

## QUALITÀ DELLE ACQUE MARINO-COSTIERE E DI TRANSIZIONE

L'ambiente marino presenta uno stato ecologico buono ed elevato. Un alto grado di attenzione è richiesto per la presenza di sostanze pericolose, di microalghe tossiche e per l'incremento della temperatura. Nell'ambiente lagunare alcuni corpi idrici sono in stato sufficiente e scarso, da migliorare per raggiungere il buono stato di qualità.

**Alessandro Acquavita**  
**Floriana Aleffi**  
**Luisella Milani**  
**ARPA FVG**  
**Osservatorio Alto**  
**Adriatico**

La qualità delle acque marino-costiere e di transizione viene determinata utilizzando gli indicatori previsti dal D.lgs. 152/06 e dai Decreti del MATTM 131/08, 56/09 e 260/10, i quali recepiscono gli obiettivi introdotti dalla Direttiva Quadro del Parlamento Europeo e del Consiglio (WFD/2000/60/EC, European Union, 2000).

Le novità inserite nella Direttiva costituiscono una profonda riforma, introducendo il concetto di tutela dei 'corpi idrici' e curando diversi aspetti nella gestione e nella tutela delle risorse idriche. In particolare, l'obiettivo finale dell'applicazione è il mantenimento o il raggiungimento del 'buono stato' di

qualità ambientale entro il 2015.

Le attività di monitoraggio previste dai decreti sono state eseguite su tutti i corpi idrici la cui individuazione è stata effettuata sulla base del loro stato di qualità e delle pressioni esistenti sul territorio. Tali attività hanno una valenza sessennale, con lo scopo di predisporre i piani di gestione e di tutela delle acque in conformità alle disposizioni riportate nella Direttiva 2000/60/CE. Il periodo di indagine attuale è il 2010-2015.

La normativa vigente definisce lo 'stato ecologico' come espressione della qualità della struttura e del funzionamento degli ecosistemi acquatici. La classificazione avviene attraverso l'attenta valutazione degli Elementi di Qualità Biologica (EQB), supportati da elementi idromorfologici e chimico-fisici. Nell'areale marino-costiero, durante il campionamento vengono considerate la trasparenza della colonna d'acqua, la temperatura, la salinità e le condizioni di ossigenazione. Quali EQB si considerano il fitoplancton (stimato con i valori di clorofilla *a*), le macroalghe e i macroinvertebrati bentonici. Il supporto chimico-fisico si riassume applicando l'indice TRIX che descrive lo stato trofico del sistema sulla base della presenza di clorofilla *a*, dell'ossigeno, del contenuto in specie azotate disciolte (DIN) e in fosforo totale. Nei sistemi di transizione, lo studio delle fanerogame e quello della composizione della fauna ittica si aggiungono agli altri EQB, mentre il TRIX non si utilizza e viene sostituito considerando il DIN ed il fosforo reattivo P-(PO<sub>4</sub>)<sup>3</sup>. Trasparenza della colonna d'acqua, temperatura, salinità e condizioni di ossigenazione sono parametri monitorati comuni a entrambi i tipi di sistemi.

Tali valutazioni vengono integrate da indagini sulla presenza delle sostanze prioritarie e pericolose prioritarie, condotte a livello del sedimento e della colonna d'acqua. I Decreti 56/09 e 260/10 definiscono i valori limite (Standard di Qualità Ambientale, SQA) per le sostanze investigate da applicare per la classificazione. Analisi suppletive (stato chimico) possono essere condotte nel biota e nel sedimento (batterie di saggi biologici ed ecotossicologici) al fine di acquisire ulteriori elementi conoscitivi utili a de-

terminare le cause di degrado del corpo idrico e ad individuare fenomeni di accumulo di sostanze tossiche, nocive per la salute umana, negli organismi lungo la catena trofica.

### **Classificazione dei corpi idrici delle acque marino-costiere e di transizione del Friuli Venezia Giulia**

In seguito all'individuazione e alla tipizzazione dei corpi idrici, in accordo con la normativa di riferimento (D.M. 131/08; 56/09; 260/10), la Regione Friuli Venezia Giulia ha proceduto alla loro classificazione, valutando le pressioni e gli impatti in base al rischio di non raggiungere il buono stato di qualità nel 2015.

A tal fine è stato programmato un monitoraggio suddiviso in 3 anni (fine 2009 - fine 2012) che prevede l'analisi complessiva di 38 corpi idrici significativi: 19 per le acque marino-costiere, di cui 12 costieri entro i 3.000 m e 7 più al largo fino a un miglio nautico dalla linea di base; 19 per le acque di transizione, di cui 2 situati alle principali foci fluviali regionali, Isonzo e Tagliamento.

L'areale costiero Nord Adriatico, secondo quanto indicato dal D.lgs. 152/06, è classificato come area sensibile e, di conseguenza, inserito in via provvisoria nella categoria a rischio di non raggiungere gli obiettivi di qualità della Direttiva. Analogamente, il sistema lagunare di Marano e Grado presenta lo stesso rischio, soprattutto in considerazione degli ingenti apporti di nitrati di origine agricola (Delibera regionale n. 1920 dd. 25 settembre 2008).

Alla fine del 2010 si è concluso il primo anno di monitoraggio ed è stata effettuata una classificazione preliminare su 17 corpi idrici marini e 17 di acque di transizione, che è stata aggiornata nel 2011 (fig. 1). La qualità dello stato ecologico dei corpi idrici è stata valutata considerando tutti i dati disponibili e facendo riferimento, laddove possibile, alle indicazioni del D.M. 260/10, che riporta per alcuni EQB i valori di riferimento tipo specifici e i limiti tra le classi di qualità.

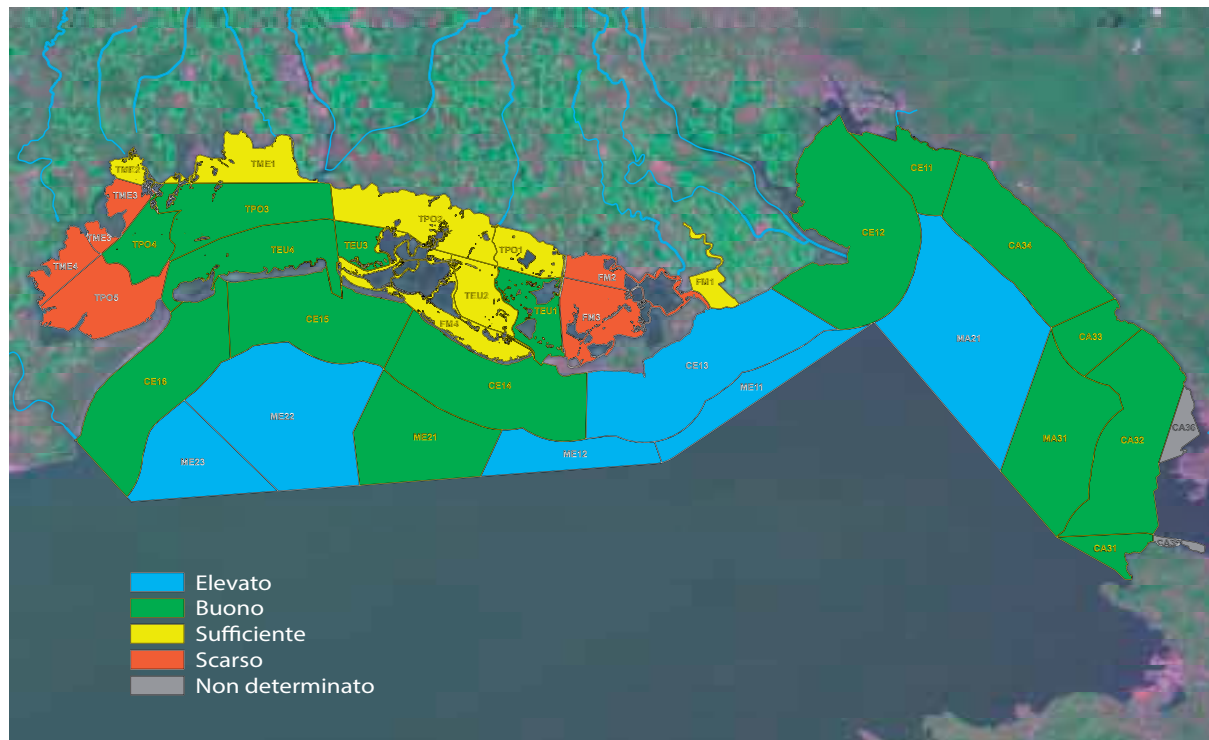
La valutazione dello stato ecologico è stata fatta in via del tutto preliminare, esprimendo un 'giudizio esperto' basato sull'analisi degli elementi biologici e fisico-chimici. Il 'giudizio esperto', formulato dagli operatori biologi e naturalisti dell'ARPA, sulla base delle esperienze di biomonitoraggio e della conoscenza pregressa del corpo idrico esaminato, si è reso necessario a causa di alcune criticità, tra le quali la mancata definizione di alcune condizioni di riferimento.

Nelle tabelle 1-2 sono riportati i risultati ottenuti dalla formulazione dei 'giudizi esperti' complessivi. Per le acque marino-costiere (fig. 1) l'andamento mette in evidenza uno stato di qualità complessivamente buono ed elevato. In linea generale, si riscontra una condizione buona nei corpi idrici costieri ed elevata in quelli marini situati più al largo (tab. 1). È in corso il monitoraggio per la classificazione di due nuovi corpi idrici situati in prossimità del porto di Trieste.

I risultati ottenuti per le acque di transizione (fig. 1) mostrano uno stato ecologico peggiore rispetto all'areale marino-costiero. Dei 17 corpi idrici classificati, 5 presentano uno stato/potenziale ecologico scarso, 7 sufficiente e 5 buono (tab. 2). In particolare, una qualità scarsa si rileva nelle aree più confinate della parte nord-occidentale della laguna di Marano, a causa dei significativi apporti di acque dolci ricche in sali nutritivi, associate ad un maggiore confinamento e tempo di residenza delle masse d'acqua. Tali caratteristiche portano, in taluni periodi dell'anno, a condizioni di sottosaturazione e a sporadici arricchimenti nel contenuto di clorofilla  $\alpha$ . Un potenziale ecologico scarso si registra nelle zone fortemente modificate situate ad est del ponte Belvedere, che collega la cittadina di Grado con Aquileia, a causa del forte confinamento di tutta l'area.

La classificazione dei corpi idrici di transizione situati alle foci fluviali regionali dei fiumi Isonzo e Tagliamento non è stata ancora definita per la mancanza, a livello nazionale, delle condizioni di riferimento specifiche.

FIGURA 1. STATO DI QUALITÀ ECOLOGICA DEL MARE E DELLA LAGUNA SECONDO IL 'GIUDIZIO ESPERTO' (2011).



A febbraio 2011 è stato pubblicato il Decreto Ministeriale recante gli indici ufficiali da applicare per la classificazione (D.M. 260/10), tuttavia permangono delle criticità nell'applicazione degli indici proposti.

### Indicatore: Indice trofico TRIX

L'indice trofico TRIX definisce il grado di trofia ed il livello di produttività delle acque marino-costiere e viene calcolato secondo la seguente equazione:

$$\{\text{Log} [\text{Chl } a \times |\text{OD\%}| \times \text{DIN} \times \text{Ptot}] - [-1,5]\} / 1,2$$

dove Chl *a* rappresenta il contenuto di clorofilla *a* espresso in µg/l, OD% è l'ossigeno disciolto espresso in percentuale come variazione in valore assoluto dalla saturazione, DIN è la somma delle specie azotate disciolte (ammonio, nitrito e nitrato) espressa in µg/l e Ptot è il fosforo totale della colonna d'acqua in µg/l. È quindi evidente che l'indice comprende i fattori nutrizionali che concorrono all'incremento della biomassa algale e tiene anche conto degli effetti dell'aumento della biomassa stessa.

Tale indice, quale elemento di qualità fisico-chimica a sostegno degli elementi biologici, concorre nella classificazione dello stato ecologico delle acque marino-costiere. A seconda del macrotipo, individuato sulla base delle caratteristiche idrologiche della colonna d'acqua (stabilità), vengono definiti dei limiti di classe tra lo stato buono e quello sufficiente (tab. 3).

L'indice trofico TRIX riassume in un unico valore i parametri fisico-chimici e biologici di un sistema marino-costiero, riducendone la complessità ed eliminando le valutazioni soggettive basate sui singoli parametri. L'indice viene applicato al fine di misurare il livello trofico degli ambienti marino-costieri, permette infatti di valutare il rischio di distrofie nei corpi idrici interessati da cospicui apporti fluviali, e di segnalare scostamenti significativi dalle condizioni di trofia tipiche di aree naturalmente a basso livello trofico. Per la classificazione, in applicazione del D.M. 260/10, deve essere considerato il valore medio annuo dell'indice TRIX per tre anni consecutivi.

I primi dati (tab. 4) indicano che si trovano in qualità buona le aree situate al largo di Primero e generalmente nella costiera triestina, oltre il limite dei 3 km. Sono sufficienti le valutazioni delle aree più vicine alla costa, che dovranno quindi essere quelle da tenere maggiormente in considerazione nel prosieguo del monitoraggio. Questi primi risultati possono fornire soltanto un'indicazione preliminare, poiché la normativa prevede che il monitoraggio operativo venga condotto sulla base di 3 anni. Il valore finale dovrebbe quindi essere considerato come la media dei singoli TRIX annuali per singolo corpo idrico.

### Produttività dell'ambiente marino

Delle quattro variabili che definiscono il valore del TRIX, i nitrati – derivanti prevalentemente dai dilavamenti di terreni agricoli della pianura friulana dove è diffuso l'uso di fertilizzanti azotati – sono sicuramente il parametro che porta alla valutazione di un giudizio sufficiente. Infatti, sono rari gli eventi di fioritura e i fenomeni di scarsa ossigenazione e, inoltre, il carico di fosforo totale nell'intero areale è in costante diminuzione.

Nel golfo di Trieste, in presenza di una marcata fosforo limitazione, si riscontra una generale tendenza alla mesotrofia-oligotrofia del sistema pelagico (Mozetič, Solidoro, Cossarini *et al.*, 2010) e quindi una diminuzione della produttività dell'ambiente marino. La scarsa produttività è evidenziata da bassi valori di clorofilla, dal declino delle abbondanze fitoplanctoniche e da una possibile tendenza alla diminuzione delle biomasse alieutiche (Coll, Santojanni, Palomera *et al.*, 2009). L'analisi dei dati relativi a serie storiche di fitoplancton (Fornasaro, Strami, Cabrini *et al.*, 2006) confermano tale andamento, che

**TABELLA 1. CLASSIFICAZIONE DEI CORPI IDRICI MARINO-COSTIERI IN BASE AL 'GIUDIZIO ESPERTO' (2011).**

Stato ecologico	Elevato	Buono	Sufficiente	Scarso	Cattivo
N. corpi idrici	6	11	0	0	0

**TABELLA 2. CLASSIFICAZIONE DEI CORPI IDRICI DELLE ACQUE DI TRANSIZIONE IN BASE AL 'GIUDIZIO ESPERTO' (2011).**

Stato ecologico	Elevato	Buono	Sufficiente	Scarso	Cattivo
N. corpi idrici	0	5	7	5	0

**TABELLA 3. LIMITI DI CLASSE DELL'INDICE TROFICO TRIX PER LE ACQUE MARINO-COSTIERE (D.M. 260/10).**

Macrotipo	Limiti di classe TRIX (Buono/Sufficiente)
1: Alta stabilità (aree fortemente influenzate da apporti fluviali)	5,0
2: Media stabilità (aree debolmente influenzate da apporti fluviali)	4,5
3: Bassa stabilità (aree poco o per nulla interessate da apporti fluviali)	4,0

(Decreto Ministeriale 260/10).

**TABELLA 4. IN BASE AI VALORI MEDI DI TRIX, RELATIVI AL PERIODO AGOSTO 2008-OTTOBRE 2009, 8 CORPI IDRICI MARINO-COSTIERI REGIONALI HANNO OTTENUTO UN GIUDIZIO BUONO, 7 SUFFICIENTE E 4 SONO IN CORSO DI VALUTAZIONE.**

Indice Trofico TRIX	Buono	Sufficiente
N. corpi idrici	8	7

è anche supportato da una discreta trasparenza delle acque, da scarse fioriture microalgali (che negli anni Ottanta avevano invece interessato le acque costiere regionali) e da una buona ossigenazione delle acque di fondo. In contrapposizione a questa tendenza si rilevano valori di TRIX che, in base ai limiti di classe stabiliti dal D.M. 260/10 (tab. 3), definiscono per alcuni corpi idrici uno stato di qualità sufficiente che indica un aumento della trofia del sistema e quindi del fitoplancton, situazione che non è stata rilevata negli ultimi anni.

La mancata corrispondenza tra la biomassa fitoplanctonica e la disponibilità di sali nutritivi potrebbe essere legata ad uno sbilanciamento del rapporto azoto/fosforo che, secondo quanto descritto da Redfield (1934), dovrebbe essere uguale a 16/1 (N:P=16:1) per lo sviluppo ottimale degli organismi fitoplanctonici. Diversi studi condotti sul controllo della produzione primaria sia nell'Adriatico che nel golfo di Trieste avvalorano questa ipotesi (Burba, Cabrini, Del Negro *et al.*, 1994; Ou, Huang, Lin *et al.*, 2006). Inoltre, nel golfo di Trieste è stata osservata una riduzione di taglia degli organismi fitoplanctonici (Fonda Umani, Cheng Yong, Feoli *et al.*, 1996), che viene considerata come una delle cause del cambiamento della struttura dello zooplancton (Kamburska, Fonda Umani, 2006).

In conclusione, a causa dello sbilanciamento del rapporto N:P che regola la crescita degli organismi autotrofi, si osserva in generale una tendenza all'impoverimento della catena trofica marina.

### **Attività di controllo delle acque marino-costiere e di transizione del Friuli Venezia Giulia**

I programmi di monitoraggio per il controllo della qualità delle acque marino-costiere regionali sono stati realizzati da ARPA FVG sia nell'ambito della Convenzione con il Ministero dell'Ambiente sia con il supporto della Regione, dal 2005 al 2009. Questi risultati, insieme ai successivi monitoraggi attualmente in corso per il Piano Regionale di Tutela delle Acque (PRTA), hanno permesso ad ARPA FVG di avere, da una parte, un controllo costante della fascia costiera e, dall'altra, una serie temporale di dati sufficientemente lunga da consentire di evidenziare nel tempo eventuali tendenze, cambiamenti e anomalie relative alle condizioni meteo climatiche, idrologiche, chimiche e biologiche. Dal 2006 le caratteristiche idrologiche sono sintetizzate in bollettini o schede informative e riportate sul sito web dell'ARPA FVG come informazione al pubblico.

Al fine di limitare l'emissione di nitrati e a seguito della definizione delle Zone vulnerabili ai nitrati di origine agricola, è stato emanato dalla Regione Friuli Venezia Giulia (D.P.G.R. 24 maggio 2010 n. 0108/2010/Pres) il Programma d'Azione per la tutela e il risanamento delle acque dall'inquinamento causato da nitrati di origine agricola per le aziende localizzate in zone vulnerabili.

Per il controllo delle acque marino-costiere ARPA FVG continua con il programma di monitoraggio previsto nell'ambito della collaborazione con la Regione per la stesura del PRTA. Queste informazioni, insieme a quelle pregresse, contribuiranno ad arricchire le serie temporali storiche. Gli effetti dei cambiamenti climatici sull'ecosistema marino, infatti, possono essere compresi soltanto se si hanno a disposizione serie di dati continue, raccolte con metodologie e frequenze temporali adeguate, e unendo in maniera coordinata le attività delle diverse istituzioni che operano sul mare.

Attualmente è in fase di redazione il Piano di Tutela delle Acque a cura della Regione con il supporto dell'ARPA FVG. Tale piano rappresenterà lo strumento per il raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale. Gli obiettivi generali del Piano per ogni corpo idrico significativo saranno il raggiungimento dello stato di qualità ambientale 'buono' entro il 2015.

ARPA FVG, inoltre, per una migliore gestione, preservazione e pianificazione delle aree marine regionali farà uso degli strumenti di valutazione offerti dalla modellistica numerica per affiancare e integrare le tecniche di monitoraggio classico. Il modello permetterà di definire, attraverso la simulazione per scenari, le zone a maggior rischio d'inquinamento.

## STRUTTURA DELL'INDICATORE

<b>NOME</b>	Indice Trofico TRIX
<b>DPSIR</b>	Stato
<b>UNITÀ DI MISURA</b>	Adimensionale
<b>FONTE</b>	ARPA FVG
<b>COPERTURA SPAZIALE DATI</b>	Regionale
<b>COPERTURA TEMPORALE DATI</b>	Agosto 2008-ottobre 2009

## PRINCIPALI NORME DI RIFERIMENTO

Direttiva 2000/60/CE (WFD)	Direttiva 2000/60/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 23 ottobre 2000 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque
D.lgs. 152/1999 (abrogato dal D.lgs. 152/2006)	Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della Direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della Direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole
D.lgs. 152/2006	Norme in materia ambientale
D.M. 131/2008	Regolamento recante i criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici (tipizzazione, individuazione dei corpi idrici, analisi delle pressioni) per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante: 'Norme in materia ambientale', predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 4, dello stesso decreto
D.M. 56/2009	Regolamento recante «Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del decreto legislativo medesimo»
D.M. 260/2010	Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del medesimo decreto legislativo
D.G.R. n. 1920 del 25 settembre 2008	D.lgs. 152/2006, art. 92. Individuazione zone vulnerabili da nitrati di origine agricola. Approvazione definitiva
Direttiva 91/676/CE	Protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole
D.P.Reg. 24 maggio 2010 n. 0108/2010/Pres.	Regolamento di attuazione dell'art. 19 della L.R. 25 agosto 2006, n. 17 ('Interventi in materia di risorse agricole, naturali, forestali e montagna e in materia di ambiente, pianificazione territoriale, caccia e pesca') recante il Programma d'azione della Regione Friuli Venezia Giulia per la tutela ed il risanamento delle acque dall'inquinamento causato da nitrati di origine agricola per le aziende localizzate in zone vulnerabili



## GLOSSARIO

**Alieutico.** Relativo alla pesca.

**Autotrofo.** Riferito ad un organismo che non ottiene energia dalla sostanza organica, ma attraverso la fotosintesi.

**Biomassa.** La massa totale di tutti gli organismi presenti in un dato tempo in un volume d'acqua o di terra.

**Biota.** L'insieme della vita vegetale e animale che caratterizza una certa regione o area.

**Corpi idrici fortemente modificati.** Corpi idrici superficiali la cui natura, a seguito di alterazioni fisiche dovute ad attività umana, è sostanzialmente modificata.

**Eutrofia.** Condizione di un corpo idrico in cui le alte concentrazioni dei sali nutritivi sostengono una rapida crescita algale e, conseguentemente, un'elevata produttività.

**Fanerogame.** Piante vascolari caratterizzate dalla presenza di organi fiorali, grazie ai quali si riproducono tramite la formazione di semi. Possono essere sia terrestri, sia acquatiche.

**Fitoplancton.** Organismi vegetali microscopici che vivono in sospensione nell'acqua.

**Indicatore.** Può essere definito come un parametro, o un valore derivato da parametri, che fornisce informazione riguardo ad un fenomeno. L'indicatore ha un significato che si estende oltre le proprietà direttamente associate con il valore del parametro.

**Indice.** Parametro numerico di sintesi, in genere adimensionale, derivante dalla combinazione dei dati relativi a più indicatori semplici.

**Macroinvertebrati bentonici.** Organismi invertebrati con dimensioni superiori ad un millimetro, che vivono a contatto con il fondo o nel sedimento.

**MATTM.** Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

**Plancton.** Organismi vegetali e animali che vivono nella colonna d'acqua, di norma incapaci di opporsi ai movimenti della massa d'acqua in cui sono immersi.

**Stato trofico.** Designa il livello di produzione primaria sostenuto dalla disponibilità di nutrienti in forma assimilabile dagli organismi autotrofi.

**Zooplancton.** Organismi animali che vivono in sospensione nell'acqua.

## BIBLIOGRAFIA

Burba N., Cabrini M., Del Negro P. et al. (1994), *Variazioni stagionali del rapporto N/P nel golfo di Trieste*, in Alberelli G., Cattaneo-Vietti R., Piccazzo M. (eds.), *Atti del 10° congresso della AIOL*, Alassio, novembre 1992, Genova, Arti Grafiche, 333-343.

Coll M., Santojanni A., Palomera I. et al. (2009), *Food-web changes in the Adriatic Sea over the last three decades*, in «Mar Ecol Prog Ser», 381, 17-37.

Fonda Umani S., Cheng Yong S., Feoli E. et al. (1996), *Is it possible to identify any plancton succession in the Gulf of Trieste (North Adriatic Sea)?*, in Eleftheriou A., Ansell A.D., Smith C.J. (eds.), *Biology and ecology of shallow coastal waters*, New York, Elsevier Science Publishers, 59-64.

Fornasaro D., Strami F., Cabrini M. (2006), *Fitoplancton in declino nel Golfo di Trieste?*, in «Biol Mar Medit», 13, 234-237.

Kamburska L., Fonda Umani S. (2006), *Longterm copepod dynamics in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic): recent changes and trends*, in «Clim Res», 31, 195-203.

Mozetič P., Solidoro C., Cossarini G. et al. (2010), *Recent trends towards oligotrophication of the Northern Adriatic: evidence from chlorophyll a time series*, in «Estuar Coasts», 33, 362-375.

Ou L., Huang B., Lin L. et al. (2006), *Phosphorus stress of phytoplankton in the Taiwan Strait determined by bulk and single-cell alkaline phosphatase activity assays*, in «Mar Ecol Prog Ser», 327, 95-106.

Redfield A.C. (1934), *On the proportions of organic derivatives in sea water and their relation to the composition of plankton*, in *The James Johnstone Memorial Volume*, Liverpool, Liverpool University Press, 176-192.