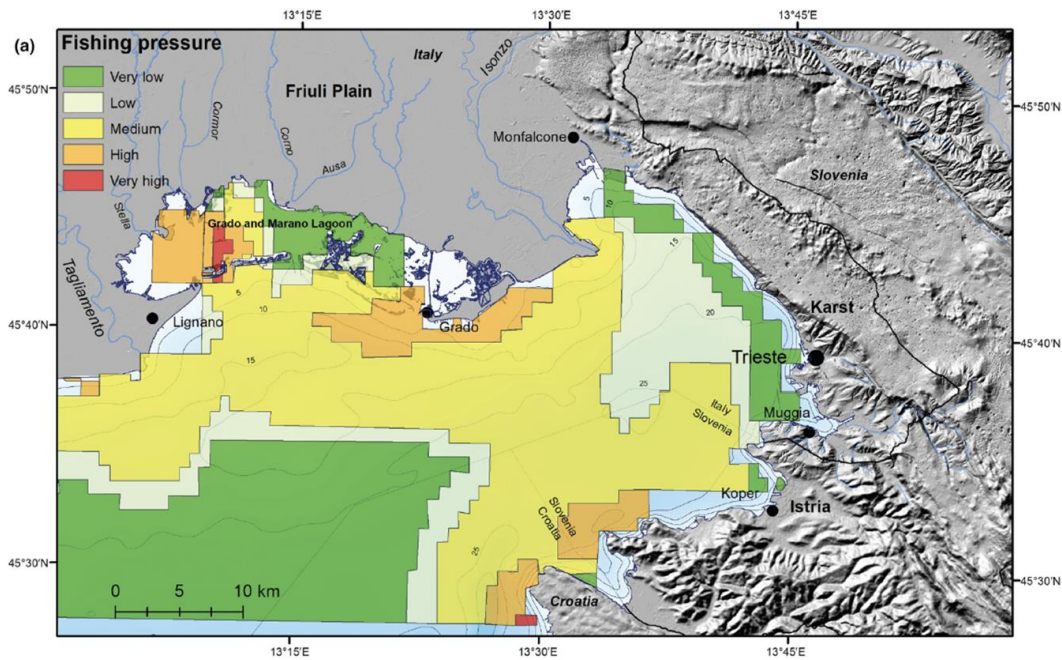


Contaminazione da Hg negli ambienti costieri del Nord Adriatico: evidenze lungo la catena trofica

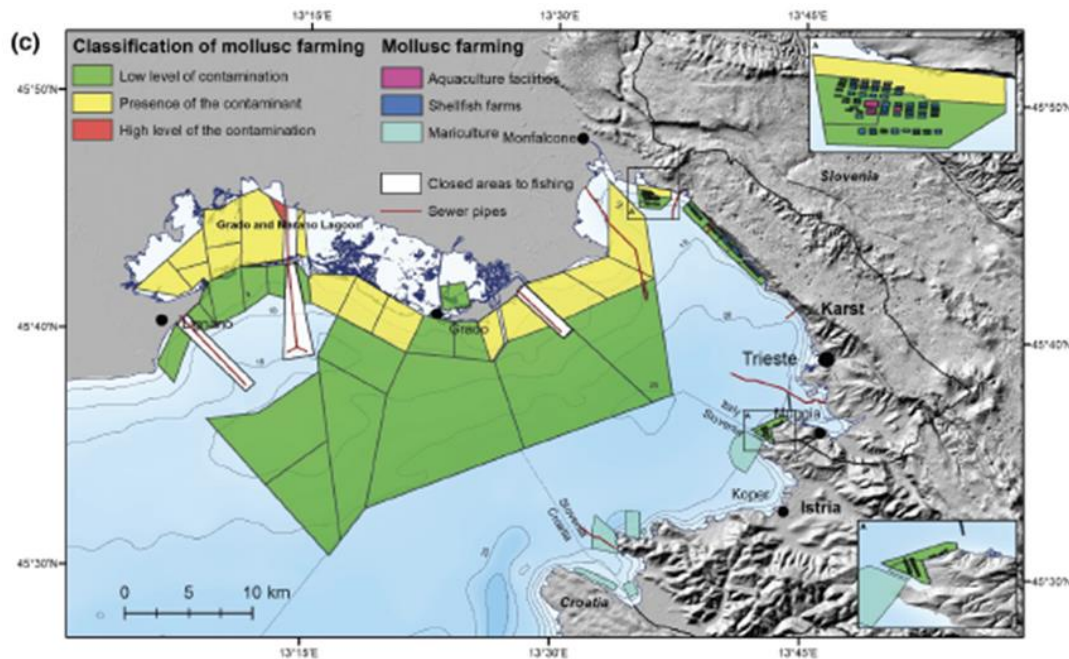
Alessandro Acquavita, Nicola Bettoso, Sergio Predonzani





Pressione di pesca nell'area di studio (ARPA FVG, 2014):

- Rappresenta ~20% della pressione totale lungo la costa adriatica settentrionale.
- Oltre il 60% è attribuibile alla **molluschicoltura**.
- Attività particolarmente sviluppata in:
 - **Laguna di Grado e Marano**
 - **Costa orientale del golfo**



Are di acquacoltura e classificazione contaminanti (ARPA FVG, 2017):

- A: basso livello di contaminazione;
- B: presenza di contaminanti;
- C: elevata contaminazione.

Gestione sanitaria:

In caso di superamento limiti microbiologici (DGR 2557/2015, All. A) → sospensione raccolta e declassamento temporaneo.

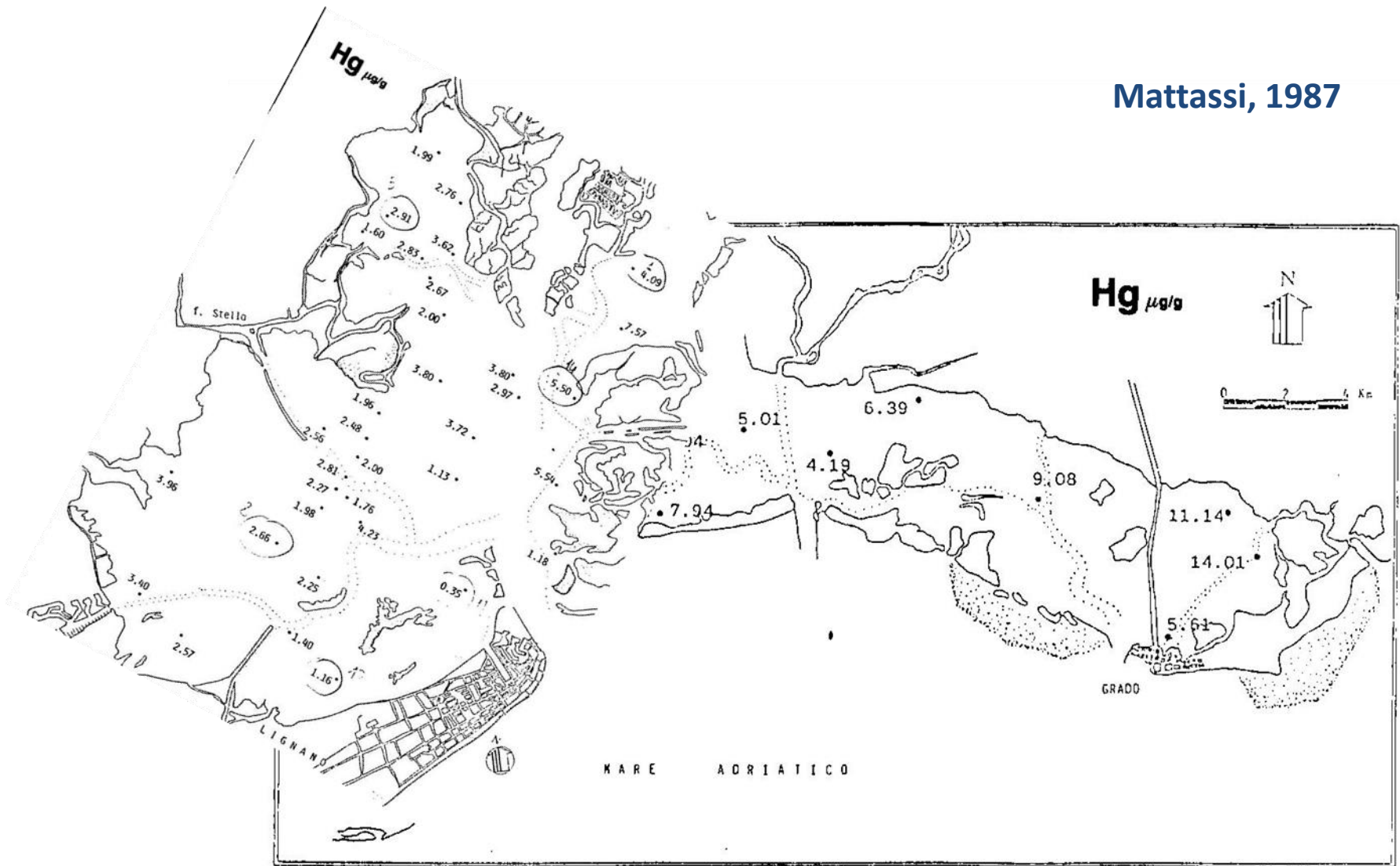


Fig. 34 - Valori di concentrazione di Mercurio (Hg totale µg/g sul secco) rilevati nei sedimenti dei settori 501, 502, 503.

Manila Clam (*Tapes philippinarum* Adams & Reeve, 1852) in the Lagoon of Marano and Grado (Northern Adriatic Sea, Italy): Socio-Economic and Environmental Pathway of a Shell Farm

Barbara Sladonja¹, Nicola Bettoso², Aurelio Zentilin³,
Francesco Tamberlich² and Alessandro Acquavita²
¹Institute of Agriculture and Tourism Poreč, Poreč,
²ARPA FVG-Osservatorio Alto Adriatico, Trieste
³Almar Soc. Coop. Agricola a.r.l., I-33050 Marano Lagunare (UD)
¹Croatia
^{2,3}Italy

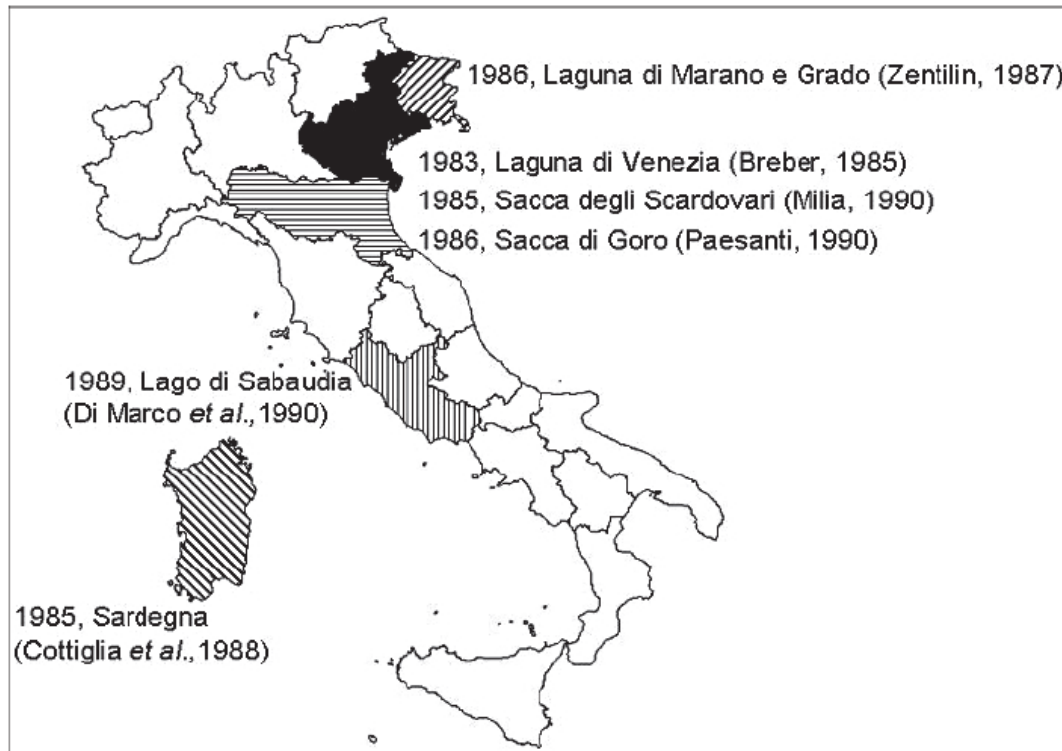
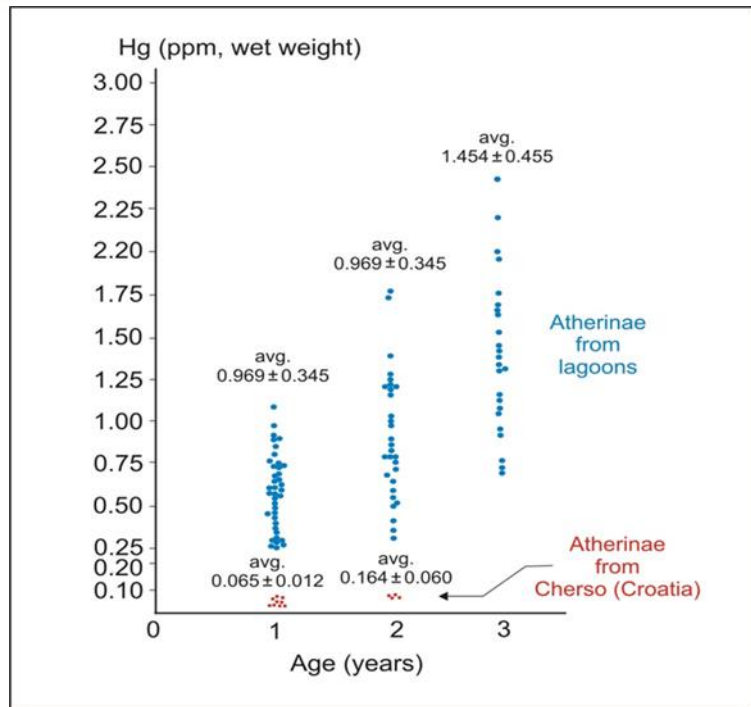
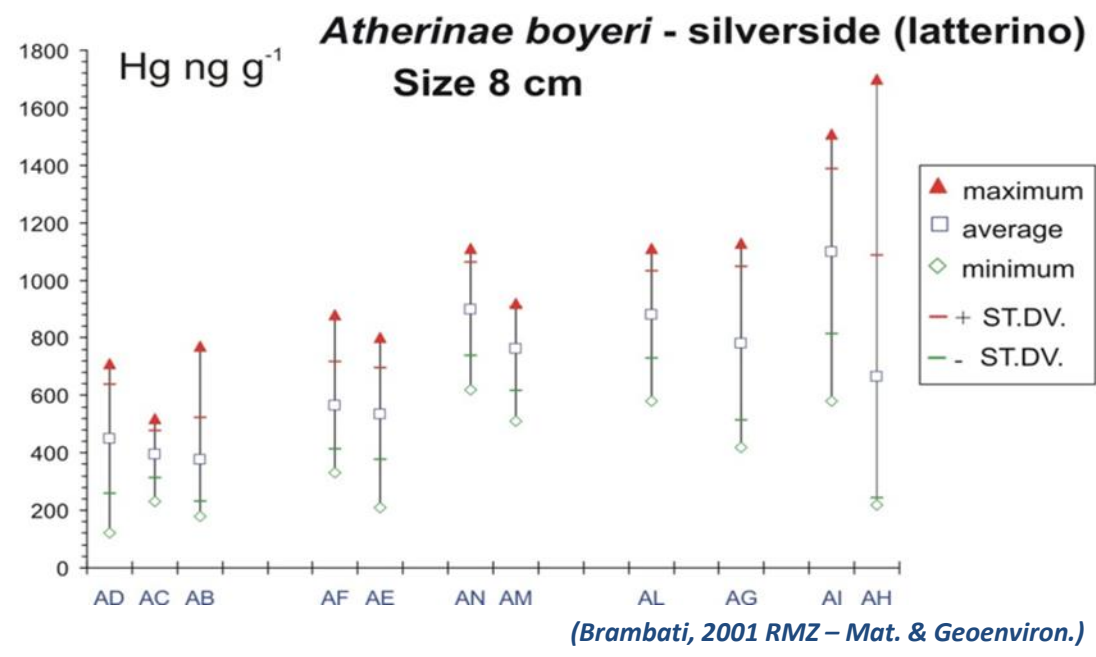
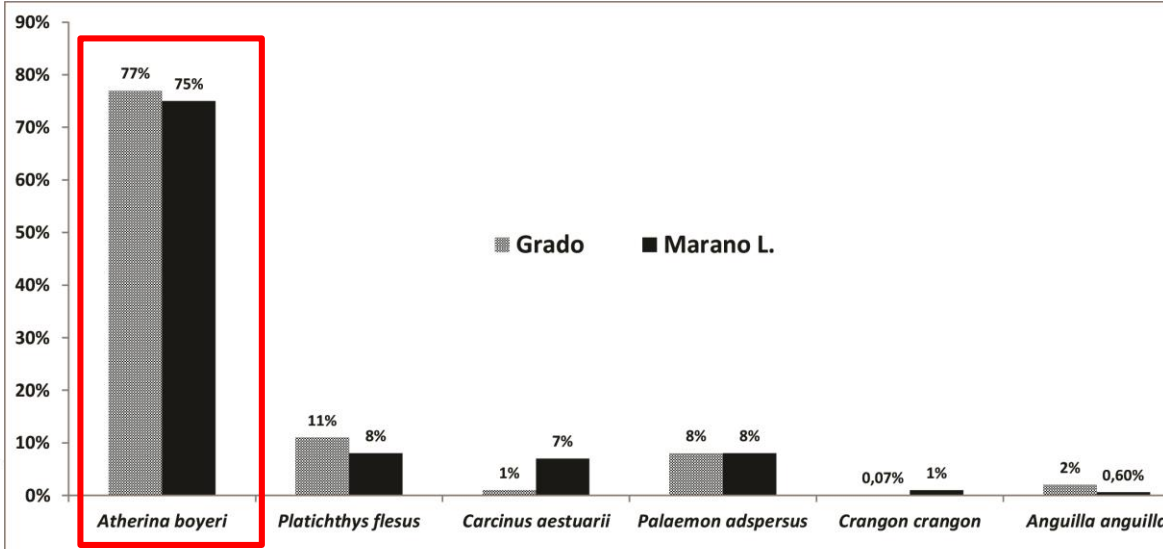
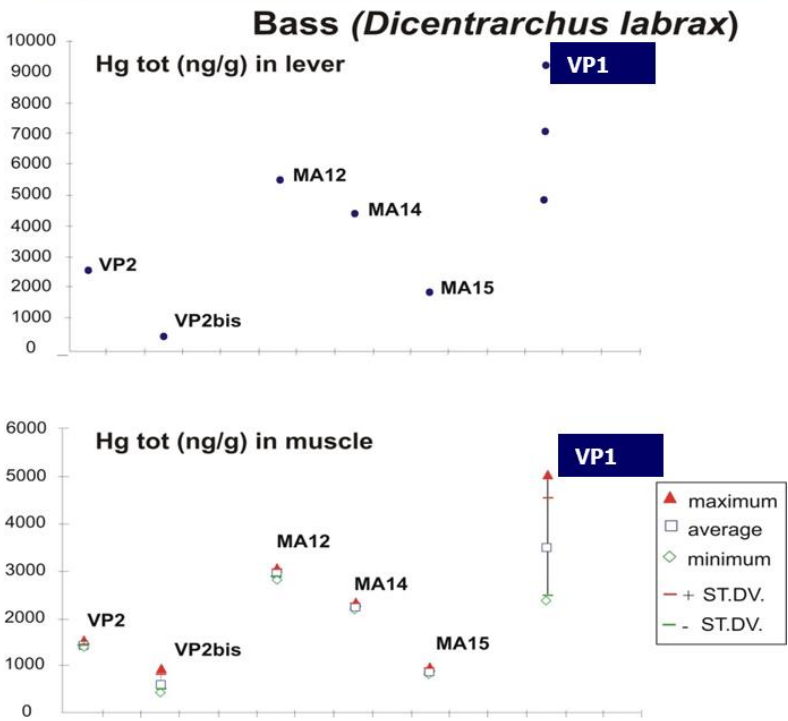
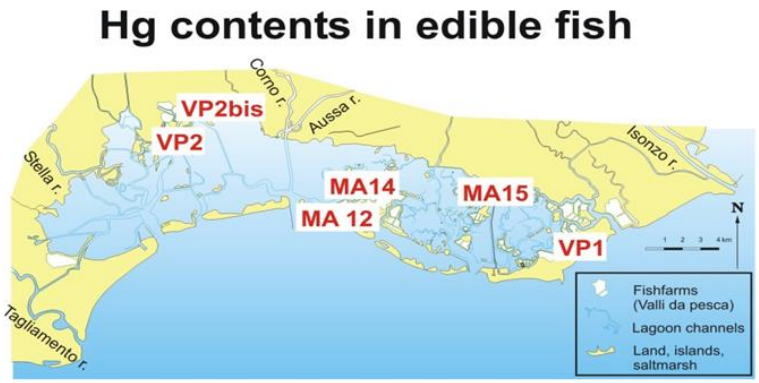
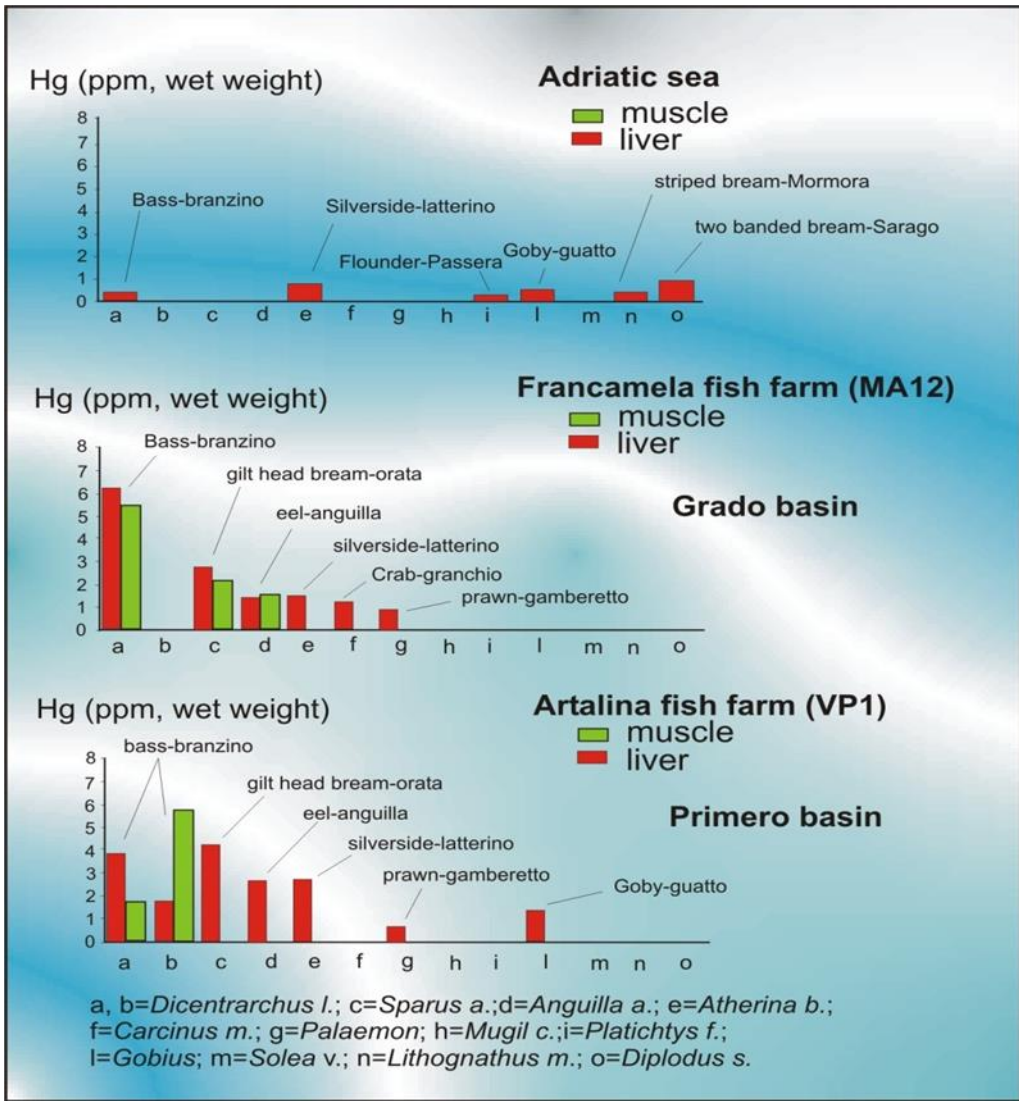


Fig. 1. Introduction of Manila clam (*Tapes philippinarum*) in Italy (Zentilin et al., 2007)

- Produzione italiana di vongole concentrata nelle lagune dell'Alto Adriatico
- Contributo Alto Adriatico: fino al 95% della produzione nazionale (Orel et al., 2000; Zentilin et al., 2008)
- Max produzione: 1996 > 5.000 tonnellate
- 2010: 1.042 tonnellate, 74% provenienti da acquacultura su 130 ettari di laguna

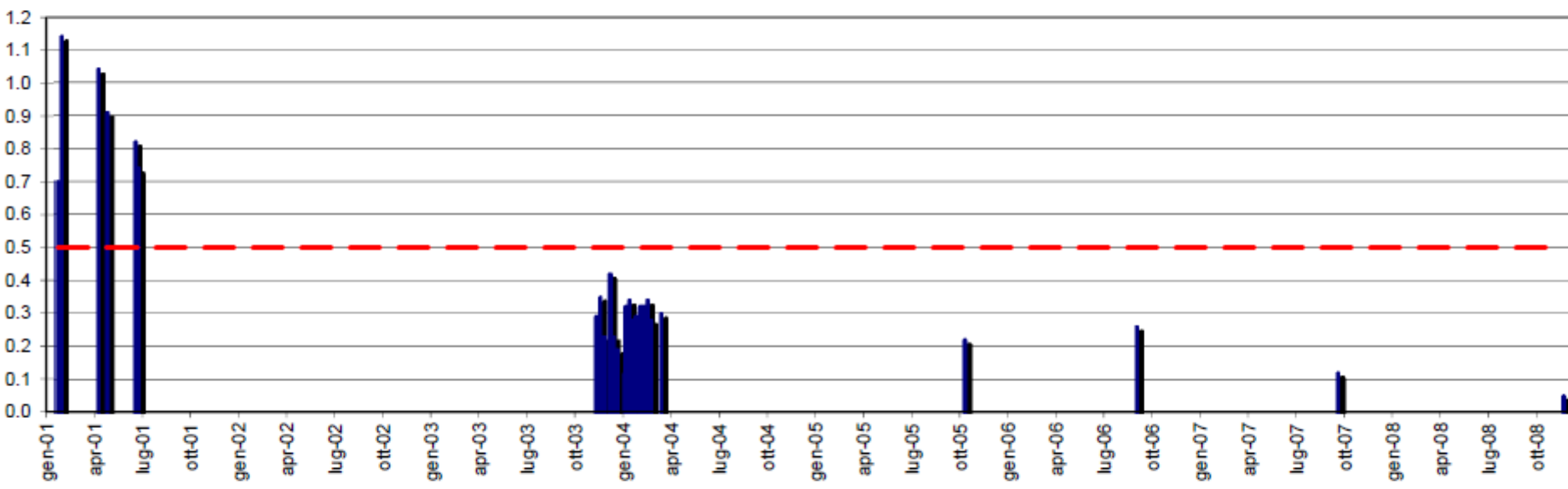




(Brambati, 2001 RMZ – Mat. & Geoviron.)

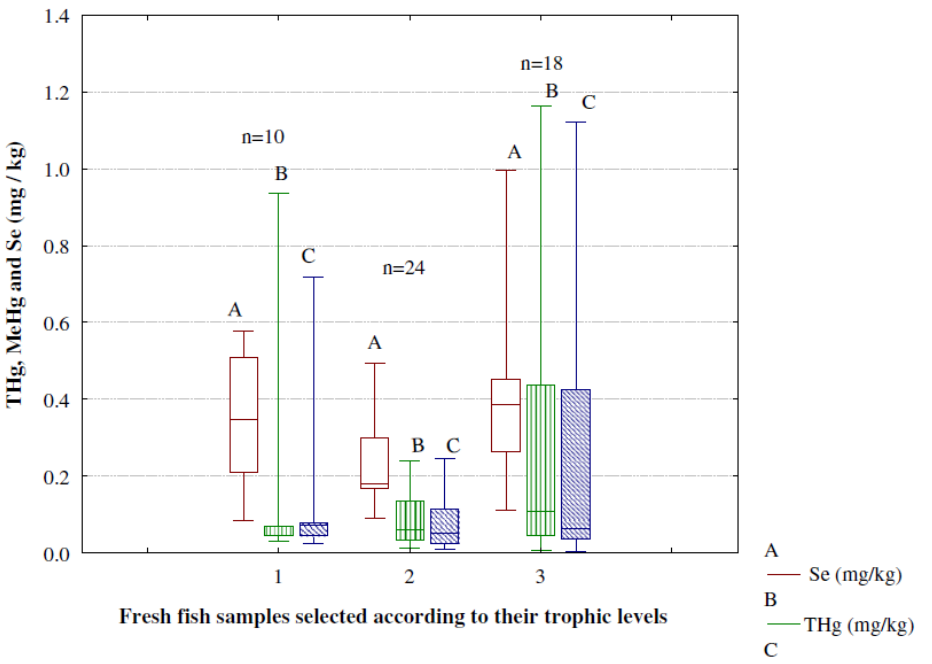
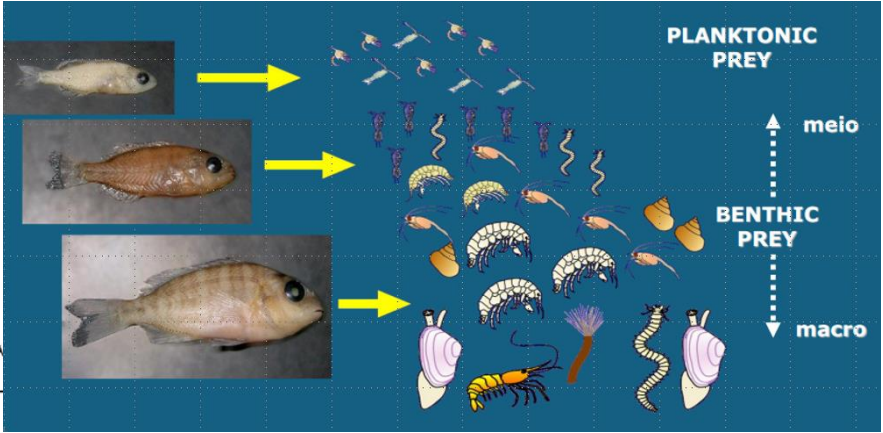
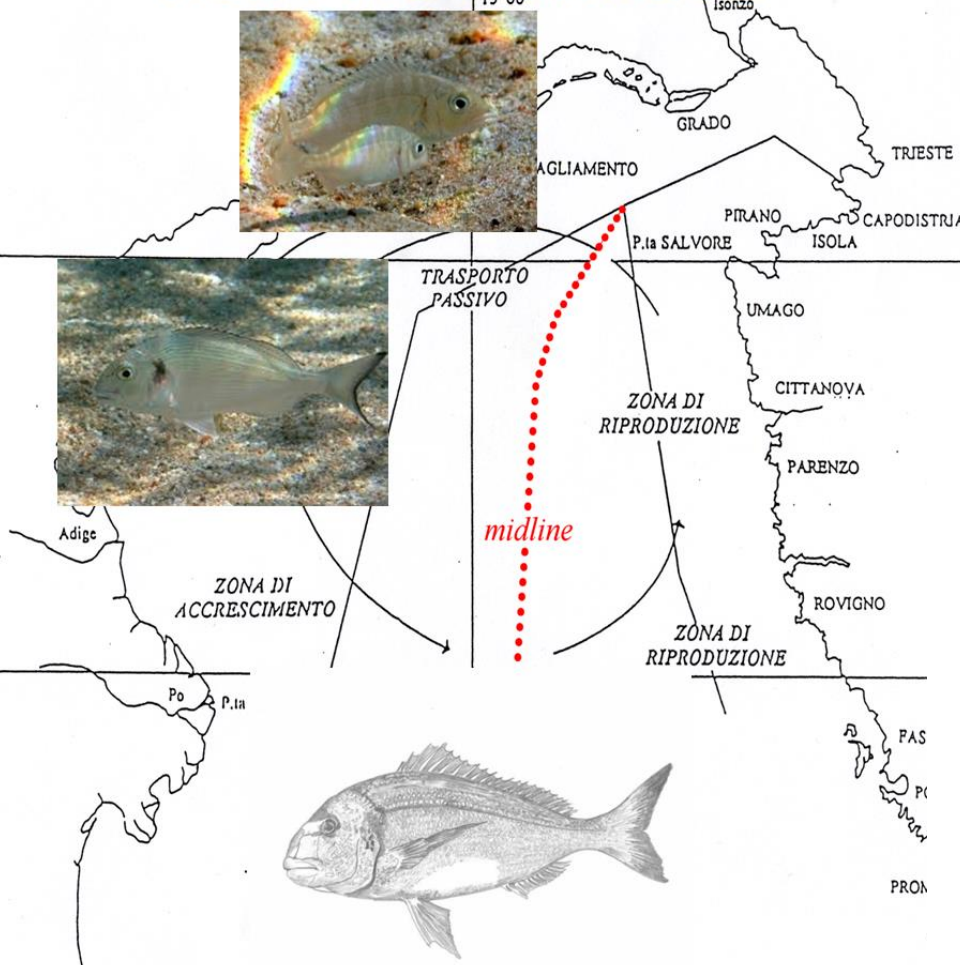
Protocollo per la sicurezza alimentare dei prodotti ittici delle specie *S. aurata* (orata) e *D. labrax* (branzino), allevati nelle valli da pesca della Laguna di Grado e recepito dalla D.G.R. 2454/2004

Bioconcentrazione di Hg in *Sparus aurata* (Val Panera)



Concentrazione di mercurio in *S. aurata* (Comune di Grado) (dati ARPA FVG): adottando il protocollo è evidente come la concentrazione di Hg sia passata da valori compresi tra 0.7-1.15 p.p.m. nel 2001, a valori massimi di 0.4 p.p.m. in fase di adozione del protocollo, fino a raggiungere valori pari a circa un decimo della soglia limite a fine 2008.

Ciclo migratorio dell'orata nell'Alto Adriatico



Fresh fish samples selected according to their trophic levels
 1: herbivores, feed on plankton, 2: feed on small fish, crayfish, cephalopod, 3 : top predators

Mercury, selenium, PCBs and fatty acids in fresh and canned fish available on the Slovenian market

Ana Miklavčič^a, Vekoslava Stibilj^a, Ester Heath^a, Tomaž Polak^b, Janja Snoj Tratnik^a, Janez Klavž^a, Darja Mazej^a, Milena Horvat^{a,*}

Hg ?

Research Project

2008-09

“MIRACLE”

“MIRACLE”

“Mercury Interdisciplinary Research
for Appropriate Clam farming
in Lagoon Environment”

Project planning



Geochemica dei sedimenti

Hg distribuzione spaziale e storica, Hg speciazione chimica, Hg tassi di accumulo attuali e passati, inventario del Hg.

Processi biogeochimici all'interfaccia acqua-sedimento

Processi di metilazione/demetilazione e solfato riduzione, flussi bentici delle specie Hg, attività di batteri Hg resistenti.

Bioaccumulo in bivalvi

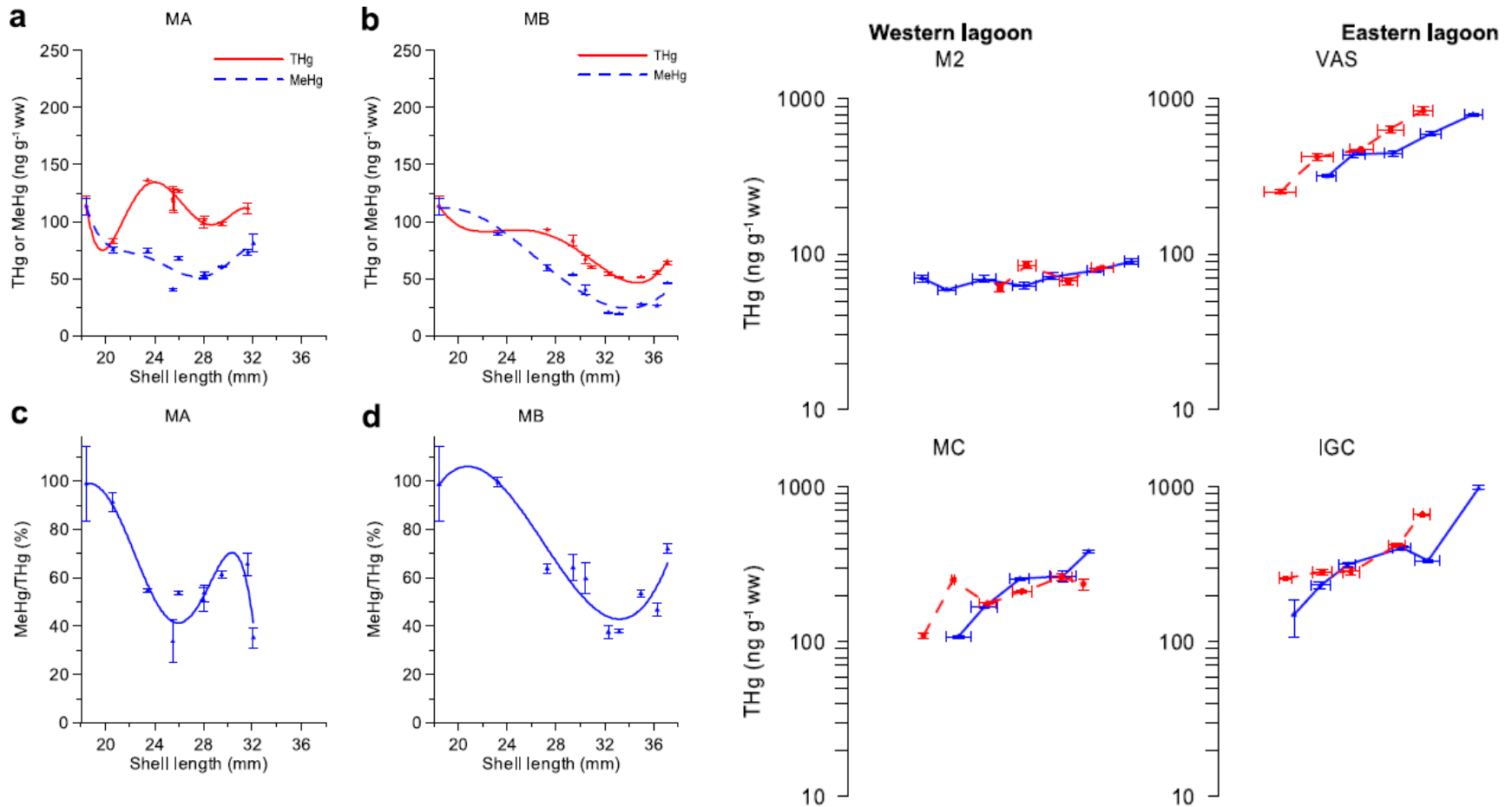
Variabilità spaziale nel bioaccumulo di Hg e MeHg in *Tapes Philippinarum* (popolamenti naturali, aree in concessione attuale e nuove aree potenziali).

Rimobilizzazione del Hg dai sedimenti

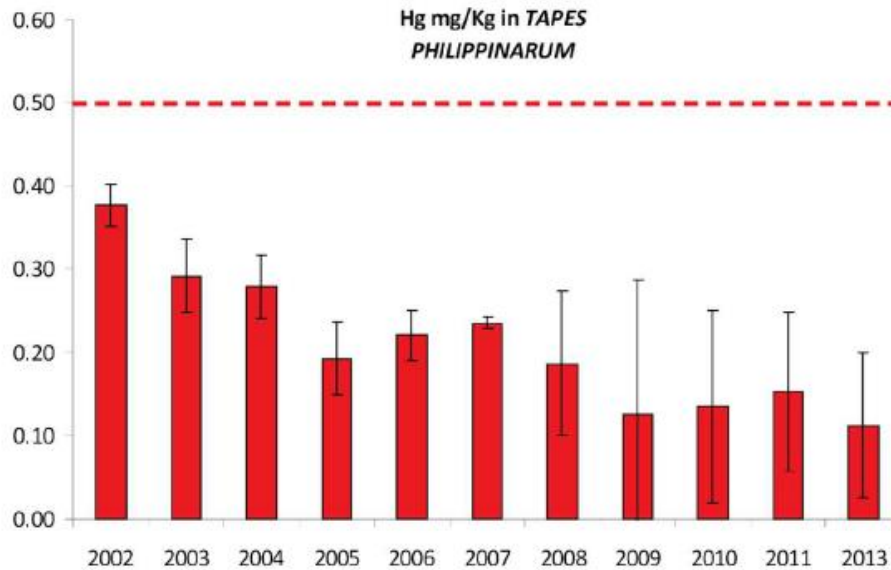
Verifica del rilascio di Hg in colonna d'acqua dovuto a risospensione fisica indotta da eventi naturali o artificiali (*in lab simulation*).

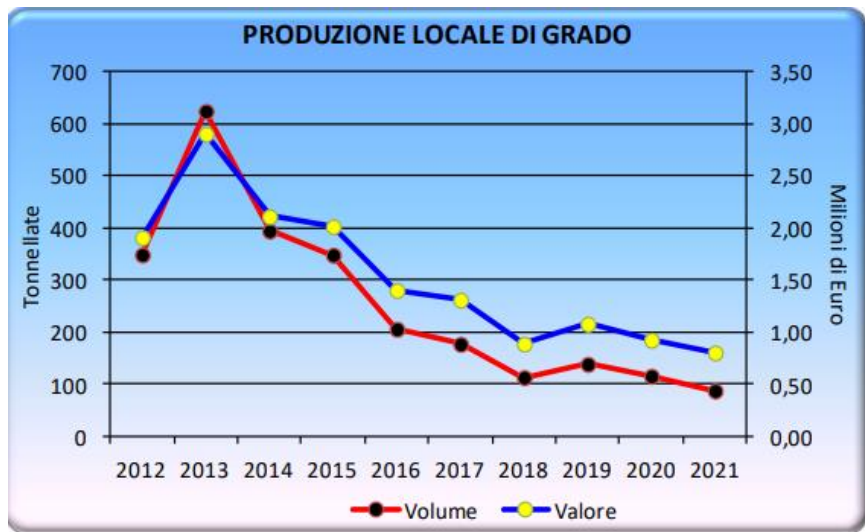
Bioaccumulation of mercury in reared and wild *Ruditapes philippinarum* of a Mediterranean lagoon

Michele Giani^{a,b,*}, Federico Rampazzo^b, Daniela Berto^b, Chiara Maggi^c, Andrea Mao^d, Milena Horvat^e, Andrea Emili^d, Stefano Covelli^d

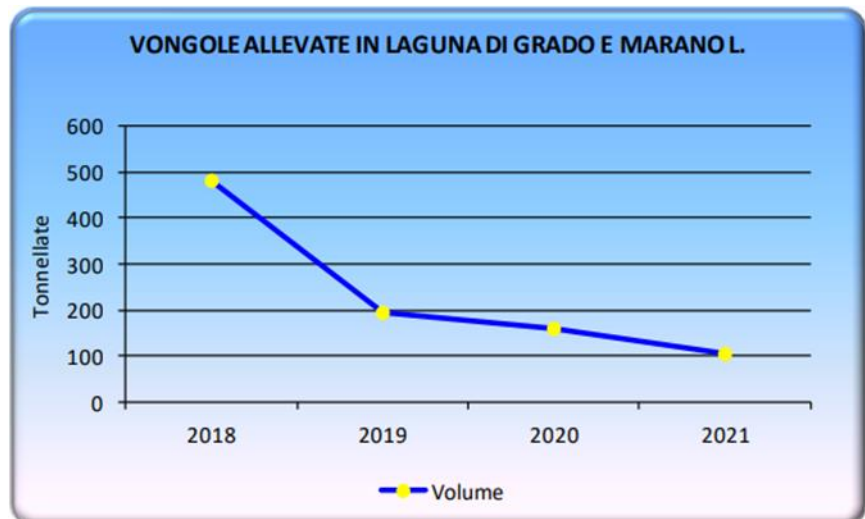


Vongola filippina (*Ruditapes philippinarum*)





2016: inizio invasione *Mnemiopsis leidyi*



PRODUZIONE VONGOLE VERACI DEL FVG - 2021		
Specie ittica	Tonnellate	Var. 2020/2012
Vongole veraci	105	-86,4%

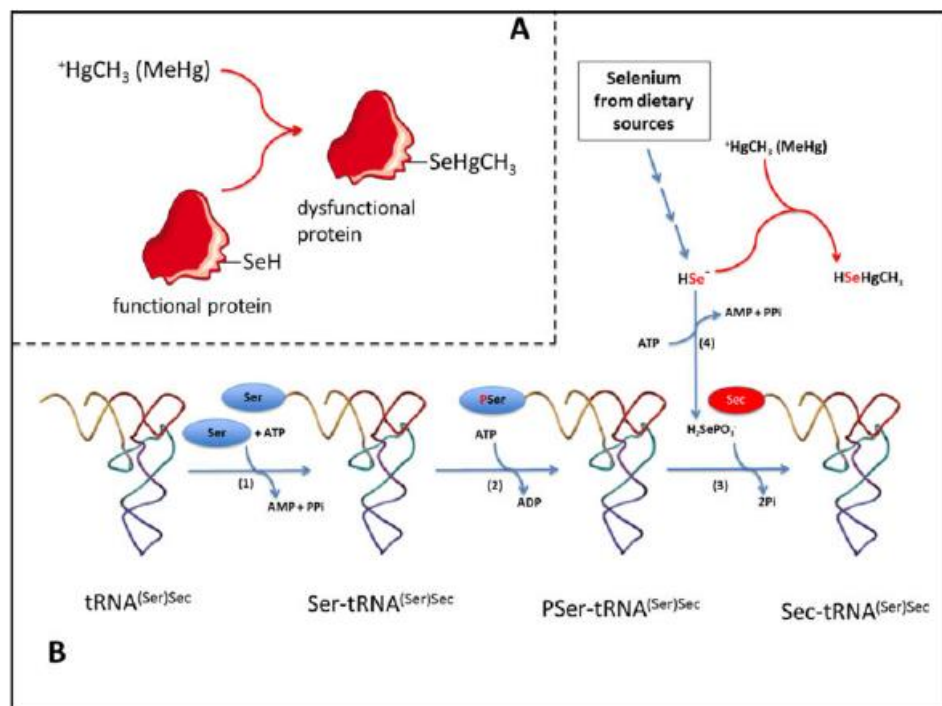


2023: inizio invasione *Callinectes sapidus*

Mercury and selenium in the grass goby *Zosterisessor ophiocephalus* (Pisces: Gobiidae) from a mercury contaminated Mediterranean lagoon

Alessandro Acquavita*, Nicola Bettoso

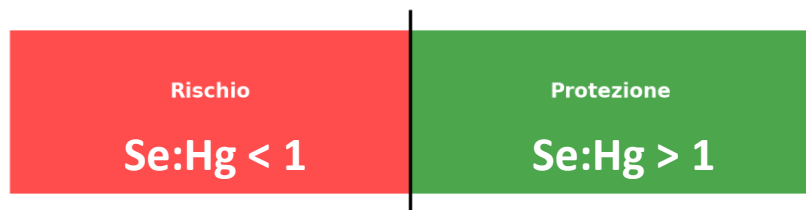
- **Selenio (Se):** oligoelemento essenziale per i tessuti neuroendocrini
- **Basse concentrazioni:** effetto protettivo sul sistema nervoso (Behne et al., 2000; Köhrle et al., 2000; Ralston, 2008)
- **Alte concentrazioni:** tossico per numerosi animali, incluso l'uomo (Gribble et al., 2016)
- **Assunzione alimentare:** il Se agisce tramite enzimi Se-dipendenti contenenti **selenocisteina**
- **Ruolo chiave:** prevenzione dei danni ossidativi da metaboliti reattivi dell'ossigeno, in particolare nel cervello (Ralston, 2008)
- **Assunzione raccomandata:** 30-40 mg al giorno (WHO)



- **MeHg e selenocisteina:** interazione diretta con il gruppo –SeH e inattivazione della funzione catalitica delle selenoproteine;
- **Possibile inibizione della biosintesi della selenocisteina**

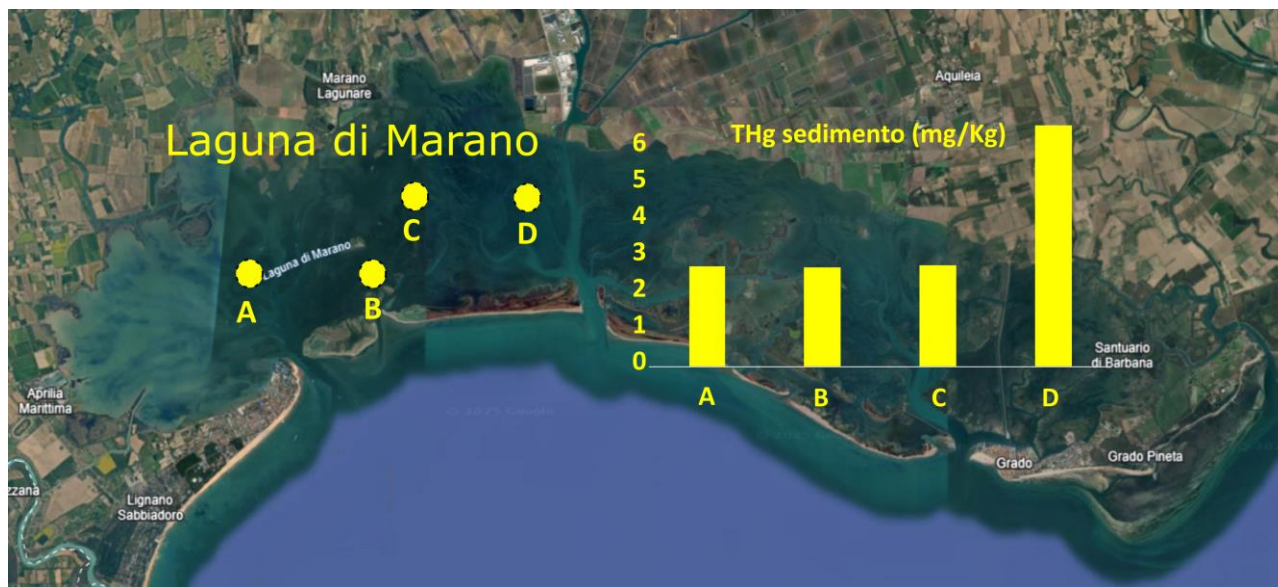
Biomarkers of mercury toxicity: Past, present and future trends

Vasco Branco¹, Sam Caito², Marcelo Farina³, João Batista Teixeira da Rocha⁴, Michael Aschner², and Cristina Carvalho¹





- Ghiozzo:** (*Zosterisessor ophiocephalus*, Pallas 1814 – Gobiidae)
- Diffusione:** acque salmastre, estuari e lagune del Mediterraneo. Particolarmente abbondante nel Nord Adriatico dove è una importante risorsa per la pesca artigianale (Franco et al., 2012)
- Cattura periodo 1998-2007:** di circa 26 tonn/anno in continua crescita
- 2015:** Un controllo sanitario al mercato del pesce già commercializzato (Sardegna) ha mostrato livelli di mercurio (Hg) nelle parti commestibili del pesce erano prossimi al limite di sicurezza.



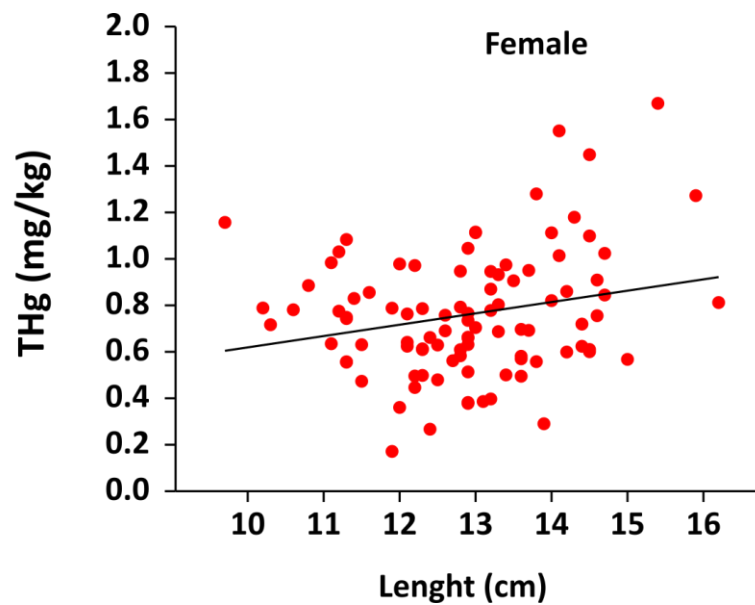
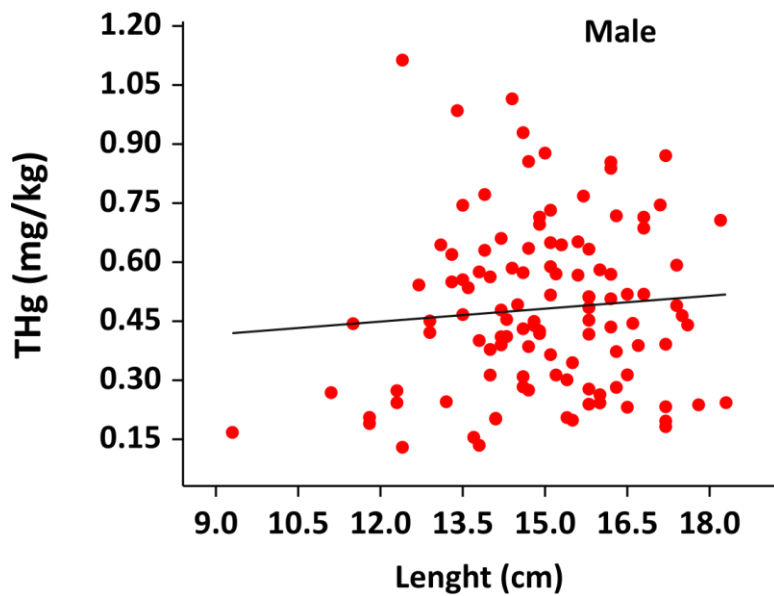
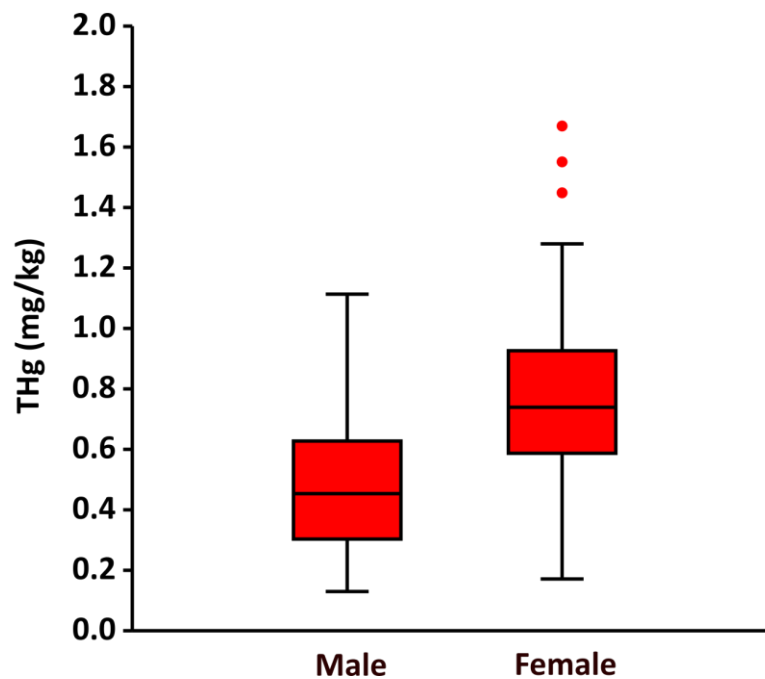
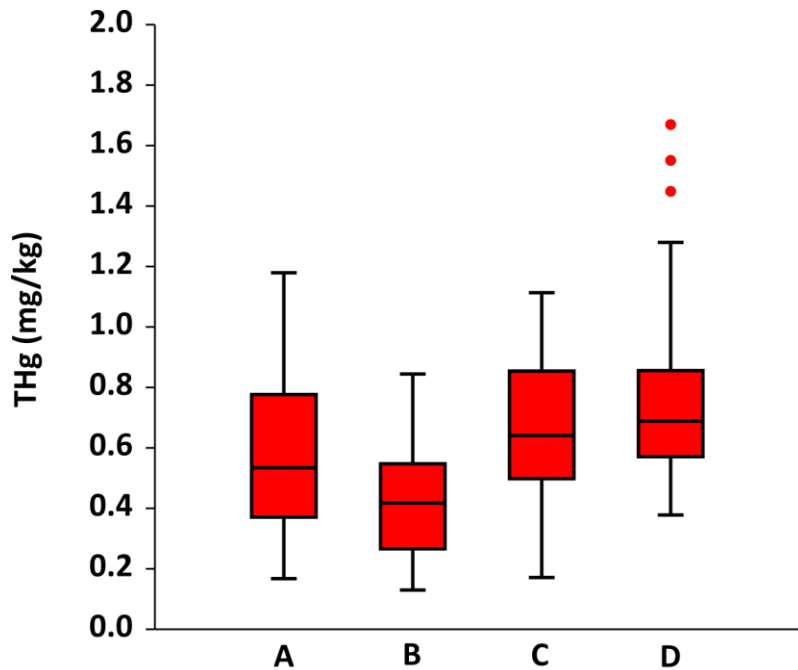
- Livelli di Hg e Se**
(funzione della località di cattura, della dimensione del pesce e del sesso)
- Rapporto molare Se:Hg**
- Valore di beneficio per la salute del selenio (HBVSe;** Kaneko e Ralston, 2007)
- Suggerire buone pratiche** per i consumatori locali (PTWI)

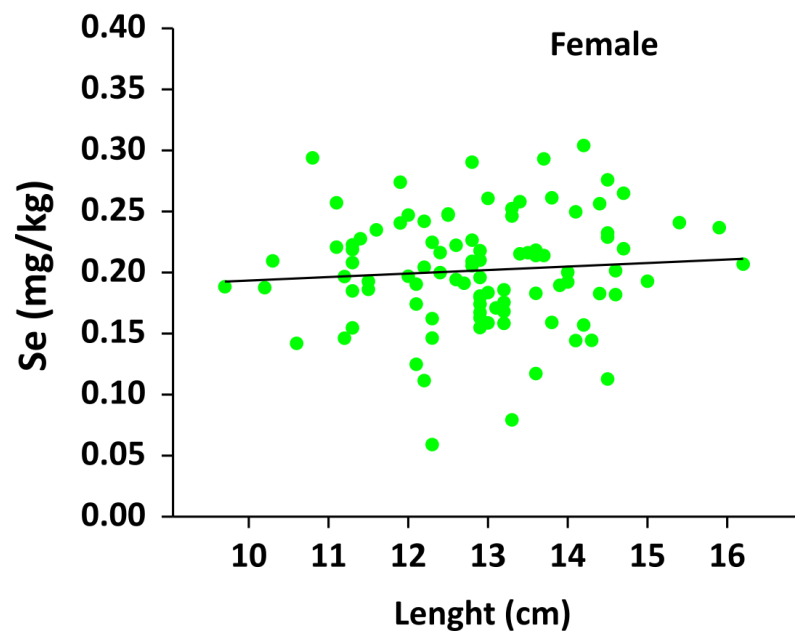
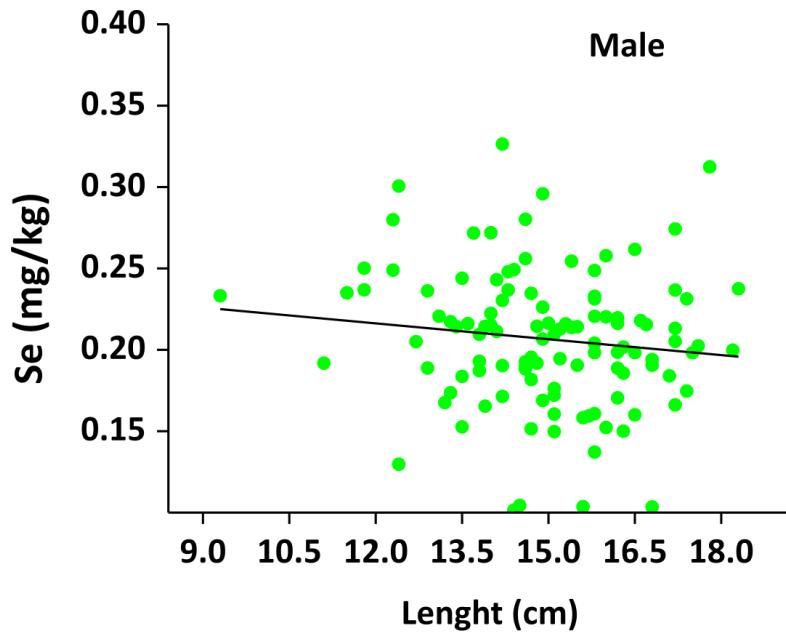
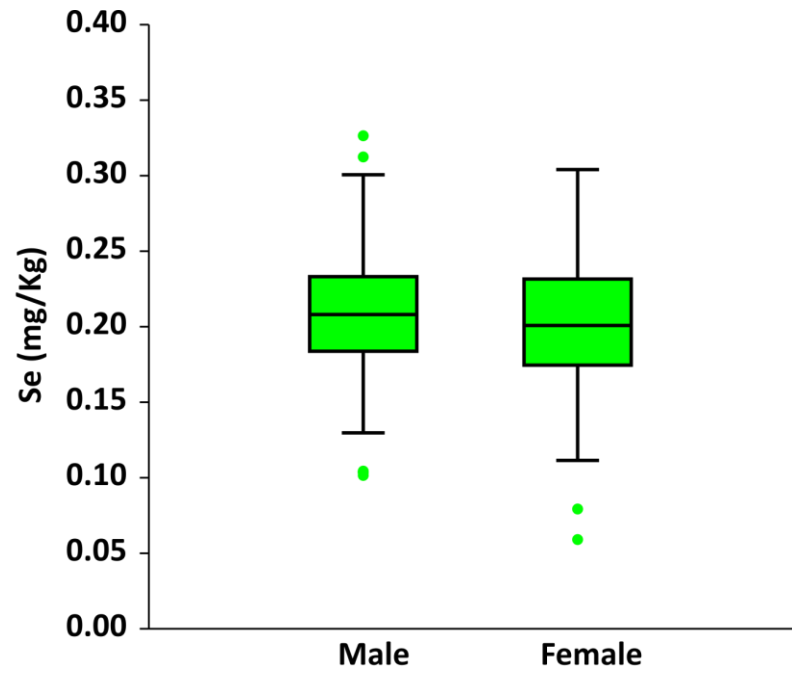
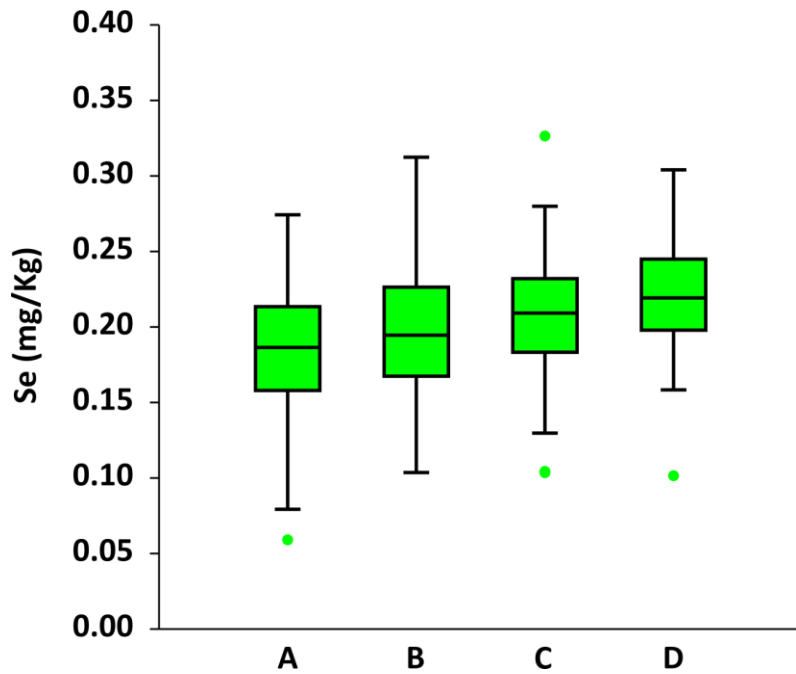
Number of specimens collected for this study with male:female ratio and significant differences ($p < 0.05$) among sites and seasons.

	♂	♀	N individuals	♂:♀	χ^2	<i>p</i>
N individuals	112	96	208	1.17	1.23	n.s.
Season						
<i>Spring</i>	45	71	116	0.63	5.83	< 0.05
<i>Autumn</i>	67	25	92	2.68	19.17	< 0.01
Site						
<i>TPO3 S4</i>	24	32	56	0.75	1.14	n.s.
<i>TPO3 S1</i>	25	32	57	0.78	0.86	n.s.
<i>TPO4 S1</i>	28	14	42	2	4.67	< 0.05
<i>TEU4 S2</i>	35	18	53	1.94	5.45	< 0.05

Main biometrical parameters of the examined fish species (** means *t*-test highly significant).

		L_{tot}	P_{tot}
♂	<i>mean</i>	18.5	61.6
	<i>s. dev.</i>	2	20.3
	<i>n</i>	112	112
♀	<i>mean</i>	16	39.9
	<i>s. dev.</i>	1.5	11.1
	<i>n</i>	96	96
	<i>t</i>	10.475**	9.772**
Spring	<i>mean</i>	17.2	49.7
	<i>s. dev.</i>	2.1	17.2
	<i>n</i>	116	116
Autumn	<i>mean</i>	17.5	54
	<i>s. dev.</i>	2.3	22.8
	<i>n</i>	92	92
	<i>t</i>	0.964n.s.	1.520n.s.





Comparison of total Hg, total Se and Se:Hg molar ratio in several species from the Adriatic Sea. In bold are reported the results of this study.

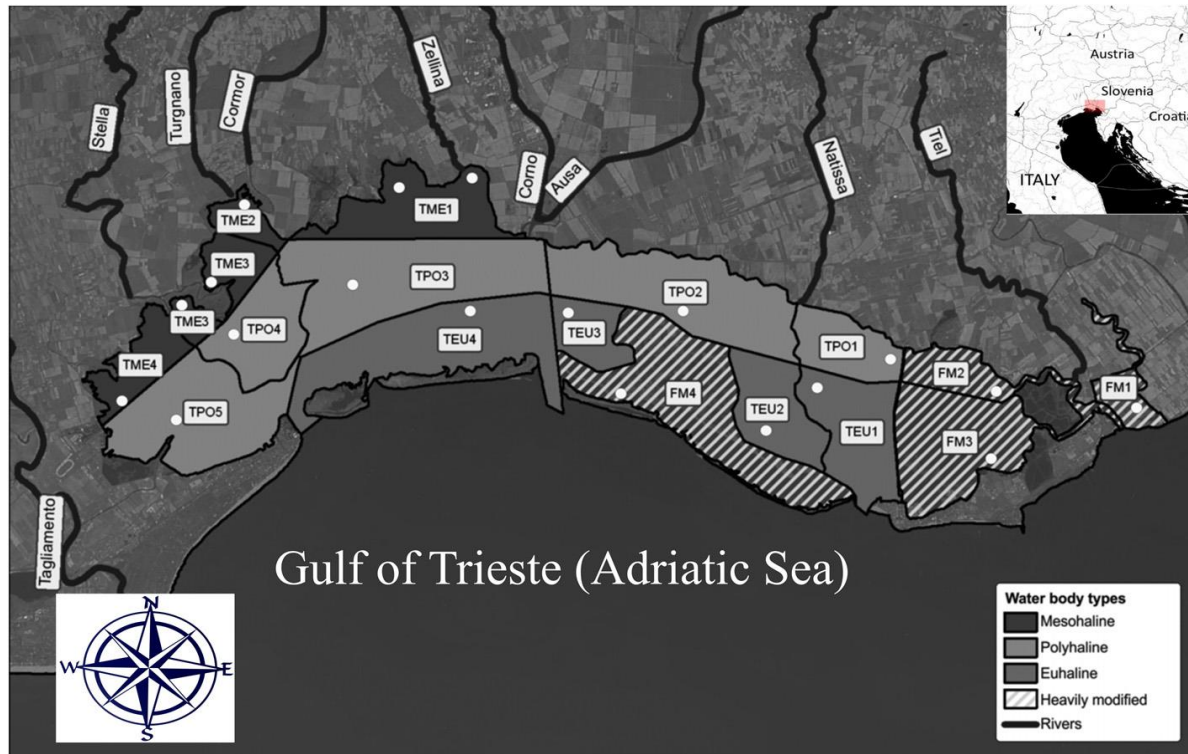
Species	Origin	No	Hg (mg kg ⁻¹ w.w. mean)	Se (mg kg ⁻¹ w.w.; mean)	Se:Hg molar ratio
Conger, <i>Conger conger</i>	Croatia FAO 37.1 37.2 37.3	1	0.864	0.417	1.23
Angler, <i>Lophius piscatorius</i>	Croatia FAO 37.1 37.2 37.3	3	0.291	0.414	3.61
Goatfish, <i>Mullus barbatus</i>	Croatia FAO <i>not known</i>	2	0.159	0.442	7.06
Common pandora, <i>Pagellus erythrinus</i>	Croatia FAO 37.1 37.2 37.3	2	0.503	0.338	1.71
Grey mullet, <i>Mugil chepalus</i>	Croatia FAO 37.1 37.2 37.3	2	0.05	0.149	7.57
Atlantic mackarel, <i>Scomber scombrus</i>	Slovenia FAO 37.1 37.2 37.3	2	0.049	0.337	17.5
Sea bass, <i>Dicentrarchus labrax</i>	Croatia FAO 37.1 37.2 37.3	2	0.101	0.171	4.30
Sand steenbrass, <i>Lithognathus mormyrus</i>	Croatia FAO 37.1 37.2 37.3	2	0.158	0.351	5.64
Pilchard, <i>Clupea pilchardus</i>	Slovenia FAO 37.1 37.2 37.3	2	0.107	0.560	13.3
Grass goby, <i>Zoosterisessor ophiocephalus</i>	Italy, FAO 37.2.1	208	0.610	0.204	1.13

Ghiozzi gò	totali	maschi	femmine
Hg (mg/kg p.u.)	0.69±0.28	0.53±0.22	0.78±0.27
Se (mg/kg p.u.)	0.19±0.05	0.19±0.04	0.18±0.05
Se/Hg	0.89±0.56	1.16±0.73	0.71±0.31
SeHBV	0	0	0

- **Bioaccumulo di Hg:** più elevato nelle femmine in primavera; non correlato alla taglia.
- **Fattori di bioaccumulo/bioconcentrazione:** variabili in base al sito, ma senza correlazioni significative.
- **Selenio totale:** costante, indipendente da sesso, taglia e sito.
- **Rapporto Se:Hg ≈ 1:** non sufficiente a protezione completa; HBVSe → necessità di principio di precauzione.
- **Sicurezza alimentare (PTWI):** consumo sicuro fino a 5 pesci/settimana (~150 g).

Mercury Levels in Sediment, Water and Selected Organisms Collected in a Coastal Contaminated Environment: The Marano and Grado Lagoon (Northern Adriatic Sea, Italy)

Nicola Bettoso, Federico Pittaluga, Sergio Predonzani, Antonella Zanella and Alessandro Acquavita *

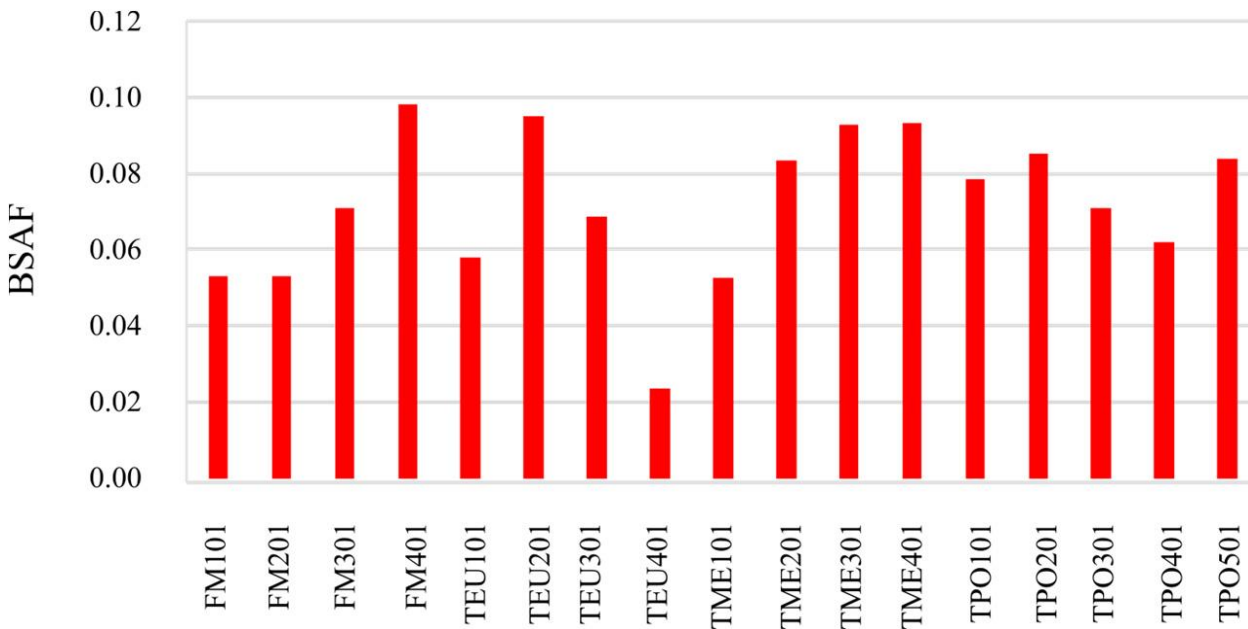


- **Analisi sedimenti:** contenuto totale di Hg + speciazione → bio-accessibilità
- **Valutazione qualità sedimenti**
- **Hg nella colonna d'acqua (scarsi in letteratura)**
- **Raccolta biota secondo categorie EUFG**
- **Verifica conformità ai limiti normativi**
- **Chelon auratus:** specie modello per calcolo BSAF e THQ

Water Body	Total Hg (mg kg ⁻¹)	F1 (%)	F2 (%)	F3 (%)	F4 (%)	F5 (%)	Igeo	Sediment Quality	Class
FM1	7.38	0.39	0.04	6.85	21.65	71.08	14.8	EC	6
FM2	5.67	0.26	0.02	4.71	40.23	54.78	12.8	EC	6
FM3	6.20	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	13.5	EC	6
FM4	5.09	0.18	0.03	7.28	55.21	37.30	12.0	EC	6
TEU1	3.96	0.17	0.02	20.52	15.30	63.99	10.2	EC	6
TEU2	4.42	0.22	0.08	22.28	23.57	53.86	11.0	EC	6
TEU3	5.55	0.14	0.03	8.75	30.28	60.80	12.7	EC	6
TEU4	6.66	0.12	0.01	14.76	15.03	70.07	14.0	EC	6
TME1	2.77	0.30	0.05	20.21	18.07	61.36	7.5	EC	6
TME2	1.73	0.36	0.04	10.61	33.69	55.30	4.1	H to EC	5
TME3	1.91	0.21	0.04	10.87	29.81	59.06	4.8	H to EC	5
TME4	1.52	0.35	0.04	3.10	24.09	72.41	3.1	HC	6
TPO1	5.21	0.15	0.05	4.72	67.24	27.46	12.2	EC	6
TPO2	3.75	0.15	0.02	25.02	18.60	56.22	9.8	EC	6
TPO3	2.18	0.45	0.13	7.30	46.76	45.35	5.8	EC	6
TPO4	1.66	0.53	0.04	6.31	23.94	69.18	3.7	HC	4
TPO5	1.30	0.52	0.07	8.64	35.64	55.13	1.9	MC	2

Site	Hg (mg kg ⁻¹)	F1 (%)	F2 (%)	F3 (%)	F4 (%)	F5 (%)	References
Aussa River	0.82–5.69	0.66–5.60	0.96–6.05	5.59–24.81	33.11–90.57	0–57.95	[31]
Grado Lagoon	10.75–13.37	0.16–0.20	0.01–0.02	2.72–4.28	43.58–53.31	42.24–53.49	[70]
Pialassa Baiona	14.40–19.10	0.20–0.38	0–0.02	4.77–6.32	87.00–87.81	5.67–7.83	[70]
Gulf of Trieste	6.36–13.50	0.08–0.18	0.04–0.18	0.71–1.47	32.6–59.7	39.3–56.7	[95]
Taranto harbour	6.61	0.30	0.00	4.20	93.10	2.30	[96]
Isonzo River mouth	13.27	0.08	0.03	0.77	23.45	75.68	[97]
Marano Grado Lagoon	1.30–7.38	0.15–0.53	0.01–0.13	3.1–25.0	15.3–67.6	27.5–72.4	This study

EUFG	Species	Year	Ltot (cm)	THg (mg kg ⁻¹)	Ltot (cm)	THg (mg kg ⁻¹)	Ltot (cm)	THg (mg kg ⁻¹)
Estuarine	<i>Atherina boyeri</i>	2012	7.8–8.6	0.17–0.28	7.6–8.1	0.23–0.78	8.4	0.72
	<i>Salaria pavo</i>	2010/2011	8.2	1.74	8.3	1.6	nd	nd
	<i>Zosterisessor ophiocephalus</i>	2010/2011	7.4–12.6	0.16–0.49	nd	nd	10.2	0.61
	<i>Aphanius fasciatus</i>	2010/2011	4.1	0.21	nd	nd	4.4–4.8	0.4–0.74
	<i>Pomatoschistus canestrinii</i>	2010/2011	4.4	0.04	nd	nd	nd	nd
Diadromous	<i>Alosa fallax</i>	2010/2011	28.5	0.76	nd	nd	nd	nd
Marine Migrant	<i>Engraulis encrasicolus</i>	2010/2011	9	0.07–0.17	nd	nd	nd	nd
	<i>Chelon auratus</i>	2021	24.6–30.9	0.1–0.18	24.3–29.5	0.23–0.5	21	0.39



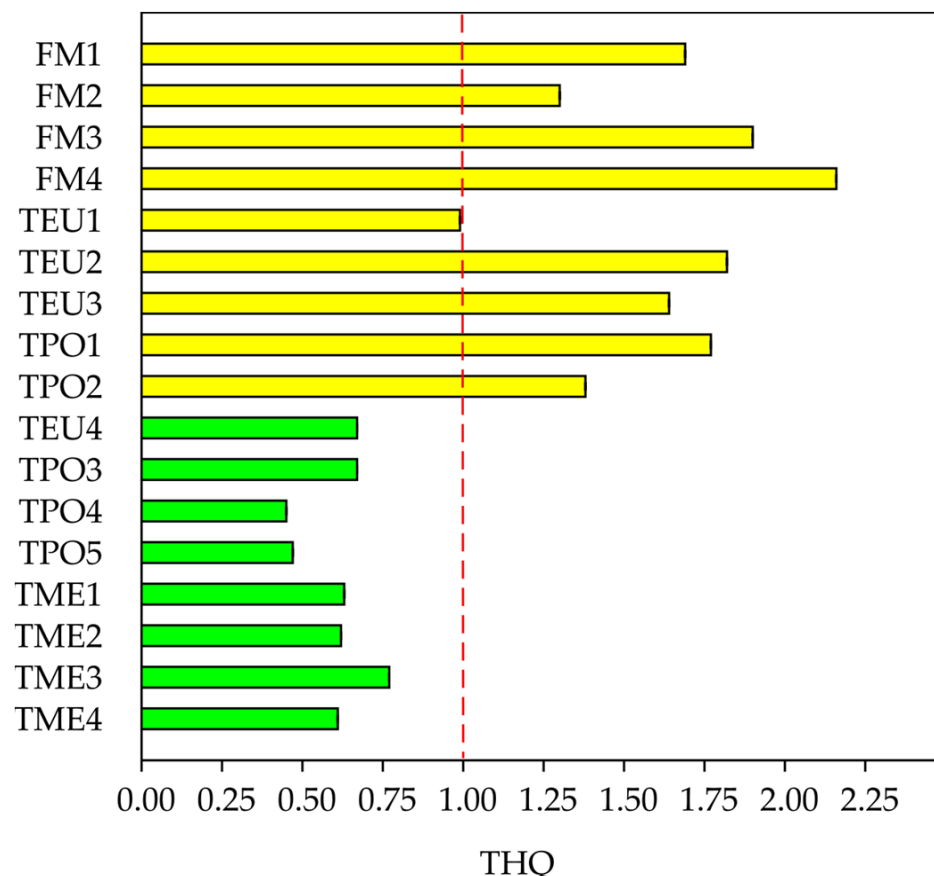
- $BSAF = C(\text{biota})/C(\text{sediment})$
- I valori calcolati variavano da 0,023 a 0,098 (rispettivamente nei siti TEU4 e FM4), risultando sempre < 1 .
- Questo suggerisce che la quantità di mercurio biodisponibile per il trasferimento dai sedimenti alla biota è ridotta.

• Arnot, J.A.; Gobas, F.A.P.C. Environ. Rev. 2006, 14, 257–297.

$$\text{THQ} = [(\text{EF} \times \text{ED} \times \text{FIR} \times \text{C}/\text{RfD} \times \text{BW} * \text{AT})] \times 10^{-3}$$

dove **EF** è la frequenza di esposizione (365 giorni/anno), **ED** è la durata dell'esposizione (70 anni, equivalente alla vita media), **FIR** è il tasso di ingestione alimentare (in Italia: 77,8 g/giorno), **C** è la concentrazione di THg nel pesce (mg kg⁻¹ peso fresco), **RfD** è la dose di riferimento orale (Hg = 3,0 × 10⁻⁴ g/giorno), **BW** è il peso corporeo (60 kg) e **AT** è il tempo medio di esposizione per le sostanze non cancerogene (365 giorni/anno × ED).

Il THQ ha mostrato un'ampia variabilità, compresa tra 0,45 e 2,16 (rispettivamente in TPO4 e FM4). In dettaglio, i corpi idrici (WBs) localizzati nel bacino di Marano hanno sempre evidenziato valori < 1, mentre quelli del bacino di Grado risultano generalmente > 1.



Corpi idrici	Matrice acqua	Matrice Biota	STATO CHIMICO 2020-2022
TME1	NON BUONO (Benzo(a)pirene)	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
TME2	BUONO	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
TME3	BUONO	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
TME4	BUONO	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
TPO1	NON BUONO (Benzo(a)pirene)	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
TPO2	BUONO	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
TPO3	BUONO	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
TPO4	BUONO	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
TPO5	BUONO	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
TEU1	NON BUONO (Benzo(a)pirene)	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
TEU2	BUONO	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
TEU3	BUONO	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
TEU4	BUONO	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
FM1	BUONO	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
FM2	BUONO	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
FM3	BUONO	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
FM4	BUONO	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
AT218	BUONO		BUONO
AT212	NON BUONO (Benzo(a)pirene)		NON BUONO

Corpi idrici	Matrice acqua	Matrice Biota	2020-2022
CA2_1256	NON BUONO (Benzo(a)pirene)	NON BUONO (PBDE, Hg)	NON BUONO
CA2_34	NON BUONO (Pb)	NON BUONO (PBDE, Hg)	NON BUONO
MA2_11	NON BUONO (Benzo(a)pirene)	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptadoloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
CE1_12	BUONO	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
CE1_345	NON BUONO (Benzo(a)pirene)	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptadoloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
CE16	BUONO	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptadoloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO
ME2_123	BUONO	NON BUONO (PBDE, Hg, Eptacloro-Eptacloro epossido)	NON BUONO

A photograph of a sunset over a large body of water. The sky is a mix of orange, yellow, and blue, with the sun low on the horizon. The water reflects these colors, creating a shimmering effect. In the distance, there are silhouettes of trees and a few wooden posts sticking out of the water. The text 'Grazie per l'attenzione' is written in a blue, cursive font across the middle of the image.

Grazie per l'attenzione