/laguna	*

RISULTATI

Dall'analisi delle catture annuali si evidenzia da un lato la sostanziale omogeneità per decenni, dall'altro la modificazione della struttura delle catture nel tempo con una marcata evoluzione temporale (fig. 1). Inoltre, emerge un'elevata dissimilarità nell'ambito della decade Ottanta, con un'evidente differenza tra la prima e la seconda metà del periodo, confermato anche dal MDI, con la decade Ottanta che presenta il massimo valore di dispersione (tab. 2).

L'analisi mediante PERMANOVA indica, infine, che le differenze osservate tra i diversi gruppi risultano statisticamente significative (tab. 3).

Dall'insieme delle specie sono state isolate *Zosterisessor ophiocephalus* (gò), *Atherina boyeri* (latterino) e *Sepia officinalis* (seppia), come esempi di specie che mostrano marcata stagionalità del ciclo biologico e che pertanto si riflette anche sul pattern delle catture. Inoltre, l'analisi è stata ristretta alla finestra temporale compresa tra febbraio e aprile.

Per tutte e tre le specie si evidenzia un andamento simile. Nell'ambito di un sostanziale decremento delle catture (le anomalie – differenza del valore rispetto alla media calcolata sull'intero periodo – mostrano tendenzialmente valori negativi) che interessa le ultime due decadi, verso la fine degli anni Ottanta, si può osservare una inversione tra mesi, con febbraio (aprile nel caso del gò) che diventa il mese con l'anomalia meno negativa (figg. 2-4). L'applicazione del test χ^2 tra i due periodi (1945-1987 e 1988-2009) ha consentito di evidenziare che il pattern osservato si discosta in modo statisticamente significativo da quanto atteso, nel caso dell'ipotesi nulla (distribuzione casuale tra i tre mesi della posizione), per tutte e tre le specie.

Tab. 2. Indice di dispersione multivariato (MDI) calcolato per le varie decadi.

decade	MDI
'00	0.764
'60	0.819
'70	0.94
'40	1.077
'50	1.083
'90	1.105
'80	1.271

Tab. 3. Risultati analisi PERMANOVA.

	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms
decade	6	14251	2375.1	25.429	0,001	998
Re	58	5417.2	93.4			
Total	64	19668				

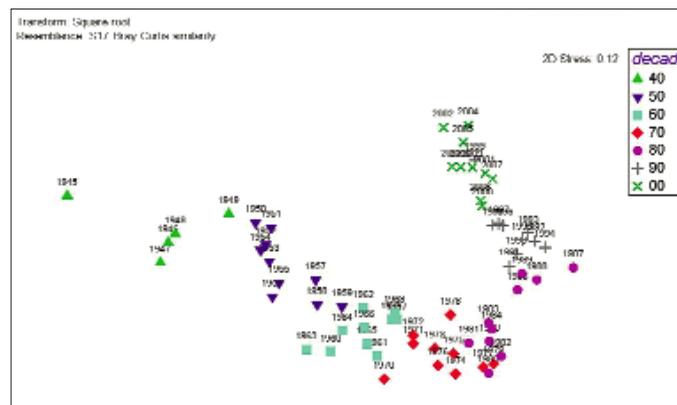


Fig. 1. Multi Dimensional Scaling (MDS) su dati annuali di sbarcato, evidenziando i gruppi relativi alle diverse decadi.

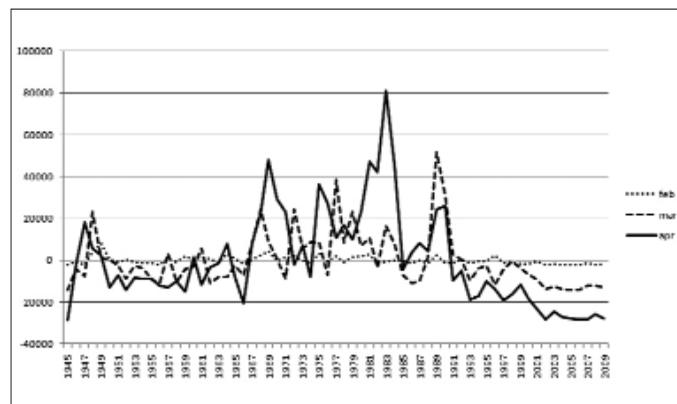


Fig. 2. Andamento dell'anomalia delle catture mensili di *Zosterisessor ophiocephalus* nel periodo 1945-2009.

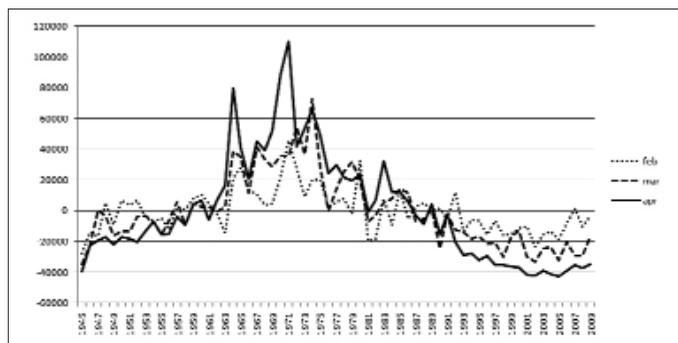


Fig. 3. Andamento dell'anomalia delle catture mensili di *Atherina boyeri* nel periodo 1945-2009.

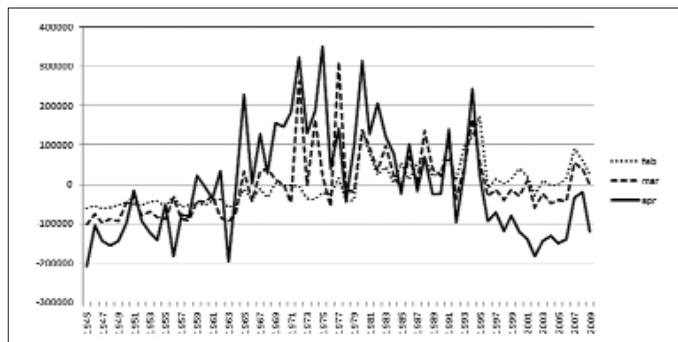


Fig. 4. Andamento dell'anomalia delle catture mensili di *Sepia officinalis* nel periodo 1945-2009.

DISCUSSIONE

Limitatamente alla sola laguna di Venezia, l'analisi quali-quantitativa delle serie di sbarcato dell'attività di pesca è stata già utilizzata per evidenziare la presenza di diverse fasi di crescita e successiva contrazione dei quantitativi sbarcati a seguito di variazioni in alcuni dei

principali fattori di pressione, quali la motorizzazione della flotta, l'eutrofizzazione e il conseguente verificarsi di crisi distrofiche, l'introduzione di *Ruditapes philippinarum* e la successiva espansione dell'attività di sfruttamento di questo bivalve alloctono (LIBRALATO et al., 2004). Tale analisi, tuttavia, non aveva finora preso in considerazione i possibili effetti delle variazioni climatiche, ormai ampiamente descritte (IPCC, 2007). In un recente lavoro, CONVERSI et al. (2010) hanno ipotizzato che, alla fine degli anni Ottanta, si sia verificato un vero e proprio 'regime shift', ovvero un cambiamento di stato, per l'intero bacino mediterraneo, a seguito di variazioni climatiche che hanno interessato l'intero continente europeo.

Con il presente lavoro, ci si è dunque proposti di verificare se fosse possibile utilizzare la serie storica di sbarcato raccolta presso il mercato ittico di Chioggia, e relativa alle catture commerciali effettuate principalmente in laguna di Venezia e nelle aree marine ad essa antistanti, per evidenziare cambiamenti nella struttura delle catture riconducibili a variazioni climatiche, con particolare attenzione alle variazioni di regime termico.

L'analisi della struttura delle catture annuali, organizzate su base decennale, ha consentito da un lato di confermare la presenza di un'evoluzione della comunità neotonica nel tempo, così come riportato anche in LIBRALATO et al. (2004); dall'altro di evidenziare come, in effetti, il pescato relativo agli anni Ottanta mostri una maggiore eterogeneità, rispetto a quanto rilevato negli altri decenni.

Anche l'analisi di specie con ciclo biologico marcatamente stagionale, con forti legami, dunque, con le variabili climatiche, ha consentito di evidenziare alcuni interessanti elementi che riconducono a differenze tra il periodo precedente e quello successivo al 1988. In tali specie, infatti, la disponibilità alla cattura (vulnerabilità) varia in relazione alle diverse fasi del ciclo stesso (migrazione dentro e fuori la laguna per latterini e seppie e maggior mobilità nell'habitat per il gò), rendendo dunque possibile tracciare eventuali modificazioni temporali, sulla base di variazioni nelle catture.

Queste specie mostrano, oltre a un marcato trend negativo negli ultimi decenni, anche una modificazione dei picchi di cattura nel corso dei mesi primaverili, quelli potenzialmente più soggetti a fluttuazioni del regime climatico, con una anticipazione dei picchi mensili di cattura nel periodo post 1988. Questo fenomeno, troverebbe conferma nella variazione delle temperature mensili registrate tra il periodo 1962-1987 e il 1988-2009 in laguna di Venezia dove, come evidenziato in figura 5, i primi cinque mesi di ogni anno mostrano un significativo aumento della temperatura media.

Uno degli effetti più evidenti che si sta verificando a seguito dei cambiamenti climatici è quello relativo alla variazione degli areali distributivi, con le specie termofile che si espandono verso latitudini più elevate (WALTHER et al., 2002, 2005; ROOT et al., 2003; HICKLING et al., 2006), mentre specie tipiche di aree più fredde mostrano una contrazione degli areali (FRANCO et al., 2006; MALCOLM et al., 2006).

Il fenomeno è ben descritto anche per il mar Mediterraneo, per diversi gruppi sistematici, sia di invertebrati che di vertebrati (BIANCHI, 2007; CIESM, 2008).

In relazione ai pesci, esemplificativa è la situazione di *Sardinella aurita*, specie termofila per la quale è stata registrata una significativa estensione dell'areale distributivo in ambiente mediterraneo (SABATÉS et al., 2006). Si tratta di una specie pelagica, planctivora, con una

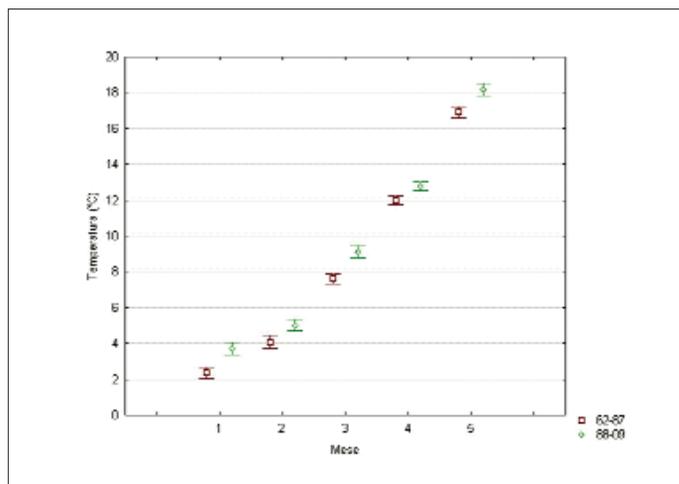


Fig. 5. Confronto della temperatura media mensile tra le serie registrata nel periodo 1962-1987 e 1988-2009; valori medi \pm e.s. (fonte dati ente zona industriale e osservatorio Cavanis, Venezia).

nicchia trofica molto simile a quella di altri piccoli pelagici, quali sardina (*Sardina pilchardus*) e spratto (*Sprattus sprattus*) (SINOVIĆ et al., 2004). Quest'ultimo, essendo uno dei 'reliqui' atlantici che caratterizzano la "lacuna biogeografica del Veneziano", risulta particolarmente vulnerabile alle variazioni termiche.

I dati raccolti confermano, anche per l'Adriatico, l'espansione verso nord di *S. aurita*, che dal 2002 inizia a comparire nelle catture commerciali; inoltre, si evidenzia la contemporanea riduzione di *S. sprattus*, dunque con una probabile sostituzione tra le due specie, facilitata dalla loro affinità ecologica (fig. 6).

In conclusione, sulla base dei risultati descritti, si può affermare che le serie storiche di sbarcato possono essere utili per l'analisi di possibili variazioni nella struttura della comunità neotoniche indotte da cambiamenti globali. L'analisi effettuata, infatti ha consentito di evidenziare come anche in Alto Adriatico siano già evidenti gli effetti della variazione termica, sia in relazione a modifiche stagionali delle catture, sia per la presenza di specie termofile. A conferma di questo, è interessante la comparsa nello sbarcato presso il mercato ittico di Chioggia di altre due specie termofile, quali pesce serra (*Pomatomus saltatrix*) segnalata dal giugno del 2007 e lampuga (*Coryphaena hippurus*) dall'ottobre 2008.

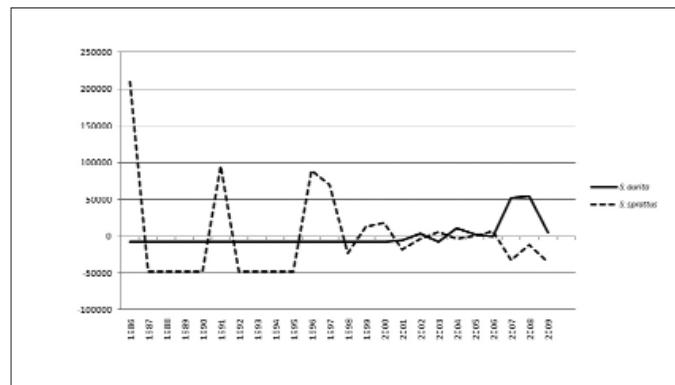


Fig. 6. Andamento dell'anomalia di cattura per *Sprattus sprattus* e *Sardinella aurita*; quest'ultima specie, prima del 2002, era totalmente assente dalle catture.

Bibliografia

- ANDERSON M.J., GORLEY R.N., CLARKE K.R., 2008. PERMANOVA + for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods. PRIMER-E Ltd.
- BIANCHI C.N., 2007. Biodiversity issues for the forthcoming tropical Mediterranean Sea. *Hydrobiologia*, 580: 7-21.
- CADDY J.F., CSIRKE J., GARCIA S.M., GRAINGER R.J.R., 1998. How Pervasive is "Fishing Down Marine Food Webs"? *Science*, 282: 1383.
- CHEUNG W.W.L., CLOSE C., LAM V., WATSON R., PAULY D., 2008. Application of macroecological theory to predict effects on climate change on global fisheries potential. *Marine Ecology Progress Series*, 365: 187-197.
- CIESM, 2008. Climate warming and related changes in Mediterranean marine biota. *CIESM Workshop Monography*, 35, Monaco, 152 pp.
- CONVERSI A., FONDA UMANI S., PELLUSO T., MOLINERO J.C., SANTOJANNI A., EDWARDS M., 2010. The Mediterranean Sea regime shift at the end of the 1980s, and intriguing parallels with other European Basins. *PLoS ONE*, 5 (5): e10633. doi:10.1371/journal.pone.0010633
- FORTIBUONI T., LIBRALATO S., RAICEVICH S., GIOVANARDI O., SOLIDORO C., 2010. Coding Early Naturalists Account Into Long-Term Fish Community Changes in the Adriatic Sea (1800-2000). *PLoS ONE*, 5 (11): e15502. doi: 10.1371/journal.pone.0015502
- FRANCO A.M.A., HILL J.K., KITSCHKE C., COLLINGHAM Y.C., ROY D.B., FOX R., HUNTLEY B., THOMAS C.D., 2006. Impacts of climate warming and habitat loss on extinctions at species' low-latitude range boundaries. *Global Change Biology*, 12: 1545-1553.
- GREENLAND D., GOODIN D.G., SMITH R.C. (eds.), 2003. Climate Variability and Ecosystem Response at Long-Term Ecological Research Sites. *Oxford Univ. Press*, New York, 480 pp.
- HICKLING R., ROY D.B., HILL J.K., FOX R., THOMAS C.D., 2006. The distributions of a wide range of taxonomic groups are expanding polewards. *Global Change Biology*, 12: 450-455.
- HOBDAY A.J., OKEY T.A., POLOCZANSKA E.S., KUNZ T.J., RICHARDSON A.J. (eds), 2006. Impacts of climate change on Australian marine life. Part C. Literature review. *Report to the Australian Greenhouse Office* (September 2006), Canberra.
- HUGHES T.P., BAIRD A.H., BELLWOOD D.R., CARD M., CONNOLLY S.R., FOLKE C., GROSBERG R., HOEGH-

- GULDBERG O., JACKSON J.B.C., KLEYPAS J., LOUGH J.M., MARSHALL P., NYSTROM M., PALUMBI S.R., PANDOLFI J.M., ROSEN B., ROUGHGARDEN J., 2003. Climate change, human impacts and the resilience of coral reefs. *Science*, 301: 929-933.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007. Summary for policymakers. In: Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K., Tignor M., Miller H.L. (eds.), *Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press*, New York: 1-18.
- LIBRALATO S., PRANOVI F., TORRICELLI P., RAICEVICH S., DA PONTE F., PASTRES R., MAINARDI D., 2004. Ecological stages of the Venice Lagoon analysed using landing time series data. *Journal of Marine Systems*, 51: 331-344.
- MAGNUSON J.J., 1990. Long-term ecological research and the invisible present. *BioScience*, 40: 495-501.
- MALCOLM J.R., LIU C.R., NEILSON R.P., HANSEN L., HANNAH L., 2006. Global warming and extinctions of endemic species from biodiversity hotspots. *Conservation Biology*, 20: 538-548.
- MARCELLO A., 1961. Lacuna floristica del Veneziano e suo significato biogeografico. *Archivio Botanico e Biogeografico Italiano*, 6: 1-3.
- MARCELLO A., 1962. Lacuna floristica del Veneziano e sue condizioni bioclimatiche. *Memorie di Biogeografia Adriatica*, 5: 53-118.
- MCGOWAN J.A., CAYAN D.R., DORMAN L.M., 1998. Climate-ocean variability and ecosystem response in the Northeast Pacific. *Science*, 281: 210-217.
- PARMESAN C., YOHE G., 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, 421: 37-42.
- PAULY D., CHRISTENSEN V., DALSGAARD J., FROESE R., TORRES Jr. F., 1998. Fishing Down Marine Food Webs. *Science*, 279: 860-863.
- ROOT T.L., PRICE J.T., HALL R.K., SCHNEIDER S.H., ROSENZWEIG C., POUNDS J.A., 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature*, 421: 57-60.
- SABATÉS A., MARTIN P., LLORET J., RAYA V., 2006. Sea warming and fish distribution: the case of the small pelagic fish, *Sardinella aurita*, in the western Mediterranean. *Global Change Biology*, 12: 2209-2219.
- SINOVIĆ G., FRANIČEVIĆ M., ČIKES KEČ V., 2004. Unusual occurrence and some aspects of biology of juvenile gilt sardine (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) in the Zrmanja River estuary (eastern Adriatic). *Journal of Applied Ichthyology*, 20: 53-57.
- WALTHER G.R., POST E., CONVEY P., MENZEL A., PARMESAN C., BEEBEE T.J., FROMENTIN J.M., HOEGH-GOLDBERG O., BAIRLEIN F., 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 416: 389-395.
- WALTHER G.R., BERGER S., SYKES M.T., 2005. An ecological 'footprint' of climate change. *Proceedings Royal Society London B*, 272: 1427-1432.

Indirizzi degli autori:

Fabio Pranovi, Serena Pol, Piero Franzoi, Patrizia Torricelli - Università Ca' Foscari di Venezia, Dipartimento di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica, Campo della Celestia, Castello 2737/B, I-30122 Venezia, Italia