

# Monitoraggio delle microalghe potenzialmente tossiche nelle aree marino-costiere del Veneto

Prima fase - Intervento realizzato ai sensi della L. R. 15/2007



Con la collaborazione di



## **REGIONE DEL VENETO**

### **Presidente**

*Luca Zaia*

### **Assessore all'Ambiente**

*Maurizio Conte*

## **ARPAV**

### **Direttore Generale**

*Carlo Emanuele Pepe*

### **Direttore Area Tecnico-Scientifica e Area Ricerca e Informazione**

*Sandro Boato*

### **Progetto e realizzazione**

Settore Acque

*Marina Vazzoler*

*Sara Ancona*

*Alessandro Buosi*

### **Hanno collaborato**

Settore Acque

*Andrea Bartenor*

*Daniele Bon*

*Maria Lavinia D'Amico*

*Daniel Fassina*

*Anna Rita Zogno*

## **ISMAR - CNR VENEZIA**

### **Direttore**

*Fabio Trincardi*

### **Progetto e realizzazione**

*Giorgio Socal*

*Fabrizio Bernardi Aubry*

*Mauro Bastianini*

*Amelia De Lazzari*

### **Hanno collaborato**

*Elisa Camatti*

*Francesco Acri*

*Stefania Finotto*

### **Coordinamento editoriale**

*Sara Ancona*

*Fabrizio Bernardi Aubry*

*Maria Carta*

*Valeria Cappelli*

*Copertina: Foto arenile Pellestrina (Fonte: Mauro Bastianini, ISMAR - CNR)*

# Monitoraggio delle microalghe potenzialmente tossiche nelle aree marino-costiere del Veneto

Prima fase - Intervento realizzato ai sensi della L. R. 15/2007

Con la collaborazione di





**Maurizio Conte**

*Assessore all'Ambiente  
della Regione del Veneto*

La Raccomandazione del Parlamento europeo e del Consiglio del 30.5.2002, relativa all'attuazione della gestione integrata delle zone costiere in Europa, nell'evidenziare che "le zone costiere rivestono grande valenza ambientale, economica, sociale, culturale e ricreativa per l'Europa" sottolinea la fondamentale importanza di attuare una gestione sostenibile a livello ambientale, equa a livello economico, responsabile a livello sociale, sensibile a livello culturale, per tutelare l'integrità della risorsa, tenendo conto al tempo stesso delle attività e delle usanze tradizionali locali, nell'ottica della conservazione delle zone naturali sensibili e della preservazione delle specie selvatiche della fauna e della flora costiere.

La Direttiva 2008/56/CE, che istituisce un quadro per l'azione comunitaria nel campo della politica per l'ambiente marino, inoltre, pone quale obiettivo il conseguimento o il mantenimento, laddove già conseguito, dell'obiettivo di "buono stato ecologico" dell'ambiente marino entro il 2020.

Da anni la Regione attua monitoraggi e controlli dell'ambiente marino costiero e delle matrici acqua, biota e sedimento, in ottemperanza di specifiche normative in materia, ma anche su iniziativa propria; il monitoraggio e più in generale il controllo della qualità ambientale, costituiscono momento irrinunciabile per valutare l'efficacia degli interventi strutturali e normativi adottati a tutela dell'ambiente, la sostenibilità degli interventi e progettare le azioni di risanamento laddove necessario. In altre parole per gestire e proteggere con efficacia servono dati e conoscenze scientifiche, la cui acquisizione certamente implica uno sforzo economico, che tuttavia nel tempo diventa un investimento sicuro, soprattutto quando occorre intervenire per prevenire e se necessario per risanare.

Le politiche regionali in materia di valorizzazione dell'ambiente marino costiero, si sono concretizzate anche con la promulgazione della L.R. 12 luglio 2007, n. 15 che, tra l'altro, promuove la creazione di zone di tutela biologica marina, nonché salvaguarda, protegge e incentiva il ripopolamento delle risorse ittiche e attua un sistema di interventi finalizzati all'istituzione di zone di tutela biologica. Anche in quest'ottica il controllo qualitativo delle acque finalizzato nel contempo alla tutela sanitaria e alla salvaguardia ambientale diventa prioritario; ARPAV quindi, su incarico della Regione, ha messo a punto un sistema di vigilanza volto alla prevenzione del proliferare di alghe tossiche pericolose per le specie acquatiche e anche per la salute umana.



**Carlo Emanuele Pepe**  
Direttore Generale ARPAV

L'Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto (ARPAV) gestisce, attraverso il suo Settore Acque, i controlli sulle acque marine e costiere al fine di sorvegliare sulla qualità ecologico-ambientale dei corpi idrici e per fronteggiare eventuali situazioni di emergenza che possano compromettere lo stato di salute delle acque e avere talvolta ripercussioni sulla salute umana.

In questo ambito il Settore esplica le proprie funzioni, sulla base delle indicazioni e delle priorità indicate dagli organismi regionali, sui vari temi di interesse, mediante sia piani di monitoraggio istituzionali sia promuovendo e coordinando progetti in ambito regionale, nazionale e transfrontaliero, in collaborazione con altri enti pubblici e con gli istituti di ricerca più qualificati.

E' proprio in questo contesto e in accordo con la Legge Regionale N. 15 del 12-07-2007 "Intervento per la tutela, la promozione e lo sviluppo della zona costiera del Veneto e per la creazione di zone di tutela biologica marina", che si inseriscono le linee di studio e ricerca del progetto "Monitoraggio delle microalghe potenzialmente tossiche nelle aree marino-costiere del Veneto, con una particolare attenzione a *Ostreopsis ovata* (prima fase)". Questo progetto ha come obiettivo principale mettere a punto un sistema di vigilanza e di prevenzione relativo alla crescita della microalga bentonica *Ostreopsis ovata* e in generale di attuare un controllo sulle microalghe potenzialmente tossiche.

Attualmente infatti il problema delle alghe tossiche marine sta assumendo dimensioni preoccupanti per l'aumento del numero di specie che vengono riconosciute tossiche e per l'aumento degli eventi di fioritura. La comparsa di fenomeni dannosi all'uomo ed agli organismi marini legati alla presenza di queste microalghe tossiche è legata alla capacità di questi organismi di produrre tossine i cui effetti rappresentano un vero problema per la salute umana e per le risorse marine causando conseguenze che si ripercuotono anche sul turismo e sull'uso ricreativo delle aree costiere.

La presente opera, che raccoglie i risultati delle attività nell'ambito del progetto uniti a quelli delle attività di controllo sulle microalghe bentoniche svolte nell'ambito del "Programma nazionale pluriennale di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino-costiero finanziato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare - anni 2008-2009", si prefigge lo scopo di presentare, in modo didattico-divulgativo, sia informazioni sulle alghe potenzialmente tossiche in generale, sia elaborazioni sui dati scientifici in possesso di ARPAV.

Un sincero ringraziamento a tutti coloro che, con impegno e passione, hanno contribuito alla realizzazione dell'opera.



**Dott. Fabio Trincardi**  
Direttore di ISMAR CNR

L'Istituto di Scienze Marine del Consiglio Nazionale delle Ricerche (ISMAR) ha una lunga tradizione di collaborazioni con le Autorità Regionali venete che presiedono alla protezione dell'ambiente. Fin dagli esordi delle attività di monitoraggio della fascia costiera (D. P. R. 8 giugno 1982, n.470 e legge 25 giugno 1985, n.322) ISMAR ha messo a disposizione le proprie competenze, i propri mezzi nautici e numerosi laboratori per ottenere una prima stima della qualità delle acque costiere della Regione Veneto. Fin dagli anni '80 l'area costiera dell'Alto Adriatico occidentale è stata interessata da frequenti episodi di eutrofizzazione che sono stati monitorati e studiati per verificare l'influenza dei popolamenti microalgali sulla ossigenazione delle acque e l'eventuale presenza di specie potenzialmente tossiche.

Durante gli anni '90, con i programmi finanziati dalla Regione Veneto e dall'Unione Europea (Progetto Regione Veneto, Progetto Alpe-Adria, e Progetti Interreg II e III), l'attività di controllo e di studio delle acque al largo, in relazione ai fenomeni di accumulo di quantità abnormi di aggregati mucillaginosi, è stata particolarmente intensa. Va ricordato che tale fenomeno ha portato a pesanti ripercussioni sul comparto balneare e sulla pesca. Gli studi condotti in questi progetti hanno dimostrato la molteplicità dei fattori meteo-climatici che determinano l'insorgenza di quegli eventi, che quindi non possono essere messi in relazione soltanto a ipotetici fenomeni di inquinamento o ad un incremento dei carichi trofici. La prosecuzione degli studi, effettuati anche grazie all'appoggio delle autorità regionali, ha permesso piuttosto di mettere in luce un progressivo miglioramento generale delle condizioni del bacino.

In tempi più recenti, in relazione alla comparsa di specie potenzialmente tossiche nei litorali italiani (in particolare dinoflagellate bentoniche come *Ostreopsis*), va riconosciuta alla Regione Veneto e ad ARPAV una capacità di reazione estremamente rapida, che ha permesso di predisporre e avviare, in pochi mesi, un programma di monitoraggio dotato di un'intensità ed efficienza paragonabili ai migliori standard internazionali. Il progetto si è contraddistinto per l'adozione immediata degli standard proposti dalla rete bentoxnet italia ([www.bentoxnet.it](http://www.bentoxnet.it)). Ritengo che la nascita di questa rete, sorta su base volontaristica, rappresenti una dimostrazione esemplare di come la comunità scientifica nazionale abbia saputo reagire con immediatezza ed efficienza ad una vera emergenza ambientale, superando con slancio le prime difficoltà economiche ed organizzative.

La partecipazione a questa rete di nostri ricercatori, alcuni dei quali divenuti successivamente responsabili scientifici del programma di monitoraggio, ha permesso di partire subito con obiettivi ben chiari individuando precocemente le criticità che si sarebbero incontrate.

I risultati confortanti di questa indagine, che non evidenziano situazioni di grave rischio da biotossine sono affiancati dal ritrovamento di altre specie microalgali di particolare interesse, evidenziando, ancora una volta, come le attività di monitoraggio rivestano, oltre all'indubbia valenza gestionale, anche un'elevata rilevanza scientifica che, grazie all'appoggio di Regione Veneto ed ARPAV, verrà approfondito durante i prossimi mesi.



# Indice

1. Introduzione . . . . .	9
2. Le alghe tossiche . . . . .	11
Le specie . . . . .	11
Le tossine . . . . .	12
Effetti economici . . . . .	13
HAB in Adriatico . . . . .	13
Le microalghe bentoniche potenzialmente tossiche . . . . .	14
L'area di studio . . . . .	15
3. Attività di progetto . . . . .	19
La rete di monitoraggio . . . . .	19
Il monitoraggio di base . . . . .	21
Il monitoraggio di emergenza . . . . .	22
Campionamento: metodi sul campo . . . . .	22
Metodologie di laboratorio . . . . .	23
Nutrienti disciolti . . . . .	23
Concentrazione dei pigmenti clorofilliani . . . . .	24
Analisi del fitoplancton . . . . .	24
Analisi delle microalghe potenzialmente tossiche . . . . .	25
Determinazione delle macroalghe . . . . .	25
Risultati . . . . .	25
Analisi spazio-temporale dei parametri fisici e chimico-fisici . . . . .	25
Attività 2008 . . . . .	26
Attività 2009 . . . . .	27
Specie potenzialmente tossiche . . . . .	33
Specie planctoniche . . . . .	33
Specie microfitobentoniche . . . . .	38
Ricerca del genere <i>Ostreopsis</i> . . . . .	39
4. Considerazioni conclusive . . . . .	41
5. Sviluppi futuri . . . . .	43
Bibliografia . . . . .	44
Appendice 1 - Atlante delle specie potenzialmente tossiche del litorale veneto . . . . .	49
Appendice 2 - Mappa di distribuzione delle specie potenzialmente tossiche del litorale veneto . . . . .	61
Appendice 3 - Parametri climatici ed idrologici in relazione alla frequenza di rinvenimento delle specie potenzialmente tossiche . . . . .	63

# 1

## Introduzione



Il presente elaborato descrive le attività di ricerca svolte nell'ambito del progetto "Monitoraggio delle microalghe potenzialmente tossiche nelle aree marino-costiere del Veneto, con una particolare attenzione a *Ostreopsis ovata* (prima fase)", finanziato dalla Regione del Veneto ad ARPAV, nell'ambito della Legge Regionale 15 del 12/07/2007, tramite apposita Convenzione - Allegato A al Decreto Regionale n. 5 del 22.01.2009.

Da anni ARPAV fra i controlli che realizza in mare per la classificazione ambientale delle acque marino-costiere del Veneto effettua anche l'analisi quali-quantitativa del fitoplancton e la ricerca delle alghe potenzialmente tossiche. Questi controlli sono svolti in adempimento alle normative vigenti in materia di acque per la molluschicoltura e di balneazione. Per quanto riguarda la balneazione, l'attività di sorveglianza algale lungo la costa veneta ha previsto la ricerca delle seguenti specie potenzialmente tossiche:

*Alexandrium* spp.

*Dinophysis* spp.

*Lingulodinium polyedrum*

*Gonyaulax grindley* (rinominata *Protoceratium reticulatum*)

*Pseudo-nitzschia* spp.

Alla ricerca di queste specie algali, a partire dal 2005, ARPAV ha aggiunto la ricerca in acqua della specie potenzialmente tossica *Ostreopsis ovata*, facendo seguito alla necessità di tutela dei bagnanti, dopo gli avvenimenti verificatisi in quell'anno in altre zone costiere italiane. La specie *Ostreopsis ovata* è, infatti, una dinoflagellata bentonica che può produrre e liberare nell'acqua e tramite aerosol all'interfaccia acqua-aria, tossine potenzialmente dannose per la salute umana in grado di causare problemi di affezioni respiratorie, congiuntiviti, dermatiti e alterazioni della temperatura corporea.

A partire dall'anno 2008 ARPAV, in collaborazione con il CNR-ISMAR (Istituto di Scienze Marine) di Venezia, ha intensificato la ricerca delle alghe potenzialmente tossiche attuando un monitoraggio, sulla base di quanto indicato dalle Linee Guida del Ministero della Salute "Gestione del rischio associato alle fioriture di *Ostreopsis ovata* nelle coste italiane" (2007) e dal Protocollo operativo della Direttiva programma alghe tossiche di ISPRA (ex APAT; 2007). Tali normative prevedono, oltre alla ricerca di specie nell'acqua, anche la ricerca di specie epi-bentoniche potenzialmente tossiche che vivono attaccate alla superficie di macroalghe o di substrati rocciosi, in particolare di *Ostreopsis ovata*. Nell'anno 2008 le indagini sono state effettuate su 8 stazioni corrispondenti agli 8 transetti della rete istituzionale di controllo delle acque marino costiere del Veneto.

Nell'anno 2009 ARPAV ha infine ampliato la rete di indagine per le alghe potenzialmente tossiche, con particolare riferimento alla specie *Ostreopsis ovata*, estendendola a 16 stazioni di controllo, distribuite lungo tutta la costa veneta. La rete è stata implementata grazie a due differenti finanziamenti: "Programma nazionale pluriennale di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino-costiero finanziato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare - anni 2008-2009" e lo specifico Progetto Regionale "Monitoraggio delle microalghe potenzialmente tossiche nelle aree marino-costiere del Veneto, con una particolare attenzione a *Ostreopsis ovata* (prima fase)" di cui questo rapporto costituisce il prodotto finale.



# 2

## Le alghe tossiche



### Le specie

Il termine Harmful Algal Blooms (HABs) comprende un insieme eterogeneo di eventi causati da microalghe planctoniche e bentoniche che hanno un impatto negativo sulle attività umane (Zingone e Wyatt, 2005).

Numerose microalghe marine sono note per la produzione di tossine pericolose per l'uomo (Hallegraeff, 2003). Le forme che più frequentemente sono ritenute responsabili di biointossicazioni appartengono alle dinoflagellate, ma si conoscono forme tossiche anche tra le diatomee, le haptofite e le rafidofite (Tab.1).

Specie	Effetto Tossico	Riferimenti bibliografici
<i>Alexandrium minutum</i>	Paralytic Shellfish Poisoning (PSP)	(Franco et al., 1994)
<i>Alexandrium ostenfeldii</i>	Paralytic Shellfish Poisoning (PSP)	(Cembella et al., 2000)
<i>Dinophysis caudata</i>	Diarrhetic Shellfish Poisoning (DSP)	(Marasigan et al., 2001)
<i>Dinophysis fortii</i>	Diarrhetic Shellfish Poisoning (DSP)	(Lee et al., 1989)
<i>Dinophysis rotundata</i>	Diarrhetic Shellfish Poisoning (DSP)	(Lee et al., 1989)
<i>Dinophysis sacculus</i>	Diarrhetic Shellfish Poisoning (DSP)	(Giacobbe et al., 2000)
<i>Protoceratium reticulatum</i>	Diarrhetic Shellfish Poisoning (DSP)	(Rhodes et al., 2006)
<i>Lingulodinium polyedrum</i>	Diarrhetic Shellfish Poisoning (DSP)	(Riccardi et al., 2009)
<i>Pseudo-nitzschia</i> spp	Amnesic Shellfish Poisoning (ASP)	(Sarno e Dahlman, 2000)

Tabella 1: Elenco delle specie Harmful Algal Blooms adriatiche e tipologie di tossicità (Fonte: ISMAR CNR)

La diatomea pennata *Pseudo-nitzschia* è uno dei generi più studiati e comprende alcune specie potenzialmente pericolose. In letteratura quelle conosciute per la loro capacità di produrre tossine ASP (Amnesic Shellfish Poisoning; acido domoico) sono *P. australis*, *P. calliantha*, *P. delicatissima*, *P. fraudulenta*, *P. galaxiae*, *P. multiseriata*, *P. multistriata*, *P. pseudo-delicatissima*, *P. pungens*, *P. seriata*, e recentemente sono state incluse anche *P. turgidula* e *P. cuspidata* (Moestrup, 2004). La specie con una maggiore incidenza di tossicità è *P. seriata* ma finora è stata riscontrata soltanto nelle acque fredde dell'emisfero continentale (Hasle e Lundholm, 2005).

La specie *Pseudo-nitzschia calliantha* è probabilmente la specie con caratteristiche cosmopolite più spiccate, essendo stata registrata in regioni comprese tra la zona subpolare e quella tropicale.

Analisi di biologia molecolare hanno rivelato per *P. delicatissima* (Orsini et al., 2004) aspetti di diversità criptica, cioè sottili variazioni morfologiche che si presentano in specie isolate geneticamente. Le diversità genetiche spiegano le variazioni di taglia e di forma per *P. galaxiae*, per la quale variazioni di morfotipi corrispondono a differenti condizioni ambientali (Cerino et al., 2005).

In conclusione le specie tossiche appartenenti al genere *Pseudo-nitzschia* mostrano uno spettro di variabilità molto elevato nella distribuzione geografica. Nel contempo si sono osservati cambiamenti di distribuzione spaziale di alcune specie sul lungo termine, ad es. *P. multiseriata*, nelle acque canadesi e scandinave o la recente apparizione di *P. australis* nel Nord Atlantico (Hasle, 2002).

## Le tossine

La produzione di biotossine da parte di microalghe ha un forte impatto ambientale, soprattutto per i danni provocati alla salute pubblica, alla pesca e all'acquacoltura. Le biotossine sintetizzate dalle microalghe marine possono infatti ritrovarsi, attraverso la rete trofica, in organismi marini che costituiscono alimento per l'uomo e/o possono causare estese mortalità di invertebrati e pesci. Le tossine prodotte sono fra i composti più potenti sino ad oggi conosciuti; basti pensare che una delle molecole più comuni, la saxitossina, ha un effetto letale sul topo 500 volte maggiore del cianuro e più del doppio del veleno del serpente cobra. Il ruolo di queste molecole nel metabolismo delle microalghe ed in generale i risvolti evolutivi non sono ancora ben noti.

Le tossine algali sono divise in due gruppi principali: le idrosolubili, tra cui la saxitossina ed i suoi derivati, e le liposolubili, come le brevetossine e le tossine DSP.

Le principali biointossicazioni umane causate da microalghe sono descritte in base alla sintomatologia provocata e al tipo di organismi vettori:

- *Paralytic Shellfish Poisoning (PSP)*:  
sindrome paralitica veicolata da molluschi bivalvi e causata da dinoflagellate
- *Diarrhetic Shellfish Poisoning (DSP)*:  
sindrome diarroica veicolata da molluschi bivalvi e causata da dinoflagellate
- *Neurotoxic Shellfish Poisoning (NSP)*:  
sindrome neurotossica veicolata da molluschi bivalvi e causata da dinoflagellate
- *Amnesic Shellfish Poisoning (ASP)*:  
sindrome amnesica, veicolata da molluschi bivalvi e causata da diatomee
- *Ciguatera Fish Poisoning (CFP)*:  
sindrome neurotossica e gastrointestinale, veicolata da pesci e causata da dinoflagellate bentoniche di ambienti tropicali.

Va ricordato che al di là dell'aspetto acuto, a volte alcune di queste tossine assumono un ruolo importante anche come tossicità sul lungo periodo; alcune di queste molecole sono infatti noti promotori tumorali (Daranas et al., 2001). L'uomo ne può essere esposto in vario modo, per esempio attraverso il consumo di prodotti ittici, in particolare molluschi bivalvi. Tra quest'ultimi, i mitili (*Mytilus galloprovincialis*) rappresentano i più importanti organismi vettori di biotossine (Sidari et al., 1998), vista anche la loro grande diffusione negli impianti di molluschicoltura; questi agiscono come organismi filtratori che accumulano le tossine nell'epatopancreas, in concentrazioni tali da provocare effetti tossici per l'uomo, ma senza subire nessun tipo di conseguenza.

Il significato della produzione di tossine da parte delle microalghe è molto discusso. Le ipotesi circa la loro funzione sono molte e la più seguita è che questi composti fungano da deterrente nei confronti degli organismi predatori. Questo è stato confermato solo in alcuni casi e non spiega come mai tali composti non abbiano effetto sui molluschi e siano invece efficaci su un predatore così lontano come l'uomo. È infatti ben documentato che in alcuni casi (ad es. per *Alexandrium*) le cellule siano accumulate nella catena trofica senza nessun danno ai vettori fino al predatore finale come nel caso di alcuni pesci (White, 1981).

Lo sviluppo dello zooplancton non è influenzato dalla presenza di alghe tossiche; questo risultato è stato confermato, ad esempio, da studi effettuati su colture di copepodi, come *Acartia tonsa* e *Eurytemora herdmani*, alimentate con *Alexandrium* (Teegarden e Cembella, 1996), così come per altri copepodi (*Calanus finmarchicus*, *Acartia hudsonica*, *Metridia lucens*, *Pseudocalanus* spp.; Hassett, 2003).

Per alcune specie tossiche, quali la nanoflagellata *Chrysochromulina polylepis* e alcune specie di *Alexandrium*, sono state descritte proprietà allelopatiche: queste caratteristiche permetterebbero di sviluppare un vantaggio competitivo diretto sulle altre specie fitoplanctoniche presenti nel popolamento (Arzul et al., 1999, Mykkestad et al., 1995, Schmidt e Hansen, 2001).

Studi paralleli, che non coinvolgono direttamente le tossine citate, suggeriscono che non sempre l'effetto va cercato direttamente sull'individuo, ma sul suo successo riproduttivo (Poulet et al., 1994; Miralto et al., 1999), in altri casi si è ipotizzata la funzione di queste molecole come feromoni (Wyatt e Jenkinson, 1997).

## Effetti economici

L'impatto dei fenomeni Harmful Algal Blooms (HAB) sulle economie locali riguarda soprattutto le attività ricreative e turistiche, la pesca commerciale e la salute dell'uomo.

Le attività turistiche sono condizionate dai fenomeni HAB poiché in corrispondenza di questi eventi le aree costiere perdono alcune delle loro prerogative peculiari. Effetti quali l'intensa colorazione delle acque, l'insorgere di odori sgradevoli, la formazione di schiume in superficie possono infatti precludere l'utilizzo ricreazionale delle aree costiere.

Morie di pesci, contaminazione di molluschi allevati, intasamento delle reti sono alcuni dei fenomeni che influenzano direttamente le attività di pesca e di allevamento. In alcuni casi alcune contaminazioni possono attraversare le maglie dei sistemi di monitoraggio e di controllo, andando ad influenzare direttamente la salute dell'uomo in quanto consumatore finale di alcuni prodotti contaminati da tossine microalgali.

Stime recenti relative all'impatto economico dei fenomeni HAB nel sistema costiero europeo hanno fornito cifre ragguardevoli, con danni stimati intorno a 813 milioni di euro, di cui 637 solamente per le attività ricreative e turistiche e 147 per la pesca commerciale (Hoagland e Scatasta, 2006).

Questi costi sono quelli quantificabili direttamente sulle economie locali e non tengono conto di un effetto scia che si verifica quando un fenomeno influenza collateralmente gli andamenti del mercato. Infatti, in seguito ad una intossicazione legata al consumo di molluschi marini, i consumatori sono generalmente meno propensi all'acquisto, non solo in concomitanza del fenomeno, ma anche per un periodo più lungo, e spesso il decremento dei consumi coinvolge anche specie che non hanno mai provocato nessun rischio sanitario.

La sfida attuale delle scienze economiche in questo settore è rivolta all'individuazione di un sistema efficiente che armonizzi i processi di monitoraggio in grado di ridurre al minimo il livello di conseguenze del fenomeno HAB.

## Harmful Algal Blooms in Adriatico

Per quanto riguarda il mare Adriatico, i primi casi di biointossicazioni risalgono al 1976, ma si riferivano al consumo di mitili provenienti dalle coste atlantiche della Spagna. Le tossine interessate sono state identificate come saxitossine e i suoi derivati coinvolti nella Paralytic Shellfish Poisoning (PSP) (Viviani et al., 1977). In seguito, nel 1982 è stato determinato un ceppo di *Alexandrium tamarense*, risultato non tossico. Il primo caso evidente di intossicazione risale al 1989, con un episodio di tipo Diarrhetic Shellfish Poisoning dovuto al consumo di mitili di produzione nazionale provenienti da allevamenti e banchi naturali della costa emiliano-romagnola (Boni et al., 1992).

La tossicità nei mitili dell'Adriatico settentrionale dovuta a tossine Diarrhetic Shellfish Poisoning (DSP) si manifesta con una certa regolarità, presentandosi quasi ogni anno nel periodo estivo-autunnale, e causando la chiusura degli allevamenti per diversi mesi. Ciò avviene in relazione alla stagionalità delle specie responsabili quali *Dinophysis fortii* e altre *Dinophysis* spp. (Bernardi Aubry et al., 2000).

Nel 1994 in Emilia Romagna è stato segnalato il primo caso di tossicità PSP dovuto ad *Alexandrium minutum* (Galluzzi et al., 2005, Honsell et al., 1996), che però non ha portato ad episodi di infezione nell'uomo. Successivamente, nonostante non si siano rilevati altri casi, è stato osservato che nelle comunità planctoniche sono sempre presenti numerose specie appartenenti al genere *Alexandrium*, potenzialmente produttrici di tossine tipo PSP.

Nel 1995 è stata riscontrata per la prima volta la presenza di yessotossine in mitili dell'Adriatico settentrionale, la cui origine era associata principalmente a *Protoceratium reticulatum* (Ciminiello et al., 2003, Paz et al., 2004), ma anche a *Lingulodinium polyedrum* (Paz et al., 2004, Tubaro, 1998). Recentemente anche *Gonyaulax spinifera*, una specie piuttosto comune nei popolamenti adriatici, è stata associata alla produzione di yessotossine (Rhodes et al., 2006).

Negli ultimi tempi le intossicazioni "Ciguatera-like" sono divenute di estrema attualità vista la rilevanza, anche mediatica, che hanno avuto i casi registrati nel Tirreno settentrionale (costa ligure e toscana). Queste intossicazioni sono state messe in relazione alla presenza di *Ostreopsis ovata* (Simoni et al., 2004; Mangialajo et al., 2008), una dinoflagellata bentonica epilitica ed epifitica spesso presente, con elevate abbondanze, in aree a scarsa idrodinamismo e con temperature elevate dell'acqua. Le specie responsabili di questi fenomeni sono state finora segnalate nell'Adriatico meridionale (Bottalico et al.,

2002) e in quello settentrionale, limitatamente ad alcuni tratti delle coste friulane e marchigiane caratterizzate da substrato roccioso (Monti et al., 2007; Totti et al., 2010). Queste segnalazioni rendono auspicabile un monitoraggio dettagliato e costante in tutto il bacino.

Essendo questi fenomeni in continua crescita, in molti paesi sono in atto programmi di prevenzione e controllo delle biointossicazioni. Tali programmi possono essere attuati a vari livelli. Il primo livello consiste solitamente nel monitoraggio degli allevamenti di molluschi bivalvi mediante test di tossicità sul topo (*Yasumoto mouse bioassay*). Il test consiste nel rilevamento di tossicità acuta provocata in topi adulti dopo l'inoculazione intraperitoneale di un estratto della porzione edibile di molluschi. E' possibile inoltre analizzare la presenza di biotossine direttamente nei molluschi mediante metodiche analitiche avanzate (Ciminiello et al., 2010). Parallelamente a questi metodi di analisi delle tossine si effettua anche il controllo dei campioni naturali di fitoplancton per verificare la presenza di specie potenzialmente tossiche in mare.

### Le microalghe bentoniche potenzialmente tossiche

Negli ultimi anni sono saliti alla ribalta della cronaca numerosi fenomeni riconducibili a fioriture di specie di dinoflagellate appartenenti al genere *Ostreopsis*. Tali manifestazioni sono frequenti nelle associazioni tropicali responsabili di intossicazioni umane del tipo "*Ciguatera*". Fioriture di *Ostreopsis* sono state avvistate nel Mediterraneo, a Villefranche sur Mer, sin dagli anni '70 (Max Taylor, comm. pers.). Al momento è nota la presenza di due specie potenzialmente tossiche di *Ostreopsis* nel bacino nord-ovest del Mar Mediterraneo: *O. ovata* e *O. cf. siamensis* (Penna et al., 2005; Fig.1). Eventi dannosi riconducibili a fioriture di *Ostreopsis* spp., riportati per la prima volta lungo le coste toscane nel 1998 (Sansoni et al., 2003; Simoni et al., 2004), sono stati registrati ad oggi in molte altre località costiere della penisola durante il periodo estivo. L'impatto sull'ecosistema durante le fioriture può manifestare alterazioni della qualità e del colore dell'acqua, ipossia e/o anossia dei fondi e morie di invertebrati bentonici come molluschi, celenterati ed echinodermi. In particolare, in Liguria ed in Puglia nel 2005 sono stati segnalati fenomeni allarmanti per la salute umana (Gallitelli e Silveri, 2005).

Recentemente in Italia è stata costituita una rete, di ricercatori, denominata BENTOXNET, che prevede il coordinamento nel campo delle microalghe marine potenzialmente tossiche, con l'obiettivo di diffondere ed incrementare le conoscenze che permettano una migliore gestione delle Harmful Benthic Algal Blooms ([www.bentoxnet.it](http://www.bentoxnet.it)).

Le attività effettuate, anche su base volontaristica, hanno dimostrato che in questi ultimi anni le segnalazioni nell'Adriatico Meridionale di *Coolia monotis*, *Prorocentrum cf. mexicanum* e *Ostreopsis ovata*, dinoflagellate potenziali produttrici di intossicazioni *Ciguatera like* (CFP), confermano la tendenza globale alla diffusione, a latitudini sempre più settentrionali, di tipiche specie tropicali. Il recente rinvenimento di specie microfitobentoniche, potenzialmente tossiche, in Adriatico, non può ritenersi un fatto sporadico e l'insediamento avvenuto va verificato attentamente con un controllo mirato agli ecosistemi che si sono dimostrati favorevoli allo sviluppo di queste specie.

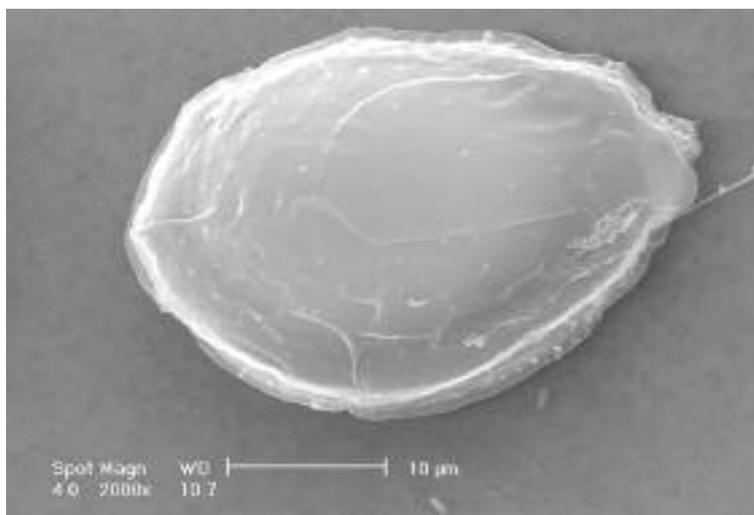


Figura 1: *Ostreopsis ovata* (Foto: Tiziana Romagnoli, UNIPM Ancona)

## L'area di studio

Il mare Adriatico è costituito da tre sottobacini regionali (nord, centro e sud) che sono molto dissimili fra di loro per latitudine, batimetria, fisiografia e caratteristiche biogeochimiche (Fig. 2).

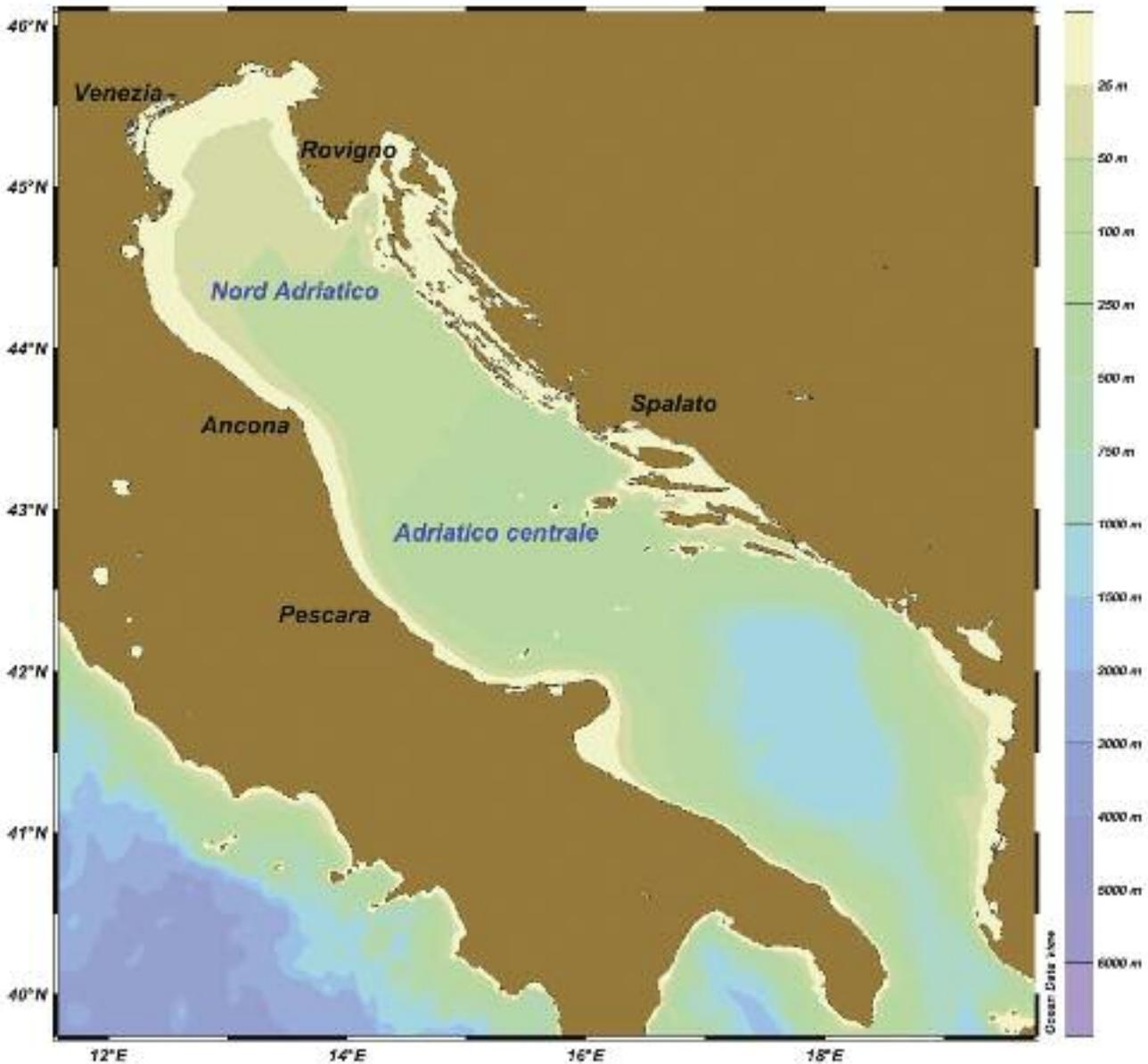


Figura 2: Mare Adriatico (Fonte: ISMAR CNR, ODV-AWI)

In particolare, l'Adriatico Settentrionale si può definire come una larga piattaforma continentale, delimitata a nord e a ovest dalla linea di costa italiana e ad est dalle linee di costa croata e slovena. E' un'area di circa 40.000 km<sup>2</sup>, con profondità molto ridotta, valori massimi attorno a 70-80 m nella zona centrale del bacino e vicino alla costa croata, che va via via diminuendo verso nord, dove si raggiungono i 30 m di profondità.

Il fondale di questa area settentrionale, generalmente piatto e sabbioso, è caratterizzato da alcune modeste elevazioni, imputabili a resti di morfologie subaeree e di spiaggia (*tegnùe*; Fig. 3).



Figura 3: *Tegnua* al largo di Venezia (Foto: ARPAV)

Tali affioramenti costituiscono dei microambienti, particolarmente sensibili e di grande importanza dal punto di vista biologico e naturalistico, che favoriscono un aumento della diversità specifica e consentono l'insediamento di specie esclusive di substrato roccioso (poriferi, ascidiacei, cnidari, crostacei, molluschi bivalvi e gasteropodi AA. VV., 2006).

L'area costiera veneta, che si estende tra la foce del Tagliamento a nord-est e quella del Po di Levante a sud-ovest, è particolarmente influenzata da fattori fisici (temperatura, salinità, ossigeno disciolto) ed ambientali (antropizzazione, tipologia dei fondali, morfologia della linea di costa), molto dinamici, che ne modificano il suo assetto generale.

La maggior parte degli apporti fluviali e delle attività antropogeniche è concentrata nell'area costiera nord-occidentale. In particolare, il fiume Po, il principale dei fiumi italiani, drena una larga parte dell'Italia settentrionale (67.000 km<sup>2</sup>), dove vivono circa 15.5 milioni di abitanti e dove sono concentrate molte attività industriali, agricole e dedicate al tempo libero. La sua portata media è di circa 1492 m<sup>3</sup>/s ( $\pm$  999 m<sup>3</sup>/s, ARPA Emilia-Romagna Report, 1918–2006, dati giornalieri), con picchi di piena che superano i 5000 m<sup>3</sup>/s, e portate minime talvolta inferiori a 500 m<sup>3</sup>/s (Socal et al., 2008).

Il Po, insieme agli altri fiumi del litorale veneto (Tagliamento, Piave, Sile, Brenta Adige, rispettivamente da nord verso sud), determina la variabilità delle caratteristiche idrologiche del Nord Adriatico e la circolazione ciclonica generale dell'intero bacino. La plume del Po, e in particolare il suo ramo orientale (Franco, 1970), costituisce il motore principale dell'instaurarsi del vortice antiorario che caratterizza i movimenti delle masse d'acqua in quest'area, limitatamente alla stagione autunnale (Russo e Artegiani, 1996). L'altro ramo della plume scorre verso sud a circa 15 miglia dalla costa dell'Emilia Romagna (Grancini e Cescon, 1973).

Le variazioni di temperatura e salinità conseguenti agli apporti fluviali favoriscono la formazione di

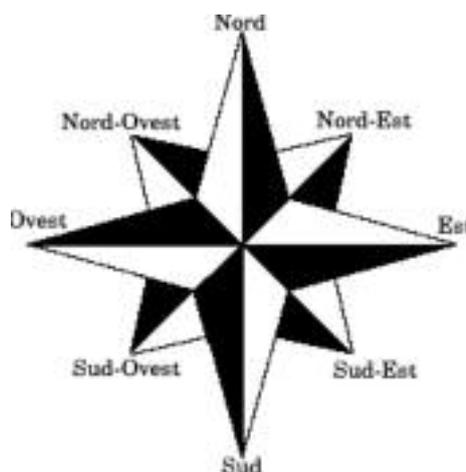
gradienti termoclinici, durante il periodo autunno-invernale che sono responsabili dell'instaurarsi di un fronte costiero, inteso come una zona di separazione tra le acque al largo e quelle più vicine alla costa. Tale fronte è localizzato approssimativamente a 5-10 miglia dalla costa e subisce variazioni legate alle condizioni stagionali. La circolazione è altresì influenzata dalle variazioni meteorologiche stagionali, in particolare dei venti dominanti nel bacino, Bora (nord/nord-est, con picchi di velocità > di 100 km/h) e Scirocco (sud-est, con velocità fino a 100 km/h; Orlic et al., 1994; Artegiani et al., 1997; Boldrin et al., 2009). L'azione di tali venti determina, in questo tratto di mare semichiuso, ampie fluttuazioni nello scambio di calore in superficie (Franco e Michelato, 1992).

#### La Bora

La bora è un vento proveniente da nord/nord-est, che discende dall'altipiano carsico sul golfo di Trieste, attraversa tutto il golfo di Venezia e si smorza gradatamente nel retroterra di Chioggia. Si sviluppa specialmente nel semestre invernale in dipendenza di un gradiente barico tra l'altipiano e l'Adriatico Settentrionale.

#### Lo Scirocco

Lo scirocco è un vento caldo da sud-est che proviene dal Sahara e da altre regioni del nord Africa. Nasce da masse d'aria tropicali calde e secche trascinate verso nord da aree di bassa pressione in movimento verso est sopra il Mediterraneo. L'aria calda e secca si meschia con quella umida del movimento ciclonico presente sul mare ed il movimento in senso orario spinge questa massa d'aria sulle coste delle regioni del sud Europa, sino alle coste venete.



Il clima di questo sottobacino è usualmente classificato come temperato sub-continentale (classificazione climatica di Köppen-Geiger), con inverni freddi e nebbiosi, ed estati calde e afose. L'andamento stagionale della temperatura è comunque quello che caratterizza le medie latitudini, che però è molto influenzato dalla presenza degli apporti di origine continentale e dalla bassa profondità tipica di questo tratto di mare.

L'Adriatico Settentrionale, in vicinanza della costa, mostra un marcato gradiente termico superficiale (5° C in inverno, 27° C in estate), il più elevato di tutto il Mediterraneo. Al largo, il gradiente termico, pur riducendosi in ampiezza, mantiene un'escursione elevata di 10-12° C (Russo e Artegiani, 1996). Lungo la colonna d'acqua possiamo osservare l'instaurarsi di una situazione primaverile-estiva caratterizzata da una notevole stratificazione verticale con acque superficiali meno dense (più calde e meno salate) e acque profonde più dense separate da un picnoclino (strato della colonna d'acqua caratterizzata da un marcato gradiente di densità). Durante il periodo autunno-invernale, invece, con la diminuzione della temperatura e l'innescarsi di tempeste autunnali, la colonna d'acqua diventa fortemente instabile (rottura del picnoclino) e successivamente si rimescola diventando omogenea (da dicembre a febbraio), soprattutto nella parte orientale del bacino, con valori di temperatura molto bassi (temperature invernali a volte minori di 5°C (Franco e Michelato, 1992; Russo et Artegiani, 1996; Socal et al., 2008).



# 3

## Attività di progetto



### La rete di monitoraggio

Nell'anno 2008 il monitoraggio effettuato da ARPAV si è articolato su di una rete di 8 punti di indagine, distribuiti lungo la costa veneta dal fiume Tagliamento al fiume Po di Levante, nel periodo tra giugno e agosto con frequenza quindicinale. Le 8 stazioni sono state scelte in prossimità della costa in corrispondenza degli 8 transetti della rete di monitoraggio istituzionale di controllo sulle acque marine costiere del Veneto, come riportato in (Fig.4 e Tab. 2).

Comune	Locazione	Stazione
Caorle	Caorle-spiaggia di Levante	10085
Jesolo	Jesolo-Jesolo Pineta	10245
Cavallino-Treporti	Cavallino Treporti - Cavallino - Punta Sabbioni	10405
Venezia	Pellestrina fronte spiaggia San Pietro in Volta	10535
Venezia	Pellestrina - spiaggia Caroman	10565
Chioggia	Chioggia Isola Verde	10645
Rosolina	Rosolina Albarella	10725
Porto Tolle	Porto Tolle - Sacca di Scardovari	16015

Tabella 2: Elenco delle stazioni di campionamento 2008 (Fonte: ARPAV)

Nell'anno 2009, utilizzando due differenti finanziamenti a disposizione, quali il "Programma nazionale pluriennale di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino-costiero finanziato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare - anni 2008-2009" e lo specifico Progetto Regionale "Monitoraggio delle microalghe potenzialmente tossiche nelle aree marino-costiere del Veneto, con una particolare attenzione a *Ostreopsis ovata* (prima fase)", tale rete è stata ampliata con ulteriori 8 stazioni, scelte considerando la maggiore probabilità di rinvenimento della microalga *Ostreopsis ovata*.

Per l'identificazione delle nuove aree sono stati utilizzati i dati del monitoraggio del 2008, numerose informazioni bibliografiche, studi su analisi cartografica ed infine molti sopralluoghi sul campo.

Le stazioni di prelievo prescelte per l'indagine sono aree caratterizzate da scarso moto ondoso, ridotta circolazione delle acque, limitata esposizione al vento e con massimo irraggiamento, contraddistinte dalla presenza di substrato naturale (talli di macroalghe) o artificiale (substrato duro), condizioni favorevoli allo sviluppo della microalga.

La rete di monitoraggio finale, costituita da 16 stazioni distribuite lungo l'intera costa veneta, dal fiume Tagliamento al fiume Po di Tolle/Goro, è riportata in tabella 3; la sua distribuzione geografica è riportata in figura 4.

Comune	Località di prelievo	Codice Stazione
Bibione	Bibione-via Delfino	10025
Caorle	Brussa-spiaggia di Brussa	10075
Caorle	Caorle-spiaggia di Levante	10085
Caorle	Porto Santa Margherita-piazzale Portesin	10155
Eraclea	Eraclea mare-accesso al mare via degli abeti	10185
Jesolo	Jesolo - Jesolo Pineta	10245
Cavallino-Treporti	Cavallino-Villaggio S. Paolo	10755
Cavallino-Treporti	CavallinoTreporti-Cavallino-Punta Sabbioni	10405
Venezia	Lido-accesso al mare da lungo mare marconi civ. n. 17	10465
Venezia	Lido-Sorriso	10485
Venezia	Lido-accesso al mare da lungo mare Marconi civ. n. 61	10495
Venezia	Pellestrina-fronte spiaggia San Pietro in Volta	10535
Venezia	Pellestrina-spiaggia Caroman	10565
Chioggia	Isola Verde	10645
Rosolina	Rosolina-Albarella	10725
Porto Tolle	Porto Tolle-Sacca di Scardovari	16015

Tabella 3: Elenco delle stazioni di campionamento 2009 (Fonte: ARPAV)



Figura 4: Localizzazione delle stazioni di campionamento 2008 e 2009 (Fonte: ARPAV)

## Il monitoraggio di base

Una volta definita la rete, secondo quanto previsto dalle Linee Guida del Ministero della Salute “Gestione del rischio associato alle fioriture di *Ostreopsis ovata* nelle coste italiane” (2007) e dal Protocollo operativo della Direttiva programma alghe tossiche di ISPRA (ex APAT) (2007), è stato avviato, nel periodo da giugno a settembre dell’anno 2009, un monitoraggio definito di base con frequenza quindicinale.

Durante il monitoraggio di base, per ogni stazione di prelievo, sono state rilevate le condizioni meteorologiche e, attraverso una sonda multiparametrica, i parametri idrologici. Inoltre, sono stati prelevati campioni di acqua di mare per l’analisi dei principali nutrienti, della clorofilla *a* e per la stima quali-quantitativa del fitoplancton (con particolare attenzione alle specie potenzialmente tossiche). Infine sono stati raccolti campioni di macroalghe o residui di grattaggio di substrato solido (roccia, mitili ed altri molluschi) per l’analisi quali-quantitativa del microfitobenthos (con particolare attenzione alle specie potenzialmente tossiche e ad *Ostreopsis*). Di seguito, nelle tabelle 4, 5 e 6 si riportano il dettaglio delle analisi e dei rilievi sul campo divise per matrice.

Parametro	Unità di misura	Metodica
Colorazione	-	Visiva
Temperatura acqua	°C	Sonda multiparametrica
Salinità	-	Sonda multiparametrica
pH	unità pH	Sonda multiparametrica
Ossigeno disciolto	ppm	Sonda multiparametrica
Ossigeno disciolto	%	Sonda multiparametrica
Azoto ammoniacale (N-NH <sub>3</sub> )	µM	Autoanalyzer
Azoto Nitroso (N-NO <sub>2</sub> )	µM	Autoanalyzer
Azoto Nitrico (N-NO <sub>3</sub> )	µM	Autoanalyzer
Azoto Totale (DIN)	µM	Autoanalyzer
Fosforo da Ortofosfati (P-PO <sub>4</sub> )	µM	autoanalyzer
Silicio da Ortosilicati (Si-SiO <sub>4</sub> )	µM	Autoanalyzer
Clorofilla <i>a</i> analitica	µg/l	Spettrofluorimetrica (analisi in laboratorio)
Diatomee totali	cell/l	microscopio invertito Uthermöl
Dinoflagellate totali	cell/l	microscopio invertito Uthermöl
Altro Fitoplancton totale	cell/l	microscopio invertito Uthermöl
Fitoplancton totale	cell/l	microscopio invertito Uthermöl
Lista Specie Fitoplancton	cell/l	microscopio invertito Uthermöl
<i>Dinophysis</i> spp	cell/l	microscopio invertito Uthermöl
<i>Lingulodinium polyedrum</i>	cell/l	microscopio invertito Uthermöl
<i>Gonyaulax spinifera</i>	cell/l	microscopio invertito Uthermöl
<i>Alexandrium minutum</i>	cell/l	microscopio invertito Uthermöl
<i>Protoceratium reticulatum</i>	cell/l	microscopio invertito Uthermöl
<i>Ostreopsis</i> spp	cell/l	microscopio invertito Uthermöl

Tabella 4: Parametri indagati sulla matrice acqua (Fonte: ARPAV, ISMAR CNR)

Parametro	Unità di misura	Strumento utilizzato
Temperatura	°C	Centralina meteorologica
Pressione barometrica	hPa	Centralina meteorologica
Altezza onde	cm	Visiva
Copertura	ottavi	Visiva
Direzione vento	grado	anemometro
Intensità vento	m/s	anemometro

Tabella 5: Parametri indagati sulla matrice aria (Fonte: ARPAV)

Parametro	Unità di misura	Strumento utilizzato
Microalghe potenzialmente tossiche	cell/g peso umido	microscopio invertito Uthermöl

Tabella 6: Parametri indagati sulla matrice macroalga o substrato solido (Fonte: ISMAR CNR)

## Il monitoraggio di emergenza

Nel caso si fosse evidenziata, durante il monitoraggio di base, l'insorgenza di un fenomeno di fioritura di specie potenzialmente tossiche o in seguito ad una segnalazione o alla presenza di casi di interesse sanitario riconducibili a fenomeni Harmful Algal Blooms, il progetto avrebbe previsto anche l'attivazione di un monitoraggio di emergenza. Si considera fioritura algale di specie potenzialmente tossiche un'abbondanza maggiore di 5.000 cell/l per *Ostreopsis* spp. e di 10.000 cell/l per le altre specie. In tale caso sarebbe stato previsto un aumento del numero dei siti di monitoraggio e della frequenza di campionamento nella zona critica con prelievo di campioni di mitili o altri molluschi stanziali e/o echinodermi per la ricerca delle biotossine algali. Nell'anno di indagine tale eventualità non si è mai verificata.

## Campionamento: metodi sul campo

La fase di campionamento rappresenta il punto fondamentale dell'intero processo di monitoraggio, e quindi l'approccio metodologico utilizzato deve presentare caratteristiche specifiche, quali:

- il punto di monitoraggio deve essere rappresentativo della zona definita;
- la procedura di prelievo deve essere accurata per evitare la perdita di microalghe potenzialmente tossiche con particolare attenzione alle forme epibentoniche;
- per il microfitobenthos il materiale prelevato deve essere di quantità sufficiente e deve consentire a chi effettuerà le determinazioni quali-quantitative in laboratorio di disporre di materiale omogeneo;
- la strumentazione di campionamento deve essere di facile utilizzo operativo e nello stesso tempo scientificamente corretta;
- il trasferimento dei campioni in laboratorio deve essere adeguato alla tipologia di campione e di analisi da effettuare.

Le metodologie di campionamento utilizzate sono state effettuate seguendo le indicazioni pubblicate nelle Linee Guida del Ministero della Salute (2007) "Gestione del rischio associato alle fioriture di *Ostreopsis ovata* nelle coste italiane" e il Protocollo Operativo pubblicato da ISPRA (ex APAT) "Fioriture algali di *Ostreopsis* lungo le coste italiane" (2007).

In ogni stazione sono state rilevate le condizioni meteorologiche, quali temperatura, umidità dell'aria e

pressione atmosferica, tramite centralina meteorologica, la direzione e la velocità del vento mediante un anemometro digitale e la radiazione solare tramite un radiometro.

Successivamente sono state considerate le condizioni idrologiche del sito di campionamento, come lo stato del mare relativo al moto ondoso (scala di Douglas), è stata valutata la velocità e la direzione della corrente utilizzando un correntometro ed è stata misurata la trasparenza mediante disco di Secchi. Infine tramite sonda multiparametrica sono stati rilevati i parametri fisico-chimici dell'acqua quali temperatura, salinità, pH, ossigeno disciolto (in ppm ed in percentuale di saturazione) a una profondità di 50 centimetri in prossimità del punto di campionamento.

Considerando le scarse profondità, in tutte le stazioni prescelte, la fase del prelievo non ha comportato l'utilizzo da parte del tecnico specializzato di autorespiratore ad aria (ARA), quindi il campionamento è stato effettuato in apnea.

Nuotando in superficie e utilizzando la tecnica del *visual census* è stata individuata, in un raggio di 10 metri intorno al punto, la zona migliore per il campionamento.

Il punto di prelievo sott'acqua doveva presentare scarso idrodinamismo, presenza di macroalghe (preferibilmente abbondanze maggiori di alghe rosse, Rhodophyta, o di alghe brune, Phaeophyta), oppure la presenza di una pellicola gelatinosa marrone rossastra, su substrato roccioso.

Il prelievo della macroalga è stato effettuato ricoprendo il tallo con un sacchetto di plastica, tagliandolo alla base e chiudendolo sott'acqua per ridurre la perdita di cellule dalla superficie dell'alga. In alternativa è stato prelevato solo un campione di tallo macroalgale (almeno 20 g, peso fresco).

In seguito il campione è stato fissato con soluzione di Lugol acida (2,5–5 ml di soluzione ogni 250 ml di campione) e mantenuto al buio ed al fresco fino al trasferimento in laboratorio.

In mancanza di macroalghe si è proceduto a raccogliere, servendosi di un raschietto, la patina superficiale eventualmente presente su substrati rocciosi non asportabili. Per il fissaggio ed il trasferimento in laboratorio si sono utilizzate le stesse indicazioni descritte per i campioni di macroalghe.

Successivamente è stato prelevato un campione di acqua ad una distanza di circa 50 cm dalla macroalga. Un'aliquota da 250 ml di tale campione è stata fissata con soluzione di Lugol acida (2,5–5 ml di soluzione ogni 250 ml di campione) e mantenuta al buio e al fresco fino al momento dell'analisi quali-quantitativa del fitoplancton. Un litro di acqua è stato invece direttamente filtrato sul campo con filtro in fibra di vetro Whatman GF/F da 0,70 µm, 47 mm di diametro per la successiva analisi dei nutrienti; il filtro è stato utilizzato per la determinazione della clorofilla *a* in laboratorio.

Per ciascun campionamento è stato compilato un verbale, predisposto da ARPAV, in cui sono state riportate le informazioni relative al sito, alla data ed all'ora, del campionamento. Sono stati registrati i parametri meteorologici quali temperatura, umidità dell'aria, pressione atmosferica, copertura del cielo, radiazione solare, velocità e direzione del vento, altezza e direzione delle onde e stato del mare. Nel medesimo verbale sono state anche annotate altre informazioni e/o osservazioni ritenute significative ai fini dello studio.

## Metodologie di laboratorio

### Nutrienti disciolti

I campioni per i nutrienti disciolti, dopo filtrazione su filtri in fibra di vetro Whatman GF/F, sono stati posti in bottiglie di polietilene, lavate con una soluzione di acido cloridrico al 20% e acqua Milli-Q, e successivamente congelati.

I campioni sono stati conservati in congelatore a -20 °C e, subito prima dell'analisi, scongelati rapidamente per mezzo di un forno a microonde.

Le analisi chimiche sono state eseguite con l'analizzatore colorimetrico automatico Easychem Plus.

L'azoto ammoniacale è stato rilevato mediante formazione di blu di indofenolo e lettura a 630 nm (Ivancic e Degobbis, 1984; Hansen e Koroleff, 1999).

L'azoto da nitriti è stato determinato mediante diazotazione e formazione di un composto azotato di colore rosso letto a 546 nm (Ribera d'Alcalà et al., 1990; Hansen e Koroleff, 1999).

L'azoto da nitrati è stato determinato attraverso riduzione dei nitrati tramite il passaggio del campione attraverso una colonna di cadmio ramato e successiva determinazione dei nitriti totali (Hansen e Koroleff, 1999).

Il silicio da ortosilicati è stato determinato mediante riduzione primaria con ammonio molibdato e con acido ascorbico e lettura dell'estinzione a 880 nm (FAO, 1975; Hansen e Koroleff, 1999).

Gli ortofosfati sono stati determinati tramite formazione di un complesso fosfomolibdico di colore blu e successiva lettura a 880 nm (Strickland e Parsons, 1972; Hansen e Koroleff, 1999).

## Concentrazione dei pigmenti clorofilliani

La determinazione dei pigmenti clorofilliani è stata effettuata mediante il metodo fluorimetrico descritto da Yentsch e Menzel, 1963 e Holm-Hansen et al., 1965.

I campioni di acqua sono stati filtrati *in situ* su filtri in fibra di vetro Whatman GF/F (porosità 0,7 µm) da 47 mm di diametro. Generalmente la quantità d'acqua filtrata è compresa tra 1-2 l.

I filtri, conservati su carta da filtro e racchiusi in foglio di alluminio, sono stati trasferiti in un contenitore con gel di silice come disidratante, e successivamente, in freezer a -20°C.

In laboratorio ai filtri, trasferiti in tubi di vetro da centrifuga (30 ml), sono stati aggiunti 15 ml di una soluzione di acetone al 90% (v/v) in acqua Milli-Q, e, in seguito, sono stati disgregati con omogeneizzatore Ultra-Turrax a 20000 g/min per 30". L'estrazione è stata completata in frigorifero a 8°C per 18h).

Per la lettura fluorimetrica, i filtri sono stati chiarificati in centrifuga refrigerata (Beckman GS-6R) a 3500 g/min per 15' a 10°C. Gli estratti sono stati trasferiti con pipetta automatica in celle da fluorimetria da 1 cm, e le letture sono state effettuate con spettrofluorimetro Perkin-Elmer LS-5B ai massimi delle lunghezze d'onda proprie della clorofilla *a* (eccitazione max 430 nm, emissione max 665 nm). Su ogni campione sono state condotte 2 letture fluorimetriche: i) Fo: lettura del campione tal quale; ii) Fa: lettura del campione dopo aggiunta di 2 gocce di una soluzione di HCl 1N.

Per la standardizzazione è stato preparato uno standard di clorofilla *a* commerciale pura (SIGMA Chemical Co.).

Le concentrazioni della clorofilla *a* è stata calcolata mediante le equazioni di (Holm-Hansen et al., 1965).

## Analisi del fitoplancton

I campioni d'acqua per l'analisi delle abbondanze e delle strutture di comunità del fitoplancton sono stati capovolti per circa 100 volte e subcampioni sono stati posti a sedimentare in camere cilindriche in vetro di volume variabile (da 2,5 cm<sup>3</sup> a 25 cm<sup>3</sup>) per 24-48 ore. Le cellule sedimentate sul fondo sono state contate mediante microscopio invertito con contrasto di fase (modello Zeiss Axiovert 35) e ingrandimento pari a 400 x (oculare 10x, obiettivo 40x). I volumi messi a sedimentare sono stati in relazione alla abbondanza fitoplanctonica prevista (Uthermöhl, 1958) ed in rapporto alle corrispondenti concentrazioni di clorofilla *a*.

Il conteggio è stato effettuato per transetti di lunghezza pari al diametro della camera di sedimentazione (circa 2,5 cm) e di altezza pari a quella di un reticolo inserito nell'oculare. La scelta del numero di transetti

è stato tale da raggiungere il numero di almeno 200 cellule contate.

La stima delle abbondanze fitoplanctoniche, espresse in cellule per litro, raggruppate per specie e classi, è stata calcolata applicando formule che considerino il numero di cellule contate, il numero di transetti effettuati, il volume messo a sedimentare e l'altezza del transetto (Zingone et al., 2010).

La composizione delle specie per il fitoplancton marino è stata definita in accordo con Tomas (1997) ed i riferimenti in esso contenuti.

### **Analisi delle microalghe potenzialmente tossiche**

I campioni d'acqua e quelli ottenuti dal lavaggio delle macroalghe bentoniche sono stati analizzati e conteggiati seguendo la metodica di Utermöhl (1958) e quelle descritte nell'allegato 1 del documento del Ministero della Salute (Pubbl. 641, 2007). Per la determinazione quantitativa delle cellule presenti sul tallo si è proceduto asciugando e pesando la macroalga per determinarne il peso umido, come parametro più frequentemente usato. Per la determinazione quantitativa è stato necessario annotare sia il volume d'acqua usato per il lavaggio della macroalga, sia il peso fresco dell'alga, in modo da poter ricondurre il numero di cellule contate a grammo d'alga (peso umido). Per gli altri substrati le cellule sono state asportate, dai substrati rimossi, sciacquando con acqua di mare filtrata, e procedendo come per le macroalghe. Sia per le analisi nell'acqua che per le specie epifittiche è stata data particolare attenzione alle forme potenzialmente tossiche.

### **Determinazione delle macroalghe**

In acqua, mediante la tecnica *visual census* è stata valutata in prima istanza la distinzione tra i tre phylum di macroalghe (Rhodophyta, Phaeophyta, Chlorophyta) e successivamente una prima determinazione macroscopica *in situ* delle specie più significative. Le specie raccolte sono state successivamente fissate in soluzione di Lugol (2,5-5 ml di soluzione ogni 250 ml di campione) ed in laboratorio si è proceduto alla determinazione di dettaglio utilizzando uno stereomicroscopio ed un microscopio ottico. Per la corretta determinazione delle alghe è stato utilizzato il seguente materiale bibliografico: Bressan e Babbini (2003); Burrows (1991); Feldmann-Mazoyer (1940); Hamel 1928; Hamel (1931-1939); Kylin (1956); Maggs e Hommersand (1993); Van den Hoek (1963).

## **Risultati**

### **Analisi spazio-temporale dei parametri fisici e chimico-fisici**

La grande variabilità spazio-temporale cui è soggetta l'area costiera veneta si è ben evidenziata nella distribuzione dei parametri di base (temperatura, salinità, pH, ossigeno disciolto) misurati nelle acque marino costiere, durante l'attività di monitoraggio che si è svolta da giugno ad agosto 2008, e da giugno a settembre 2009 nelle stazioni evidenziate in figura 4.

## Attività 2008

### Parametri Idrologici

La temperatura è variata entro un minimo di 20,6 °C, misurata il 6 giugno a Caroman (st. 10565) ed un massimo di 29,8 °C, il 4 agosto a Sacca di Scardovari (st. 16015); la media, calcolata durante il periodo di campionamento in tutta l'area, è stata pari a 25,3 °C. La salinità misurata ha presentato un minimo di 11,1 nella Sacca di Scardovari (st. 16015) il 23 luglio ed un massimo di 37,4 a Caroman (st. 10565) il 6 giugno. La media è stata attorno a 28,9 con un'ampia deviazione standard (7,11). Il pH ha presentato valori attorno a 8,12 con deviazione standard (dev. st.) molto contenuta (0,10), i valori di ossigeno sono stati mediamente attorno a quelli di saturazione (101%), presentando un minimo del 60% a Caorle (st. 10085) il 19 giugno, ed un massimo di 148% nella stessa stazione il 24 luglio.

### Clorofilla a

Negli ambienti acquatici la clorofilla *a* rappresenta il principale pigmento utilizzato dai vegetali per la fotosintesi sia da parte degli organismi fitoplanctonici, sia da parte di quelli fitobentonici (fanerogame, macroalghe e microfitobenthos). La sua stima rappresenta perciò una misura indiretta della biomassa algale.

Nel 2008 i valori della clorofilla *a* sono variati da 0,1 nella stazione di Caorle (st. 10085; 10 giugno) a 13,6 µg/l nella stazione di Sacca di Scardovari (st. 16015; 7 luglio). In generale, le concentrazioni sono state più elevate nelle stazioni a Sud di Chioggia (medie da 4,5 a 8,8 µg/l), mentre i minimi si sono rilevati nelle due stazioni prospicienti il litorale di Pellestrina (1,9 e 1,6 µg/l), rispettivamente a S. Pietro in Volta (st. 10535) ed a Ca' Roman (st. 10565; Figg. 5, 6 e 7).

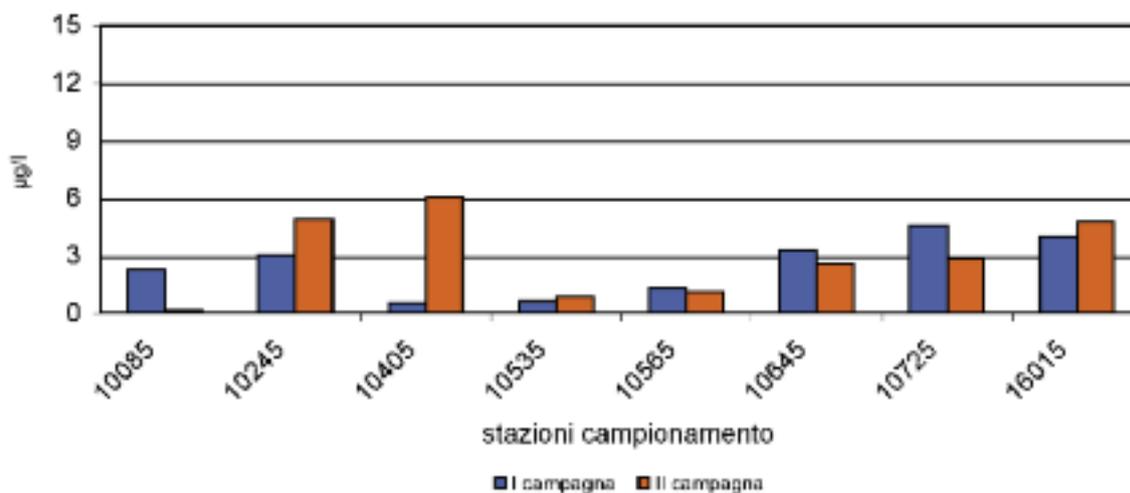


Figura 5: Concentrazioni di Clorofilla *a* nelle stazioni indicate nel mese di giugno 2008 (Fonte: ISMAR CNR)

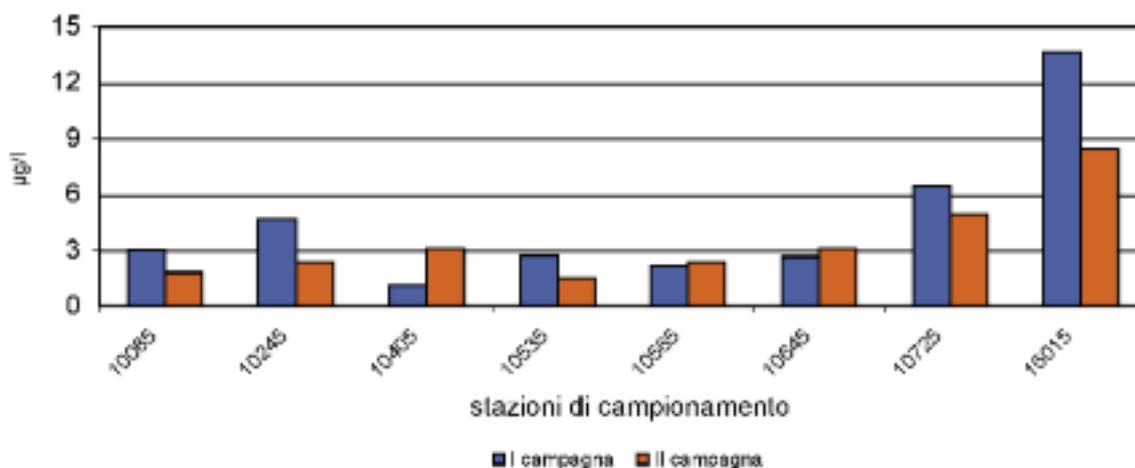


Figura 6: Concentrazioni di Clorofilla a nelle stazioni indicate nel mese di luglio 2008 (Fonte: ISMAR CNR)

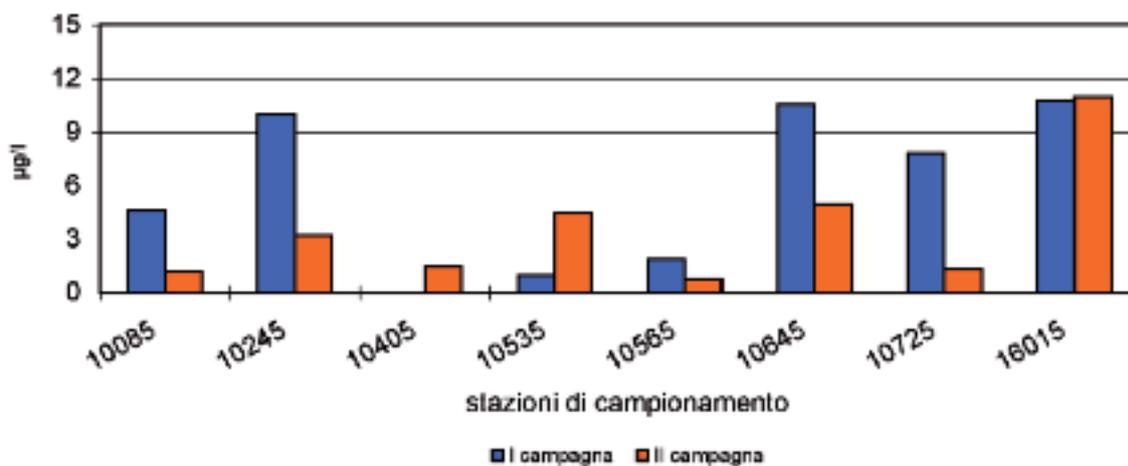


Figura 7: Concentrazioni di Clorofilla a nelle stazioni indicate nel mese di agosto 2008 (Fonte: ISMAR CNR)

## Attività 2009

### Parametri idrologici

Nel periodo indicato i valori di temperatura dell'acqua sono variati tra 19,7 e 30,0°C, rispettivamente ad Eraclea (st. 10185) l'8 giugno e a Isola Verde (st. 10645) il 21 agosto. I valori di salinità sono variati tra 12,7 a Sacca di Scardovari (st. 16015) e 34,8 a Brussa (st. 10075), evidenziando la grande variabilità delle condizioni aline delle aree campionate, in relazione alla maggiore o minore vicinanza alle foci dei fiumi (media di 29,3 ed elevata deviazione standard, pari a 6,16). I valori di pH e di ossigenazione relativa hanno presentato medie di 8,14 (dev.st 0,10) e 107% (dev.st. 12,3), nel range di quanto riportato in letteratura.

## Nutrienti disciolti

Nel 2009 sono stati considerati anche le concentrazioni dei nutrienti disciolti (N-NH<sub>3</sub>, N-NO<sub>2</sub>, N-NO<sub>3</sub>, P-PO<sub>4</sub> e Si-SiO<sub>4</sub>). Le quantità dell'azoto totale inorganico (DIN) sono state dell'ordine di 20 µM (dev. st. 20), rappresentate per il 69 % dal nitrato, quelle del fosfato di 0,29 µM (dev. st 0,25) quelle del silicato di 12,5 µM (dev. st. 8,4).

I massimi sono stati pari a 92 µM per il DIN rilevati il 18 di settembre a Isola Verde (st. 10645); nonostante questo dato puntiforme le quantità dei nutrienti azotati sono state in genere maggiori nei primi mesi dell'estate (giugno e luglio) con una tendenza alla diminuzione nei mesi di agosto e settembre. Mentre per silicati e fosfati il trend temporale è stato più irregolare con massimi rispettivamente di 52 e 1,3 µM entrambi rilevati nelle stazioni a sud di Chioggia. In generale le concentrazioni dei nutrienti hanno indicato una ampia variabilità spazio temporale, ma quasi sempre sono stati più elevati nelle acque meridionali delle coste venete: infatti sia il nitrato sia il silicato hanno mostrato distribuzioni legate alla diluizione delle acque da parte dei fiumi, come evidenziato dalle correlazioni inverse riscontrate con la salinità (significative per  $p < 0,01$ ).

## Clorofilla a

Le concentrazioni della clorofilla *a* sono variate tra 0,4 a Caorle (st. 10085) il 20 luglio e 10,4 µg/l ad Albarella (st. 10725) il 6 luglio, con medie in tutto il periodo per tutti i siti di 2,4 µg/l.

In generale le concentrazioni medie sono state più elevate nelle stazioni a sud di Chioggia (medie di 3,1 µg/l), minori nelle acque davanti la laguna veneta (2,0 µg/l) ed intermedi nelle stazioni a nord del Lido (2,3 µg/l).

Per quanto riguarda la variabilità temporale della clorofilla valutata su tutta l'area, i minimi sono stati osservati alla fine di luglio a Caorle (0,4 µg/l, st. 10085) e alla fine di settembre a Lido-Sorriso (0,4 µg/l, st. 10485), mentre i massimi sono stati registrati nei primi giorni di luglio ad Albarella (st. 10725); Figg. 8, 9, 10 e 11.

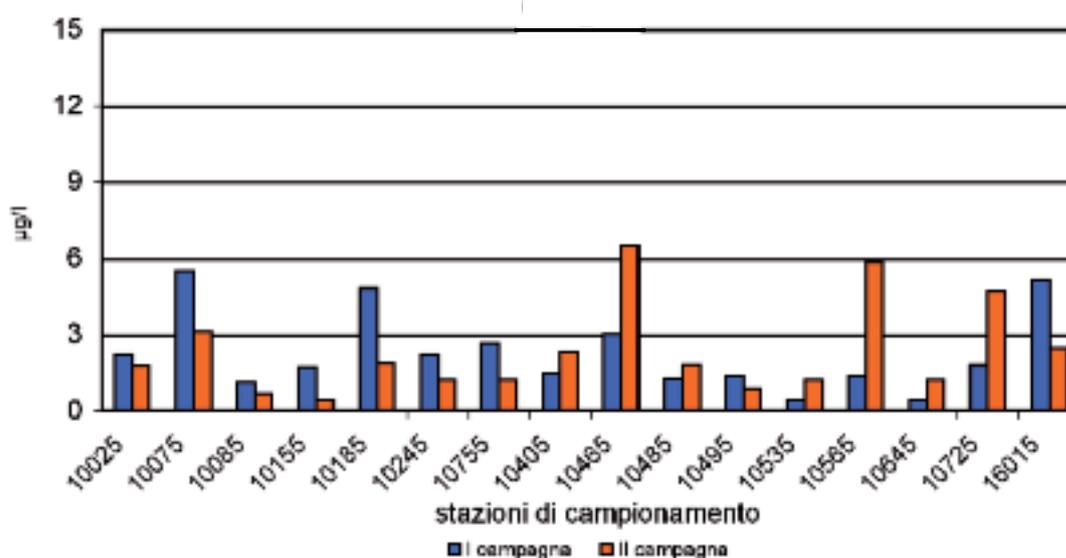


Figura 8: Concentrazioni di Clorofilla *a* nelle stazioni indicate nel mese di giugno 2009 (Fonte: ISMAR CNR)

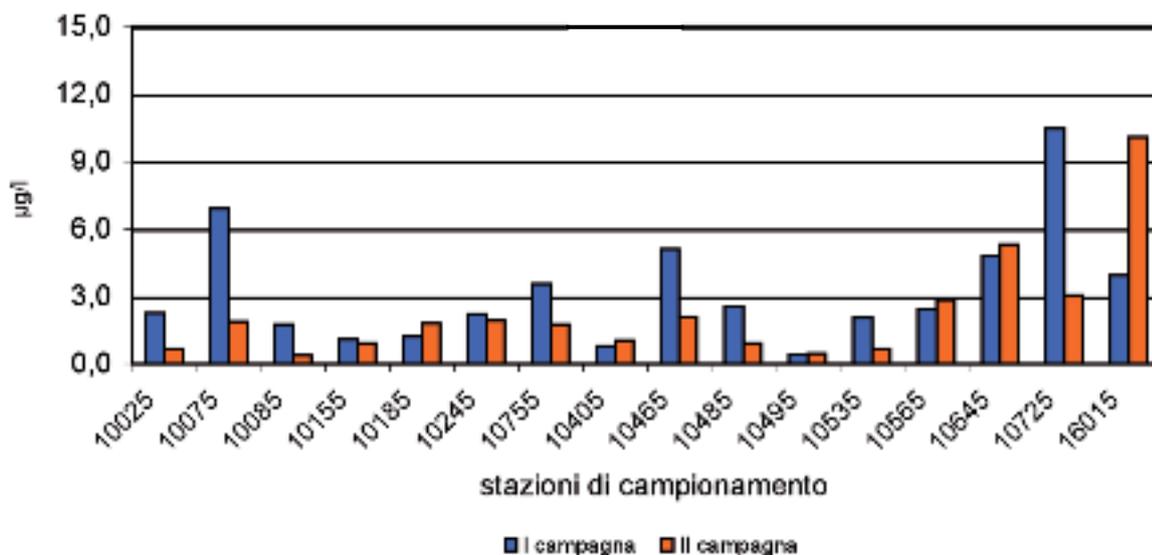


Figura 9: Concentrazioni di Clorofilla a nelle stazioni indicate nel mese di luglio 2009 (Fonte: ISMAR CNR)

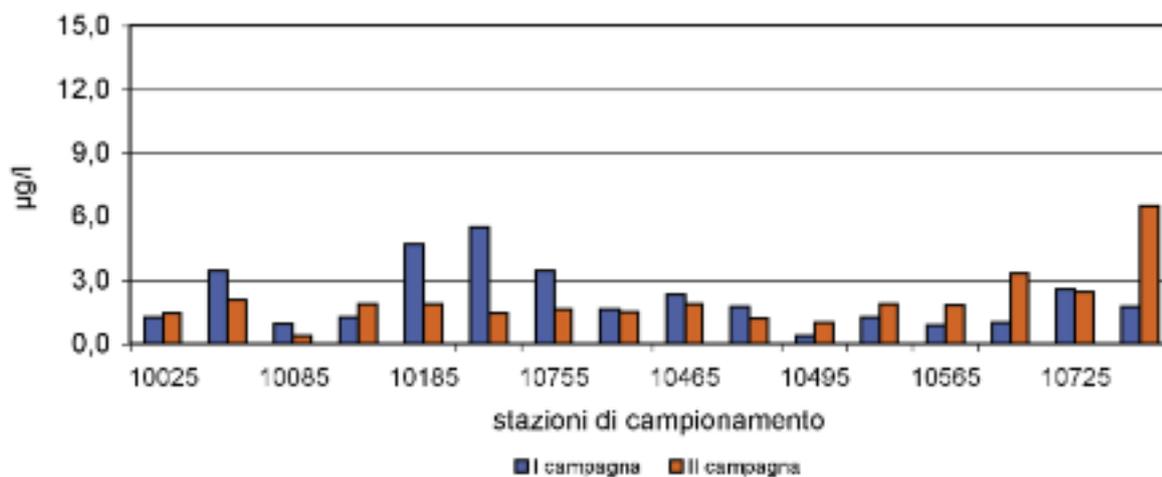


Figura 10: Concentrazioni di Clorofilla a nelle stazioni indicate nel mese di agosto 2009 (Fonte: ISMAR CNR)

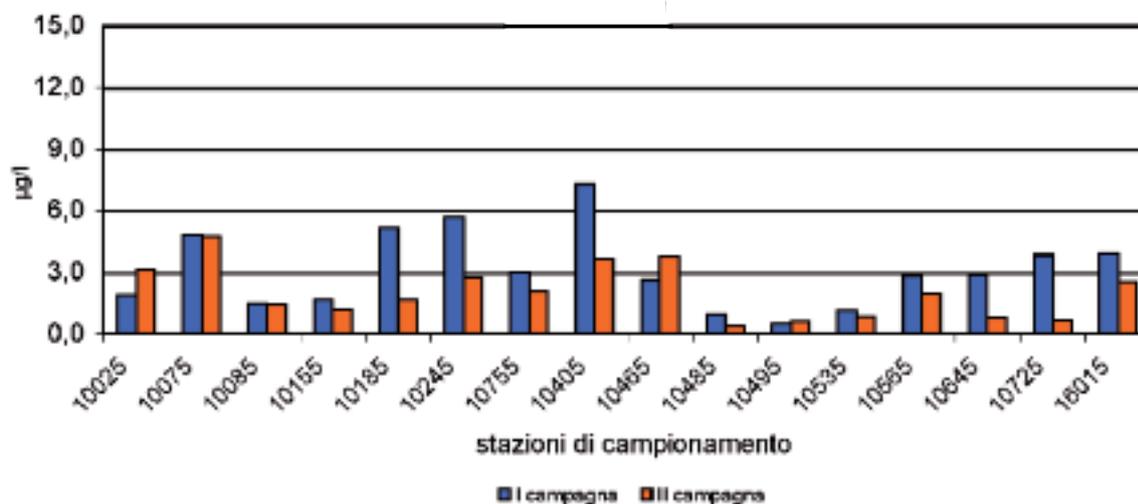


Figura 11: Concentrazioni di Clorofilla a nelle stazioni indicate nel mese di settembre 2009 (Fonte: ISMAR CNR)

## Popolamenti fitoplanctonici

Nel periodo di indagine la comunità fitoplanctonica è stata caratterizzata soprattutto da diatomee e nanoflagellate ed in minor misura da dinoflagellate. Le diatomee sono state le più rappresentate come numero di taxa; le specie più frequenti sono state forme centriche coloniali appartenenti ai generi *Chaetoceros* e *Thalassiosira*. L'altro gruppo tassonomico più numeroso è stato quello delle nanoflagellate rappresentate soprattutto da Criptoficee. Le dinoflagellate, rinvenute in percentuali minori in entrambi gli anni 2008 e 2009 (4% dell'abbondanza totale), sono state costituite per la maggioranza da specie non tossiche, mentre altri gruppi tassonomici quali le coccolitoforidee, silicoflagellate, cianoficee e cloroficee sono state rappresentate sporadicamente ed in percentuali ancora più basse (Fig. 12).

Mediamente i valori di abbondanza più elevati sono stati riscontrati nella prima metà del mese di luglio nella parte meridionale del litorale veneto (a sud della bocca di porto di Chioggia).

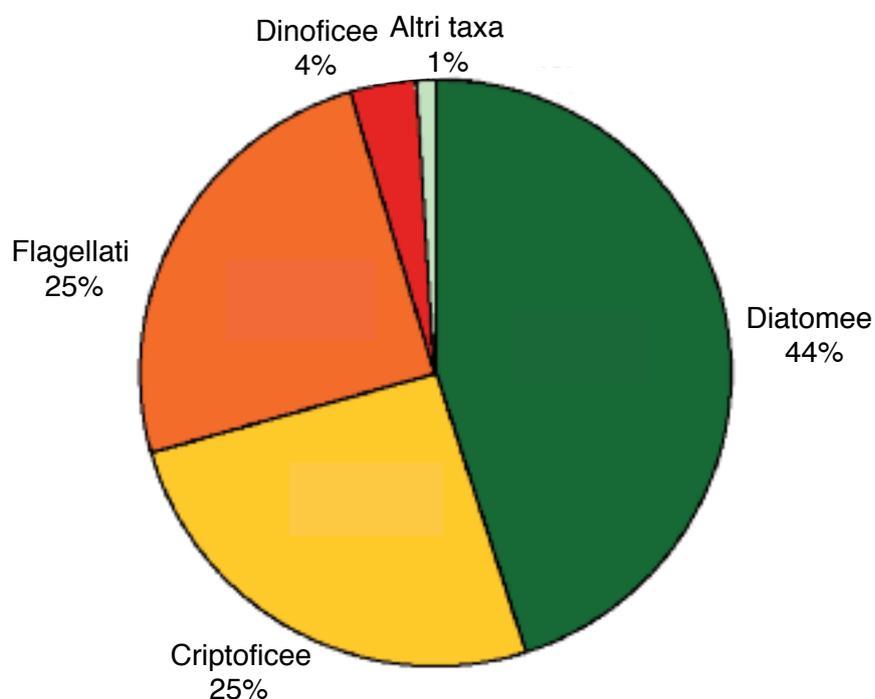


Figura 12: Contributo percentuale dei principali gruppi tassonomici del fitoplancton anni 2008-2009 (Fonte: ISMAR CNR)

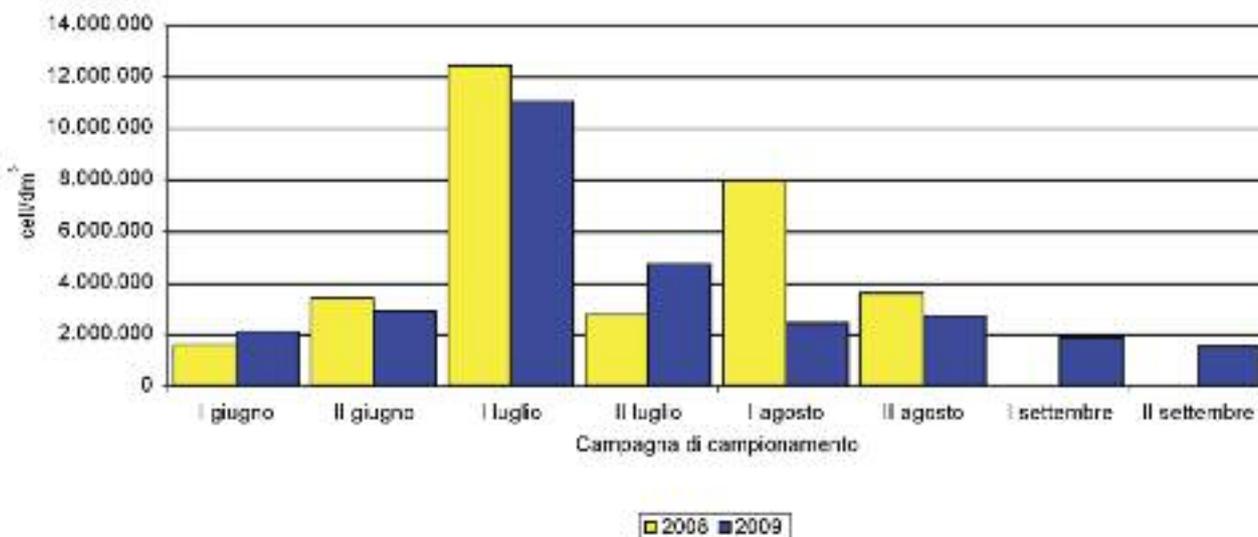


Figura 13: Variazioni temporali delle abbondanze medie mensili del fitoplancton riscontrate nell'attività di ricerca del 2008 e del 2009 (Fonte: ISMAR CNR)

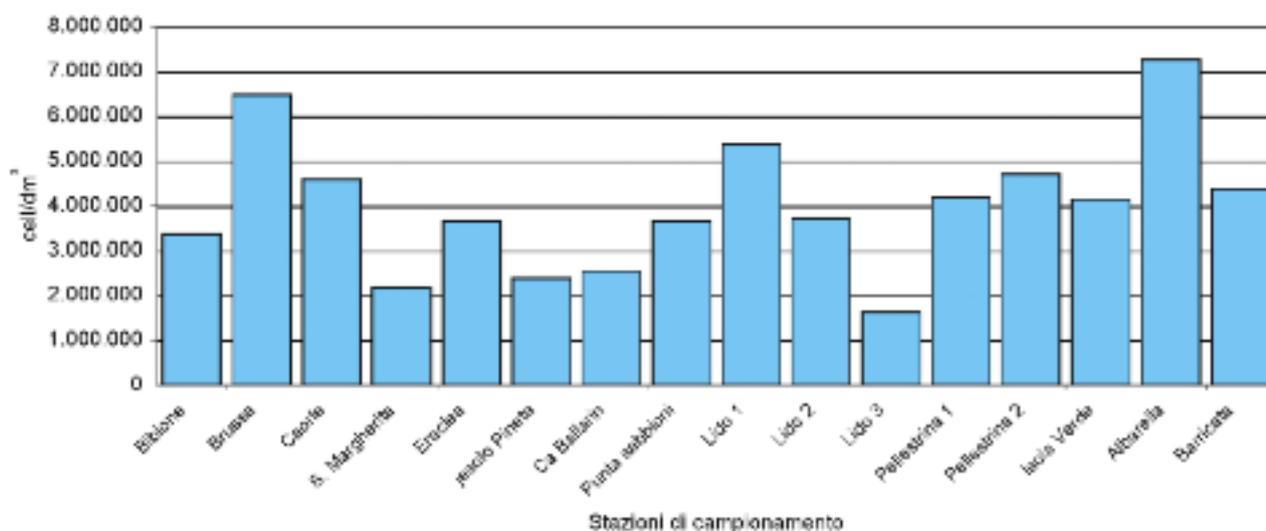


Figura 14: Variazioni spaziali delle abbondanze medie del fitoplancton nei singoli punti di prelievo anni 2008-2009 (Fonte: ISMAR CNR)

Nel 2008 le abbondanze del fitoplancton sono variate tra  $1,9 \cdot 10^5$  cell/l a Caorle (st. 10085), nel mese di agosto, e  $4,7 \cdot 10^7$  cell/l ad Isola Verde (st.10645, in luglio) (Figg. 13 e 14).

Durante il mese di giugno la frazione dominante del fitoplancton è stata rappresentata da nanoflagellate (essenzialmente Criptoficee), mentre in luglio il contributo delle diatomee è stato maggiore, fino a raggiungere il picco massimo in agosto (86% dell'abbondanza totale della comunità). Le specie più frequenti sono state soprattutto forme centriche coloniali appartenenti al genere *Chaetoceros* (*C. compressus*, *C. socialis* e *C. decipiens*); (Fig. 15).

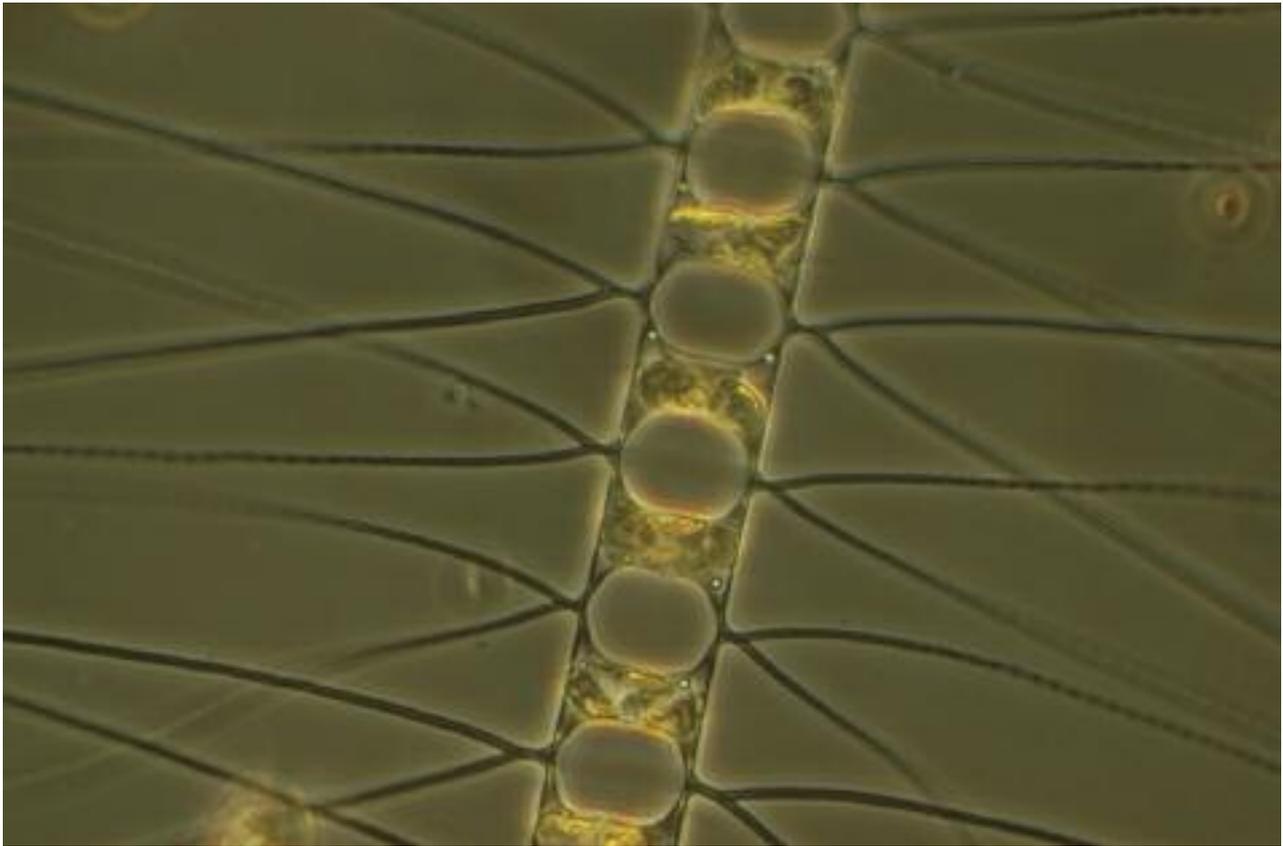


Figura 15: *Chaetoceros decipiens* (Foto: Mauro Bastianini, ISMAR CNR)

Nel corso dell'attività di ricerca del 2009 le abbondanze del fitoplancton da conteggio sono variate tra  $1,9 \cdot 10^5$  cell/l a Bibione (st. 10025) a fine settembre e  $3,1 \cdot 10^7$  cell/l a Brussa (st. 10075) il primo di luglio (Figg. 13 e 14).

Durante tutto il periodo di campionamento la frazione dominante del fitoplancton è stata rappresentata da nanoflagellate, essenzialmente Criptoficee ed in particolare *Cryptomonas* sp, ed in seconda battuta da diatomee con un massimo assoluto, nella prima metà di luglio, pari a  $1,4 \cdot 10^7$  cell/l, ad Albarella (st. 10725).

Oltre a *Cryptomonas*, le altre specie rappresentate sono state soprattutto diatomee centriche coloniali appartenenti al genere *Chaetoceros* (Fig. 15) (la più abbondante è stata *C. curvisetus*) ed al genere *Thalassiosira* (Fig. 16).

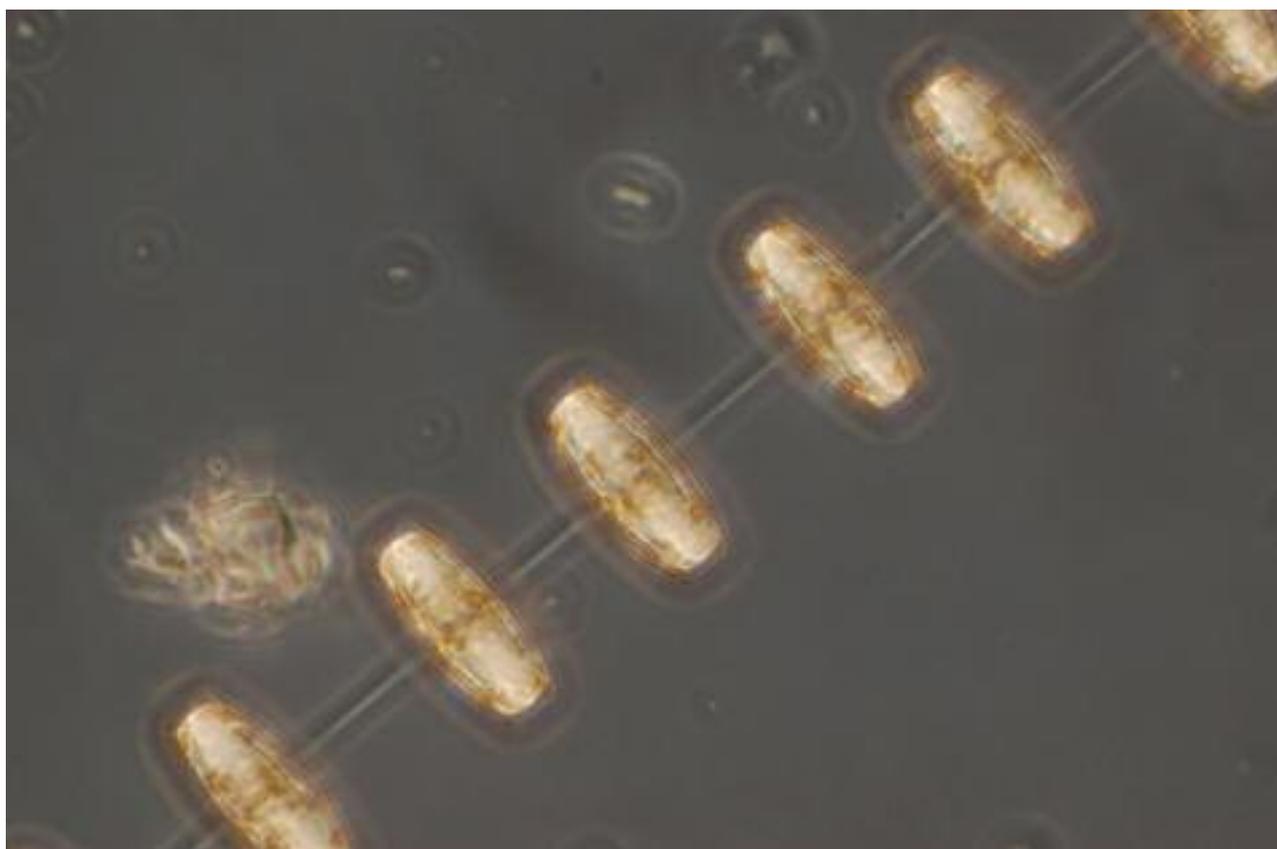


Figura 16: *Thalassiosira rotula* (Foto: Mauro Bastianini, ISMAR CNR)

## Specie potenzialmente tossiche

Le specie potenzialmente tossiche rinvenute nel periodo di indagine appartengono a tre diverse classi: una alla classe delle diatomee (*Pseudo-nitzschia galaxiae*), cinque alla classe delle dinoflagellate (*Dinophysis caudata*, *Prorocentrum rhathymum*, *Prorocentrum minimum*, *Prorocentrum lima* ed *Alexandrium* spp.), ed infine una alla classe delle cianofitiche o cianobatteri filamentosi (*Oscillatoria* spp.). Se si eccettua la diatomea *Pseudo-nitzschia galaxiae*, tutte le altre specie sono state rinvenute con frequenza molto bassa (Tab. 7).

Nessuna di queste specie ha portato a fenomeni di tossicità.

## Specie planctoniche

	2008		2009	
	nr. campagne = 46		nr. campagne = 128	
	nr. rinvenimenti	Frequenza (%)	nr. rinvenimenti	Frequenza (%)
<i>Pseudo-nitzschia galaxiae</i>	16	35	63	49
<i>Alexandrium</i> spp.	1	2	-	-
<i>Dinophysis caudata</i>	-	-	1	1
<i>Prorocentrum minimum</i>	1	< 1	18	10
<i>Prorocentrum rhathymum</i>	-	-	4	3
<i>Oscillatoria</i> spp.	1	2	3	2

Tabella 7: Frequenza di rinvenimento delle specie potenzialmente tossiche (Fonte: ISMAR CNR)

## *Pseudo-nitzschia galaxiae*

In letteratura, nella classe delle diatomee, solo 12 specie sono state riconosciute come potenziali produttrici di tossine ed in particolare di acido domoico (DA), tossina della classe ASP (*Amnesic Shellfish Poisoning*). Tra queste, *Pseudo-nitzschia galaxiae* (Fig. 17), è stata rinvenuta durante lo studio.



Figura 17: *Pseudo-nitzschia galaxiae* (Foto: Mauro Bastianini, ISMAR CNR)

*Pseudo-nitzschia galaxiae* è una diatomea a morfologia estremamente variabile la cui tossicità è stata messa in luce recentemente solo dopo analisi dettagliate (Cerino et al., 2005); d'altra parte analogamente a quanto rilevato per altre tossine algali, la produzione può variare ampiamente anche nell'ambito di una stessa specie, e per uno stesso ceppo in relazione a diverse condizioni fisiologiche.

Pur non avendo mai dato fenomeni di tossicità *P. galaxiae* è la specie che nel periodo primaverile-estivo del 2008 e del 2009 è stata rinvenuta più frequentemente. La sua distribuzione temporale non sembra legata ad alcun parametro idrologico (temperatura, salinità o disponibilità di nutrienti) ma invece a periodi caratterizzati da moto ondoso ridotto, durante prolungati periodi di calma di vento.

Il suo rinvenimento lungo la costa veneta è stato caratterizzato da abbondanze e frequenze maggiori nell'area nord-orientale (51%) e sud-occidentale (29%), mentre la zona centrale è stata interessata da abbondanze minori (20%) e presenze sporadiche (Fig. 18).

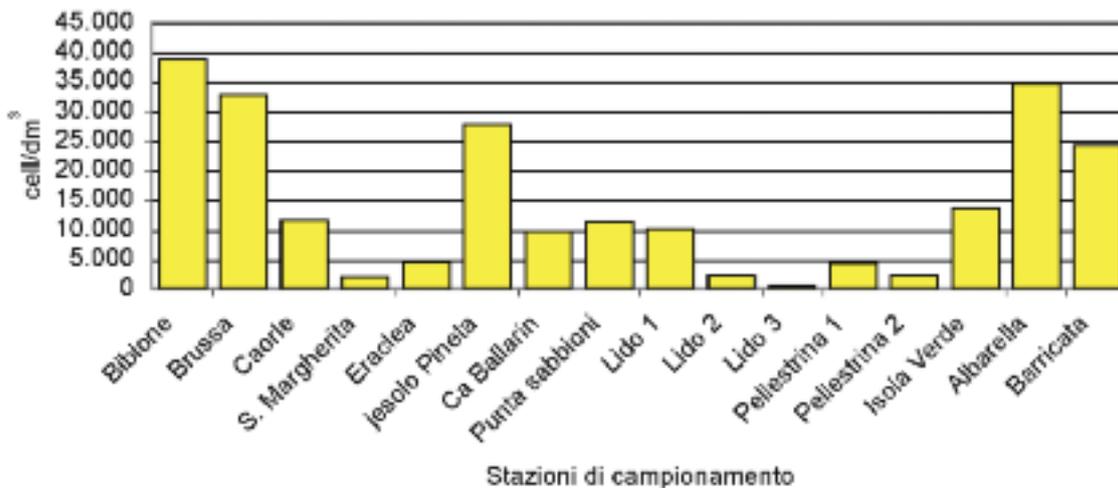


Figura 18: Valore medio mensile delle abbondanze fitoplanctoniche di *Pseudo-nitzschia galaxiae* nei singoli punti di prelievo disposti secondo latitudine decrescente (nord = Bibione; sud = Sacca di Scardovari); (%) = frequenza di rinvenimento nelle diverse zone (Fonte: ISMAR CNR)

### *Prorocentrum minimum*

*Prorocentrum minimum* (Fig. 19) è una dinoflagellata potenzialmente tossica, responsabile della sindrome DSP (*Diarrhetic Shellfish Poisoning*), che può causare sintomatologie gastrointestinali quali vomito e diarrea. E' una specie planctonica che si può trovare sia in mare aperto che in ambiente estuarino ma può essere presente anche come forma epifita di macroalghe. Questa specie è stata rinvenuta sporadicamente lungo il litorale veneto, in quantità ridotte nel mese di giugno, e con un picco massimo di  $6,3 \cdot 10^6$  cell/l in luglio a Punta Sabbioni (st. 10405).

La forma clonale di *Prorocentrum minimum* osservata in Adriatico non ha mai dato tossicità.

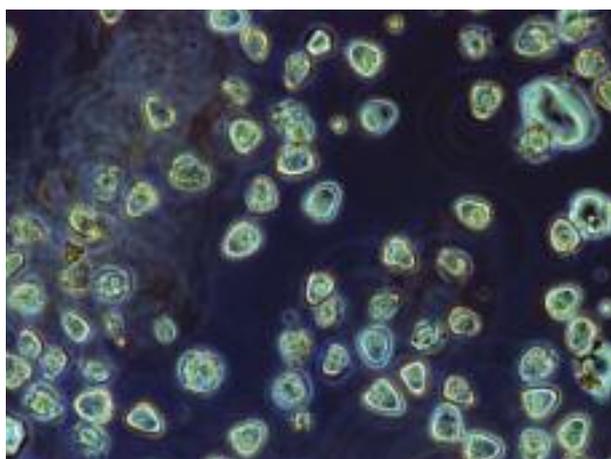


Figura 19: *Prorocentrum minimum* (Foto: Mauro Bastianini, ISMAR CNR)

### *Dinophysis caudata*

Il genere *Dinophysis* (Fig. 20) è un potenziale produttore di acido okadaico e suoi derivati, tossine in grado di indurre la sindrome DSP (*Diarrhetic Shellfish Poisoning*). L'intossicazione avviene attraverso il consumo di molluschi raccolti o allevati in masse d'acqua in presenza di cellule di *Dinophysis*.

La sindrome da DSP può essere indotta anche da valori di abbondanza modesti quali 200 cell/l.

Ancora molto poco si conosce della fisiologia di questo genere e non sempre la sua presenza è in

relazione alla sindrome da DSP.

*Dinophysis* presenta solitamente un picco primaverile-estivo ed uno autunnale (Bernardi Aubry et al., 2000). Il suo sviluppo è favorito da periodi di calma idrodinamica e di transitoria stratificazione termalina, caratteristica dei mesi estivi ed autunnali.

La ricerca di specie appartenenti al genere *Dinophysis* viene eseguita sistematicamente, per le acque costiere del Veneto, dal 1990 in seguito alle prime segnalazione di DSP nelle acque costiere dell'Emilia Romagna nel 1989 (Boni et al., 1992; Della Loggia et al., 1993; Marasovic et al., 1998); il limite di legge è di 1000 cell/l (D.D.M.M 1.8.1990 e 1.9.1990).

Durante il periodo di indagine il genere *Dinophysis* (specie *D. caudata*) è stato rinvenuto solo una volta, in agosto, davanti alla spiaggia di Punta Sabbioni (st. 10405). L'abbondanza è risultata modesta (200 cell/l) quindi molto al di sotto del valore soglia.

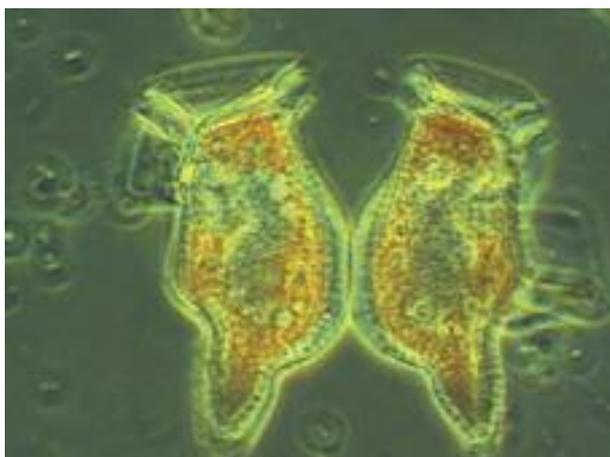


Figura 20: *Dinophysis caudata* (Foto: Mauro Bastianini, ISMAR CNR)

### *Alexandrium* spp

Le specie appartenenti al genere *Alexandrium*, considerate potenzialmente tossiche in quanto produttrici di una serie di tossine (saxitossine, gonyautossine) citate in letteratura sono undici.

Le tossine prodotte sono responsabili di una sindrome neurologica (PSP) che in alcuni casi può essere fatale.

Nelle acque del litorale veneto è stata rinvenuta una sola specie appartenente a questo genere (Fig. 21), la quale però non ha dato fenomeni di tossicità. Del resto, nel mar Mediterraneo solo pochi ceppi sono risultati tossici, anche se in Italia la presenza di tossine nei mitili è già stata segnalata nel caso di una fioritura di *Alexandrium minutum* (Honsell et al., 1996).



Figura 21: *Alexandrium minutum* (Foto: Mauro Bastianini, ISMAR CNR)

## *Oscillatoriales*

La specie rinvenuta appartiene ai cianobatteri filamentosi (Fig. 22), ed alla famiglia delle oscillatoriales presumibilmente al genere *Planktothrix*.

I cianobatteri filamentosi sono organismi ubiquitari in grado di colonizzare ambienti estremi in habitat sia terrestre che acquatico (tipicamente di acqua dolce ma anche di ambienti salmastri).

Alcuni cianobatteri si ritrovano anche in acque salmastre sebbene siano poco frequenti ed abbondanti. Sono specie potenzialmente produttrici di anatossine, microcistine e saxitossine con effetti dermigeni, gastro-enterici ed epatotossici. Nel periodo di indagine forme appartenenti alla classe dei Cianobatteri, famiglia delle oscillatoriales sono state rinvenute solo cinque volte in acque a salinità moderate e non hanno mai dato fenomeni di tossicità.



Figura 22: Cianoficea (Foto: Fabrizio Bernardi Aubry, ISMAR CNR)

## *Popolamenti macroalgali*

Le macroalghe sono organismi fotoautotrofi e bentonici, la cui distribuzione è collegata a fattori biotici (disponibilità di nutrienti) ed abiotici, come luce, salinità, substrato e idrodinamismo (Piazzini et al., 2002). Tra questi ultimi la disponibilità di luce costituisce il principale fattore che influenza la presenza o l'assenza dei vegetali nella colonna d'acqua.

I popolamenti algali possono presentarsi con una organizzazione spaziale, che implica una stratificazione nelle associazioni, determinata dalla diversa morfologia/ecologia delle varie specie.

La stratificazione è solitamente distinta in tre livelli:

- un sottostrato, formato tipicamente da specie crostose o incrostanti o comunque di piccola taglia tanto da vivere solitamente e necessariamente all'ombra degli altri strati;
- un mesostrato, costituito solitamente da specie di media taglia, tanto da vivere all'ombra e negli interstizi lasciati dalle specie dello strato elevato;
- un epistrato che presenta specie di taglia cospicua, che si ergono sulle altre;
- in questa stratificazione ecologica sono state considerate anche le specie epifite, le quali pur non formando uno strato, coprono e rivestono i talli di tutte le specie vegetali, in accordo con la loro ecologia.

Durante tutto il periodo di monitoraggio per la ricerca delle specie di microalghe potenzialmente tossiche è stato possibile valutare, tramite la tecnica del *visual census*, la distribuzione spazio-temporale delle macroalghe e raccogliere alcuni campioni per le analisi.

Considerando l'affinità maggiore delle epifite potenzialmente tossiche, come *Ostreopsis* sp., per la

morfologia dei talli delle Rhodophyta e Phaeophyta, ed in relazione alla distribuzione della biodiversità macroalgale nella costa veneta, sono state raccolte in numero maggiore le specie di Rhodophyta, (*Caulacanthus ustulatus*, *Caulacanthus* sp., *Gracilariopsis longissima*, *Ceramium* sp., *Rhodymenia* sp., *Grateloupia turuturu*, *Hypnea* sp., *Gelidium* sp.), mentre con abbondanze minori sono state raccolte le specie di Phaeophyceae (*Dyctyota dichotoma* e *Dictyopteris polypodioides*) e di Chlorophyta (*Ulva laetevirens*, *Ulva rigida*, *Enteromorpha compressa*, *Codium* sp.)

Nel periodo di regressione del popolamento a macroalghe, sia in termini di abbondanza che di diversità, (da fine luglio a settembre, soprattutto nell'area a nord della laguna di Venezia), è stato operato un grattaggio, tramite raschietto, della patina superficiale presente su substrati rocciosi o conchiglie di bivalvi al fine di ottenere sufficiente materiale per l'analisi dei popolamenti microfitobentonici.

## **Specie microfitobentoniche**

### *Prorocentrum rathymum*

*Prorocentrum rathymum* (Fig. 23) è una specie bentonica con affinità per i sedimenti grossolani (sabbia), epifita di macroalghe, ma si può rinvenire anche come forma ticoplanctonica (staccata dal substrato e libera nella colonna d'acqua). La sua distribuzione geografica è molto ampia essendo tipica di regioni tropicali e temperate.

In Mediterraneo la specie è stata rinvenuta per la prima volta lungo la Costa Brava tra il 1997 ed il 1998 (Vila et al., 2001) sebbene descritta originariamente come *P. mexicanum*; nel 2003 è stata rinvenuta in acque greche e descritta con il suo nome attuale (Aligizaki e Nikolaidis, 2006).

È una specie potenzialmente tossica: sono noti in letteratura danni alle colture di ostriche in Tasmania (danni alle prime forme larvali; Pearce et al., 2005), ma non fenomeni di avvelenamento attraverso il consumo di ostriche.

Nel corso degli studi è stata rinvenuta per la prima volta lungo il litorale veneto, nei mesi di agosto e settembre 2009, lungo il litorale di Pellestrina (stazioni 10535 e 10565) con abbondanze variabili tra 800 e 10781 cell/l.

Il suo rinvenimento non è legato a condizioni idrologiche particolari.

Il suo mancato ritrovamento nei popolamenti microfitobentonici è da mettere in relazione all'affinità di questo genere per i substrati sabbiosi, qui non campionati.

E' da segnalare comunque che la specie, sebbene si possa trovare anche attaccata ad un substrato (macroalghe o granelli di sabbia), è stata rinvenuta solo nei campioni d'acqua e non in quelli di macroalghe presi all'uopo.



Figura 23: *Prorocentrum rathymum* (Foto: Mauro Bastianini, ISMAR CNR)

## Altre specie

Altri taxa appartenenti prevalentemente alla classe delle diatomee sono stati rinvenuti come forme epifittiche sul tallo delle macroalghe. Tra questi sono prevalse le forme pennate appartenenti ai generi *Navicula*, *Amphora*, *Cocconeis*, *Lichmophora*, *Nitzschia*, *Achnanthes*, seguite da alcune forme centriche, quali *Thalassiosira* e *Cyclotella*.

Anche nei campioni di microfitobenthos la frequenza delle dinoflagellate è stata piuttosto rara ed ancor più quella di specie potenzialmente tossiche: solo nel mese di giugno alcuni esemplari delle dinoflagellate *Prorocentrum minimum* e *Dinophysis sacculus* sono stati rinvenuti in abbondanze molto basse.

## Ricerca del genere *Ostreopsis*

*Ostreopsis* è una dinoflagellata che cresce per lo più in zone costiere soggette ad un ridotto scambio idrico, favorita nel suo sviluppo da temperature elevate e luce abbondante. Si trova usualmente nel piano infralitorale (bentonica ed epilittica) e sulla superficie delle macroalghe, soprattutto Feoficee e Rodoficee (epifittica).

*Ostreopsis* produce delle tossine (ovatossine, composti del gruppo delle palitossine) che, liberandosi in aria, possono produrre un aerosol tossico oppure possono accumularsi nei prodotti ittici provocando malesseri quali dermatiti, difficoltà respiratorie, attacchi febbrili). In aggiunta, l'intossicazione dovuta al consumo di prodotti ittici contaminati può avere dei risvolti di tipo economico rilevanti, legati alla commercializzazione ed alla importazione del pescato.

Tali fenomeni sono associati a sindromi classificate come “*Ciguatera-like*”.

Le molecole del gruppo delle palitossine possono indurre intossicazioni anche fatali, ma la variabilità dei sintomi della ciguatera dimostra la notevole molteplicità di composti chimici in gioco.

I problemi che derivano dalla presenza di *Ostreopsis* sono molteplici. Il fenomeno, oltre al rischio sanitario, legato alla tossicità del genere, può avere dirette conseguenze sulla balneazione, sul turismo, sul commercio e sulle risorse naturali, a causa sia delle mutate caratteristiche delle acque (incremento della torbidità, riduzione della luce e deplezione dell'ossigeno), sia dell'avvelenamento dei consumatori di *Ostreopsis*, con conseguente accumulo di tossine attraverso la catena alimentare.

Il progetto messo in atto appositamente per la ricerca di questa microalga ha dato esiti negativi: *Ostreopsis* non è mai stata rinvenuta lungo il litorale veneto nel corso delle indagini sia nel 2008 che nel 2009.

Le stazioni di campionamento, scelte per la ricerca specifica del genere *Ostreopsis*, sono localizzate su pennelli disposti perpendicolarmente alla riva, colonizzati da macroalghe rappresentate prevalentemente da alghe verdi (Chlorophyceae) ed in particolare le specie *Ulva laetevirens*, *Ulva rigida*, *Enteromorpha compressa*, *Codium* sp. e *Bryopsis* sp.), da alghe rosse (Rodophyceae) con le specie *Caulacanthus ustulatus*, *Caulacanthus* sp., *Gracilariopsis longissima*, *Rhodymenia* sp., *Gelidium* sp., *Grateloupia turuturu*, *Hypnea* sp., *Ceramium* sp. e da alghe brune (Phaeophyceae) con le specie *Dictyota dichotoma* e *Dictyopteris polypodioides*.

In taluni casi la ricerca è stata eseguita, oltre che sul tallo delle macroalghe, anche sulla roccia e sul guscio di molluschi bivalvi dando sempre esiti negativi.



# 4

## Considerazioni conclusive



Lo studio e il monitoraggio di specie microalgali planctoniche (libere nell'acqua e non attaccate ad un substrato) è in atto a livello regionale dal 1985, per la prevenzione di fenomeni di tossicità legati soprattutto al consumo di molluschi. Più recentemente si è diffuso il fenomeno di fioritura di specie tossiche epibentoniche (specie adese ad un substrato), registrato lungo alcuni tratti di coste tirreniche e sud-adriatiche. Questi eventi hanno portato ad episodi di tossicità acuta per inalazione delle tossine in aerosol da parte dei bagnanti con alcuni casi di ospedalizzazione dovuta alla persistenza dei sintomi. Gli effetti osservati sulla salute umana sono stati limitati ed il caso più evidente di intossicazione umana per aerosol (Icardi e Marensi, 2005) si è verificato nell'estate del 2005 a Genova dove, persone che avevano soggiornato in riva al mare, sono dovute ricorrere a cure ospedaliere per varie sintomatologie acute (febbre, tosse, dispnea, cefalea, nausea, rinorrea, congiuntivite, vomito e dermatite).

L'insorgenza dei sintomi segnalati, nel caso ligure è stata associata all'inalazione di aerosol marino contenente frammenti di cellule di *Ostreopsis ovata* e/o di tossine, pur mancando una chiara prova causa-effetto (Ministero della Salute, 2007).

A oggi, in Italia, non sono ancora stati osservati effetti sulla salute dovuti all'ingestione di prodotti ittici contaminati dalle tossine prodotte da *Ostreopsis ovata*, né vi sono evidenze di patologie sistemiche associate all'ingestione involontaria di acque interessate dalla presenza di microalghe tossiche marine. Il potenziale rischio per la salute umana legato al consumo alimentare di prodotti ittici contaminati da palitossina, tuttavia, alla luce degli effetti anche gravi descritti dalla letteratura internazionale (Onuma et al., 1999; Fusetani et al., 1985) in altre aree geografiche, ha portato all'attivazione di un programma di monitoraggio a livello nazionale da parte delle autorità sanitarie e di tutela ambientale.

Infatti, a seguito degli episodi di intossicazione sopracitata, le autorità sanitarie hanno pianificato un'intensificazione dell'attività di controllo dei popolamenti microfitobentonici potenzialmente tossici. In particolare, la ricerca specifica del genere *Ostreopsis*, ritenuto il taxon maggiormente responsabile degli episodi descritti, è realizzata attraverso un controllo mirato degli ecosistemi che si sono dimostrati favorevoli allo sviluppo di queste specie, ed ha portato al recente rinvenimento di specie microfitobentoniche potenzialmente tossiche in Adriatico ed in tutti i litorali italiani (Fig. 24). Negli ultimi anni fioriture algali segnalate da parte di *Ostreopsis ovata* sembrano in aumento in molte zone costiere dei Paesi che si affacciano sul Mediterraneo: fioriture sono state segnalate in Francia (Lenoir e Krys, 2005), in Grecia (Aligizaki et al., 2005) ed in Spagna (Masò et al., 2005) nella costa Catalana, Andalusia e nelle isole Baleari. Anche in Italia, dal 1998 ad oggi, sono state rilevate massicce proliferazioni di *Ostreopsis* distribuite lungo i litorali adriatici e tirrenici (Grillo e Melchiorre, 2005; Poletti e Pompei, 2005).

I presupposti favorevoli allo sviluppo di questa specie sono condizioni meteorologiche stabili (assenza di vento, moto ondoso ridotto), temperatura dell'acqua relativamente alta (temperature estive) e disponibilità di luce. Anche il substrato presente gioca un ruolo fondamentale sullo sviluppo di questa specie: *Ostreopsis* è stata infatti rinvenuta su rocce, sassi, ciotoli, macroalghe ed in misura minore su substrato sabbioso.

Tutte queste condizioni ambientali potenzialmente favorevoli alla crescita di *Ostreopsis* si possono

facilmente ritrovare lungo tutto la fascia costiera italiana ed anche lungo il litorale veneto; tuttavia il mancato rinvenimento di questa specie in tutte le matrici analizzate (acqua, macroalghe, rocce, sabbia) lungo la costa veneta, porta ad ipotizzare che la massiccia presenza di sedimenti risospesi, caratterizzati da sabbie fini, inibisca la crescita e l'adesione di questa specie al substrato, come osservato in altri litorali italiani.

In alcuni tratti di coste contigue al litorale veneto, *Ostreopsis* è stata rinvenuta anche con abbondanze ragguardevoli. Nel 2009 lungo la costa, tra Grignano e Marina di Aurisina (Friuli Venezia Giulia), *Ostreopsis* è stata rilevata in un tratto roccioso, riparato e poco profondo, dove ha formato un biofilm bruno composto quasi esclusivamente da questo genere.

Altre segnalazioni in Adriatico, seppur relative a concentrazioni limitate, sono pervenute nel 2005 e 2006 in prossimità della riserva marina di Miramare (Trieste) e più a sud, lungo il litorale marchigiano, dall'estate del 2006 nella zona del Conero (Ancona).

Risulta piuttosto chiaramente come questa specie, finora, si sia sviluppata esclusivamente nei tratti costieri caratterizzati da substrato roccioso (Liguria, Toscana, Lazio, Campania, Calabria, Puglia, Marche, Friuli, Sicilia e Sardegna), e per ora non in regioni caratterizzate da litorali sabbiosi come l'Emilia Romagna o il Veneto. Ciò conferma l'importanza della natura del substrato che sembra essere fondamentale nello sviluppo della specie. Il mancato rinvenimento di *Ostreopsis* nelle coste sabbiose del Veneto, nel biennio 2008-2009, ribadisce questa ipotesi.

Il monitoraggio effettuato nel 2008 e nel 2009, descritto in questo studio, ha confermato inoltre la presenza nella colonna d'acqua di alcune specie potenzialmente tossiche segnalate con regolarità fin dai primi anni di ricerca specifica: *Alexandrium* spp., *Dinophysis* spp. e *Pseudo-nitzschia* spp..

La frequenza di rinvenimento e le abbondanze relative di queste specie sono da considerarsi al di sotto dei livelli di criticità relativamente al rischio igienico sanitario.

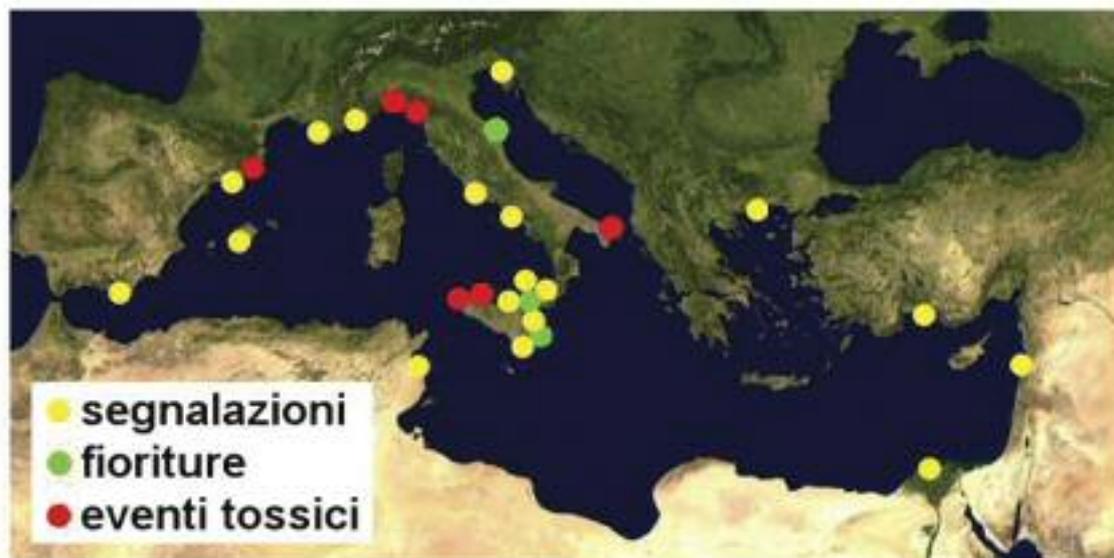


Figura 24: Mappa distribuzione *ostreopsis* (Fonte: Bentoxnet)

Durante la ricerca, nella zona di Pellestrina, è stata rinvenuta *Prorocentrum rhathymum*. Questa specie, descritta come una dinoflagellata bentonica potenzialmente tossica, non era mai stata segnalata nell'area di studio. Il suo ritrovamento è avvenuto sia in agosto che in settembre 2009, con abbondanze massime di  $10^4$  cellule per litro. In letteratura la sua tossicità è piuttosto dibattuta, anche se esistono dei casi in cui fioriture di questa specie hanno provocato danni di un certo rilievo (Pearce et al., 2005) ad allevamenti di molluschi. Considerata la nuova segnalazione in un'area peraltro limitata sono auspicabili studi mirati per la stima della reale estensione geografica e della sua ecologia.

# 5

## Sviluppi futuri



La presenza sporadica di specie potenzialmente tossiche, durante le campagne di monitoraggio, ha definito un quadro delle acque marino-costiere del Veneto caratterizzato dall'assenza di situazioni di rischio grave di tossicità che possano costituire problemi per la salute umana.

Pur tuttavia, la recente risalita di specie tropicali dal Mediterraneo meridionale a quello settentrionale, in relazione ai cambiamenti climatici in atto, indica in misura molto evidente come il rischio della maggior diffusione delle specie potenzialmente tossiche, come di altre specie alloctone, sia ora da considerarsi come elemento da non trascurare.

Per questo scopo, le attività di monitoraggio e di studio lungo le coste italiane sono divenute una richiesta imprescindibile. ARPAV, con la collaborazione di CNR ISMAR, è riuscita a costituire una rete di monitoraggio capillare, grazie alla quale fenomeni potenzialmente dannosi possono essere rilevati in tempi brevi con conseguenti azioni mitigatrici efficaci.

# Bibliografia

AA.VV. - *Le Tegnùe: ambiente, organismi, curiosità* - Mestre (VE): ARPAV e Museo di Storia Naturale di Venezia (2006)

Aligizaki K., Koukaras K., Nikolaidis G. - *The genus *Ostreopsis* in Greek coastal waters- *Ostreopsis*: problema per il Mediterraneo?* Genova, 2005

Aligizaki K., Nikolaidis G. - *The presence of the potentially toxic genera *ostreopsis* and *coolia* (Dinophyceae) in the North Aegean Sea* - Harmful Algae, Greece, 2006 - 5:717-30

Artegiani A., Bregant D., Paschini E., Pinardi N., Raicich F., Russo A. - *The Adriatic Sea circulation: part II. baroclinic circulation structure* - Journal of Physical Oceanography, 1997 - 27:1515-32

Arzul G., Seguel M., Guzman L., Erard-Le Denn E. - *Comparison of allelopathic properties in three toxic alexandrium species* - Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 1999 - 232:285-95

Bernardi Aubry F., Berton A., Bastianini M., Bertaggia R., Baroni A., Socal A. - *Seasonal dynamics of dinophysis in coastal waters of the new Adriatic Sea (1990-1996)* - Botanica Marina, 2000 - 43:423-30

Boldrin A., Carniel S., Giani M., Marini M., Bernardi Aubry F., Campanelli A., Grilli F., Russo A. - *Effects of bora wind on physical and biogeochemical properties of stratified waters in the northern adriatic* - Journal of Geophysical Research-Oceans, 2009 - 114

Boni L., Mancini L., Milandri A., Poletti R., Pompei M., Viviani R. - *First cases of Diarrhetic Shellfish Poisoning in the Northern Adriatic Sea* - Marin Coastal Eutrophication, edited by Marchetti R. e Viviani R. Vollenweider R. A. - Bologna, 1992 - pp. 419-30

Bottalico A., Milella P., Felicini G.P. - *Fioritura di *Ostreopsis* sp. (Dinophyta) nel porto di Otranto* - Riunione Scientifica Annuale del Gruppo di lavoro per l'Algologia - Società Botanica Italiana, Chioggia, 2002

Bressan G., Babbini L. - *Biodiversità marina delle coste italiane: corallinales del Mar Mediterraneo. Guida alla determinazione* - Biologia marina mediterranea, 2003 - 10:1-237

Burrows, E. M. - *Chlorophyta. Seaweeds of the British Isles* - London: The Natural History Museum – London, 1991

Burrows E. M. - *Chlorophyta. Seaweeds of the British Isles* - London: The Natural History Museum – London, 1991

Cembella A.D., Lewis N.I., Quilliam M.A. - *The marine Dinoflagellate *Alexandrium* *Ostenfeldii* (Dinophyceae) as the causative organism of spirolide shellfish toxins* – Phycologia, 2000 - 39:67-74

Cerino F., Orsini L., Sarno D., Dell'Aversano C., Tartaglione L., Zingone A. - *The alternation of different morphotypes in the seasonal cycle of the toxic diatom *Pseudo-Nitzschia* *Galaxiae** - Harmful Algae, 2005 - 4:33-48

Ciminiello P., Dell'Aversano C., Fattorusso E., Forino M., Tartaglione L., Boschetti L., Rubini S., Cangini M., Pigozzi S., Poletti R. - *Complex toxin profile of *mytilus galloprovincialis* from the Adriatic Sea revealed by LC-MS* – Toxicon, 2010 - 280-88

Ciminiello P., Dell'Aversano C., Fattorusso E., Forino M., Magno S., Guerrini F., Pistocchi R., Boni L. - *Complex yessotoxins profile in Protoceratium Reticulatum from North-Western Adriatic Sea revealed by Lc-Ms Analysis* – *Toxicon*, 2003 - 42:7-14

Daranas A.H., Norte M., Fernández J.J.- *Toxic marine microalgae* – *Toxicon*, 2001- 39:1101-32

Della Loggia R., Cabrini M., Del Negro P., Honsell G., Tubaro A. - *Relationships between Dinophysis spp. – in Seawater and Dsp toxins in mussels in the Northern Adriatic Sea - Toxic phytoplankton blooms in the Sea*, edited by T.J. Smayda and Y. Shimizu - Amsterdam: Elsevier Science Publisher, 1993 - pp. 483-88

FAO - *Fao Fish. Tech. Pap* – 1975

Feldmann-Mazoyer G. - *Recherches sur les céramiacées de la Méditerranée occidentale*. Alger: Imprimerie Minerva - 1940

Franco J.M., Fernandez P., Reguera B. - *Toxin profiles of natural populations and cultures of Alexandrium minutum halim from Galician (Spain) coastal waters* - *Journal of Applied Phycology*, 1994 - 6:275- 79

Franco P. - *Oceanography of northern Adriatic Sra. 1. Hydrologic features: cruises July-August and October-November 1965* - *Archo Oceanogr. Limnol*, 1970 - 17:1-97

Franco P., Michelato A. - *Northern Adriatic Sea: oceanography of the basin proper and of the western coastal zone – in Marine coastal eutrophication*, edited by R. Marchetti R.A. Vollenweider and R. Viviani - Amsterdam: Elsevier 1992 - pp. 35-62

Fusetani N., Sato S., Hashimoto K. - *Occurrence of a water soluble toxin liver poisoning* – *Toxicon*, 1985 - 37:55-65

Gallitelli M, Silveri NG - *Respiratory illness as a reaction to tropical algal blooms occurring in a temperate climate (Vol 293, Pg 2599, 2005)* - *Jama-Journal of the American medical association*, 2005 - 44- 44

Galluzzi L., Penna A., Bertozzini E., Giacobbe M. G., Vila M., Garces E., Prioli S., Magnani M. - *Development of a qualitative Pcr method for the Alexandrium spp. (Dinophyceae) detection in contaminated mussels (Mytilus Galloprovincialis)* - *Harmful Algae*, 2005 - 4:973-83

Giacobbe M.G., Penna A., Ceredi A., Milandri A., Poletti R., Yang X. - *Toxicity and ribosomal DNA of the Dinoflagellate Dinophysis Sacculus (Dinophyta)* – *Phycologia*, 2000 - 39:177-82

Grancini G., Cescon B. - *Dispersal processes of freshwater in the Po river coastal area* - *Limnol. Oceanogr.*, 1973 - 18:705-10

Grillo C., Melchiorre N. - *Il caso Liguria: azione integrata per il riconoscimento del fenomeno- aspetti ambientali - Ostreopsis: problema per il Mediterraneo?* – Genova, 2005

Hallegraef G. M. - *Harmful algal blooms: a global overview. Manual on harmful marine microalgae*, edited by G.M. Hallegraef, D. M. Anderson and A. D. Cembella - Paris: Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, 2003

Hamel G. - *Floridées de France* - *Rev. Algol.*, 1928 - 3:1-6

Hamel G. - *Pheophycées de France* - Paris: Imprimerie Wolf - 1931-1939

Hansen H. P., F. Koroleff - *Determination of nutrients - in Methods of seawater analysis*, edited by K. Grasshoff, K. Cremling and M. Erhardt - Wiley-VCH Verlag, 1999 - pp. 159-228

Hasle G.R. - *Are most of the domoic acid-producing species of the diatom genus Pseudo-Nitzschia cosmopolites?* - *Harmful Algae*, 2002 - 1:137-46

Hasle G.R., e N. Lundholm - *Pseudo-Nitzschia seriata f. obtusa (Bacillariophyceae) raised in rank based on morphological, phylogenetic and distributional data* – *Phycologia*, 2005 - 44:608-19

Hassett R.P. - *Effect of toxins of the 'Red-Tide' Dinoflagellate Alexandrium spp. on the oxygen consumption of marine copepods* - Journal of Plankton Research, 2003 - 25:185-92

Hoagland P., S. Scatasta - *The economic effects of harmful algal blooms* - Ecology of Harmful Algae, 2006 - pp. 391-402

Holm-Hansen O, Lorenzen C.J., Holmes R.W., Strickland J.D.H. - *Fluorimetric determination of chlorophyll* - J. Cons. int. Explor. Mer, 1965 - 30:3-15

Honsell G., Poletti R., Pompei M., Sidari L., Milandri A., Casadei C., Viviani R. - *Alexandrium minutum halim and Psp contamination in the northern Adriatic Sea (Mediterranean Sea) – Harmful and toxic algal blooms*, edited by T. Yasumoto, Y. Oshima and Y. Fukuyo - Paris: Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, 1996 - pp. 77-80

Icardi, G., Marensi L. - *Aspetti epidemiologici - Ostreopsis: problema per il Mediterraneo?* – Genova, 2005

Ivancic, I., Degobbi D. - *An optimal manual procedure for ammonia analysis in natural waters by the indophenol Blue Method* - Water Research, 1984 - 18:1143-47

Kylin, H. - *Gattungen Der Rhodophyceae* - Lund: CWK Gleerups Forlag (1956)

Lee, J. S., T. Igarashi, S. Fraga, E. Dahl, P. Hovgaard, T. Yasumoto - *Determination of diarrhetic shellfish toxins in various dinoflagellate species* - Journal of Applied Phycology, 1989 - 1:147-52

Lenoir S. & Krysz S. - *Studies on a tropical benthic ostreopsis specie* edited by AFSSA Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (Francia), 2005

Maggs C. A., Hommersand M. H. - *Rhodophyta. Seaweeds of the British Isles* - London: The Natural History Museum - London, 1993

Mangialajo L., Bertolotto R., Cattaneo-Vietti R., Chiantore M., Grillo C., Lemee R., Melchiorre N., Moretto P., Povero P., Ruggieri N. - *The toxic benthic dinoflagellate ostreopsis ovata: quantification of proliferation along the coastline of Genoa, Italy* - Marine Pollution Bulletin, 2008 - 1209-14

Marasigan A.N., Sato S., Fukuyo Y., Kodama M. - *Accumulation of a high level of diarrhetic shellfish toxins in the green mussel perna viridis during a bloom of dinophysis caudata and dinophysis miles in Sapijan Bay, Panay Island, the Philippines* - Fisheries Science, 2001- 67:994-36

Marasovic, I., Nincevic Z., Pavela-Vrancic M., S. Orhanovic - *A survey of shellfish toxicity in the central Adriatic Sea* - Journal of the Marine Biological Association of United Kingdom, 1998 - 78:745-54

Masò M., Vila M., Alvare P. - *Ostreopsis along the catalan coast (Ne Spain): ecological aspects and epidemiologic study* - *Ostreopsis: problema per il Mediterraneo?* – Genova, 2005

Ministero della Salute – Dipartimento della prevenzione e della comunicazione - *Linee guida: gestione del rischio associato alle fioriture di Ostreopsis Ovata nelle coste italiane* - Roma, 2007

Miralto A., Barone G., Romano G., Poulet S. A., Ianora A., Russo G. L., Buttino I., Mazzarella G., Laabir M., Cabrini M., Giacobbe M. G. - *The insidious effect of diatoms on copepod reproduction* – Nature, 1999 - 402:173-76

Moestrup Ø - *IOC taxonomic reference list of toxic algae* - Intergovernmental oceanographic commission of UNESCO ([ioc.unesco.org/hab/data.htm](http://ioc.unesco.org/hab/data.htm)), 2004

Monti M, Minocci M, Beran A, Ivesa L. - *First record of Ostreopsis cfr. ovata on macroalgae in the northern Adriatic Sea* - Marine Pollution Bulletin, 2007 - 598-601

Myklestad M.M., Ramlo B., Hestmann S. - *Demonstration of strong interaction between the flagellate chrysochromulina polylepis (Prymnesiophyceae) and a marine diatom* - Harmful marine algal blooms, edited by P. Lassus, G. Arzul, P. Gentien and C. Marcaillou - Lavoisier: Intercept Ltd, 1995 - pp. 633–38.

Onuma Y., Satake M., Ukena T., Roux J., Chanteau S., Rasolofonirina N., Ratsimaloto M., Naoki H., Yasumoto T. - *Identification of putative palytoxin as the cause of clupeotoxism* – *Toxicon*, 1999 - 37:55-65

Orlic M., Kuzmic M., Pasaric Z. - *Response of the Adriatic Sea to the bora and sirocco forcing* - continental shelf Re., 1994 - 14:91-116

Orsini L., Procaccini G., Sarno D., Montresor M. - *Multiple rDNA ITS-types within the diatom *Pseudonitzschia delicatissima* (Bacillariophyceae) and their relative abundances across a spring bloom in the gulf of Naples* - *Marine Ecology Progress Series*, 2004 - 271:87-98

Paz B., Riobó P., Fernández M. L., Fraga S., Franco J. M. - *Production and release of yessotoxins by the dinoflagellates *Protoceratium reticulatum* and *Lingulodinium polyedrum* in culture* – *Toxicon*, 2004 - 44:251- 58

Pearce I., Handler J. H., Hallegraeff G. M. - *Histopathology in Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) spat caused by the dinoflagellate *Prorocentrum rathymum** - *Harmful Algae*, 2005 - 4:61-74

Penna A., Vila M., Fraga S., Giacobbe M.G., Andreoni F., Riobó P., Vernesi C. - *Characterization of *Ostreopsis* and *Coolia* (Dinophyceae) isolates in the western Mediterranean Sea based on morphology, toxicity and internal transcribed spacer 5.8S rDNA sequences* - *Journal of Phycology*, 2005 - 41:212-25

Piazzì L., Pardi G., Balata E., Cecchi E., Cinelli F. - *Seasonal dynamics of a subtidal north-western mediterranean macroalgal community in relation to depth and substrate inclination* - *Botanica Marina*, 2002 - 45: 243-252

Poletti R., Pompei M. - *Lo stato delle conoscenze sul fenomeno *Ostreopsis* lungo le coste italiane - *Ostreopsis: problema per il Mediterraneo?** – Genova, 2005

Poulet S.A., Ianora A., Miralto A., Meijer L. - *Do diatoms arrest embryonic development in copepods?* - *Marine Ecology Progress Series*, 1994 - 111:79-86

Rhodes L., McNabb P., de Salas M., Briggs L., Beuzenberg V., Gladstone M. - *Yessotoxin production by *Gonyaulax spinifera** - *Harmful Algae*, 2006 - 5:148-55

Ribera d'Alcalà, M., Catalano G., Saggiomo V. - *Nitriti – in *Metodi nell'ecologia del plancton marino**, edited by Innamorati M., I. Ferrari, D. Marino and M. Ribera d'Alcalà - Nova Thalassa, 1990 - pp. 133-38

Riccardi M., Guerrini F., Roncarati F., Milandri A., Cangini M., Pigozzi S., Riccardi E., Ceredi A., Ciminiello P., Dell'Aversano C., Fattorusso E., Forino M., Tartaglione L., Pistocchi R. - **Gonyaulax spinifera* from the Adriatic Sea: toxin production and phylogenetic analysis* - *Harmful Algae*, 2009 - 8:279-90

Russo A., Artegiani A. - *Adriatic Sea Hydrography* - *Scient. Mar.*, 1996 - 60:33-43

Sansoni G., Borghini B., Camici G., Casotti M., Righini P., Rustighi C. - *Fioriture algali di *Ostreopsis ovata* (Gonyaulacales: Dinophyceae): un problema emergente* - *Biologia Animale*, 2003 - 17:17-23

Sarno D., Dahlman J. - *Production of domoic acid in another species of *Pseudo-nitzschia*: *P. Multistriata* in the gulf of Naples (Mediterranean Sea)* - *Harmful Algae News* 21(November 2000) - 5

Schmidt L.E., Hansen P.H. - *Allelopathy in the Pymnesiophyte *Chrysochromulina polylepis*: effect of cell concentration, growth phase and Ph* - *Marine Ecology Progress Series*, 2001 - 216:67-81

Sidari L., Nichetto P., Cok S., Sosa S., Tubaro A., Honsell G., Della Loggia R. - *Phytoplankton selection by mussels, and Diarrhetic Shellfish Poisoning* - *Marine Biology*, 1998 - 131:103-11

Simoni F., di Paolo C., Gori L., Lepri L. - *Further investigation on blooms of *Ostreopsis ovata*, *Coolia monotis*, *Prorocentrum lima*, on the macroalgae of artificial and natural reefs in the northern Tyrrhenian Sea* - *Harmful Algae News*, 2004 - 26:5-7

Socal G., Acri F., Bastianini M., Bernardi Aubry F., Bianchi F., Cassin D., Coppola J., De Lazzari A., Bandelj V., Cossarini G., Solidoro C. - *Hydrological and biogeochemical features of the northern Adriatic Sea in the period 2003-2006* - *Marine Ecology*, 2008 - 29:449-68

Strickland J.D.H., Parsons T. R. - *A practical handbook of seawater analysis* - Bulletin of fisheries research. Bd. Canada - 1972

Teegarden G.J. & A.D. Cembella - *Grazing of toxic dinoflagellates, Alexandrium spp. By adult copepods of coastal maine: implications for the fate of paralytic shellfish toxins in marine food webs* - Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 1996 - 196:145-76

Tomas C. R. - *Identifying marine phytoplankton* - San Diego: Academic Press, 1997 - p. 858

Totti C., Accoroni S., Cerino F., Cucchiari E., Romagnoli T. - *Ostreopsis ovata bloom along the Conero Riviera (Northern Adriatic Sea): relationships with environmental conditions and substrata* - Harmful Algae, 2010 - 9:233-39

Tubaro A., Sidari L., Della Loggia R., Yasumoto, T. - *Occurrence of yessotoxin - Like toxins in phytoplankton and mussels from northern Adriatic Sea* - Harmful Algae, edited by Blanco J. Reguera B., Fernández M.L., Wyatt T. - Xunta de Galicia and Intergovernmental Oceanographic Commission of Unesco, 1998 - pp. 470-72

Utermöhl H. - *Zur vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik* - Mitt. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol, 1958 - 9:1-38

Van den Hoek C. - *Revision of the european species of Cladophora* - Leiden: E.J. Brill - 1963

Vila M., Camp J., Garcés E., Masó M., Delgado M. - *High resolution spatio-temporal detection of potentially harmful Dinoflagellates in confined waters of the nw Mediterranean* - Journal of plankton research, 2001 - 23:497-514

Viviani R., Proja M., D'Alessandro F., Mancini L., Poletti R., Montanari G. - *Primi casi in Italia di Paralytic Shellfish Poisoning". Da mitili coltivati nei rias della Spagna* - Atti Società Italiana di Scienze Veterinarie, 1977 - 31:331

White A. W. - *Marine zooplankton can accumulate and retain dinoflagellate toxins and cause fish kills* - Limnology and Oceanography, 1981 - 26:103-09

Wyatt T., Jenkinson I.R.- *Notes on alexandrium population dynamics* - Journal of plankton research, 1997 - 19:551-75

Yentsch C.S., Menzel D.W. - *A method for the determination of Phytoplankton Chlorophyll and Phaeophytine by fluorescence* - Deep Sea Res., 1963 - 10:221-31

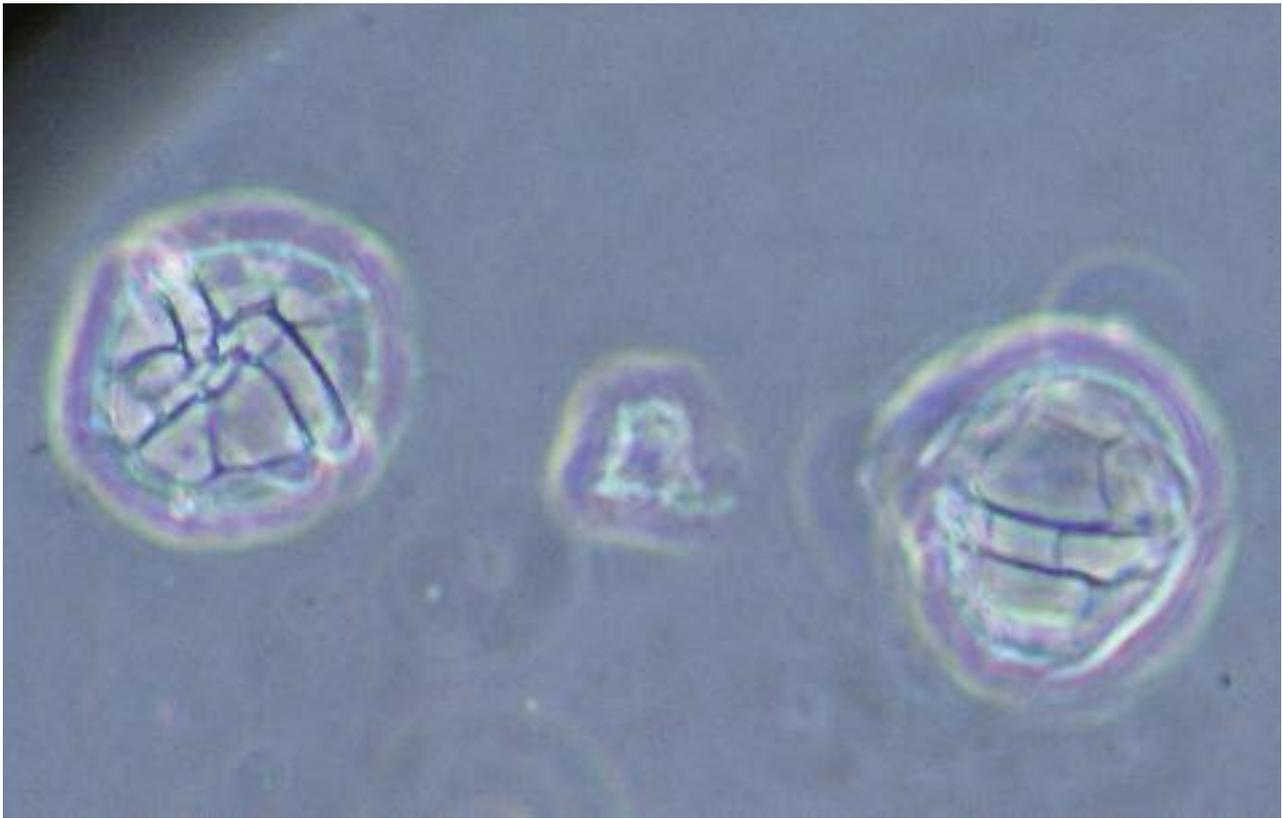
Zingone A., Totti C., Sarno D., Cabrini M., Caroppo C., Giacobbe M. G., Lugliè A., Nuccio C., Socal G. - *Fito-plancton: metodiche di analisi quali-quantitativa* - In metodologie di studio del Plancton marino, edito da G. Socal, Buttino, I., Cabrini, M., Mangoni, O., Penna A., C. Totti - ISPRA, 2010 - pp.213-237

Zingone A., Wyatt T. - *Harmful algal blooms: keys to the understanding of the Phytoplankton ecology* - In the sea, edited by A.R. Robinson and K.H. Brink - Harvard: Harvard University Press, 2005 - pp. 867-926

# Appendice 1

Atlante delle specie potenzialmente tossiche del litorale veneto

## ***Alexandrium minutum* Halim**



Appendice 1.1: *A. minutum* (Foto: Mauro Bastianini, ISMAR CNR)

### **Dimensioni**

Diametro 15-29  $\mu\text{m}$ .

### **Morfologia**

Dinoflagellata tecata autotrofa. Cellule piccole di colore marrone chiaro, forma rotonda o ellissoidale, solitarie o a volte in coppia. Il nucleo ha forma di ferro di cavallo e sono presenti numerosi cloroplasti. La teca è solitamente sottile e liscia, con suture non evidenti al microscopio ottico. Il cingolo è mediano, discendente e sfalsato. L'epiteca è emisferica, l'ipoteca semi-ellittica, a volte appiattita in corrispondenza dell'antiapice. La placca 1' è in contatto con la placca del poro e collegata ad essa da un sottile prolungamento che a volte è coperto dalla crescita delle placche 2' e 4'. Sulla porzione posteriore del margine anteriore destro della placca 1' è generalmente presente un poro ventrale; sono state però rinvenute anche forme prive del poro ventrale.

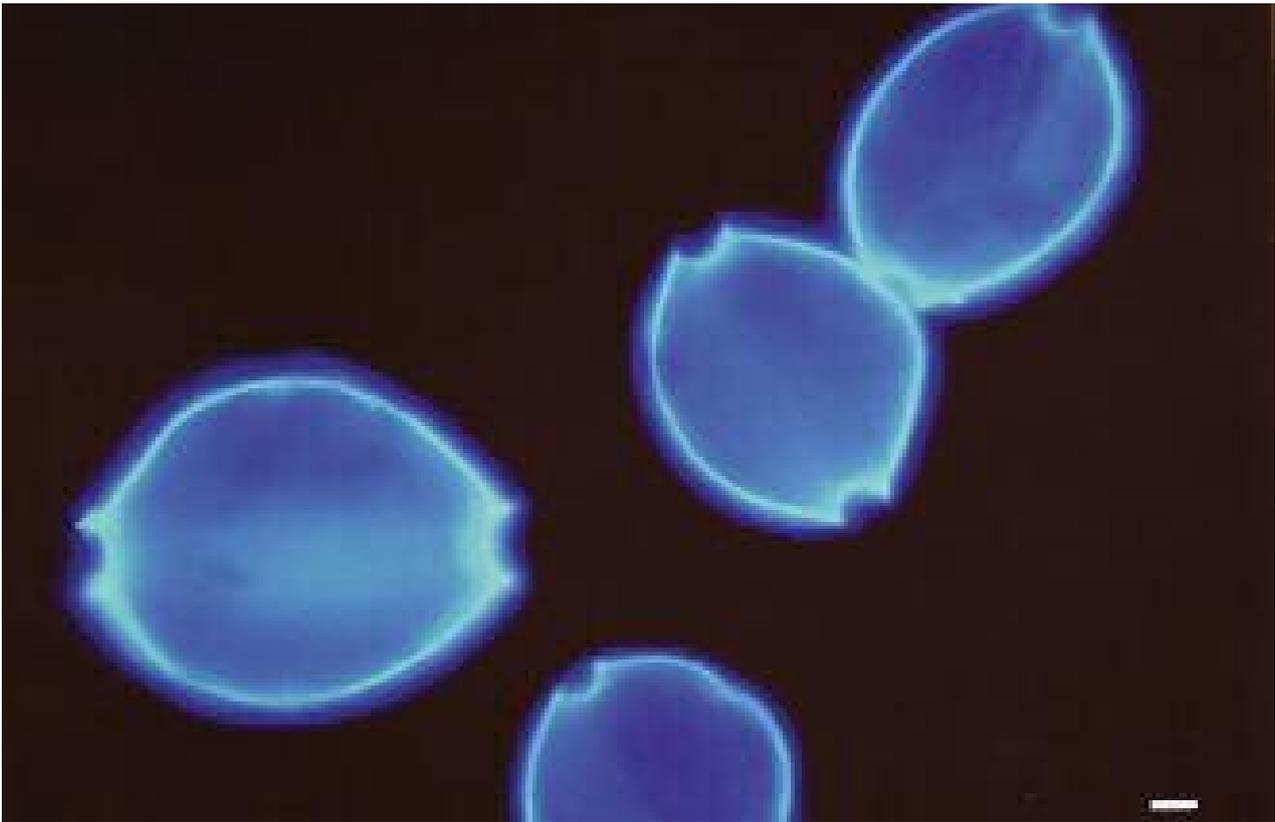
### **Distribuzione**

Specie ampiamente segnalata lungo le coste italiane, così come nel resto del Mediterraneo. Presenza prevalentemente autunnale nel bacino adriatico. specie planctonica costiera di acque temperate e tropicali, spesso presente anche in ambienti lagunari. Preferisce acque calme e con poca turbolenza, ad esempio baie soggette ad un forte impatto antropico.

### **Tossicità**

Può causare Paralytic Shellfish Poisoning (PSP). Nel Mediterraneo sono stati segnalati casi di tossicità attribuiti a questa specie lungo le coste spagnole.

## ***Alexandrium taylori* Balech**



Appendice 1.2: *A. taylori* (Foto: M. G. Giacobbe, IAMC CNR)

### **Dimensioni**

Lunghezza 31-44: larghezza 32-46  $\mu\text{m}$ .

### **Morfologia**

Dinoflagellata tecata autotrofa. Cellule di forma subsferica e colore scuro o ellissoidale, solitarie o a volte in coppia. Il nucleo ha forma di ferro di cavallo e sono presenti numerosi cloroplasti. L'epiteca è più corta dell'ipoteca l'ipoteca semi-ellittica. Il cingolo è piuttosto evidente. La placca 1' pentagonale non è in contatto con la placca del poro e presenta un poro ventrale al vertice anteriore. Il complesso del poro apicale presenta una placca del poro ovoidale o triangolare con un poro apicale a forma di virgola.

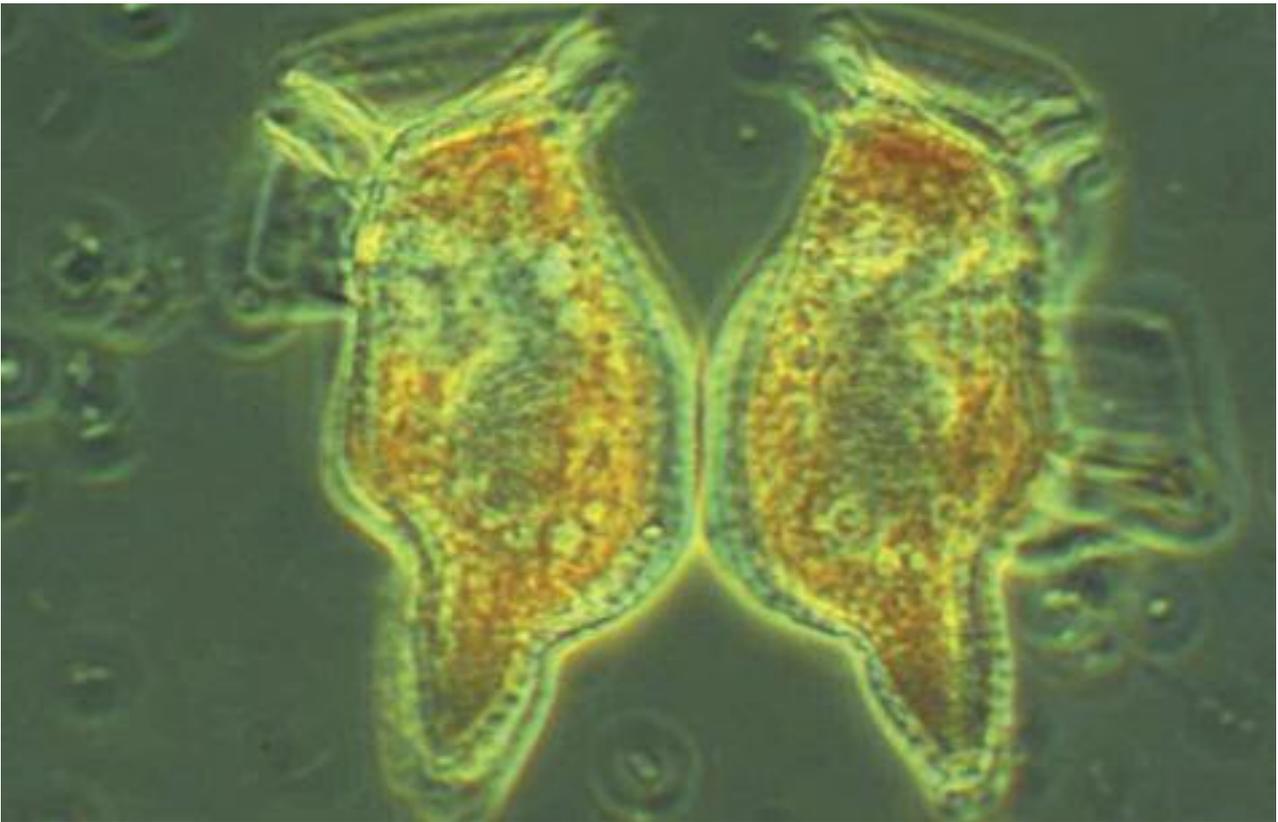
### **Distribuzione**

La specie è stata descritta nell'Atlantico orientale, nel Mediterraneo nord orientale e lungo la costa ionica della Sicilia. E' comunque stata rinvenuta anche in Adriatico.

### **Tossicità**

Nel Mediterraneo sono stati segnalati casi di tossicità Paralytic Shellfish Poisonig (PSP) attribuiti a questa specie lungo le coste spagnole.

## ***Dinophysis caudata* Saville-Kent**



Appendice 1.3: *D. caudata* (Foto: Mauro Bastianini, ISMAR CNR)

### **Dimensioni**

Lunghezza 75-155: larghezza 38-50  $\mu\text{m}$ .

### **Morfologia**

Dinoflagellata caratterizzata da cellule con morfologia piuttosto distinta, a volte si rinvencono coppie di cellule neo-divise attaccate dorsalmente. La superficie è areolata, il margine ventrale visto di profilo è generalmente lineare ed il contorno dorsale curvato gradualmente. Il margine ventrale dell'ipoteca è dritto, mentre quello dorsale è più o meno curvato. L'aletta cingolare anteriore è molto sviluppata, a forma di cono tronco, sorretta da raggi ben evidenti anche in microscopia ottica. *D. caudata* e *D. tripos* presentano numerose varietà con un *continuum* di morfologie che suggerisce la possibilità che si tratti in realtà di un'unica specie. Questa ipotesi è anche supportata dal fatto che cellule piccole, di morfologia simile a *D. diegensis*, sono riportate nel ciclo vitale di entrambe le specie.

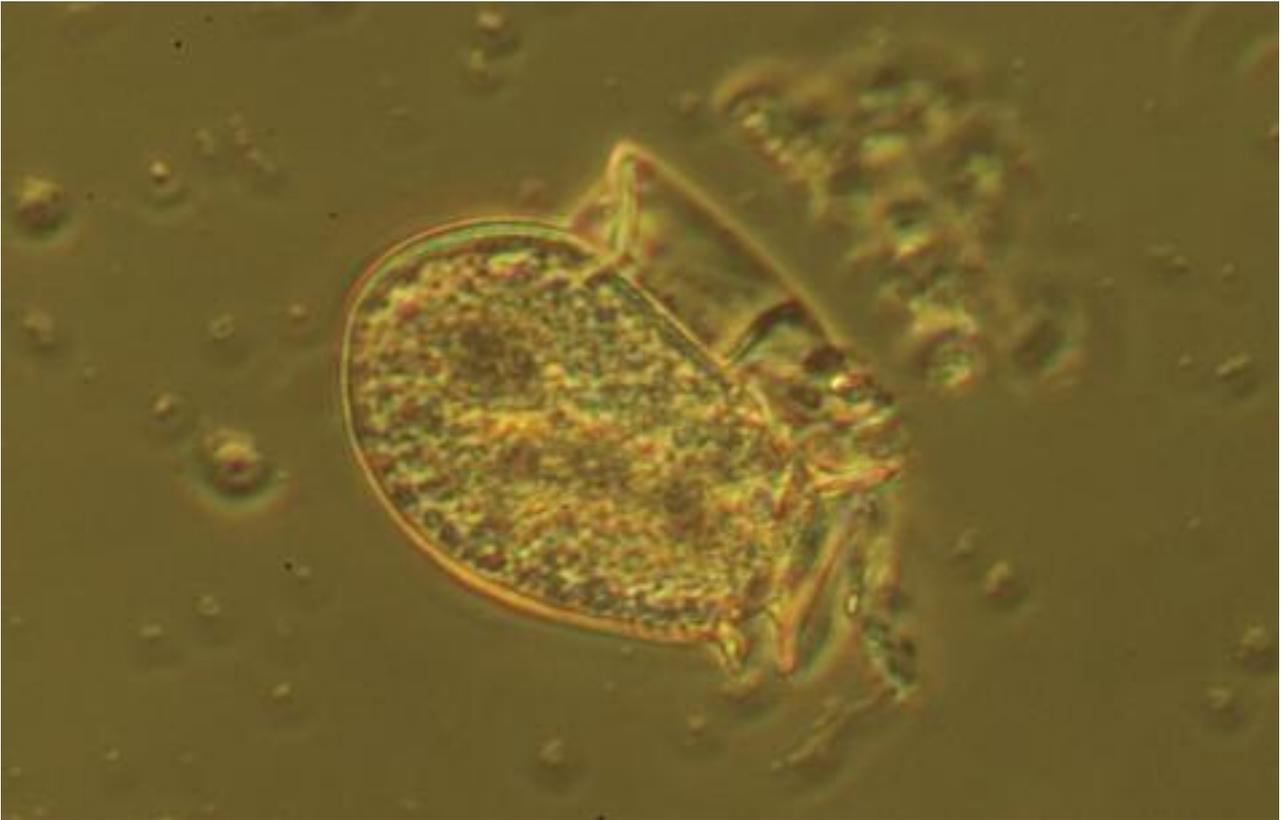
### **Distribuzione**

Specie neritica ed estuariale. La specie è presente in acque tropicali, subtropicali e temperato-calde. E' comunemente presente nel Mediterraneo.

### **Tossicità**

Specie produttrice di acido okadaico (AO), tossina del gruppo Diarrhetic Shellfish Poisoning (DSP). E' stato dimostrato l'accumulo di alti livelli di tossine DSP in molluschi.

## ***Dinophysis fortii* Pavillard**



Appendice 1.4: *D. fortii* (Foto: Mauro Bastianini, ISMAR CNR)

### **Dimensioni**

Lunghezza 50-70: larghezza 45-55  $\mu\text{m}$ .

### **Morfologia**

Dinoflagellata caratterizzata da cellule di forma ovoidale con allargamento posteriore. Il margine ventrale è lineare, pronunciata convessità per quello dorsale. Presenta un processo solcale destro ben sviluppato e un processo solcale sinistro che si può estendere fino a 4/5 della lunghezza della cellula. Sulla superficie sono presenti pori all'interno di profondi poroidi. Le alette cingolari non presentano evidenti raggi. Evidenti cloroplasti.

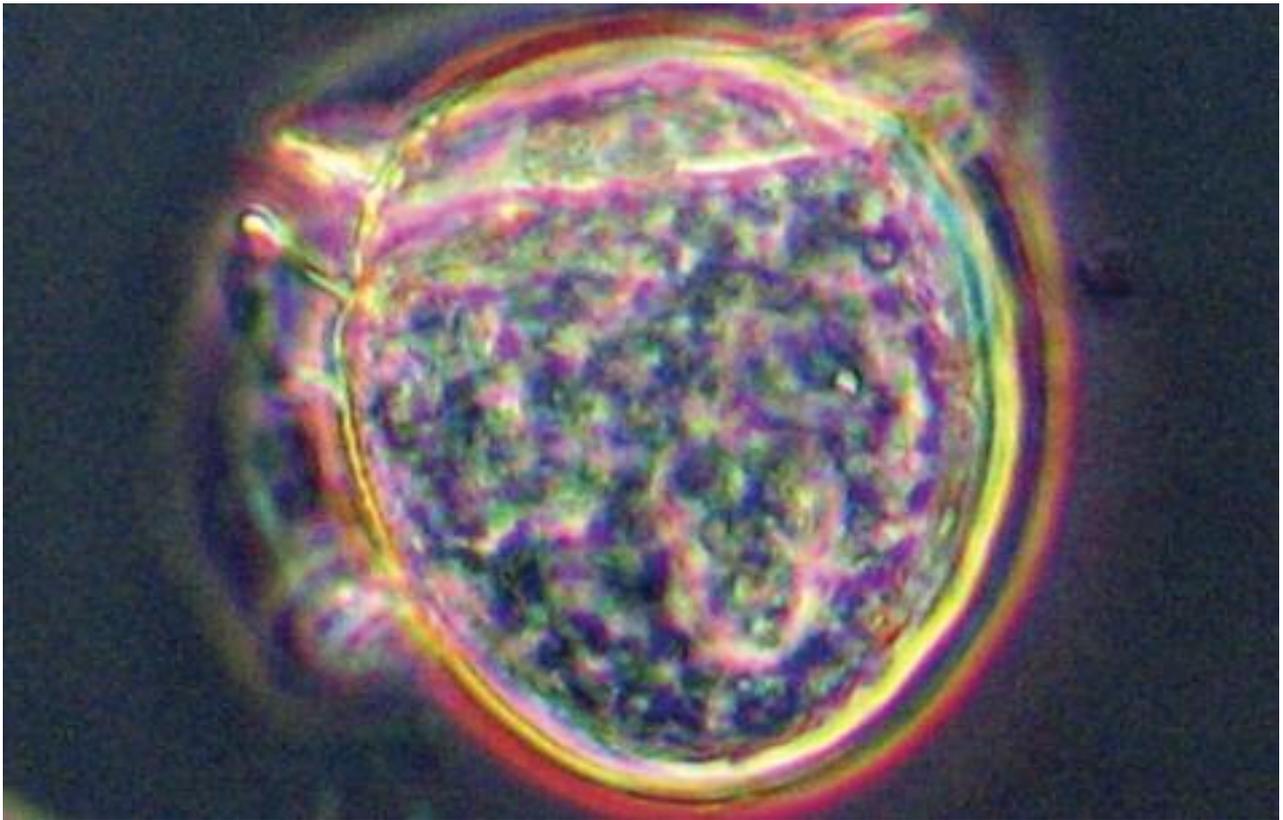
### **Distribuzione**

La specie è piuttosto comune in zone temperate-fredde ma presente anche in aree tropicali e subtropicali. La specie è presente nel Mediterraneo, Adriatico compreso.

### **Tossicità**

Specie produttrice di acido okadaico (AO), dinophysistossina (DTX) e pectenossina (PTX), tutte tossine del gruppo Diarrhetic Shellfish Poisoning (DSP). E' stato dimostrato l'accumulo di alti livelli di tossine DSP in molluschi. Chiara la relazione tra la presenza della specie ed eventi DSP.

## ***Dinophysis rotundata* Claparède & Lachmann**



Appendice 1.5: *D. rotundata* (Foto: Mauro Bastianini ISMAR CNR)

### **Dimensioni**

Diametro 36-55  $\mu\text{m}$ .

### **Morfologia**

Dinoflagellata caratterizzata da cellule di piccole dimensioni di forma sub-sferica. L'epiteca è larga e convessa, ben evidente in profilo laterale e non nascosta dalle alette cingolari. Le alette cingolari anteriore e posteriore sono strette, lisce e leggermente inclinate verso l'apice. L'ipoteca è oviforme; il suo margine ventrale è leggermente meno convesso di quello dorsale. Il solco presenta un'aletta sulcale sinistra che arriva circa a metà del corpo cellulare. L'aletta sulcale sinistra è stretta in zona apicale e si allarga posteriormente. L'ipoteca è liscia e presenta un'ornamentazione formata da leggere depressioni e finissimi pori poco evidenti in microscopia ottica.

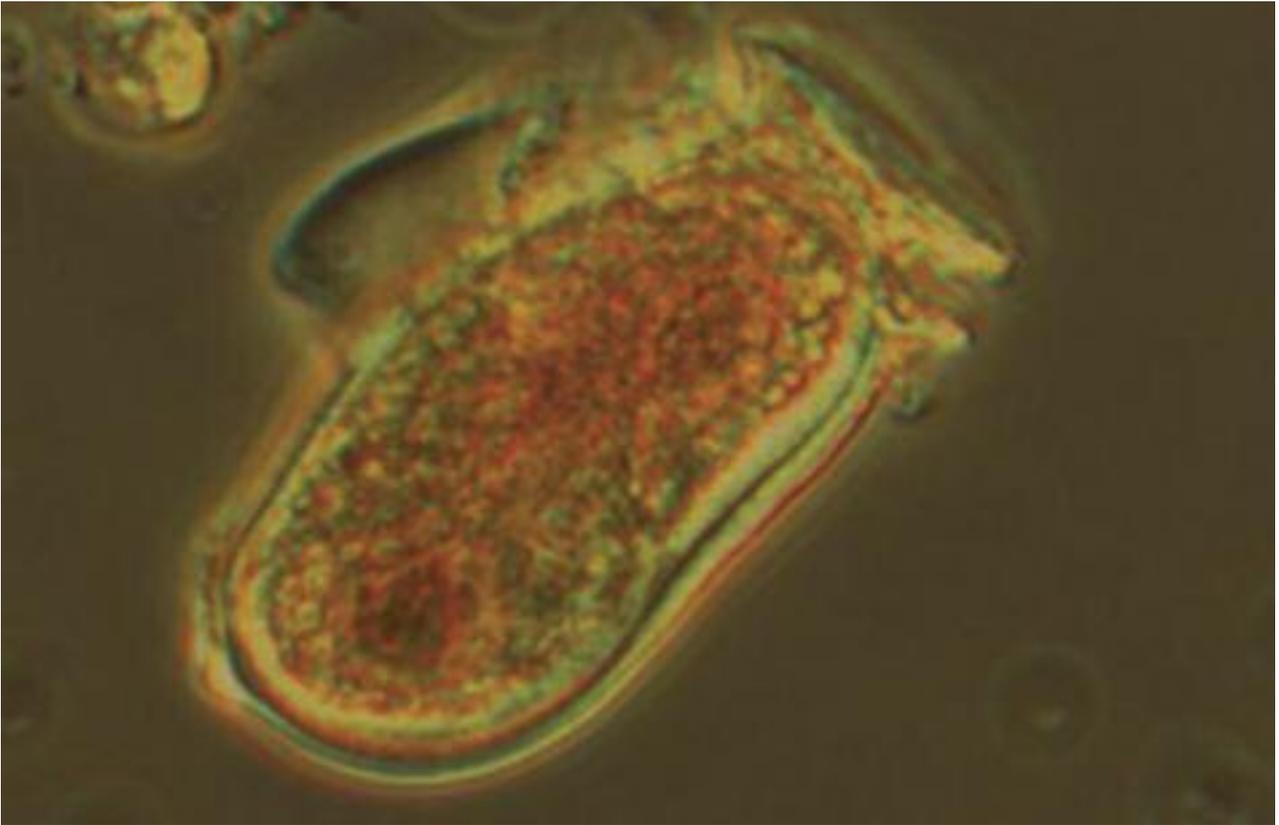
### **Distribuzione**

La specie è cosmopolita di acque calde e temperate, ed è comunemente segnalata lungo tutte le coste europee. Comune nel Mediterraneo, Adriatico compreso.

### **Tossicità**

Specie produttrice di dinophysistossina-1 (DTX-1), tossine del gruppo Diarrhetic Shellfish Poisoning (DSP).

## ***Dinophysis sacculus Stein***



Appendice 1.6: *D. sacculus* (Foto: Mauro Bastianini, ISMAR CNR)

### **Dimensioni**

Lunghezza 40-60; larghezza 20-40  $\mu\text{m}$ .

### **Morfologia**

Dinoflagellata tecata mixotrofa dalla morfologia abbastanza variabile. In alcuni casi la cellula assume una forma reniforme, in altri è allungata, di forma quasi rettangolare. L'epiteca è piccola, coperta dalla aletta cingolare anteriore. L'ipoteca è allungata a forma di sacco. Il margine dorsale presenta una concavità più o meno accentuata nella zona mediana. Il margine ventrale, più o meno ondulato, è anteriormente convesso e a volte diventa leggermente concavo nella parte posteriore. L'ornamentazione della teca presenta piccoli pori sparsi, a volte accompagnati da leggere depressioni.

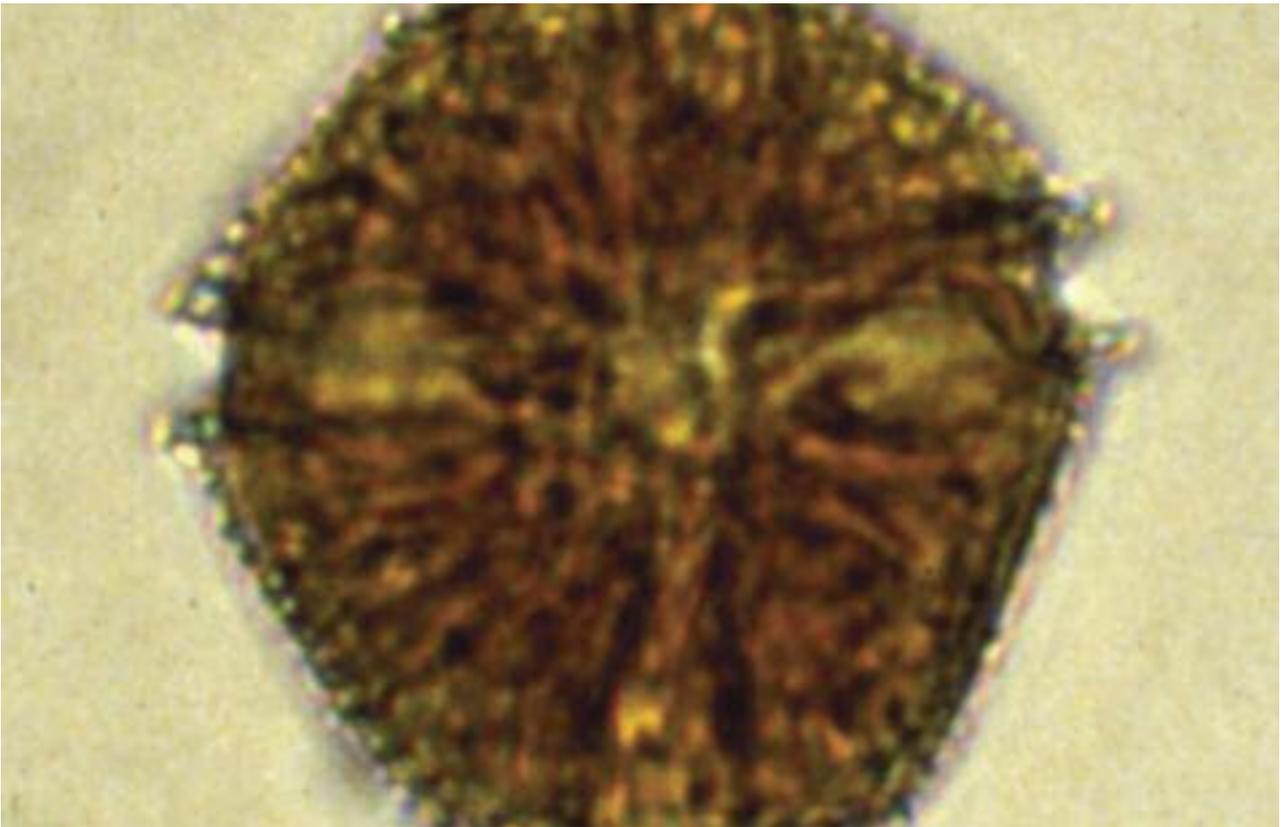
### **Distribuzione**

La specie è comune in Mediterraneo e lungo le coste Atlantiche, raramente segnalata al di fuori di quest'area. In Italia è stata rinvenuta lungo le coste del Friuli-Venezia Giulia, Veneto, Liguria, Emilia-Romagna e Sardegna.

### **Tossicità**

Produttrice di AO (acido okadaico) e DTX-1. Ha provocato eventi di Diarrhetic Shellfish Poisoning (DSP) in Italia, Spagna, Francia e Portogallo.

## ***Lingulodinium polyedrum* (Stein) Dodge**



Appendice 1.7: *L. polyedrum* (Foto: Mauro Bastianini, ISMAR CNR)

### **Dimensioni**

Lunghezza 40-55  $\mu\text{m}$ , larghezza 35-70  $\mu\text{m}$ .

### **Morfologia**

Dinoflagellata caratterizzata da cellule di dimensione media e di forma poliedrica. La teca è robusta e piuttosto spigolosa. Epiteca appuntita verso l'apice mentre l'ipoteca presenta un appiattimento in corrispondenza dell'antapice. Cingolo mediano, leggermente sfalsato ed inciso profondamente soprattutto nell'ipoteca. Cloroplasti visibili di colore arancio scuro.

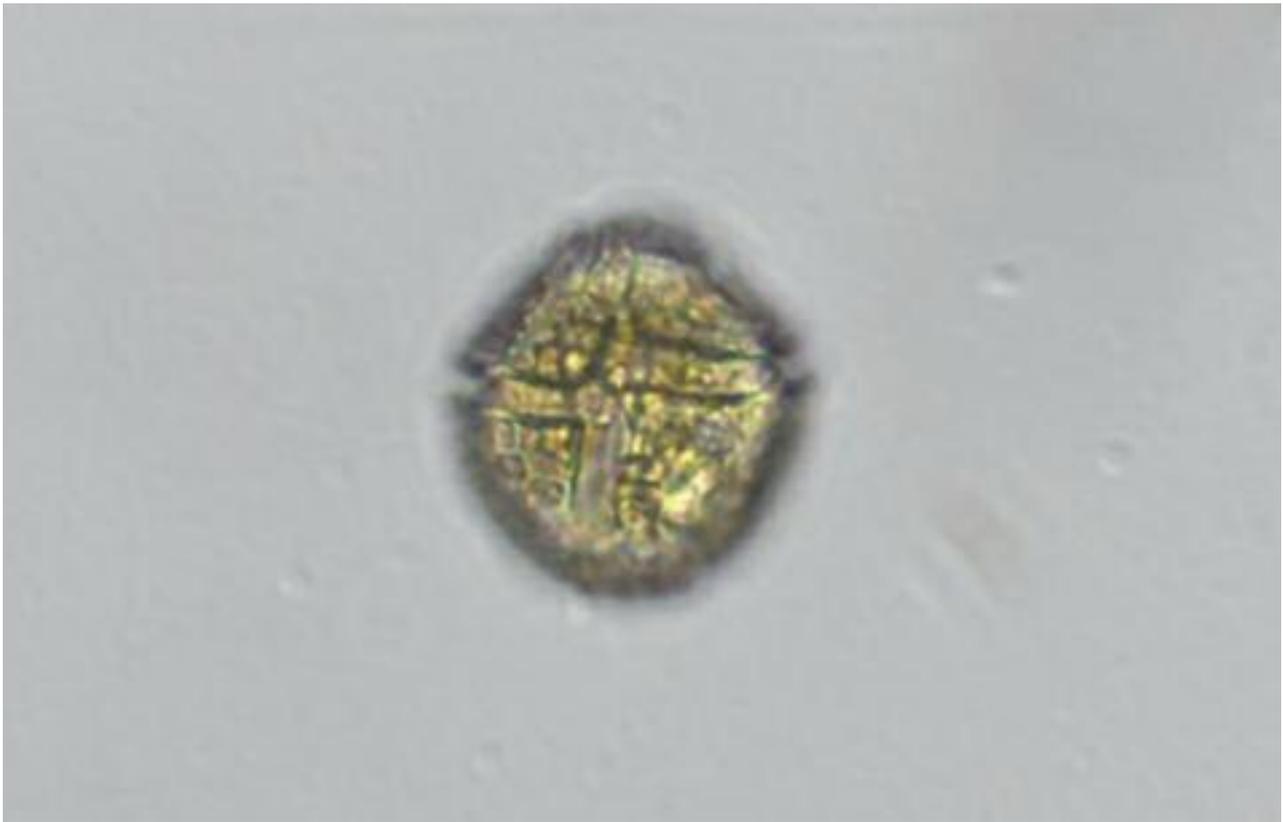
### **Distribuzione**

Specie tipica di acque da temperate a tropicali.

### **Tossicità**

Può causare fioriture estese con colorazione intensa delle acque e bioluminescenza. Specie potenzialmente produttrice di yessotossine, tossine liposolubili, storicamente incluse nel gruppo delle Diarrhetic Shellfish Poisoning (DSP).

***Protoceratium reticulatum* (Claparède et Lachmann) Bütschli**



Appendice 1.8: *P. reticulatum* (Foto: Mauro Bastianini, ISMAR CNR)

**Dimensioni**

Lunghezza 28-45  $\mu\text{m}$ , larghezza 25-35  $\mu\text{m}$ .

**Morfologia**

Dinoflagellata caratterizzata da cellule di dimensioni medie e di forma poliedrica; placche marcatamente reticolate. Epiteca ad ampio cono, più corta dell'ipoteca. L'ipoteca presenta margini dritti o leggermente convessi con antapice di forma arrotondata o squadrata, senza spine. Cingolo profondo, leggermente sfalsato. Poro al centro di ciascuna reticolazione. Cloroplasti visibili.

**Distribuzione**

Specie neritica, estuarina; acque da temperate a subtropicali.

**Tossicità**

Specie potenzialmente produttrice di yessotossine, tossine liposolubili, storicamente incluse nel gruppo delle Diarrhetic Shellfish Poisoning (DSP).

## ***Pseudo-nitzschia galaxiae* Lundholm & Moestrup**



Appendice 1.9: *P. galaxiae* (Foto: Mauro Bastianini, ISMAR CNR)

### **Dimensioni**

Asse apicale 10-82  $\mu\text{m}$ , asse transapicale 1-3  $\mu\text{m}$ .

### **Morfologia**

Diatomea caratterizzata da cellule di dimensione e forma variabili, caratterizzate da un frustulo molto delicato. In base alle dimensioni, si possono distinguere tre morfotipi che hanno anche forme diverse. Il morfotipo più grande (45-82  $\mu\text{m}$ ) ha margini valvari quasi paralleli, il morfotipo di dimensioni medie (25-45  $\mu\text{m}$ ) ha una forma lanceolata, con apici assottigliati. Nel morfotipo piccolo (10-25  $\mu\text{m}$ ), gli apici si riducono notevolmente. Forme generalmente solitarie o capaci di formare colonie a scalino di 2-12 cellule. Due cloroplasti sono posizionati simmetricamente rispetto al piano mediano transapicale.

### **Distribuzione**

Segnalazioni nel Golfo di Napoli, nel canale di Sicilia, nelle acque costiere della Sardegna, in Adriatico e nelle acque delle Isole Baleari.

### **Tossicità**

In alcuni ceppi isolati nel Golfo di Napoli è stata riscontrata la presenza, anche se in basse concentrazioni, di acido domoico (DA), neurotossina appartenente al gruppo Amnesic Shellfish Poisoning (ASP).

## ***Pseudo-nitzschia multistriata* (Takano) Takano**



Appendice 1.10: *P. multi striata* (Foto: Mauro Bastianini, ISMAR CNR)

### **Dimensioni**

Asse apicale 35-65  $\mu\text{m}$ , asse trasapicale 3-6  $\mu\text{m}$ .

### **Morfologia**

Diatomee caratterizzate da cellule di forma sigmoide se osservate in vista commesurale e leggermente lanceolata se osservate in vista valvare. Formano colonie corte e diritte, in cui la sovrapposizione tra gli apici di due cellule contigue è pari a  $1/6-1/8$  dell'intera lunghezza cellulare. La forma sigmoide in vista commesurale, unica nel genere *Pseudo-nitzschia*, permette una facile identificazione al microscopio ottico.

### **Distribuzione**

Segnalazioni nel Golfo di Napoli.

### **Tossicità**

In alcuni cloni isolati dalle acque del Golfo di Napoli è stata riscontrata, in basse concentrazioni, la presenza di acido domoico (DA) neurotossina appartenente al gruppo Amnesic Shellfish Poisoning (ASP).

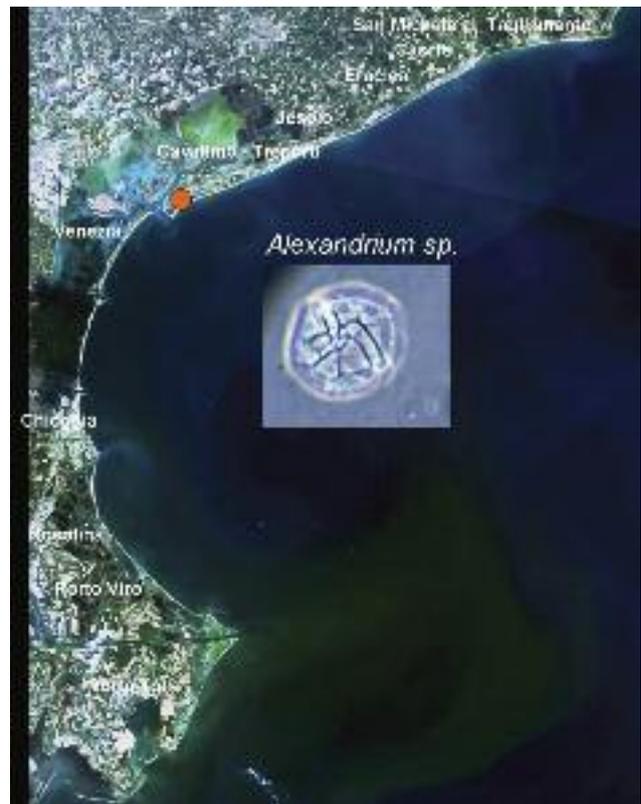


# Appendice 2

Mappa di distribuzione delle specie potenzialmente tossiche del litorale veneto



Appendice 2.1.: *P. galaxiae*  
(Fonte: Fabrizio Bernardi Aubry, ISMAR CNR)



Appendice 2.2.: *Alexandrium sp.*  
(Fonte: Fabrizio Bernardi Aubry, ISMAR CNR)



Appendice 2.3: *D. caudata*  
 (Fonte: Fabrizio Bernardi Aubry, ISMAR CNR)



Appendice 2.4: *P. minimum*  
 (Fonte: Fabrizio Bernardi Aubry, ISMAR CNR)



Appendice 2.5: *P. rathymum*  
 (Fonte: Fabrizio Bernardi Aubry, ISMAR CNR)



Appendice 2.6: Oscillatoriales  
 (Fonte: Fabrizio Bernardi Aubry, ISMAR CNR)

# Appendice 3

Parametri climatici ed idrogeologici in relazione alla frequenza di rinvenimento delle specie potenzialmente tossiche

	N.	freq.		temperatura		salinità		DIN		P-PO4		trasparenza
<i>Pseudo-nitzschia galaxiae</i>	43	42%	media	25,35		29,9		16,25		0,34		0,2 - 3,0
			min- max	20,68	29,46	12,7	37,01	2,65	59,38	0,03	1,03	
<i>Alexandrium spp.</i>	1	<1%		29		30,12		29,86		0,11		3,0
<i>Dinophysis caudata</i>	1	<1%		29		30,12		29,86		0,11		3,0
<i>Prorocentrum lima</i>	19	10%	media	26,51		30,02		19,01		0,23		0,3 - 3,0
			min- max	21,77	29,97	16,69	36,12	4,77	47,67	0,03	0,93	
<i>Prorocentrum minimum</i>	15	9%	media	24,43		29,78		-		-		0,2 - 3,0
			min- max	20,74	27,84	15,9	37,01	-	-	-	-	
<i>Prorocentrum rhathymum</i>	4	2%	media	27,25		33,46		4,81		0,29		3,0
			min- max	23,9	19,18	32,59	34,38	2,06	7,01	0,2	0,53	
<i>Oscillatoria spp.</i>	4	2%	media	25,31		27,91		30,26		0,33		3,0
			min- max	20,74	28,76	16,69	33,38	7,32	48,1	0,08	0,64	

Tabella A: Numero (N.) e frequenza di rinvenimento (freq.) delle specie potenzialmente tossiche ritrovate durante il periodo di indagine e relativi parametri idrologici (unità di misura: temperatura= °C; DIN (Azoto Inorganico Disciolto e P-PO4= mM; trasparenza = m)

	N.	freq.	Pressione	Copertura	Rad. solare	V. vento	D. vento	A. onde	D. onde	V. Corrente	stato del mare
<i>Pseudo-nitzschia galaxiae</i>	43	42%	1010-1027	0 - 8	182 - 898	0 - 16	0 - 330	0 - 50	0 - 330	0	0 - 3
<i>Alexandrium spp.</i>	1	<1%	1027	0	741	2	0	0	0	0	0
<i>Dinophysis caudata</i>	1	<1%	1027	0	741	2	0	0	0	0	0
<i>Prorocentrum lima</i>	19	10%	1012 - 1024	0 - 7	150 - 862	1 - 4	45 - 220	0 - 50	0 - 300	0	0 - 3
<i>Prorocentrum minimum</i>	15	9%	1009 - 1027	0 - 8	-	1 - 8	30 - 350	0 - 50	0 - 340	0	0 - 1
<i>Prorocentrum rhathymum</i>	4	2%	1019 - 1027	0	625 - 702	0 - 2	0 - 300		0	0 - 1	0 - 1
<i>Oscillatoria spp.</i>	4	2%	1012 - 1020	0 - 7	150 - 754	2 - 6	0 - 200	0 - 10	0 - 200	0	0

Tabella B: Numero (N.) e frequenza di rinvenimento (freq.) delle specie potenzialmente tossiche ritrovate durante il periodo di indagine e relativi parametri meteorologici (unità di misura: pressione atmosferica= hPa; radiazione solare= Wm-2; copertura del cielo = ottavi; direzione del vento e delle onde= gradi; altezza delle onde= cm; velocità di corrente ms-1; stato del mare= scala Douglas)



**ARPAV**

Settore Acque  
Piazzale Stazione, 1  
35131 Padova  
Italy  
Tel. +39 049 876 75 87  
Fax +39 049 876 75 86  
e-mail: oaa@arpa.veneto.it

**ISMAR CNR**

Istituto di Scienze Marine – Consiglio Nazionale delle Ricerche  
Castello 2737/f  
30122 Venezia  
Italy  
Tel. +39 041 240 79 11  
Fax +39 041 240 79 30  
e-mail: segreteria@ismar.cnr.it

Progetto grafico: Pomilio Blumm (PE)

Stampa: Mare di Carta - Sest. S. Croce, 222 - 30135 Venezia  
Stampato su carta Ecolabel Dalum Cyclus



Finito di stampare nel mese di Luglio 2011

**ARPAV**

Agenzia Regionale  
per la Prevenzione e  
Protezione Ambientale  
del Veneto

**Direzione Generale**

Via Matteotti, 27  
35137 Padova  
Italy  
Tel. +39 049 823 93 01  
Fax +39 049 660 966  
e-mail: [urp@arpa.veneto.it](mailto:urp@arpa.veneto.it)  
e-mail certificata: [protocollo@pec.arpav.it](mailto:protocollo@pec.arpav.it)  
[www.arpa.veneto.it](http://www.arpa.veneto.it)

ISBN: 978-88-7504-159-5