

STATO DELL'AMBIENTE MARINO COSTIERO DEL GOLFO DI GAETA (LT) DIECI ANNI DI MONITORAGGI: 2001-2011





ARPALAZIO

AGENZIA REGIONALE PROTEZIONE AMBIENTALE DEL LAZIO

STATO DELL'AMBIENTE MARINO COSTIERO DEL GOLFO DI GAETA (LT)

DIECI ANNI DI MONITORAGGI: 2001-2011



2012

Stato dell'ambiente marino costiero del Golfo di Gaeta (LT)

Dieci anni di monitoraggio: 2001-2011

Rapporto a cura di: Laura Aguzzi

e di Ilan Bianco, Maria Cortese, Monica Monfrinotti, Vincenzo Perna, Vera Sangiorgi

ABSTRACT: Data monitoring carried out according to the Italian legislation on coastal waters in the period 2001-2011, along the coasts of Lazio region, were analyzed to describe in detail the quality of the marine ecosystem of the coastal Gulf of Gaeta, also considering several cases of environmental emergencies occurring in the area, such as fish die-off (mugilidi), presence of foam, mucilage and phenomena of potentially toxic algal blooms. The inhomogeneity of the data due to the different sampling frequency, fortnightly for PM and quarterly for MI, was shown not much indicative of the comparison between the two sets of results, highlighting, also, such as those collected results collected during the PM are able to provide more meaningful information.

Data analysis has pointed out, in particular, that the coastal station of "Foce Garigliano" shows high average values of the ratios between total dissolved inorganic nitrogen components (DIN) and phosphorus-orthophosphate (P-P04) compared to coastal stations of "Monte d'Argento" and "Foce Pontone", namely an excess of nitrogen load able to promote eutrophication.

The characterization of the coastal marine water quality, carried out through the trophic index TRIX, classifies as "good" the status of "Foce Pontone" and either "poor" - "good" the status of "Foce Garigliano" in the last decade.

The high summer temperatures due to prolonged meteo-climatic stability, together with a local hydrodynamic situation such as to determine the segregation of anthropogenic inputs in the range more closely coastal, represent probably the reason of the occasionally local marine ecosystem crisis, particularly in spring-summer period, with the total phytoplankton increase that, in addition to compromising the bathing activities for the presence of foams and mucilages, increases the probability of contamination of fishes for the presence of potentially toxic species. Monitoring data of phytoplankton were compared with those of the zooplankton component, showing that in cases of intense and occasional phytoplankton blooms, the zooplankton, which is the primary consumer, has no control over it.

Keywords: Gulf of Gaeta, coastal waters, eutrophication, monitoring.

RIASSUNTO: I dati raccolti nel periodo 2001-2011, nell'ambito del Programma di monitoraggio marino costiero (PM) del Ministero dell'Ambiente (L. 979/82) e del monitoraggio istituzionale (MI) ai sensi del D. Lgs. 152/99 lungo le coste della regione Lazio, sono stati analizzati per tracciare un quadro dello stato di qualità dell'ecosistema marino costiero del Golfo di Gaeta, anche alla luce dei diversi casi di emergenze ambientali verificatisi nell'area, come le morie di pesci (mugilidi), la presenza di schiume e di mucillagini e i fenomeni di fioriture di alghe potenzialmente tossiche. La disomogeneità dei dati dovuta alla diversa frequenza di campionamento, quindicinale per il PM e trimestrale per il MI, ha rivelato poco indicativo il confronto tra le due serie di risultati, evidenziando anche come quelli raccolti nell'ambito del PM siano in grado di fornire informazioni maggiormente significative.

L'analisi dei dati ha rilevato, in particolare, che la stazione costiera di Foce Garigliano mostra elevati valori dei rapporti medi totali tra le componenti azotate inorganiche disciolte (DIN) e il fosforo-ortofosfato (P-P04) rispetto alle stazioni costiere di Monte d'Argento e Foce Pontone, ovvero un eccesso di carico di azoto in grado di favorire fenomeni di eutrofizzazione. La caratterizzazione dello stato di qualità delle acque marine costiere, effettuata attraverso l'indice trofico TRIX, classifica come "buono" lo stato di Foce Pontone e alternativamente "mediocre" - "buono" lo stato della foce del Garigliano nell'ultimo decennio.

Le elevate temperature estive dovute a prolungata stabilità meteo-climatica, insieme ad una situazione idrodinamica locale tale da determinare la segregazione degli apporti antropici nella fascia più strettamente costiera, sono verosimilmente gli elementi scatenanti delle crisi dell'ecosistema marino locale che si manifestano occasionalmente, in particolare nel periodo primaverile-estivo, con l'incremento del fitoplancton totale che, oltre a compromettere le attività balneari per la presenza di schiume e mucillagini, aumenta la probabilità di contaminazione dei prodotti ittici per la presenza di specie potenzialmente tossiche. I dati del monitoraggio del fitoplancton sono stati confrontati con quelli della componente zooplanctonica, mostrando che in ambienti eutrofici il comparto zooplanctonico, che rappresenta il consumatore primario, non esercita un controllo su di esso.

Parole Chiave: Golfo di Gaeta, acque marino-costiere, acque di balneazione, eutrofizzazione, monitoraggio.

Contatti autori: Laura Aguzzi – laura.aguzzi@arpalazio.it

© ARPA Lazio - Rieti 2012

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Coordinamento editoriale: ARPA Lazio - Divisione Polo didattico

INDICE

LEGENDA	Pag.	6
INTRODUZIONE	“	7
1. AREA DI INDAGINE: QUADRO CONOSCITIVO	“	9
1.1 Morfologia dei fondali e sedimentologia	“	9
1.2 Caratteristiche idrodinamiche	“	9
1.3 Bacini idrografici costieri drenanti nel Golfo di Gaeta	“	10
1.4 Carichi organici	“	10
1.5 Aree protette	“	12
2. ATTIVITÀ DI CONTROLLO E MONITORAGGIO	“	13
2.1 Contesto normativo	“	13
2.2 Rete di monitoraggio	“	14
2.3 Metodi di campionamento e di analisi	“	15
3. RISULTATI ANALITICI	“	19
3.1 Acque di balneazione	“	19
3.2 Acque marino-costiere	“	21
3.2.1 Temperatura	“	21
3.2.2 Salinità	“	22
3.2.3 Ossigeno disciolto	“	24
3.2.4 Nutrienti	“	25
3.2.5 Clorofilla “a”	“	29
3.2.6 Stato trofico	“	30
3.2.7 Popolamento fitoplanctonico	“	34
3.2.8 Microalghe potenzialmente tossiche	“	35
3.2.9 Popolamento zooplanctonico	“	39
3.2.10 Interazioni fito-zooplancton	“	40
4. EMERGENZE ED ANOMALIE AMBIENTALI	“	43
4.1 Morie di mugilidi	“	43
4.2 Moria di Berte	“	46
4.3 Fioriture algali	“	49
4.4 Segnalazioni eventi straordinari ed interventi su richiesta	“	50
CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI	“	57
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	“	59
INDICE DELLE ILLUSTRAZIONI	“	61
INDICE DELLE TABELLE	“	65
APPENDICE A	“	66
APPENDICE B	“	67
APPENDICE C	“	74

LEGENDA

Acronimo

Definizione

CAM

Classificazione Acque Marine

DIN

Dissolved Inorganic Nitrogen

MI

Monitoraggio Istituzionale – D.Lgs. 152/99 - 152/06

PM

Monitoraggio Ministeriale – Progetto Mare L. 979/82

TRIX

Indice Trofico (Trophic Index)

SAMOBIS

Stima dello stato Ambientale in aree Marine costiere e dei rischi per l'Organizzazione della Biodiversità: progetto pilota per l'applicazione su larga scala (coste meridionali laziali) di una nuova metodologia standard di monitoraggio basata sulla distribuzione degli Isotopi Stabili e analisi del territorio, per l'individuazione di possibili soluzioni riguardo all'attenuazione delle pressioni ambientali

INTRODUZIONE

L'area del Golfo di Gaeta, compresa tra Punta Stendardo e la foce del fiume Garigliano, è caratterizzata da una situazione a elevata complessità ambientale in quanto vi coesistono diversi fattori di rischio, alcuni dei quali ad alti livelli; da ciò scaturisce la particolare attenzione dell'ARPA Lazio per questo territorio dove le forti pressioni, congiuntamente allo scarso ricambio idrico e alle condizioni meteorologiche sfavorevoli degli ultimi anni, in particolare nel periodo estivo, hanno agevolato il verificarsi di vere e proprie emergenze ambientali.

Le acque del Golfo di Gaeta sono controllate dall'ARPA Lazio attraverso diversi programmi di monitoraggio, sia di carattere istituzionale sia contingenti, questi ultimi definiti sulla base di situazioni ambientali critiche.

Tenuto conto della normativa nazionale e delle indicazioni comunitarie, la Regione Lazio definisce la rete di monitoraggio finalizzata alla definizione dello stato di qualità delle acque marine e alla salvaguardia della salute pubblica e, con specifiche deliberazioni, dà mandato all'ARPA Lazio di svolgere le attività di vigilanza e controllo, secondo una serie di programmi specifici.

Oltre alle sopracitate attività istituzionali, negli ultimi anni l'ARPA Lazio ha condotto controlli specifici nel Golfo di Gaeta, quali il monitoraggio delle microalghe potenzialmente tossiche e la ricerca delle cause di morie di pesci, in particolare mugilidi, effettuata in collaborazione con l'Istituto zooprofilattico sperimentale di Lazio e Toscana.

Proprio in relazione alla delicata situazione ambientale, il territorio del Golfo di Gaeta e i bacini drenanti a esso afferenti sono stati designati come "Area sensibile" con delibera regionale n. 116 del 19 febbraio 2010, ai sensi della direttiva 91/271/CE e del D. Lgs. 152/06, sulla base dei criteri dell'allegato 6 alla parte III del suddetto decreto. La D.G.R. 116/2010 definisce che vengano svolte azioni di indagine, di studio, di monitoraggio e strutturali tese a ridurre il carico di sostanze inquinanti in mare, in particolare nel caso in cui queste abbiano concentrazioni tali da avere effetto sul livello di eutrofizzazione delle acque.

Il Rapporto sullo stato ambientale delle acque marine costiere del Golfo di Gaeta rappresenta la prima occasione di sintesi delle informazioni raccolte in dieci anni di monitoraggio e di indagini occasionali e ha come obiettivi principali da una parte quello di fornire un quadro dello stato di qualità dell'ecosistema marino costiero come utile strumento di indirizzo per le politiche di tutela e rivalutazione del territorio, e dall'altra quello di mettere a disposizione del pubblico un'informazione ambientale oggettiva e quanto più possibile completa rispetto alle attività di controllo che l'Agenzia svolge sul territorio, anche alla luce dei numerosi casi di segnalazioni di emergenza ambientale che giungono sia dagli enti preposti sia dalla cittadinanza.

1. AREA DI INDAGINE: QUADRO CONOSCITIVO

1.1 Morfologia costiera e sedimentologia

Il settore che si sviluppa fra il promontorio di Gaeta e la foce del fiume Garigliano, per circa 24 km, corrisponde quasi completamente al Golfo di Gaeta. L'assetto naturale di questa fascia costiera è profondamente alterato da un'intensa antropizzazione. Dal promontorio di Gaeta fino a Formia la costa è interamente occupata da strutture portuali, mentre a partire da Formia sino al Garigliano l'urbanizzazione, fatta eccezione per l'area rocciosa di Monte Scauri, si spinge sin quasi alla linea di riva, come avviene anche in prossimità di Monte d'Argento.

A sud di Gaeta il litorale è caratterizzato da una costa alluvionale bassa che si estende fino alla foce del Garigliano. La piattaforma continentale interna che va da Gaeta alla foce del fiume Garigliano risente degli effetti indotti dai sedimenti scaricati in mare dai corsi d'acqua (Nascetti 2009); la piattaforma, infatti, è notevolmente estesa, quasi 8 km al traverso di Minturno, e raggiunge al largo della foce del Garigliano un'ampiezza di 20 km (Pennetta et al., 1998), con pendenza media dello 0,5% circa; inoltre i fondali, assai omogenei, paiono risentire quasi affatto dell'articolazione della fascia costiera.

Fra Gaeta e la foce del fiume Garigliano l'estrema diffusione delle peliti sabbiose, la presenza di peliti anche su fondali di poco superiori ai 30 m e la quasi totale assenza di sedimenti a prevalente componente sabbiosa, portano a concludere che tutta l'area risente fortemente dell'azione del fiume, il cui carico sedimentario è, presumibilmente, assai fine (Cristofalo 1992).

Un sintomo della persistenza degli apporti solidi fluviali provenienti dal fiume Garigliano, ma in parte anche dal fiume Volturno (Sclavo, Tondello 2009), è costituito dalla mancanza di posidonieti, ossia estese praterie di *Posidonia oceanica*, in tutta l'area.

All'interno del Golfo di Gaeta i mari da sud e da sud-ovest sono poco influenti e limitano la loro azione soprattutto al tratto di Scauri; la corrente di deriva litorale che innescano è diretta prevalentemente verso nord-ovest. L'ondazione proveniente da ovest risulta la più importante e determina un prevalente trasporto solido lungo costa diretto verso sud-est (Gandolfi, Paganelli 1984).

1.2 Caratteristiche idrodinamiche

I dati più aggiornati di cui si dispone sono stati rilevati nel 2002 dall'ICRAM (<http://www.osservatorio-mare.lazio.it>) per conto della Regione Lazio.

Le indagini correntometriche condotte nel mese di febbraio hanno mostrato una notevole uniformità in direzione, caratterizzando un campo di corrente superficiale verso sud-est. Le indagini condotte ad aprile hanno evidenziato un campo di velocità sostanzialmente uniforme con direzioni prevalentemente verso est tra Gaeta e Scauri e verso nord-est a sud della foce del Garigliano. Nel mese di settembre si evidenzia un campo di velocità sostanzialmente uniforme con direzioni prevalentemente verso nord-nord ovest; un flusso di questa corrente si dirige verso terra in direzione del Garigliano. Queste indagini, integrate con i dati relativi al materiale sospeso, hanno permesso di individuare due diversi meccanismi dinamici che condizionano la massa d'acqua antistante Gaeta. Questi meccanismi possono essere così sintetizzati:

- 1) effetto della corrente sulla dinamica sedimentaria costiera: la presenza di un flusso di corrente che si dirige verso costa in direzione Monte Scauri creando un blocco alla circolazione costiera che tenderebbe a fluire da sud verso nord; tracce di questa circolazione sono visibili a sud e a nord di questa corrente entrante. Il settore a sud, ricco di materiale particellato, è quindi una cella ad alta concentrazione dovuta ad apporti esterni al campo di indagine che non riescono a fluire poiché fermati dall'ingresso di acque dal largo;
- 2) presenza di uno strato nefeloide di fondo: lo strato nefeloide di fondo, tra le batimetriche di 40 e 60 m, supera i 7 metri raggiungendo i 12 metri; questi valori, rapportati al fondale limitato, risultano decisamente importanti e testimoniano un'elevata possibilità di risospensione con susseguente rimobilizzazione dei sedimenti di fondo. Questo nefeloide di fondo è presente anche a profondità minori con valori variabili tra 2 e 6 metri.

1.3 Bacini idrografici costieri drenanti nel Golfo di Gaeta

Le foci principali nel tratto di costa tra punta Stendardo (Gaeta) e il confine regionale del Golfo di Gaeta sono rappresentate da Rio d'Itri, Rio Santa Croce-Capodacqua e fiume Garigliano, appartenenti ai bacini idrografici Fondi-Itri e Garigliano, come individuati nel Piano di tutela delle acque della Regione Lazio.

Un lavoro pubblicato dalla Provincia di Latina nel 2010 (Settore ambiente della Provincia di Latina 2010) individua più specificatamente i bacini idrografici costieri che, attraverso fiumi, fossi e canali, drenano le acque dell'entroterra nel tratto di costa tra la foce di Rio d'Itri e il fiume Garigliano.

Il bacino di Rio d'Itri, noto anche come Rio Torto o Fosso Pontone, ha origine sulle pendici dei monti Aurunci e si estende prevalentemente in aree montane su una superficie di 55 Km², a metà del percorso attraversa il centro abitato di Itri e sfocia nel Golfo di Gaeta presso la spiaggia di Vindicio (Formia). Il suo deflusso è caratterizzato da un regime di base che, a partire dai mesi più umidi, decresce gradualmente fino ad annullarsi nei periodi più aridi, con portate tra 100-0 L/s, da ruscellamenti occasionali legati a eventi meteorici di forte intensità, con un flusso che si esaurisce nel giro di poche ore (5-8 ore) dalla piena ma con valori di portata anche molto elevati nell'ordine di alcuni mc/s, e infine da un deflusso ciclico giornaliero riconducibile allo scarico del depuratore di Itri e ad altri scarichi lungo l'alveo, con variazioni di portata tra 10-20 L/s.

Il bacino di Rio Santa Croce-Capodacqua origina dalla sorgente omonima ai piedi dei monti Aurunci (Spigno Saturnia) e si estende su una superficie di 40 Km²; la parte più alta scorre in un territorio prevalentemente rurale, caratterizzato da coltivazioni alternate ad incolti. Non mancano insediamenti civili, artigianali e industriali. L'ultimo tratto scorre in area urbanizzata e densamente popolata. Alla sorgente le acque vengono captate per uso idropotabile. Le misure di portata mostrano un flusso perenne di circa 1000 L/s con una variabilità di portata, soprattutto in prossimità della foce, anche di 300 L/s dovuta probabilmente all'intervento dell'uomo.

Il bacino del Garigliano, costituito dal fiume Garigliano e dal suo affluente Ausente, occupa una superficie di 160 Km² nella porzione provinciale di Latina. Il fiume Ausente si origina nel territorio della provincia di Frosinone e recapita le acque del territorio compreso tra Spigno, Minturno e SS. Cosma e Damiano, a scarsa realtà industriale. Le portate medie giornaliere dell'Ausente evidenziano un deflusso fortemente condizionato da fenomeni di ruscellamento e da un'alternanza di differenti regimi di portata, anche significativi, legati presumibilmente alla presenza di acque di scarico.

Il fiume Garigliano costituisce il confine sud della provincia di Latina e riceve in questo breve tratto, oltre alle acque dell'Ausente, anche quelle provenienti dal depuratore di Minturno.

1.4 Carichi organici

Le fonti di immissione di sostanze nutrienti nell'ambiente possono essere sia di origine naturale sia antropica e riguardano principalmente:

- i processi di degradazione della sostanza organica che portano alla formazione dell'ammoniaca, quindi dei nitriti e nitrati, e alla formazione di fosfati;
- l'uso di prodotti contenenti fosfati per l'abbattimento della durezza dell'acqua nei lavaggi;
- gli scarichi domestici, ove non sia presente un processo di depurazione terziario;
- gli scarichi industriali a cui possono essere associati anche apporti di sostanze nutritive.

La dispersione nell'ambiente può essere di tipo puntuale, scarichi veri e propri, o diffuso, come ad esempio scarichi di origine agricola per lisciviazione dei terreni.

Studi condotti nell'area del Golfo di Gaeta da un'apposita Commissione per i problemi ambientali, turistici, attività di pesca e acquacoltura, nominata dall'amministrazione provinciale di Latina nel 2003, relativamente agli apporti di azoto e fosforo, evidenziano una situazione potenzialmente critica, tale da definire l'area come quella a più elevata complessità della provincia di Latina.

Tra i principali apporti si evidenziano quelli dei comparti agricoli, zootecnici, civili (popolazione residente e turistica, impianti fognari, di depurazione e smaltimento), industriali, portuali e derivanti dall'acquacoltura.

Nella tabella 1 sono riportati in sintesi i diversi contributi di azoto e fosforo stimati per alcune delle pressioni sopraindicate e aggiornati al 2003.

Attività	CARICO ORGANICO			
	Azoto (N)		Fosforo (P)	
	t/anno	% Azoto	t/anno	% Fosforo
Agricoltura	91,6	12,5	74,59	3,66
Zootecnia	51,35	7,04	6,93	5,53
Popolazione residente/turismo	462,92	63,59	2,58	73,87
Industria	38,98	5,35	3,9	3,11
Acquacoltura	84,14	11,54	17,32	13,83
TOTALE	728,99	100	125,32	100

Tab. 1 - Estratto da: "Commissione per i problemi ambientali, turistici e le attività di pesca e acquacoltura del Golfo di Gaeta", 2003

Il carico maggiore è quello civile, sia per le fonti di azoto che di fosforo. La rete fognaria e gli impianti di depurazione dei centri urbani presenti nel Golfo non sono in grado di smaltire in maniera idonea i reflui urbani e questo determina la fonte principale di inquinamento trofico dell'area.

Il settore agricolo rappresenta tradizionalmente nella provincia di Latina un importante comparto economico e si caratterizza per la diffusa presenza di colture intensive ad elevato impatto; tuttavia l'area del Golfo di Gaeta si distingue per coltivazioni di tipo estensivo e di suolo incolto.

L'acquacoltura, che nel Golfo ha origini lontane, in particolare nella forma tradizionale della mitilicoltura, negli ultimi anni si è notevolmente sviluppata, soprattutto con l'allevamento di spigole ed orate in gabbie; come per ogni tipo di allevamento, i reflui prodotti sono potenziali fonti di arricchimento trofico delle acque. Tra i reflui solubili prodotti dall'acquacoltura, sia come mangime non consumato sia come prodotti catabolici degli animali allevati, l'azoto rappresenta l'aliquota maggiore. Il settore industriale può, invece, considerarsi poco importante ai fini degli apporti trofici nel Golfo, nonostante la crescita recente nell'area.

La stessa commissione sottolinea, inoltre, l'esistenza di gravi lacune conoscitive riguardo agli apporti di importanti bacini idrografici, come quello del Garigliano, il quale contribuisce in maniera sostanziale alle alterazioni ambientali che caratterizzano l'area del Golfo di Gaeta.

I valori dei carichi organici apportati dai principali bacini drenanti nel Golfo di Gaeta, tratti dal lavoro pubblicato dalla Provincia di Latina nel 2010, sono stimati in circa 330 t/anno di azoto e 150 t/anno di fosforo, a carico principalmente dei comparti agricolo-zootecnico e civile; inoltre, sommando gli effluenti delle rive destra e sinistra, il bacino del Garigliano contribuirebbe per oltre il 50% dei carichi di azoto e fosforo.

I principali impianti di depurazione dell'area costiera del Golfo di Gaeta sono:

- i depuratori di Gaeta e di Formia, con un rilascio complessivo rispettivamente di 80 L/s e di 182 L/s di reflui, scaricati direttamente nel Golfo di Gaeta mediante condutture sottomarine;
- il depuratore del centro urbano di Itri con un rilascio complessivo di reflui pari a 22 L/s, recapitante nel fiume Rio d'Itri;
- i depuratori di Minturno e Spigno Saturnia che rilasciano complessivamente reflui pari a 182 L/s nel bacino dell'Ausente;
- il depuratore di Santi Cosma e Damiano che rilascia circa 251 L/s di portata media nel bacino del Garigliano.

Infine, nel Golfo di Gaeta grava anche l'influenza del fiume Volturno, caratterizzato anch'esso da elevati apporti di nutrienti, in particolare di fosforo (Margiotta et al., 2005).

1.5 Aree protette

Nel Lazio le aree protette occupano solo l'11% del territorio regionale; è importante ricordare, quindi, che da Gaeta al Garigliano, fiume che fa da confine tra il Lazio e la Campania, sono comprese aree protette di vario genere (Federparchi):

- Parchi regionali:

- Parco regionale Riviera di Ulisse, compreso nel territorio dei comuni di Formia, Gaeta, Minturno e Sperlonga, con un'estensione di 514 ha, di cui 434 a terra e 80 a mare, istituito nel 2003, ente gestore dei parchi naturali di Gianola, Monte Scauri e Monte Orlando
- Parco suburbano di Gianola e Monte Scauri, compreso nel territorio dei comuni di Formia e Minturno con un'estensione di 285 ha, istituito nel 1987
- Parco urbano Monte Orlando, compreso nel territorio del comune di Gaeta, con un'estensione complessiva di 89 ha, di cui 59 a terra e 30 di fondale marino, istituito nel 1986

- Oasi blu

- Oasi blu di Gianola, area protetta gestita dall'ente Oasi blu di Gianola, con estensione di 5 ha, istituita nel 1988
- Oasi blu di Monte Orlando, area protetta gestita dall'ente Oasi blu di Monte Orlando, con estensione di 3 ha, istituita nel 1995

- SIC

- IT6040023, parco di Gianola, la cui principale valenza naturalistica è motivata dalla presenza, in un ambito territoriale limitato, di ben 6 habitat di interesse comunitario, ed in particolare dalla presenza di una pineta spontanea di pino d'Aleppo (*Pinus halepensis*) (Agenzia Regionale Parchi, 2007)
- IT6040024, Rio S. Croce di tipologia lineare, si estende su 20,1 ha nei comuni di Formia, Minturno e Spigno Saturnia (LT), è contiguo al SIC/ZPS "Promontorio di Gianola e Monte di Scauri" che lo include nel suo tratto terminale. Dal punto di vista naturalistico il Rio S. Croce, soprattutto nel suo alto corso, ed in particolar modo alle sorgenti di Rio Capodacqua, attualmente fuori SIC, rappresenta un esempio relitto dei corsi d'acqua tipici di quest'ambito geografico (Agenzia Regionale Parchi 2007)
- IT6040025, fiume Garigliano (tratto terminale), inserito nella lista dei SIC ai sensi della direttiva 92/43/CEE.

2. ATTIVITÀ DI CONTROLLO E MONITORAGGIO

Il monitoraggio rappresenta una metodologia di indagine fondamentale per conseguire un quadro conoscitivo dello stato di qualità ambientale e costituisce, congiuntamente al controllo dei fattori di pressione, uno dei principali compiti istituzionali delle ARPA.

L'ambiente marino costiero e in particolare il Golfo di Gaeta viene regolarmente sottoposto a indagine da parte dell'ARPA Lazio, al fine di definire la qualità ambientale, ossia "lo stato di salute del sistema", e controllare la salubrità delle acque, fornendo utili informazioni per prevenire l'insorgere di fenomeni critici, predisporre azioni di risanamento, indirizzare politiche di tutela e rivalutazione del territorio e, non da ultimo, implementare la banca dati per la gestione integrata della fascia costiera.

La Regione Lazio, tenendo conto della normativa nazionale e delle indicazioni comunitarie, definisce la rete di monitoraggio e, con specifiche deliberazioni, dà mandato all'ARPA di svolgere le attività di vigilanza e controllo della qualità delle acque, secondo una serie di programmi e strumenti tecnico analitici specifici.

2.1 Contesto normativo

L'evoluzione della regolamentazione ambientale ha visto negli ultimi anni un susseguirsi di nuove norme e di abrogazioni delle precedenti che in alcuni casi hanno generato situazioni di discontinuità nelle attività di monitoraggio e controllo del territorio da parte delle ARPA.

Di seguito sono descritti i principali atti legislativi che hanno definito le attività di monitoraggio e di tutela delle acque marine nel Golfo di Gaeta negli ultimi dieci anni, con riferimenti anche alle nuove normative:

- Controllo delle acque destinate alla balneazione

Fino a metà stagione balneare 2010 le attività di monitoraggio per il controllo delle acque di balneazione sono state disciplinate dal decreto del Presidente della Repubblica 8-6-1982 n. 470 e successive modifiche e integrazioni, oggi abrogato, i cui obiettivi riguardavano la definizione dei requisiti chimici, fisici e microbiologici per la determinazione delle acque destinate alla balneazione e l'attivazione di adeguati piani di monitoraggio.

Ad oggi la normativa nazionale di settore, in recepimento della direttiva CE (2006/7), è rappresentata dal decreto interministeriale 30-03-2010, attuativo del D.Lgs. 116/08, finalizzato a proteggere la salute umana dai rischi derivanti dalla scarsa qualità delle acque di balneazione, anche attraverso la protezione e il miglioramento ambientale. Infatti, rispetto alla normativa precedente, il D.Lgs. 116/08 privilegia una gestione integrata della qualità delle acque e mira a prevenire l'esposizione dei bagnanti in acque inquinate, non solo attraverso il monitoraggio ma anche tramite azioni di riduzione delle possibili cause di inquinamento, nonché informazione al pubblico

- Controllo della qualità delle acque marino costiere

Il riferimento normativo nazionale per il monitoraggio istituzionale (MI) finalizzato alla tutela delle acque marino costiere nella regione Lazio è stato fino alla prima metà dell'anno 2011 il D.Lgs. 152/99 (Testo unico sulle acque) che, per la classificazione delle acque marine costiere, richiedeva una prima valutazione di stato di qualità basata su parametri fisico-chimici mediante l'applicazione dell'indice trofico TRIX (Vollenweider et al., 1998), considerando comunque prioritario lo stato degli elementi biotici dell'ecosistema.

L'attuale punto di riferimento legislativo è il D.Lgs. 152/06 e successive modifiche e integrazioni. Quest'ultimo decreto si inserisce nell'impianto normativo esistente relativo al mare, richiamando nuovi concetti di tutela della qualità delle acque costiere e degli ecosistemi marini, attraverso l'adozione e lo sviluppo di nuovi metodi per l'identificazione delle sorgenti di inquinamento, al fine della conoscenza del degrado e delle sue cause. In accordo con gli orientamenti comunitari, vi è espresso il concetto della politica ambientale volta al perseguimento e/o al mantenimento di obiettivi di qualità.

Il nuovo criterio stabilito dal decreto, concernente l'introduzione dello stato di qualità dei corpi idrici, valido anche per le acque marine costiere, ha comportato una revisione nei monitoraggi relativamente alla scelta delle stazioni, alla frequenza delle campagne, alle matrici e ai parametri in esame, all'elaborazione dei dati e alla produzione dei risultati.

Il D.Lgs. 152/06 presenta elementi fortemente innovativi per quanto riguarda il giudizio di qualità dei corpi idrici, infatti attribuisce un ruolo prioritario agli indici biologici nella definizione dello stato ecologico delle acque marino-costiere, individuando nei principi generali:

- gli obiettivi minimi di stato di qualità ambientale per i "corpi idrici significativi", in funzione del mantenimento in essi dei processi naturali di autodepurazione e della presenza di comunità animali e vegetali ampie e diversificate;
- gli obiettivi di stato di qualità di corpi idrici per specifica destinazione, in funzione dell'idoneità ad una particolare utilizzazione da parte dell'uomo, nel caso delle acque marine destinate alla vita dei molluschi (D.Lgs. 152/06, all.2, tab.1/C, art.15).

Le acque marine costiere sono state oggetto, inoltre, già a partire dal 1996, di un programma di monitoraggio attivato dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, denominato "Progetto Mare" (PM), in ottemperanza alla legge 979/82. Tale norma, ancora in vigore, indirizzata a un controllo ambientale più ampio, che prevede la predisposizione di piani di pronto intervento contro gli inquinamenti causati da sversamenti, l'istituzione delle riserve marine e l'attivazione di piani di monitoraggio in mare, è stata la prima a prevedere a livello nazionale una rete di osservazione della qualità dell'ambiente marino attraverso programmi pluriennali. L'ultimo programma, attuato dall'ARPA Lazio in convenzione con la Regione Lazio, si è concluso nel 2009, ma ha avuto uno svolgimento regolare solo fino alla fine del 2006.

2.2 Rete di monitoraggio

In ottemperanza alle disposizioni normative sopracitate (par. 2.1), è operativa nel Golfo di Gaeta una rete di monitoraggio marino costiero che da diversi anni rileva dati fisico-chimici, chimici, biologici e microbiologici, seppure con variazioni che nel tempo hanno riguardato sia il posizionamento delle stazioni di campionamento sia l'acquisizione dei diversi parametri.

Nella figura 1 sono indicate le stazioni di campionamento dei monitoraggi oggetto del presente lavoro, mentre in appendice A sono specificate le coordinate dei punti di campionamento, i parametri, le frequenze di prelievo e l'intervallo temporale a cui si riferiscono i dati elaborati.

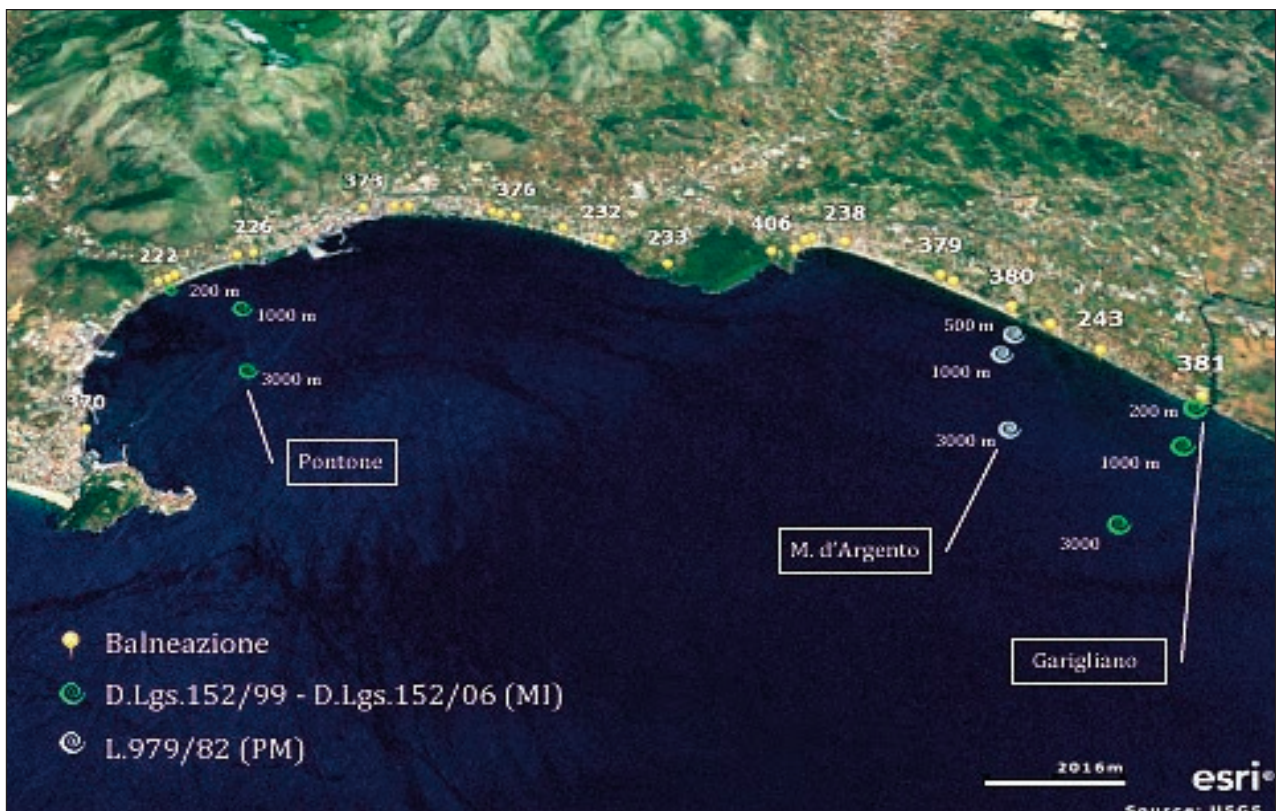


Fig. 1 - Rete di monitoraggio Golfo di Gaeta: sono indicate le stazioni di campionamenti riferite alle principali attività di monitoraggio

La rete di monitoraggio effettuata ai sensi del D.P.R. 470/82 per il controllo delle acque destinate alla balneazione all'interno del Golfo di Gaeta era costituita, fino alla stagione balneare 2010, da 27 punti di campionamento, ridotti a 21 nella stagione 2011 a seguito della attuazione del D.Lgs. 116/08. I punti di prelievo sono in corrispondenza della profondità di 1 metro del fondale e la distanza tra due punti lungo la costa è di circa 500 metri; nelle zone ad alta densità di balneazione o in tratti particolarmente critici, come le aree di foce dei fiumi, le distanze sono ravvicinate. I campionamenti sono stati effettuati con cadenza bimensile da aprile a settembre di ogni anno. Nella stagione 2011 la Regione Lazio ha recepito il decreto interministeriale del 30 marzo 2010 ed effettuato la classificazione delle acque marino-costiere, escludendo dal monitoraggio, come azione preliminare, le aree dichiarate non adibite alla balneazione (porti, foci dei fiumi, aree militari, etc.).

Il programma di monitoraggio istituzionale (MI) ai fini della valutazione dello stato di qualità ambientale è stato effettuato con cadenza trimestrale dal 2003 fino a giugno 2011, ai sensi del D.Lgs. 152/99 prima e in seguito del D.Lgs. 152/06, su due transetti costa-largo localizzati nelle acque antistanti le foci del fiume Garigliano e Pontone. Ogni transetto è costituito da tre punti di campionamento, posizionati rispettivamente a 200, 1000 e 3000 metri dalla costa.

Considerata la presenza nelle acque marine del Golfo di un cospicuo numero di *taxa* algali potenzialmente produttori di tossine, la rapida evoluzione che spesso hanno i popolamenti fitoplanctonici, la criticità delle aree sulle quali insistono forti impatti antropici e interessi produttivi legati all'acquacoltura, si è ritenuto opportuno implementare la frequenza di campionamento della stazione di Foce Pontone (MI) per la componente fitoplanctonica a cadenza mensile. Il monitoraggio delle specie potenzialmente tossiche a Foce Pontone è stato condotto da maggio 2007 a dicembre 2010.

Il programma di monitoraggio dell'ambiente marino costiero (L. 979/82), denominato "Progetto Mare" (PM), effettuato dal 2001 al 2009 con alcuni periodi di interruzione, è stato finalizzato ad un controllo ambientale più ampio, i cui obiettivi erano rivolti più specificatamente alla "qualità ambientale" del mare, oltre che alla sua "salubrità". Infatti, l'indagine condotta sull'ecosistema marino costiero attraverso il Progetto Mare ha contribuito a un notevole approfondimento analitico rispetto al monitoraggio istituzionale (MI), sia per quanto riguarda le matrici indagate sia per la frequenza dei campionamenti, quindicinale per il plancton e per le acque, in accordo con i cicli biologici delle comunità indagate. Nel Golfo di Gaeta il programma è stato effettuato nell'area di Monte d'Argento (Minturno) nelle stazioni poste alle distanze di 500, 1000 e 3000 metri dalla costa.

Il controllo delle "alghe potenzialmente tossiche", effettuato regolarmente dalla sezione provinciale dell'ARPA Lazio di Latina come naturale integrazione delle attività di monitoraggio, viene effettuato in tutte le stazioni dei transetti di Foce Pontone (MI), Foce Garigliano (MI) e Monte d'Argento (PM).

Inoltre, poiché dal 1999 si sono verificate ricorrenti fioriture a carico di dinoflagellati bentonici potenzialmente produttori di tossine quali *Coolia monotis* e *Ostreopsis ovata*, a partire dal 2002 vengono effettuati monitoraggi quali-quantitativi sul popolamento microfitobentonico finalizzati a seguire gli andamenti di queste specie. Tale attività, a partire dall'estate del 2011, è diventata parte integrante del D.Lgs. 116/08. Gli obiettivi del monitoraggio sono stati e sono tuttora molteplici: la valutazione dell'estensione del fenomeno lungo il litorale, il confronto rispetto agli anni passati, la sorveglianza su eventuali episodi di disturbo agli ecosistemi, la segnalazione di malesseri tra i bagnanti e la valutazione della concentrazione in acqua per l'eventuale pericolo connesso alla formazione di aerosol marino che sembra essere causa dei fenomeni di irritazione delle vie respiratorie descritti in letteratura (Ministero della Salute 2007). Questi organismi sono presenti in più punti del litorale pontino ma la loro abbondanza sembra essere particolarmente rilevante, con vere e proprie fioriture, in corrispondenza del promontorio di Monte d'Oro, nel Golfo di Gaeta.

2.3 Metodi di campionamento e di analisi

Le modalità di prelievo, le condizioni di conservazione e di trasporto delle acque e i metodi analitici per le analisi microbiologiche e chimiche fanno riferimento al manuale APAT-CNR-IRSA "Metodi analitici per le acque" n. 29/2003.

Le acque marine destinate alle analisi microbiologiche sono prelevate mediante bottiglie sterili ad una profondità di circa 30 cm dal pelo dell'acqua con l'ausilio di una pinza di acciaio (v. figura 2). I parametri microbiologici, rappresentati fino al 2010 (D.P.R. 470/82) da coliformi totali, coliformi fecali e streptococchi fecali, sono stati analizzati con la tecnica delle membrane filtranti. In alcune stazioni di campionamento, in particolare alle foci di fiumi, è stata effettuata la ricerca di *Salmonella* spp.



Fig. 2 - Particolare del prelievo di acqua destinata alle indagini microbiologiche

Le acque per le indagini chimiche sono prelevate utilizzando contenitori in polietilene. Tutti i campioni sono conservati in frigorifero fino al momento dell'analisi, che deve avvenire generalmente entro 24 ore dal prelievo.

La componente biotica, fitoplancton e zooplancton, è stata valutata utilizzando i metodi di riferimento indicati dal Ministero dell'Ambiente – Servizio Difesa Mare (ICRAM 2001).

Il prelievo di acqua per l'analisi quali - quantitativa del fitoplancton è stato effettuato 50 cm sotto la superficie dell'acqua, in bottiglie scure in plastica da 1 litro; in laboratorio il campione mescolato viene trasferito in bottiglie in vetro scuro e fissato con Lugol. La determinazione quantitativa è effettuata al microscopio ottico invertito a 400x con il Metodo Utermohl (Utermohl 1958).

I campioni per l'analisi quali - quantitativa dello zooplancton sono stati prelevati in zona di basso fondale (max 10 m) mediante retino WP2 con apertura di maglia 200 μ m, bocca \varnothing 45 cm, corredato da flussometro modello IDROMAR (Fraser 1968; Zunini, Sertorio 1990), con retinate oblique dal fondo verso la superficie; i campioni sono stati conservati in armadio ventilato in contenitori di plastica dopo la fissazione in formaldeide al 4% fino all'analisi quantitativa eseguita allo stereomicroscopio al massimo ingrandimento (6.6 x) (v. figura 3).



Fig. 3 - Fasi del campionamento e analisi dello zooplancton. A sinistra il retino WP2, al centro il recupero degli organismi dal collettore posto in fondo alla rete, a destra l'analisi tassonomica allo stereo microscopio

La misura della trasparenza è stata effettuata mediante il Disco di Secchi (v. figura 4).

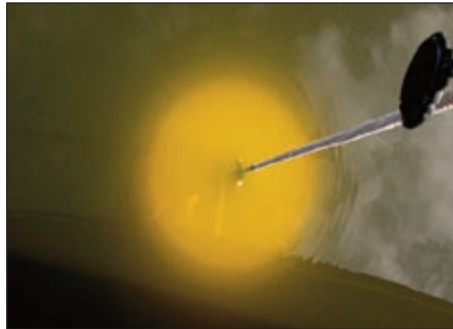


Fig. 4 - Disco di Secchi per la misura della trasparenza

Le variabili fisico-chimiche temperatura, ossigeno disciolto, pH, salinità e clorofilla "a" sono rilevate lungo la colonna d'acqua attraverso l'uso della sonda multiparametrica Idronaut, modello Ocean Seven 316 dotata di fluorimetro (v. figura 5); i dati acquisiti sono mediati ogni 50 cm di profondità e registrati su supporto informatico.

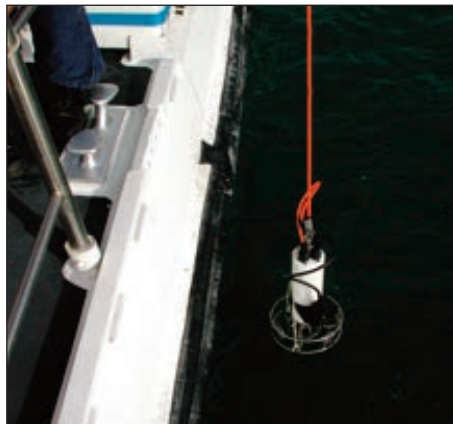


Fig. 5 - Sonda multiparametrica Ocean Seven 316

Vengono inoltre rilevati i principali parametri meteo-marini con l'utilizzo di strumentazione da campo (v. figura 6).



Fig. 6 - Particolare del rilevamento dei dati meteorologici, temperatura (°C), intensità del vento (m/s)

Il monitoraggio delle microalghe bentoniche potenzialmente tossiche viene effettuato secondo i metodi ISPRA (APAT 2007) e le Linee guida del Ministero della Salute (2007) e prevede l'analisi del microfitobentos sul substrato e campioni di acqua di mare prelevati sopra di esso. La stima delle specie bentoniche potenzialmente tossiche è quantitativa e si effettua mediante analisi microscopica dell'acqua di lavaggio dei substrati (v. figura 7). L'analisi prevede la stima quantitativa della concentrazione dei microrganismi bentonici in colonna d'acqua. La frequenza di campionamento varia in funzione delle concentrazioni riscontrate.



Fig. 7 - Lavaggio del substrato per separare il microfitobenthos

L'attività di campionamento in mare, sia per i monitoraggi di routine sia in caso di controlli per eventi straordinari, viene svolta con il supporto logistico e professionale dei mezzi nautici e del personale della Guardia costiera.

3. RISULTATI ANALITICI

Le variabili fisiche e chimiche e la biomassa fitoplanctonica rappresentano dei buoni indicatori della qualità degli ambienti marini costieri e lo studio della loro evoluzione nel tempo può aiutare a comprendere i fenomeni in atto. I dati microbiologici e le azioni dirette alla sorveglianza delle acque di balneazione costituiscono una condizione essenziale per la salvaguardia della salute dei cittadini.

3.1 Acque di balneazione

I parametri microbiologici da rilevare per il monitoraggio delle acque di balneazione ai sensi del D.P.R. 470/82, in vigore fino al 2010, erano rappresentati da coliformi totali, con il limite di 2000 UFC/100 ml, coliformi fecali e streptococchi fecali, con il limite di 100 UFC/100 ml.

L'entrata in vigore del D.Lgs. 116/08 ha previsto l'introduzione di due nuovi indicatori di inquinamento microbiologico: Escherichia coli e Enterococchi intestinali con limiti di 500 MPN/100ml e 200 UFC/100 ml. I risultati delle analisi condotte sulle acque marine ai fini della balneazione possono essere consultati sul sito dell'ARPA Lazio a partire dalla stagione balneare 2006 (<http://www.arpalazio.net/main/acqua/controlliBaln.php?type=Mare>).

I tratti di costa del Golfo di Gaeta chiusi storicamente alla balneazione per la presenza di foci di fiumi o di attività portuale o militare, evidenziati in rosso nella figura 8, sono riportati in tabella 2.

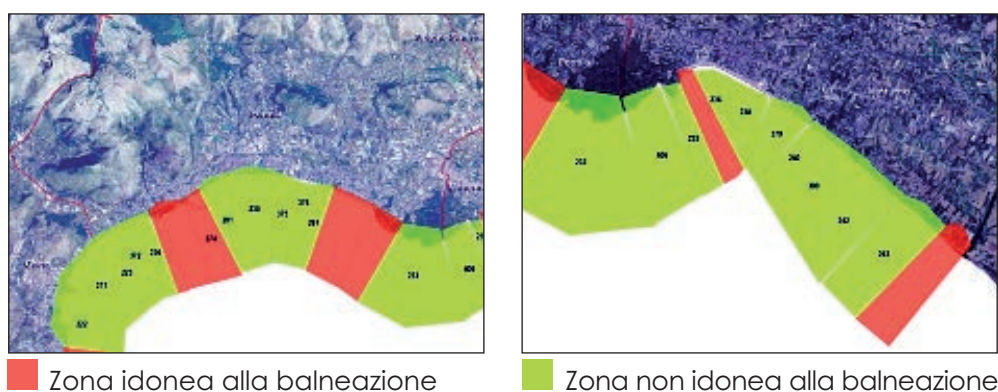


Fig. 8 - Tratto del Golfo di Gaeta con i punti di campionamento delle acque di balneazione, D.P.R. 470/82

COMUNE	ID TRATTO	MOTIVAZIONE CHIUSURA
GAETA	DA PUNTA STENDARDO AL PORTO DI GAETA	AREA PORTUALE
GAETA	PORTO DI GAETA	AREA PORTUALE
GAETA	370 LUNGOMARE CABOTO	AREA PORTUALE
FORMIA	373 FOCE FOSSO TUORO	AREA DI FOCE
FORMIA	PORTO DI FORMIA	AREA PORTUALE
FORMIA	377 FOCE RIO SANTA CROCE	AREA DI FOCE
MINTURNO	378 PORTICCIOLO - FOCE RIO CAPODACQUA	AREA DI FOCE
MINTURNO	381 FOCE GARIGLIANO	AREA DI FOCE

Tab. 2 - Tratti di costa ricadenti nel Golfo di Gaeta e interdetti alla balneazione per motivi diversi dall'inquinamento

Dall'analisi dei dati del monitoraggio eseguito ai sensi del D.P.R. 470/82, la Regione Lazio ha potuto procedere alla classificazione delle acque di balneazione, che nel Golfo di Gaeta sono risultate complessivamente di qualità eccellente, tranne per l'area di pertinenza del punto 374 (Villa Giovanni Castello Miramare), come riportato in tabella 3:

Comune	ID tratto	Località	Classificazione area
Gaeta	210*	Santo Agostino sbocco mare Tor. Grotte	eccellente
Gaeta	367*	Foce Fosso Pontone	eccellente
Gaeta	212*	Santo Agostino sbocco mare Tor. Lorgato	eccellente
Gaeta	213*	Spiaggia dx Monte a Mare	eccellente
Gaeta	368*	Centro Spiaggetta Arenauta	eccellente
Gaeta	214*	Sx Torre Scissura	eccellente
Gaeta	215*	Centro Spiaggetta Arianna	eccellente
Gaeta	218*	Centro Spiaggetta di Serapo	eccellente
Gaeta	369*	Nord Spiaggia Serapo	eccellente
Gaeta	219*	400 mt dx del Faro	eccellente
Formia	222	100 mt sx Torrente Pontone	eccellente
Formia	371	Foce Pontone	eccellente
Formia	223	100 mt dx Torrente Pontone	eccellente
Formia	372	Foce Fosso Rialto	eccellente
Formia	226	Porticciolo Caposele	eccellente
Formia	374**	Villa Giovanni Castello Miramare	scarsa
Formia	281	Miramare altezza Km 143 S.S. 7 Appia	eccellente
Formia	230	500 mt sx Fosso Acqualunga	eccellente
Formia	375	Foce Fosso Acqualunga	eccellente
Formia	376	Foce Fosso Acquatraversa	eccellente
Formia	291	Santojanni 1100 m dx Fosso Acqualunga	eccellente
Formia	233	Porto Romano 1500 mt dx punto 232	eccellente
Minturno	406	Spiaggia a sx Torre Scauli	eccellente
Minturno	235	100 mt sx Rio Capo D' Acqua	eccellente
Minturno	236	100 mt dx Rio Capo D' Acqua	eccellente
Minturno	238	Stabilimento Balneare Aurora	eccellente
Minturno	379	Foce Canale Ricillo	eccellente
Minturno	240	100 mt dx Canale Ricillo	eccellente
Minturno	380	Spiaggia Monte D'Argento	eccellente
Minturno	242	400 mt Monte Argento	eccellente
Minturno	243	1400 mt sx Fiume Garigliano	eccellente

(*) Tali acque non ricadono nell'area del Golfo di Gaeta

(**) Area da sottoporre a risanamento

Tab. 3 - Classificazione delle acque di balneazione ricadenti nel Golfo di Gaeta richiesta dalla normativa vigente, D.Lgs. 116/08

Come previsto dalla normativa vigente, D.Lgs. 116/08, l'area classificata in qualità scarsa dovrà essere sottoposta a risanamento per poter raggiungere un livello di qualità sufficiente entro il 2015. Complessivamente il tratto di costa che interessa il Golfo di Gaeta copre circa 24 km, dei quali circa 5 sono interdetti per la presenza di aree portuali e foci di fiumi e solo 0.5 km interdetti per superamento dei limiti microbiologici.

3.2 Acque marino-costiere

In questo lavoro sono presentati i risultati di alcuni parametri significativi registrati in superficie nella stazione più costiera dei transetti monitorati per il PM (Monte d'Argento) e per il MI (Foce Pontone e Foce Garigliano), rispettivamente localizzate a 500 e 200 metri dalla costa, all'interno di una batimetria compresa tra 3 e 8 metri.

Il data set su cui è stato elaborato il presente lavoro è costituito da una coorte di dati non omogenea a causa della diversa frequenza di campionamento, quindicinale per il PM e trimestrale per il MI; il confronto dei risultati provenienti dai due monitoraggi è quindi effettuato mediando i valori a livello trimestrale. Inoltre, nella maggior parte dei casi è stato possibile ottenere delle informazioni utili per inquadrare chiaramente l'andamento dei singoli parametri analizzando i dati della stazione di Monte d'Argento (PM).

3.2.1 Temperatura

Nelle acque costiere questo parametro assume in generale elevati valori nei mesi estivi e subisce una brusca caduta a fine estate con i minimi a fine inverno. Negli strati superficiali delle aree prospicienti la costa si possono osservare fluttuazioni a piccola scala temporale, riconducibili a particolari situazioni idrodinamiche e all'apporto di acque dolci fluviali.

L'andamento stagionale medio delle temperature superficiali registrate nel Golfo di Gaeta nel periodo 2001-2011 (v. figura 9) mostra un tipico andamento sinusoidale, con valori minimi nei mesi invernali che aumentano raggiungendo i massimi nel periodo estivo.

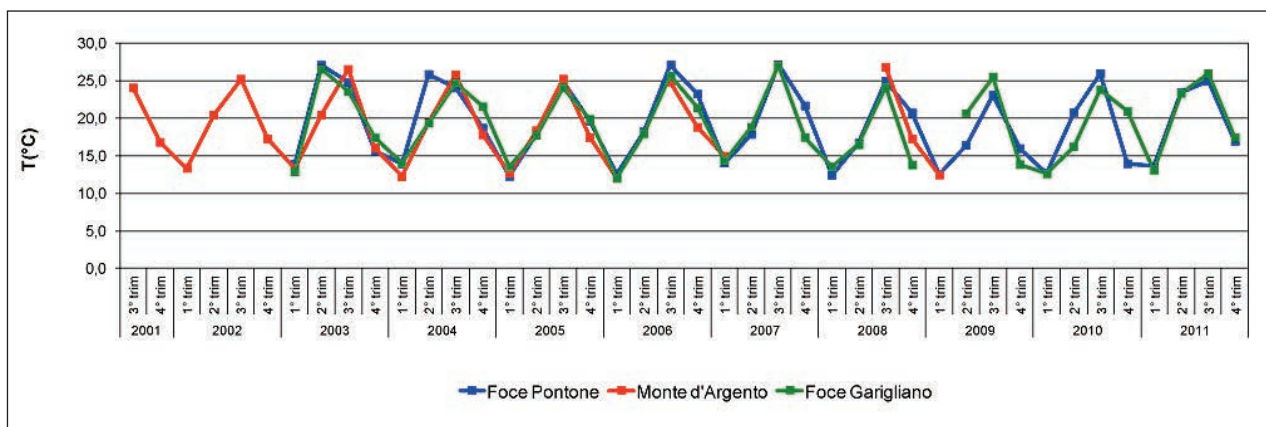


Fig. 9 - Andamento delle temperature medie mensili (°C) registrate dal 2001 al 2011 nelle stazioni costiere di Monte d'Argento (PM), Foce Pontone e Foce Garigliano (MI)

In figura 10 sono rappresentate le temperature superficiali, registrate da agosto 2001 a gennaio 2007 nella stazione costiera di Monte d'Argento (PM); l'andamento dei singoli valori evidenzia una chiara ciclicità stagionale con massimi estivi nei mesi di luglio-agosto e minimi invernali tra gennaio e febbraio.

Nello stesso grafico è possibile osservare come nell'estate del 2003 siano state registrate temperature estive più elevate rispetto allo stesso periodo degli altri anni, anche se il valore di temperatura in assoluto più elevato si è registrato a luglio del 2005 (29,40 °C).

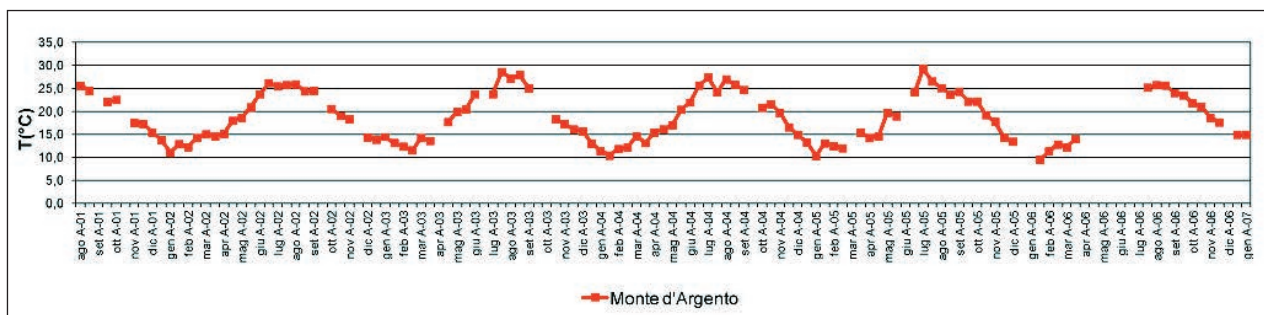


Fig. 10 - Andamento delle temperature (°C) registrate da agosto 2001 a gennaio 2007 nella stazione di Monte d'Argento (PM)

Per le stazioni monitorate nell'ambito del MI, avendo a disposizione solo dati trimestrali, non è possibile integrare l'andamento delle temperature registrate; si osserva, comunque, una ciclicità stagionale con massimi estivi e minimi invernali (v. figura 11).

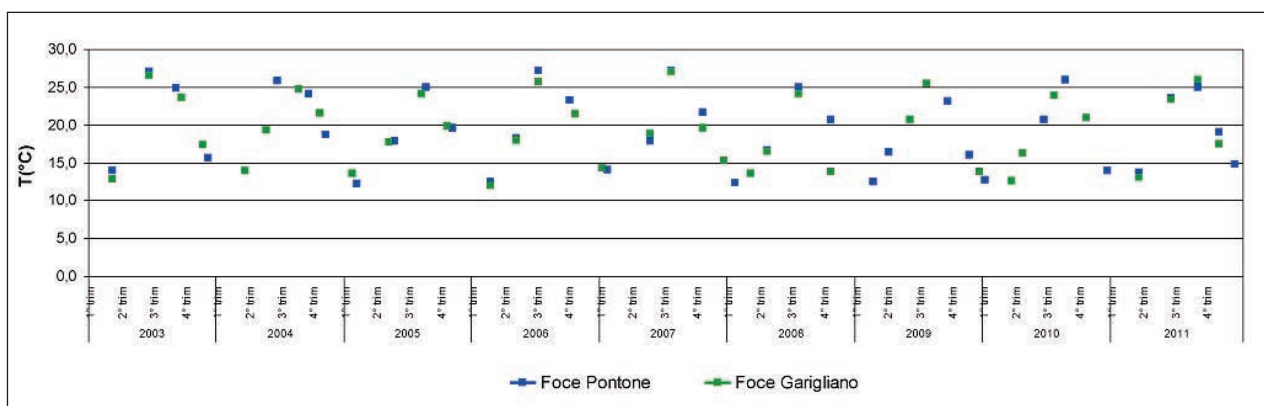


Fig. 11 - Andamento delle temperature (°C) registrate da gennaio 2003 a dicembre 2011 nelle stazioni costiere di Foce Pontone e Foce Garigliano (MI)

3.2.2 Salinità

Il comportamento stagionale di questo parametro presenta generalmente dei valori massimi nella stagione estiva e minimi durante i mesi primaverili. La variabilità dei valori di salinità lungo costa è comunque strettamente correlata ai regimi di portata fluviale.

L'andamento stagionale medio delle salinità superficiali registrate nel Golfo di Gaeta nel periodo 2001-2011 (v. figura 12) mostra una ciclicità con valori minimi nella prima metà dell'anno.

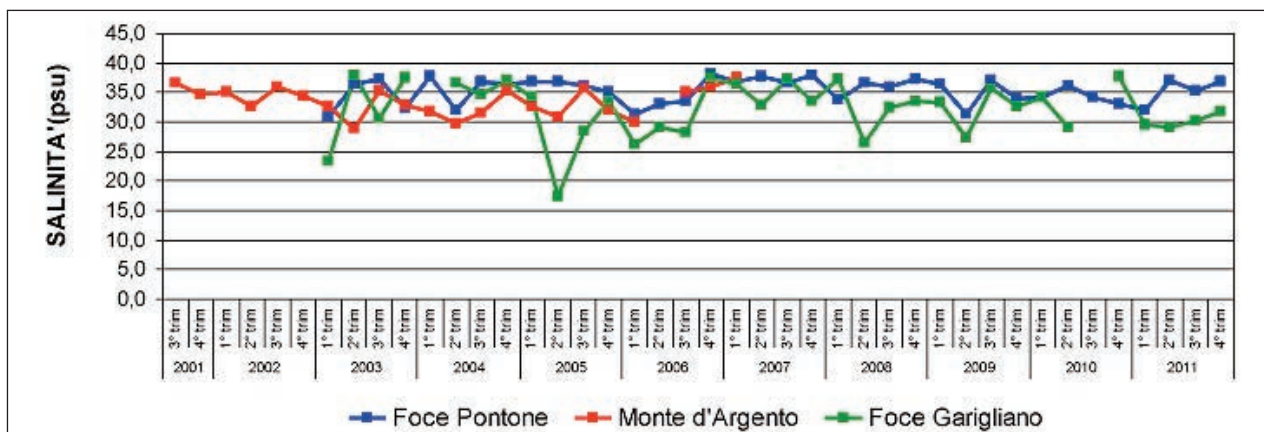


Fig. 12 - Andamento delle salinità (psu) medie mensili registrate dal 2001 al 2011 nelle stazioni costiere di Monte d'Argento (PM), Foce Pontone e Foce Garigliano (MI)

In figura 13 sono rappresentati i valori di salinità superficiali, registrati da agosto 2001 a gennaio 2007 nella stazione costiera di Monte d'Argento (PM); l'andamento dei singoli valori evidenzia una variabilità con valori minimi nei mesi invernali e tardo primaverili.

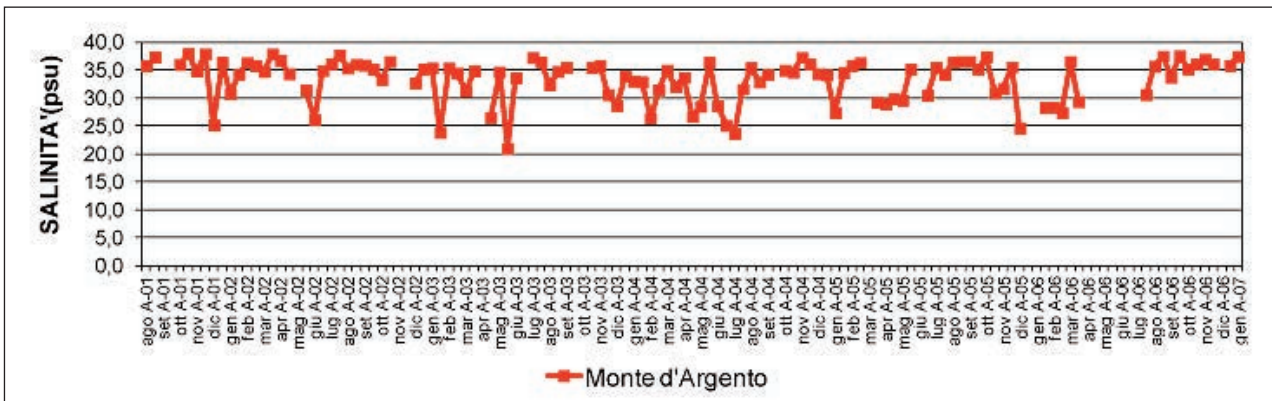


Fig. 13 - Andamento delle salinità (psu) registrate da agosto 2001 a gennaio 2007 nella stazione di Monte d'Argento (PM)

I dati a disposizione per le stazioni del MI (v. figura 14) forniscono informazioni su una generale tendenza alla ciclicità dei valori di salinità (psu) nelle due stazioni, con una evidenza di minimi registrati in particolare nella stazione costiera di Foce Garigliano.

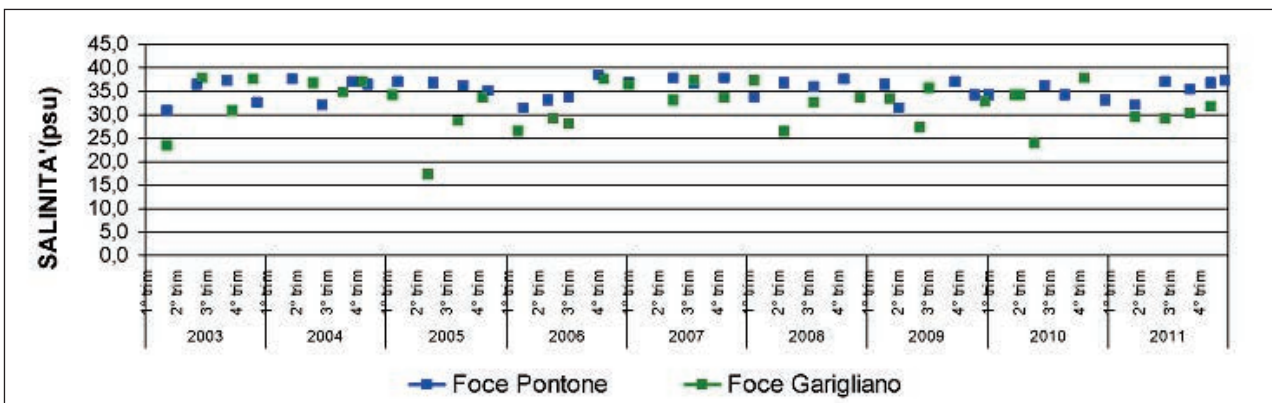


Fig. 14 - Andamento delle salinità (psu) registrate da gennaio 2003 a dicembre 2011 nelle stazioni costiere di Foce Pontone e Foce Garigliano (MI)

In figura 15 sono riportati i valori medi di salinità (psu) calcolati dal 2001 al 2011 nelle acque superficiali delle stazioni costiere del MI e del PM nel Golfo di Gaeta; la stazione di Foce Garigliano presenta il valore più basso, 32,5 psu, seguita dalla stazione costiera di Monte d'Argento che evidentemente risente dell'influenza delle acque del fiume Garigliano.

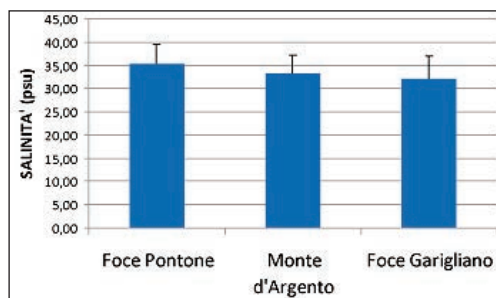


Fig. 15 - Valori di salinità (psu) media registrati dal 2001 al 2011 nelle stazioni costiere del Golfo di Gaeta

3.2.3 Ossigeno disciolto

Il valore di ossigeno disciolto nelle acque superficiali è fortemente influenzato dalla biomassa auto-trofa in sospensione e dal carico della sostanza organica ossidabile, in funzione anche della temperatura e della salinità. Valori di sovrasaturazione sono determinati da processi fotosintetici e generalmente coincidono con fenomeni di fioriture microalgali, mentre casi di sottosaturazione sono indotti prevalentemente da processi ossidativi e respiratori o da fenomeni di risalita di acque di fondo poco ossigenate (upwelling).

In figura 16 sono riportati gli andamenti stagionali medi dell'ossigeno disciolto, espresso in percentuale di saturazione; si osserva una ampia fluttuazione dei valori nella prima parte del grafico, da agosto 2001 ad agosto 2003, con una tendenza a una maggiore stabilizzazione intorno alla percentuale di saturazione nel periodo successivo; valori di sovrasaturazione sono meno frequenti negli anni 2008, 2009 e 2010.

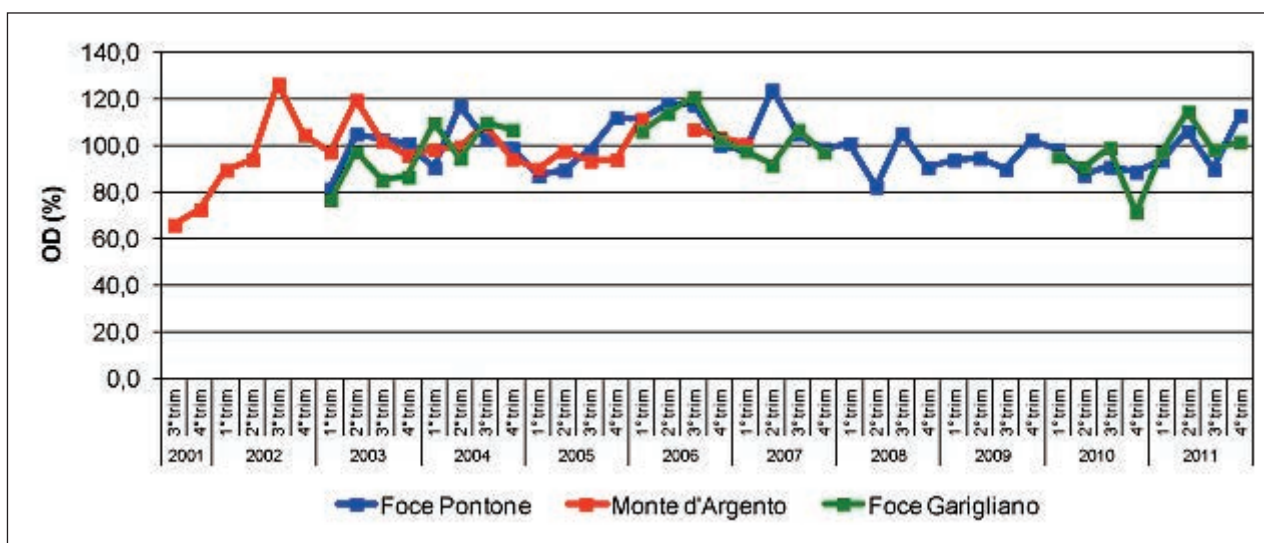


Fig. 16 - Andamento delle medie mensili del valore di ossigeno disciolto (% di saturazione) registrate dal 2001 al 2011 nelle stazioni costiere di Monte d'Argento (PM), Foce Pontone e Foce Garigliano (MI)

In figura 17 sono rappresentati i valori di ossigeno disciolto (% di saturazione) superficiali, registrati da agosto 2001 a gennaio 2007 nella stazione costiera di Monte d'Argento (PM); si osserva una maggiore stabilità dei valori, che si distribuiscono intorno alla percentuale di saturazione negli anni 2003, 2004 e metà 2005.

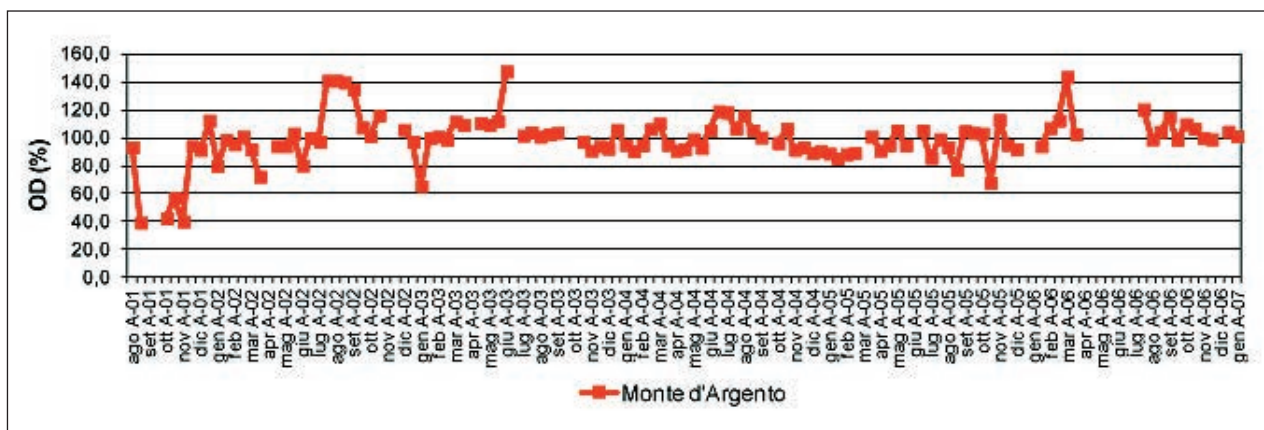


Fig. 17 - Andamento dei valori di ossigeno disciolto (% di saturazione) registrate da agosto 2001 a gennaio 2007 nella stazione di Monte d'Argento (PM)

I dati a disposizione per le stazioni del MI (v. figura 18) evidenziano una ciclicità stagionale con valori massimi di saturazione nel periodo estivo e minimi invernali.

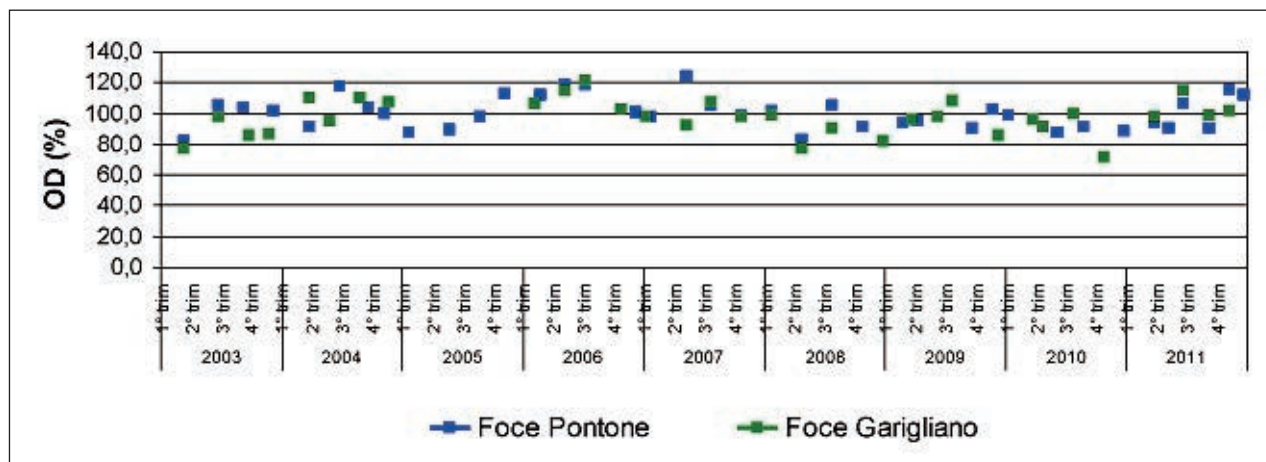


Fig. 18 - Andamento dei valori di ossigeno disciolto (% di saturazione) registrati da gennaio 2003 a dicembre 2011 nelle stazioni costiere di Foce Pontone e Foce Garigliano (MI)

3.2.4 Nutrienti

Con il termine di nutrienti, o sali nutritivi, vengono indicati tutti quei composti necessari alla crescita degli organismi fitoplanctonici, in particolare l'azoto, il fosforo ed il silicio. Le concentrazioni dei nutrienti, fortemente influenzate dagli apporti antropici, possono essere considerate come potenziali indicatori di processi di eutrofizzazione e le diverse forme chimiche presenti sono utilizzate nella classificazione dello stato delle acque.

Le sorgenti principali sono individuate nello smaltimento dei reflui civili e nei comparti agricolo e zootecnico. I nutrienti azotati, analogamente ai fosfati, derivano da sorgenti diffuse provenienti dai suoli coltivati a seguito del dilavamento dei terreni determinato dalle precipitazioni atmosferiche, e arrivano a mare attraverso fiumi e canali.

Le componenti solubili dell'azoto, azoto nitrico ($N-NO_3$), nitroso ($N-NO_2$) e ammoniacale ($N-NH_4$), la cui somma è rappresentata come DIN (*Dissolved Inorganic Nitrogen*), insieme a quella del fosforo (ortofosfato), presentano una elevata variabilità stagionale, con le concentrazioni più basse in genere registrate nel periodo estivo, in coincidenza con i minimi di portata fluviale; di conseguenza l'andamento di questi parametri è in genere ben correlato alla salinità.

Nella figura 19 sono riportate le concentrazioni ($\mu\text{mol/L}$) degli elementi nutritivi registrati nella stazione di Monte d'Argento (PM).

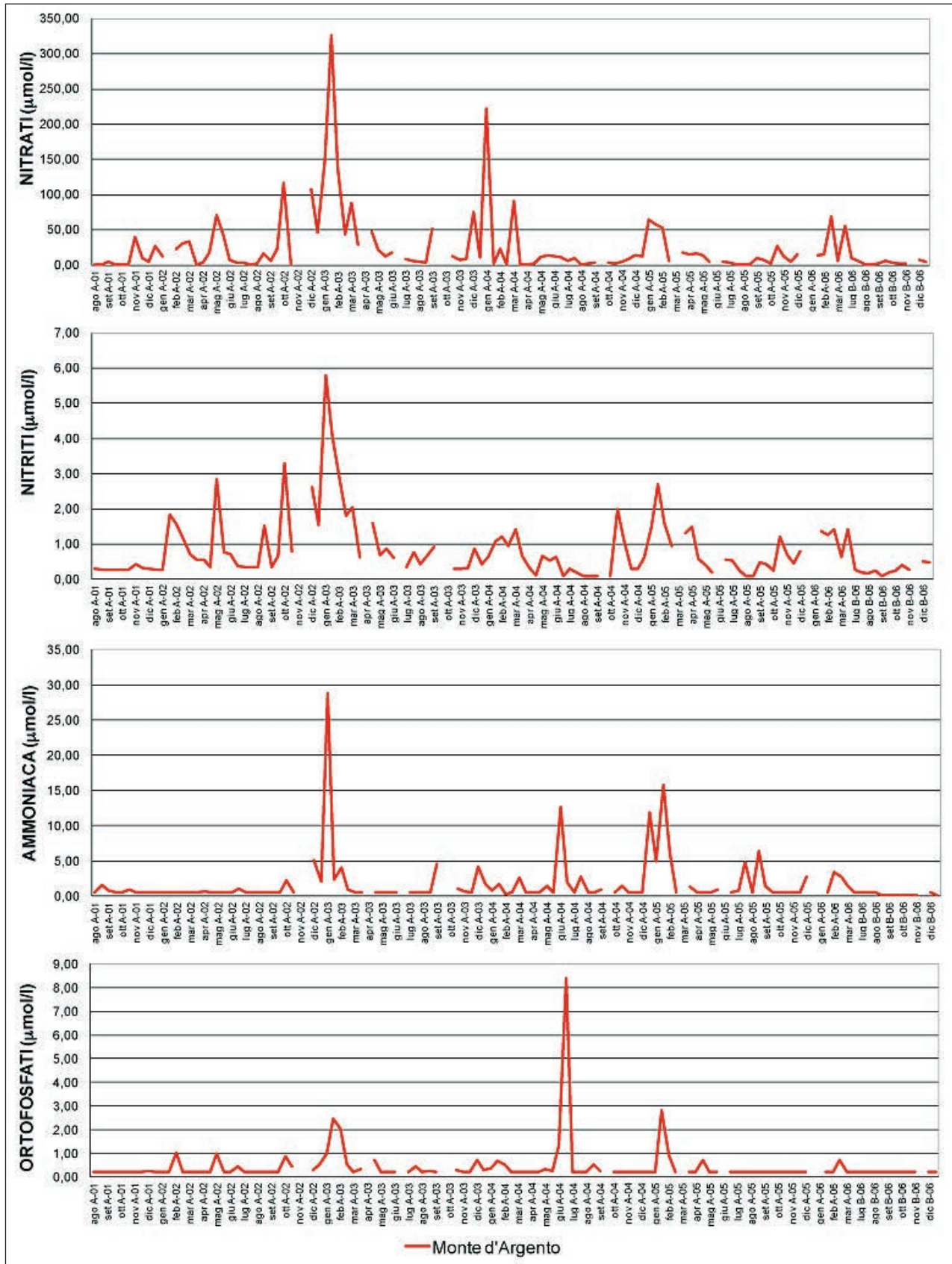


Fig. 19 - Andamento delle concentrazioni ($\mu\text{mol/L}$) di nitrati (N-NO_3), nitriti (N-NO_2), ammoniaca (N-NH_4), e ortofosfati (P-PO_4) registrate nella stazione di Monte d'Argento (PM) da agosto 2001 a gennaio 2007

I valori più elevati delle forme azotate, nitrati ($N-NO_3$), nitriti ($N-NO_2$), ammoniaca ($N-NH_4$) si osservano nell'inverno del 2003, mentre l'ortofosfato ($P-PO_4$) raggiunge valori particolarmente elevati nell'estate del 2004.

Nella tabella 4 sono riportati i valori medi, minimi e massimi delle concentrazioni ($\mu\text{g/L}$) delle forme solubili di azoto e fosforo per le stazioni costiere, 500 e 200 m, rispettivamente di Monte d'Argento (PM), Foce Pontone e Foce Garigliano (MI). I valori medi più elevati si osservano alla stazione di Foce Garigliano.

CONCENTRAZIONI ($\mu\text{g/L}$)	Monte D'Argento			Foce Pontone			Foce Garigliano		
	MEDIA	MIN	MAX	MEDIA	MIN	MAX	MEDIA	MIN	MAX
NITRATI ($N-NO_3$)	342,22	4,48	4561,20	80,92	6,00	292,00	562,25	4,20	2279,00
NITRITI ($N-NO_2$)	11,52	1,40	81,20	6,79	4,30	17,00	11,60	5,00	40,68
AMMONIACA ($N-NH_4$)	23,40	1,40	403,90	20,41	14,00	105,70	36,58	14,00	303,90
ORTOFOSFATI ($P-PO_4$)	12,98	5,89	260,40	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00

Tab. 4 - Concentrazioni ($\mu\text{g/L}$) medie, minime e massime di nitrati ($N-NO_3$), nitriti ($N-NO_2$), ammoniaca ($N-NH_4$), e ortofosfati ($P-PO_4$) registrate nelle stazioni costiere di Monte d'Argento (PM), Foce Pontone e Foce Garigliano (MI)

Gli andamenti del DIN sono confrontati con i valori di salinità registrati nell'intero periodo 2001-2006 nella stazione di Monte d'Argento (PM) (v. figura 20).

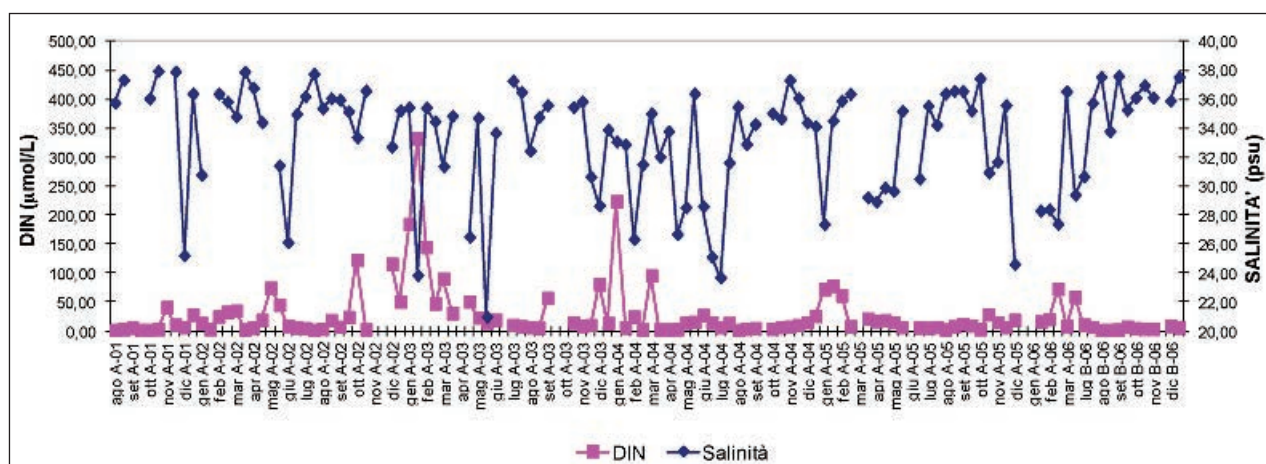


Fig. 20 - Andamento valori di DIN ($\mu\text{mol/L}$) e salinità (psu) registrati da agosto 2001 a settembre 2006 nella stazione di Monte d'Argento (PM)

In generale si evidenzia un aumento dei valori del DIN in relazione alle diminuzioni di salinità, sebbene non vi sia sempre una chiara corrispondenza tra i valori più elevati di DIN e quelli più bassi di salinità. La dinamica di questi elementi azotati risente, infatti, anche di apporti provenienti da insediamenti costieri caratterizzati da elevata densità di popolazione; in particolare, alte concentrazioni delle forme meno ossidate dell'azoto (nitriti e ammoniaca) e del fosforo (ortofosfati) si riscontrano in prossimità di acque provenienti da scarichi urbani o da attività industriali.

La componente DIN viene utilizzata con il $P-PO_4$ nel calcolo del rapporto N/P.

Nelle acque costiere il fosforo è sempre stato l'elemento chiave che limita e controlla i fenomeni eutrofici, mentre l'azoto riveste un ruolo non limitante. Il processo alla base di questa considerazione è legato al meccanismo secondo il quale il fitoplancton assume i nutrienti in soluzione secondo lo stesso rapporto molare che questi elementi hanno all'interno della biomassa algale, cioè N/P elementare = 16, (7,2 se riferito al peso atomico), definito come rapporto di Redfield (Redfield *et al.*, 1963). Se il rapporto nell'acqua di mare supera il valore N/P di 16 si afferma che il fosforo è il fattore limitante

la crescita algale e l'azoto in eccesso presente nelle acque non può essere utilizzato dalle alghe. I rapporti dei nutrienti inorganici nel fitoplancton e nell'acqua di mare introdotti da Redfield sono sostanzialmente costanti in tutti gli oceani, anche se per il Mediterraneo occidentale questo rapporto risulta leggermente più alto, arrivando circa a 20 (Ribera d'Alcalà et al., 2003). Nella figura 21 sono riportati i valori del rapporto N/P molare nella stazione di Monte d'Argento (PM).

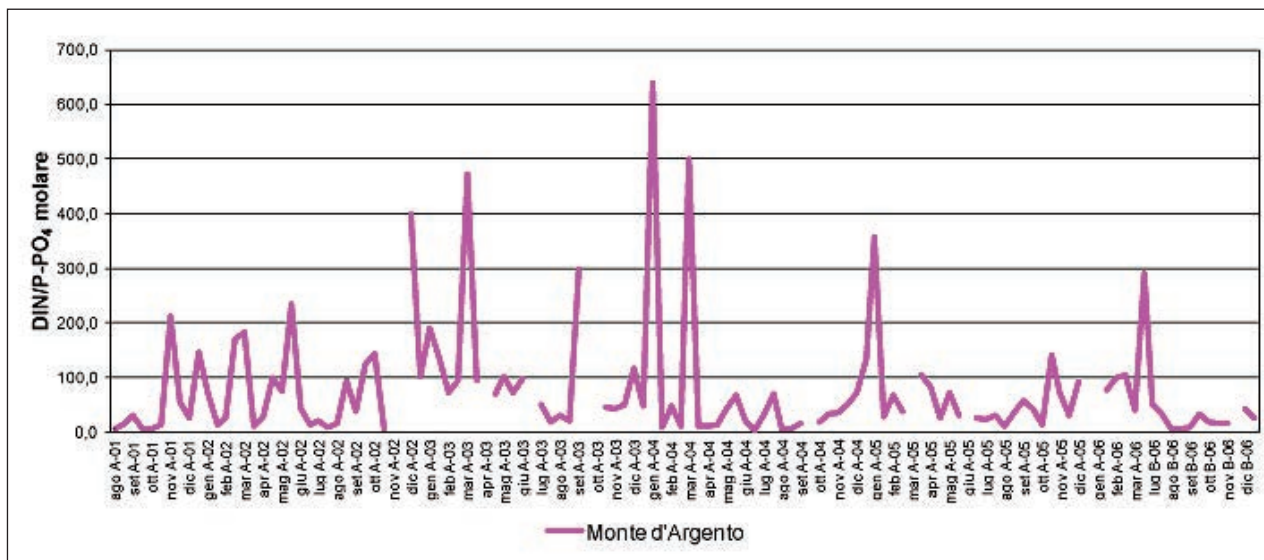


Fig. 21 - Andamento dei valori di DIN/P ($\mu\text{mol/L}$) registrati da agosto 2001 a gennaio 2007 nella stazione di Monte d'Argento (PM)

Se si analizza l'andamento annuale medio dello stesso rapporto DIN/P-PO4 nella stazione di Monte d'Argento (v. figura 22) si osserva come i valori non si trovino praticamente mai nelle condizioni di un rapporto minore di 16 e solo nel periodo estivo si osserva una diminuzione del rapporto che si avvicina al valore minimo a causa, probabilmente, della intensa attività fotosintetica planctonica.

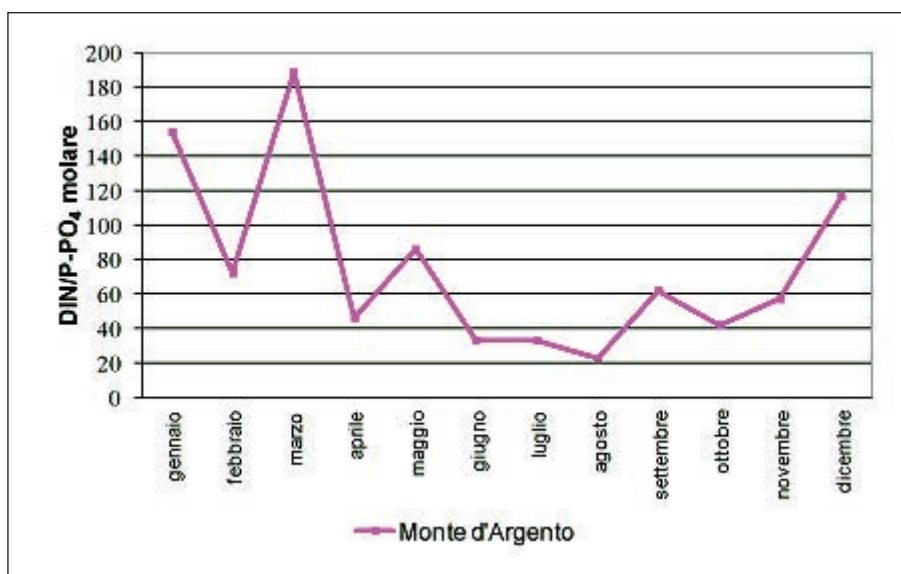


Fig. 22 - Ciclo annuale dei valori di DIN/P ($\mu\text{mol/L}$) registrati da agosto 2001 a gennaio 2007 nella stazione di Monte d'Argento (PM)

Gli andamenti stagionali medi del rapporto N/P calcolato per le stazioni costiere del Golfo di Gaeta (v. figura 23) evidenzia un superamento del limite minimo (16) in particolare per la stazioni di Monte d'Argento e di Foce Garigliano, mentre per la stazione di Pontone tale limite viene raramente superato e generalmente i valori si mantengono comunque al di sotto di 20.

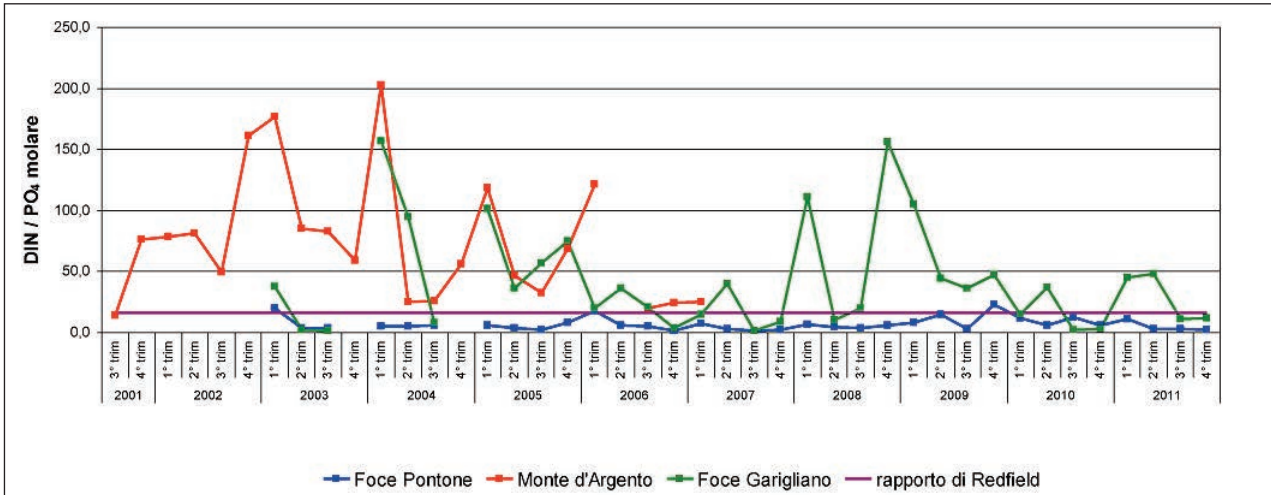


Fig. 23 - Ciclo annuale medio dei valori di N/P ($\mu\text{mol/L}$) registrati da agosto 2001 a gennaio 2007 nella stazione di Monte d'Argento (PM)

In generale i rapporti tra i nutrienti inorganici mostrano una chiara stagionalità, caratterizzata da valori più elevati del rapporto N/P nei mesi autunnali ed invernali, e valori più bassi nel periodo estivo. Tale andamento è determinato dalle variazioni stagionali degli apporti da terra, dai processi di assimilazione dei nutrienti da parte del fitoplancton e dall'azione di organismi eterotrofi, in particolare zooplancton, che determinano la rigenerazione dei nutrienti.

3.2.5 Clorofilla "a"

La concentrazione di clorofilla "a" fornisce la misura del principale pigmento fotosintetico delle microalghe presenti nelle acque; si utilizza per stimare indirettamente la biomassa fitoplanctonica. Esso rappresenta un efficace indicatore della produttività del sistema e determina il livello di eutrofizzazione delle acque. È una componente fondamentale degli indici trofici (valutazione della produzione primaria) come ad esempio il TRIX (paragrafo 3.2.6) applicato nella valutazione delle caratteristiche trofiche del corpo idrico e dello stato ambientale dell'ecosistema.

In figura 24 sono riportate le concentrazioni di clorofilla "a" ($\mu\text{g/L}$) registrate da agosto 2001 a gennaio 2007 nella stazione di Monte d'Argento (PM) dove si osserva, come per l'ossigeno disciolto, un primo periodo caratterizzato da ampia fluttuazione dei valori (agosto 2001-agosto 2003).

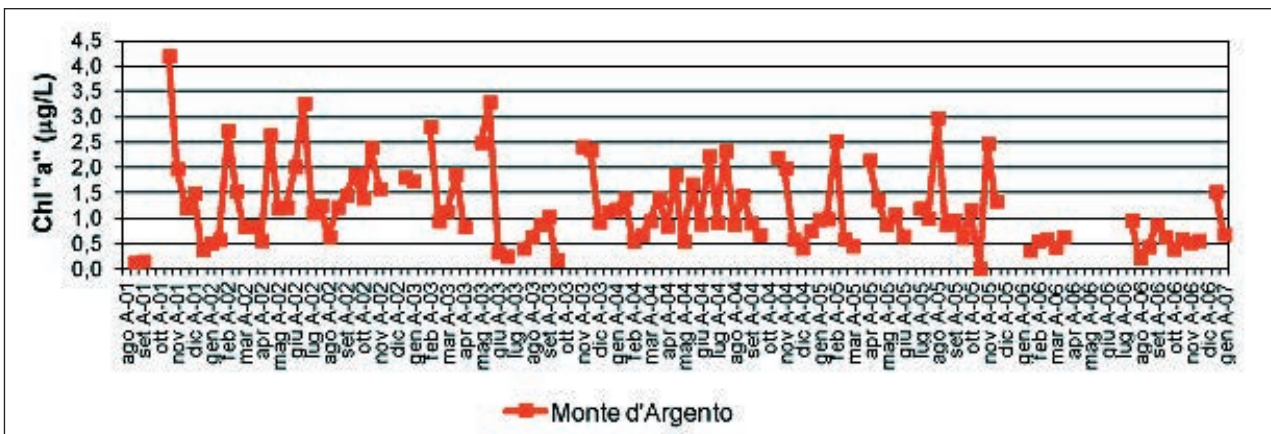


Fig. 24 - Andamento dei valori di clorofilla "a" ($\mu\text{g/L}$) registrati da agosto 2001 a gennaio 2007 nella stazione di Monte d'Argento (PM)

Nella figura 25 sono riportati i dati di clorofilla "a" ($\mu\text{g/L}$) registrati nelle stazioni del MI dove si evidenziano valori particolarmente elevati negli anni 2003 e 2004.

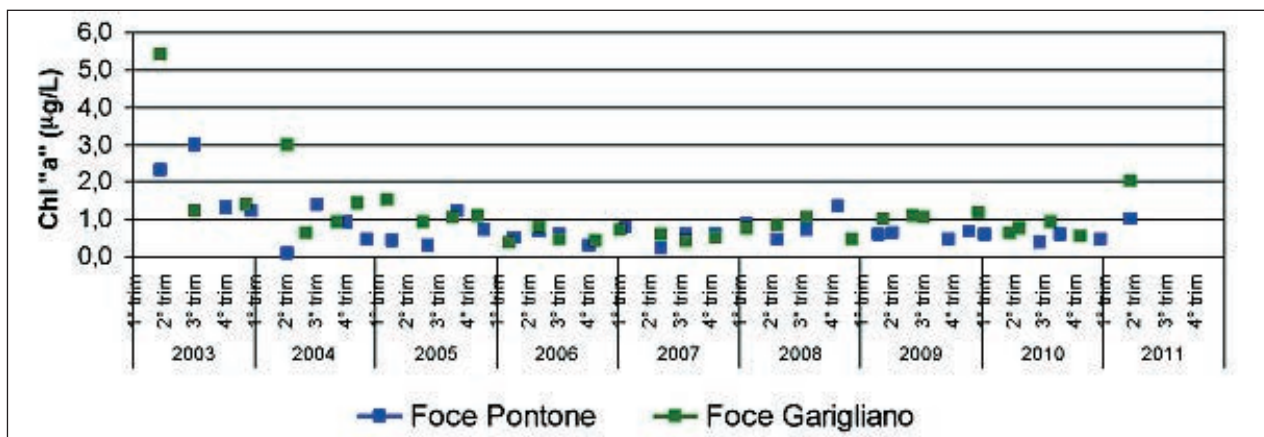


Fig. 25 - Andamento dei valori di clorofilla "a" ($\mu\text{g/L}$) registrati da gennaio 2003 a dicembre 2011 nelle stazioni costiere di Foce Pontone e Foce Garigliano (MI)

Gli andamenti delle medie mensili dei valori di clorofilla "a" ($\mu\text{g/L}$) nel Golfo di Gaeta sono riportati in figura 26 dove si osserva una ampia fluttuazione delle concentrazioni nella prima parte del grafico, da agosto 2001 ad agosto 2003 in tutte le stazioni costiere monitorate.

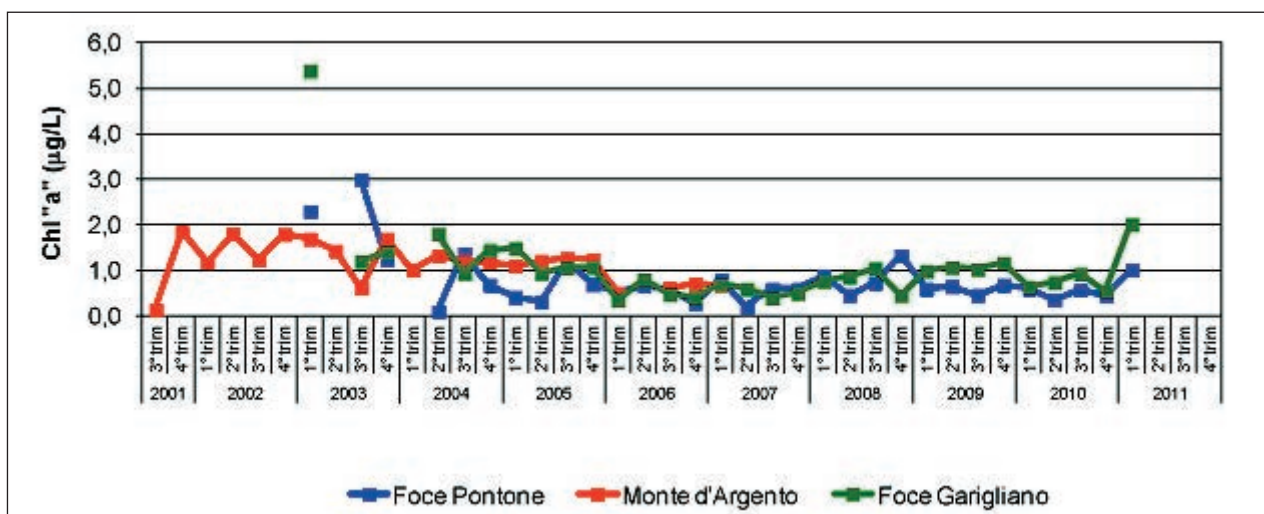


Fig. 26 - Andamento delle medie mensili delle concentrazioni di clorofilla "a" ($\mu\text{g/L}$) registrate dal 2001 al 2011 nelle stazioni costiere di Monte d'Argento (PM), Foce Pontone e Foce Garigliano (MI)

3.2.6 Stato trofico

È noto che il fenomeno dell'eutrofizzazione è in genere conseguente all'eccessivo apporto di sostanze nutritive nelle acque, principalmente composti dell'azoto e del fosforo che, causando l'eccessivo sviluppo della biomassa algale, ne determinano un deterioramento dello stato qualitativo. Il problema risulta particolarmente evidente nelle acque marine costiere del Golfo di Gaeta, dove l'apporto di nutrienti proviene principalmente dalle acque dei fiumi e dei canali. I processi di eutrofizzazione sono, tuttavia, condizionati da numerosi altri fattori tra cui la radiazione solare, la temperatura, la presenza di oligoelementi, metalli e/o composti organici che possono limitare o incrementare lo sviluppo delle alghe.

La caratterizzazione dello stato di qualità delle acque marine costiere del Golfo di Gaeta è stata effettuata mediante l'utilizzo dell'indice trofico TRIX, previsto dal MI ai sensi del D.Lgs. 152/99 prima e poi ripreso anche dalla recente normativa relativa alla classificazione dello stato qualitativo dei corpi idrici (D.M. 260/10).

La scala trofica consente di impostare il sistema di classificazione di riferimento e di esprimere un giudizio di qualità, che scaturisce da condizioni riferite ai livelli di produttività e agli effetti ambientali.

L'Indice Trofico permette di ottenere un sistema di sintesi dei parametri trofici fondamentali in un insieme di semplici valori numerici in modo da rendere le informazioni comparabili su un largo range di condizioni trofiche, evitando nello stesso tempo l'uso soggettivo di denominatori trofici.

I parametri fondamentali che concorrono alla definizione di un indice di trofia devono rispondere ai seguenti requisiti:

- essere pertinenti ad un disegno di Indice Trofico per le acque marino-costiere e quindi rappresentativi in termini sia di produzione di biomassa fitoplanctonica sia di dinamica della produzione stessa, identificando i fenomeni in maniera significativa e inequivocabile
- prendere in considerazione i principali fattori causali ed esprimere la massima variabilità complessiva del sistema
- essere basati su misure e parametri di routine solitamente rilevati nella maggior parte delle indagini marine e nell'ambito di campagne di monitoraggio costiero.

Il set di parametri utilizzati per il calcolo dell'Indice Trofico (TRIX) si divide in due categorie:

1) fattori che sono espressione diretta di produttività:

- clorofilla "a" espresso in mg/L
- ossigeno disciolto espresso in percentuale, come deviazione in valore assoluto dalla saturazione:
 $Ass[100 - O.D. \%] = |O.D.\%|$

2) fattori nutrizionali:

- fosforo totale espresso in µg/L
- DIN azoto minerale disciolto (N-NO₃ + N-NO₂ + N- NH₃) espresso in µg/L

L'indice si basa, quindi, su una combinazione lineare di quattro variabili idrologiche trasformate in logaritmo decimale (Log 10), trasformazione indicata per approssimare alla distribuzione normale le distribuzioni dei dati grezzi (Vollenweider et al., 1998).

La struttura base dell'Indice TRIX diventa:

$$\text{Indice Trofico TRIX} = (\text{Log}[\text{Cha} \times |\text{OD}\%| \times \text{N} \times \text{P}] - [-1.5])/1.2$$

In tabella 5 sono elencate le classi di qualità per l'attribuzione dello stato trofico mediante l'indice TRIX.

SCALA TROFICA	STATO	CONDIZIONI	CLASSI DI QUALITÀ*
2-4	elevato	Acque scarsamente produttive. Livello di trofia buono. Buona trasparenza delle acque. Assenza di anomale colorazioni.	1
4-5	buono	Acque moderatamente produttive. Livello di trofia medio. Buona trasparenza. Occasionali intorbidimenti e colorazioni.	2
5-6	mediocre	Acque molto produttive. Livello di trofia elevato. Scarsa trasparenza delle acque. Anomale colorazioni. Ipossie e occasionali anossie sul fondo, Stati di sofferenza sul fondo.	3
6-8	scadente	Acque fortemente produttive. Livello di trofia molto elevato. Elevata torbidità delle acque. Diffuse e persistenti colorazioni e ipossie/anossie sul fondo. Morie di organismi bentonici. Danni economici turismo, pesca e acquacoltura.	4

Tab. 5 - Classi di qualità dello stato trofico per le acque marino costiere ai sensi del MI (D. Lgs. 152/99 e D. 260/10)

Di seguito sono riportati gli andamenti dei valori medi annuali dell'indice TRIX calcolati in tutte le stazioni dei transetti Foce Pontone (v. figura 27) e Foce Garigliano (v. figura 28), monitorati ai sensi del D.Lgs. 152/99 e del D.Lgs. 152/06 (MI) dal 2003 al 2011.

Per l'anno 2011 non sono disponibili i dati relativi alle stazioni 1000 metri e 3000 metri, essendo tali stazioni non più monitorate in seguito al recepimento del D. 260/10, attuativo del D.Lgs. 152/06.

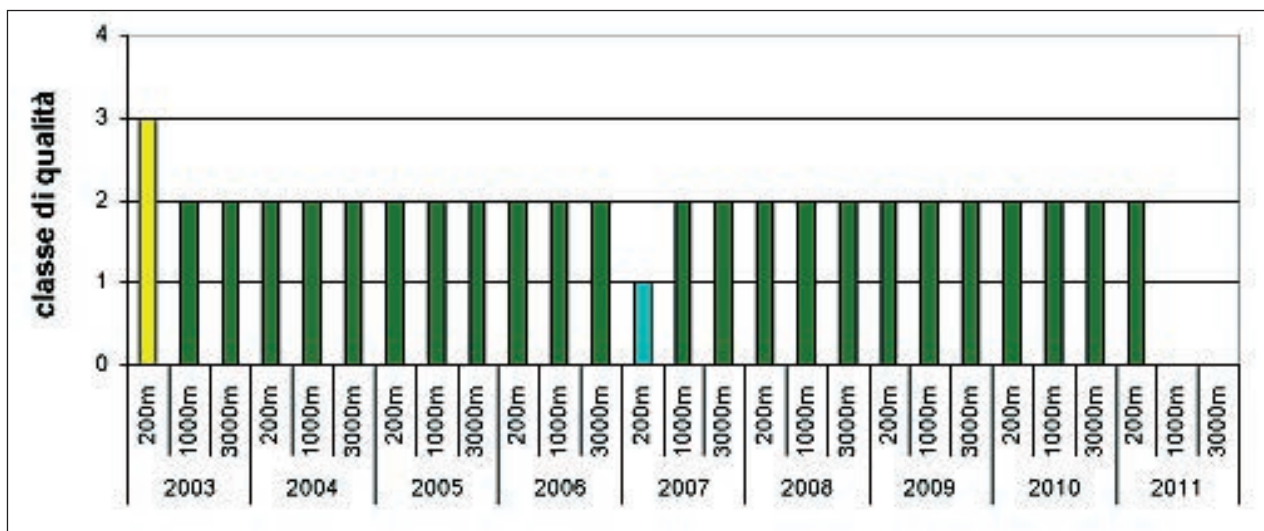


Fig. 27 - Andamento dei valori medi annuali dell'indice TRIX calcolati dal 2003 al 2011 per le stazioni del transetto Foce Pontone (MI) a 200 m, 1000m e 3000 m dalla costa

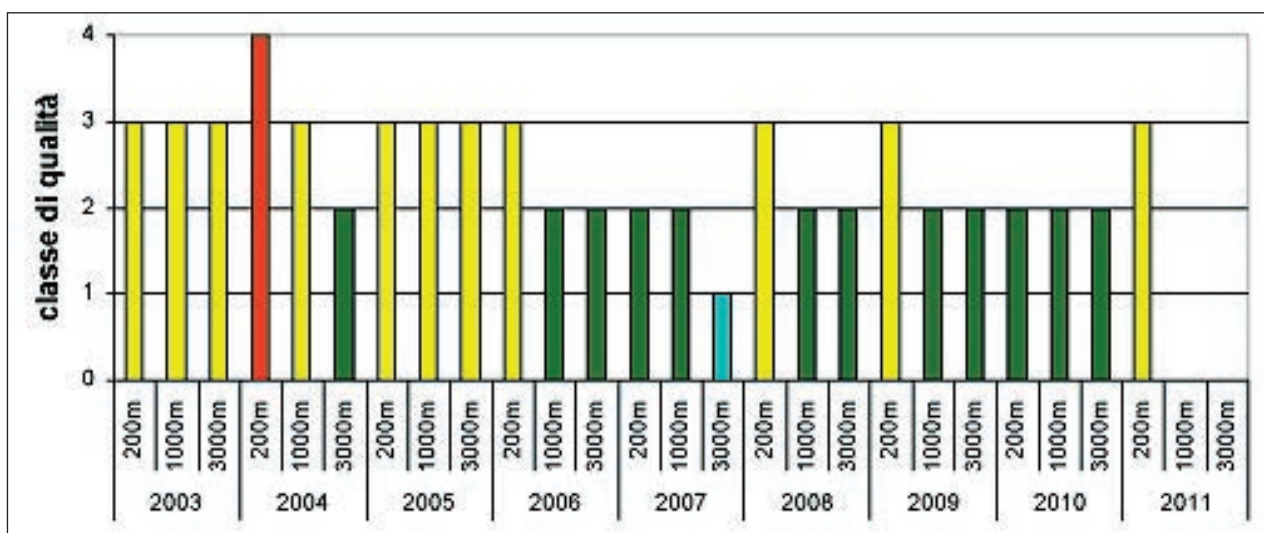


Fig. 28 - Andamento dei valori medi annuali dell'indice TRIX calcolati dal 2003 al 2011 per le stazioni del transetto Foce Garigliano (MI) a 200 m, 1000m e 3000 m dalla costa

Nel tentativo di fornire un approccio diverso da quello basato su un sistema più o meno complesso di valutazioni soggettive o sul calcolo di indici, nell'ambito del Programma di monitoraggio marino costiero (PM), è stato elaborato un algoritmo denominato CAM (Classificazione Acque Marine) che utilizza una procedura statistica multivariata, concepito in modo da far emergere dall'analisi dei dati oceanografici disponibili le tipologie più ricorrenti e significative delle masse d'acqua, lasciando ad un momento successivo l'interpretazione delle loro proprietà (www.minambiente.it)

La finalità del CAM è quella di fornire un giudizio sulla qualità delle acque basato su dati oceanografici fondamentali, ma è stato sviluppato anche per misurare rischi di tipo igienico sanitario. L'algoritmo di classificazione CAM si propone, infatti, come uno strumento di sintesi tra l'approccio di indagine oceanografica e quello dei monitoraggi gestiti dalle amministrazioni competenti.

Le variabili utilizzate nel CAM sono: nitrati (N-NO₃), nitriti (N-NO₂), ammoniaca (N-NH₄), fosfati (P-PO₄), silicati (SiO₄), salinità, trasparenza e clorofilla "a": tali variabili sono legate tra loro dal punto di vista oceanografico secondo delle relazioni ben precise. Ad esempio, all'aumentare della salinità, ovvero al diminuire degli apporti terrigeni, la trasparenza tende a crescere; al contrario, i silicati diminuiscono, rappresentando un efficace tracciante dell'emissione delle acque dolci in ambiente marino. Salinità e concentrazione di silicati, pertanto, tendono a essere correlate negativamente. Anche il CAM, quindi, utilizza variabili legate alle potenzialità produttive del sistema, ma le variazioni dei parametri utilizzati sono quelle caratteristiche dell'ambiente considerato.

Il giudizio di qualità elaborato tramite il CAM viene formulato a due livelli: il primo livello prevede 6 classi di appartenenza, mentre il secondo solo tre. Il giudizio a 3 classi è ottenuto correggendo la classificazione primaria in base alla relazione fra trasparenza, biomassa fitoplanctonica (Chl "a") e salinità, nonché in funzione del rapporto N/P. Il giudizio di qualità finale si abbassa se:

- la trasparenza è più bassa di quella attesa in base alla concentrazione di Chl "a";
- il rapporto N/P è anomalo (<5 o >100, ma solo con concentrazioni abbastanza elevate);
- la torbidità è alta in condizioni di salinità relativamente bassa.

Il sistema, inoltre, tiene conto delle differenze ecologiche fra l'Adriatico e gli altri mari italiani.

In tabella 6 è riportata la classificazione delle acque marine costiere ottenuta mediante l'applicazione dell'algoritmo CAM: acque ideali corrispondono alle tipologie 1 e 2, mentre il rischio di tipo igienico sanitario, pur aumentando con il punteggio, è maggiore per i valori pari.

Rischio igienico/sanitario relativo	Qualità globale delle acque		
	ALTA	MEDIA	BASSA
MINORE	1	3	5
MAGGIORE	2	4	6

Tab. 6 - Criteri di classificazione dello stato ambientale delle acque marine costiere in base all'algoritmo CAM

La ripartizione in sole tre classi, con le caratteristiche di cui sopra, è quella che viene utilizzata per i dati del monitoraggio marino costiero in corso. Ad ogni classe è associata una tipologia di qualità ambientale rappresentata anche da un colore diverso:

- qualità ALTA: acque oligotrofiche (colore azzurro);
- qualità MEDIA: acque con diverso grado di eutrofizzazione, ma ecologicamente produttive e quindi funzionalmente integre (colore verde);
- qualità BASSA: acque eutrofizzate con evidenze di alterazioni ambientali anche di origine antropica (colore giallo).

In tabella 7 sono riportati i risultati dell'applicazione dell'Indice CAM su tutte le stazioni del transetto di Monte d'Argento (500 metri, 1000 metri e 3000 metri), monitorato ai sensi della L. 979/82 (PM) dal 2001 al 2007.

		gen A	gen B	feb A	feb B	mar A	mar B	apr A	apr B	mag A	mag B	giu A	giu B	lug A	lug B	ago A	ago B	set A	set B	ott A	ott B	nov A	nov B	dic A
2002	500 m	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹
	1000 m	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹
	3000 m	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹
2003	500 m	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹
	1000 m	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹
	3000 m	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹
2004	500 m	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹
	1000 m	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹
	3000 m	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹
2005	500 m	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹
	1000 m	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹
	3000 m	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹
2006	500 m	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹
	1000 m	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹
	3000 m	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹
2007	500 m	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹
	1000 m	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹
	3000 m	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹

Tab. 7 - Classificazione dello stato ambientale delle acque marine costiere delle stazioni di Monte d'Argento (500 metri, 1000 metri, 3000 metri), calcolato in base all'algoritmo CAM dal 2001 al 2007

3.2.7 Popolamento fitoplanctonico

L'analisi del popolamento fitoplanctonico assume un ruolo fondamentale nella valutazione dello stato dell'ambiente marino costiero, sia dal punto di vista ecologico, in quanto le informazioni sulla sua abbondanza e qualità contribuiscono alla definizione dello stato di eutrofizzazione, sia dal punto di vista sanitario, per gli organismi potenzialmente produttori di tossine.

Valutando la variabilità interannuale delle abbondanze fitoplanctoniche totali da agosto 2001 a gennaio 2007 nella stazione di Monte d'Argento (PM) (v. figura 29), oltre ad osservare una accentuata ciclicità stagionale, con minimi invernali e massimi primaverili ed estivi, si nota anche come il 2001 sia stato caratterizzato da valori particolarmente elevati, ascrivibili alla componente "altro fitoplancton", come evidenziato nella figura 30.

Tali concentrazioni concordano anche con gli elevati valori di clorofilla "a", come riportato sopra (paragrafo 3.2.5).

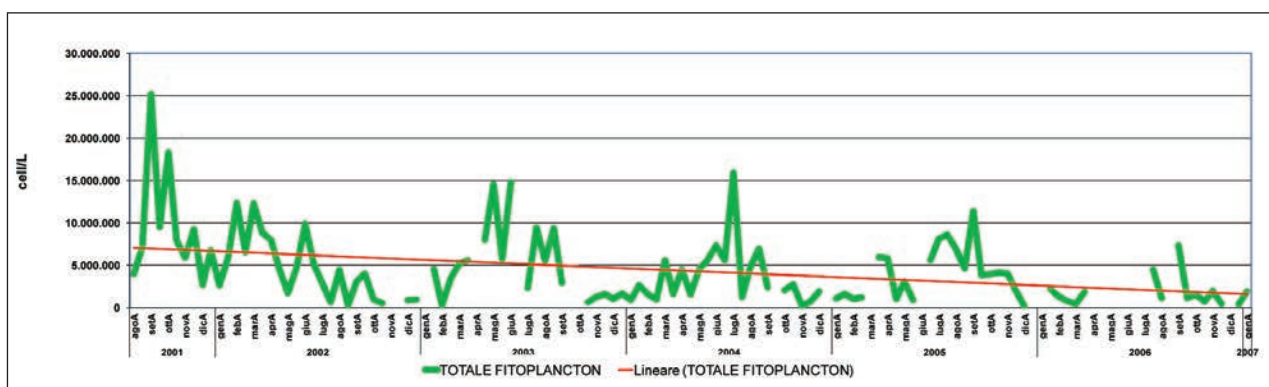


Fig. 29 - Andamento del popolamento fitoplanctonico (cell/L) da agosto 2001 a gennaio 2007 nella stazione di Monte d'Argento (PM)

L'analisi del contributo relativo dei principali gruppi fitoplanctonici (diatomee, dinoflagellati, "altro fitoplancton") nelle diverse stazioni (v. figura 30) evidenzia che la categoria "altro fitoplancton" risulta dominante, rispetto al resto del popolamento fitoplanctonico, nella maggior parte dei campioni.

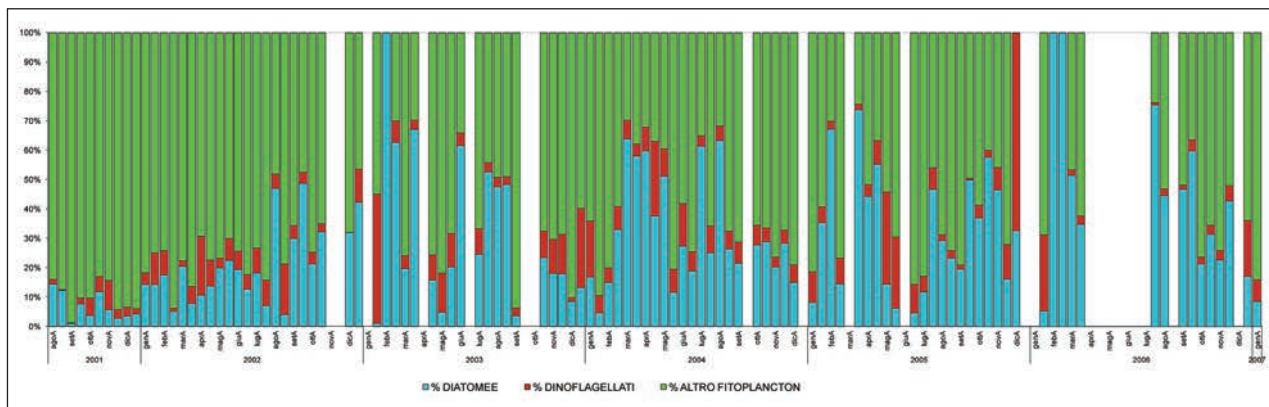


Fig. 30 - Andamento dei contributi relativi (%) dei diversi popolamenti fitoplanctonici registrati da agosto 2001 a gennaio 2007 nella stazione di Monte d'Argento (PM)

3.2.8 Microalghe potenzialmente tossiche

Nell'area marina delimitata dal Golfo di Gaeta sono stati individuati un totale di 17 taxa di microalghe planctoniche potenzialmente produttrici di tossine, appartenenti ai gruppi Dinoflagellati e Diatomee (v. tabella 8).

DINOFLAGELLATI TOSSICI	DIATOMEE TOSSICHE
<i>Akashiwo sanguinea</i>	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>
<i>Alexandrium minutum</i>	<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i>
<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	<i>Pseudo-nitzschia fraudolenta</i>
<i>Dinophysis caudata</i>	<i>Pseudo-nitzschia galaxiae</i>
<i>Dinophysis sacculus</i>	<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>
<i>Dinophysis tripos</i>	
<i>Dinophysis (Phalacroma) rotundata</i>	
<i>Karenia spp.</i>	
<i>Lingulodinium polyedrum</i>	
<i>Polykrikos kofoidii</i>	
<i>Prorocentrum mexicanum</i>	
<i>Prorocentrum minimum</i>	

Tab. 8 - Specie potenzialmente tossiche registrate nelle stazioni costiere di Foce Pontone, Foce Garigliano (MI) e Monte d'Argento (PM), dal 2003 al 2011

La presenza di Dinoflagellati potenzialmente tossici è spesso sporadica e con concentrazioni cellulari esigue. Si deve, comunque, tenere in considerazione la loro potenziale pericolosità anche a basse concentrazioni.

Le Diatomee potenzialmente produttrici di tossine che caratterizzano le acque del Golfo di Gaeta appartengono tutte a *Pseudo-nitzschia*, genere presente quasi tutto l'anno con abbondanze elevate. Gli andamenti delle concentrazioni cellulari nelle stazioni del MI e del PM sono riportati rispettivamente nelle figure 31 e 32.

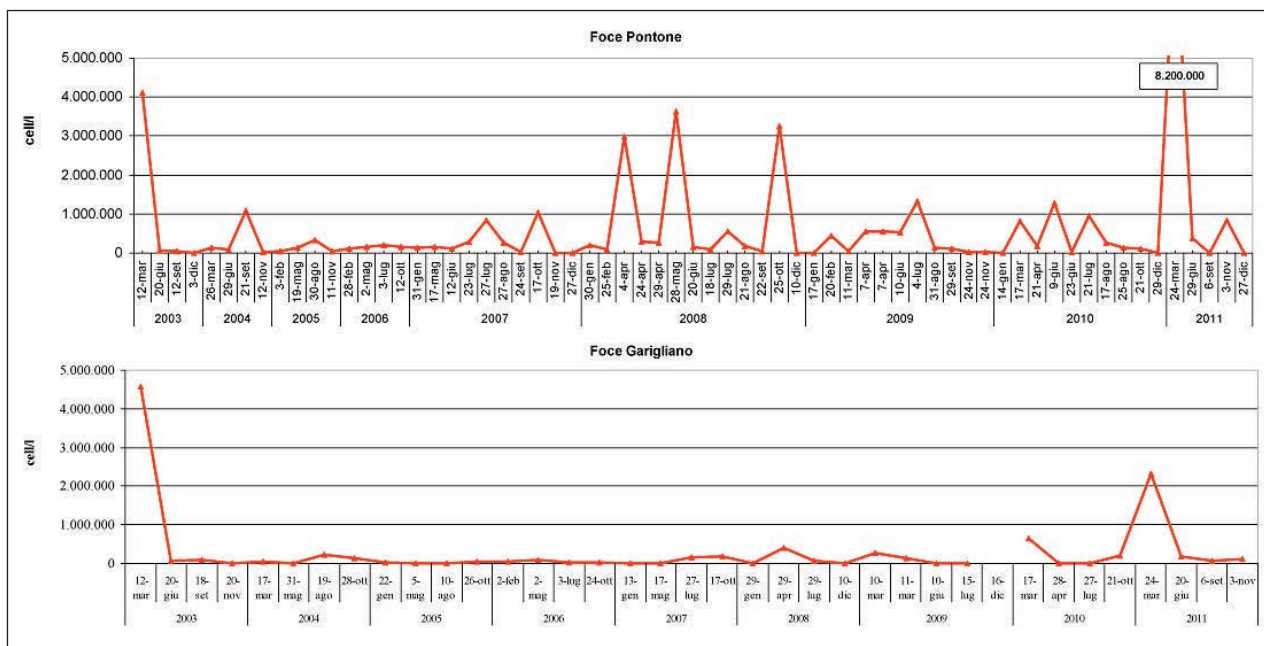


Fig. 31 - Andamento delle concentrazioni (cell/L) del genere *Pseudo-nitzschia* registrate alle stazioni costiere di Foce Pontone Foce Garigliano (MI), dal 2003 al 2011

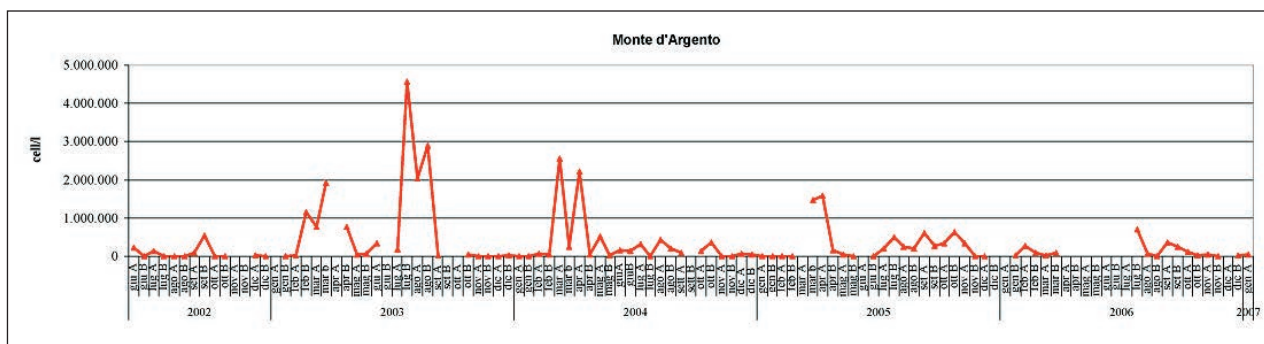


Fig. 32 - Andamento delle concentrazioni (cell/L) del genere *Pseudo-nitzschia* registrate alle stazioni costiere di Monte d'Argento (PM) dal 2002 al 2007

In generale si osservano valori rilevanti tra febbraio e ottobre con incrementi nella stagione primaverile – estiva. Le concentrazioni cellulari nella stazione di Foce Garigliano sono significativamente più basse rispetto alle altre stazioni, quasi sempre inferiori a 1.000.000 cell/L.

L'anno 2003 è caratterizzato, per tutte le stazioni, da concentrazioni particolarmente elevate comprese tra i 4 e 5 milioni di cell/L.

A Foce Pontone, nei mesi di aprile, maggio e ottobre dell'anno 2008, le concentrazioni raggiungono valori di 3-3.5 milioni di cell/L. Il massimo assoluto di 8 milioni di cell/L, a carico quasi totale della specie *P. delicatissima*, è stato rilevato a Foce Pontone a fine marzo del 2011 (v. figura 31).

Dal 2002 ad oggi sono stati monitorati anche gli andamenti delle fioriture dei dinoflagellati bentonici potenzialmente tossici *Coolia monotis* e *Ostreopsis ovata* verificatesi nel periodo estivo con formazione di flocculi mucillaginosi di colore marrone, ricoprenti completamente il fondale della stazione Porto Romano. Il sito è caratterizzato dalla presenza di *Zoobotryon* sp. (briozoo), *Corallina elongata* e *Pterocladia capillacea* (macroalghe) (v. figura 33).



Fig. 33 - Dall'alto in senso orario: Porto Romano, briozoo colonizzato da *Ostreopsis ovata*, flocculi aggregati e foto al microscopio ottico di cellule di *O. ovata* (400 ingrandimenti)

Si riportano i risultati delle sole concentrazioni cellulari registrate in acqua, per la rilevanza che esse hanno sull'eventuale pericolo connesso alla generazione di aerosol marino, possibile causa dei fenomeni d'irritazione delle vie respiratorie descritti in letteratura (Ministero Salute 2007).

I risultati delle concentrazioni cellulari in acqua e i parametri associati, quali temperatura dell'acqua (°C), ossigeno disciolto (%OD), salinità (psu) e pH, dal 2003 al 2011 sono riportati in tabella 9.

data	T acqua (°C)	O ₂ disciolto	salinità (psu)	pH	<i>O. ovata</i>	<i>C. monotis</i>
28/05/03	21,0		37,9	-	0	-
13/06/03	27,7	130,0	28,6	-	0	-
07/08/03	29,9	170,0	37,7	-	14.200	1.300
01/08/05	-	-	-	-	47.540	-
11/08/05	-	-	-	-	14.520	-
27/09/05	-	-	-	-	11.820	-
20/04/06	22,0	102,4	nd	8,0	0	0
29/06/06	27,1	108,0	32,0	8,2	0	0
21/07/06	27,3	-	37,2	7,9	12.360	0
09/08/06	25,5	148,0	36,5	7,4	41.440	1.180
20/09/06	24,1	-	35,8	-	80	60
26/09/06	22,8	88,5	36,7	-	20	0
17/10/06	21,7	141,0	37,8	8,3	280	400
19/04/07	20,0	117,0	29,8	8,1	0	0
23/05/07	21,0	110,0	35,4	8,1	0	0
20/06/07	26,0	132,0	33,8	8,3	10.600	0
09/07/07	26,8	134,8	34,6	8,3	2.380	960
27/08/07	26,4	113,0	-	8,2	9.280	140
14/09/07	23,8	137,5	35,7	8,2	84.000	0
10/10/07	21,1	53,4	35,7	8,0	33.780	200
21/11/07	16,7	157,0	36,2	8,3	0	0
18/12/07	12,5	106,1	37,2	8,2	0	0
13/05/2008	20,7	132,0	33,9	8,3	0	0
27/06/2008	26,0	124,5	31,5	8,1	506	0
28/07/2008	28,5	166,8	34,3	8,5	173.766	32.179
13/08/2008	26,9	90,3	38,7	8,1	534	0
25/08/2008	28,3	158,0	34,5	8,3	296.408	-
26/09/2008	21,0	91,7	36,7	-	24.904	0
14/10/2008	23,0	-	36,9	-	8.312	0
10/11/2008	20,0	103,7	35,1	8,0	0	0
26/05/2009	23,6	100,1	21,2	8,2	0	0
18/06/2009	24,8	142,5	30,6	8,5	26.109	0
07/07/2009	27,7	98,5	18,0	7,9	324	0
21/07/2009	25,8	123,9	29,6	8,2	0	0
06/08/2009	26,3	97,7	32,9	8,1	38	0
20/08/2009	30,4	113,0	31,6	8,3	857	0
03/09/2009	27,5	129,6	32,2	8,4	3.562	0
04/06/2010	22,1	103,5	35,3	8,3	0	0
15/07/2010	27,9	143,0	24,8	8,2	226.730	0
29/07/2010	24,9	114,0	29,9	8,3	120	0
10/08/2010	25,0	94,6	30,9	8,1	2.580	0
09/09/2010	26,3	100,6	32,4	8,0	20	0
10/06/2011	-	-	-	-	0	0
25/07/2011	21,8	120,0	34,6	8,2	30.800	400
22/08/2011	26,3	135,1	33,2	8,3	6.300	nd

Tab. 9 - La tabella riporta i parametri temperatura dell'acqua (°C) ossigeno disciolto (%OD), salinità (psu), pH, concentrazioni di *Ostreopsis ovata* e *Coolia monotis* (cell/L). I numeri in grassetto sono superiori al valore soglia (10.000 cell/L) oltre il quale potrebbero verificarsi problemi di tipo sanitario

Il sito di Porto Romano risulta caratterizzato da salinità relativamente basse, ossigeno disciolto spesso con valori di soprasaturazione e temperature che possono raggiungere valori elevati.

Negli anni di monitoraggio presi in esame, le fioriture di *O. ovata* hanno generalmente inizio a giugno/luglio e possono protrarsi, con concentrazioni considerevoli, fino a ottobre.

La concentrazione massima è stata rilevata nel campione di agosto del 2008 con quasi 300.000 cell/L mentre *C. monotis* raggiunge le 32.000 cell/L, concentrazione massima, a luglio dello stesso anno. Quest'ultima seppure spesso in associazione ad *O. ovata*, non è sempre presente nei campioni analizzati e le concentrazioni sono risultate costantemente inferiori a *O. ovata*.

In letteratura viene suggerito un valore soglia, riferito alle cellule in acqua, di 10.000 cell/L, valore oltre il quale potrebbero verificarsi problemi di tipo sanitario. Il superamento di tale valore, nell'arco del periodo presentato in tabella, è avvenuto 15 volte (Ministero Salute 2007).

Campioni di microalghe concentrate, prelevate durante la "fioritura", e di mitili, possibili accumulatori di tossina, sono stati inviati al Centro Ricerche Marine di Cesenatico, che ne ha confermato la tossicità.

Inoltre, studi condotti anche a livello molecolare su materiale prelevato nelle stazioni di monitoraggio ed inviato all'università di Urbino ha comprovato l'attribuzione alla specie *O. ovata*.

3.2.9 Popolamento zooplanctonico

Gli organismi zooplanctonici rappresentano una componente critica delle reti trofiche marine e giocano un ruolo fondamentale nel trasferimento della sostanza organica, in particolare negli ambienti marino costieri, dove costituiscono parte essenziale della dieta di molte specie di pesci ed invertebrati di interesse commerciale e, attraverso il meccanismo di *grazing*, regolano la crescita fitoplanctonica.

L'andamento dei valori di densità del popolamento zooplanctonico mostrano negli anni un leggero aumento (v. figura 34).

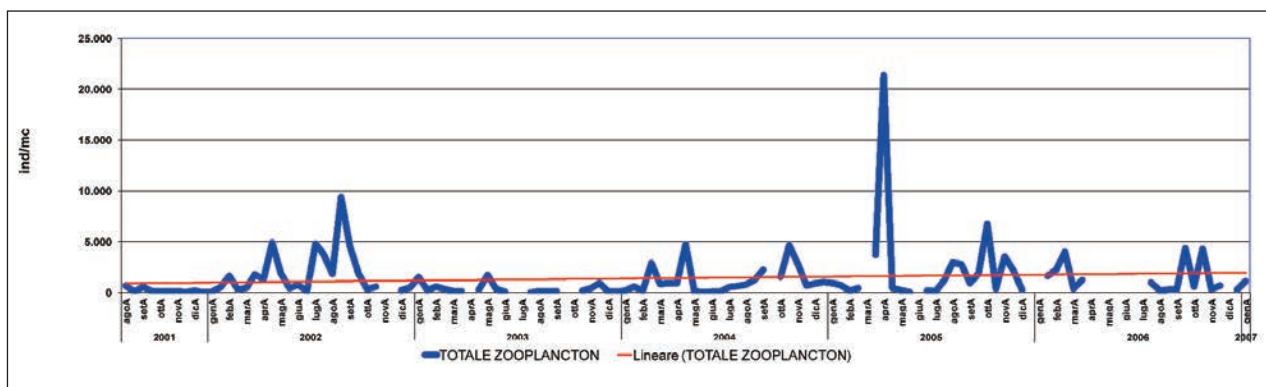


Fig. 34 - Andamento del popolamento zooplanctonico (ind/mc) da agosto 2001 a gennaio 2007 nella stazione di Monte d'Argento (PM)

L'analisi del contributo relativo dei principali gruppi zooplanctonici (copepodi, cladoceri, "altro zooplankton") alle diverse stazioni (v. figura 35) evidenzia che il popolamento a copepodi contribuisce percentualmente in misura importante, rispetto al resto del popolamento zooplanctonico, nella maggior parte dei campioni.

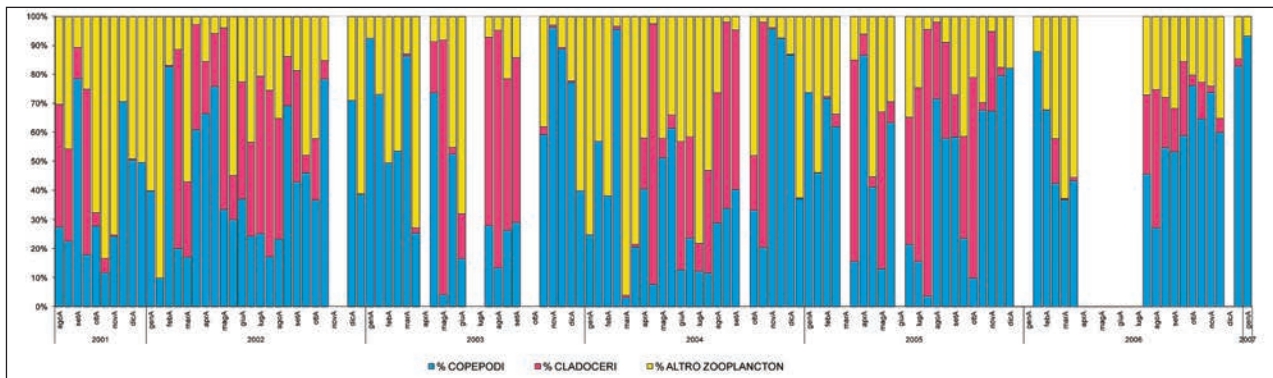


Fig. 35 - Andamento dei contributi relativi (%) dei diversi popolamenti zooplanctonici registrati da agosto 2001 a gennaio 2007 nella stazione di Monte d'Argento (PM)

Nonostante l'esposizione cronica a diversi stressori ambientali, si hanno evidenze che alcune specie zooplanctoniche, in particolare appartenenti al gruppo dei Copepodi, sono in grado di mantenere il loro equilibrio dinamico a livello di densità di popolazione attraverso meccanismi di acclimatazione e adattamento (Marcus, 2004); in altri casi l'eutrofizzazione costiera ha determinato la sostituzione in specie del popolamento zooplanctonico (Turner, 2004).

3.2.10 Interazioni fito-zooplancton

Lo studio del popolamento fitoplanctonico non può prescindere dalla valutazione della componente zooplanctonica, rispetto alla quale il fitoplancton si trova in uno stato di equilibrio dinamico, soprattutto in ambienti non eutrofizzati.

Le interazioni fito-zooplancton (v. figura 36) evidenziano come l'andamento delle densità totali sia caratterizzato da un *pattern* stagionale, con un trend che mostra una diminuzione dei valori fitoplanctonici.

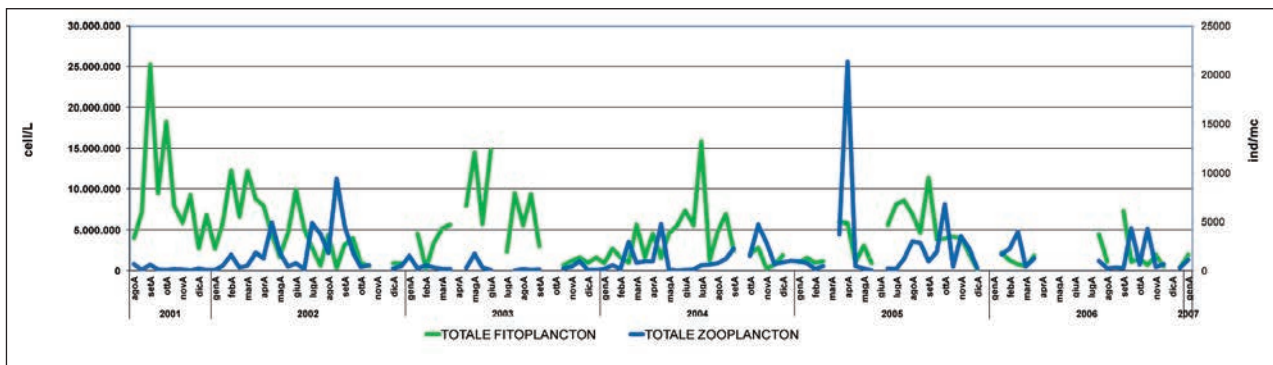


Fig. 36 - Andamento dei popolamenti fitoplanctonico (cell/L) e zooplanctonico (ind/mc) da agosto 2001 a gennaio 2007 nella stazione di Monte d'Argento (PM)

Dove non si verificano situazioni occasionali di intense fioriture, generalmente prodotte da apporti discontinui, vi è un legame tra questi due popolamenti e le loro variazioni sono legate essenzialmente alla stagionalità.

Il ciclo stagionale dei popolamenti fitoplanctonico e zooplanctonico mediato sui dati registrati da agosto 2001 a gennaio 2007 nella stazione di Monte d'Argento (PM) evidenzia concentrazioni medie di fitoplancton particolarmente elevate nei mesi di giugno, con circa 8 milioni di cell/L, e settembre, circa 7 milioni cell/L; le abbondanze zooplanctoniche risultano particolarmente elevate nel mese di aprile, circa 5.000 ind/mc (v. figura 37).

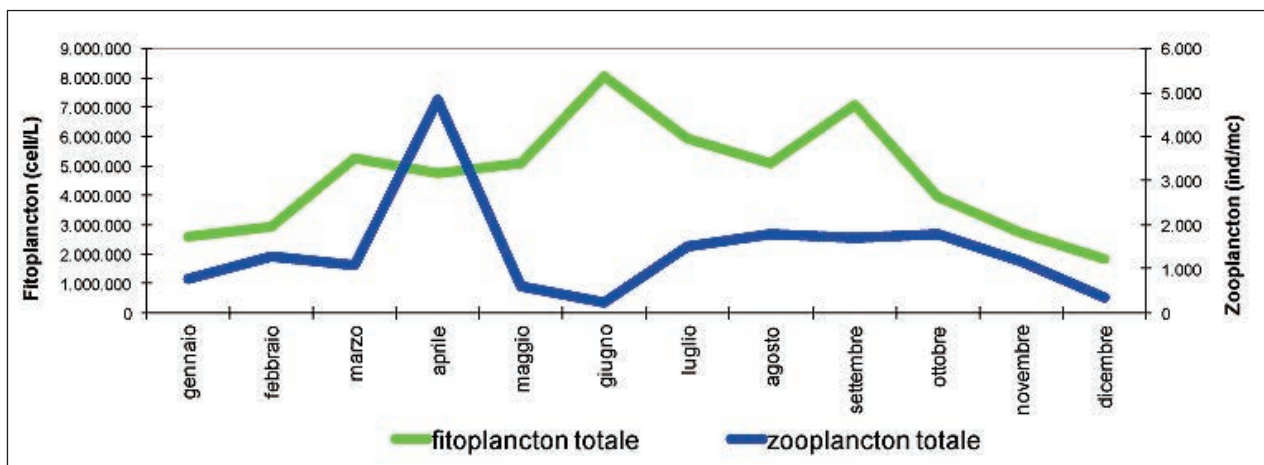


Fig. 37 - Ciclo stagionale medio dei valori totali di fitoplancton (cell/L) e zooplancton (ind/mc) registrati da agosto 2001 a gennaio 2007 nella stazione di Monte d'Argento (PM)

L'andamento dei valori medi dei due popolamenti riflettono in linea generale gli sviluppi "tradizionali" stagionali di fitoplancton e zooplancton a latitudini temperate (Cognetti, Sarà 1974), anche se i picchi fitoplanctonici, tipicamente più accentuato quello primaverile rispetto all'autunnale, in questo caso mostrano concentrazioni simili, e lo zooplancton sembrerebbe quindi non garantire un controllo efficace sull'incremento eccessivo di produzione primaria che si mantiene sempre ad alti livelli.

4. EMERGENZE ED ANOMALIE AMBIENTALI

L'ARPA Lazio conduce da alcuni anni controlli specifici nel Golfo di Gaeta dedicati principalmente al rilevamento delle microalghe, alghe potenzialmente tossiche (bentoniche e planctoniche), e alla ricerca delle cause di morie di pesci, che occasionalmente si sono manifestate con fenomeni più o meno estesi nell'area della foce del Garigliano.

Inoltre, principalmente nella stagione estiva, numerosi sono i controlli eseguiti dall'Agenzia a seguito di segnalazioni per eventi straordinari, generalmente riguardanti presenze di schiume, rifiuti, o "acque sporche" lungo i litorali frequentati dai bagnanti.

4.1 Morie di mugilidi

Segnalazioni a livello nazionale di casi di moria di mugilidi risalgono al 1991, soprattutto presso le foci dei fiumi (Ercolini 2009).

I laboratori di ittiopatologia degli Istituti zooprofilattici sperimentali hanno indagato il fenomeno ed effettuato indagini diagnostiche, in collaborazione con le ARPA di competenza per la valutazione del fenomeno dal punto di vista ambientale. In seguito alle analisi effettuate sui pesci campionati, è stata evidenziata una infezione da *Photobacterium damsela* subsp. *piscicida*; questo batterio è causa di ingenti mortalità nelle specie eurialine allevate, in particolare spigole ed orate.

Il fattore comune che lega gli eventi di morie sopraindicate riguarda, oltre al patogeno, anche la specie colpita, ovvero solo mugilidi, nonostante la sicura presenza nelle aree interessate di altre specie sensibili. Inoltre, una rispondenza si può osservare anche nella taglia dei pesci, che risulta essere superiore o uguale ai 500 grammi circa di peso vivo, ovvero di individui ormai giunti a maturità sessuale.

Un aspetto particolarmente interessante riguarda il fatto che sia nel 2006 sia nel 2007 le morie si sono manifestate nello stesso periodo in diverse aree costiere. Sebbene, oltre ai mugilidi, anche altre specie selvatiche risultino sensibili al *Photobacterium damsela* subsp. *piscicida*, le morie da banchi naturali hanno riguardato solo i cefali, quasi tutti di taglia superiore o uguale a circa 500 grammi di peso vivo e ormai giunti a maturità sessuale.

L'instaurarsi di una situazione ambientale critica, legata all'aumento delle temperature e all'eutrofizzazione delle acque, insieme ad aspetti di carattere specifico di dinamica di popolazione, potrebbero essere i responsabili delle morie di mugilidi che stanno interessando con frequenza sempre maggiore le acque costiere dell'intero Mediterraneo.

In appendice B sono riportati i risultati relativi a controlli effettuati nel Golfo di Gaeta a seguito dei gravi eventi di morie di mugilidi verificatisi negli anni 2006-2007; a seguito di tali eventi è stato attivato un monitoraggio congiunto Arpa Lazio - Istituto zooprofilattico sperimentale di Lazio e Toscana, nato allo scopo di comprendere le cause ed i fattori responsabili delle morie (v. figura 38).



Fig. 38 - Mugilide morto rinvenuto alla foce del fiume Garigliano nell'estate 2006

Le indagini condotte nell'estate del 2006 sulle acque marine costiere dell'area interessata e lungo il tratto finale del Fiume Garigliano, pur non rilevando particolari situazioni di criticità dei parametri chimici e microbiologici, hanno evidenziato una presenza consistente di sostanze azotate, in particolare nella forma ossidata (azoto nitrico) e come azoto totale, rivelando un inquinamento di natura organica, presumibilmente dovuto a materiale in decomposizione; le analisi microbiologiche hanno evidenziato l'ampio rispetto dei limiti imposti dalla normativa vigente (ex D.P.R. 470/82) per le acque di balneazione, tranne per i campionamenti effettuati alla foce del Garigliano, e hanno sempre escluso la presenza di *Vibrio damsela* (*Photobacterium damsela*).

Un'analisi quali-quantitativa del fitoplancton condotta su campioni prelevati alla foce del Garigliano non ha evidenziato presenza di specie microalgali potenzialmente ittiotossiche.

Gli esami microbiologici, eseguiti dai laboratori dell'Istituto zooprofilattico sperimentale di Lazio e Toscana su alcuni pesci prelevati durante la moria, hanno indicato la presenza di *Photobacterium damsela* subsp. *piscicida*, agente responsabile della "photobacteriosi", comunemente definita come "pasteurellosi dei pesci" o "pseudotubercolosi", confermata anche dall'esame istologico in cui si evidenziavano le tipiche lesioni nodulari localizzate nella milza dei pesci, indice di una forma cronica di infezione (v. figura 39).

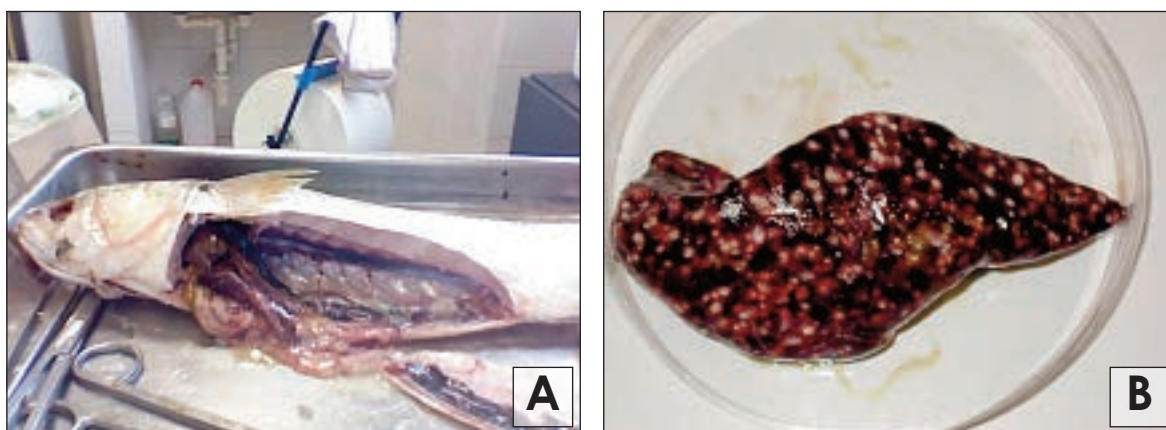


Fig. 39 - Immagini del pesce prelevato ancora vivo alla foce del fiume Garigliano il 26 luglio (6A). Particolare della milza (6B)

Gli eventi di moria di pesci verificatisi nel 2007 sono stati caratterizzati da una minore intensità rispetto all'anno precedente e hanno riguardato la fase finale della stagione estiva (settembre-ottobre). Le azioni intraprese nel corso del 2007 hanno riguardato controlli e campionamenti per l'analisi microbiologica e chimico-fisica delle acque e le indagini sui pesci e sui molluschi, sia da banchi naturali sia di allevamento. Le analisi chimiche effettuate sui campioni di acqua di mare a partire da aprile 2007 evidenziano una situazione generale non particolarmente critica: gli unici valori che in qualche occasione risultano discretamente elevati sono quelli relativi all'azoto totale, accompagnati, talvolta, da valori più elevati anche di azoto nitrico. In particolare, il livello di azoto totale registrato nei giorni appena precedenti la moria di pesci potrebbe indicare la presenza di materiale organico in sospensione; non sembrano però esserci in atto fenomeni degradativi di materia organica, in quanto i valori delle specie azotate disciolte non risultano particolarmente elevate. Tutti gli altri parametri chimici presentano bassi valori, spesso al di sotto del limite di rilevabilità del metodo.

Le analisi microbiologiche hanno evidenziato nella maggior parte dei casi l'ampio rispetto dei limiti imposti dalla normativa vigente per le acque di balneazione (ex D.P.R. 470/82). Non è mai stata rilevata la presenza di *Photobacterium damsela* subsp. *piscicida*.

Un'analisi quali-quantitativa del fitoplancton è stata, inoltre, condotta su campioni prelevati sia in mare, nella zona dove sono stati avvistati e campionati i pesci morti, sia nel fiume Garigliano. I risultati hanno evidenziato presenza di specie microalgali potenzialmente ittiotossiche, in particolare *Anabaena* sp. (v. figura 40) che nel fiume Garigliano ha raggiunto il valore di oltre 36 milioni di cellule/litro.

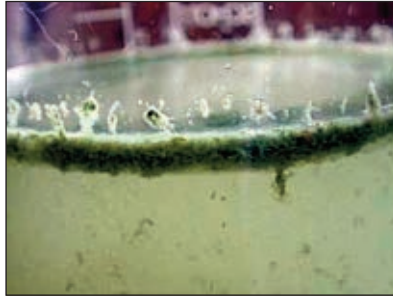


Fig. 40 - Campione di acqua fortemente colorato contenente cianobatteri appartenenti al genere *Anabaena*

Le analisi condotte sui mitili hanno dimostrato la capacità di isolare il *Photobacterium damsela* subsp. *piscicida* con una certa facilità, soprattutto quando questo si ritrova particolarmente concentrato nell'organismo, suggerendo l'ipotesi del possibile utilizzo dei mitili come indicatori dell'evoluzione della presenza di tale patogeno nelle acque e, quindi, indirettamente del manifestarsi del fenomeno di moria.

Durante la stagione estiva del 2008, sebbene siano stati segnalati sporadici fenomeni di inquinamento e fioriture algali nel Golfo di Gaeta, nella stessa area non si sono presentati eventi di morie di mugilidi o di altri pesci. I risultati dei controlli effettuati nel 2008 sono riportati in appendice B.

Le analisi chimiche eseguite sui campioni di acqua di mare evidenziano una situazione generale non particolarmente critica: gli unici valori che occasionalmente risultano elevati sono quelli relativi all'azoto totale, accompagnati anche da alti valori di azoto nitrico, alla distanza di 200 metri e di 1000 metri dalla foce del Garigliano registrati nel mese di dicembre 2008. Tutti gli altri parametri chimici presentano bassi valori, spesso al di sotto del limite di rilevabilità del metodo.

Le analisi microbiologiche hanno evidenziato nella maggior parte dei casi l'ampio rispetto dei limiti imposti dalla normativa vigente per le acque di balneazione (ex D.P.R. 470/82). Nelle acque di mare analizzate non è mai stata rilevata la presenza di *Photobacterium damsela* subsp. *piscicida*, ma diversi campioni sono risultati positivi a *V. alginoliticus* e *V. vulnificus*, i quali risultano potenzialmente patogeni per le specie ittiche allevate (spigole e orate).

Le indagini microbiologiche condotte sulla matrice zooplancton prelevato nel Golfo di Gaeta non hanno evidenziato presenza di germi patogeni ed in particolare sono risultate negative per *Photobacterium damsela* subsp. *piscicida*; l'unico germe rilevato è *Vibrio vulnificus*.

Si evidenzia, inoltre, un fenomeno di fioritura algale a carico di *Pseudo-nitzschia* spp., microalghe potenzialmente produttrici di tossine, verificatosi a fine maggio 2008 nell'area del Golfo di Gaeta (litorale di Formia e Minturno).

Il confronto delle temperature medie registrate nel Golfo di Gaeta nel 2006, 2007 e 2008 evidenziano una maggiore corrispondenza sia nei valori che nell'andamento delle temperature per gli anni 2006 e 2007, con un rapido innalzamento dei valori medi nei mesi di giugno-luglio, mentre per il 2008 si assiste a uno slittamento dell'innalzamento delle temperature con valori massimi nei mesi di agosto-settembre (v. figura 41).

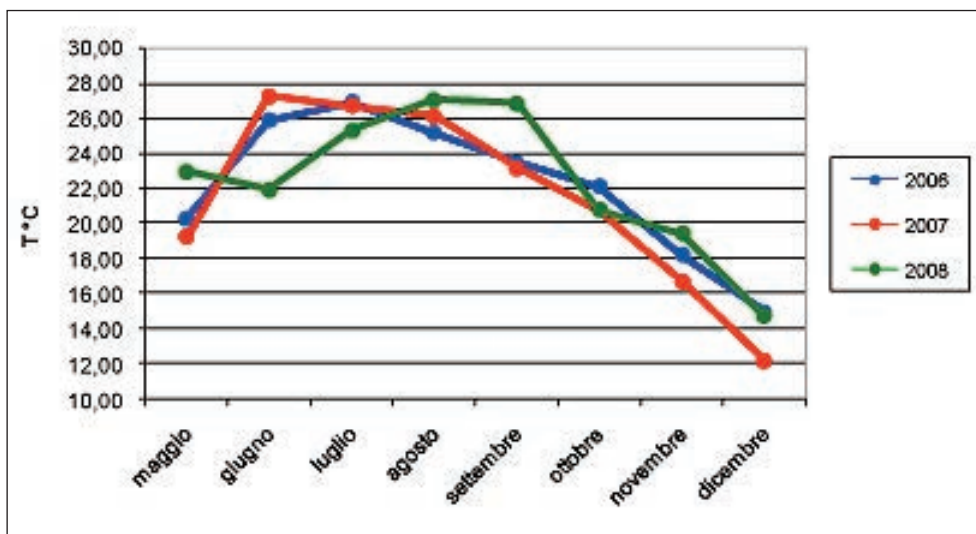


Fig. 41 - Confronto temperature superficiali medie dell'acqua di mare per gli anni 2006, 2007 e 2008 nel Golfo di Gaeta

4.2 Moria di Berte

Nel mese di aprile 2007, nell'area marina compresa tra la darsena di Scauri e la foce del fiume Garigliano si è osservata una ingente moria di uccelli ittiofagi della famiglia delle *Procellariidae* (v. figura 42).



Fig. 42 - Esempari di Berta Minore (*Puffinus yelkouan*)

A seguito della prima segnalazione è stata intrapresa un'attività di controllo e campionamento per individuare le cause della morte degli uccelli e seguirne gli sviluppi.

Le indagini diagnostiche condotte sui cadaveri di Berta minore dall'Istituto zooprofilattico sperimentale di Lazio e Toscana hanno permesso di escludere la morte degli stessi per cause microbiologiche, virologiche, parassitologiche e tossiche, intese come ingestione o accumulo di sostanze potenzialmente tossiche o velenose. L'unico rilievo anatomico-patologico riscontrato in corso di autopsia su tutti gli uccelli esaminati ha riguardato una grave congestione polmonare con presenza di coaguli ematici, una modica congestione epatica e una lieve congestione meningea. Tale quadro anatomico-patologico, che poteva essere ascritto a un intenso e prolungato sforzo fisico, concordava con la sintomatologia clinica osservata nelle Berte avvistate nel corso del sopralluogo del 09/04/07, le quali presentavano difficoltà nell'alzarsi in volo.

Sugli stessi soggetti sono stati effettuati tamponi cloacali, orofaringei (v. figura 43) e prelievi di organi su cui sono stati condotti esami virologici, batteriologici e parassitologici che hanno fornito costantemente esito negativo nei confronti di influenza aviaria, West Nile Disease, agenti batterici patogeni e parassitari. Gli esami tossicologici effettuati sul contenuto gastrico sono risultati negativi per carbammati, pesticidi organoclorurati e pesticidi organofosforati.

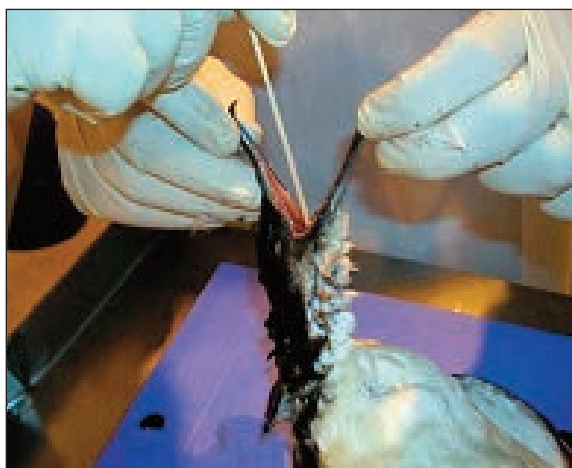


Fig. 43 - Tampone orofaringeo eseguito nei laboratori dell'Istituto Zooprofilattico Sperimentale di Lazio e Toscana

Le analisi condotte dall'ARPA Lazio nei campioni di acqua di mare prelevati sia nell'area di ritrovamento degli uccelli spiaggiati sia nell'area di avvistamento delle berte sintomatiche hanno rilevato la presenza di quantità molto elevate di tensioattivi anionici (MBAS). Tali sostanze sono in grado di sciogliere i lipidi presenti sul piumaggio degli uccelli, indispensabili per garantire le caratteristiche isolanti e idrorepellenti della cute e del piumaggio.

Nella figura 44 sono riportati i valori di tensioattivi anionici (MBAS) registrati nell'area in esame.



Fig. 44 - Distribuzione delle concentrazioni (mg/L) dei tensioattivi anionici (MBAS) nell'area in esame. Azzurro= basse; verde= moderatamente elevate; giallo= elevate; rosso= elevatissime

I 94 cadaveri pervenuti, suddivisi in pool omogenei, sono stati sottoposti a lavaggio in acqua distillata in quantità fissa per la ricerca di tensioattivi ed IPA; i risultati sono riportati in tabella 10.

Data di campionamento	Analisi Chimiche	
	Tensioattivi anionici (mg/L)	Pesticidi (µg/L)
13/04/2007	0.61	
17/04/2007		<0.02
17/04/2007		<0.02
17/04/2007	0.44	
17/04/2007	0.10	
17/04/2007	0.08	
17/04/2007	0.07	
17/04/2007	0.11	
17/04/2007	0.16	
17/04/2007	0.08	
17/04/2007	0.12	

Tab. 10 - Risultati analisi condotte sull'acqua di lavaggio delle Berte minori

I risultati hanno evidenziato una significativa presenza di tensioattivi anionici (MBAS); inoltre, la composizione acidica ottenuta sull'estratto esanico, previa esterificazione con potassa metanolica, ha rilevato la presenza principale di acido miristico (C14), palmitico (C16) e palmitoleico (C16-). Si riscontra inoltre presenza in tracce di acido stearico (C18) ed oleico (C18-). Non sono stati rilevati acidi grassi con C>18.

La presenza di tensioattivi anionici (MBAS) in quantità elevate anche nelle acque di lavaggio del piumaggio delle Berte rinvenute morte accredita l'ipotesi che questi uccelli siano venuti a contatto con elevate quantità di tensioattivi e che la morte possa essere avvenuta per ipotermia conseguente alla prolungata permanenza in acqua, determinata dalla incapacità di alzarsi in seguito alla perdita di protezione.

4.3 Fioriture algali

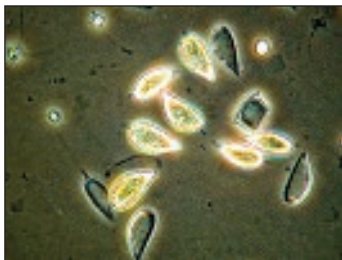
Gli eventi di fioritura algale rilevati nell'area in esame sono schematizzati di seguito in base alla loro diversa natura e tipologia:

RAFIDOFICEE PLANCTONICHE



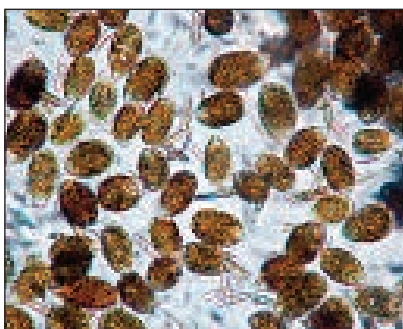
Estate 1999 - Fioriture della rafidoficea *Fibrocapsa japonica*: ittiotossica.

DINOFLAGELLATI E MICROFLAGELLATI PLANCTONICI NON TOSSICI



Primavera 2005 - Fioriture di Microflagellati e del Dinoflagellato *Prorocentrum triestinum*; non tossici, con colorazione verde intenso delle acque.

DINOFLAGELLATI BENTONICI TOSSICI



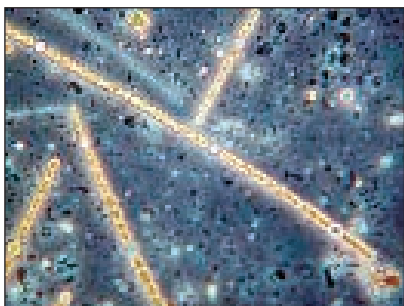
Dal 1999 ad oggi - Fioriture nel periodo estivo con formazione di flocculi mucillaginosi di colore marrone ricoprenti completamente il fondale di *Ostreopsis ovata*, *Prorocentrum lima* e *Coolia monotis*.

DIATOMEE PLANCTONICA TOSSICA



Dal 2003 ad oggi - Fioriture frequenti nel periodo primaverile - estivo di *Pseudo-Nitzschia* sp.

CIANOBATTERIO ITTIOTOSSICO



Ottobre 2007 - Fioriture con colorazione verde intenso delle acque alla foce del Garigliano di *Anabena* sp.

4.4 Segnalazioni eventi straordinari ed interventi su richiesta

Il periodo tardo primaverile-estivo è spesso caratterizzato da numerose segnalazioni relative al verificarsi di eventi straordinari lungo il litorale della provincia di Latina che pervengono all'Agenzia direttamente, oppure attraverso le chiamate alla Guardia Costiera o ad altri enti preposti al controllo (Polizia provinciale, Carabinieri, Asl, etc...).

Il Golfo di Gaeta, in particolare, è stato oggetto negli ultimi anni di segnalazioni di vario genere, complessivamente riconducibili alle seguenti categorie di fenomeni (v. figura 45) che hanno dato luogo in molti casi ad interventi con prelievo di campioni:

- schiume e/o agglomerati mucilluginosi
- fioriture algali e/o colorazioni anomale
- rifiuti
- sversamenti di acque reflue in mare
- oli/idrocarburi
- inquinamento non meglio definito

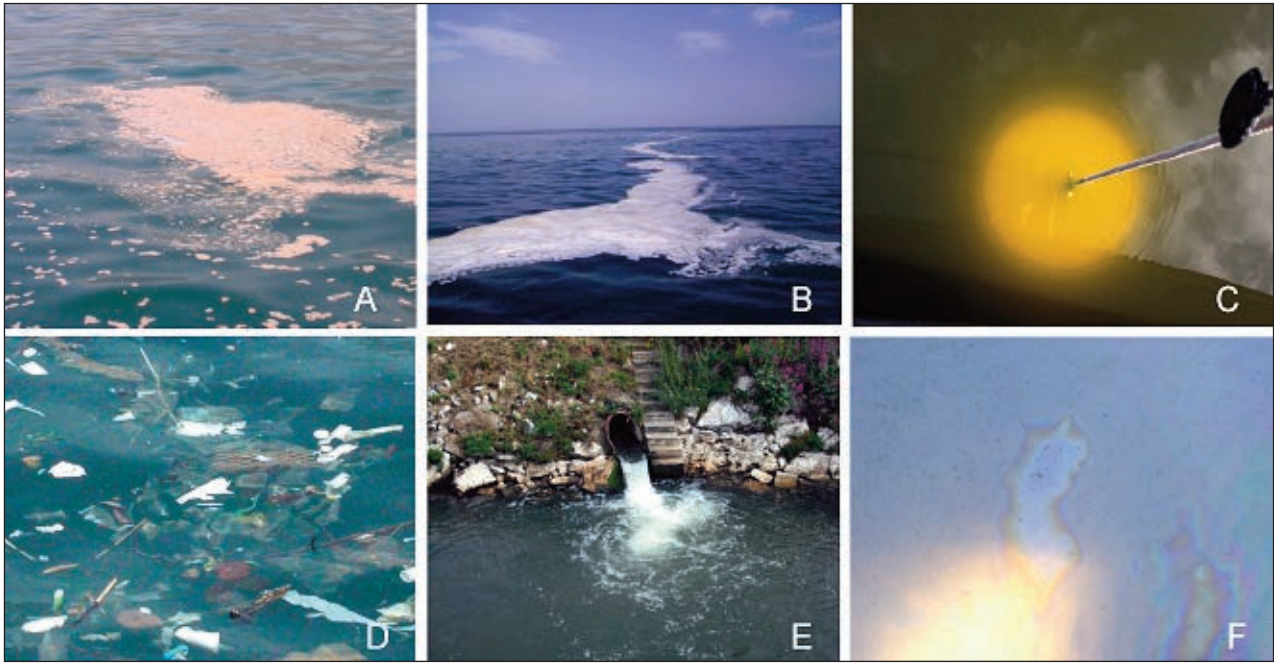


Fig. 45 - Immagini relative alle diverse tipologie di eventi straordinari. A, B: schiume e/o agglomerati mucillaginosi; C: fioriture algali e/o colorazioni anomale; D: rifiuti; E: sversamenti di acque reflue in mare; F: oli/idrocarburi

A titolo di esempio, di seguito sono sintetizzate le tipologie di segnalazioni pervenute all' Agenzia dal 2009, con riferimenti anche ai casi più recenti (estate 2012), a fronte delle quali sono stati effettuati campionamenti; i risultati delle analisi eseguite sulle acque di mare sono riportati in Appendice C. Non sono riportate le numerose segnalazioni che, a seguito di sopralluoghi, non hanno permesso un campionamento per mancanza di anomalie evidenti.

Nel 2009 il maggior numero di campioni sono stati prelevati lungo la marina del comune di Minturno, dove sono state segnalate in prevalenza presenze di schiume e/o mucillagini, seguite da sversamenti di acque reflue e fioriture algali (v. figura 46).

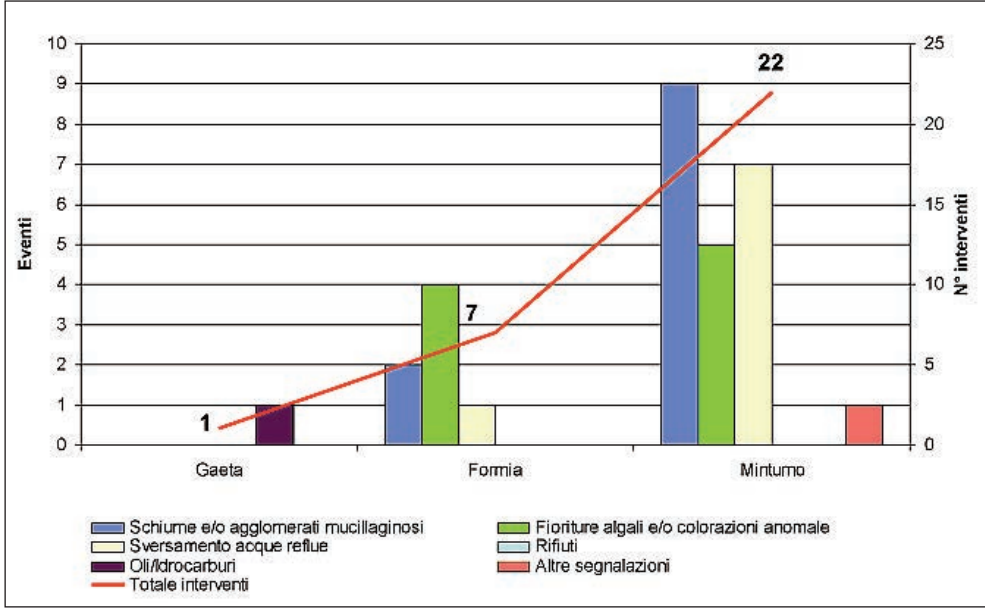


Fig. 46 - Distribuzione e tipologia degli eventi relativi al numero totale di interventi effettuati nel Golfo di Gaeta nella stagione estiva 2009

I risultati delle analisi effettuate sui campioni prelevati (Appendice C) evidenziano in taluni casi presenza di tensioattivi anionici (MBAS) in concomitanza con elevati valori di forme azotate; anche i casi di sversamento di acque reflue sono confermati dagli elevati valori dei parametri chimici che evidenziano la presenza di refluo fognario di media/alta forza. Inoltre, fioriture algali sono state registrate in casi di segnalazioni di acque a colorazione anomala.

In figura 47 si evidenzia che gli interventi effettuati nel Golfo di Gaeta nel 2009 rappresentano circa un terzo del totale eseguito lungo tutto il litorale della provincia di Latina nello stesso periodo.

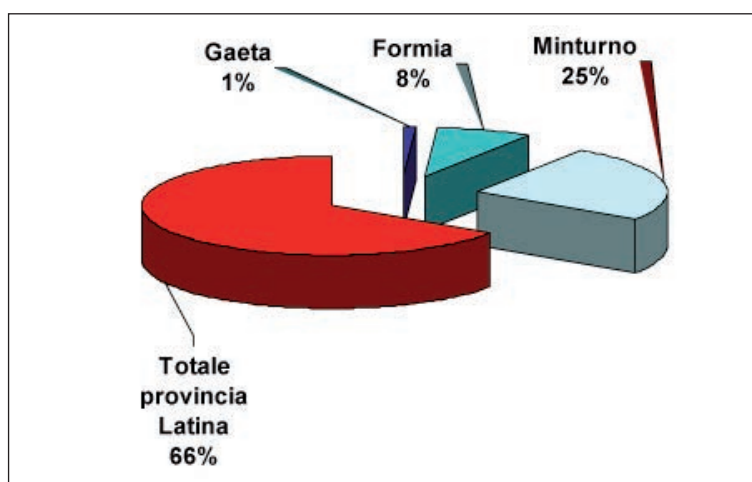


Fig. 47 - Distribuzione percentuale degli interventi effettuati nel Golfo di Gaeta sul totale della provincia di Latina nel 2009

Il maggior numero di interventi con prelievo di campioni effettuati nei comuni del Golfo di Gaeta nei mesi di giugno e luglio 2010 sono a carico della marina del comune di Formia, in particolare nell'area della Darsena di Torre di Mola, con presenze di sversamenti di oli/idrocarburi; sono inoltre segnalate schiume, mucillagini e fioriture algali (v. figura 48).

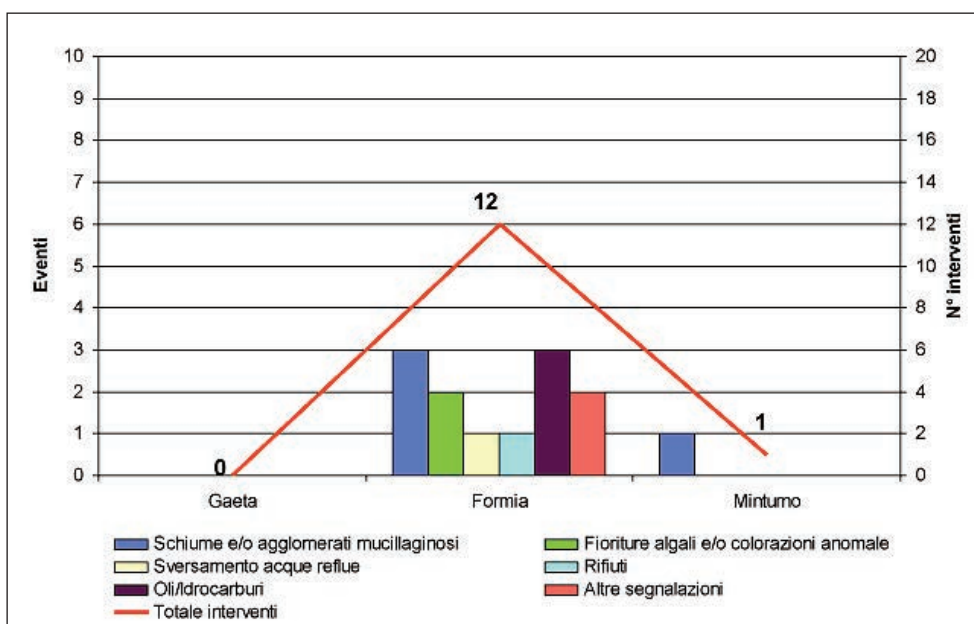


Fig. 48 - Distribuzione e tipologia degli eventi relativi al numero totale di interventi effettuati nel Golfo di Gaeta nella stagione estiva 2010

I risultati delle analisi effettuate sui campioni prelevati evidenziano elevati valori dei parametri chimici, con presenza di oli vegetali e microbiologici che indicano la presenza di refluo fognario di alta forza nell'area della Darsena di Torre di Mola (Formia) (Appendice C). In taluni casi sono state confermate fioriture algali in concomitanza di colorazione anomala delle acque.

Gli interventi effettuati nel Golfo di Gaeta nel 2010 rappresentano il 23% del totale eseguito lungo tutto il litorale della provincia di Latina nello stesso periodo (v. figura 49).

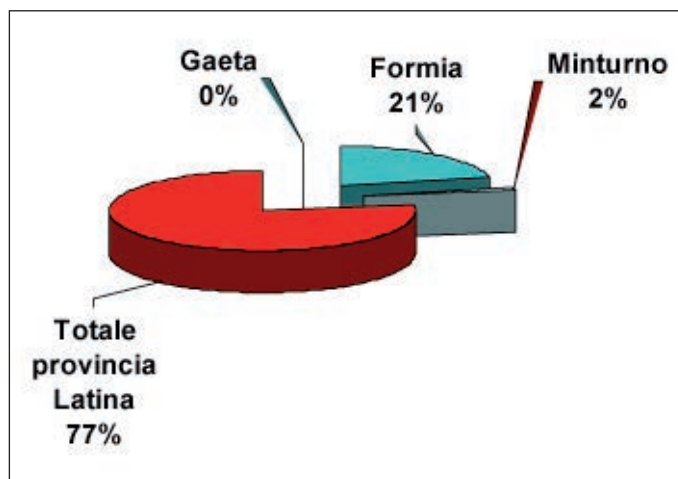


Fig. 49 - Distribuzione percentuale degli interventi effettuati nel Golfo di Gaeta sul totale della provincia di Latina nel 2010

Nel 2011 gli interventi con prelievo di campione sono stati effettuati in tutti i comuni del Golfo di Gaeta in particolare per la presenza di schiume (v. figura 50).

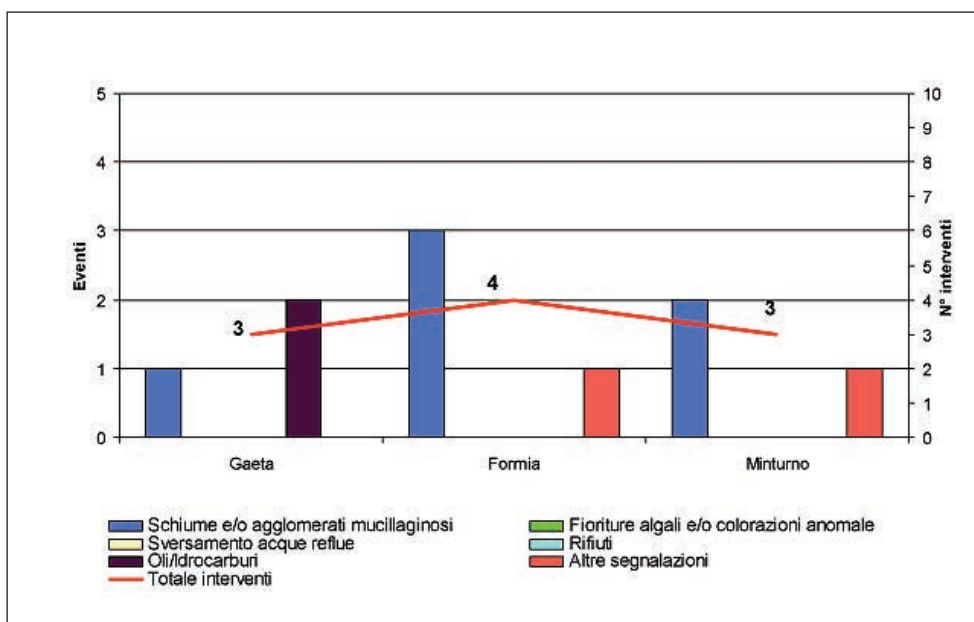


Fig. 50 - Distribuzione e tipologia degli eventi relativi al numero totale di interventi effettuati nel Golfo di Gaeta nella stagione estiva 2011

I risultati delle analisi chimiche non hanno praticamente mai evidenziato presenza di tensioattivi anionici (MBAS) (Appendice C)

Gli interventi effettuati nel Golfo di Gaeta da giugno a settembre del 2011 rappresentano il 17% del totale eseguito lungo tutto il litorale della provincia di Latina nello stesso periodo (v. figura 51).

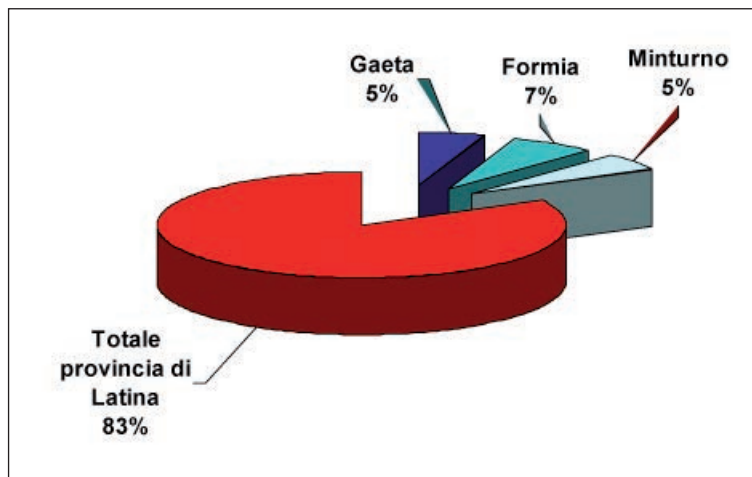


Fig. 51 - Distribuzione percentuale degli interventi effettuati nel Golfo di Gaeta sul totale della provincia di Latina nel 2011

Anche nel 2012 gli interventi con prelievo di campione sono stati effettuati in tutti i comuni del Golfo di Gaeta in particolare per la presenza di schiume (v. figura 52).

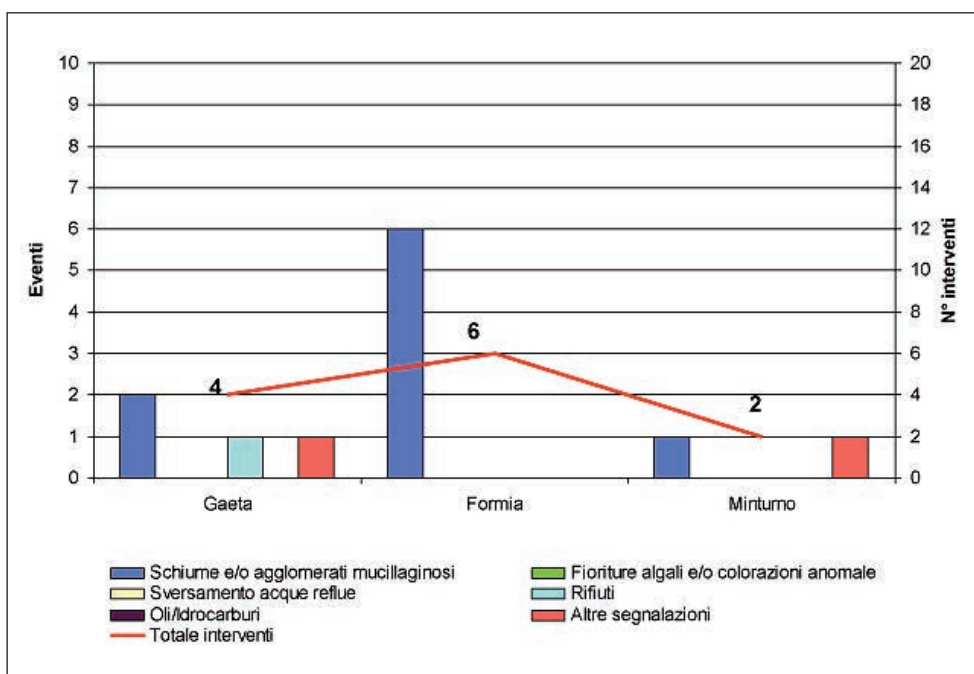


Fig. 52 - Distribuzione e tipologia degli eventi relativi al numero totale di interventi effettuati nel Golfo di Gaeta nella stagione estiva 2012

I risultati delle analisi chimiche non hanno evidenziato particolari valori di tensioattivi anionici (MBAS), sono però risultati elevati alcuni valori di azoto totale (appendice C).
Gli interventi effettuati nel Golfo di Gaeta nel 2012 rappresentano il 20% del totale eseguito lungo tutto il litorale della provincia di Latina nello stesso anno (v. figura 53).

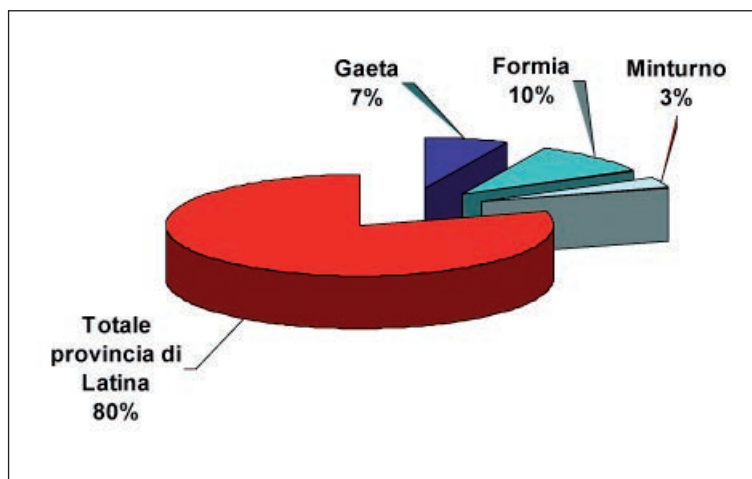


Fig. 53 - Distribuzione percentuale degli interventi effettuati nel Golfo di Gaeta sul totale della provincia di Latina nel 2012

CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

La forte urbanizzazione, l'espansione turistica, in associazione alle attività agricole, zootecniche e di acquacoltura sono le principali forzanti antropiche che, insieme a pressioni di origine naturale, hanno provocato negli ultimi decenni il degrado della qualità ambientale della fascia costiera del Golfo di Gaeta. Le condizioni osservate per il Golfo sono da considerarsi critiche, non tanto per la presenza di uno specifico fattore di alterazione quanto per la concomitante presenza di più fonti di alterazione che in un contesto semichiuso e a scarso ricambio creano uno stato di notevole stress ambientale rispetto alle condizioni medie tirreniche. Pertanto, la condizione generale dello stato trofico delle acque marino costiere laziali è tendenzialmente da ritenersi di tipo mesotrofico, con fenomeni di eutrofizzazione che si sviluppano principalmente nelle aree antistanti le foci dei principali fiumi o in aree sottoposte a scarichi urbani.

Il fiume Garigliano, a causa della circolazione di tipo "ciclonico" che si determina nelle acque del Golfo di Gaeta, con scarso ricambio verso le acque esterne, produce una situazione di eutrofizzazione delle acque circostanti, con effetti riscontrabili in quasi tutta l'area settentrionale del Golfo, a cui si sommano anche gli apporti provenienti dal Volturno.

I valori più elevati del rapporto N/P, in particolare nei mesi autunnali e invernali, suggeriscono che interventi di risanamento per migliorare lo stato qualitativo delle acque eutrofiche devono prevedere una riduzione degli apporti di fosforo. In genere la fosforo limitazione è il fattore che caratterizza acque costiere con livelli trofici mediamente elevati, l'azoto limitazione è invece riscontrabile nelle acque costiere in cui il rischio eutrofico è molto limitato se non assente. Una attenta gestione di tutte le immissioni in mare con contenuto di azoto e fosforo, in particolare degli effluenti urbani, con un incremento di efficienza di depurazione dei reflui, grazie a un trattamento terziario per il loro abbattimento e il miglioramento del sistema di smaltimento, oppure attraverso condotte sottomarine disposte a distanze e profondità idonee, sono fondamentali per il miglioramento delle condizioni trofiche e di balneabilità delle acque del Golfo.

Gli squilibri nei rapporti nutrizionali possono indurre cambiamenti nella composizione tassonomica del popolamento fitoplanctonico, favorendo la fioritura di particolari specie con possibili alterazioni della struttura della rete trofica. Le implicazioni ecologiche di tali eventualità non sono attualmente prevedibili, l'unica evidenza è che nelle aree costiere prevalgono specie opportuniste capaci di sfruttare in modo efficiente le risorse occasionali provenienti da terra.

Le pressioni intense e discontinue che gli apporti locali esercitano lungo la fascia strettamente costiera danno luogo a fenomeni di eutrofizzazione limitati nello spazio e nel tempo che favoriscono intense e occasionali fioriture fitoplanctoniche. In questi casi il comparto zooplanctonico, che rappresenta il consumatore primario, risulta generalmente disaccoppiato rispetto a quello fitoplanctonico e non esercita alcun controllo su di esso. Infatti, mentre nelle aree con bassi valori di nutrienti si determinano equilibri fito-zooplanctonici in grado di rendere il sistema molto efficiente, negli ambienti eutrofizzati la repentina e consistente esplosione di cellule algali determina l'instaurarsi di processi di degradazione con elevato consumo di ossigeno, soprattutto a livello bentonico.

Da un punto di vista temporale le analisi dei dati hanno consentito di identificare, nell'ambito delle fluttuazioni stagionali, la primavera e l'estate come periodi di maggior rischio per l'insorgenza di fioriture e la conseguente possibilità di contaminazione dei prodotti ittici nel caso delle specie potenzialmente tossiche, con l'accumulo, ad esempio, nei mitili di acido domoico, tossina prodotta dalle specie tossiche del genere *Pseudo-nitzschia*. Il rischio può essere ulteriormente incrementato da elevate temperature, dalla persistenza di talune condizioni meteo-climatiche e dalla variazione della pressione antropica, che nell'area del Golfo subisce fluttuazioni importanti nel periodo estivo.

Le forti pressioni all'interno del Golfo di Gaeta, in cui è presente anche una intensa attività di acquacoltura, determinano, in alcuni periodi dell'anno, il verificarsi di vere e proprie emergenze ambientali, come la moria di pesci appartenenti alla famiglia dei mugilidi nell'estate del 2006, dovuta alla infezione da *Photobacterium damsela* subsp. *piscicida*. In questo caso le elevate temperature estive dovute a prolungata stabilità meteo-climatica, insieme a una situazione idrodinamica locale tale da

determinare la segregazione degli apporti antropici nella fascia più strettamente costiera, sono stati gli elementi scatenanti la crisi dell'ecosistema marino costiero locale.

Come è noto, le aree costiere, essendo contraddistinte da una accentuata variabilità spaziale e temporale dei processi fisici e biogeochimici, sono sede di ecosistemi fragili e complessi, caratterizzati da elevata diversità e produttività biologica. Per gestire queste risorse è fondamentale un continuo e costante monitoraggio dei parametri ambientali e delle componenti che le caratterizzano, affinché gli Enti preposti al controllo e alla salvaguardia ambientale della fascia costiera siano messi in grado di prevedere o, quantomeno, di riconoscere le situazioni di pericolo connesse alle diverse pressioni.

Al fine di individuare possibili soluzioni riguardo all'attenuazione delle pressioni ambientali nel Golfo di Gaeta, l'ARPA Lazio, in collaborazione con l'università di Roma "Sapienza", ha attivato da gennaio 2012 un progetto pilota, denominato "SAMOBIS", per l'applicazione su larga scala di una nuova metodologia standard di monitoraggio, basata sulla distribuzione degli isotopi stabili e analisi del territorio, finanziato dall'amministrazione provinciale di Latina.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano la Capitaneria di porto di Gaeta, l'Ufficio locale marittimo di Formia e tutto il personale della Guardia Costiera per la collaborazione nelle attività di controllo e monitoraggio.

Si ringrazia inoltre l'Istituto zooprofilattico sperimentale delle Regioni Lazio e Toscana, in particolare la dott.ssa Teresa Bossù e il dott. Luigi Lanni, per la collaborazione nella gestione e nelle analisi dei dati in relazione alle emergenze occorse nel Golfo di Gaeta.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Agenzia regionale per i parchi, Parco regionale Riviera di Ulisse, *Piano di gestione dei siti natura 2000 – Promontorio di Gianola e monte di Scauri SIC- ZPS IT6040023 – Rio S. Croce SIC IT 6040024*, ARP, 2007, pp. 10,12.

Amministrazione provinciale di Latina, *Rapporto Tecnico della “Commissione per i problemi ambientali, turistici e le attività di pesca e acquacoltura”*, 2003.

APAT-IRSA–CNR, *Metodi analitici per le acque*, APAT, 2003, all'indirizzo <http://www.irsacnr.it/Docs/Capitoli/1000.pdf> (ultimo accesso 01/10/2012).

APAT-Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici e il sistema delle agenzie, *Fioriture algali di *Ostreopsis ovata* lungo le coste italiane*, 2007, all'indirizzo <http://www.isprambiente.gov.it/files/alghe-tossiche/protocolli-operativi-direttiva-alghe-tossiche.pdf> (ultimo accesso 8/11/2012).

ARPA Lazio, *Acque di balneazione: controlli*, all'indirizzo <http://www.arpalazio.net/main/acqua/controlliBaln.php?type=Mare> (ultimo accesso 01/10/2012)

Cognetti, Giuseppe e Sarà, Michele, *Biologia marina*, Bologna, Calderini, 1974, pp. 169-170.

Cristofalo, G. C., *I sedimenti attuali e recenti della piattaforma continentale interna tra Monte Circeo e la foce del fiume Garigliano*, tesi di laurea sperimentale in Sedimentologia, 1992.

D.G.R. Lazio 19 febbraio 2010 n. 116, *Designazione dell'area sensibile del Golfo di Gaeta e dei bacini drenanti ad essa afferenti ai sensi della direttiva 91/271/CEE del 21 maggio 1991 e del D.lgs. 3 aprile 2006, n. 152*, Bollettino Ufficiale della Regione Lazio del 14 aprile 2010, n. 14, parte prima.

D.Lgs. 11 maggio 1999 n. 152, *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*, Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana del 29 maggio 1999, n. 124, supplemento ordinario n. 101.

D.Lgs. 03 aprile 2006 n. 152, *Norme in materia ambientale*, Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana del 14 aprile 2006 n. 88, supplemento ordinario n. 96.

D.Lgs. 30 maggio 2008 n. 116, *Attuazione della direttiva 2006/7/CE relativa alla gestione della qualità delle acque di balneazione e abrogazione della direttiva 76/160/CEE*, Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana del 4 luglio 2008, n. 155.

D.M. 30/03/2010, *Definizione dei criteri per determinare il divieto di balneazione, nonché modalità e specifiche tecniche per l'attuazione del decreto legislativo 30 maggio 2008, n. 116, di recepimento della direttiva 2006/7/CE, relativa alla gestione della qualità delle acque di balneazione. (10A06405)*, Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana del 24 maggio 2010, n. 119.

D.M. 8 novembre 2010 n. 260, *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'art. 75, comma 3, del medesimo decreto legislativo*, Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana del 7 febbraio 2011, n. 30, supplemento ordinario n. 31/L.

D.P.R. 8 giugno 1982 n. 470 e successive modifiche e integrazioni, *Attuazione della direttiva (CEE) n.76/160 relativa alle acque di balneazione*, Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana del 26 luglio 1982, n. 203.

Ercolini, Carlo, *Morie di mugilidi selvatici da *Photobacterium damsela* ssp. piscicida: l'esperienza della Liguria*, in Giornata di formazione: “Moria di ittiofauna nelle acque libere: gestione e controllo”, IZS Lazio-Toscana, Pisa, 2009, all'indirizzo <http://www.cerere.vet.unipi.it/system/files/Ercolini>.

Federparchi, *Il portale dei parchi italiani*, all'indirizzo <http://parks.it> (ultimo accesso 01/10/2012).

Fraser, J.H., *Standardization of zooplankton sampling methods at the sea in: Tranter D.J. and Fraser J. H., Zooplankton sampling.*, Paris, UNESCO, (1968), pp. 145-169.

Gandolfi G. e Paganelli L., *Petrografia delle sabbie del litorale tirrenico fra i Monti dell'Uccellina e Monte di Procida*, in *Mineralogica et Petrografica Acta* 28, (1984), pp. 173-191.

ICRAM (a cura di), *Studio per l'impatto ambientale connesso allo sfruttamento di depositi sabbiosi sommersi ai fini di ripascimento lungo la piattaforma continentale laziale: Area Gaeta (Gt)*, all'indirizzo <http://www.osservatoriomare.lazio.it> (ultimo accesso 24/09/2012).

L. 31 dicembre 1982 n. 979, *Disposizioni per la difesa del mare*, Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana del 18 gennaio 1983, n.16, supplemento ordinario del 18 gennaio 1983.

Marcus, Nancy. *On overview of the Impacts of Eutrophication and Chemical Pollutants on Copepods of the Coastal Zone*, in *Zoological Studies*, 43(2), (2004), pp. 211-217.

Margiotta F., Chiaese C., Passerelli A., Cioffi R. e Santarpia I., *Evoluzione temporale delle variabili ecologiche di sette ecosistemi marino-costieri della Regione Campania*, in *Atti del Convegno "Gestione e tutela dell'ambiente marino costiero in Campania"*, 2005, pp. 13-28.

Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare, *Informazioni sulla classificazione delle acque marine*, all'indirizzo <http://www.sidimar.tutelamare.it/cam.jsp>, (ultimo accesso 01/10/2012).

Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare, ICRAM, *Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino-costiero (triennio 2001-2003): Metodologie di riferimento*, 2001, all'indirizzo <http://www.tutelamare.it/home.jsp> (ultimo accesso 01/10/2012).

Ministero della Salute, Dipartimento della prevenzione e della comunicazione, Direzione generale della prevenzione sanitaria Ufficio IV, *Linee guida - Gestione del rischio associato alle fioriture di Ostreopsis ovata nelle coste italiane*, 2007 all'indirizzo www.ministerosalute.it.

Nascetti Giuseppe, *Valutazione dello stato di conservazione delle aree marine della regione Lazio e analisi di fattibilità per l'istituzione di aree marine protette o di tutela biologica a livello regionale* in *Convegno Università degli Studi della Tuscia, Dipartimento DECOS e Regione Lazio*, (2009), p. 10.

Pennetta Micla, Valente, Alessio, Abate, Daniela, Boudillon, Giorgio, De Pippo, Tommaso, Leone, Matteo e Terlizzi, Francesco *Influenza della morfologia costiera sulla circolazione e sedimentazione sulla piattaforma continentale campano-laziale tra Gaeta e Cuma (Italia Meridionale)*, in *Bollettino Società Geologica Italiana* 1, (1998), n. 117, pp. 281-295.

Redfield, A.C., Ketchum, B.H. e Richards, F.A., *The influence of organism on the composition of sea water*, in *The Sea* 2, (1963), pp. 26-77.

Ribera d'Alcalà, M., Civitarese, G., Conversano F. e Cavezza R., *Nutrient ratios and fluxes hint at overlooked processes in the Mediterranean Sea*, in *Journal Geophysics Research*, C9, (2003), p. 108.

Sclavo, Mauro e Tondello, Massimo, *Climatologia delle coste del Lazio per la determinazione delle correlazioni tra clima marino e presenza di Posidonia oceanica mediante simulazioni da modello, ricerca dei budget sedimentari e stime a grande scala delle dinamiche del trasporto solido litoraneo*, Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Scienze Marine, Venezia, 2009, pp. 1-102.

Settore ambiente della provincia di Latina (a cura di), *Progetto Monitoraggio Acque Superficiali Interne e costiere della Provincia di Latina. Origine dei carichi inquinanti e stato di eutrofizzazione delle acque interne della provincia di Latina*, Roma, Gangemi Editore, stampa 2000.

Turner, Robert e Jefferson, Thomas, *The importance of Small Planktonic Copepods and Their Roles in Pelagic Marine Food Webs*, in *Zoological Studies*, 43(2), (2004), pp. 255-266.

Utermohl, H., *Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik*, *Mitt. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.*, 9, (1958), pp. 1-38.

Vollenweider, R. A., Giovanardi, F., Montanari, G., Rinaldi, A., *Characterization of the trophic condition of marine coastal waters, with special reference to the NW Adriatic Proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index*, in *Environmetrics* 9 (1998), pp. 329-357.

Zunini Sertorio, Tecla, *Campionamento dello zooplancton*, in *Metodi nell'ecologia dello zooplancton marino*, Nova Thalassia, 11 (1990a), pp. 265-275.

INDICE DELLE ILLUSTRAZIONI

Fig. 1 - Rete di Monitoraggio Golfo di Gaeta. Sono indicate le stazioni di campionamenti riferite alle principali attività di monitoraggio	Pag.	14
Fig. 2 - Particolare del prelievo di acqua destinata alle indagini microbiologiche	"	16
Fig. 3 - Fasi del campionamento e analisi dello zooplancton. A sinistra il retino WP2, al centro il recupero degli organismi dal collettore posto in fondo alla rete, a destra l'analisi tassonomica allo stereo microscopio	"	16
Fig. 4 - Disco di Secchi per la misura della trasparenza	"	17
Fig. 5 - Sonda multiparametrica Ocean Seven 316	"	17
Fig. 6 - Particolare del rilevamento dei dati meteorologici, temperatura (°C), intensità del vento (m/s)	"	17
Fig. 7 - Lavaggio del substrato per separare il microfitobenthos	"	18
Fig. 8 - Tratto del Golfo di Gaeta con i punti di campionamento delle acque di balneazione, D.P.R. 470/82	"	19
Fig. 9 - Andamento delle temperature medie mensili (°C) registrate dal 2001 al 2011 nelle stazioni costiere di Monte d'Argento (PM), Foce Pontone e Foce Garigliano (MI) ...	"	21
Fig. 10 - Andamento delle temperature (°C) registrate da agosto 2001 a gennaio 2007 nella stazione di Monte d'Argento (PM)	"	22
Fig. 11 - Andamento delle temperature (°C) registrate da gennaio 2003 a dicembre 2011 nelle stazioni costiere di Foce Pontone e Foce Garigliano (MI)	"	22
Fig. 12 - Andamento delle salinità (psu) medie mensili registrate dal 2001 al 2011 nelle stazioni costiere di Monte d'Argento (PM), Foce Pontone e Foce Garigliano (MI) .	"	22
Fig. 13 - Andamento delle salinità (psu) registrate da agosto 2001 a gennaio 2007 nella stazione di Monte d'Argento (PM)	"	23
Fig. 14 - Andamento delle salinità (psu) registrate da gennaio 2003 a dicembre 2011 nelle stazioni costiere di Foce Pontone e Foce Garigliano (MI)	"	23
Fig. 15 - Valori di salinità (psu) media registrati dal 2001 al 2011 nelle stazioni costiere del Golfo di Gaeta	"	23
Fig. 16 - Andamento delle medie mensili del valore di ossigeno disciolto (% di saturazione) registrate dal 2001 al 2011 nelle stazioni costiere di Monte d'Argento (PM), Foce Pontone e Foce Garigliano (MI)	"	24
Fig. 17 - Andamento dei valori di ossigeno disciolto (% di saturazione) registrate da agosto 2001 a gennaio 2007 nella stazione di Monte d'Argento (PM)	"	24
Fig. 18 - Andamento dei valori di ossigeno disciolto (% di saturazione) registrati da gennaio 2003 a dicembre 2011 nelle stazioni costiere di Foce Pontone e Foce Garigliano (MI)	"	25
Fig. 19 - Andamento delle concentrazioni (µmol/L) di nitrati (N-NO ₃), nitriti (N-NO ₂), ammoniaca (N-NH ₄), e ortofosfati (P-PO ₄) registrate nella stazione di Monte d'Argento (PM) da agosto 2001 a gennaio 2007	"	26
Fig. 20 - Andamento valori di DIN (µmol/L) e salinità (psu) registrati da agosto 2001 a settembre 2006 nella stazione di Monte d'Argento (PM)	"	27
Fig. 21 - Andamento dei valori di DIN/P (µmol/L) registrati da agosto 2001 a gennaio 2007 nella stazione di Monte d'Argento (PM)	"	28
Fig. 22 - Ciclo annuale dei valori di DIN/P (µmol/L) registrati da agosto 2001 a gennaio 2007 nella stazione di Monte d'Argento (PM)	"	28
Fig. 23 - Ciclo annuale medio dei valori di N/P (µmol/L) registrati da agosto 2001 a gennaio 2007 nella stazione di Monte d'Argento (PM)	"	29
Fig. 24 - Andamento dei valori di clorofilla "a" (mg/L) registrati da agosto 2001 a gennaio 2007 nella stazione di Monte d'Argento (PM)	"	29

Fig. 25 - Andamento dei valori di clorofilla "a" (mg/L) registrati da gennaio 2003 a dicembre 2011 nelle stazioni costiere di Foce Pontone e Foce Garigliano (MI) ...	"	30
Fig. 26 - Andamento delle medie mensili delle concentrazioni di clorofilla "a" (mg/L) registrate dal 2001 al 2011 nelle stazioni costiere di Monte d'Argento (PM), Foce Pontone e Foce Garigliano (MI)	"	30
Fig. 27 - Andamento dei valori medi annuali dell'indice TRIX calcolati dal 2003 al 2011 per le stazioni del transetto Foce Pontone (MI) a 200 m, 1000m e 3000 m dalla costa	"	32
Fig. 28 - Andamento dei valori medi annuali dell'indice TRIX calcolati dal 2003 al 2011 per le stazioni del transetto Foce Garigliano (MI) a 200 m, 1000m e 3000 m dalla costa	"	32
Fig. 29 - Andamento del popolamento fitoplanctonico (cell/L) da agosto 2001 a gennaio 2007 nella stazione di Monte d'Argento (PM)	"	34
Fig. 30 - Andamento dei contributi relativi (%) dei diversi popolamenti fitoplanctonici registrati da agosto 2001 a gennaio 2007 nella stazione di Monte d'Argento (PM)	"	35
Fig. 31 - Andamento delle concentrazioni (cell/L) del genere <i>Pseudo-nitzschia</i> registrate alle stazioni costiere di Foce Pontone Foce Garigliano (MI), dal 2003 al 2011	"	36
Fig. 32 - Andamento delle concentrazioni (cell/L) del genere <i>Pseudo-nitzschia</i> registrate alle stazioni costiere di Monte d'Argento (PM), dal 2002 al 2007	"	36
Fig. 33 - Dall'alto in senso orario: Porto Romano, briozoo colonizzato da <i>Ostreopsis ovata</i> , flocculi aggregati e foto al microscopio ottico di cellule di <i>O. ovata</i> (400 ingrandimenti)	"	37
Fig. 34 - Andamento del popolamento zooplanctonico (ind/mc) da agosto 2001 a gennaio 2007 nella stazione di Monte d'Argento (PM)	"	39
Fig. 35 - Andamento dei contributi relativi (%) dei diversi popolamenti zooplanctonici registrati da agosto 2001 a gennaio 2007 nella stazione di Monte d'Argento (PM)	"	40
Fig. 36 - Andamento dei popolamenti fitoplanctonico (cell/L) e zooplanctonico (ind/mc) da agosto 2001 a gennaio 2007 nella stazione di Monte d'Argento (PM)	"	40
Fig. 37 - Ciclo stagionale medio dei valori totali di fitoplancton (cell/L) e zooplancton (ind/mc) registrati da agosto 2001 a gennaio 2007 nella stazione di Monte d'Argento (PM)	"	41
Fig. 38 - Mugilide morto rinvenuto alla foce del Fiume Garigliano nell'estate 2006	"	43
Fig. 39 - Immagini del pesce prelevato ancora vivo alla foce del fiume Garigliano il 26 luglio (6A). Particolare della milza (6B)	"	44
Fig. 40 - Campione di acqua fortemente colorato contenente cianobatteri appartenenti al genere <i>Anabaena</i>	"	45
Fig. 41 - Confronto temperature superficiali medie dell'acqua di mare per gli anni 2006, 2007 e 2008 nel Golfo di Gaeta	"	46
Fig. 42 - Esemplari di Berta Minore (<i>Puffinus yelkouan</i>)	"	46
Fig. 43 - Tampone orofaringeo eseguito nei laboratori dell'Istituto zooprofilattico sperimentale di Lazio e Toscana	"	47
Fig. 44 - Distribuzione delle concentrazioni (mg/L) dei tensioattivi anionici (MBAS) nell'area in esame. Azzurro=basse; Verde=moderatamente elevate; Giallo=elevate; Rosso= elevatissime	"	48
Fig. 45 - Immagini relative alle diverse tipologie di eventi straordinari. A, B: schiume e/o agglomerati mucillaginosi; C: fioriture algali e/o colorazioni anomale; D: rifiuti; E: sversamenti di acque reflue in mare; F: oli/idrocarburi	"	51
Fig. 46 - Distribuzione e tipologia degli eventi relativi al numero totale di interventi effettuati nel Golfo di Gaeta nella stagione estiva 2009	"	51
Fig. 47 - Distribuzione percentuale degli interventi effettuati nel Golfo sul totale della provincia di Latina nel 2009	"	52
Fig. 48 - Distribuzione e tipologia degli eventi relativi al numero totale di interventi effettuati nel Golfo di Gaeta nella stagione estiva 2010	"	52

Fig. 49 - Distribuzione percentuale degli interventi effettuati nel Golfo sul totale della provincia di Latina nel 2010	“	53
Fig. 50 - Distribuzione e tipologia degli eventi relativi al numero totale di interventi effettuati nel Golfo di Gaeta nella stagione estiva 2011	“	53
Fig. 51 - Distribuzione percentuale degli interventi effettuati nel Golfo sul totale della provincia di Latina nel 2011	“	54
Fig. 52 - Distribuzione e tipologia degli eventi relativi al numero totale di interventi effettuati nel Golfo di Gaeta nella stagione estiva 2012	“	54
Fig. 53 - Distribuzione percentuale degli interventi effettuati nel Golfo sul totale della provincia di Latina nel 2012	“	55

INDICE DELLE TABELLE

Tab. 1 - Estratto da: "Commissione per i Problemi Ambientali, Turistici e le Attività di Pesca e Acquacoltura del Golfo di Gaeta", 2003	Pag.	11
Tab. 2 - Tratti di costa ricadenti nel Golfo di Gaeta e interdetti alla balneazione per motivi diversi dall'inquinamento	"	19
Tab. 3 - Classificazione delle acque di balneazione ricadenti nel Golfo di Gaeta richiesta dalla normativa vigente, D.Lgs 116/08	"	20
Tab. 4 - Concentrazioni (mg/L) medie, minime e massime di nitrati (N-NO ₃), nitriti (N-NO ₂), ammoniaca (N-NH ₄), e ortofosfati (P-PO ₄) registrate nelle stazioni costiere di Monte d'Argento (PM), Foce Pontone e Foce Garigliano (MI)	"	27
Tab. 5 - Classi di qualità dello stato trofico per le acque marino costiere ai sensi del MI (D Lgs. 152/99 e D. 260/10)	"	31
Tab. 6 - Criteri di classificazione dello stato ambientale delle acque marine costiere in base all'algoritmo CAM	"	33
Tab. 7 - Classificazione dello stato ambientale delle acque marine costiere delle stazioni di Monte d'Argento (500 metri, 1000 metri, 3000 metri), calcolato in base all'algoritmo CAM dal 2001 al 2007	"	34
Tab. 8 - Specie potenzialmente tossiche registrate nelle stazioni costiere di Foce Pontone, Foce Garigliano (MI) e Monte d'Argento (PM), dal 2003 al 2011	"	35
Tab. 9 - La tabella riporta i parametri temperatura dell'acqua (°C) ossigeno disciolto (%OD), salinità (psu), pH, concentrazioni di <i>Ostreopsis ovata</i> e <i>Coolia monotis</i> (cell/L). I numeri in grassetto sono superiori al valore soglia (10.000 cell/L) oltre il quale potrebbero verificarsi problemi di tipo sanitario	"	38
Tab. 10 - Risultati analisi condotte sull'acqua di lavaggio delle Berte minori	"	48

ATTIVITA'	RIFERIMENTO NORMATIVO	COMUNE	PUNTO DI PRELIEVO	C
Monitoraggio qualità delle acque marino costiere	Legge 979/82	Minturno	Monte d'Argento (500 m dalla costa)	4
	D. Lgs 152/99 e D. Lgs 152/06	Formia	Foce Pontone (200 metri dalla costa)	4
		Minturno	Foce Garigliano (200 metri dalla costa)	4
Controllo qualità delle acque di balneazione	D.P.R. 470/82	Gaeta	370 lungomare caboto	4
			222 100 sx foce pontone	4
			371 foce pontone	4
			223 100 m dx pontone	4
			372 foce rialto	4
			226 porticc. caposele	4
			373 foce fosso tuoro	4
			374 villa giovanni	4
			281 miramare	4
			230 50 m sx f. acqualunga	4
		Formia	375 foce f. acqualunga	4
			376 foce acquatraversa	4
			291 santojanni	4
			232 100 sx rio santacroce	4
			377 f. rio santacroce	4
			233 porto romano	4
			406 spiaggia sx tor scauri	4
			235 100 m sx capodacqua	4
			378 foce rio capodacqua	4
			236 100 m dx rio capodacqua	4
Minturno	238 stabilimento aurora	4		
	379 foce ricillo	4		
	240 100m dx foce ricillo	4		
	380 spiaggia monte d'argento	4		
	242 400 m dx monte d'argento	4		
	243 1400 sx fiume garigliano	4		
	381 foce garigliano	4		
	D. Lgs 116/08	Gaeta, Formia, Minturno	come sopra (tranne punti 370, 232, 377, 381)	

*in colonna d'acqua

DICE A

iva monitoraggi

COORDINATE (WGS 84)	PARAMETRI	FREQUENZE	INTERVALLO TEMPORALE DATI
41°14,051' N 13°44,050' E	T° acqua* Ossigeno Disciolto* Salinità* pH*, Clorofilla "a"* Trasparenza Azoto totale Azoto ammoniacale Azoto nitrico Azoto nitroso Fosforo totale Ortofossato Silice reattiva Fitoplancton Zooplancton	Bisettimanale	Dal 2001 al 2007
41°14,614' N 13°34,918' E	T° acqua* Ossigeno Disciolto* Salinità* pH*, Clorofilla "a"* Trasparenza Azoto totale Azoto ammoniacale Azoto nitrico	Trimestrale	Dal 2003 al 2011
41°13,266' N 13°45,550' E	Azoto nitroso Fosforo totale Ortofossato Fitoplancton		
41°13,062' N 13°34,297' E			
41°14,648' N 13°34,762' E			
41°14,688' N 13°34,858' E			
41°14,731' N 13°34,938' E			
41°14,971' N 13°35,607' E			
41°14,996' N 13°35,791' E			
41°15,570' N 13°37,035' E			
41°15,604' N 13°37,404' E			
41°15,600' N 13°37,568' E			
41°15,521' N 13°38,558' E	Coliformi totali,		
41°15,502' N 13°38,651' E	Coliformi fecali,		
41°15,471' N 13°38,830' E	Streptococchi fecali,		
41°15,321' N 13°39,360' E	Salmonella,	Bimensile da aprile a settembre	fino a giugno 2010
41°15,183' N 13°39,787' E	pH,		
41°15,159' N 13°39,900' E	Trasparenza,		
41°14,851' N 13°40,481' E	Oli minerali,		
41°15,006' N 13°41,694' E	Tesioattivi,		
41°15,039' N 13°41,980' E	Fenoli,		
41°15,152' N 13°42,121' E	Ossigeno disciolto		
41°15,179' N 13°42,206' E			
41°15,125' N 13°42,571' E			
41°14,712' N 13°43,511' E			
41°14,635' N 13°43,625' E			
41°14,332' N 13°44,141' E			
41°14,130' N 13°44,469' E			
41°13,841' N 13°44,862' E			
41°13,311' N 13°45,555' E	Enterococchi intestinali, Escherichia coli <i>Ostreopsis ovata</i>	Mensile da aprile a settembre	Da luglio 2010 a settembre 2011

MATRICE	DATA	LUOGO	Fisico-chimici				Escherichia coli
			T	Oss-Dis	pH	Sal	
			° C	%		psu	
Acqua di mare	22/06/2006	Vindicio	22,9	115,0	8,1	36,2	
	29/06/2006	Foce Garigliano	27,3	103,3	8,3	30,4	
	04/07/2006	Foce Garigliano					
	04/07/2006	M.te d'Argento					
	26/07/2006	Foce Garigliano	26,4	108,6	7,5	7,4	
	26/07/2006	Capo Sele	27,9	99,7	8,2		
	08/08/2006	Foce Garigliano	25,2	99,7	7,9	32,5	0
	08/08/2006	M.te d'Argento (3000m)	25,5	97,6	8,1	34,2	0
	08/08/2006	M.te d'Argento (1000m)	25,5	97,7	8,1	35	0
	08/08/2006	M.te d'Argento (500m)	25,9	98,3	8	33,9	0
	08/08/2006	Marina di Minturno	26,1	98,4	8	33,8	0
	24/08/2006	Marina di Fomia					0
	24/08/2006	Marina di Fomia					0
	24/08/2006	Marina di Fomia					0
	24/08/2006	Marina di Fomia					1
Corso d'acqua	02/08/2006	Fiume Garigliano (50m foce)	22,2	82	7,19	0,6	
	02/08/2006	F. Garigliano(Darsena)	23,4	75	7,25	0,5	
	02/08/2006	F. Garigliano(Canale 30	25,9	16	7,44	0,4	
	02/08/2006	Fiume Garigliano	22,3		7,32	0,5	
	02/08/2006	Fiume Garigliano (foce	23,5		7,37	0,3	
	04/08/2006	F. Garigliano(50m)	22,9	136,5	7,51		1000
	04/08/2006	F. Garigliano(Darsena)	22,3	113	7,36		400
	04/08/2006	F. Garigliano(Canale 30 palme)	22		7,5		2300
08/08/2006	F. Garigliano(Darsena)	19,7	120,5	7,4		1800	

Legenda: A=assente; P=presente

DICE B

eventi di moria di mugilidi estate 2006

PARAMETRI														
Microbiologici				Chimici										
Coliformi totali	Coliformi fecali	Streptococchi	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	<i>Vibrio vulnificus</i>	<i>Vibrio fluvialis</i>	<i>Vibrio mimicus</i>	<i>Vibrio damsela</i>	<i>Vibrio alginolyticus</i>	ortofosfato	fosforo totale	ammoniaca	azoto nitroso	azoto nitrico	azoto totale
u.f.c./1000ml			in 100m ml					Acqua di mare (µg/L) - Corso d'acqua (mg/L)						
0	0	3							<15	107	< 14	< 6	11,94	60506(n.s.)
10	1	0							<15		< 14	< 6	62,6	
									<15	<15	< 14	< 6	187,9	462,0
									<15	135,6	81	< 6	18,3	1216,0
									<15	30,9	< 14	< 6	523	590,0
									<15	57,7	< 14	< 6	33	498,5
	0		A	P	A	A	A	A						
	0		P	P	A	A	A	A						
	0		A	P	A	A	A	A						
	0		A	P	A	A	A	P						
	0		A	P	A	A	A	P						
	1		A	P	P	P	A	A						
	1		P	P	P	A	A	A						
	0		A	P	P	A	A	A						
	1	9	A	P	P	A	A	A						
			A	A	A	A	A	A	< 0,015	0,2	0,03	0,01	< 0,2	0,77
									< 0,015	0,14	< 0,01	0,01	< 0,2	0,82
									0,26	0,54	0,47	0,07	< 0,2	1,4
									0,13	0,26	0,34	0,04	< 0,2	1,3
									< 0,015	0,06	0,04	0,01	< 0,2	0,71
	3600	50												
	1200	100												
	6800	150												
	53000		A	A	A	A	A	A						

MATRICE	DATA	LUOGO	Fisico-chimici				Microbiologici							
			T	Oss-Dis	pH	Sal	Coliformi totali	Coliformi fecali	Streptococchi	<i>Salmonella spp</i>	<i>Photobacterium damsela subsp piscicida</i>	<i>Vibrio alginolyticus</i>	<i>Vibrio cholerae</i>	
			° C	%	psu	u.f.c./1000ml			in 100m ml					
Acqua di mare	19/04/2007	Porto Romano	20	117	8,1	28,8								
	17/05/2007	Foce Pontone	17,8	124,2	8,14	37,6			0					
	17/05/2007	Foce Garigliano	18,8	91,8	8,01	32,9								
	23/05/2007	Porto Romano	21	110	8,1	35,4								
	20/06/2007	Porto Romano	26	132	8,29	33,8								
	26/06/2007	Porto Romano	28	92	8,22		0	0	0		A	A	A	A
	26/06/2007	Foce Garigliano	27	99,9	7,9		1000	50	20	A	A	A	A	A
	26/06/2007	1400 m sx F. Garigliano	28	108,4	8,18		20	1	0		A	A	A	A
	09/07/2007	Porto Romano	26,2	134,8	8,33	34,6								
	23/07/2007	Foce Pontone	27	92,5	8,05		10	1	1	A	A			
	24/07/2007	Foce Rio S. Croce	26	98,5	8,14		1800	340	20	A	A			
	24/07/2007	Foce Acquatraversa	27	97,1	8,15		0	0	0		A			
	24/07/2007	Foce Fosso Tuoro	26	92,1	8,1		50000	5000	3000	A	A			
	26/07/2007	Foce Pontone	27,2	105,2	8,24	36,6			0					
	26/07/2007	Foce Garigliano	27,1	106,9	8,24	37,2			2					
	08/08/2007	Foce Fosso Tuoro	27	87,1	8,15		10	0	49	A	A			
	08/08/2007	Foce Rio S. Croce	27	99,5	8,12		140	55	12	A	A			
	08/08/2007	Foce Garigliano	25	97,9	7,75		20000	3000	20	P	A			
	27/08/2007	Porto Romano	26,4	113	8,15									
	27/08/2007	Foce Garigliano	25	106	7,2						A			
	14/09/2007	Porto Romano	23,8	137,5	8,22	35,7								
	21/09/2007	Foce Capodacqua	24	85,2	8,02						A	A	A	A
	21/09/2007	Monte d'Oro	25	84,8	7,99						A	P	A	A
	24/09/2007	Foce Pontone	22	90,6	8,22						A	A	A	A
	24/09/2007	Foce Garigliano	21	90,1	7,46						A	A	A	A
	02/10/2007	Monte d'Argento												
	02/10/2007	700 m sx di F. Garigliano												
	02/10/2007	Marina minturno												
	02/10/2007	Monte d'Argento												
	04/10/2008	Monte d'Argento		22,4	82,9		35,7							
05/10/2007	Foce Acquatraversa											P	A	
10/10/2007	Porto Romano		21,1	53,4	7,98	35,7								
16/10/2007	Foce Garigliano		21,7	98,8	8,16	37,8								
16/10/2007	Foce Pontone		20,2	101,2	8,18	37,0								
16/10/2007	Foce Pontone		21,7	98,8	8,16	37,8								
21/11/2007	Porto Romano		16,7	157	8,26	36,2								
Corso d'Acqua	04/10/2007	Fiume Garigliano	17,2	65,8		0,5							A	P
Pesci	19/09/2007	Golfo di Gaeta											P	
	19/09/2007	Golfo di Gaeta											A	
	04/10/2007	Fiume Garigliano	17,2	65,8									A	
	04/10/2007	Monte d'Argento											P	
	18/10/2007	Allevamento											A**	P***
Mitili	25/09/2007	Monte d'Argento											P	
	02/10/2007	Monte d'Argento											A	
	17/10/2007	Allevamento											A	

Legenda: A=assente; P=presente

Note: * analisi fitoplanctonica solo qualitativa.

**assente nelle spigole.

***presente in 1 sola orata.

eventi di moria di mugilidi estate 2007

PARAMETRI													
			Chimici				Fitoplancton potenzialmente tossico		Amnesic Shellfish Poison (ASP)	Biotossine algali	Daphnia magna		
<i>Vibrio metchnikovii</i>	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	<i>Vibrio vulnificus</i>	ortofosfato	fosforo totale	ammoniaca	azoto nitroso	azoto nitrico	azoto totale	<i>Anabena</i> sp	<i>Oscillatoriales</i>			% immobilizzazione a 24h
			µg/L				cell/L		ng / retina		Accettabilità		
			<15	<15	<14	<6	65,0	382,0					
			<15	<15	<14	<6	22,4	263,0					
			<15	<15	<14	7	572,9	589,0					
			<15	<15	<14	<6	220,0	243,0					
			<15	<15	<14	<6	12,9	512,0					
A	A	P											
A	P	P											
A	P	P											
			<15	26,3	<14	<6	51,0	301,0					
			<15	<15	<14	<6	<6	252,5					
			<15	<15	<14	<6	4,2	282,2					
			<15	<15	<14	<6	15,8	258,0					
			<15	<15	24,0	17,0	37,7	367,0					
P	P	P											
A	P	P											
A	P	P											
A	P	P							P*	A*			
									A*	A*			
									P*	P*			
									A*	P*			
									0 cell/l	0 cell/l			
A	P	A											
			<15	<15	<14	<6	36,0	288,0					
			<15	<15	<14	<6	17	408,8					
			<15	<15	<14	7,9	113,0	425,0			< limite Determin.		
			<15	<15	<14	<6	26,0	<100			< limite Determin.		
	A	A							36.254.600 cell/l	0 cell/l			< 10%
												A	

Risultati campioni prelevati durante gli

MATRICE	DATA	LUOGO	Fisico-chimici					Coliformi totali	Coliformi fecali	Streptococchi / Enterococchi *
			T	Oss-Dis	pH	Sal	Chl "a"			
			° C	%		psu	µg/L	u.f.c./1000ml		
Acqua di mare	13/05/2008	Porto Romano	20,7	132,0	8,3	33,9				
	26/05/2008	Monte d'Argento	23,0	188,7						
	26/05/2008	Monte d'Argento	22,0	180,0						
	26/05/2008	Fosso Acqualonga	23,0	128,1						
	26/05/2008	Torre di Scauri	22,0	128,2						
	26/05/2008	Porto Romano	24,0	120,9						
	28/05/2008	Formia (condotta dep)	24,3	170,0						
	28/05/2008	Monte d'Oro	23,7	137,6						
	28/05/2008	Foce Garigliano	23,3	179,9						
	28/05/2008	Foce Pontone	23,2	142,6						
	05/06/2008	Foce Pontone	23,0	96,4						
	05/06/2008	Formia (condotta dep)	21,5	97,2						
	05/06/2008	Foce Garigliano	21,2	92,4						
	04/07/2008	Foce S. Croce	28,1	107,5	8,1			0	0	0
	04/07/2008	Foce Capo d'Acqua	28,1	108,2	1,1			0	0	0
	04/07/2008	Foce Ricillo	28,3	107,7	8,1			0	0	0
	22/07/2008	Foce Rio S. Croce	25,0	106,1	8,2			2400	250	70
	22/07/2008	Foce Fosso Tuoro	25,0	101,3	8,2			6800	1720	1400
	22/07/2008	Foce Garigliano	23,0	94,9	7,4			500	75	11
	22/07/2008	Foce Ricillo	25,0	102,0	8,2			0	0	0
	22/07/2008	Foce Capo d'Acqua	25,0	96,9	8,2			0	0	0
	28/07/2008	Foce Pontone	25,0	105,4	8,2	36,0	0,73			0*
	28/07/2008	Foce Pontone	25,1	106,5	8,2	36,7	0,38			0*
	28/07/2008	Foce Pontone	25,8	108,3	8,2	37,0	0,71			0*
	28/07/2008	Foce Garigliano	24,2	90,4	8,1	32,4	10,5			10*
	28/07/2008	Foce Garigliano	23,8	74,6	7,8	27,5	1,47			5*
	28/07/2008	Foce Garigliano	24,8	108,3	8,2	37,0	0,71			0*
	28/07/2008	Foce Rialto	24,9	101,6	8,2	35,3				
	28/07/2008	Foce Pontone	25,0	105,4	8,0	36,0				
	28/07/2008	Foce Garigliano	24,2	90,4	8,1	32,4				
	05/08/2008	Foce Pontone	27,6	97,7	8,1			10	1	2
	07/08/2008	Monte d'Argento	28,0	78,9	8,3	36,4	0,87			
	07/08/2008	Monte d'Argento	28,3	90,1	8,3	35,2	0,89			
	20/08/2008	Foce Rialto	25,8	113,3	8,2			0	0	0
	20/08/2008	Foce Pontone	25,4	116,8	8,1			0	0	0
	02/09/2008	Monte d'Argento	25,6	55,7	8,1	32,9	0,82			
	02/09/2008	Monte d'Argento	25,8	48,5	8,2	33,4	0,95			
	06/10/2008	Monte d'Argento	21,0	87,7	8,4	37,4	0,40			
	06/10/2008	Monte d'Argento	20,7	92,6	8,3	36,0	0,27			
	24/10/2008	Foce Pontone	20,7	91,0	8,2	37,4				
24/10/2008	Foce Pontone	20,7	91,0	8,2	37,4	1,33			0*	
24/10/2008	Foce Pontone	20,8	92,1	8,2	37,5	1,34			1*	
24/10/2008	Foce Pontone	20,6	92,7	8,2	37,3	0,66			4*	
11/11/2008	Monte d'Argento	17,7	101,1	8,2	34,8	1,3				
11/11/2008	Monte d'Argento	19,5	94,0	8,2	37,4	0,61				
09/12/2008	Foce Garigliano	15,3	81,9	8,2	33,6	0,45			440*	
09/12/2008	Foce Garigliano	15,6	81,2	8,2	34,3	0,55			90*	
09/12/2008	Foce Garigliano	15,0	85,7	8,1	32,9	0,36			80*	
09/12/2008	Monte d'Argento	13,2	85,6	8,3	31,4	0,62				
09/12/2008	Monte d'Argento	14,3	83,3	8,1	28,6	0,45				
Acqua di transizione	26/08/2008	Lago di Fondi	26,7	90,5	8,19	8,9				
Pesci	15/10/2008	Allevamento								
Zooplancton	15/10/2008	Allevamento								
	02/09/2008	M.te d'Argento	25,6	55,7	8,11	32,9				
Mitili	25/08/2008	Porto Romano	28,3	130						
	25/08/2008	Grotte Tiberio	28,8	116						
	10/11/2008	Monte d'Argento	21	96	8,1	34,9				

Legenda: A=assente; P=presente

eventi di moria di mugilidi estate 2008

PARAMETRI																
Microbiologici									Chimici					Fitoplancton		
<i>Salmonella</i> spp	<i>Photobacterium damselae</i> subsp <i>piscicida</i>	<i>Vibrio alginolyticus</i>	<i>Vibrio cholerae</i>	<i>Vibrio cincinnatiensis</i>	<i>Vibrio metchnikovii</i>	<i>Vibrio mimicus</i>	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	<i>Vibrio vulnificus</i>	ortofosfato	fosforo totale	ammoniaca	azoto nitroso	azoto nitrico	azoto totale	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp	Fitoplancton totale
in 100 mL									µg/L					cell/L		
A									<15	<15	<14	△6	42	523	283410	20358560
									<15	<15	<14	△6	79	539	377890	21208810
															1369830	26310210
															236180	13509390
															283410	18988690
									<15	<15	<14	△6	14,8	307	7179810	19319370
									<15	<15	33	△6	167	487	1747710	9447110
									<15	<15	32	△6	111	407	7935580	29002660
									<15	<15	<14	△6	39	384	3637140	20925370
															1747700	5961130
															117140	888040
															207840	4836930
A	A															
A	A	A	A	A	A	A	A	P								
A	A	P	A	A	A	A	A	A								
P	A	P	P	A	A	A	P	A								
	A	P	A	A	A	A	A	A								
									<15	<15	<14	△6	32	212		
									<15	<15	<14	△6	<6	183		
									<15	<15	<14	△6	90	177		
									<15	<15	<14	△6	279	409		
									<15	<15	<14	7	448	532		
									<15	<15	<14	△6	71	173		
	A	P	A	A	A	P	A	P								
	A	P	A	A	A	P	A	P								
	A	P	P	A	A	A	P	P								
A	A	P	A	A	A	A	A	A								
									<15	<15	<14	△6	35	252		
									<15	<15	<14	△6	57,4	224		
A	A	A	A	A	A	A	A	P								
A	A	A	A	A	A	A	A	P								
									<15	<15	<14	1,4	96,6	266		
									<15	<15	<14	△6	53,2	266		
									<15	<15	<14	△6	<6	210		
	A	A	A	P	A	A	A	P	<15	<15	<14	△6	<6	224		
									<15	<15	65	△6	21	221		
									<15	<15	<14	△6	21	203		
									<15	<15	19	△6	48	227		
									<15	<15	<14	2,8	36,4	336		
									<15	<15	19	△6	159,6	196		
									<15	<15	121	△6	2200	2250		
									<15	<15	<14	△6	1400	1450		
									<15	<15	<14	6,7	259	502,5		
									<15	<15	77,14	25,2	1078	1932		
									<15	<15	35	11,2	448	823,2		
A	A	A	A	P	A	A	A	P								
	A								<15	<15	<14	△6	<6	224		
	A								<15	<15	<14	△6	<6	224		
A	A	A	A	A	A	A	A	P	<15	<15	<14	1,4	96,6	266		
A																
A																
A	P							P								

APPENDICE C

Risultati analitici campioni prelevati per controllo eventi straordinari - 2009

PARAMETRI IN MATRICE ACQUA DI MARE																		
DATA prelievo	NRG	Attività	Località	Comune	Descrizione fenomeno	FISICO-CHEMICI	MICROBIOLOGICI	CHIMICI				BIOLOGICI	OSSERVAZIONI MACROSCOPICHE / MICROSCOPICHE					
						T (°C), OD(%), pH, Sal (psu)	<i>Enterococchi</i> <i>Escherichia coli</i>	azoto totale (µg/L)	ammoniacale (µg/L)	azoto nitroso (µg/L)	azoto nitrico (µg/L)	fosforo totale (µg/L)	ortofosfato (µg/L)	tensioattivi anionici (MBAS) (mg/L)	Grassi e oli vegetali e animali (mg/L)	Indice di idrocarburi (mg/L)	Fitoplancton totale (cell/L)	
21/05/2009	1900	Intervento Arpa	Stabilimento Aurora	Minturno	abbondante presenza di polline di pino			985	134	8	129	<15	<15	0,37				Presenza dei pollini di pino.
17/06/2009	2609	Intervento Guardia Costiera	Tra Lido Gabbiano e Lido Mario	Minturno	schiuma gialla		0											
14/07/2009	3246	Intervento Arpa	Lido Mexico	Minturno	schiuma									0,21				Massiva fioritura microalgale a carico di numerose specie non potenzialmente tossiche
18/07/2009	3391	Intervento Polizia Provinciale e Arpa	Foce Garigliano 300m da foce	Minturno	non rilevato alcun fenomeno di inquinamento in alto													Presenza di specie potenzialmente tossiche appartenenti al genere <i>Pseudo-nitzschia</i>
18/07/2009	3392	Intervento Polizia Provinciale e Arpa	Lido Mexico	Minturno	non rilevato alcun inquinamento in alto													Presenza di specie potenzialmente tossiche appartenenti al genere <i>Pseudo-nitzschia</i>
22/07/2009	3552	Intervento Polizia Provinciale e Arpa	Tra Monte d'Argento e Monte d'Oro	Minturno	schiuma			4870	899	19	230	1296	90	4,3				L'esame microscopico dei flocchi mucillinosi, di versipile natura organica, evidenzia una struttura a filamenti in cui si trovano adesi numerosi microrganismi ciliati e cellule fitoplanctoniche.
23/07/2009	3563	Intervento Arpa	Marina di Minturno	Minturno	ossigeno alto, acqua colorata verde (fioritura)													Massiva fioritura microalgale a carico di numerose specie non potenzialmente tossiche
26/07/2009	3619	Intervento Arpa	1400m. sx. Garigliano	Minturno	non rilevato alcun fenomeno di inquinamento in alto													La densità fitoplanctonica totale risulta comparabile con i valori medi stagionali lungo il tratto di costa interessato
27/07/2009	3640	Intervento Arpa	1400m sud-ovest Garigliano	Minturno	non rilevato alcun fenomeno di inquinamento in alto													La densità fitoplanctonica totale risulta comparabile con i valori medi stagionali lungo il tratto di costa interessato

Risultati analitici campioni prelevati p

PARAMETRI IN MATR											
DATA prelievo	NRG	Attività	Località	Comune	Descrizione fenomeno	FISICO-CHIMICI				MICROBIOLOGICI	
						T (° C)	OD(%)	pH	Sal (psu)	Enterococchi intestinali	Escherichia coli
08/06/2010	2604	Intervento Arpa	Foce Pontone	Formia	ossigeno alto, acqua colorata verde (fioritura)	22,5	126,0	8,2			
08/06/2010	2606	Intervento Arpa	Porticciolo Caposele	Formia	ossigeno alto, acqua colorata verde (fioritura)	22,0	123,0	8,1			
11/07/2010	3402	Intervento Guardia Costiera	Località Santo Janni	Formia	schiuma marrone e residui fecali				0	<10	
12/07/2010	3403	Intervento Arpa	Darsena Torre di Mola	Formia	agglomerato biancastro in superficie presumibilmente di natura oleosa						
19/07/2010	3555	Intervento Guardia Costiera	Porticciolo Caposele	Formia	presenza generica di rifiuti	28,3	116,0		100	410	
21/07/2010	3638	Intervento Arpa	Darsena Torre di Mola	Formia	acqua marrone con materiale sospeso e odore nauseabondo					>2000	
23/07/2010	3671	Intervento Guardia Costiera	Darsena Torre di Mola	Formia	acque reflue						
27/07/2010	3733	Intervento Arpa	Monte d'Oro (Gianola)	Minturno	schiuma marrone				2	30	
29/07/2010	3794	Intervento Guardia Costiera	Darsena Torre di Mola	Formia	inquinamento				>2000	>2000	
08/08/2010	3956	Intervento Guardia Costiera	Darsena Torre di Mola	Formia	macchia oleosa/idrocarburi						
08/08/2010	3957	Intervento Guardia Costiera	Lido La bussola	Formia	schiuma bianca				<10	<10	
20/08/2010	4256	Intervento Guardia Costiera	Darsena Torre di Mola	Formia	macchia oleosa/idrocarburi						
15/09/2010	4675	Intervento Arpa	Località "Villa Giovanni"	Formia	strie di schiuma marrone con aggregati filamentosi				160	31	

per controllo eventi straordinari - 2010

ANALISI ACQUA DI MARE										
CHIMICI								BIOLOGICI	OSSERVAZIONI MACROSCOPICHE / MICROSCOPICHE	
azoto totale (µg/L)	ammoniaca (µg/L)	azoto nitroso (µg/L)	azoto nitrico (µg/L)	fosforo totale (µg/L)	ortofosfato (µg/L)	tensioattivi anionici (MBAS) (mg/L)	Grassi e oli vegetali e animali (mg/L)	Indice di idrocarburi (mg/L)	Fitoplancton totale (cell/L)	
									2,38E+07	Si osserva la presenza di 2 specie di <i>Pseudo nitzschia</i> potenzialmente tossiche
									1,52E+07	Si osserva la presenza di 2 specie di <i>Pseudo nitzschia</i> potenzialmente tossiche
418	60	<6	130	<15	<15	<0,02				
							oli vegetali			
239	57	<6	67	116	<15					
	234	15		681	250					
	440	10	600	100						
184	<14	<6	13	<15	<15	<0,02				
2404	1796	9	560	300	203					
							assenza			
								<10	0,4	
1010	84	<6	nd	154	34	0,05				Campione torbido di colore biancastro. Presenza di frammenti di possibile origine vegetale e cellule fitoplanctoniche

PARAMETRI IN MATR										
DATA prelievo	NRG	Attività	Località	Comune	Descrizione fenomeno	FISICO-CHIMICI				MICROBIOLOGICI
						T (°C)	OD(%)	pH	Sal (psu)	Enterococchi intestinali
05/06/2011	2307	Intervento Arpa	Porto Romano	Formia	gruppo di escursionisti affetto da bolle e pruriti	24,0	110,5	7,9	31,1	
17/06/2011	2486	Intervento Guardia Costiera	Darsena Montesecco	Gaeta	sversamento idrocarburi					
17/06/2011	2487	Intervento Guardia Costiera	Darsena Montesecco	Gaeta	sversamento idrocarburi					
12/07/2011	2911	Intervento Arpa	Monte D'Argento	Minturno	macroalghe spiaggiate					
04/08/2011	3254	Intervento Guardia Costiera	Lido Vascello	Minturno	schiuma bianca					<10
10/08/2011	3313	Intervento Guardia Costiera	Lido tirreno	Formia	schiuma marrone					
10/08/2011	3405	Intervento polizia provinciale	Sbocco condotta Formia	Formia	schiume bianco giallastre					<10
10/08/2011	3404	intervento polizia provinciale	Monte D'Argento	Minturno	schiume bianco giallastre					10
11/08/2011	3428	Intervento Arpa	Spiaggia S. Agostino	Gaeta	schiuma marrone con aggregati					<10
11/09/2011	3877	Intervento Guardia Costiera	Darsena Torre di Mola	Formia	schiuma bianca, acqua torbida maleodorante e rifiuti solidi					

PROVE ACQUA DI MARE

BIOLOGICI		CHIMICI							BIOLOGICI		OSSERVAZIONI MACROSCOPICHE / MICROSCOPICHE	
<i>Escherichia coli</i>		azoto totale (µg/L)	ammoniaca (µg/L)	azoto nitroso (µg/L)	azoto nitrico (µg/L)	fosforo totale (µg/L)	ortofosfato (µg/L)	tensioattivi anionici (MBAS) (mg/L)	Grassi e oli vegetali e animali (mg/L)	Indice di idrocarburi (mg/L)	Fitoplankton totale (cell/L)	
										<0,1		Si segnala l'assenza di <i>Ostreopsis ovata</i>
										nd		Campione di acqua con frammenti di magroalga di colore rosso appartenenti al gruppo delle alghe rosse identificate come <i>Ceramium rubrum</i>
10		326	<14	<6	177	<15	<15	<0,02				
		360	<14	<6	35	<15	<15	<0,02				
<10		181	<14	<6	<6	<15	<15	<0,02				
42		582	<14	<6	39	165	<15	<0,02				
210		222	<14	<6	33	<15	<15	<0,02				
		812	<14	<6	166	83	<15	<0,02				

DATA prelievo	NRG	Attività	Località	Comune	Descrizione fenomeno	PARAMETRI IN MATR				MICROB
						T (°C)	OD(%)	pH	Sal (psu)	
										Enterococchi intestinali
10/05/2012	1501	Intervento Guardia Costiera	Rada Gaeta	Gaeta	agglomerato mucillaginoso giallo					
11/05/2012	1439	Intervento Guardia Costiera	Santojanni	Formia	schiuma gialla densa					
23/05/2012	1576	Intervento Guardia Costiera	Spiaggia S.Agostino	Gaeta	schiuma					
29/05/2012	1703	Intervento Arpa	Cantieri navali Parente	Formia	schiuma bianca con agglomerati marroni					410
26/06/2012	2163	Intervento Guardia Costiera	Località Santo Janni	Formia	schiuma marrone con acqua sporca e presenza rifiuti					
03/07/2012	2276	Intervento Guardia Costiera	Bancina caboto	Gaeta	liquido bianco e residui solidi					
07/08/2012	2732	Intervento Guardia Costiera	Lido Tortuga - Loc Santojanni	Formia	schiuma bianca					
07/08/2012	2736	intervento arpa con guardia costiera	Porto romano	Formia	agglomerato mucillaginoso, schiuma marrone e aggregati di materiale vegetale di acque dolci	28,1	99,0			<10
25/07/2012	2508	intervento Guardia Costiera	Spiaggia Ariana	Gaeta	nessuna indicazione					
30/07/2012	2600	Intervento Arpa	Lido Baia Mar	Formia	chiazze di agglomerati marroni e materiale vegetale di acqua dolce					<10
30/07/2012	2601	Intervento Arpa	1000m sx Fiume Garigliano	Minturno	frammenti di macroalghe presenti lungo tutto il litorale					
02/08/2012	2660	Intervento Arpa	Lido Sirene	Minturno	agglomerato mucillaginoso marrone					10

per controllo eventi straordinari - 2012

ANALISI ACQUA DI MARE												
BIOLOGICI		CHIMICI							BIOLOGICI		OSSERVAZIONI MACROSCOPICHE / MICROSCOPICHE	
<i>Escherichia coli</i>	azoto totale (µg/L)	ammoniacale (µg/L)	azoto nitroso (µg/L)	azoto nitrico (µg/L)	fosforo totale (µg/L)	ortofosfato (µg/L)	tensioattivi anionici (MBAS) (mg/L)	Grassi e oli vegetali e animali (mg/L)	Indice di idrocarburi (mg/L)	Fitoplancton totale (cell/L)		
											Presenza quasi esclusiva di polline di pino e semi di piante anemocore (pappi)	
											Presenza quasi esclusiva di polline di pino e semi di piante anemocore (pappi)	
		<14			<15		0,03					
99	824	98	<6	134	99	<15	0,11				Flocculi di materiale organico in decomposizione	
	1185	203	21	224	<15	<15	<0,02					
	1106	577	10	54	215	170	0,11					
	<100	<14	1,7	nd	<15	<15	0,2					
<10	1395	97	<6	<6	<15	<15					<p>Presenza di aggregati mucilluginosi di colore marrone-grigiastro, frammenti di piante di acqua dolce, foglie e insetti - Gli aggregati appaiono costituiti prevalentemente da materiale amorfo, verosimilmente di natura organica, che intrappola organismi planctonici e materiale inorganico. Si segnala la presenza della microalga potenzialmente tossica <i>Ostreopsis ovata</i></p> <p>Materiale degradato costituito da fibre vegetali con aggregati organismi microscopici marini, insetti e pollini di piante terrestri</p>	
10	400	<14	<6	24	<15	<15					Materiale organico in avanzato stato di decomposizione che intrappola organismi animali e vegetali (fitoplancton e zooplancton) - presenza di aggregati di colore marrone-grigiastro e di piante di acqua dolce	
	228	<14	<6	67	<15	<15					macroalghe in parte degradate probabilmente appartenenti alle rodofita - macroalghe di colore bianco rossastro	
<10	947	95	<7	35	468	<15					Aggregati composti presumibilmente da materiale organico degradato che include diversi microrganismi animali e vegetali - Agglomerato mucillaginosocolloidale con presenza di frammenti vegetali di acque dolci	

METADATI

Titolo: Stato dell'ambiente marino costiero del Golfo di Gaeta (LT). Dieci anni di monitoraggi: 2001-2011

Autore: Laura Aguzzi

Soggetto: acque marino-costiere e acque di balneazione, apporto di nutrienti, stato trofico e popolazioni fitoplanctoniche e zooplanctoniche

Descrizione: dati raccolti nel periodo 2001-2011, nell'ambito dei Programmi di monitoraggio delle acque marino-costiere e delle acque di balneazione, lungo le coste della regione Lazio, ed analizzati per tracciare un quadro dello stato di qualità dell'ecosistema marino costiero del Golfo di Gaeta, anche in relazione alla presenza di schiume, di mucillagini, di fenomeni di fioriture algali e di morie di pesci

Editore: ARPA Lazio

Data: 2012-10-11

Tipo: report ambientale

Formato: Microsoft Office Word

Identificatore: REPORT_2012_SLT.SRS.RI_01

Lingua: IT

Copertura: Italia, Lazio, Golfo di Gaeta, Formia, Minturno, lungomare Caboto 41°13,062000'N 13°34,297000'E, foce Garigliano 41°13,348853'N 13°45,653959'E, anni 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011

Gestione dei diritti: © ARPA Lazio – Rieti 2012. Riproduzione autorizzata citando la fonte.



ARPALAZIO

AGENZIA REGIONALE PROTEZIONE AMBIENTALE DEL LAZIO

Progetto Grafico e Impaginazione

STILGRAFICA s.r.l.

Via Ignazio Pettinengo, 31 - 00159 Roma - Tel. 06 43588200 - Fax 06 4385693

Giugno 2013

Report - Acqua