

## Azione 4 Reti e Governance

### Obiettivo n. 4.C – Promuovere reti di relazioni tra il mondo della ricerca, gli operatori del settore e il pubblico

Tendenze evolutive dello stato trofico e biologico con particolare riferimento all'abbondanza degli stock ittici

*Porto Garibaldi, 1 aprile 2019*

Attilio Rinaldi  
Centro Ricerche Marine di Cesenatico

# BACINO IDROGRAFICO FIUME PO



47042 Cesenatico FC, Italia

Image © 2012, TerraMetrics  
© 2012 Cnes/Spot Image  
Image © 2012 GeoContent1  
Data: SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO

Google earth

# Il bacino del Po in cifre

Superficie totale ~ 71.000 km<sup>2</sup> (IT) + ~ 3.000 km<sup>2</sup> (CH, F)

Superficie agricola utile ~30.000 km<sup>2</sup>

Popolazione umana  $\cong$  17.000.000

Popolazione animale

Suini	$\cong$ 6.000.000	$\cong$	12.000.000	Abitanti	Equivalenti
Bovini	$\cong$ 3.000.000	$\cong$	25.000.000	Abitanti	Equivalenti
Avicoli	$\cong$ 48.500.000	$\cong$	10.000.000	Abitanti	Equivalenti
<b>totale</b>			<b>64.000.000</b>	<b>Abitanti</b>	<b>Equivalenti</b>

35 % della produzione agricola nazionale

55 % della produzione zootecnica nazionale

44 % della produzione industriale nazionale

Autorità di Bacino del fiume Po, 2006. Caratteristiche del bacino del fiume Po e primo esame dell'impatto ambientale delle attività umane sulle risorse idriche. 643 p

Si veda anche Pirrone et al., 2005, Regional Environmental Change, 5, 111-135..

Abbassamento quota di fondo e pensilizzazione della golena

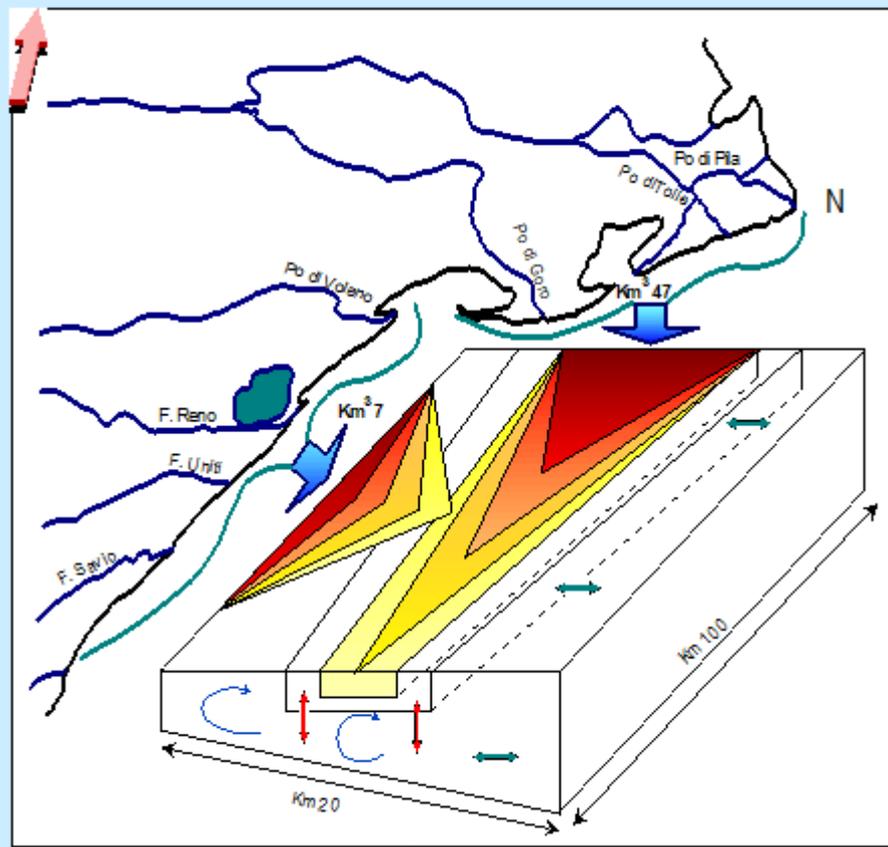


interruzione della connettività laterale e della capacità di regolazione dei cicli di N e P (Junk et al., 1989, Pinay et al., 2002)

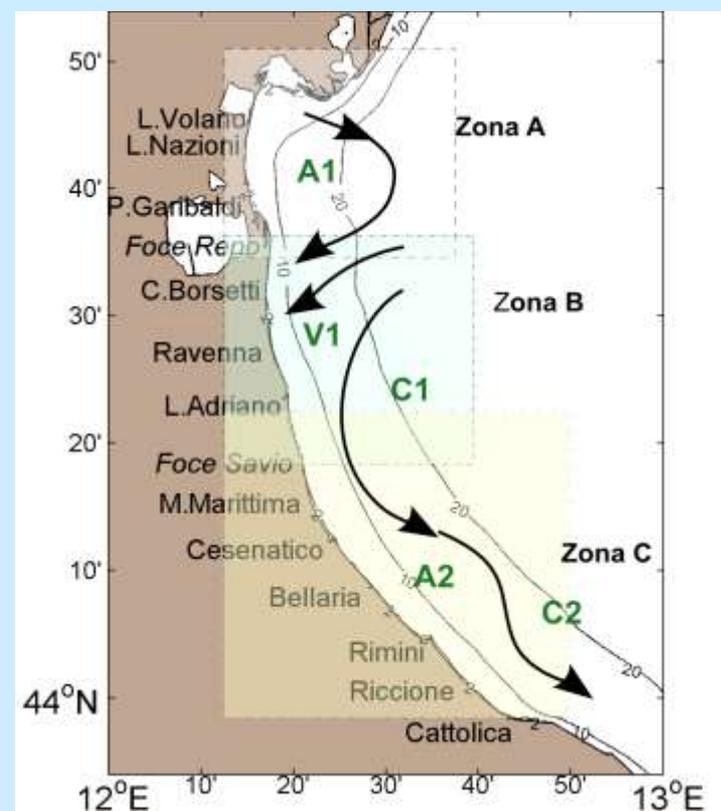


sezione trasversale di un tratto fluviale di pianura (Viaroli & Bartoli, 2009, Riqualficazione Ambientale 2: 15-22)

Estratto da Marine Coastal Eutrophication- Elsevier, 1992 (Vollenweider et al.)

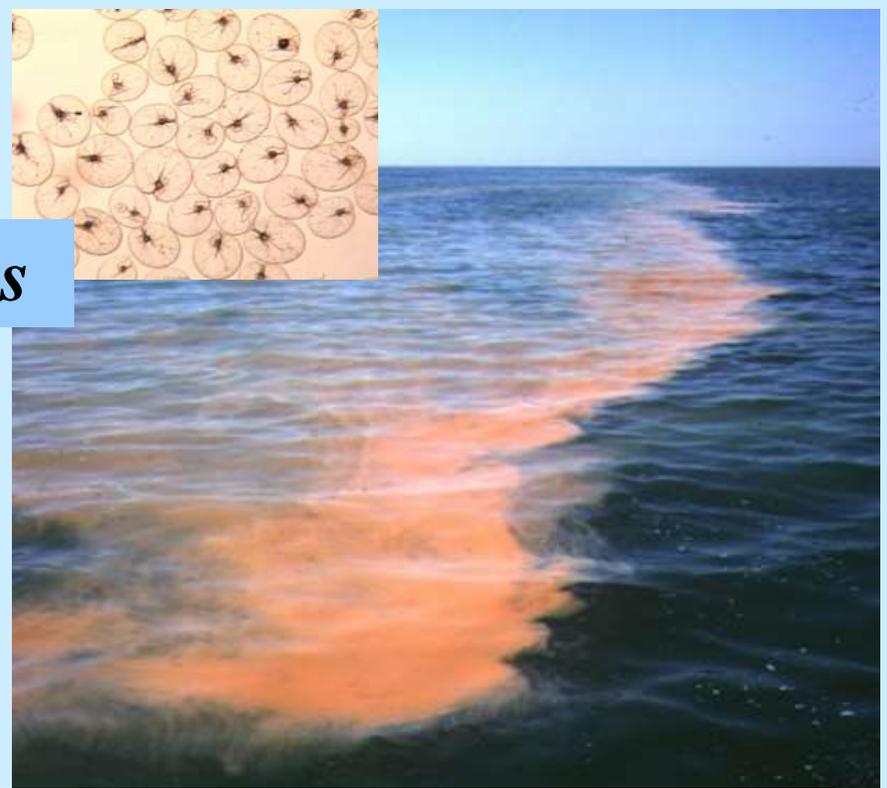


Schema della circolazione climatologica dell'Emilia Romagna alla superficie.



# Eutrofizzazione

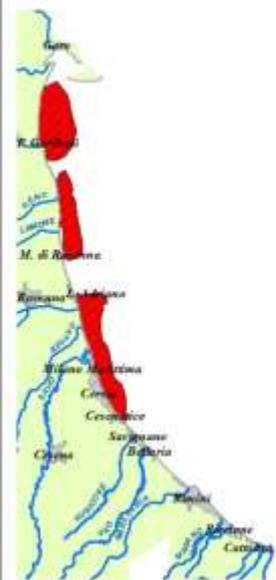
*Noctiluca scintillans*



*Fibrocapsa japonica*



*Gymnodinium*



18 settembre 2002



18 agosto 2003



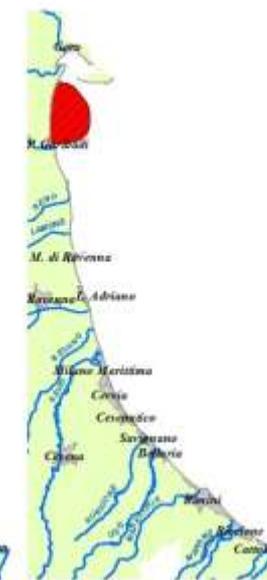
11 agosto 2004



12 settembre 2005



2 ottobre 2006



12 ottobre 2007



27 ottobre 2008



11 agosto 2009



11 luglio 2010



22-23 agosto 2011



10-12 settembre 2012



22-23 luglio 2013



10 ottobre 2014



16-19 novembre 2015

# Effetti dell'anossia sugli organismi di fondo



..... dopo evento  
anossico

..... prima di un  
evento anossico



# Effetti della mancanza prolungata di ossigeno sulle popolazioni di organismi di fondo



# Hypoxic zones in Mediterranean Sea

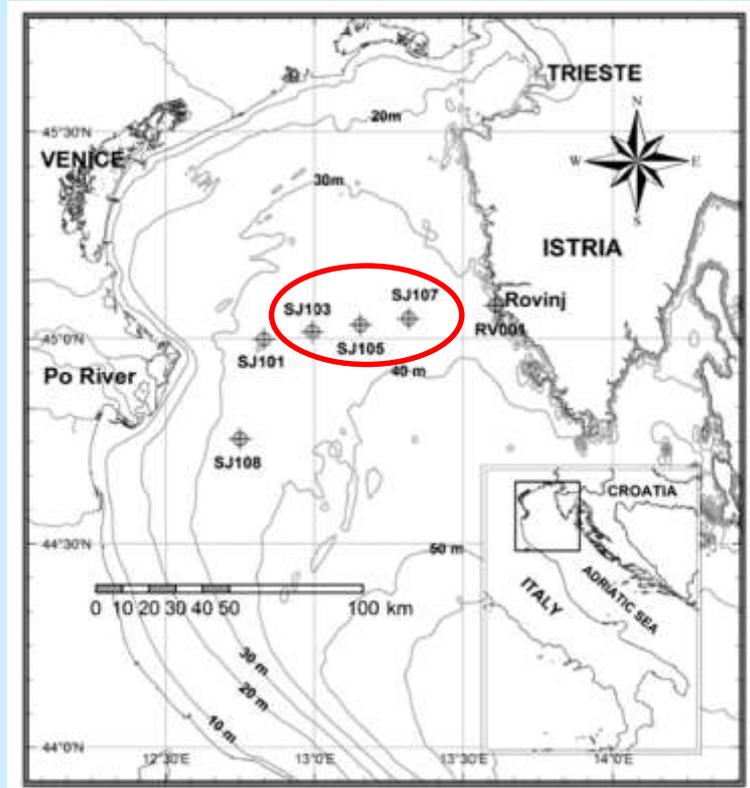
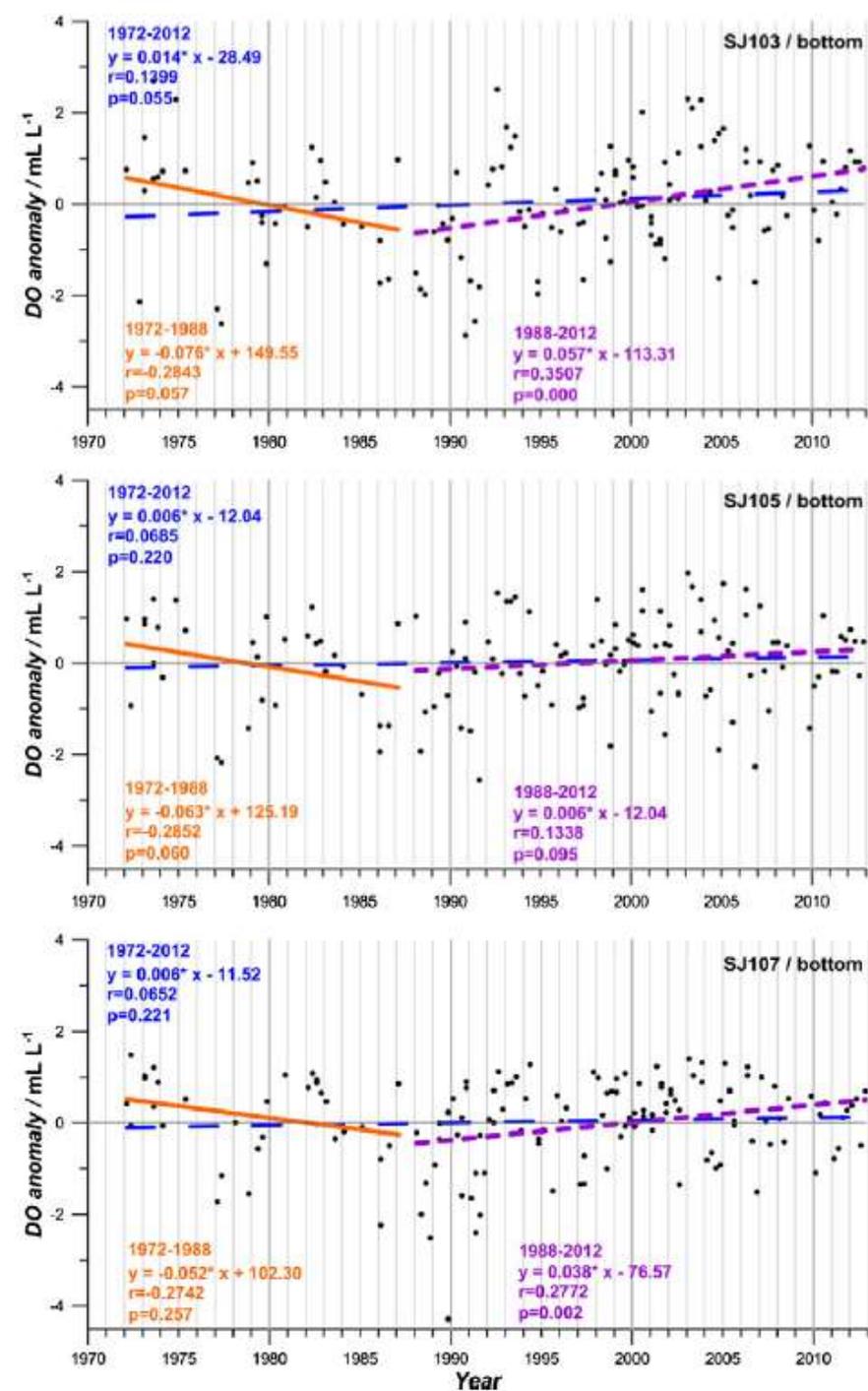
## Hypoxia in the Mediterranean Sea



Sources: WRI, Interactive Map of Eutrophication & Hypoxia, accessed on December 2011;  
National Center for Ecological Analysis and Synthesis, Mediterranean Cumulative Impacts Model, online database, accessed on December 2011.

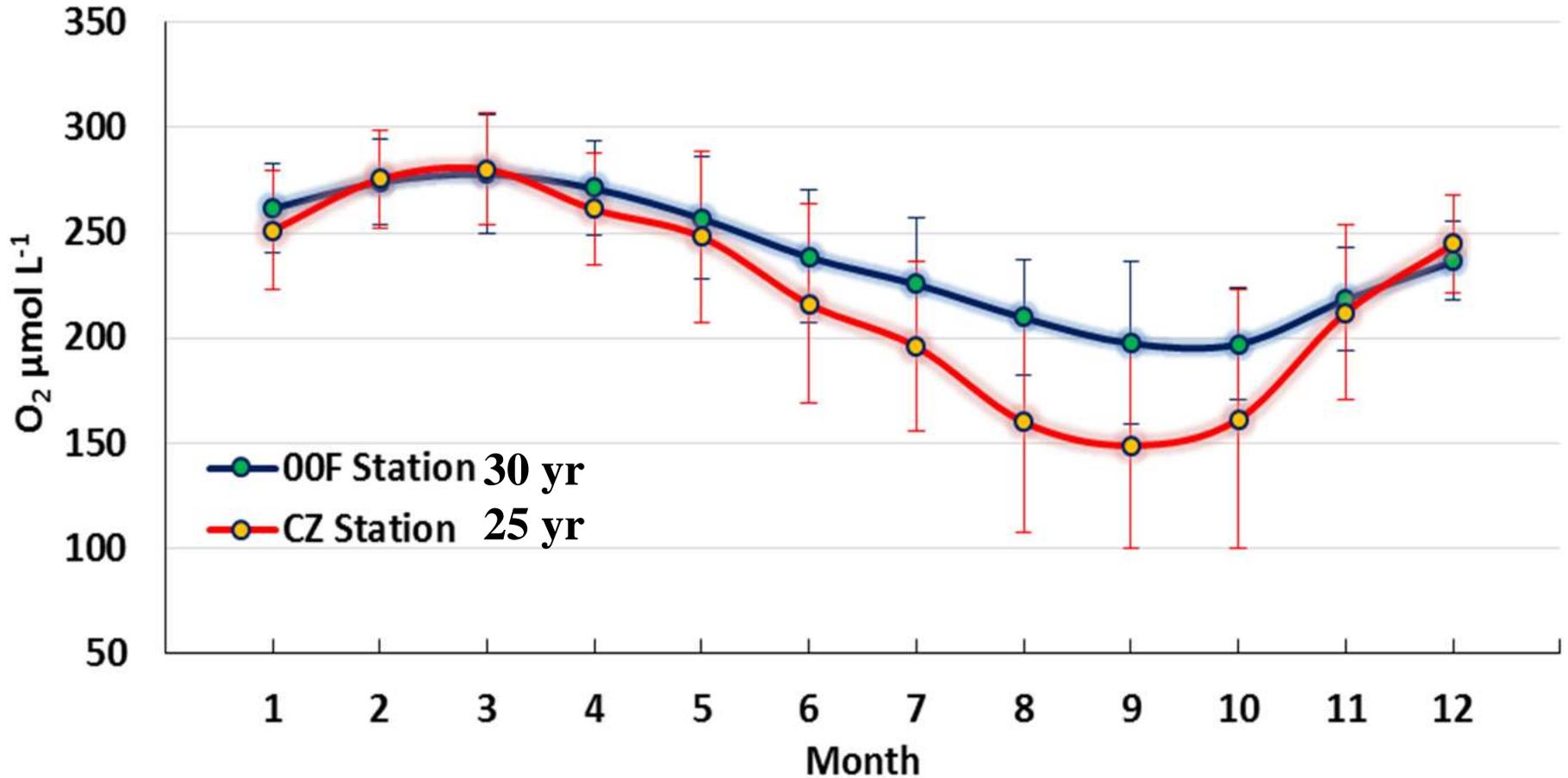
Source : UNEP 2012

# Oxygen in bottom waters 1972-2012



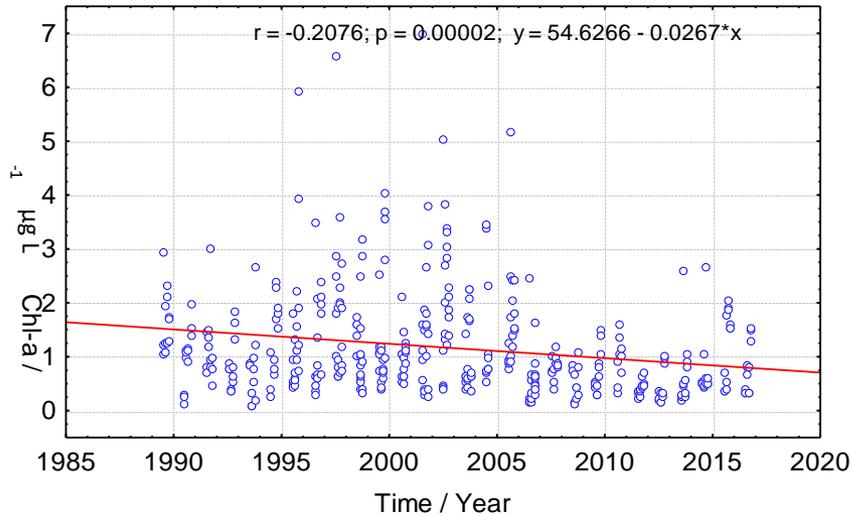
From  
 Djakovac T, Supic N, Bernardi Aubry F, Degobbi D, **Giani M**  
 Mechanisms of hypoxia frequency changes in the  
 northern Adriatic Sea during the period 1972-2012  
*Jour. Mar. Systems* 141: 179-189, 2015

# Monthly climatology of dissolved O<sub>2</sub> in bottom waters

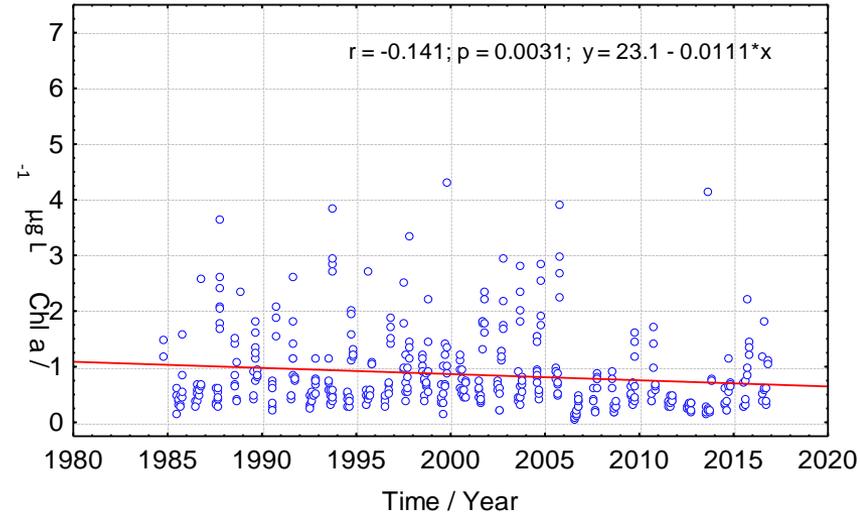


# Chlorophyll a trends in water column in summer-early autumn

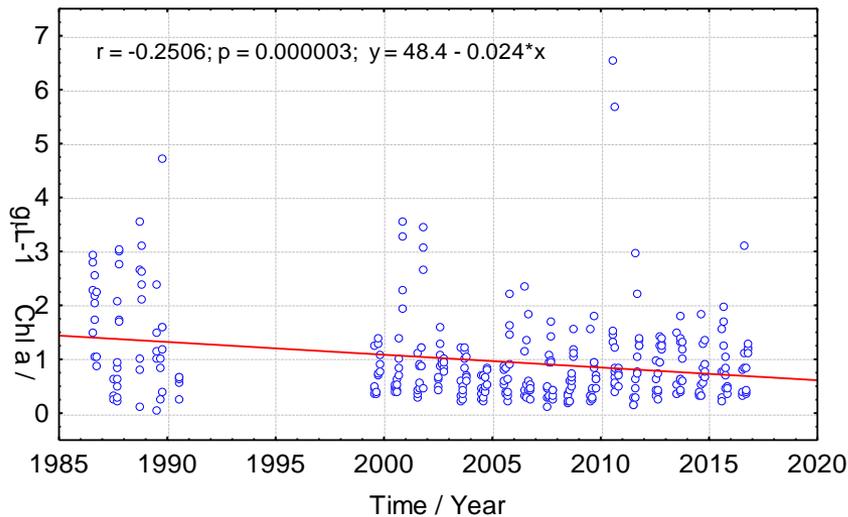
CZ 1989-2016  
0-20 m  
Jul-Aug-Sep-Oct



00F 1983-2016  
0-20 m  
Jul-Aug-Sep-Oct

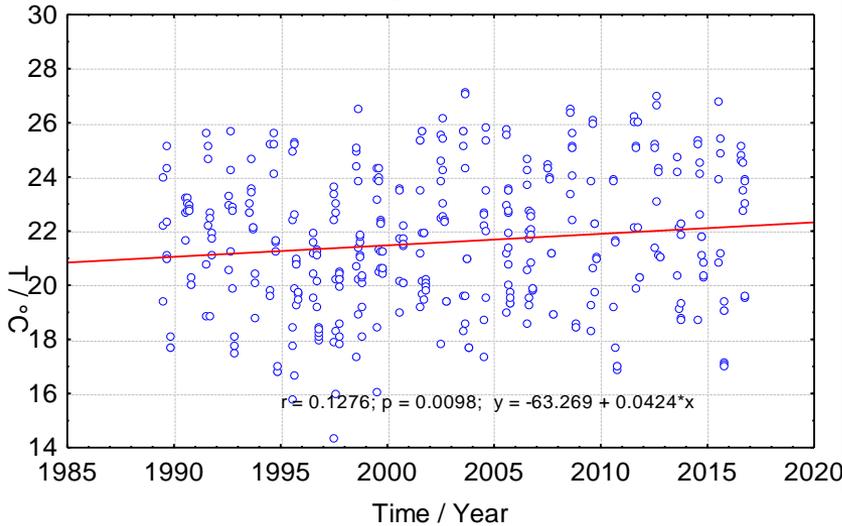


0-15 m  
Jul-Aug-Sep-Oct

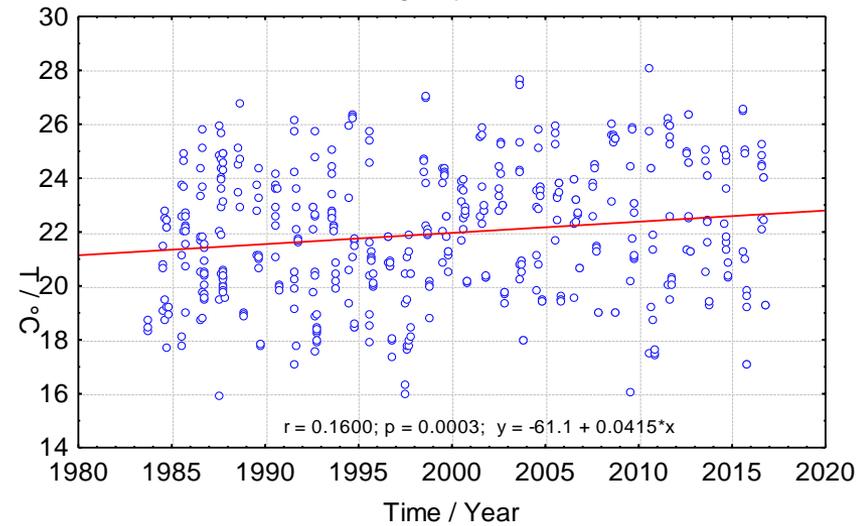


# Temperature trends in water column

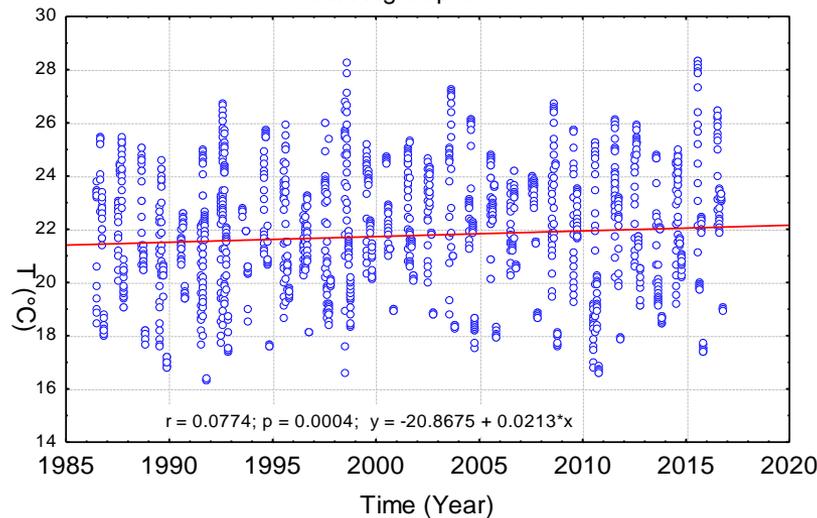
CZ 1989-2016  
0-20 m  
Jul-Aug-Sep-Oct



OOF 1983-2016  
0-20 m  
Jul-Aug-Sep-Oct



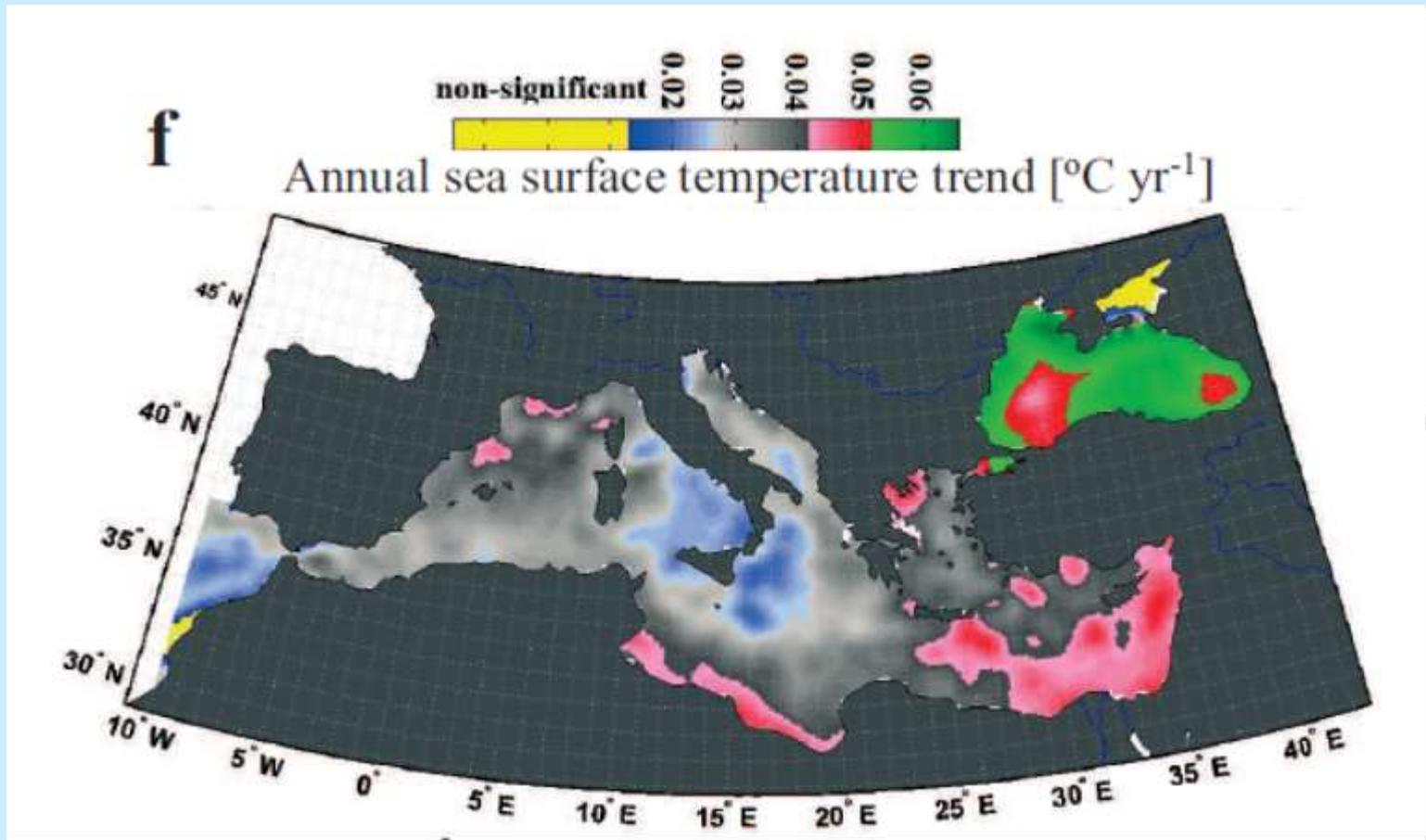
C1 1986-2016  
0-15 m  
Jul-Aug-Sep-Oct



Temperature increase:  
0.42 °C/decade  
In accordance with  
satellite data estimates  
by *Shaltout &  
Omstedt, 2014*

# Warming of surface Mediterranean waters

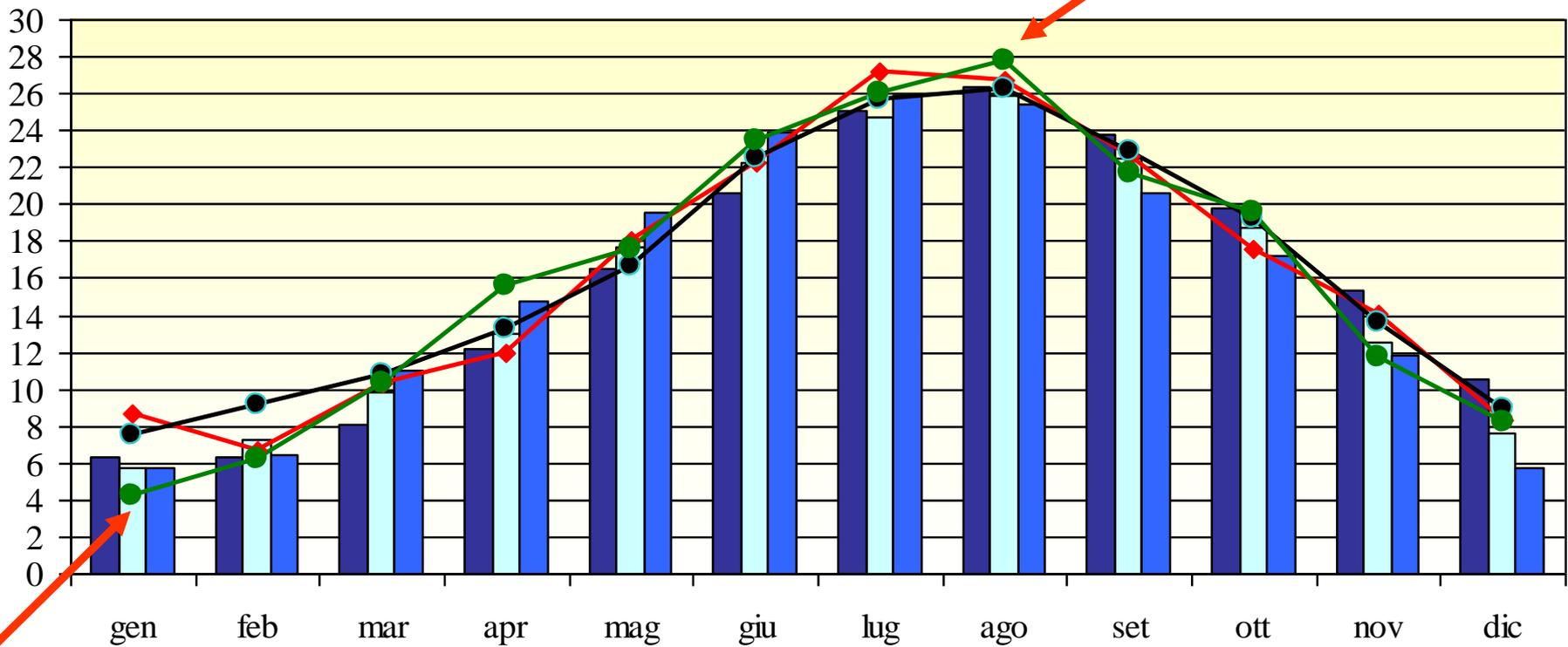
Mediterranean sea warming is of  $0.35^{\circ}\text{C}$  per decade (1982-2012), with a trend in the seasonal variability which is maximum in spring



# Acque costiere - Cesenatico

## Medie decennali di temperatura per decade

°C

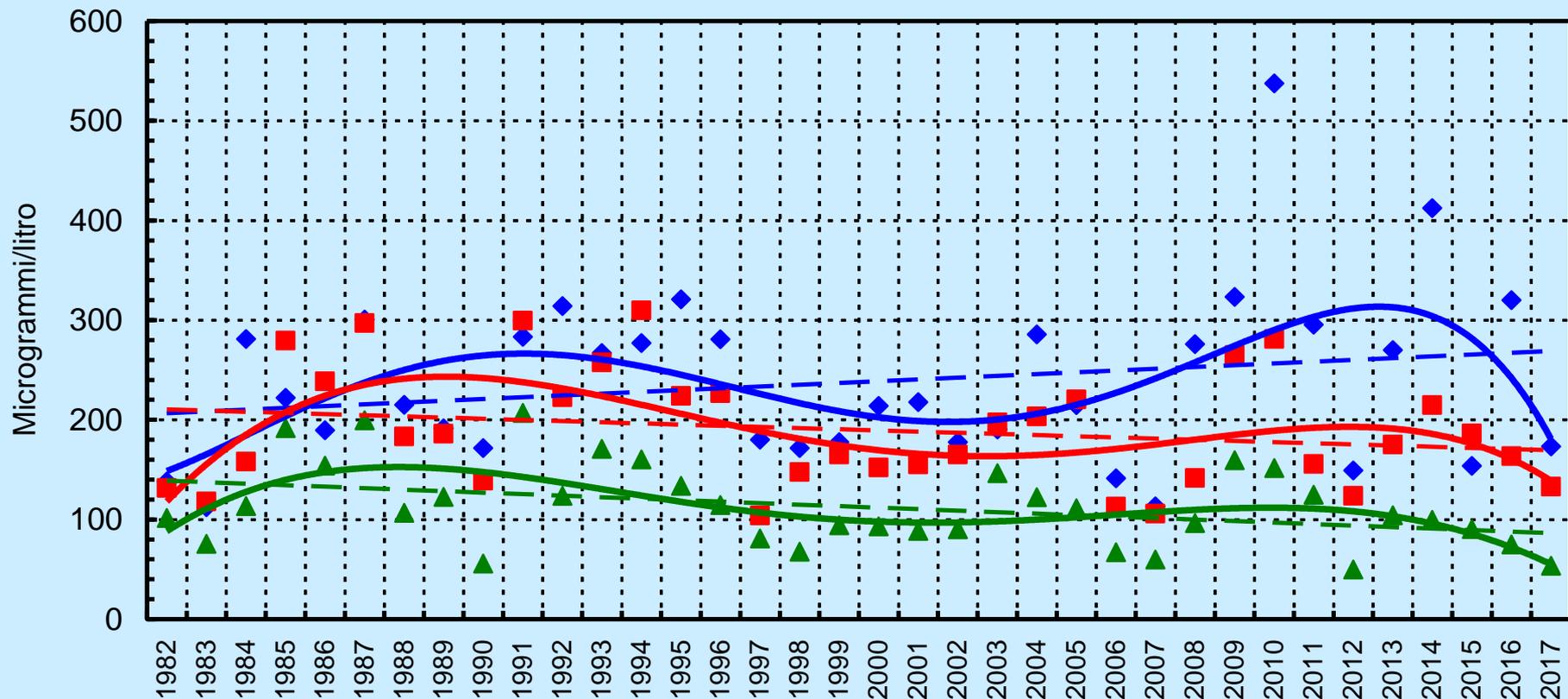


anni 2001 - 2010

— 2015 — 2016 — 2017

# Medie geometriche annuali per trend evolutivo del DIN in tre aree lungo la costa emiliano romagnola (periodo 1983-2017)

Azoto Inorganico Disciolto (DIN)

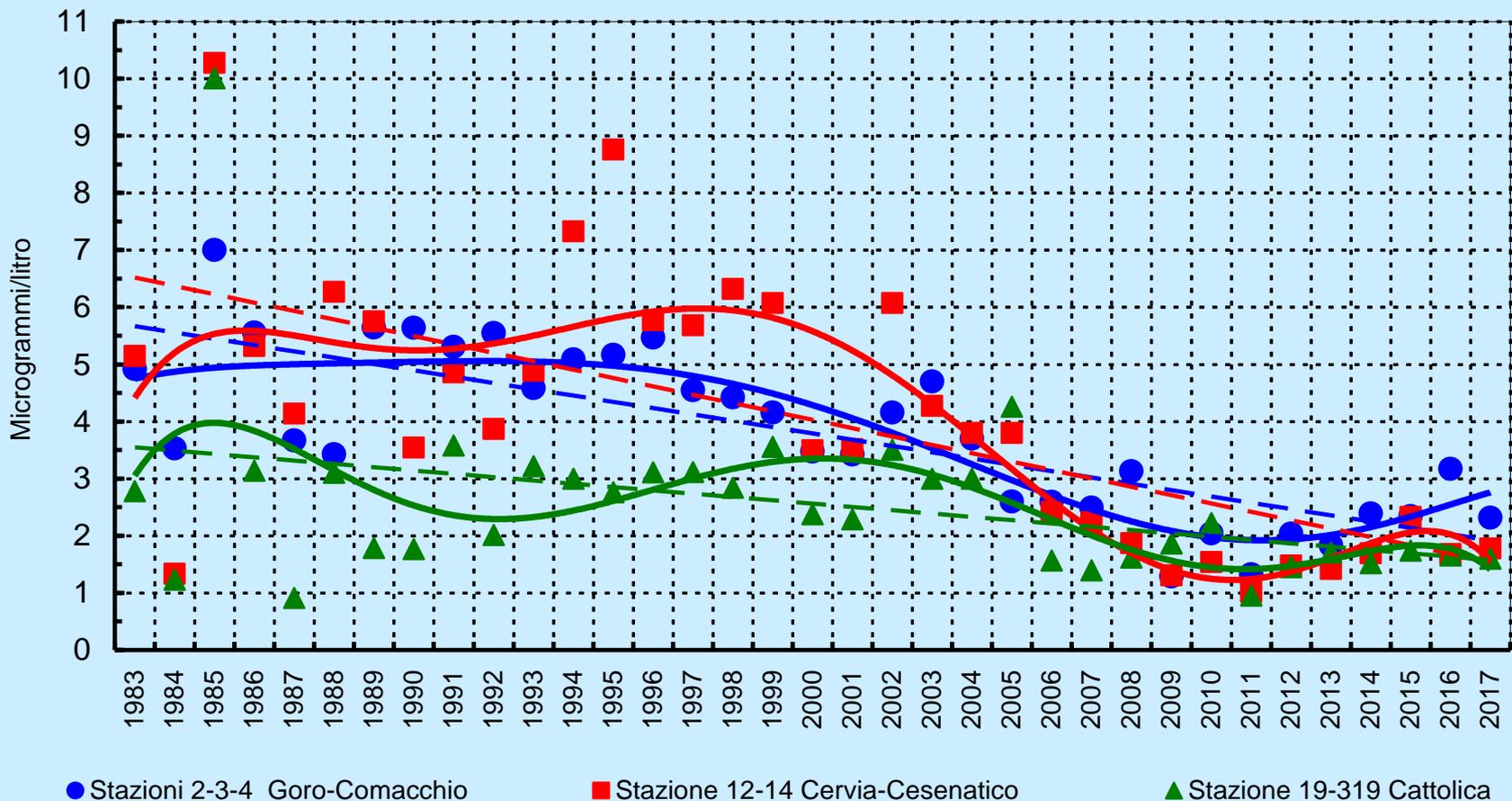


◆ Stazioni 2-3-4 Goro-Comacchio

■ Stazioni 12-14 Cervia- Cesenatico

▲ Stazioni 19-319 Cattolica

# *Medie geometriche annuali per trend evolutivo del fosforo reattivo in tre aree lungo la costa emiliano romagnola (periodo 1983-2017)*

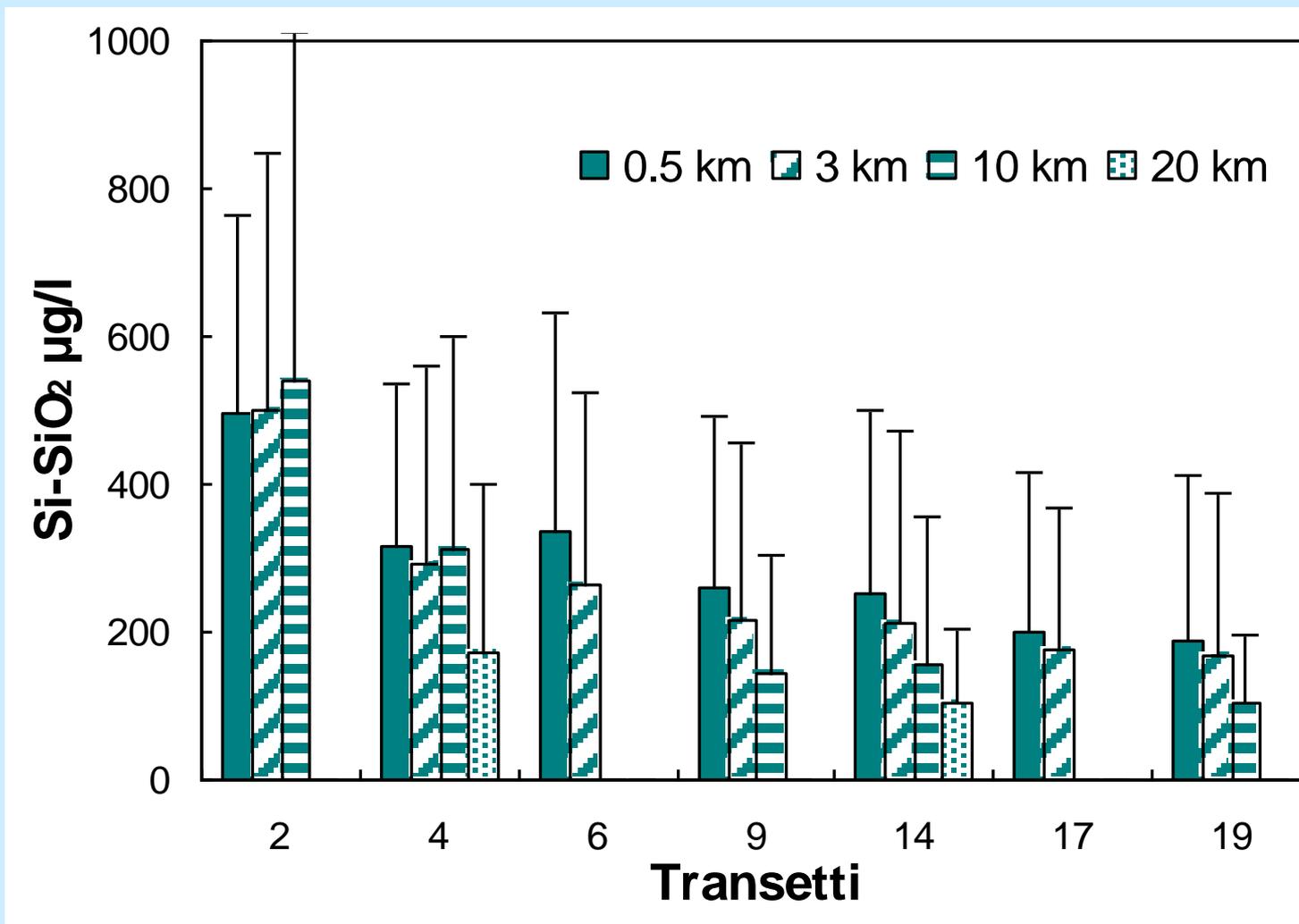


	<b>1984 – 1985</b> Area costiera Po-Ravenna (0,3 – 3,0 Km)				
	<b>Cl a</b> µg/l	<b>DIN</b> µg/l	<b>P-tot</b> µg/l	<b>P-PO<sub>4</sub></b> µg/l	<b>Portate Po</b> m <sup>3</sup> /sec
<b>Media</b>	<b>25.1</b>	<b>335.7</b>	<b>57.1</b>	<b>12.8</b>	<b>1537</b>
<b>St. dev.</b>	<b>52.9</b>	<b>439.5</b>	<b>54.9</b>	<b>26.2</b>	<b>939</b>
<b>N° dati</b>	<b>379</b>	<b>282</b>	<b>282</b>	<b>242</b>	<b>730</b>

	<b>2005 – 2006</b>				
	<b>Cl a</b> µg/l	<b>DIN</b> µg/l	<b>P-tot</b> µg/l	<b>P-PO<sub>4</sub></b> µg/l	<b>Portate Po</b> m <sup>3</sup> /sec
<b>Media</b>	<b>8.7</b>	<b>383.5</b>	<b>31.7</b>	<b>5.0</b>	<b>801</b>
<b>St. dev.</b>	<b>8.4</b>	<b>411.4</b>	<b>17.7</b>	<b>8.1</b>	<b>447</b>
<b>N° dati</b>	<b>642</b>	<b>642</b>	<b>642</b>	<b>642</b>	<b>730</b>

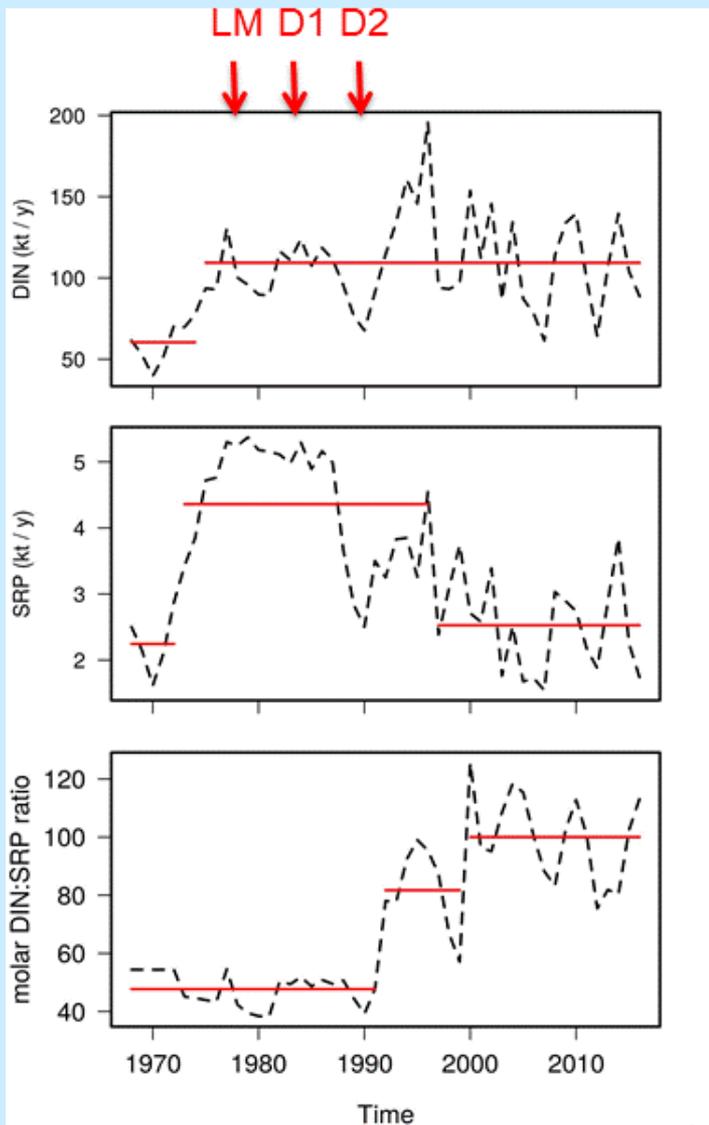
	<b>2008 – 2009</b>				
	<b>Cl a</b> µg/l	<b>DIN</b> µg/l	<b>P-tot</b> µg/l	<b>P-PO<sub>4</sub></b> µg/l	<b>Portate Po</b> m <sup>3</sup> /sec
<b>Media</b>	<b>10.6</b>	<b>458.5</b>	<b>33.3</b>	<b>6.8</b>	<b>1841</b>
<b>St. dev.</b>	<b>8.5</b>	<b>449.1</b>	<b>17.6</b>	<b>8.2</b>	<b>1294</b>
<b>N° dati</b>	<b>356</b>	<b>356</b>	<b>356</b>	<b>356</b>	<b>730</b>

*Valori medi annuali e deviazioni standard della **silice reattiva** nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km al largo dalla costa 2017*



# Evoluzione temporale dei carichi di DIN e SRP transitati a Pontelagoscuro : recupero vs persistenza. Una valutazione con Change Point Analysis

LM: legge Merli, D1 e D2 dlgs del 1982 e 1988 che riducono il P nei detersivi



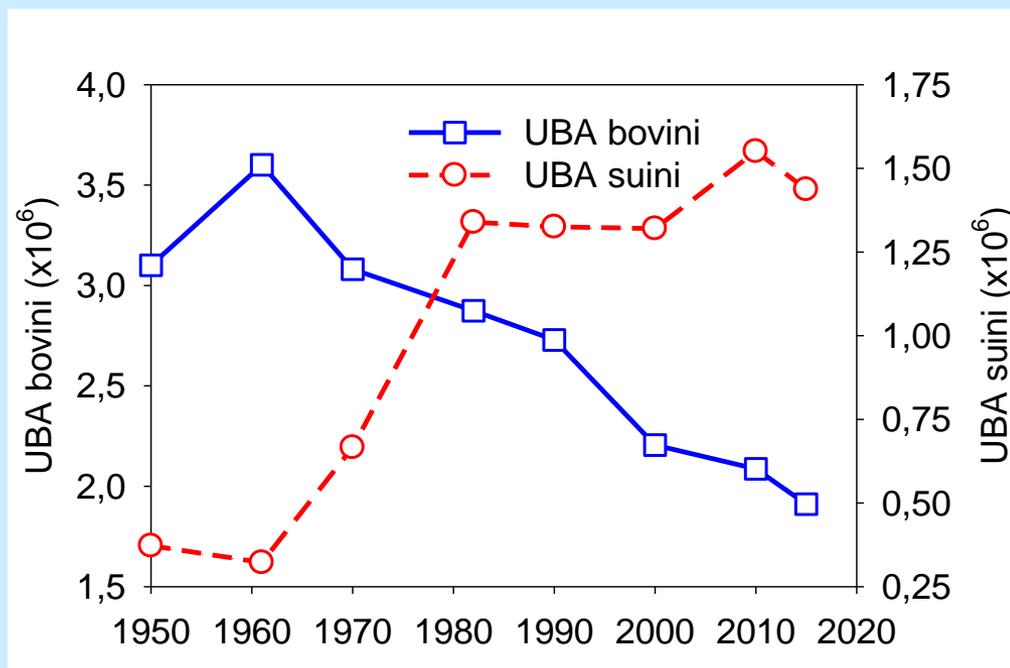
periodo	DIN (kt yr <sup>-1</sup> )
1968-1974	60.4±13.3
1975-2016	109.4±27.8

periodo	SRP (kt yr <sup>-1</sup> )
1968-1972	2.2±0.5
1973-1996	4.4±0.9
1997-2016	2.5±0.7

periodo	DIN:SRP
1968-1991	47.1±5.6
1992-1999	81.7±14.6
2000-2016	100.0±14.6

Cambia radicalmente la tipologia di allevamento con la crescita esponenziale del numero di capi suini e il progressivo declino di quelli bovini.

Disgiunzione di zootecnia e agricoltura: le deiezioni animali da risorsa diventano rifiuto.



Variazioni temporali delle Unità di Biomassa Adulta (UBA) di bovini e suini nel bacino del Po dal 1950 al 2015. UBA =vacca da latte adulta

**BOVINI - 42%**

**SUINI +385%**

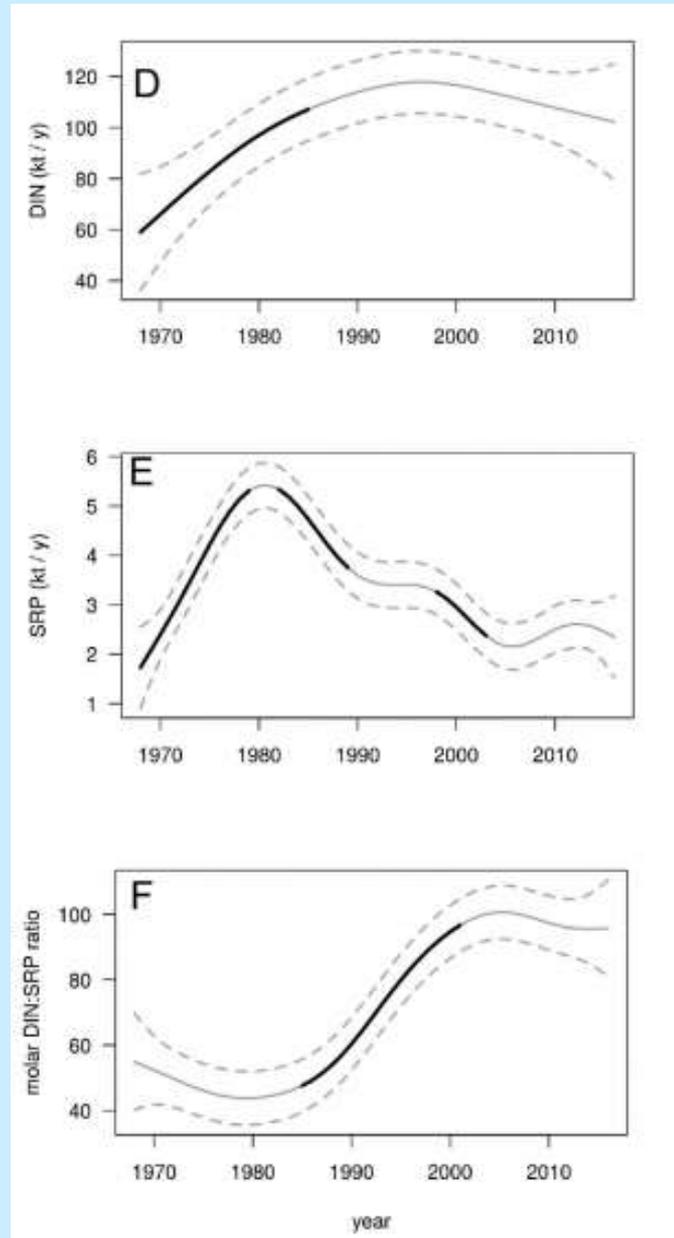


Space and time variations of watershed N and P budgets and their relationships with reactive N and P loadings in a heavily impacted river basin (Po river, Northern Italy)

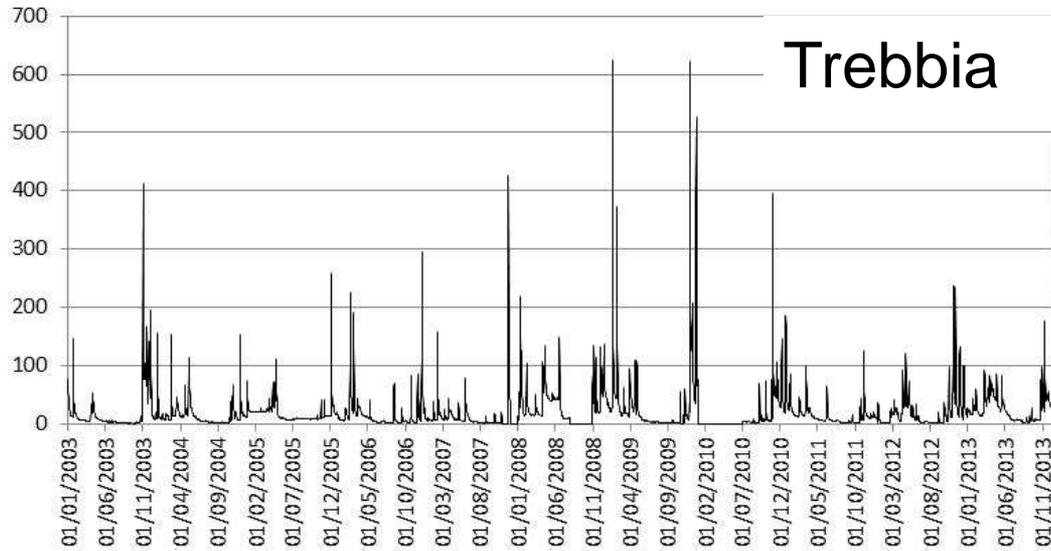
Pierluigi Viaroli <sup>a,b,\*</sup>, Elisa Soana <sup>c</sup>, Silvano Pecora <sup>d</sup>, Alex Laini <sup>a</sup>, Mariachiara Naldi <sup>a,b</sup>, Elisa Anna Fano <sup>b,c</sup>, Daniele Nizzoli <sup>a</sup>

**Un terzo incomodo:** il silicio nella forma reattiva solubile (DSi) è un fattore essenziale per la crescita delle diatomee, componente fondamentale e base delle reti trofiche marine. **Cosa potrebbe succedere se venisse a mancare?**

anno	DSi	DSi:DIN
	kt Si y <sup>-1</sup>	
1968-70	114-134	1,06
1981-84	156-178	0,70
2004	172	0,64
2005-07	77-102	0,58-0,62
2015	81	0,39
2016	50	0,28



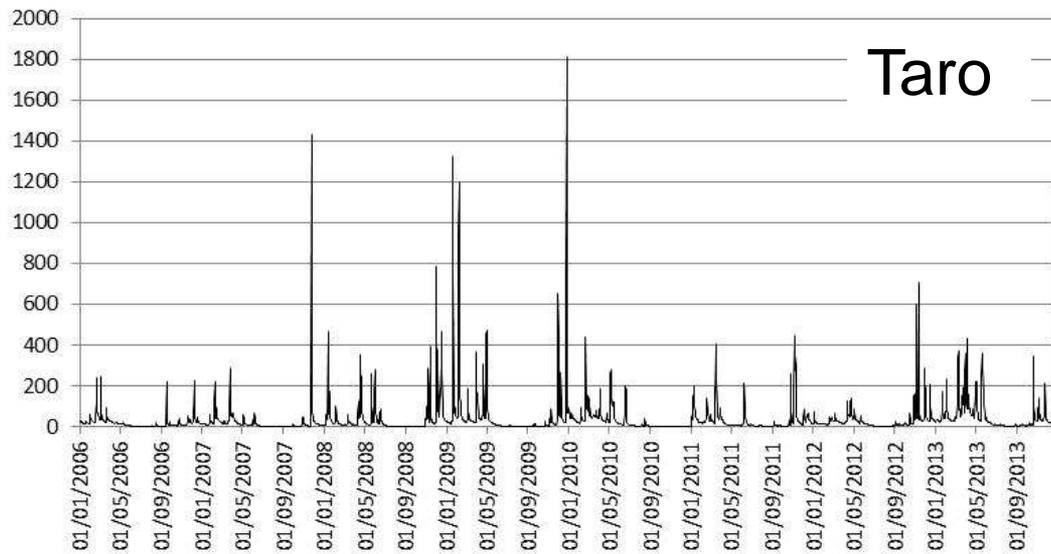
Portata (m<sup>3</sup>/sec)



Meno silice, perché?

I fiumi e torrenti della destra idrografica del Po (Piemonte ed Emilia-Romagna) stanno assumendo un carattere intermittente.

*Si consideri anche la permeabilizzazione dei suoli*



Elevata frequenza di eventi estremi: secche prolungate sono seguite da piene improvvise di breve durata (piene lampo)





# Stima della quantità di azoto e fosforo riciclati a livello della laguna

## Condizioni:

- taglia: 10 g<sub>ww</sub> ind<sup>-1</sup> (shell length ~3 cm)
- durata del periodo di allevamento: 180 d (Apr-Oct)
- raccolto: 6000 tons

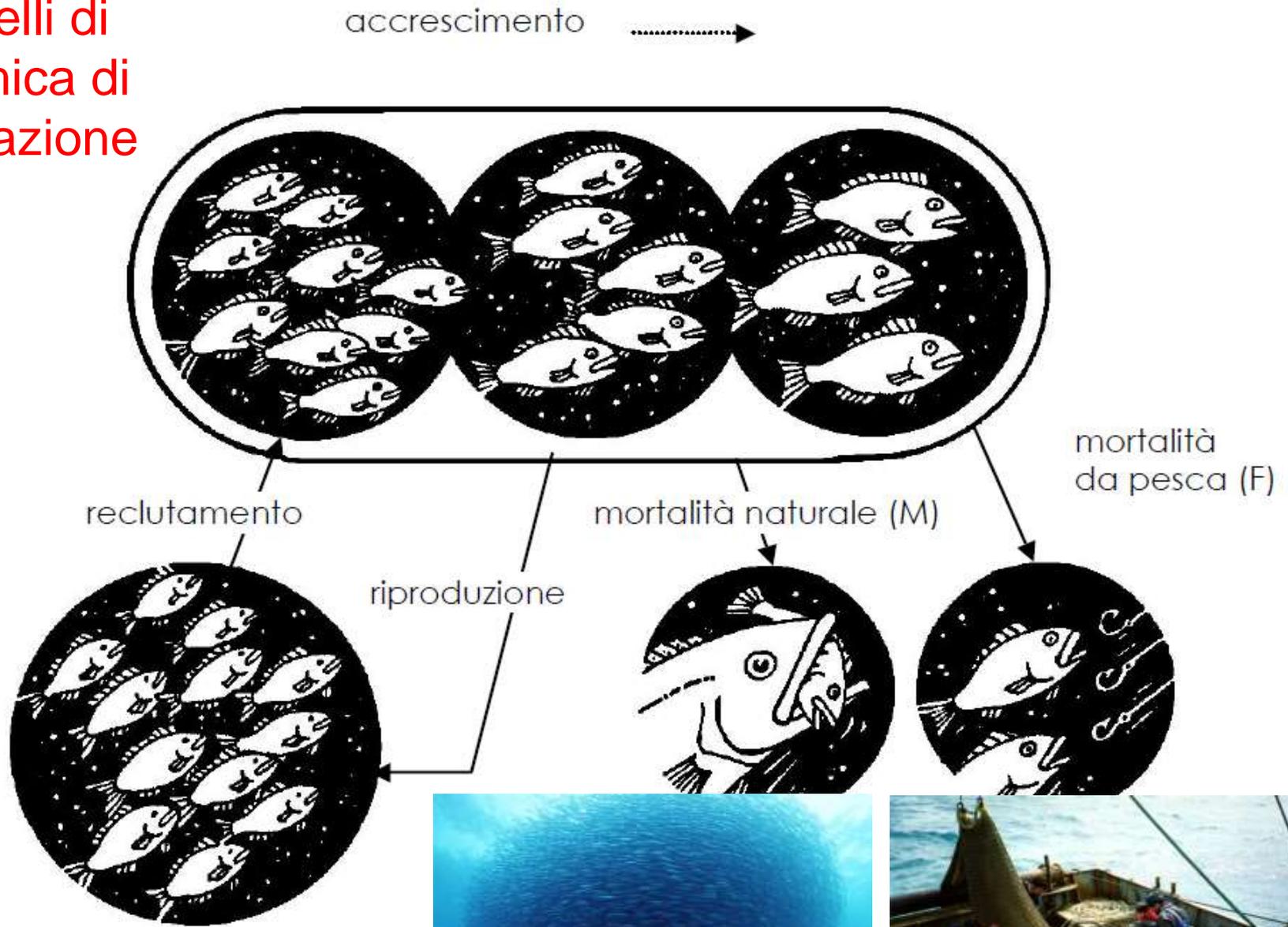
\*TDN  
\*\*TDP

	Filtration (tons)	Recycling (tons)	Net Export (tons)	External Input (tons)
Nitrogen	137	91	16	515 (328*)
Phosphorous	19	12	0.9	40 (15**)

- Frazione intercettata* → *70-75% del carico esterno di N e P particellati*
- Frazione rigenerata* → *30% TDN e 90% TDP del carico esterno*
- Export* → *5% TDN e 6% TDP del carico esterno*



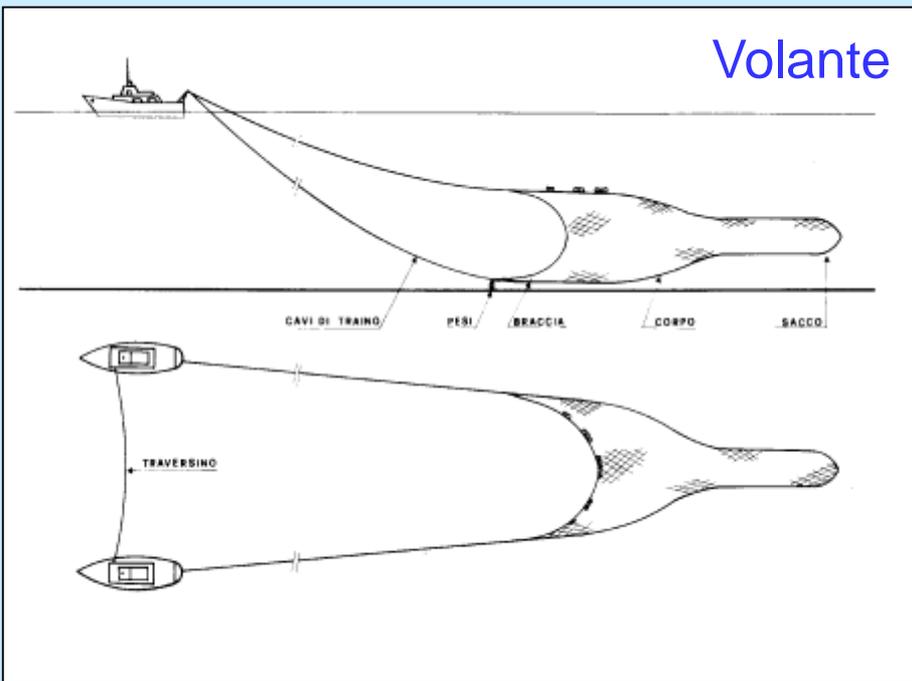
# Modelli di dinamica di popolazione



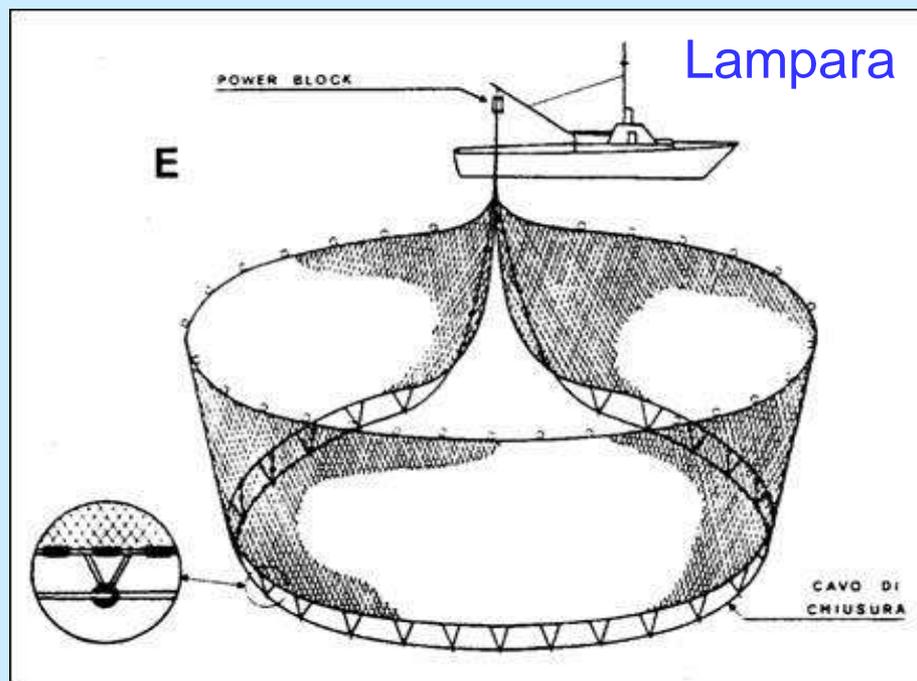


Frazione di popolazione non inclusa

Volante



Lampara

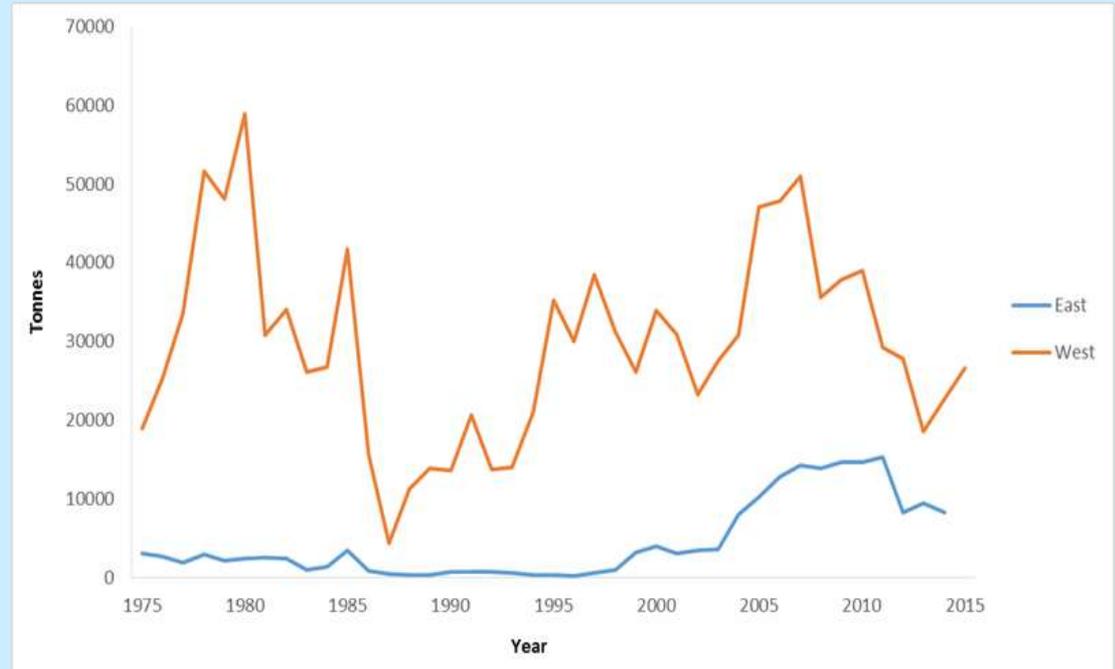


# Catture in peso di volanti e lampare dell'Adriatico dal 1975 al 2015

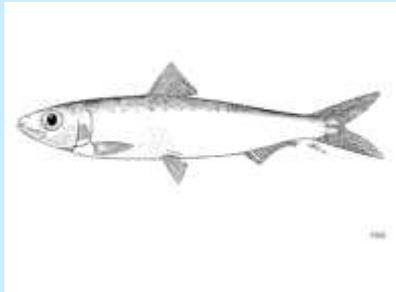
## Alice (*Engraulis encrasicolus*)



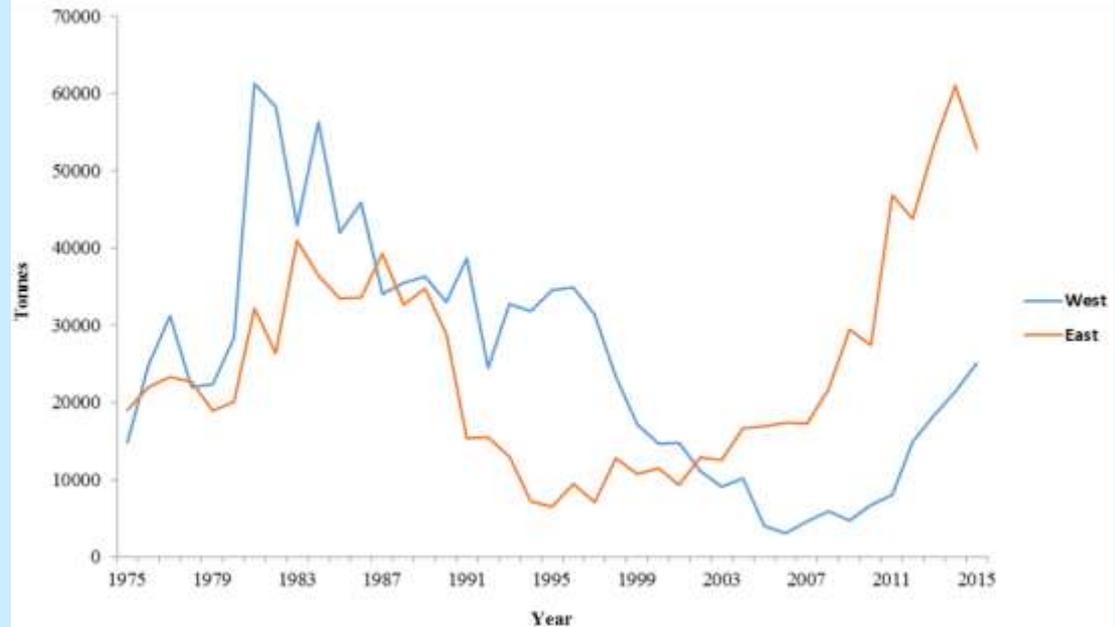
2015  
 Italia 26.673 t  
 Slovenia 15 t  
 Croazia 12.747 t  
 Montenegro 52 t  
 Albania 250 t  
 Totale 39.737 t



## Sardina (*Sardina pilchardus*)

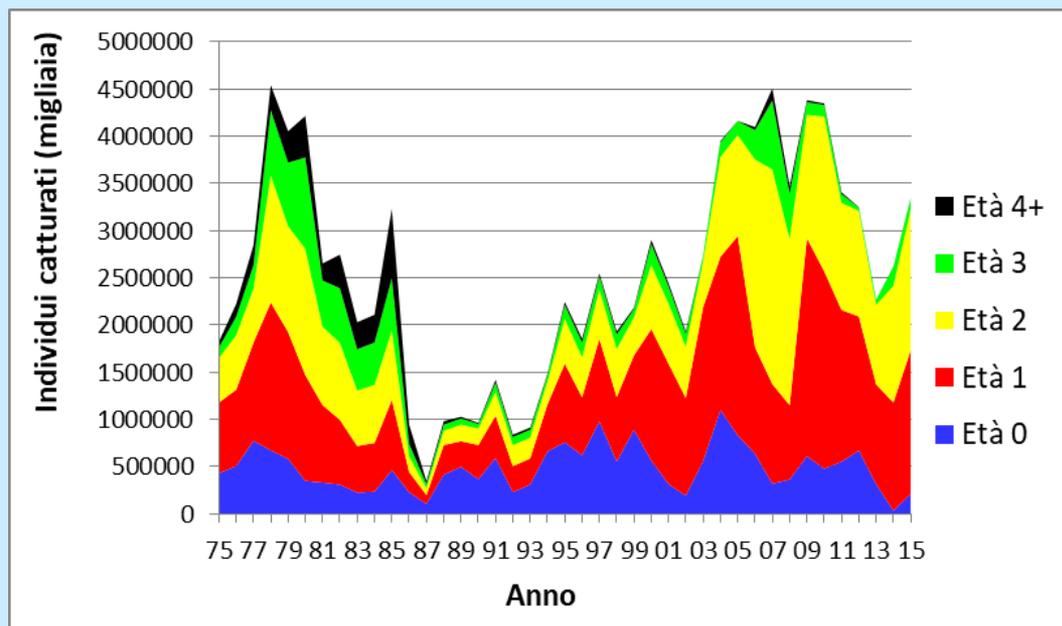
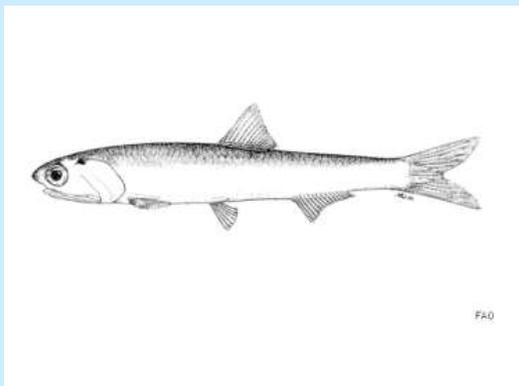


2015  
 Italia 25.072 t  
 Slovenia 44 t  
 Croazia 51.601 t  
 Montenegro 95 t  
 Albania 1.200 t  
 Totale 78.012 t

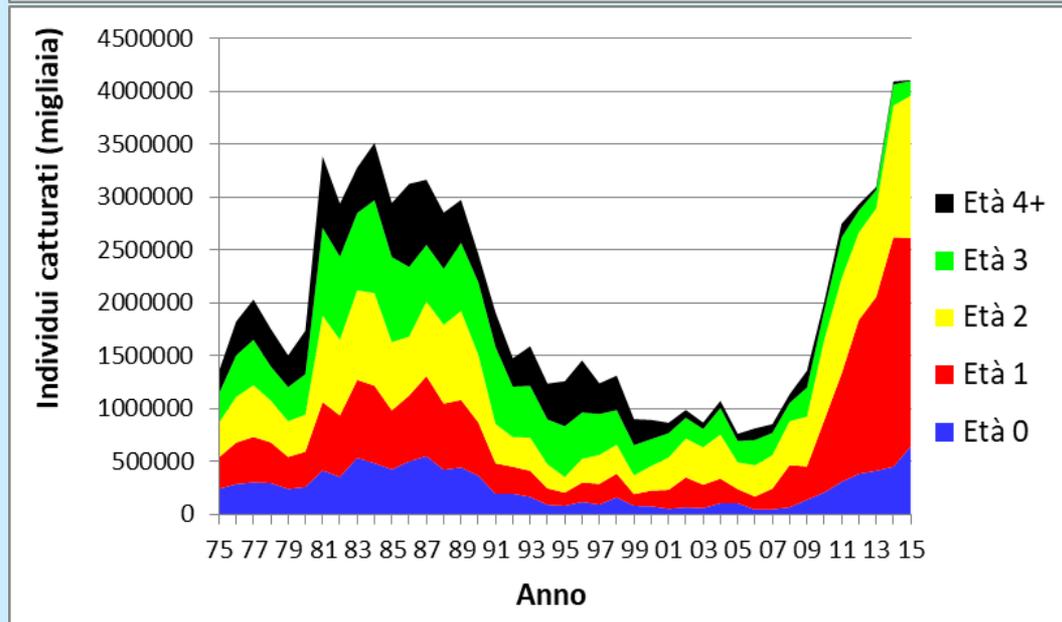
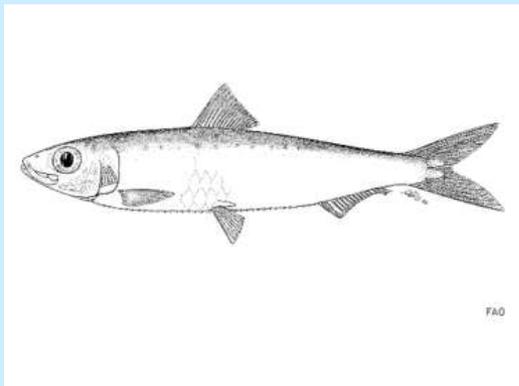


# Numero di individui per classe di età catturati dalle volanti e dalle lampare dell'Adriatico dal 1975 al 2015

Alice (*Engraulis encrasicolus*)

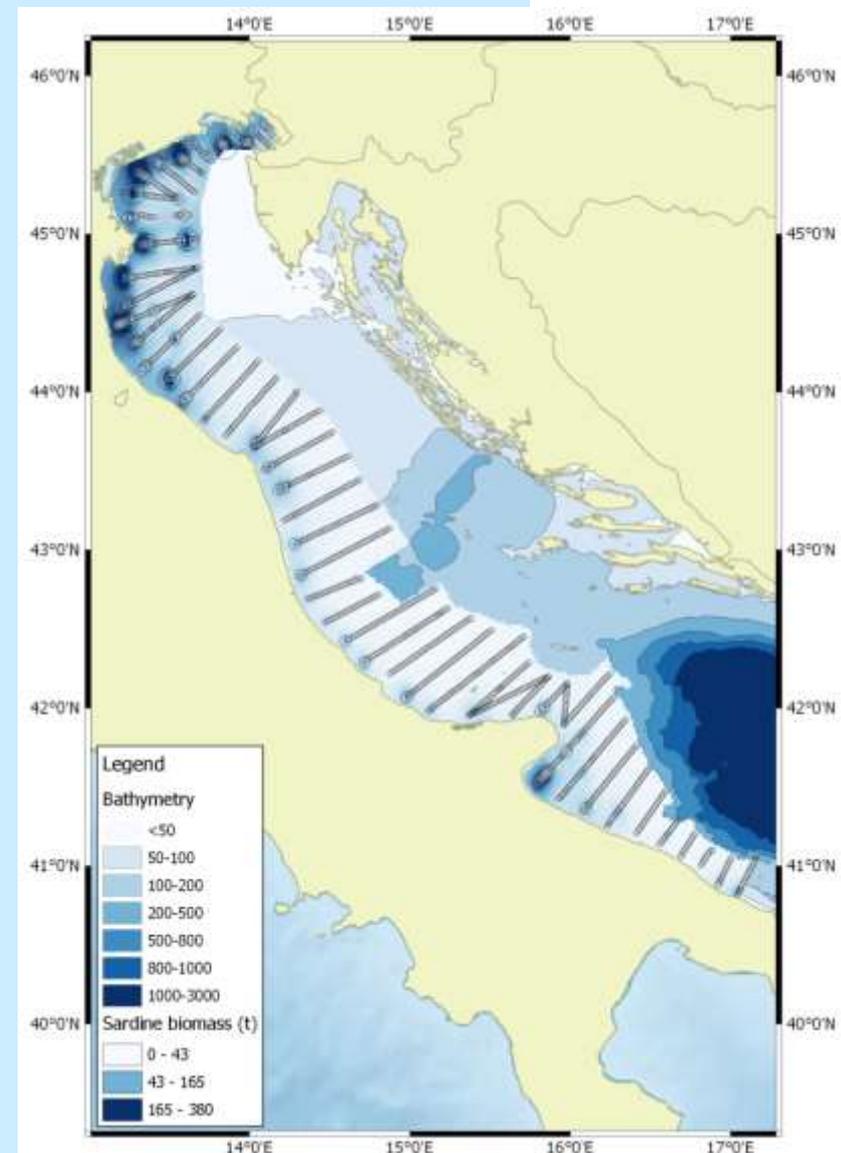
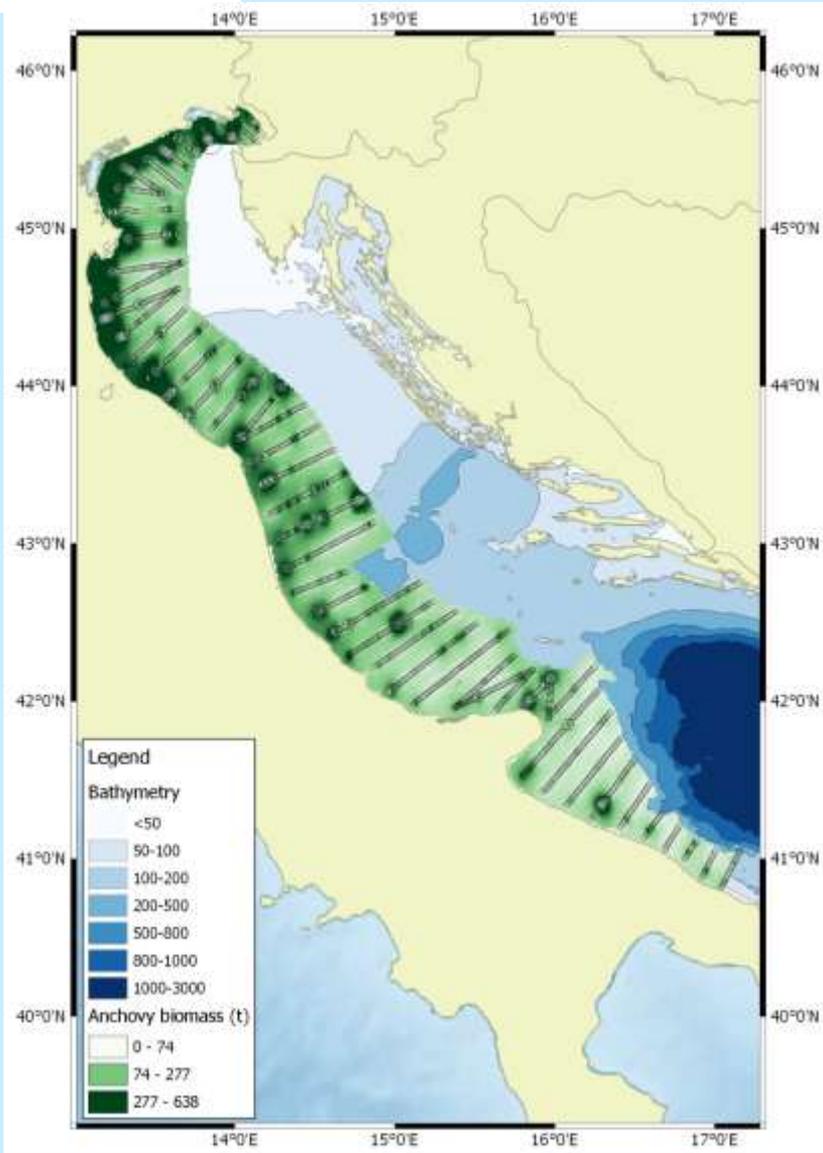


Sardina (*Sardina pilchardus*)



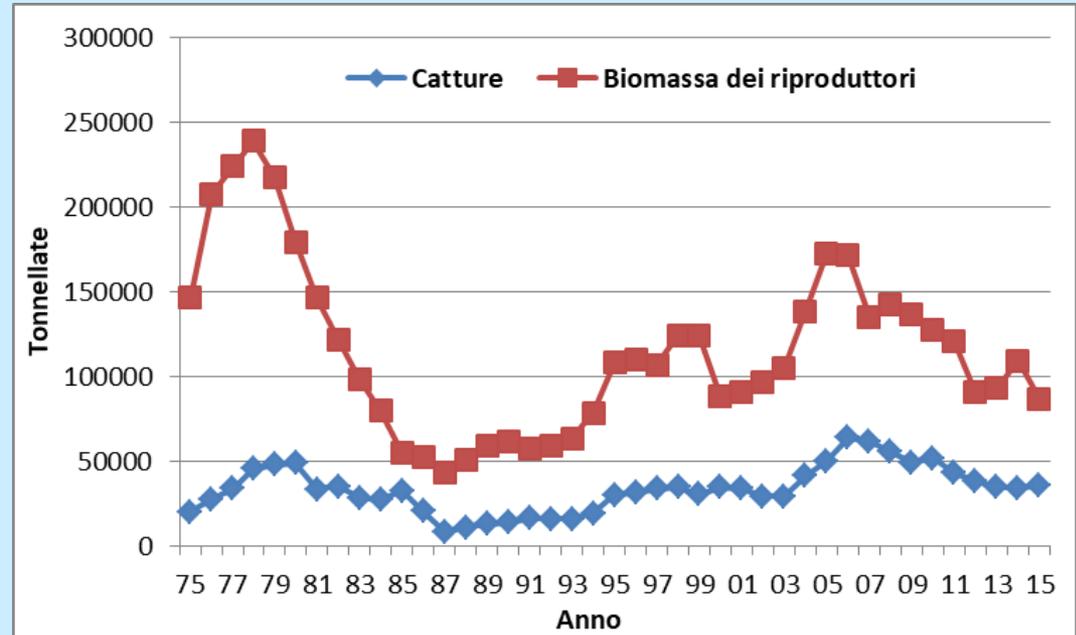
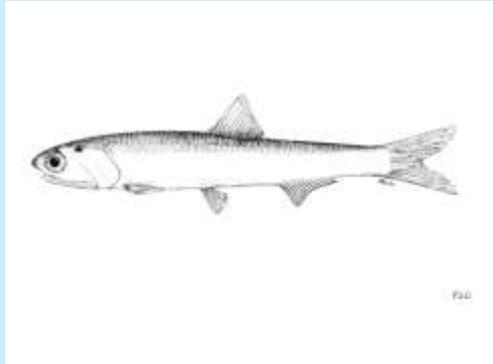
# MEDIAS 2017

## Distribuzione spaziale di alice e sardina nel versante occidentale delle GSA 17 e 18

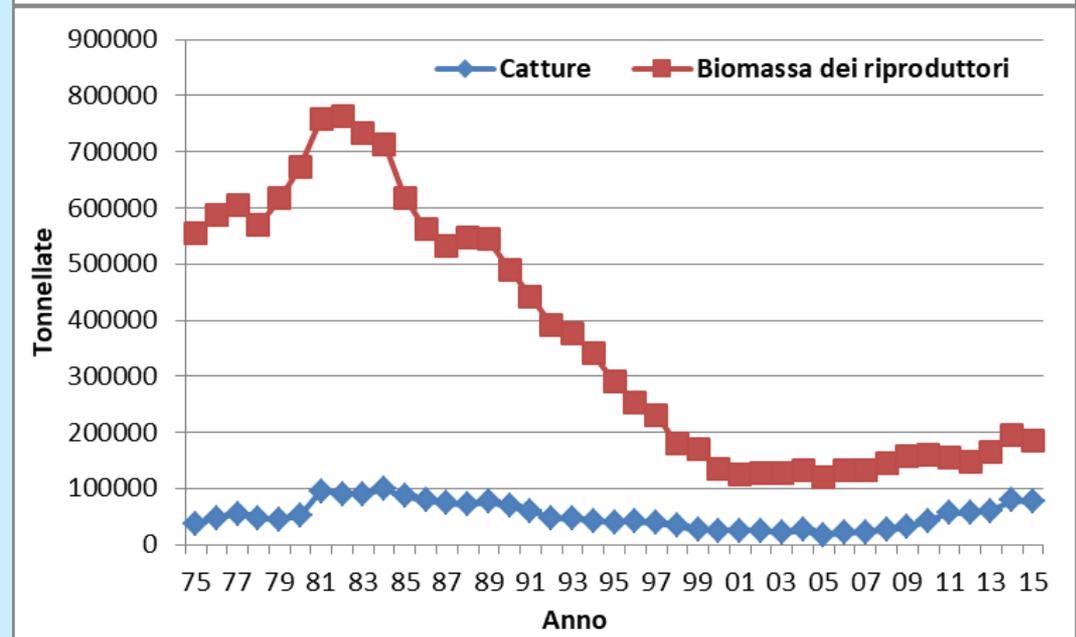
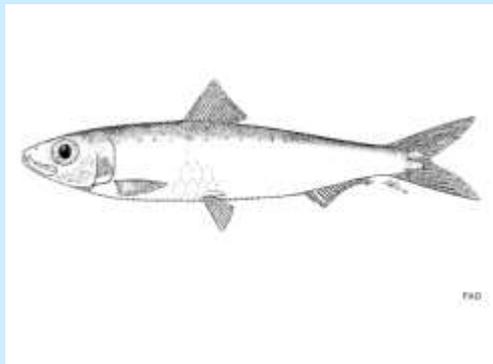


# Catture in peso e stima annuale della biomassa dei riproduttori in Adriatico dal 1975 al 2015

Alice (*Engraulis encrasicolus*)

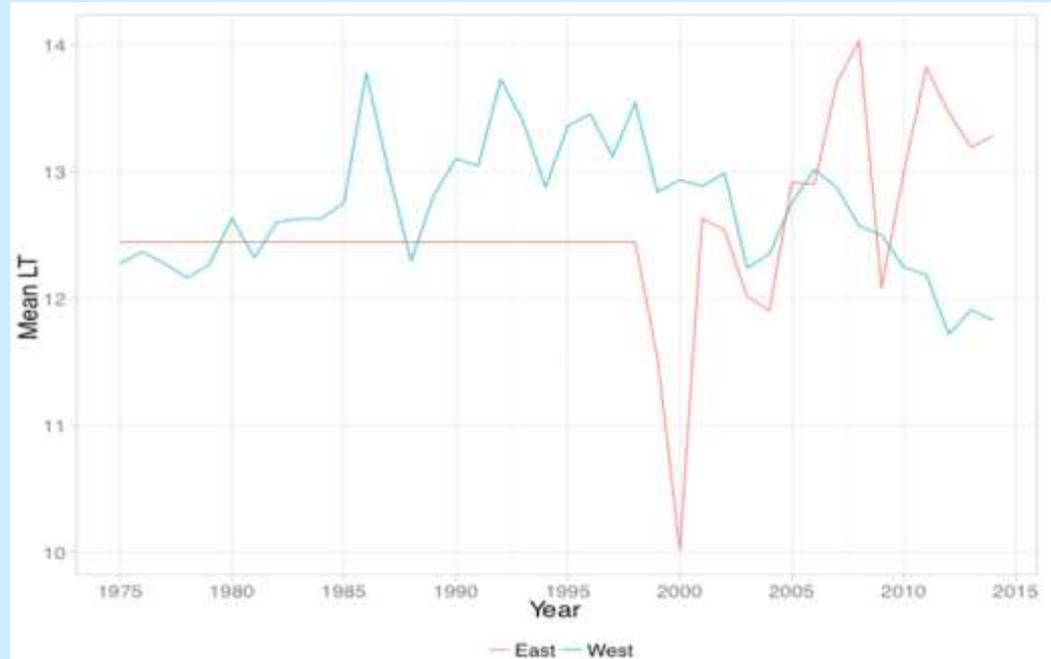
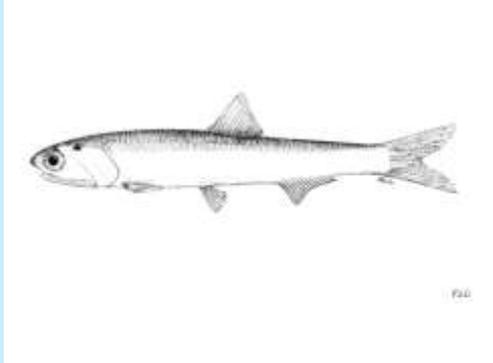


Sardina (*Sardina pilchardus*)

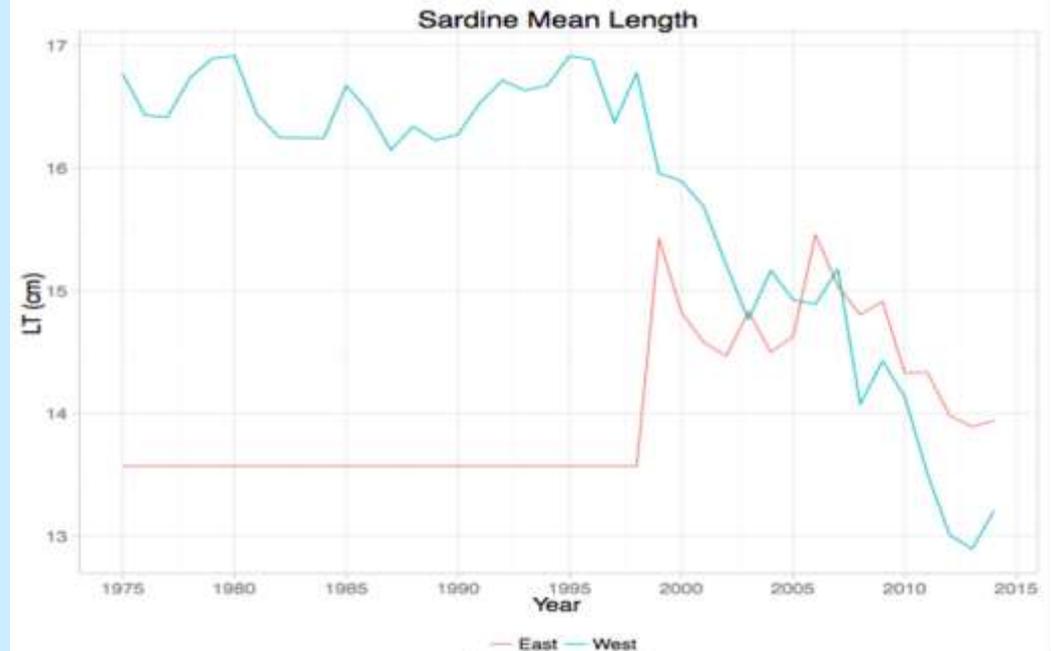
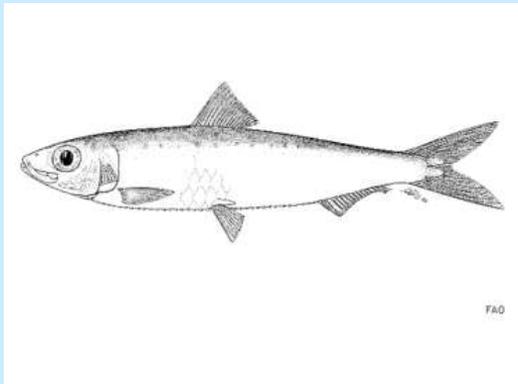


# Cambiamenti nella composizione per taglia e per età

Alice (*Engraulis encrasicolus*)



Sardina (*Sardina pilchardus*)



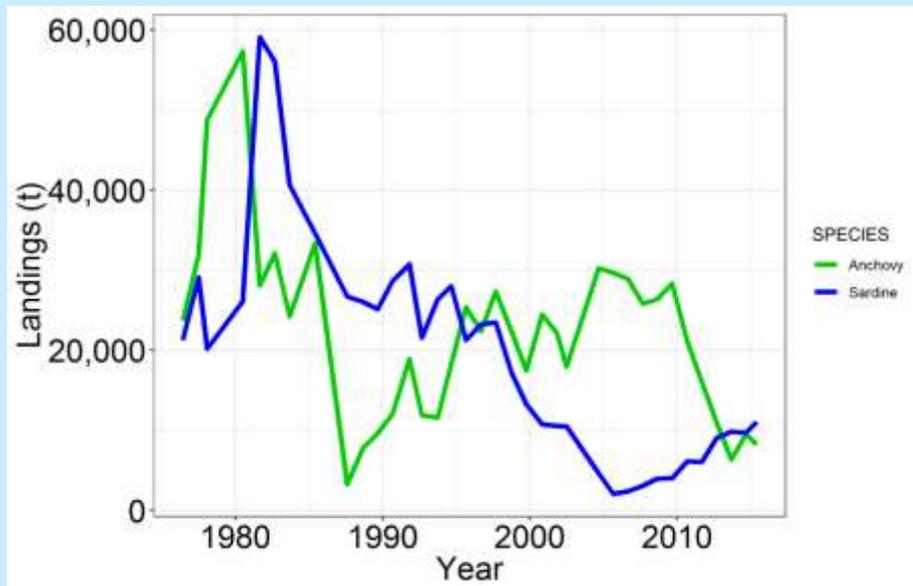


Figura 2. Dati di sbarcato; il trend lineare decresce dal 1976 al 2015 (p-value: anchovy 0.0169, sardine 2.69e-08)

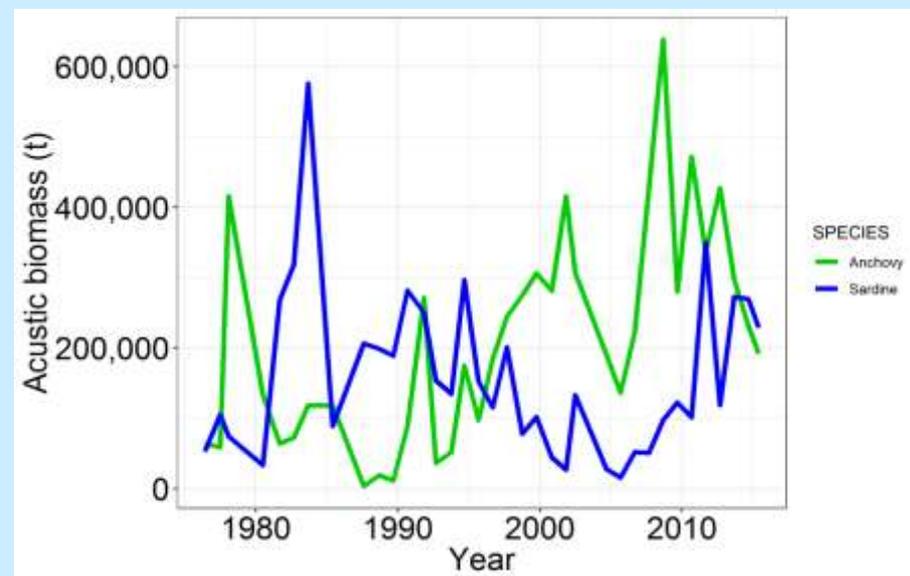
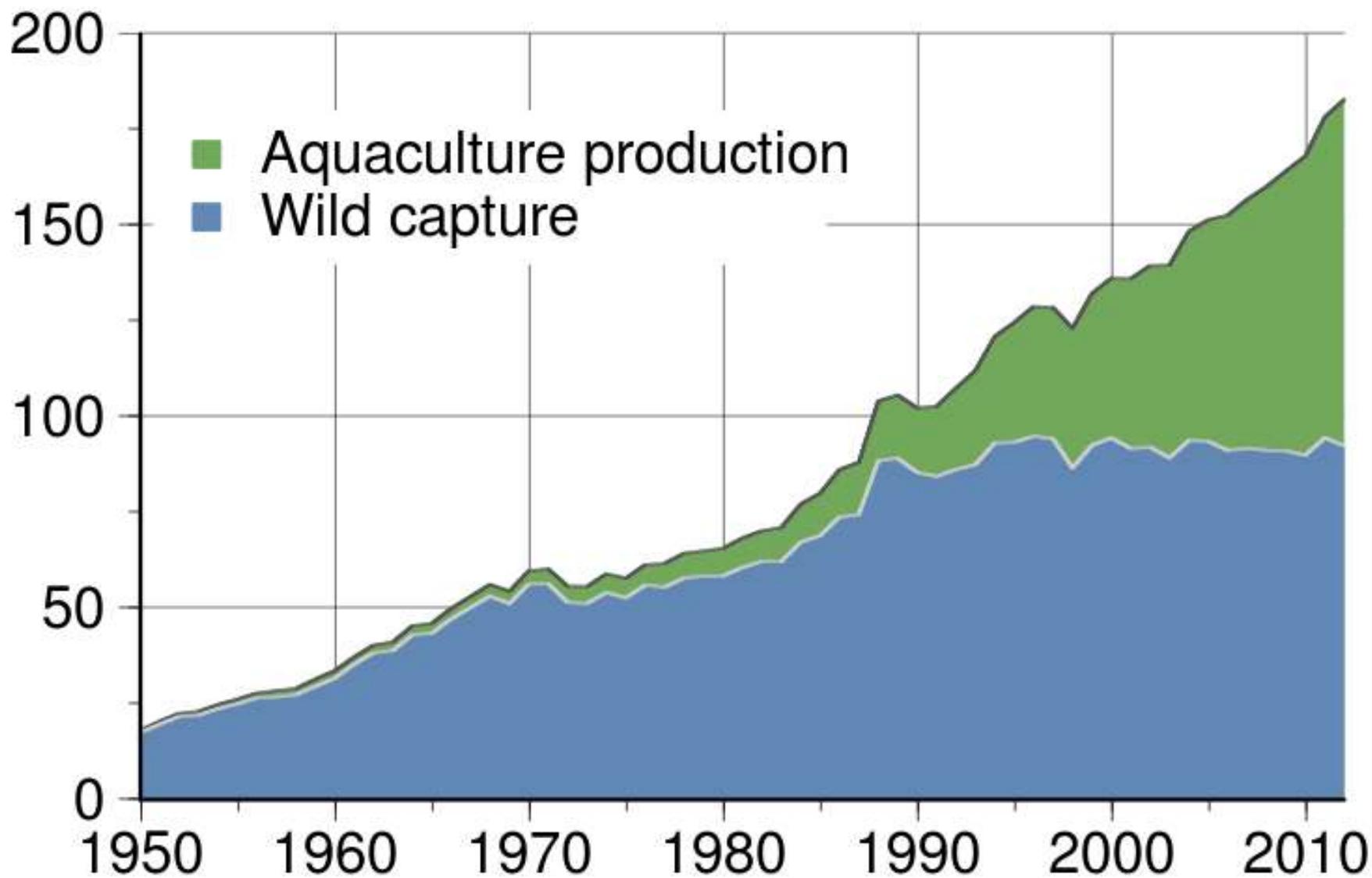
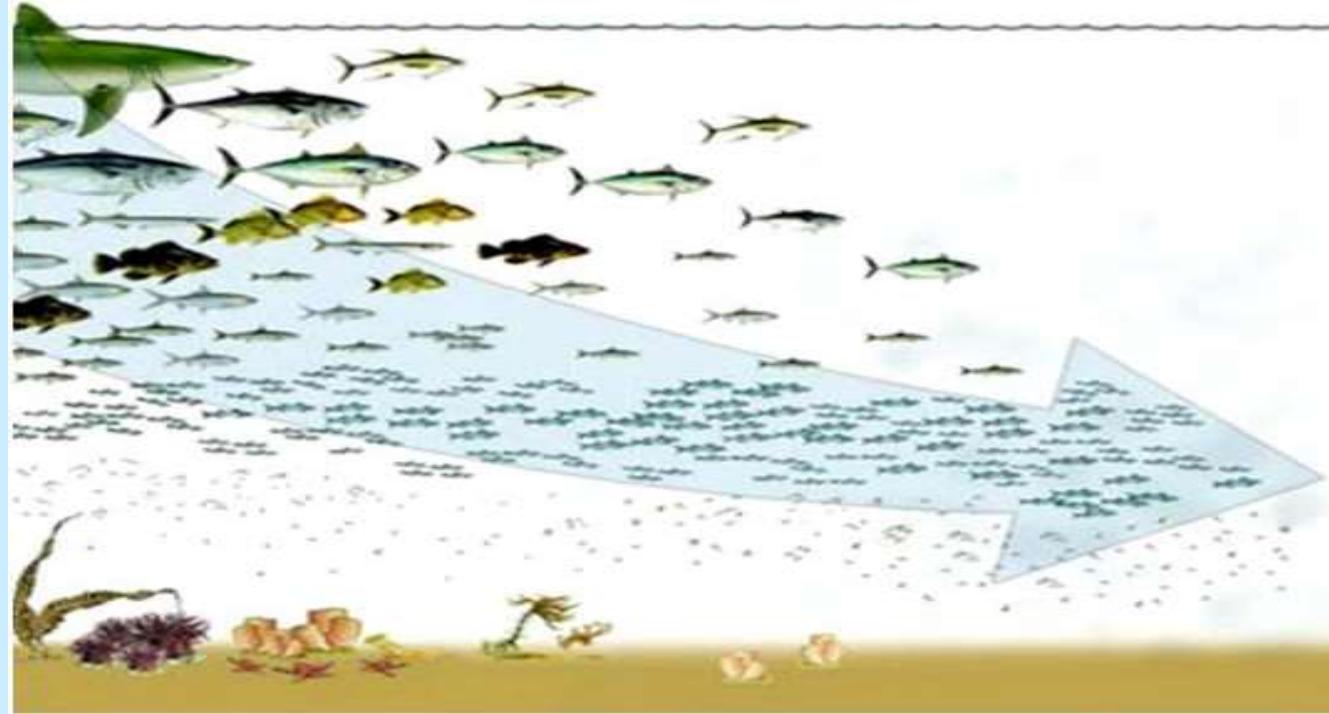


Figura 3. Stime di biomassa da survey acustico; il trend lineare è in crescita dal 1976 al 2015 per l'alice (p-value 0.000144) , mentre è stabile per la sardina (p-value 0.559)

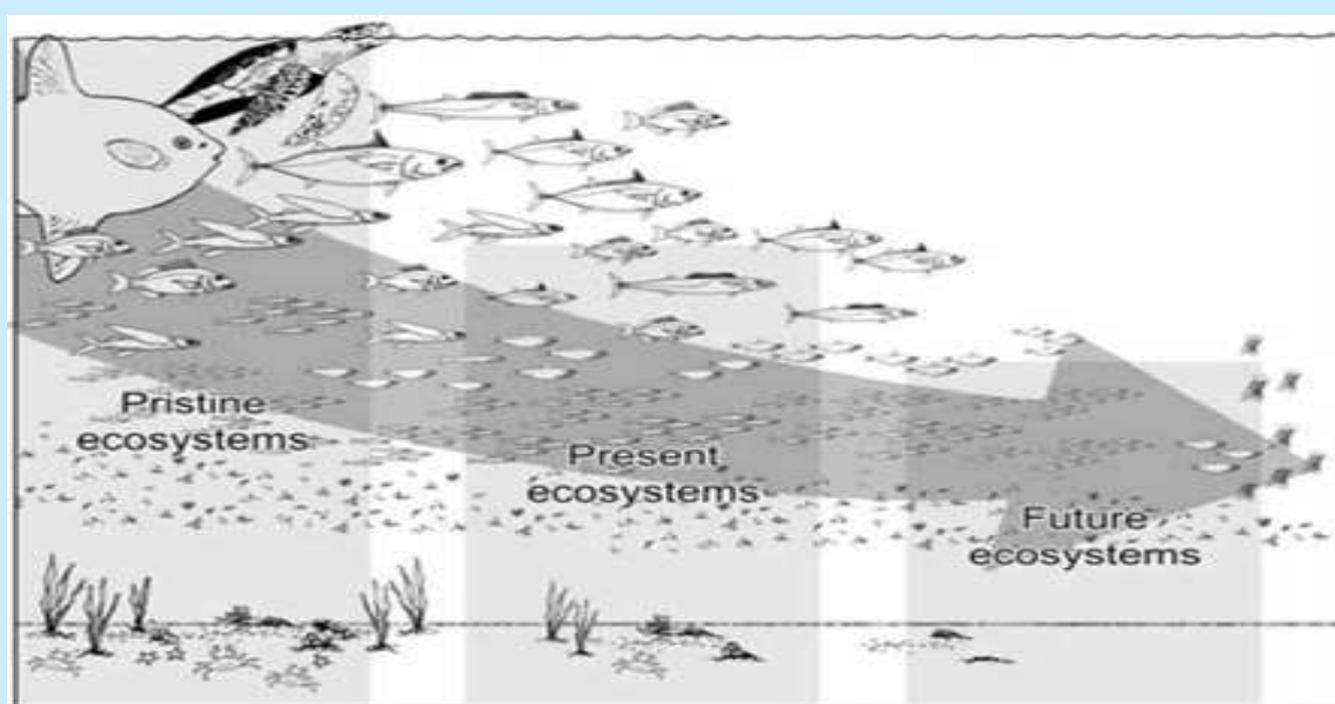




Avere un buon grado di conoscenza degli impatti

*un esempio:*

Fishing down marine food webs  
(after Pauly *et al.*, 1998).

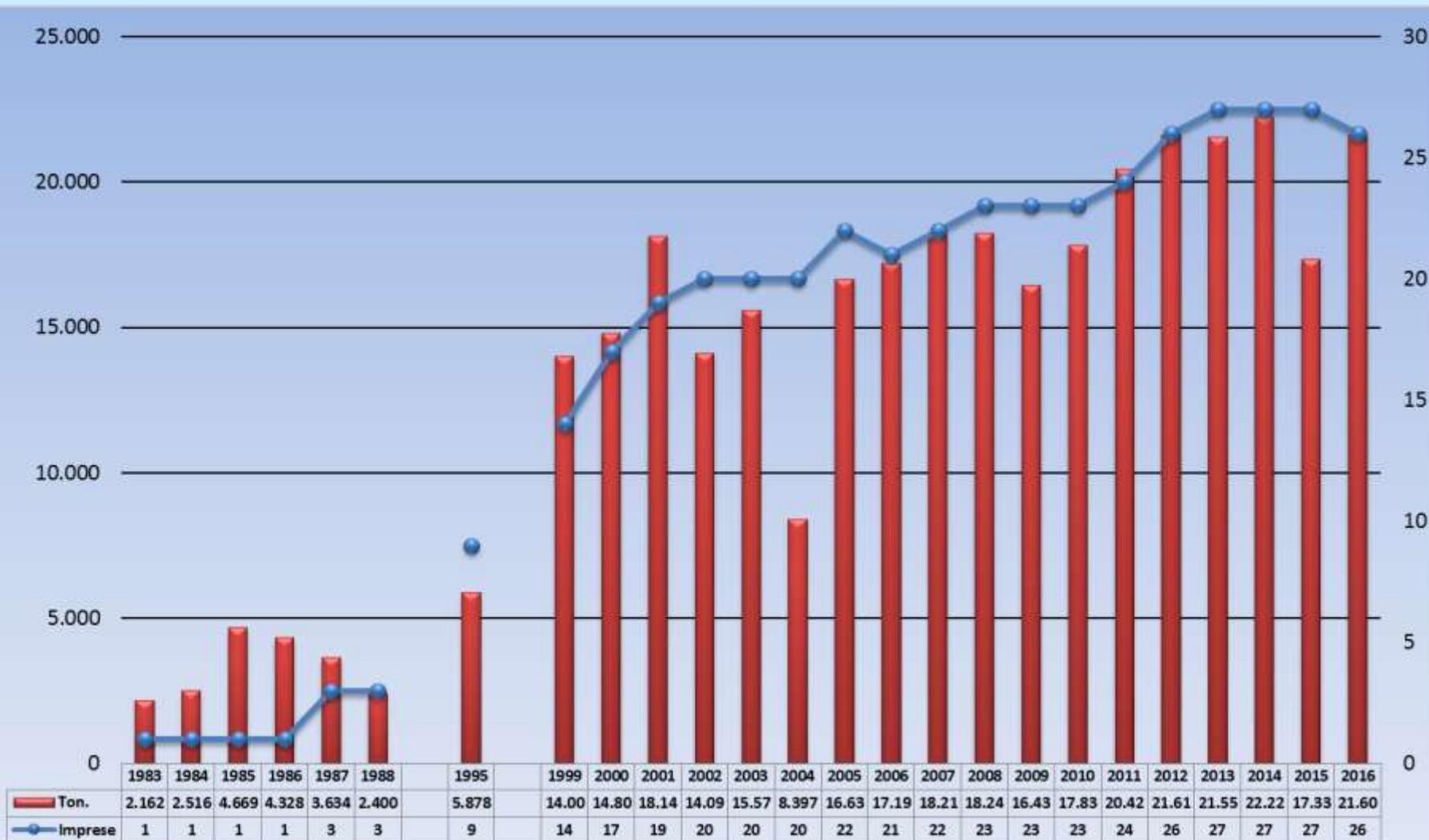


# Produzione nazionale di mitili da acquacoltura ripartita per regione - 2016 (fonte: MIPAAF - AMA)

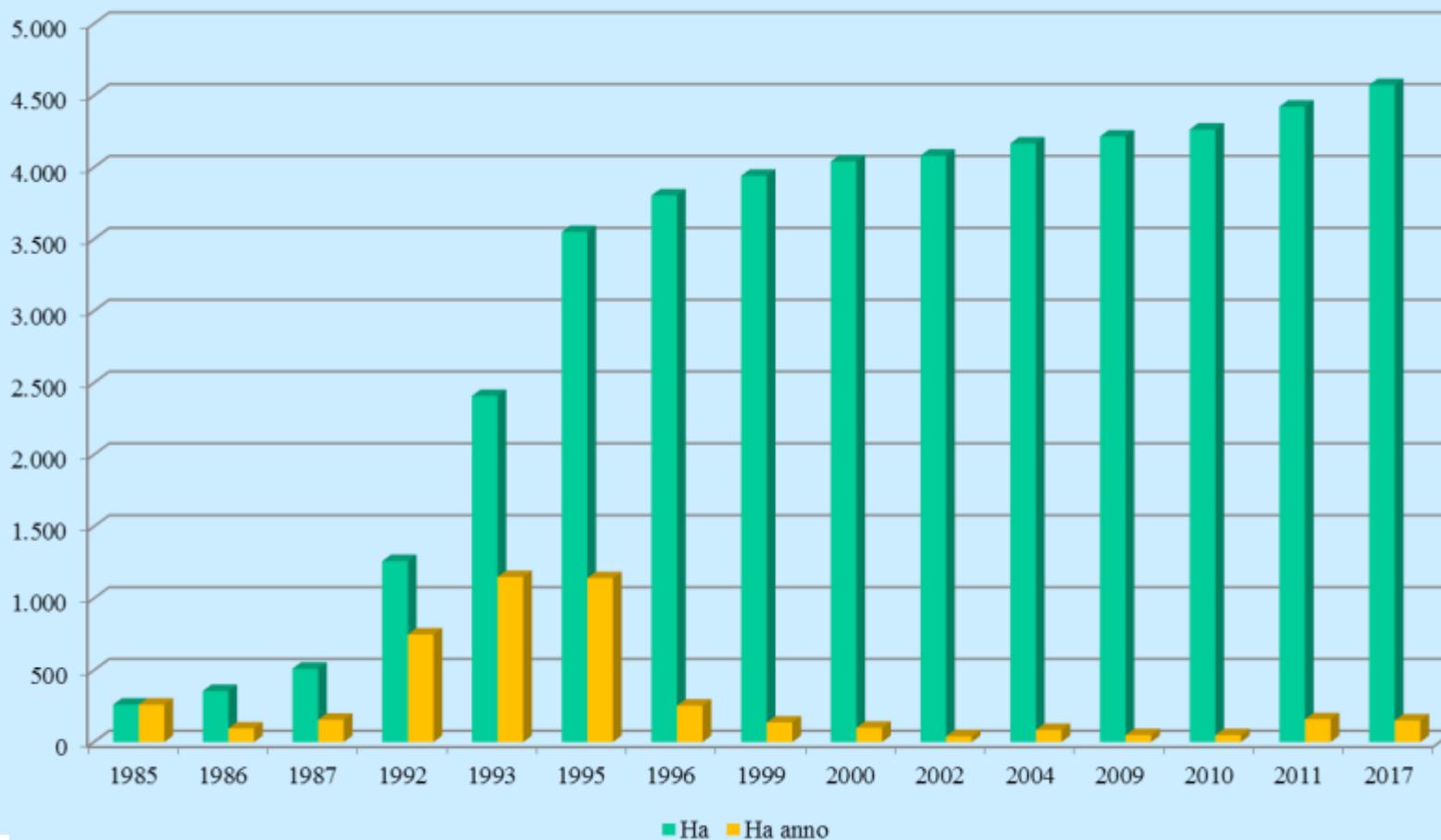
Mitili	IMPIANTI		2016	
	N°	% nazionale	t	% nazionale
<b>Emilia Romagna</b>	29	12%	21.601	34%
<b>Veneto</b>	28	11%	14.087	22%
<b>Puglia</b>	59	24%	10.000	16%
<b>Friuli Venezia Giulia</b>	24	10%	5.021	8%
<b>Sardegna</b>	39	16%	4.100	7%
<b>Liguria</b>	1	0%	2.682	4%
<b>Campania</b>	36	15%	2.000	3%
<b>Marche</b>	15	6%	1.860	3%
<b>Abruzzo</b>	5	2%	547	1%
<b>Molise</b>	2	1%	460	1%
<b>Sicilia</b>	3	1%	288	0%
<b>Lazio</b>	4	2%	190	0%
<b>TOTALE</b>	245	100%	62.837	100%

Vongole filippine 2016			
Regione	Impianti	Produzione (t)	%
<b>Emilia Romagna</b>	87	13,400	44,6
<b>Veneto</b>	65	15,599	51,9
<b>Friuli V. Giulia</b>	2	1,054	3,5
<b>TOTALE</b>	154	30.053	100,0
Vongole veraci 2016			
<b>Sicilia</b>	2	93,65	86,0
<b>Sardegna</b>	8	15,22	14,0
<b>TOTALE</b>	6	108,87	100,0

# Andamento della produzione di mitili in Emilia-Romagna



# Superficie occupata a scopo maricoltura lungo la costa dell'Emilia-Romagna (valori in Ha)





Dagli anni '50-'60 ad oggi  
si sono alternati  
vari scenari ambientali  
strettamente legati ad attività economiche

**Anni '50-'60:** esplosione industriale, 1961-69 scavo Canale Malamocco-Marghera per lo sviluppo del Polo Petrolchimico;

**Anni '60-'70:** Profondi cambiamenti dell'idrodinamica e del livello di inquinamento e di trofia della laguna centrale;

**Anni '70-80:** Massimo degrado ambientale con bloom di macroalghe, progressivo declino delle attività industriali;

**Primi anni '90:** declino delle macroalghe;

**Metà-fine anni '90:** esplosione della pesca incontrollata delle vongole filippine e declino della pesca tradizionale;



**Anni 1995-2005:** massime attività della pesca alle vongole e distruzione dei fondali con intensi processi di erosione;

**Seconda metà anni '2000:** declino delle vongole filippine e forte incremento commerciale e turistico via mare (grandi navi);

**Inizio anni '2010:** riduzione impatti antropici con progressivo recupero ambientale ed avvio di attività di rinaturalizzazione con coinvolgimento della popolazione.

Inizio monitoraggi Direttiva 2000/60/EC.

Finanziamento LIFE12 NAT/IT/000331 - SeResto; LIFE12 NAT/IT/000663 - REFRESH e progetti regionali;

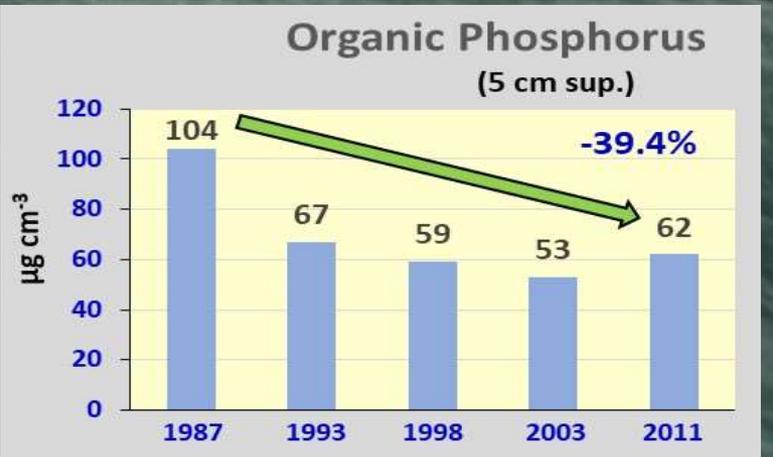
**2019:** inizio entrata in funzione del MOSE???



# Variazioni fosforo nei sedimenti 1987-2003 (Laguna centrale)

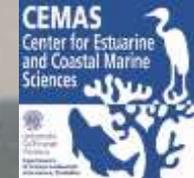


stations N°	Total Phosphorus					Organic Phosphorus					Organic/Total				
	1987	1993	1998	2003	2011	1987	1993	1998	2003	2011	1987	1993	1998	2003	2011
	$\mu\text{g}/\text{cm}^3$					$\mu\text{g}/\text{cm}^3$					%				
	34	34	34	34	31	34	34	34	34	31	34	34	34	34	31
<b>Mean</b>	<b>386</b>	<b>361</b>	<b>375</b>	<b>358</b>	<b>383</b>	<b>104</b>	<b>67</b>	<b>59</b>	<b>53</b>	<b>62</b>	<b>26.9</b>	<b>18.6</b>	<b>15.7</b>	<b>14.8</b>	<b>16.3</b>
<b>STD</b>	96	80	65	99	50	42	28	31	53	24					
<b>Min</b>	227	184	257	201	281	49	27	16	2	13					
<b>Max</b>	<b>720</b>	<b>682</b>	<b>541</b>	<b>635</b>	<b>473</b>	<b>246</b>	<b>210</b>	<b>167</b>	<b>150</b>	<b>113</b>					
<b>Difference 2003-1987</b>	<b>-7.3%</b>					<b>-49.0%</b>					<b>-44.9%</b>				
<b>Difference 2003-2011</b>	<b>≈</b>					<b>-40.4%</b>					<b>-39.4%</b>				

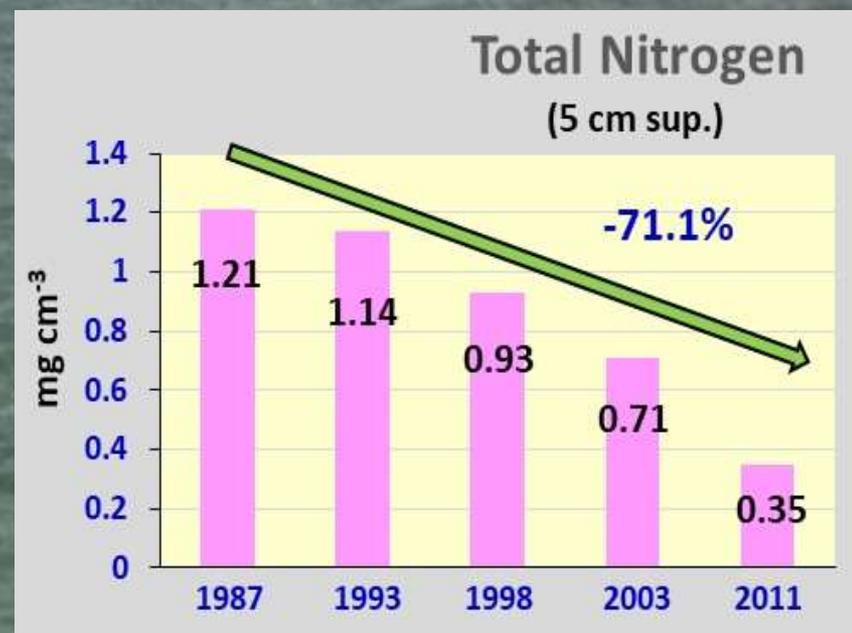




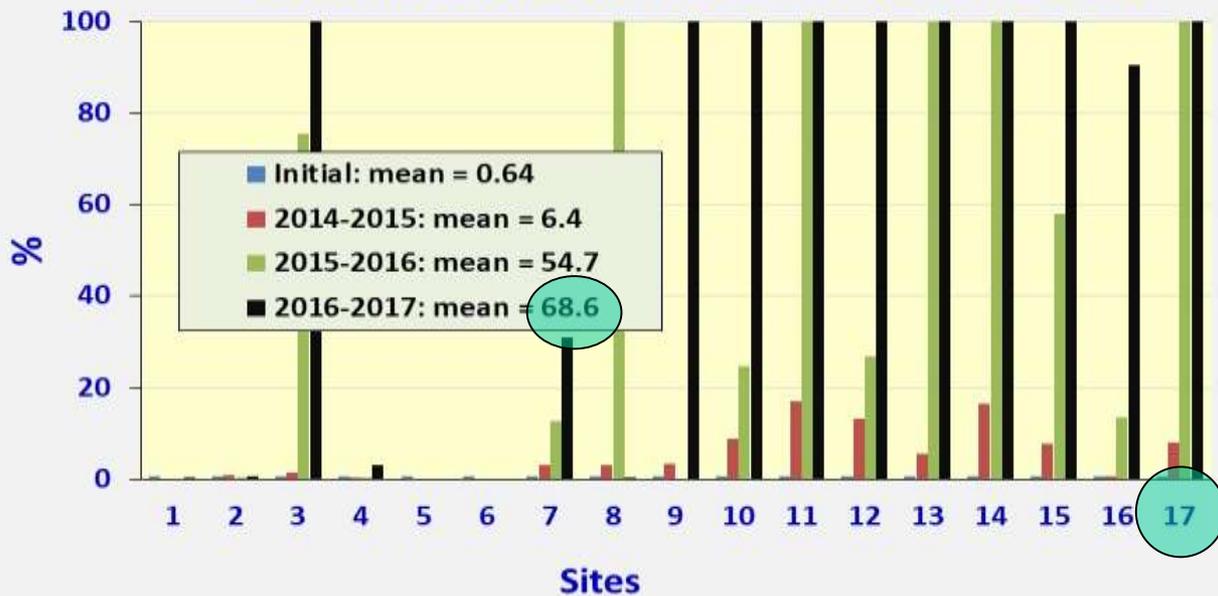
# Variazioni Azoto nei sedimenti 1987-2003 (Laguna centrale)



Total Nitrogen					
	1987	1993	1998	2003	2011
	mg/cm <sup>3</sup>				
stations N°	34	34	34	34	31
<b>Mean</b>	<b>1.21</b>	<b>1.14</b>	<b>0.93</b>	<b>0.71</b>	<b>0.35</b>
STD	0.60	0.48	0.48	0.36	<b>0.48</b>
Min	0.22	0.33	0.10	0.09	<b>0.04</b>
<b>Max</b>	<b>3.00</b>	<b>2.62</b>	<b>1.37</b>	<b>1.48</b>	<b>0.48</b>
<b>Difference</b>					
<b>2003-1987</b>	<b>-41.3%</b>				
<b>2003-2011</b>	<b>-71.1%</b>				



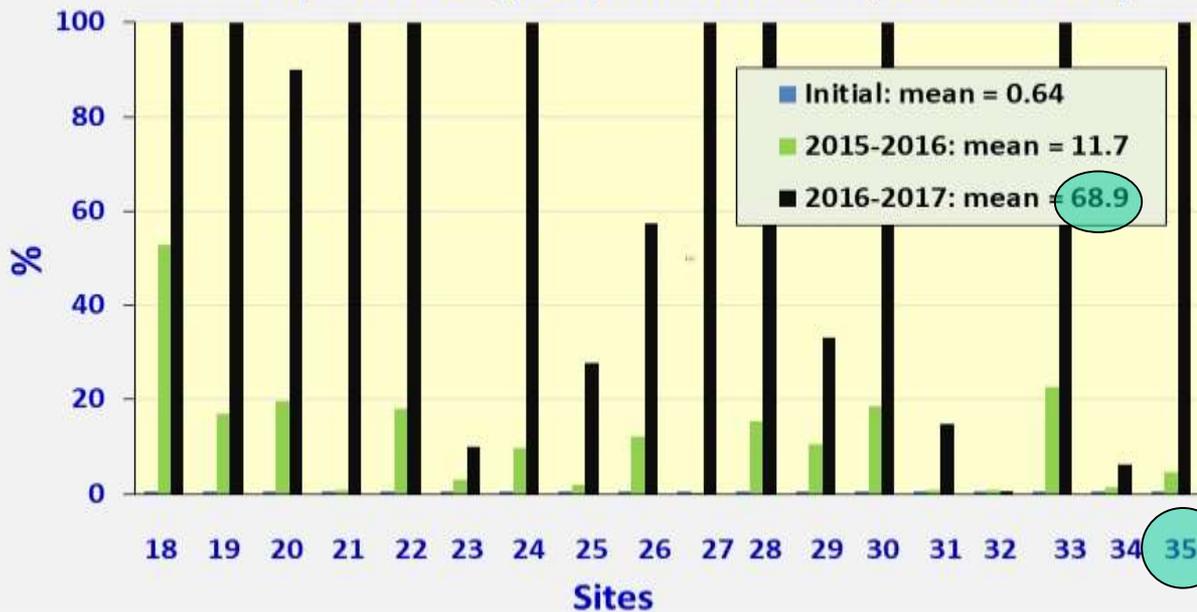
## Aquatic angiosperm cover (2014-2017)



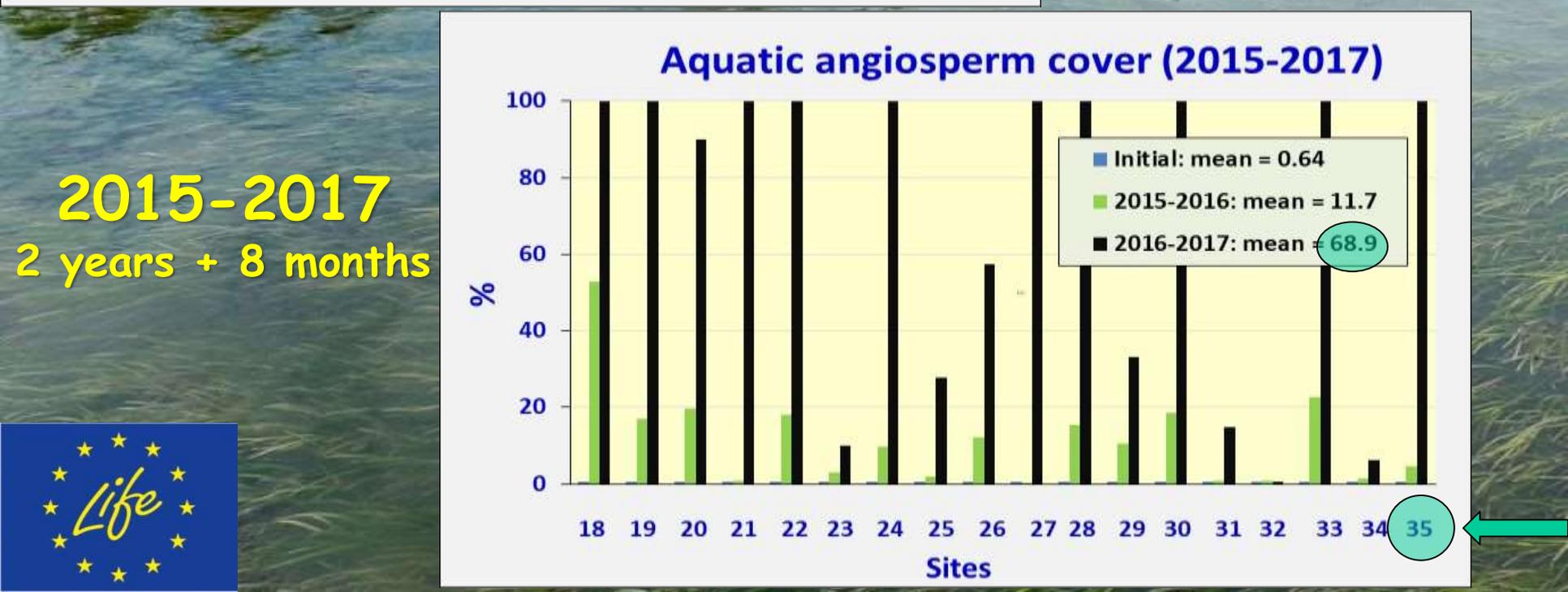
2014-2017  
3 years + 8 months



## Aquatic angiosperm cover (2015-2017)



2015-2017  
2 years + 8 months





# C1- Sods transplantation



Corer with a diameter of ca. 30 cm



Sods in perforated buckets



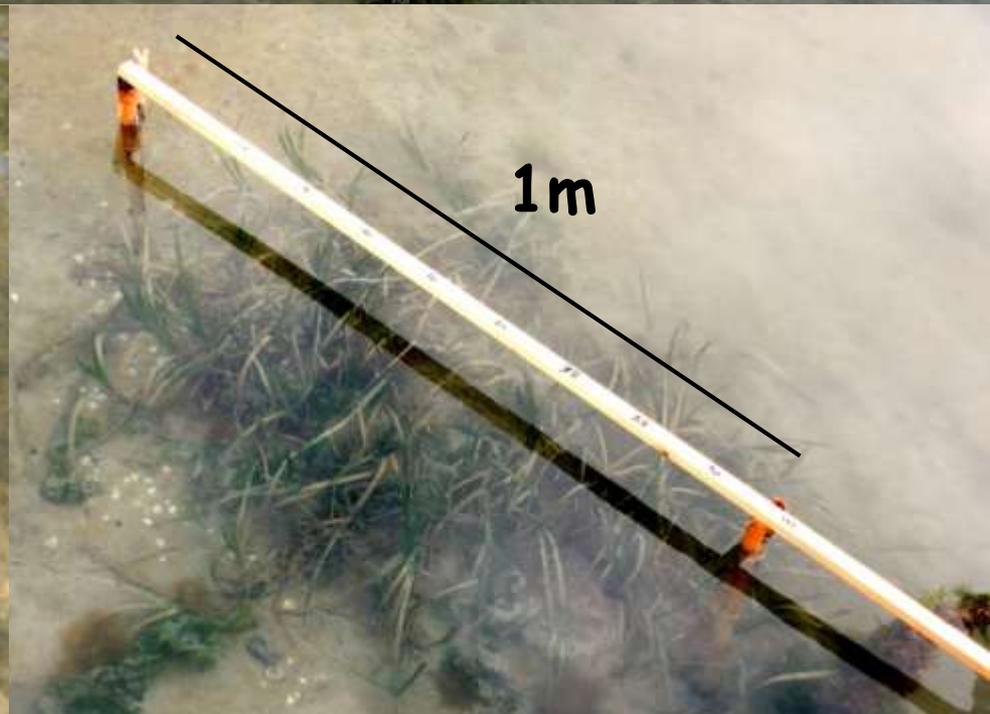


**SERESTO - Habitat 1150 (coastal lagoon)  
recovery by SEagrass RESTORation.**

A new strategic approach to meet HD&WFD objectives  
(accordo n. LIFE12 NAT/IT/000331)



# Sod growth after 8-9 months



**SERESTO - Habitat 1150 (coastal lagoon) recovery by SEagrass RESTORation.**  
A new strategic approach to meet HD&WFD objectives (accordo n. LIFE12 NAT/IT/000331)



**Attualmente lo stato trofico della laguna veneta  
è in forte declino  
mentre  
lo stato ecologico sta progressivamente  
aumentando.**

**La nuova variabile sarà la regolamentazione  
con le chiusure del Mose:  
la trofia tornerà ad aumentare??**

Grazie per l'attenzione...  
Grazie per l'attenzione...

