



# Qualità ambientale delle acque marine in Emilia-Romagna

Rapporto annuale 2011





Assessorato Ambiente e Riqualificazione Urbana



**Arpa**  
**Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente**  
**dell'Emilia-Romagna**  
**Struttura Oceanografica Daphne**



# **Qualità ambientale delle acque marine in Emilia-Romagna**

## **Rapporto annuale 2011**



Finito di stampare nel mese di ottobre 2012

Presso il Centro Stampa della Giunta Regionale



# SOMMARIO

<b>PRESENTAZIONE .....</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>3</b>
<b>1 QUADRO NORMATIVO.....</b>	<b>5</b>
<b>2 QUADRO CONOSCITIVO .....</b>	<b>7</b>
2.1 Il mare Adriatico: caratteristiche generali .....	7
2.2 La fascia costiera emiliano-romagnola .....	8
2.2.1 Le pressioni.....	8
2.2.2 La qualità delle acque marino costiere.....	10
2.2.3 La circolazione geostrofica e le discontinuità strutturali della fascia litoranea.....	10
2.2.4 I corpi idrici .....	13
<b>3 METODICHE DI CAMPIONAMENTO E DI ANALISI.....</b>	<b>15</b>
3.1 Metodi di campionamento.....	15
3.1.1 Prelievo acqua.....	15
3.1.1.a Prelievo dei campioni per l'analisi quali-quantitativa del fitoplancton .....	15
3.1.1.b Raccolta e trattamento dei campioni per la determinazione dei sali nutritivi .....	15
3.1.1.c Prelievo dei campioni per le indagini chimiche.....	15
3.1.2 Prelievo sedimento.....	16
3.1.2.a Prelievo per l'analisi quali-quantitativa del macrozoobenthos .....	16
3.1.2.b Prelievo per le indagini chimiche e chimico fisiche .....	16
3.1.3 Determinazioni parametri chimico-fisici e biologici colonna d'acqua .....	17
3.2 Metodi analitici .....	18
3.2.1 Matrice acqua.....	18
3.2.1.a Ricerca microinquinanti organici e inorganici.....	18
3.2.1.b Determinazione dei sali nutritivi .....	19
3.2.1.c Analisi quali-quantitativa del Fitoplancton .....	19
3.2.2 Matrice sedimento.....	20
3.2.2.a Indagini chimico/fisiche .....	20
3.2.2.b Ricerca microinquinanti organici e inorganici.....	20
3.2.2.c Indagini ecotossicologiche .....	21
3.2.2.d Analisi quali-quantitativa del macrozoobentos.....	22
3.2.3 Matrice Biota .....	22
3.2.3.a Determinazione del bioaccumulo di microinquinanti organici e inorganici.....	22
3.2.4 Indagini Meteo-marine.....	22
<b>4 LO STATO TROFICO .....</b>	<b>23</b>
4.1 Rete di monitoraggio .....	23
4.1.1 Parametri e frequenza di campionamento .....	26
4.2 Rassegna degli eventi eutrofici del litorale emiliano-romagnolo .....	28
4.3 Elaborazione bollettino.....	40
4.4 Monitoraggio e risultati.....	42
4.4.1 Parametri idrologici .....	42
4.4.1.a Temperatura.....	42
4.4.1.b Salinità.....	44
4.4.1.c Ossigeno disciolto .....	49

4.4.1.d	Clorofilla "a"	52
4.4.2	Elementi nutritivi	56
4.4.2.a	Azoto nitrico (N-NO <sub>3</sub> )	56
4.4.2.b	Azoto nitroso (N-NO <sub>2</sub> )	59
4.4.2.c	Azoto ammoniacale (N-NH <sub>3</sub> )	62
4.4.2.d	Azoto inorganico disciolto (DIN)	65
4.4.2.e	Azoto totale (N tot)	67
4.4.2.f	Fosforo reattivo (P-PO <sub>4</sub> )	69
4.4.2.g	Fosforo totale (P tot)	73
4.4.2.h	Silice reattiva (Si-SiO <sub>2</sub> )	78
4.4.2.i	Rapporto N/P (frazione solubile)	80
<b>4.5</b>	<b>Definizione dello Stato Trofico</b>	<b>81</b>
4.5.1	Approccio metodologico di sviluppo e applicazione dell'Indice Trofico ( TRIX )	81
4.5.2	Indice di Torbidità (TRBIX)	85
<b>5</b>	<b>LO STATO DI QUALITÀ AMBIENTALE</b>	<b>89</b>
<b>5.1</b>	<b>Rete di monitoraggio</b>	<b>90</b>
<b>5.2</b>	<b>Analisi dei risultati</b>	<b>93</b>
5.2.1	Elementi di Qualità Biologica (EQB)	93
5.2.1.a	Fitoplancton	93
5.2.1.b	Macrozoobenthos	103
5.2.2	Elementi di qualità chimico-fisica e idromorfologici	112
5.2.2.a	Elementi di qualità chimico-fisica	112
5.2.2.b	Elementi di qualità idromorfologica e fisico-chimici dei sedimenti	121
5.2.3	Inquinanti specifici non appartenenti all'elenco di priorità	123
5.2.3.a	Sostanze ricercate nell'acqua	123
5.2.3.b	Sostanze ricercate nei sedimenti	123
5.2.4	Inquinanti specifici appartenenti all'elenco di priorità	127
5.2.4.a	Sostanze ricercate nell'acqua	127
5.2.4.b	Sostanze ricercate nel sedimento	127
5.2.4.c	Sostanze ricercate nel biota	132
5.2.5	Test ecotossicologici	132
5.2.6	Direzione e altezza onde	133
<b>6</b>	<b>RETE DI MONITORAGGIO VITA MOLLUSCHI</b>	<b>135</b>
<b>7</b>	<b>EMERGENZE E ANOMALIE AMBIENTALI</b>	<b>137</b>
<b>7.1</b>	<b>Spiaggiamento di tartarughe</b>	<b>137</b>
<b>7.2</b>	<b>Proliferazione macroalghe</b>	<b>138</b>
<b>7.3</b>	<b>Formazione di schiume</b>	<b>139</b>
<b>7.4</b>	<b>Presenza di meduse</b>	<b>140</b>
<b>7.5</b>	<b>Fioriture di Fibrocapsa japonica</b>	<b>141</b>

## **HANNO CONTRIBUITO:**

### **Parametri chimico-fisici delle acque:**

Margherita Benzi  
Cristina Mazziotti  
Sandro Tarlazzi  
Enza Bertaccini

### **Determinazione della biomassa fitoplanctonica:**

Claudio Silvestri  
Cristina Mazziotti

### **Determinazione macrozoobenthos:**

Cristina Mazziotti  
Luca Vignoli

### **Analisi dei nutrienti e granulometria:**

Paola Martini  
Sandro Tarlazzi  
Enza Bertaccini

### **Indagini ecotossicologiche:**

Cristina Mazziotti  
Paola Martini  
Margherita Benzi

### **Determinazione dei microinquinanti**

Laboratori integrati delle Sezioni Provinciali Arpa di Ferrara e Ravenna

### **Stesura testo, elaborazione grafica e statistica:**

Margherita Benzi  
Patricia Santini  
Stefano Serra  
Cristina Mazziotti  
Claudio Silvestri  
Carla Rita Ferrari

### **Segreteria organizzativa:**

Alessandra Tinti

*Struttura Oceanografica Daphne*

*Arpa - Emilia-Romagna*

*V.le Vespucci, 2 - 47042 Cesenatico FC*

*[daphne@arpa.emr.it](mailto:daphne@arpa.emr.it) <http://www.arpa.emr.it/daphne/>*

Si ringraziano per la collaborazione Pagan Dino e Papperini Marco, rispettivamente Comandante e Motorista del Battello Oceanografico "Daphne II".



## **PRESENTAZIONE**

La Regione Emilia-Romagna rinnova il suo impegno nella comunicazione ambientale attraverso la divulgazione dei dati acquisiti dalla Struttura Oceanografica Daphne facente capo all'Arpa Emilia-Romagna. Il rapporto annuale 2011 sullo stato delle acque marine, rappresenta il risultato di un impegnativo lavoro applicato all'Adriatico nord-occidentale a conferma del forte impegno che questa Regione da anni dedica alle attività di studio e di monitoraggio dello stato ambientale del proprio ecosistema marino. Dal quadro delle conoscenze acquisite emerge come il fenomeno della eutrofizzazione rappresenta un problema ricorrente con eccessi che in particolari momenti possono generare condizioni distrofiche. Il 2011 ha evidenziato come i blooms microalgali siano stati innescati e sostenuti prevalentemente da apporti dal bacino padano, segno che devono essere sostenute con forza le necessarie azioni capaci di garantire il raggiungimento degli obiettivi ambientali richiesti dalla Direttiva Quadro sulle Acque. La riduzione della quantità degli elementi eutrofizzanti, considerati non tanto come esclusiva causa del fenomeno dell'eutrofizzazione ma come fattori sui quali è tecnicamente possibile intervenire, resta l'obiettivo generale nella strategia di intervento. Altro dato importante che emerge dalle attività di monitoraggio è la conferma che l'area marino costiera dell'Emilia-Romagna non presenta situazioni di inquinamento da microinquinanti nell'acqua, nel sedimento e nel biota. Resta comunque inteso che su tali matrici l'attenzione deve essere mantenuta alta al fine di mitigare lo stato di inquinamento ed evitare danni collaterali.

Il presente Rapporto contiene la distribuzione spaziale e temporale delle fenomenologie e le tendenze nel lungo periodo dei vari parametri rilevati; informazioni importanti sia per misurare l'efficacia delle azioni intraprese che per attuare una corretta comunicazione. Questo approccio ha sempre contraddistinto l'attività della Regione e della Struttura Oceanografica Daphne. Tra i tanti merita di essere ricordato il bollettino settimanale emesso in tempo reale su internet. Un lavoro impegnativo che pone sul tavolo delle conoscenze un corposo pacchetto di informazioni la cui utilità, come già riportato sopra, travalica gli aspetti informativi rivolti al mondo della ricerca e agli organismi tecnici preposti al controllo del territorio. Un utile insieme di riferimenti che possono consentire alle Pubbliche Amministrazioni una più mirata pianificazione degli interventi da attuare e di valutarne nel tempo l'efficacia. Per quanto concerne la condizione di carattere generale sullo stato ambientale delle nostre acque costiere nei primi sei mesi del 2011 si sono manifestati fenomeni eutrofici su vaste aree dell'Adriatico nord-occidentale, passata la stagione estiva il fenomeno si è ripresentato nell'ultimo trimestre dell'anno. Condizioni di ipossia-anossia nelle acque di fondo si sono verificate in diverse aree antistanti la nostra costa anche se la breve durata dei fenomeni non ha compromesso lo stato qualitativo delle acque.

Ancora una volta si sottolinea che l'obiettivo da perseguire va per lo più ricondotto alla ulteriore riduzione su scala di bacino padano delle sostanze ad effetto eutrofizzante. Occorre perseverare con decisione sulla strada intrapresa facendo tesoro dello straordinario patrimonio di conoscenze nel tempo acquisite.

**Sabrina Freda**

Assessore Ambiente e Riqualificazione Urbana  
Regione Emilia-Romagna



## INTRODUZIONE

La Struttura Oceanografica Daphne ritiene utile documentare quanto emerso dalle attività di studio e monitoraggio effettuato in una parte significativa dell'Adriatico nord-occidentale. Ecco quindi che ripropone anche per il 2011 il presente Rapporto. La disamina dei parametri indicatori di stato ambientale, le loro tendenze nel tempo e nello spazio, gli impatti ambientali ad essi collegati rappresentano i principali *focus* presi in considerazione. Tra tutti si ricordano le anomale colorazioni delle acque, gli stati di sottosaturazione di ossigeno disciolto nelle acque di fondo, le morie di organismi bentonici. Una visione quindi molto settoriale, specialistica che ha nel tempo impresso alla nostra Struttura una forte caratterizzazione verso quei settori connessi ai fenomeni di eutrofizzazione e ai rapporti causa-effetto degli elementi scatenanti.

Da 2 anni il rapporto annuale si è evoluto con altri contenuti, connessi allo stato ambientale della fascia di mare della nostra Regione, soprattutto in risposta alle normative emanate.

In particolare alla normativa regionale essendo i fenomeni eutrofici il problema principale del sistema marino costiero regionale, alla cui conoscenza e controllo la Struttura Daphne concentra maggiormente le proprie attenzioni e alla normativa nazionale sui livelli di inquinamento delle matrici acqua, sedimenti e biota con l'intento di definirne lo Stato di Qualità Ambientale attraverso una analisi integrata degli elementi biologici, idromorfologici e fisico-chimici. Una visione quindi che tende ad avvicinarsi ad un approccio conoscitivo sempre più ecosistemico. Il tutto anche in ottemperanza a nuove normative emanate nei settori inerenti le acque marine che pongono nuovi criteri di valutazione dello stato ecologico con l'obiettivo, non secondario, di avviare fasi di recupero e di mitigazione di situazioni compromesse dalle pressioni antropiche.

Allo scopo di conservarne la memoria, vengono altresì rappresentati e descritti in sintesi quegli eventi che potremmo definire in maniera generica come "anomalie ambientali". Nel 2011 si sono distinti a tal riguardo: spiaggiamento per basse temperature delle acque di tartarughe *Caretta caretta* e una proliferazione di macroalghe verdi appartenenti alla specie *Enteromorpha multiramosa* e di macroalghe rosse, sferiche della specie *Aglaothamnion tenuissimum*. Presenza a giugno-luglio di banchi di meduse della specie *Aurelia aurita*, specie non urticante ad ampia diffusione. Nella seconda metà di agosto si sono verificate sciamature della cubomedusa urticante *Carybdea marsupialis*.

Ma il fenomeno più eclatante si è manifestato tra la fine di settembre e la prima decade di ottobre, con la formazione di una cospicua quantità di materiale schiumoso in superficie composto da sostanze organiche generate da microalghe (Diatomee).

Senza scendere in dettagli, in quanto ampiamente descritti nei paragrafi di riferimento, è da evidenziare che tali eventi hanno in genere un forte impatto sui media, sull'opinione pubblica e sui portatori di interesse coinvolti nelle attività turistico-balneari. È importante in questi casi dare risposte sul fenomeno in atto, spiegarne le cause. La mancanza di un rapporto diretto e trasparente porta in questi casi a una esasperante impennata di ipotesi e scenari inutilmente allarmistici.

Complessivamente le uscite giornaliere del Battello Oceanografico "Daphne II" nel 2011 sono state 131.



## 1 QUADRO NORMATIVO

La Regione Emilia-Romagna, con la L.R.39/78, promuove le iniziative atte a ricercare le cause di degrado ambientale e ad individuare i mezzi più idonei al progressivo miglioramento della situazione relativa a fenomeni di eutrofizzazione del mare Adriatico.

La motonave "Daphne", al pari dei mezzi mobili di rilevamento dell'inquinamento e delle reti provinciali di controllo ambientale, è inserita nella struttura regionale dei sistemi di controllo previsto dalla L.R.19/75.

L'uso della motonave è finalizzato alle campagne di ricerca per lo studio dei fenomeni riguardanti l'inquinamento, l'eutrofizzazione per la parte interessante il territorio regionale, nonché per rilievi batimetrici e correntometrici e per studi comunque attinenti il rilevamento e la determinazione di parametri connessi con i predetti fenomeni.

La L.R.44/95 ha istituito l'Agenzia Regionale per la Prevenzione e l'Ambiente (Arpa) dell'Emilia-Romagna e ne disciplina l'organizzazione e il funzionamento. Riorganizza inoltre le strutture preposte ai controlli ambientali e alla prevenzione collettiva.

Con l'istituzione di Arpa Emilia-Romagna, la motonave "Daphne" ne diviene parte integrante ed acquisisce finalità di ricerca per lo studio del mare Adriatico.

Una profonda riforma del sistema regionale e locale avviene con la L.R.3/99.

Nello specifico delle competenze ambientali, sono definite le funzioni attribuite alla Regione e i compiti trasferiti, delegati o comunque attribuiti alle Province e agli Enti locali.

All'art. 120 della L.R. 3/99 la competenza relativa alla "protezione dell'ambiente costiero" viene attribuita alle Province che, in collaborazione con i competenti organismi statali e avvalendosi dell'Arpa, svolgono compiti di protezione e osservazione delle zone costiere e il monitoraggio sullo stato di inquinamento ed eutrofizzazione delle medesime zone.

Con il D.Lgs152/06 (che recepisce la direttiva 2000/60/CE e abroga integralmente il precedente D.Lgs152/99) vengono ridefinite le modalità con cui effettuare la classificazione dello stato di qualità dei corpi idrici. In particolare, per le acque marino-costiere sono previsti nuovi elementi per la definizione dello Stato Ecologico e la ricerca di contaminanti inorganici e organici nella matrice acqua per la definizione dello Stato Chimico. Il D.Lgs152/06 vede la piena applicazione con l'entrata in vigore del D.56/09, nel quale vengono definiti i criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del D.Lgs.152/06, art.75, comma 3. Il D.56/09 all'All.1 definisce le modalità per il monitoraggio dei corpi idrici individuando gli elementi qualitativi per la classificazione dello stato ecologico e dello stato chimico inoltre, abroga e sostituisce quanto riportato nel D.M.367/03 alla tab.2 e all' All.1 del D.Lgs152/06.

Un altro decreto attuativo del D.Lgs152/06, precedente al D.56/09, è il D.M. 131/08 recante i criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici per la modifica delle norme tecniche del D.Lgs152/06, art.75, comma 4. Tale decreto definisce le metodologie per l'individuazione di tipi per le diverse categorie di acque superficiali (tipizzazione), l'individuazione dei corpi idrici superficiali e l'analisi delle pressioni e degli impatti.

La Regione Emilia-Romagna con Delibera di Giunta n. 350/10 dell'8 febbraio 2010 ha approvato le attività svolte per l'implementazione della D.2000/60/CE ai fini dell'adozione dei Piani di gestione dei Distretti idrografici Padano, Appennino settentrionale e Appennino centrale approvando le procedure, i criteri metodologici e le risultanze delle attività di

tipizzazione, individuazione e caratterizzazione dei corpi idrici e di definizione della rete di monitoraggio e i relativi programmi di monitoraggio.

Il D.260/10 recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali sempre predisposto ai sensi del D.Lgs152/06, art.75, comma 3, definisce le modalità per la classificazione dei corpi idrici da effettuare al termine del ciclo di monitoraggio.

La Direttiva 2008/56/CE (*Marine strategy*), recepita in Italia con il D.Lgs 190/10, istituisce un quadro all'interno del quale gli Stati membri adottano le misure necessarie per mantenere o conseguire un buono stato ecologico dell'ambiente marino entro il 2020.

Il perseguimento o mantenimento di tale obiettivo deve avvenire attraverso l'elaborazione e l'attuazione di strategie finalizzate a proteggere e preservare l'ambiente marino, a prevenirne il degrado oltre che a ridurre gli apporti di inquinanti nell'ambiente marino stesso.

Le strategie adottate devono applicare un approccio ecosistemico alla gestione delle attività umane, assicurando che la pressione collettiva di tali attività sia mantenuta entro livelli compatibili con il conseguimento di un buono stato ecologico e che la capacità degli ecosistemi marini di reagire ai cambiamenti indotti dall'uomo non sia compromessa.

## 2 QUADRO CONOSCITIVO

### 2.1 IL MARE ADRIATICO: CARATTERISTICHE GENERALI

L'Adriatico ha un'estensione di 132.000 km<sup>2</sup>, con una superficie pari ad 1/19 di quella del Mediterraneo (2.504.000 km<sup>2</sup>). Ha un volume di 36.000 km<sup>3</sup> corrispondente a 1/103 dell'intera massa acqua mediterranea (3.700.000 km<sup>3</sup>). Straordinaria è la quantità di acque dolci che in esso si immettono, pur essendo un bacino di modeste dimensioni riceve 1/3 di tutti gli apporti fluviali confluenti nel Mediterraneo (il Mar Nero non è compreso in queste valutazioni).

Presenta una forma allungata secondo un asse principale orientato in direzione Nord Ovest–Sud Est. Ha una lunghezza di circa 800 km e una larghezza massima di 220 km. Ricorda un lungo e stretto golfo, chiuso a nord in corrispondenza del Golfo di Trieste ed aperto verso sud, che comunica con il Mar Ionio attraverso il Canale d'Otranto largo appena 74 km. L'Adriatico presenta scarse profondità nella parte settentrionale, sul transetto Rimini-Pola (Croazia) si raggiungono a malapena i 50 m, più a sud, al traverso di Pescara, si trova una depressione, la Fossa di Pomo, che raggiunge i 238 m. La profondità massima di 1200 m si rileva però nella parte meridionale del bacino al largo di Bari. La pendenza dei fondali prospicienti l'Emilia Romagna è molto lieve, soprattutto se si considera che la profondità oltre ad 1 Km dalla costa aumenta di un metro ogni chilometro.

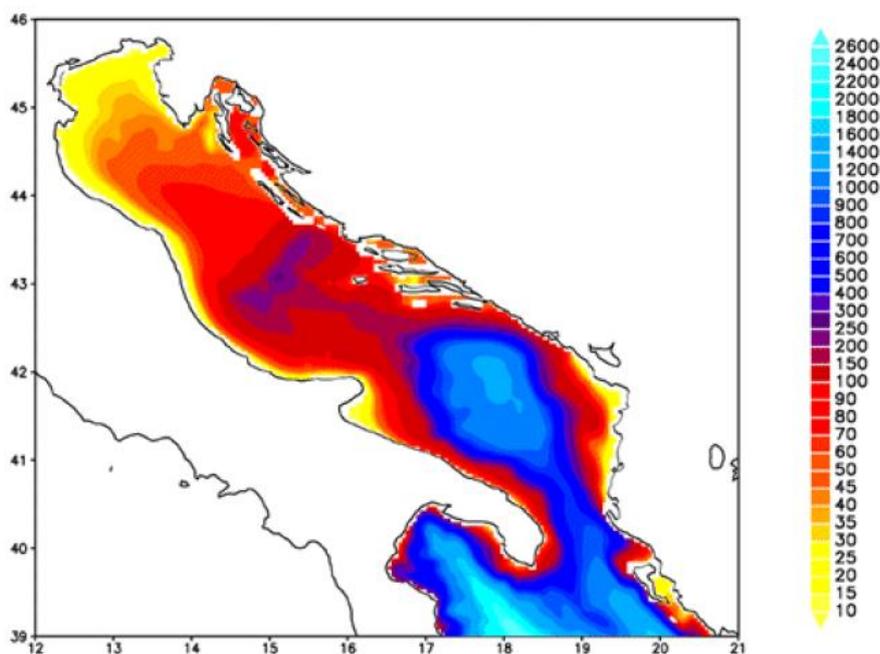


Figura 1 - Rappresentazione morfologica e batimetrica del mare Adriatico.

Nella parte alta del bacino si riversano importanti fiumi che nel loro insieme rappresentano il reticolo drenante del Bacino Padano; una vasta valle compresa tra le Alpi a nord e la Catena Appenninica a sud. Nell'arco di costa nord–occidentale troviamo infatti le foci dell'Isonzo, del Tagliamento, del Piave, del Brenta, dell'Adige, del Po e del Reno. Il Po, il primo fiume italiano per lunghezza e portata (675 km di lunghezza e con portata media annuale di circa 1500 m<sup>3</sup>/sec), termina la sua corsa verso il mare in un delta formato da 5 diramazioni

principali. Il trasporto solido del Po ha nel tempo generato una vasta area deltizia il cui territorio protende verso est per circa 23 km.

Le coste si presentano basse, regolari e sabbiose su gran parte del versante italiano mentre su quello orientale si ha una costa alta, frastagliata e rocciosa. I fondali dell'Adriatico nord-occidentale sono formati da materiale sedimentario a granulometria fine (sabbie, limi e argille). Sulla direttrice che attraversa l'Adriatico da costa a costa, incontriamo una stretta fascia litoranea sabbiosa la cui larghezza media può essere compresa tra 1 e 2 km. Quindi, in rapida successione, troviamo sabbie che si arricchiscono progressivamente di frazioni pelitiche (limo e argille) via via crescenti fino a 5–6 km dalla costa. Da questa distanza fino a 45-50 km la componente sabbiosa scompare per lasciare il posto ai soli fanghi. Questa larga fascia sedimentaria pelitica è originata principalmente dagli apporti di materiali fini portati in sospensione dal Po e dagli altri fiumi e diffusi dalle correnti marine che tendono a convogliarli verso sud-est. L'area più estesa occupata dalle peliti si trova nella zona prospiciente al suo delta e continua poi parallelamente alla costa, per buona parte della lunghezza dell'Adriatico. Superata la fascia occupata dai fanghi, sempre procedendo lungo la direttrice verso il versante orientale, ritroviamo ancora sedimenti pelitico-sabbiosi per una larghezza di diversi chilometri e quindi sabbie fino ad arrivare alla costa croata.

Il Po è il motore principale della circolazione delle acque del nord Adriatico. Con i suoi apporti di acqua dolce esercita una forte diluizione della salinità delle acque della zona costiera e induce una accelerazione che produce in generale correnti verso sud. Tale direzione prevalente delle correnti è rafforzata dai venti prevalenti di Bora (Nord-Nord orientale). La corrente verso sud dell'Adriatico Occidentale è chiamata Corrente Costiera dell'Adriatico Occidentale (WACC), i cui massimi di corrente non si rilevano lungo la costa ma su una batimetria di 20–30 metri, circa 20–30 Km da costa. Questa fa sì che si formino delle zone di “ricircolo” ovvero di corrente vicino a costa con direzione verso nord.

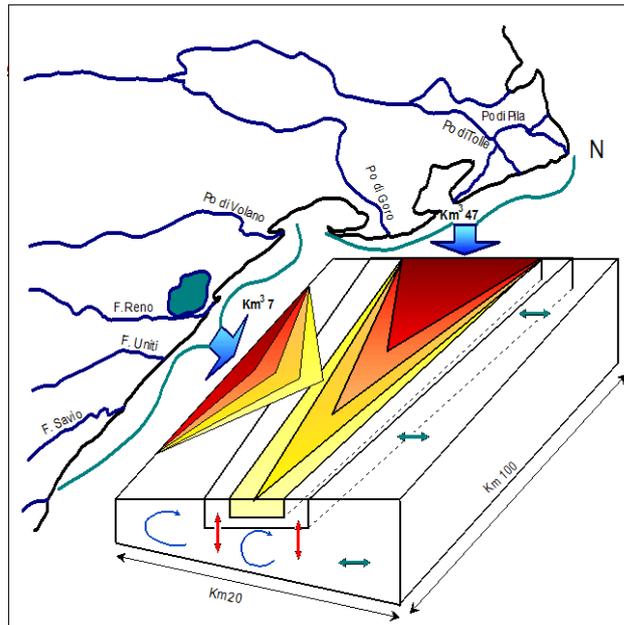
La variabilità delle correnti costiere indotte dai gradienti termici e associata alla salinità dell'acqua è molto accentuata nella zona a nord di Ravenna, mentre la zona sud è caratterizzata da correnti pressoché permanenti verso sud.

## **2.2 LA FASCIA COSTIERA EMILIANO-ROMAGNOLA**

### **2.2.1 Le pressioni**

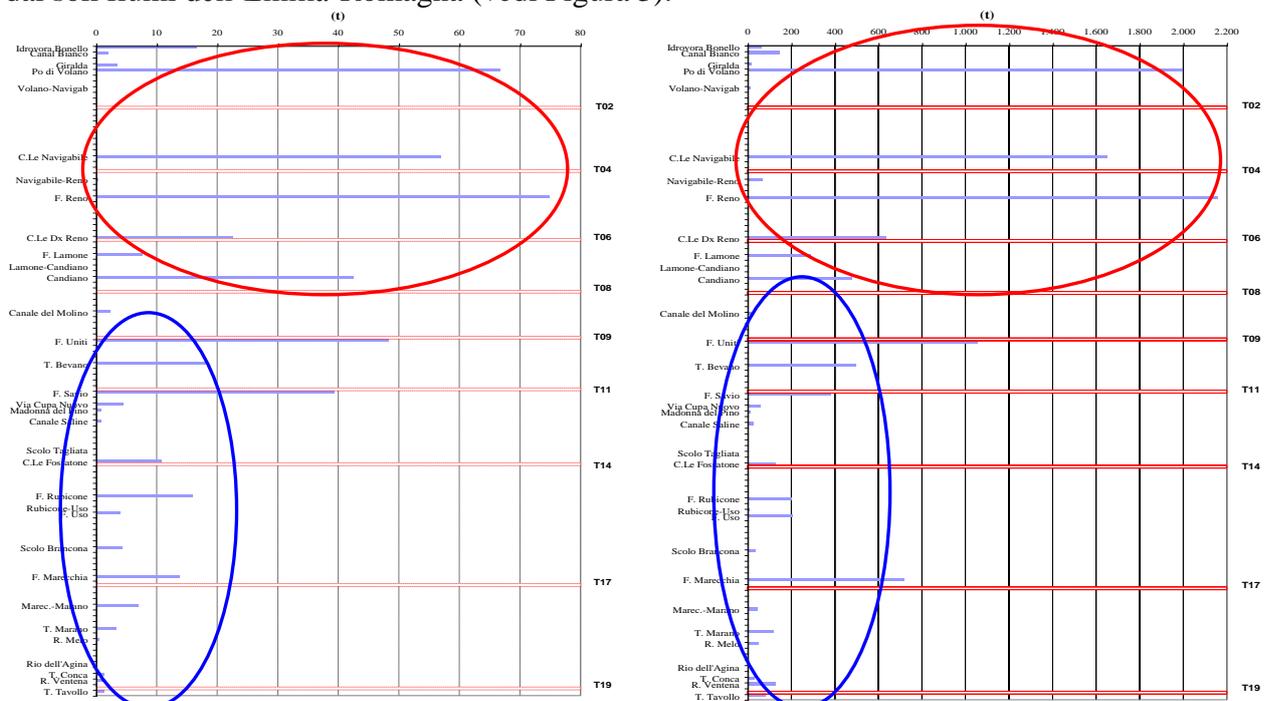
I processi di eutrofizzazione che da diversi anni affliggono la fascia costiera dell'Emilia-Romagna provocando impatti negativi oltre che sugli equilibri ambientali dell'ecosistema bentico anche su due importanti settori dell'economia regionale e nazionale quali turismo e pesca, rappresentano il problema principale dell'alterazione degli equilibri ambientali delle acque costiere.

Le zone prospicienti al delta del Po e la costa emiliano romagnola, essendo investite direttamente dagli apporti del bacino idrografico padano nonché dagli apporti dei bacini costieri, sono maggiormente interessate a processi di eutrofizzazione. L'influenza e l'effetto dell'apporto veicolato dal fiume Po sull'area costiera, si evidenziano considerando anche il valore di salinità che si abbassa notevolmente lungo la fascia costiera rispetto al mare aperto; inoltre la grande massa di acqua dolce immessa dal fiume Po (1500 m<sup>3</sup>/sec come media annuale nel lungo periodo e 1358 m<sup>3</sup>/sec come media annuale nel 2011), rappresenta il motore e l'elemento caratterizzante del bacino dell'Adriatico nord-occidentale, in grado di determinare e condizionare gran parte dei processi trofici e distrofici nell'ecosistema costiero (Figura 2).



**Figura 2 - Modello di distribuzione del gradiente degli inquinanti e dei fattori nutritivi veicolati dal bacino Padano e dai bacini costieri**

Dall'analisi dei contributi di provenienza regionale di azoto e fosforo, emerge che la zona costiera individuata tra il delta del Po e Ravenna riceve un contributo equivalente a 7500 ton/anno di azoto e 294 ton/anno di fosforo. Questi rappresentano, rispettivamente, il 66.5 e il 62.2 % del carico totale annuale di questi due elementi sversati dall'insieme dei bacini fluviali della Regione (da Idrovora Bonello al Tavollo). Questi carichi non considerano il contributo che deriva dalla restante parte del bacino padano che supera di gran lunga l'apporto sversato dai soli fiumi dell'Emilia-Romagna (vedi Figura 3).



**Figura 3 - Carichi di fosforo (diagramma a sinistra) e di azoto (diagramma a destra) sversati dalle varie immissioni lungo la costa-totale annuo**

### **2.2.2 La qualità delle acque marino costiere**

Le attività di monitoraggio attuate a frequenza settimanale dal 1980 hanno consentito di delineare la distribuzione lungo la costa degli elementi eutrofizzanti e degli effetti distrofici conseguenti, discriminando le aree maggiormente interessate dai processi eutrofici, anossici e ipossici che mostrano una grande variabilità stagionale.

Nelle stagioni di autunno, inverno e primavera la fascia costiera risulta divisa in due parti. Lo dimostrano le distribuzioni spaziali, da costa fino a 10 km verso il largo, di salinità, nitrati, considerati come traccianti, e di clorofilla "a" e indice trofico TRIX quali indicatori rispettivamente di biomassa microalgale e di stato trofico.

La prima parte corrisponde alla zona settentrionale dove le concentrazioni di nutrienti assumono valori più elevati rispetto alla zona centro-meridionale. La seconda, che si estende da Ravenna a Cattolica, presenta condizioni di stato ambientale che tendono ad uniformarsi per quanto riguarda gli indicatori di stato trofico, ma con valori più bassi rispetto alla zona settentrionale.

Nel periodo estivo, con la riduzione degli apporti dal bacino padano ed in seguito alla modificazione della circolazione delle masse d'acqua, il miglioramento dello stato qualitativo ambientale interessa anche le zone del ferrarese, mentre i processi eutrofici si localizzano nella zona a ridosso del delta del fiume Po.

L'area settentrionale dell'Emilia-Romagna è soggetta maggiormente allo sviluppo di stati anossici/ipossici nel periodo estivo/autunnale rispetto alla restante area costiera. Infatti la formazione di anossie negli strati prossimi al fondale è in stretta correlazione con la biomassa microalgale e alle condizioni al contorno favorevoli, rappresentate da scarsa dinamicità delle masse d'acqua e da situazioni meteo-marine stabili.

In altre parole poiché nella parte settentrionale, Goro-Ravenna le manifestazioni di stato eutrofico e di fioriture microalgali sono più marcate, anche gli eventi distrofici conseguenti si manifestano più frequentemente.

Il D.Lgs 260/10 riporta tra i criteri tecnici per la classificazione dello stato ecologico, sulla base degli elementi di qualità fisico-chimica e idromorfologica a sostegno, l'Indice Trofico medio annuale (TRIX), questo per la fascia costiera emiliano romagnola rimane un importante indicatore.

Sulla base di tale indicatore e del sistema di classificazione previsto dal D.Lgs152/99, la zona settentrionale della costa nel corso degli anni è stata valutata come "Mediocre/Scadente" (valori di TRIX tra 4-5 Buono, 5-6 Mediocre, 6-8 Scadente), mentre quella meridionale prevalentemente con stato ambientale "Buono". La parte centrale della costa invece oscillava tra le due condizioni di cui sopra in funzione dello stato di trofia e dell'andamento delle condizioni meteo-marine.

### **2.2.3 La circolazione geostrofica e le discontinuità strutturali della fascia litoranea**

In una zona costiera dove l'influenza degli apporti fluviali è dominante e la stratificazione in temperatura è rilevante, l'informazione del campo di temperatura e salinità può essere tradotta in quella del campo di velocità associato alle correnti cosiddette "geostrofiche". La parola viene dal greco e significa "terra che gira": infatti per ottenere una relazione tra temperatura, salinità e correnti si suppone che i gradienti di questi due parametri inducano un campo di velocità che risente degli effetti della rotazione terrestre. Questo bilancio impone che nell'emisfero nord la circolazione sia antioraria attorno alle zone di bassa pressione, ovvero

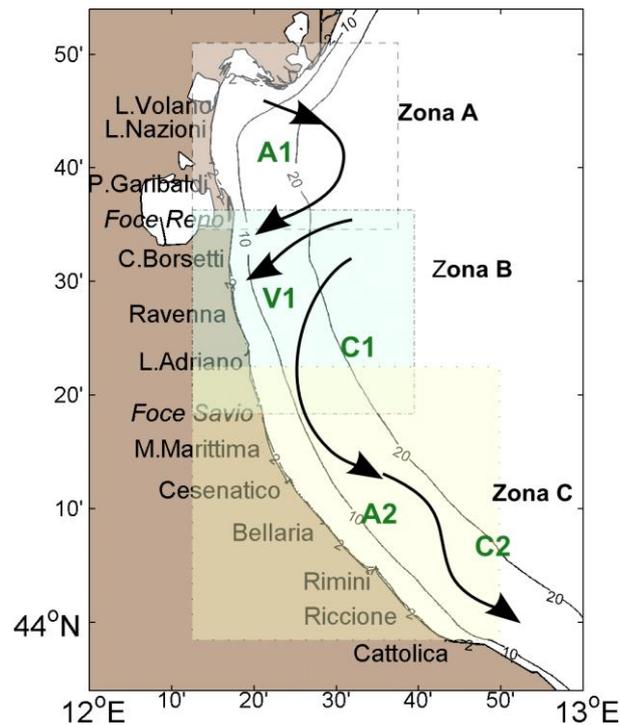
ciclonica, mentre al contrario attorno alle zone di alta pressione la circolazione sia oraria, ovvero anticiclonica.

La struttura più importante che emerge per tutti i mesi, anche se con diversa intensità, è una separazione netta dei regimi di circolazione tra la regione a nord e a sud dell'area tra Ravenna e Lido Adriano. In generale si può dire che la circolazione a nord di Ravenna è molto variabile durante l'anno e si riversa in direzione tra l'inverno e l'estate, mentre a sud la corrente è pressoché invariata in direzione durante l'anno ed è generalmente verso sud. Nella regione centrale attorno a Ravenna le correnti possono essere deboli e verso il largo (come nel caso di gennaio e dicembre) o deboli ma verso costa (come nel caso di settembre e ottobre).

La circolazione a Nord di Ravenna è caratterizzata da un campo di velocità diretto verso il largo sotto la foce del Po (nella zona antistante il Lido di Volano e il Lido delle Nazioni) che si richiude a nord di Ravenna con correnti verso costa. Queste due correnti opposte sono generalmente disconnesse ma ci sono mesi, quali quelli di aprile, maggio, giugno, dove si può chiaramente vedere che le correnti verso il largo e verso costa si connettono, quasi chiudendosi ad anello, producendo lungo la batimetria dei 10-20 metri una corrente verso sud. Questo anello è comunemente chiamato in oceanografia vortice ed in particolare in questo caso, vortice anticiclonico; non è sempre presente e la circolazione mostra cambiamenti repentini di direzione nei vari mesi. Tra febbraio e marzo la corrente in questa area ha direzioni opposte, indicando ancora una volta un regime idrodinamico assai variabile ed instabile.

Data l'importanza che questo tipo di circolazione può avere sui fenomeni eutrofici della zona costiera è necessario concentrarsi sulla circolazione dei mesi estivi di luglio, agosto e settembre. A luglio e settembre le correnti sono generalmente prossime alla costa e limitano, verso costa, una zona di alta temperatura e bassa salinità che può condurre a fenomeni distrofici, non rari in queste aree. Questa circolazione può essere vista come il bordo del vortice che è però così accostato che non riesce a chiudersi lungo la costa e tende a confinare le acque calde e poco salate; la circolazione in agosto è leggermente più "aperta" ovvero di scambio tra la costa ed il mare aperto anche se persiste una condizione di confinamento delle acque di tipo fluviale e ad alta temperatura verso la costa.

Nella zona a sud di Ravenna e Lido Adriano le correnti sono generalmente verso sud e dell'ordine di 5-10 cm/sec tutto l'anno. È questa un segmento della famosa corrente del nord Adriatico (WACC) che persiste tutto l'anno raggiungendo la massima intensità tra novembre e gennaio. Questo segmento di corrente è disconnesso dalla circolazione a nord di Ravenna eccetto che in novembre, settembre, agosto, giugno e febbraio, dove sembra formare una unica struttura a curve alternanti (o meandri), occludendo da un certo punto di vista la zona costiera dagli scambi con il mare aperto. Nella stessa area a sud di Ravenna vi sono mesi dove la componente della corrente lungo costa è decisamente molto debole (marzo e luglio) mentre la componente perpendicolare alla costa è molto forte come nel caso di maggio, luglio, agosto e settembre.



**Figura 4 - Schema della circolazione climatologica dell'Emilia Romagna alla superficie**

Questa circolazione è indicativa di dinamiche di 'downwelling' lungo la costa, tipiche del regime di venti di questa area. Infatti il vento di Bora induce fenomeni di accumulo delle acque verso costa, seguiti da processi di sprofondamento e conseguente movimento verso il largo delle acque sul fondo.

In conclusione, lo schema riportato in Figura 4 mette in rilievo chiaramente che la zona costiera dell'Emilia Romagna è caratterizzata da tre aree, una a nord di Ravenna (area A), l'altra attorno a Ravenna fino a Lido Adriano (zona B) e la terza a sud di Lido Adriano (area C). Nella zona A esiste un vortice anticiclonico (chiamato A1 nella Figura 4) più o meno sviluppato nei vari mesi dell'anno. Nei mesi di aprile, maggio, agosto, novembre e dicembre il vortice è ben sviluppato ed è addossato alla costa.

Questo accostamento alla linea di costa lascia evidente solo una corrente verso sud con un meandro che rappresenta il lato orientale del vortice.

Nella zona B invece la corrente è quasi sempre diretta verso costa ( regime V1 nella Figura 4), fatta eccezione per i mesi di maggio, giugno, luglio e agosto dove la corrente è verso il largo. Questa regione è quella di transizione tra il regime anticiclonico prevalente a nord e quello della corrente intensificata verso sud. L'ipotesi che emerge dall'analisi di queste distribuzioni è che il vortice anticiclonico a nord, essendo più o meno sviluppato durante i diversi mesi dell'anno, possa creare situazioni idrodinamiche diverse che dipendono in larga parte dalla prossimità del vortice alla costa.

La zona C è invece assai più stabile dal punto di vista delle strutture.

Le dighe foranee del Porto Canale di Ravenna, si estendono fino a 2.6 km verso il largo, sono perpendicolari alla costa e costituiscono una barriera fisica che separano le acque costiere dell'Emilia Romagna in due zone, una a nord e l'altra a sud di Ravenna (vedi Figura 5).



**Figura 5 - Estensione delle dighe foranee del Porto Canale di Ravenna**

#### **2.2.4 I corpi idrici**

Il processo di caratterizzazione effettuato ai sensi del D.M. 131/08 ha consentito in prima fase di tipizzare la costa emiliano romagnola sulla base sia di criteri geomorfologici, sia idrologici, come una costa sabbiosa di pianura alluvionale caratterizzata da alta stabilità.

La fase successiva è stata quella di individuare i corpi idrici ovvero le unità a cui fare riferimento per la verifica della conformità con gli obiettivi ambientali definiti nel D.Lgs152/06.

La loro corretta identificazione è di particolare importanza, in quanto gli obiettivi ambientali e le misure necessarie per raggiungerli si applicano in base alle caratteristiche e alle criticità dei singoli “corpi idrici”. L’identificazione deve permettere un’accurata descrizione dello stato degli ecosistemi acquatici per consentire l’applicazione corretta degli obiettivi ambientali ed il loro perseguimento e raggiungimento come previsto dal D.Lgs152/06.

I corpi idrici relativi alle acque marino costiere della Regione Emilia-Romagna sono stati definiti sulla base dei seguenti criteri:

- pressioni esistenti: con particolare riferimento all’apporto e la quantificazione dei fattori di produttività diretta quali gli elementi nutritivi;
- differenze dello stato di qualità: la valutazione dello stato trofico delle acque costiere ed il suo andamento spazio-temporale, frequenza ed estensione delle condizioni anossiche ed ipossiche delle acque bentiche;
- circolazione delle masse d’acqua e discontinuità rilevanti nella struttura della fascia litoranea;
- giudizio degli esperti: monitoraggi poliennali sullo stato ambientale, climatologia dei parametri, distribuzione spazio-temporale delle variabili.

Per le acque marino costiere della regione Emilia-Romagna si individuano 2 Corpi Idrici (Figura 6). Il primo corpo idrico (CD1), si estende da Goro (delta Po) a Ravenna con una superficie di circa 96 km<sup>2</sup>, è influenzato dagli apporti sversati dal bacino padano e da quello del fiume Reno. Il secondo corpo idrico (CD2), si estende da Ravenna a Cattolica con una superficie pari a 202 km<sup>2</sup> e riceve il contributo dei bacini idrografici dei Fiumi Uniti, Savio e del Conca e Marecchia.

WGS84

Vertici CD1 Goro-Ravenna	Distanza costa km	Profondità fondale m	Latitudine	Longitudine
A1	0.5	2.5	4447.86	1216.37
B1	3.0	4.5	4447.89	1218.67
C1	3.0	8.7	4429.85	1219.24
D1	0.5	3.5	4429.84	1217.05
Vertici CD2 Ravenna-Cattolica	Distanza costa km	Profondità fondale m	Latitudine	Longitudine
A2	0.5	2.8	4429.17	1217.11
B2	3.0	8.8	4429.71	1219.22
C2	3.0	10.5	4359.69	1245.85
D2	0.5	3.7	4358.20	1244.94



Figura 6 - Rappresentazione cartografica dei corpi idrici delle acque costiere marine dell'Emilia-Romagna

### **3 METODICHE DI CAMPIONAMENTO E DI ANALISI**

#### **3.1 METODI DI CAMPIONAMENTO**

##### **3.1.1 Prelievo acqua**

###### ***3.1.1.a Prelievo dei campioni per l'analisi quali-quantitativa del fitoplancton***

Il prelievo dei campioni di fitoplancton si esegue tramite una pompa situata sulla chiglia della barca che aspira l'acqua a -0.5 m di profondità. L'acqua viene poi trasferita in bottiglie di vetro scure da 250 ml, fissata con soluzione di Lugol e portata in laboratorio. Tale metodo di campionamento permette di ottenere un dato puntiforme relativo a singole stazioni di monitoraggio ad una quota di -0.5 m.

Per campionamenti a quote inferiori a -0.5 m si utilizza una bottiglia Niskin.

Per indagini di tipo qualitativo lungo tutta o parte della colonna d'acqua viene utilizzato un retino di Nylon con maglie di 20 µm.

###### ***3.1.1.b Raccolta e trattamento dei campioni per la determinazione dei sali nutritivi***

Per l'analisi dei nutrienti vengono filtrati circa 250 ml di acqua come segue:

- predisporre l'apparato di filtrazione a vuoto ponendo in esso un filtro Millipore di acetato di cellulosa di 47 mm di diametro e 0.45 µm di porosità, previamente lavato con 150-200 ml di acqua milliQ;
- "avvinare" l'apparato di filtrazione con 50-100 ml di acqua del campione;
- filtrare circa 250 ml di campione.

Se l'analisi viene effettuata entro 24 ore dal prelievo il campione può essere conservato 4°C al buio, diversamente nel caso intercorra più tempo fra il prelievo e l'analisi si procede al congelamento a -20°C.

I contenitori utilizzati per lo stoccaggio dei campioni sono in PE di colore nero.

Per l'analisi di azoto e fosforo totali il campione non deve essere filtrato.

###### ***3.1.1.c Prelievo dei campioni per le indagini chimiche***

Per i prelievi delle diverse aliquote per le determinazioni delle sostanze richieste dalle tabelle 1/A, 1/B del D.56/09 vengono adottati i seguenti criteri:

- utilizzare contenitori perfettamente puliti;
- risciacquare preventivamente i contenitori con acqua di mare;
- per i metalli e i solventi riempire completamente la bottiglia senza lasciare spazio di testa;
- per gli IPA e ftalati utilizzare bottiglie in vetro scuro con tappo in teflon.

### **3.1.2 Prelievo sedimento**

#### ***3.1.2.a Prelievo per l'analisi quali-quantitativa del macrozoobenthos***

Il prelievo dei campioni è effettuato mediante l'utilizzo della benna di Van Veen di 0.112 m<sup>2</sup>. In ogni stazione sono eseguite 3 repliche. Il campione rimosso dalla benna è posto in una bacinella di plastica di dimensioni appropriate a cui è aggiunta acqua di mare al fine di sciogliere meglio i piccoli noduli di sedimento argilloso eventualmente presenti. I campioni sono poi sottoposti a setacciatura allo scopo di eliminare l'acqua, il sedimento e quanto altro non necessario per la ricerca in questione; tale operazione di vagliatura è effettuata con un setaccio in acciaio inossidabile con maglie di 1 mm. I campioni sono quindi trasferiti in barattoli di plastica di forma circolare opportunamente etichettati, successivamente fissati per 48 ore con una soluzione tamponata di formaldeide al 5%; trascorso tale intervallo di tempo gli organismi sono estratti e sciacquati con una soluzione acquosa di etanolo e in seguito riposti in una soluzione conservante finale costituita da etanolo al 70%.

#### ***3.1.2.b Prelievo per le indagini chimiche e chimico fisiche***

Le attività di campionamento dei sedimenti litoranei è stata svolta in condizioni meteo-marine stabili e ponendo l'attenzione ad arrecare il minore disturbo possibile alla matrice da campionare.

In ogni stazione di campionamento il prelievo del sedimento è effettuato come descritto di seguito:

- sono eseguite 3 bennate con benna Van Veen (0.112 m<sup>2</sup> di superficie di campionamento e capacità 22 litri);
- per ogni bennata sono prelevati i primi 5 cm circa di strato superficiale;
- gli strati superficiali vengono omogeneizzati in un unico contenitore e il campione così ottenuto è suddiviso in aliquote;
- ciascuna aliquota è raccolta in contenitore apposito ed identificata con codice della stazione di campionamento e tipologia di indagine al quale è destinato il campione.

### 3.1.3 Determinazioni parametri chimico-fisici e biologici colonna d'acqua

La determinazione dei parametri idrologici viene effettuata mediante la strumentazione installata a bordo del battello oceanografico "Daphne II". Viene inoltre eseguito il monitoraggio dell'evoluzione degli aggregati mucilluginosi mediante l'utilizzo di una telecamera subacquea filoguidata le cui immagini vengono archiviate in una banca dati.

Parametro	Caratteristiche strumentali
Temperatura	Utilizzo di Sonda multiparametrica Idronaut mod. Ocean Seven 316 Plus che, azionata da un verricello, viene calata sulla verticale. I dati acquisiti sono trasmessi al computer di bordo, mediati per ogni metro di profondità, visualizzati su terminale e registrati
Salinità	
Ossigeno disciolto	
pH	
Conducibilità	
Pressione	
Torbidità	Trasmittometro "Sea Teck" abbinato alla sonda multiparametrica Idronaut mod. Ocean Seven 316 Plus
Clorofilla "a" profilo verticale	Fluorimetro "Sea Point" abbinato alla sonda multiparametrica Idronaut mod. Ocean Seven 316 Plus
Clorofilla "a" concentrazione	Metodo fluorimetrico mediante TURNER 10 AU
Trasparenza	Disco di Secchi
Stato di aggregazione e distribuzione sulla colonna d'acqua di aggregati mucilluginosi	Telecamera filoguidata (Fulgor Mare e Telesub Lanterna)

Caratteristiche della sonda multiparametrica:

Tipi di sensore	Range	Accuratezza	Sensibilità	K time
Pressione	0 – 200 dbar	0.2 % f.s.	0.03 %	50 ms
Temperatura	-3 - +50 °C	0.003 °C	0.0005 °C	50 ms
Conducibilità	0 – 64 mS/cm	0.003 mS/cm	0.001 mS/cm	50 ms
Ossigeno disciolto	0 – 50 ppm	0.1 ppm	0.01 ppm	3 s
	0 – 500% sat.	1% sat.	0.1% sat.	3 s
pH	0 – 14 pH	0.01 pH	0.001 pH	3 s
Turbidimetro	0 – 30 ftu	1% f. s.	ftu	1 s
Fluorimetro	0 – 30 µg/l	1% f. s.	0.1 µg/l	1 s

## 3.2 METODI ANALITICI

### 3.2.1 Matrice acqua

#### 3.2.1.a Ricerca microinquinanti organici e inorganici

Parametro	Metodo analitico	Limite di Rilevabilità (µg/L)
<b>Pesticidi</b>		
2,4'-DDT	<i>Metodi analitici per le acque</i> Vol. 2° 5060 -APAT, IRSA-CNR (2003) (LLE o SPE+GC -NPD o-HPLC-UV o GC-MS)	<0.02
4,4'-DDT		<0.02
2,4'-DDE		<0.01
4,4'-DDE		<0.01
2,4'-DDD		<0.01
4,4'-DDD		<0.01
HCH Alfa		<0.01
HCH Beta		<0.01
HCH Delta		<0.01
Lindano (HCH Gamma)		<0.01
Alaclor		<0.01
Aldrin		<0.01
Dieldrin		<0.01
Esaclorobenzene		<0.01
Atrazina		<0.01
Trifluralin		<0.01
P Clorfenvinfos		<0.01
Clorpirifos (Clorpirifos etile)		<0.01
Simazina		<0.01
Pentaclorobenzene		<0.01
Endosulfan	<0.01	
Diuron	(LC-MS)	<0.01
Isoproturon		<0.01
<b>Solventi organici</b>		
Benzene	EPA 5030b	<0.1
1,2-Dicloroetano	EPA 8260b-Purge and trap e GC/MS	<0.3
Tetracloruro di carbonio	EPA 5021	<0.05
Tetracloroetilene	EPA 8015d-GC/FID	<0.05
Tricloroetilene		<0.01
Triclorobenzeni		<0.05
Triclorometano		<0.05
<b>Ftalati</b>		
Di(2-etilesilftalato)	EPA 8270 D REV. 4 2007	<0.4
<b>Alchilfenoli</b>		
4- Nonilfenolo	GC-MS	<0.1
Ottilfenolo 4-(1,1',3,3'-tetrametilbutil-fenolo)	GC-MS	<0.05
<b>Clorofenoli</b>		
Pentaclorofenolo	<i>Metodi analitici per le acque</i> Vol. II n° 5070 APAT, IRSA-CNR (2003)	<0.1
<b>Difenileteri Polibromurati (PBDE)</b>		
Difeniletero bromato (sommatoria congeneri 28, 47, 99,100, 153 e 154)	GC/MS/MS	<0.0001

Parametro	Metodo analitico	Limite di Rilevabilità (µg/L)
<b>Policiclici Aromatici</b>		
Fluorantene	<i>Metodi analitici per le acque</i> Vol. II n° 5080 APAT, IRSA-CNR (2003) (LLE o SPE+GC-MS; LLE o SPE+HPLC-UV O HPLC-fluorescenza)	<0.01
Antracene		<0.01
Benzo(a)pirene		<0.01
Benzo(b)fluorantene		<0.01
Benzo(k)fluoranthene		<0.01
Benzo(g,h,i)perilene		<0.01
Indeno(1,2,3-cd)pirene		<0.01
Naftalene		<0.01
<b>Cloroalcani</b>		
Alcani, C10-C13, cloro	HPLC/MS	<0.1
<b>Metalli</b>		
Cadmio	EPA 6020-ICP/MS	<0.1
Mercurio e composti	3200a1 APAT/IRSA- Vapori freddi	<0.05
Nichel	EPA 6020-ICP/MS	<1
Piombo e composti	EPA 6020-ICP/MS	<1

### 3.2.1.b Determinazione dei sali nutritivi

Parametro	Metodo analitico	Limite di Rilevabilità (µg/L)
Fosforo e azoto totali e totali solubili	Methods of Seawater Analysis, Grasshoff K, M. Ehrhardt, K. Kremling Eds, Verlag Chemie, Weinheim, 1983. Valderrama J.C., 1981. Mar.Chem.,10 Bran+Luebbe N° G-033-92 C/ SEAL Analytical Q-031-04 Rev.2 (multitest MT3A) Bran+Luebbe N° J-002-88 A	(vedi fosforo e azoto nitrico)
Fosforo reattivo	Bran+Luebbe N° G-175-96-Rev.1/ SEAL Analytical Q-031-04Rev.2 (multitest MT3A)	<0.44
Azoto ammoniacale	Bran+Luebbe N° G-171-96-Rev.1/ SEAL Analytical Q-080-06 Rev. 2	<0.42
Azoto nitroso	Bran+Luebbe N° G-173-96-Rev.1/ SEAL Analytical Q-030-04 Rev 3 (Multitest MT3A)	<0.11
Silicati	Bran+Luebbe N° G-177-96-Rev.1 (Multitest MT19)	<0.28
Azoto nitrico	Bran+Luebbe N° J-002-88 A/ SEAL Analytical Q-035-04 Rev.7 (Multitest MT3B, 3C)	<1.40

### 3.2.1.c Analisi quali-quantitativa del Fitoplancton

Determinazioni quali-quantitative del fitoplancton con microscopio rovesciato a 400x e 250x.  
Metodo Uthermöhl H. (1956).

## 3.2.2 Matrice sedimento

### 3.2.2.a Indagini chimico/fisiche

Determinazione	Metodo analitico
Analisi granulometrica	Ministero dell' Ambiente e della Tutela del Territorio- Servizio Difesa Mare. Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino-costiero (triennio 2001-2003) Frazione >63µm: setacciatura con serie di setacci conformi alle norme ASTM. Frazione <63µm: analisi strumentale mediante sedigrafo a raggi X
Carbonio organico (TOC)	Test in cuvetta Dr. Lange LCK 380 (Ossidazione ad anidride carbonica del carbonio organico e inorganico e determinazione fotometrica.)

### 3.2.2.b Ricerca microinquinanti organici e inorganici

Sostanza	Metodo analitico	Limite di Rilevabilità
<b>Metalli</b>		(mg/Kg s.s.)
Mercurio	UNI EN 13346/2002 IRSA CNR 32001	<0.05
Cadmio	UNI EN 13346/2002-Estrazione microonde.	<0.05
Nichel	EPA 6920-ICP/MS	<1.0
Piombo		<1.0
Arsenico		<0.5
Cromo totale		<5.0
Cromo VI	EPA 3060-estrazione EPA 7199-analisi cromatografia ionica	<0.5
<b>Organo metalli</b>		(µg/Kg s.s.)
Tributilstagno	Estrazione con metilene cloruro, digestione in acido nitrico e determinazione in ICP-MS	<5
<b>Pesticidi</b>		(µg/Kg s.s.)
Aldrin	Pesticidi Organoclorurati. Quad.Ist.Ric.Acque,64. Metodi analitici fanghi Vol.3. Gennaio 1988	<0.1
Alfa esaclorocicloesano	Metodo EPA3500b. Organic extraction and sample preparation	<0.1
Beta esaclorocicloesano	Metodo EPA3550b. Ultrasonic extraction	<0.1
Gamma esaclorocicloesano	Metodo EPA3640a. Gel-permeation cleanup	<0.1
lindano	Metodo EPA8081a. Organochlorine pesticides by gas chromatography	<0.1
DDT	Metodo EPA8270c. Semivolatile organic compounds by gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS)	<0.1
DDD	UNI ISO 5725-6:2004, Accuratezza (esattezza e precisione) dei risultati e dei metodi di misurazione	<0.1
DDE		<0.1
Dieldrin		<0.1
Esaclorobenzene		<0.1
<b>Policiclici Aromatici</b>		ng/g s.s.
IPA totali (vedi Tab3/B D.56/09)	EPA 8270 D REV. 4 200 (G.C.+MASSA)	<0.1
<b>Diossine</b>		pg/g s.s.
PCDD, PCDF (Diossine e Furani) (vedi Tab3/B D.56/09)	EPA 1613B 1994 (G.C.+MASSA-MASSA)	L.R. varia in funzione della % di recupero effettuato sulla colonna.
<b>Policloro Bifenili</b>		ng/g s.s.
PCB (vedi Tab3/B D.56/09)	M/C/MO/002/LM (G.C.+MASSA-MASSA)	L.R. varia in funzione della % di recupero effettuato sulla colonna.

### 3.2.2.c Indagini ecotossicologiche

Determinazione	Metodo analitico
Test ecotossicologico con batteri bioluminescenti- <i>Vibrio fischeri</i>	Determinazione della tossicità acuta di sedimenti marini utilizzando come risposta l'inibizione della bioluminescenza emessa da una popolazione monospecifica di batteri Gram-negativi appartenenti alla specie <i>Vibrio fischeri</i> Protocolli di riferimento - Azur Environmental Microtox® Fase solida: Protocollo "Test in fase solida SPT" Fase liquida: Protocollo "Test di base 90% in singolo" Protocollo "Comparison Test for Marine & Estuarine"
Test di tossicità con rotifero <i>Brachionus plicatilis</i>	Determinazione della tossicità acuta di sedimenti marini dove si osserva l'immobilità prodotta sul rotifero. Il test è eseguito con ROTOXKIT M™ che come protocollo operativo segue la norma ASTM E 1440 (1991 rev. 1998)
Saggio biologico di fecondazione sul Riccio di mare <i>Paracentrotus lividus</i> (Lamarck) (Echinodermata: Echinoidea)	Misura dell'effetto sulla % di fecondazione -uova fecondate (endpoint)- in EC50, in riferimento alla tossicità a breve termine della sostanza in esame
Saggio di mortalità con <i>Ampelisca diadema</i> Costa, 1853 (Crustacea: Amphipoda)	Esposizione al sedimento da saggiare di organismi (n° 25 per replica e minimo 3 repliche, ISO 16712/2005 modificato) per complessivi 10 giorni (test di tossicità acuta). Effetto osservato mortalità

Specie	Matrice testata	Stadio vitale	Esposiz..	End-Point	Espressione dato
<b>Gruppo: Batteri</b>					
<i>Vibrio fischeri</i>	elutriato	cellule	30'	Inibizione della bioluminescenza	EC20 e EC50
	sedimento privo di acqua interstiziale	cellule	30'	Inibizione della bioluminescenza	S.T.I. (Sediment Toxicity Index)
<b>Gruppo: Rotiferi</b>					
<i>Brachionus plicatilis</i>	elutriato	individui	24 h	Immobilità-incapacità di attività natatoria	EC20 e EC50
	elutriato	individui prossimi al 70% del ciclo vitale	48 h	Immobilità-incapacità di attività natatoria	EC20 e EC50
<b>Gruppo: Crostacei</b>					
<i>Ampelisca diadema</i>	sedimento tal quale	individui giovani-adulti	10gg	Mortalità	Δ mortalità (corretto con Abbott)
<b>Gruppo: Echinodermi</b>					
<i>Paracentrotus lividus</i>	elutriato	gamete maschile	1h	Inibizione fecondazione uova	EC20 e EC50 (corretto con Abbott)

### 3.2.2.d *Analisi quali-quantitativa del macrozoobentos*

Vengono adottati i criteri definiti da Gambi, M.C. & Dappiano, M. (Ed.) (2003), Manuale di metodologie di campionamento e studio del bentos marino mediterraneo con il contributo di APAT, SIBM, ICRAM in *Biologia marina mediterranea* Vol. 10 (suppl.).

Per ciascuna stazione è previsto il campionamento in 3 repliche di sedimento mediante benna Van Veen (0.112 m<sup>2</sup>) e conseguente:

- setacciatura del sedimento in campo con setacci da maglie di 1.0 mm;
- preparazione dei campioni e fissazione;
- *sorting* dei campioni in laboratorio.

L'indagine consiste nella:

- identificazione dei taxa con determinazione del numero di specie ed il numero di individui (composizione e abbondanza dei macroinvertebrati bentonici);
- segnalazione dei taxa sensibili;
- elaborazione della matrice quantitativa dei dati su cui calcolare: l'Indice di Diversità specifica (H Shannon) e gli Indici specificati nella normativa quali AMBI, M-AMBI.

### 3.2.3 **Matrice Biota**

#### 3.2.3.a *Determinazione del bioaccumulo di microinquinanti organici e inorganici*

Sostanza	Metodo analitico	Limite di Rilevabilità (mg/Kg s.s.)
Mercurio e composti	Mineralizzazione acqua regia e perossido di idrogeno. Assorbimento atomico vapori freddi o ICP/MS	<0.005mg/Kg
Esaclorobenzene	Pesticidi Organoclorurati. Quad.Ist.Ric.Acque,64. Metodi analitici fanghi Vol.3. Gennaio 1988 Metodo EPA3500b. Organic extraction and sample preparation Metodo EPA3550b. Ultrasonic extraction Metodo EPA3640a. Gel-permeation cleanup Metodo EPA8081a. Organochlorine pesticides by gas chromatography Metodo EPA8270c. Semivolatile organic compounds by gaschromatography/mass spectrometry (GC/MS)	<0.1ng/g

### 3.2.4 **Indagini Meteo-marine**

Determinazione	Metodo analitico
Precipitazioni atmosferiche	Stazione meteorologica Cesenatico-Pluviografo (SIAP)
Altezza dell'onda	Boa ondometrica Mod. Datawel MKIII (coordinate WGS84 12.3669°E 44.5101°N) gestita da Arpa-SIMC
Portate fiume Po	Fornite dal Servizio IdroMeteoclima dell'Arpa

## 4 LO STATO TROFICO

### 4.1 RETE DI MONITORAGGIO

L'attività di monitoraggio prevista per il controllo e la valutazione dello stato trofico lungo la costa dell'Emilia-Romagna si attua su una rete di 34 stazioni distribuite nel tratto compreso tra Lido di Volano e Cattolica e posizionate a partire da 500 m dalla linea di costa fino a 20 km al largo.

Nella Tabella 1 vengono elencate le stazioni con le loro coordinate geografiche e caratteristiche batimetriche, mentre nella Figura 7 viene rappresentata la rete di monitoraggio. L'attività di controllo e di studio del fenomeno "Eutrofizzazione" che interessa questa zona dell'Adriatico nord-occidentale ha come obiettivo non solo quello di tenere monitorate costantemente le diverse matrici che compongono l'ecosistema marino ma anche ricercare e studiare i fattori causali del processo e attuare le migliori strategie di prevenzione e protezione della qualità ambientale. Le finalità delle misure e dei prelievi previsti dal piano di monitoraggio indicato possono essere così sintetizzati:

- Definire l'intensità e l'estensione di eventuali fioriture microalgali in ambiente marino;
- riconoscere/determinare le specie fitoplanctoniche che sostengono le fioriture microalgali;
- monitorare gli effetti derivanti dalle diverse fasi dell'evoluzione del fenomeno eutrofico (colorazioni anomale delle acque, ipossie/anossie dei fondali, morie di pesci ed organismi bentonici) ed individuare gli elementi scatenanti/causali;
- determinare le concentrazioni dei nutrienti, in particolare fosforo e azoto, la loro distribuzione spaziale e temporale ed individuare il fattore limitante la crescita microalgale;
- seguire gli andamenti temporali e spaziali dei principali parametri fisico-chimici in relazione ai fenomeni eutrofici e alle condizioni meteo-marine sia nelle acque superficiali sia lungo la colonna d'acqua;
- valutare l'efficacia di eventuali interventi di risanamento eseguiti a breve e lungo termine per la salvaguardia degli ecosistemi e per la tutela delle risorse;
- implementare l'archivio di dati e utilizzare le informazioni per applicare modelli previsionali a supporto delle attività di controllo e gestione.

**Tabella 1 – Rete di monitoraggio delle acque marino costiere della Regione Emilia-Romagna per il controllo dell'eutrofizzazione (L.R. 39/78, L.R. 3/99 e L.R. 44/95)**

<b>Codice Stazione</b>	<b>Località</b>	<b>Prof. metri</b>	<b>Dist. km</b>	<b>LAT WGS84</b>	<b>LON WGS84</b>
2	Lido di Volano	3.9	0.5	44.457656	12.155128
3	Lido Nazioni	5.1	0.5	44.434495	12.150388
4	Porto Garibaldi	3.7	0.5	44.396873	12.154228
5	Foce Reno	5.2	0.5	44.365613	12.174268
6	Casalborsetti	5.2	0.5	44.332012	12.174568
8	Marina di Ravenna	3.5	0.5	44.28299	12.175348
9	Lido Adriano	5.4	0.5	44.240749	12.195387
11	Lido di Savio	3.9	0.5	44.195268	12.208826
12	Cervia	3.5	0.5	44.162989	12.217405
14	Cesenatico	3.1	0.5	44.127226	12.241524
16	Bellaria	4.2	0.5	44.090626	12.283585
17	Rimini	4.3	0.5	44.046585	12.350548
18	Riccione	3.8	0.5	44.016584	12.38289
19	Cattolica	4.1	0.5	43.582924	12.444691
302	Lido di Volano	6.7	3	44.456876	12.174088
304	Porto Garibaldi	9.1	3	44.396934	12.172888
306	Casalborsetti	10.2	3	44.334052	12.193348
308	Marina di Ravenna	8.1	3	44.28899	12.192627
309	Lido Adriano	9.4	3	44.243089	12.213866
314	Cesenatico	8.3	3	44.132626	12.258444
317	Rimini	9.9	3	44.058165	12.359907
319	Cattolica	11	3	43.593664	12.455912
602	Lido di Volano	7.8	6	44.455737	12.196888
604	Porto Garibaldi	12	6	44.397054	12.194968
609	Lido Adriano	11.4	6	44.24549	12.235585
614	Cesenatico	10.2	6	44-139407	12.278603
619	Cattolica	12.1	6	44.006625	12.469712
1002	Lido di Volano	10.1	10	44.454357	12.227489
1004	Porto Garibaldi	14.8	10	44.397175	12.225689
1009	Lido Adriano	15.1	10	44.249031	12.265945
1014	Cesenatico	12.3	10	44.148588	12.305963
1019	Cattolica	13.6	10	44.023846	12.487892
2004	Porto Garibaldi	26.5	20	44.397297	12.301289
2014	Cesenatico	22.0	20	44.17109	12.373884



**Figura 7 - Rete di monitoraggio per il controllo dell'eutrofizzazione (L.R.39/78, L.R.3/99 e L.R.44/95)**

#### 4.1.1 Parametri e frequenza di campionamento

Il monitoraggio di base scaturisce sia dall'esperienza acquisita attraverso la tradizionale attività nel campo del controllo dell'ecosistema costiero, sia dall'effettiva esigenza di tutelare un'area di mare che, per le condizioni che la caratterizzano, è soggetta a possibili distrofie le cui conseguenze possono determinare pesanti effetti sull'ambiente nonché sulle economie collegate al turismo e alla pesca. I dati di caratterizzazione dello stato trofico ricavati dall'attività di monitoraggio vengono elaborati e pubblicati dal 1981. Un importante data set che ha permesso di disegnare la climatologia di base dei parametri presi in considerazione e il loro campo di variazione, un riferimento utile alla definizione del livello di scostamento da una situazione "normale".

Il monitoraggio lungo la costa emiliano romagnola prevede una frequenza di campionamento quindicinale per i parametri nutrienti e fitoplancton mentre per le variabili idrologiche la frequenza è settimanale nel periodo estivo da giugno a settembre e quindicinale per i restanti mesi.

Il monitoraggio quindicinale viene effettuato, condizioni meteo-marine favorevoli, generalmente la 1° e la 3° settimana del mese. Per quanto riguarda i nutrienti il campionamento viene eseguito su tutte le stazioni ad esclusione di quelle situate a 6 km di distanza dalla costa.

Per temperatura, salinità, ossigeno disciolto e pH viene fornito il profilo verticale registrato con la sonda multiparametrica mediato ad ogni metro di profondità al fine di individuare gli stati di stabilità ed instabilità della colonna d'acqua, le stratificazioni termiche (termoclini) e saline (aloclini), nonché gli stati anossici e/o ipossici che si possono verificare a livello del fondale.

Nel campionamento del fitoplancton, effettuato alla profondità di 50 cm, le stazioni controllate sono quelle poste a 500 m e a 3 km dalla costa antistante Porto Garibaldi, Lido Adriano, Cesenatico e Cattolica e quelle a 500 m davanti a Lido di Volano, Porto Corsini e Rimini.

Durante la prima settimana di ogni mese il piano di monitoraggio prevede la determinazione dei nutrienti e la misurazione dei parametri idrologici anche nelle stazioni posizionate a 20 km dalla costa lungo i transetti di Porto Garibaldi (stazione 2004) e di Cesenatico (stazione 2014); vengono inoltre eseguite, sempre lo stesso giorno in entrambi i transetti, analisi di nutrienti anche sulle acque di fondo nelle stazioni a 3, 10 e 20 km.

Ulteriore finalità all'indagine nell'area al largo è quella di individuare l'incidenza del carico di nutrienti sversati dal fiume Po e caratterizzare gli apporti dal bacino padano rispetto a quelli veicolati dai bacini costieri.

Nella Tabella 2 vengono riepilogati i parametri controllati e le misure effettuate in ogni stazione e la frequenza di campionamento.

**Tabella 2 - Schema del piano di monitoraggio per il controllo dell'eutrofizzazione**

CODICE STAZIONE	FITOPLANCTON	NUTRIENTI		IDROLOGICI (CTD)	
	QUINDICINALE	QUINDICINALE	MENSILE	QUINDICINALE* SETTIMANALE**	MENSILE
2					
3					
4					
5					
6					
8					
9					
11					
12					
14					
16					
17					
18					
19					
302					
304			fondo		fondo
306					
308					
309					
314			fondo		fondo
317					
319					
602					
604					
609					
614					
619					
1002					
1004			fondo		fondo
1009					
1014			fondo		fondo
1019					
2004			sup/fon		sup/fon
2014			sup/fon		sup/fon

(\*) Quindicinale da gennaio a maggio e da ottobre a dicembre

(\*\*) Settimanale da giugno a settembre

## 4.2 RASSEGNA DEGLI EVENTI EUTROFICI DEL LITORALE EMILIANO-ROMAGNOLO

La qualità ambientale dell'ecosistema marino di tutta la costa emiliano romagnola nel 2011 è stata condizionata dalla presenza di fenomeni eutrofici. Le aree settentrionali sono risultate essere le più interessate dal fenomeno in quanto influenzate maggiormente dalle portate dei fiumi in particolare quelle del bacino del Po anche se, rispetto al 2010, queste ultime si sono rilevate inferiori. Il valore medio annuale di portata del Po nel 2011 è stato di 1358 mc/sec contro i 1933 mc/sec del 2010; i picchi rilevati a Pontelagoscuro (FE) si sono registrati nei mesi di marzo, giugno e novembre con il valore massimo di 5748 mc/sec l'11 novembre (Figura 33).

Le acque dolci che confluiscono direttamente in mare influenzano in maniera determinante la qualità ambientale; infatti determinano situazioni particolari come forti diluizioni delle acque superficiali (con conseguente abbassamento dei valori di salinità), aumento delle concentrazioni degli elementi eutrofizzanti (diverse forme di azoto e fosforo) e sviluppo di fioriture microalgali (con aumento della concentrazione di clorofilla "a"), colorazione anomala (verde, rosso, marrone) e riduzione della trasparenza delle acque. Le fioriture microalgali, importanti e positive in termini di produttività, possono innescare fenomeni eutrofici intensi ed estesi se concomitanti a condizioni idrodinamiche particolari (esempio condizioni meteomarine stabili) che si verificano durante l'anno.

A gennaio le condizioni delle acque marine sono caratterizzate da valori di salinità bassa sia in costa sia al largo a seguito dei cospicui apporti dai bacini costieri e padano in particolare (Figura 8).

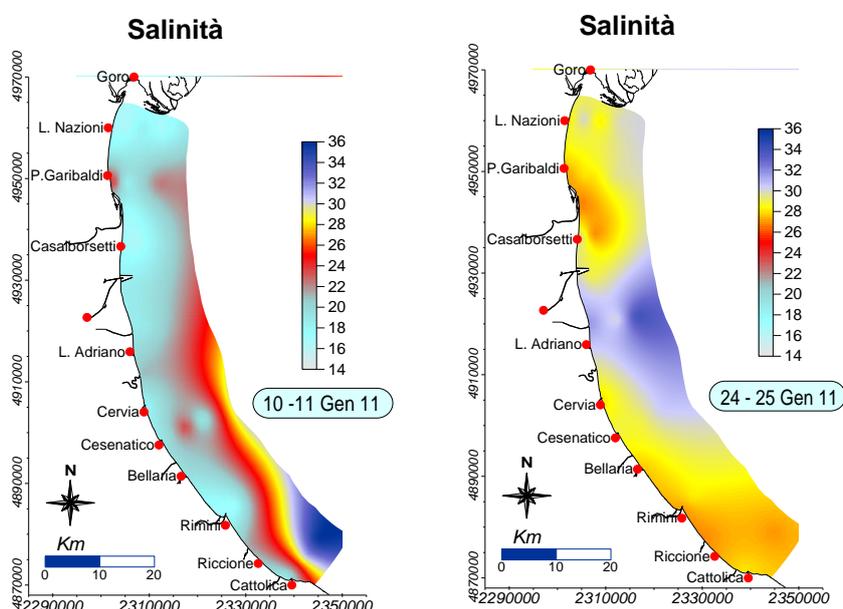
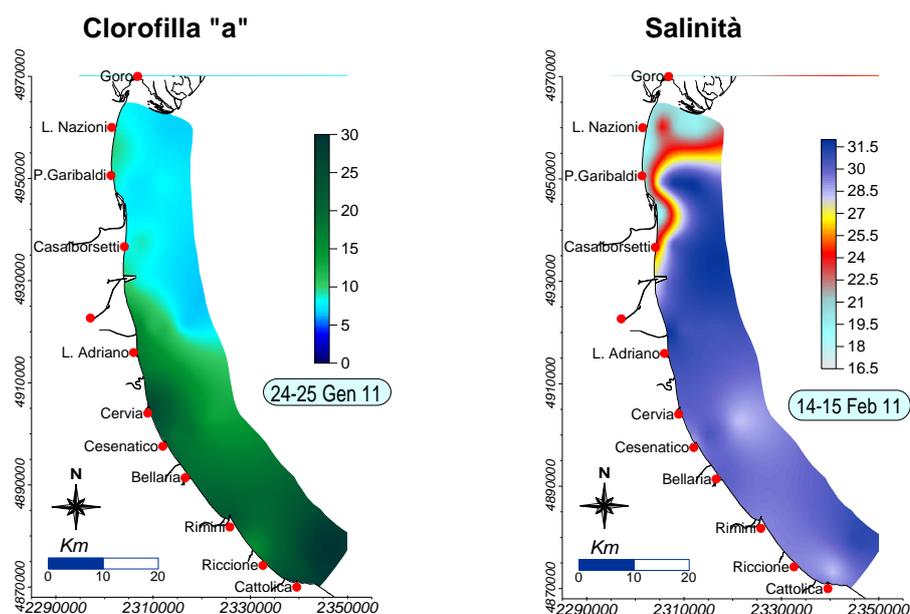


Figura 8 - Mappe di distribuzione della salinità (psu) in superficie rilevate a gennaio da costa fino a 10 km al largo

Infatti le portate di fine 2010 e inizio 2011 hanno implicato un'immissione in mare di abbondanti masse d'acqua dolce che hanno contribuito a diluire le acque marine in superficie non solo nell'area più settentrionale ma anche nelle aree meridionali.

Oltre ad influire sulla salinità, la presenza di acque dolci ha concorso ad aumentare anche la concentrazione di nutrienti disponibili per la componente microalgale quali sali di fosforo ed azoto. L'aumento della produttività dell'ecosistema marino costiero si è manifestato con un incremento generale degli indici trofici in tutti i punti di controllo, in particolare nell'area più meridionale il processo eutrofico innescato ha interessato non solo l'area prossima alla costa, ma anche le acque al largo, con valori di clorofilla "a" compresi tra i 15 e i 30  $\mu\text{g/l}$  (Figura 9).



**Figura 9 - Mappe di distribuzione della clorofilla "a" ( $\mu\text{g/l}$ ) e della salinità (psu) rilevate da costa fino a 10 km al largo in superficie nei giorni 24-25 gennaio e 14-15 febbraio**

Gli indici trofici si sono mantenuti su valori medio-alti per tutto febbraio in quanto continui apporti fluviali, in particolare dal bacino padano, hanno continuato ad alimentare e sostenere la componente microalgale presente in mare. Nella Figura 9 si evidenzia il perdurare di una salinità bassa delle acque superficiali proprio nell'area a ridosso del delta del Po. Questo stato ambientale si è mantenuto per le condizioni meteo-marine stabili del periodo che hanno contribuito a stabilizzare le caratteristiche idrologiche della colonna d'acqua impedendo il rimescolamento fondo-superficie e configurando situazioni di marcate stratificazioni termocline.

Le analisi quali-quantitative eseguite in laboratorio sui campioni di acqua nello strato superficiale hanno evidenziato la presenza, in questo periodo, di specie microalgali appartenenti al gruppo Diatomee. L'evoluzione del fenomeno eutrofico a marzo ha evidenziato che le microalghe rilevate comprendevano in prevalenza specie appartenenti al genere *Skeletonema* (Figura 10). Queste fioriture conferiscono alle acque una caratteristica colorazione verde-marrone e contribuiscono ad abbassare i valori di trasparenza e ad aumentare la torbidità, soprattutto nei primi metri lungo la colonna d'acqua.

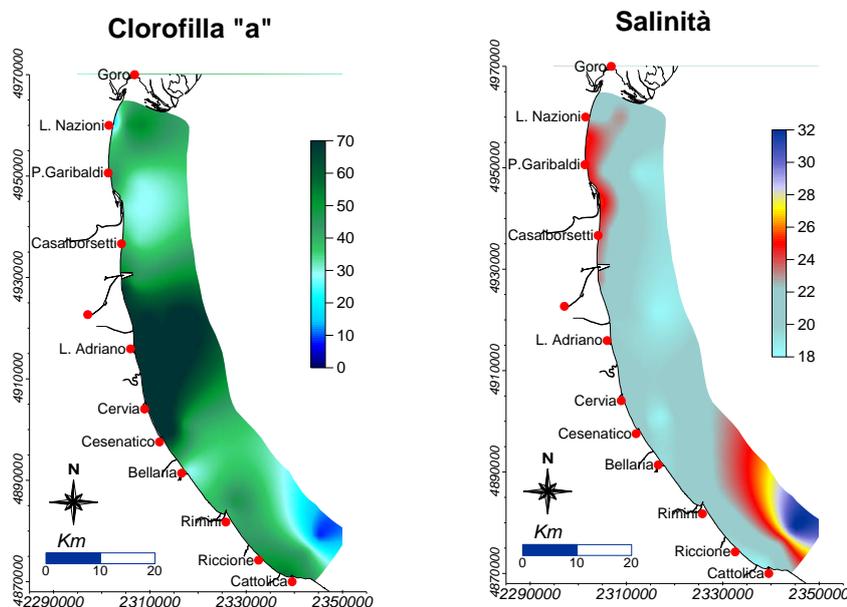


**Figura 10 - *Skeletonema* sp. fotografia al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)**

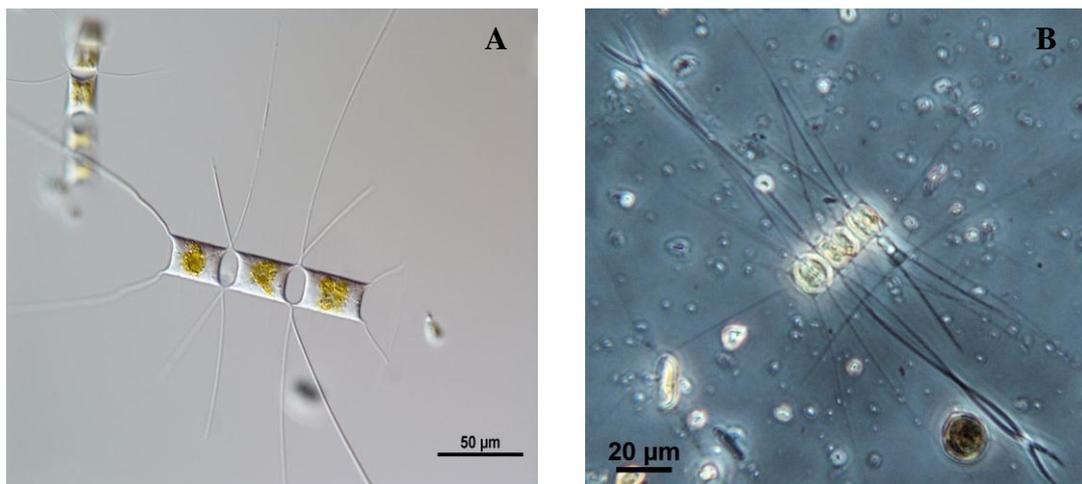
Conseguentemente al susseguirsi di continue immissioni di acque dolci dal bacino padano tra il 18 e il 22 marzo (valore medio di 4359 mc/sec) con un picco il giorno 19 pari a 5058 mc/sec (Figura 33), si è generata una forte corrente nord-sud che ha determinato, a fine marzo, bassa salinità negli strati superficiali e una marcata stratificazione alina della colonna contemporaneamente a valori di clorofilla “a” elevati (Figura 11).

A fine marzo nelle stazioni settentrionali si registrano le concentrazioni maggiori del 2011 di clorofilla “a” (stazione 5 Foce Reno 130 μg/l). I massimi valori di clorofilla “a” registrati superano di 6/7 volte il limite dello stato trofico in particolare nelle stazioni a 10 km al largo dalla costa.

Elementi eutrofizzanti, quali azoto e fosforo, veicolati in particolare dal fiume Po, hanno alimentato e sostenuto la comunità microalgale presente in mare. Si continuano a registrare alti valori di clorofilla “a” per la presenza di fioriture di Diatomee appartenenti al genere *Skeletonema* e *Chaetoceros* (Figura 12).

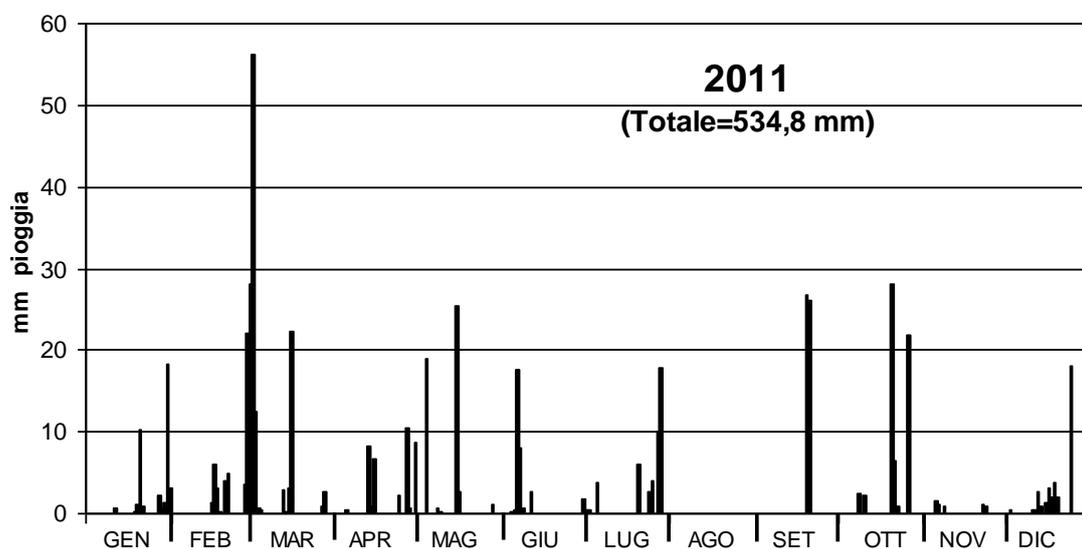


**Figura 11 - Mappe di distribuzione della clorofilla “a” (μg/l) e della salinità (psu) rilevate il 23-24 marzo da costa fino a 10 km al largo in superficie**

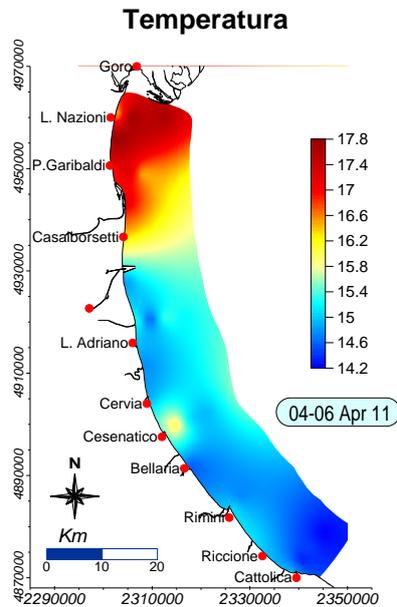


**Figura 12 - A) *Chaetoceros* sp.; B) *Chaetoceros* cf. *diversus*; fotografie al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)**

Mentre per i primi tre mesi del 2011 non si sono riscontrate anomalie significative, per quanto riguarda le precipitazioni atmosferiche, a partire dalla primavera ed in controtendenza rispetto alle stagioni precedenti, è iniziata una fase secca e a tratti molto calda sull'intera regione (Figura 13). In aprile si è assistito ad una eccezionale ondata di caldo estivo con punte massime che hanno toccato i 32°C che ha contribuito a condizionare anche l'ambiente marino costiero con un repentino innalzamento delle temperature delle acque superficiali lungo tutta l'area monitorata. I controlli eseguiti nei giorni 4 e 6 aprile hanno segnato temperature superficiali elevate soprattutto da Lido di Volano a Casalboretto con valori medi intorno a 15.8°C (Figura 14), circa 4°C superiore alla media climatologia del periodo.



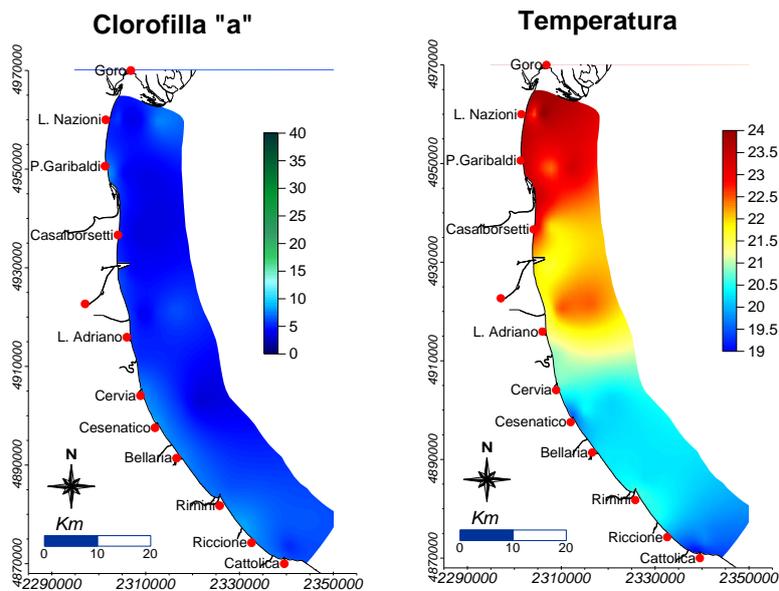
**Figura 13 - Andamento annuale delle precipitazioni rilevate nella stazione di Cesenatico presso la Struttura Oceanografica Daphne**



**Figura 14 - Mappe di distribuzione della temperatura (°C) rilevate il 4-6 aprile da costa fino a 10 km al largo in superficie**

L'instaurarsi tra aprile e maggio di questo clima particolarmente caldo-secco su tutta l'Emilia-Romagna insieme a scarse precipitazioni, ha avuto gradualmente effetto anche sull'ecosistema marino. I conseguenti ridotti apporti di acque dai bacini costieri hanno limitato l'apporto a mare di nutrienti (azoto/fosforo) disponibili per la comunità microalgale contribuendo ad un miglioramento generale della qualità ambientale. Su tutta la costa i controlli a fine maggio hanno infatti rilevato basse concentrazioni di clorofilla "a" (inferiori a 10 µg/l), limite usato per indicare un ambiente eutrofizzato.

Temperature superficiali elevate si sono mantenute in tutta l'area soprattutto nella parte centro-meridionale, condizione favorita sia dalle alte temperature dell'aria che da condizioni di mare calmo-poco mosso che hanno stabilizzato la colonna impedendo rimescolamenti delle masse d'acqua (Figura 15).



**Figura 15 - Mappe di distribuzione della clorofilla "a" (µg/l) e della temperatura (°C) rilevate il 23-24 maggio da costa fino a 10 km al largo in superficie**

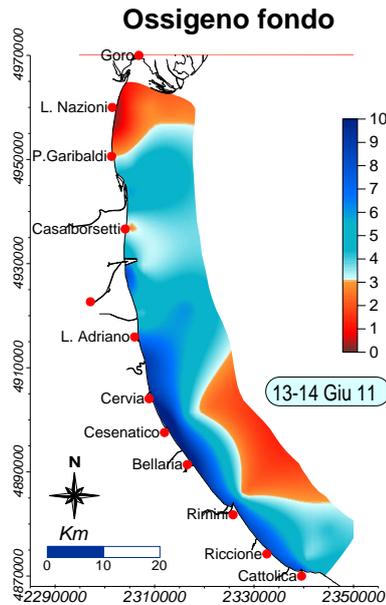
Eventi di pioggia a inizio giugno (Figura 13), al di sopra della norma del periodo per quantità, hanno contribuito ad immettere acque dolci in ambiente marino e nel contempo anche nutrienti (sali di azoto e fosforo), con progressivo incremento della produttività del sistema. Infatti si sono registrate in concomitanza a basse salinità, elevate concentrazioni di clorofilla “a” nell’area settentrionale e lungo tutta la costa anche nella zona centro-meridionale.

I controlli del 13-14 giugno hanno rilevato valori di sovrasaturazione dell’ossigeno in superficie come conseguenza dell’elevata attività fotosintetica sostenuta dalla comunità microalgale. In prossimità del fondo si è creata però una situazione critica per la diminuzione dell’ossigeno con valori tendenti all’ipossia/anossia nella zona più settentrionale in costa e al largo tra Rimini e Cattolica (Figura 17).

In seguito le condizioni ambientali dell’ecosistema marino si sono modificate per lo spirare di vento da Libeccio che ha contribuito ad un ricambio generale delle masse d’acqua (Figura 18). Si sono avvistate in questo periodo lungo la costa meduse appartenenti alla specie *Aurelia aurita* (Figura 16).

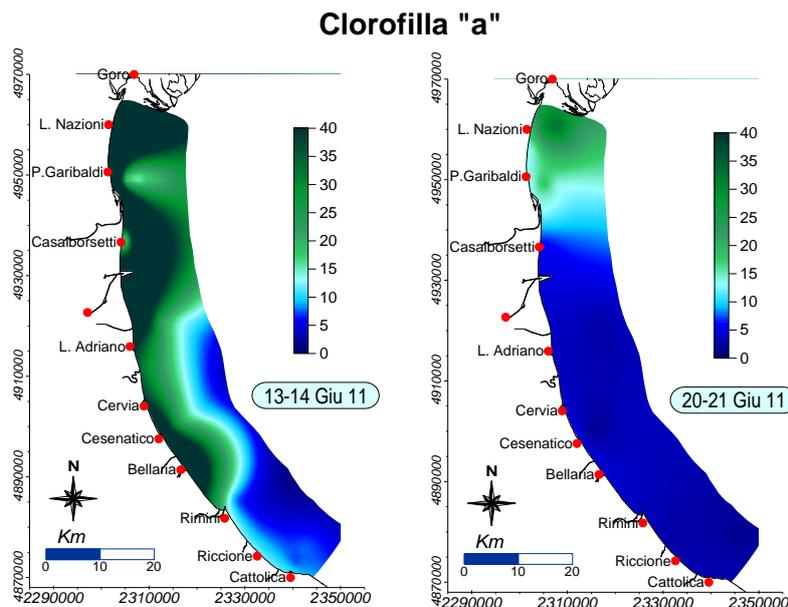


**Figura 16 - *Aurelia aurita* (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)**



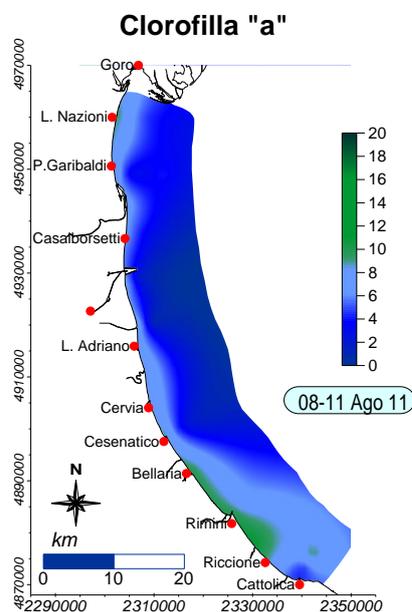
**Figura 17 - Mappe di distribuzione dell'ossigeno di fondo (mg/l) rilevate il 13-14 giugno da costa fino a 10 km al largo in superficie**

Durante i controlli nei mesi estivi l'ambiente marino non ha presentato particolari criticità. I valori degli indici trofici in diminuzione rispetto a giugno sono rimasti in media bassi, ad eccezione della zona più a ridosso del Po dove le concentrazioni di clorofilla "a" sono risultate essere sempre più elevate. Mentre gli apporti dai bacini costieri sono stati bassi per l'assenza di precipitazioni, gli apporti dal bacino padano hanno fatto sentire la loro influenza, abbassando i valori di salinità, al di sotto dei 30 psu, nella parte settentrionale della costa. Per quanto riguarda le condizioni meteo climatiche nella seconda metà di luglio si è assistito ad una intensa ondata di caldo, con temperature massime superiori ai 35°C per più di 10 giorni consecutivi che in concomitanza a mare calmo o poco mosso ha mantenuto stabile lo stato ambientale dell'ecosistema marino.



**Figura 18 - Mappe di distribuzione della clorofilla "a" (µg/l) rilevate il 13-14 e il 20-21 giugno da costa fino a 10 km al largo in superficie**

Il 9 agosto una forte mareggiata ha innescato un importante rimescolamento delle masse d'acqua lungo tutta la costa migliorando la qualità ambientale soprattutto nell'area più settentrionale. I valori degli indici trofici sono risultati essere in diminuzione (Figura 19) con un aumento della salinità delle acque superficiali e un netto miglioramento della trasparenza.



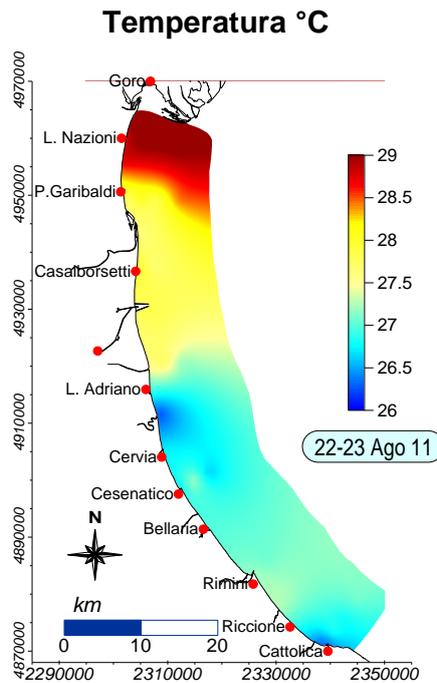
**Figura 19 - Mappe di distribuzione della clorofilla “a” (µg/l) rilevate il 08-11 agosto da costa fino a 10 km al largo in superficie**

A metà agosto in alcuni tratti di costa a ridosso della spiaggia si sono verificate fioriture di *Fibrocapsa japonica* caratterizzata da una colorazione rosso-marrone delle acque superficiali e bassa trasparenza. Questa alga unicellulare appartenente alla classe delle Raphidophyceae è responsabile di un fenomeno eutrofico che si presenta lungo le nostre coste dal 2004 e che interessa soprattutto le aree centro-meridionali. La presenza in fioritura di questa microalga è prettamente costiera, infatti il “bloom” ha un’estensione spaziale limitata ai 100-300 m dalla battigia e la sua crescita e il suo sviluppo si manifesta particolarmente nel primo pomeriggio quando l’irraggiamento è maggiore e le temperature sono più elevate. Nell’estate del 2011 questo evento eutrofico si è manifestato in maniera sporadica e limitata.

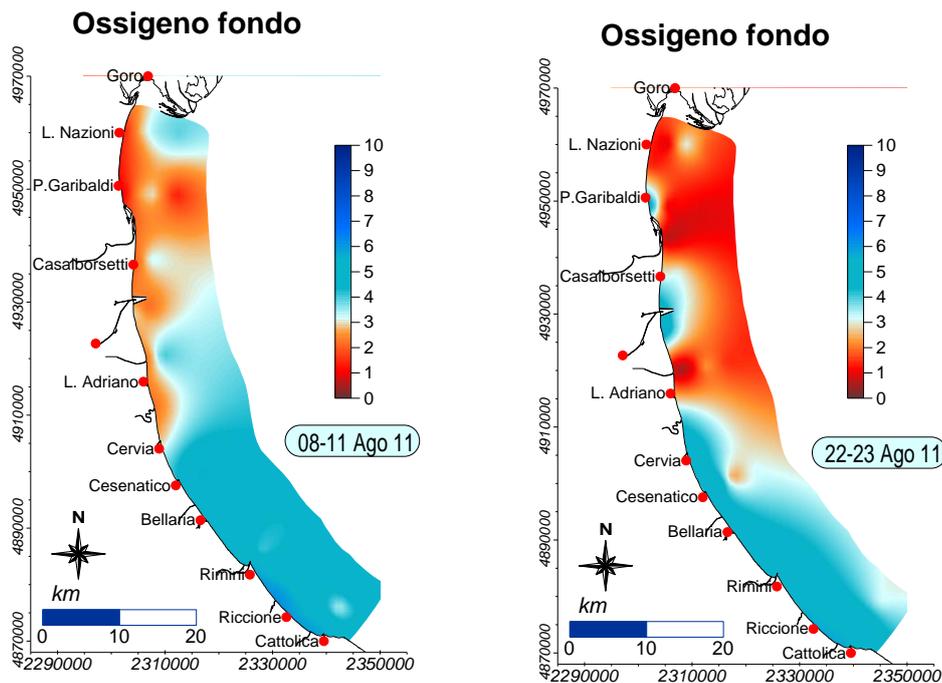
Nel mese di agosto si è segnalata la presenza anche di macroalghe verdi filamentose appartenenti alla specie *Enteromorpha multiramosa* e di macroalghe rosse *Aglaothamanion tenuissimum* che in seguito a eventi di mare mosso si sono accumulate in grosse quantità nei pressi di infrastrutture portuali e degli arenili.

Da segnalare inoltre la presenza lungo la costa della cubomedusa urticante *Carybdea marsupialis*.

Per quanto riguarda le condizioni idrologiche durante il mese di agosto la temperatura in superficie è andata aumentando soprattutto nell’area settentrionale raggiungendo, negli ultimi giorni, valori intorno ai 29°C (Figura 20). L’ossigeno disciolto registrato durante i controlli lungo la colonna rientrava nella norma mentre era in diminuzione sul fondo con valori tendenti all’ipossia nelle aree in costa e al largo, la breve durata di suddetta condizione non ha portato criticità all’ecosistema bentonico di fondo (Figura 21).



**Figura 20 - Mappe di distribuzione della temperatura rilevate il 22-23 agosto da costa fino a 10 km al largo in superficie**



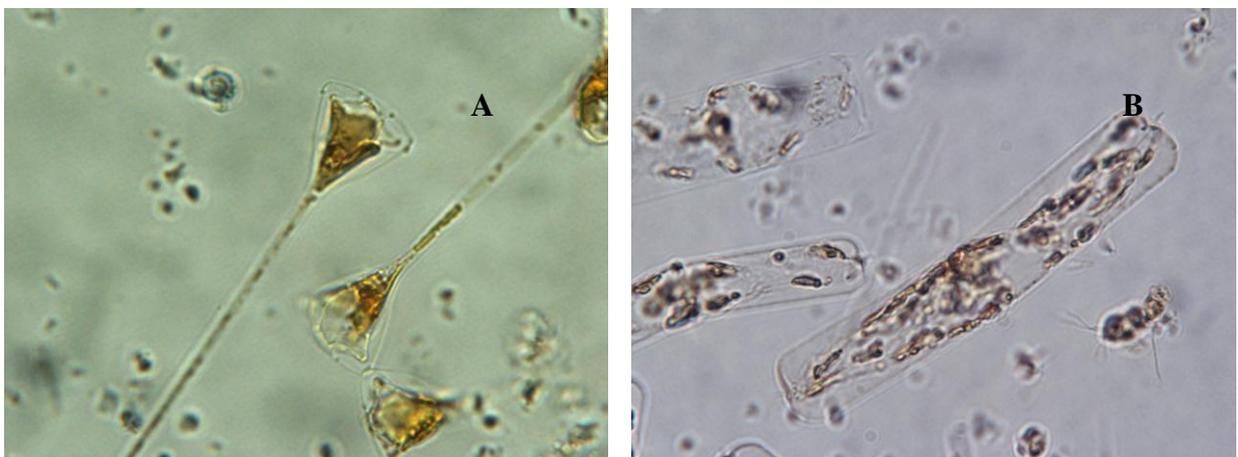
**Figura 21 - Mappe di distribuzione dell'ossigeno di fondo (mg/l) rilevate in agosto nei giorni 08-11 e 22-23 da costa fino a 10 km al largo in superficie**

La buona qualità ambientale nella zona centro-meridionale, con valori di clorofilla “a” medio-bassi, si è mantenuta fino a fine estate, accompagnata da condizioni climatiche stabili particolarmente calde e con scarsi eventi di pioggia (temperature dell’aria massime stabilmente sopra i 30 °C).

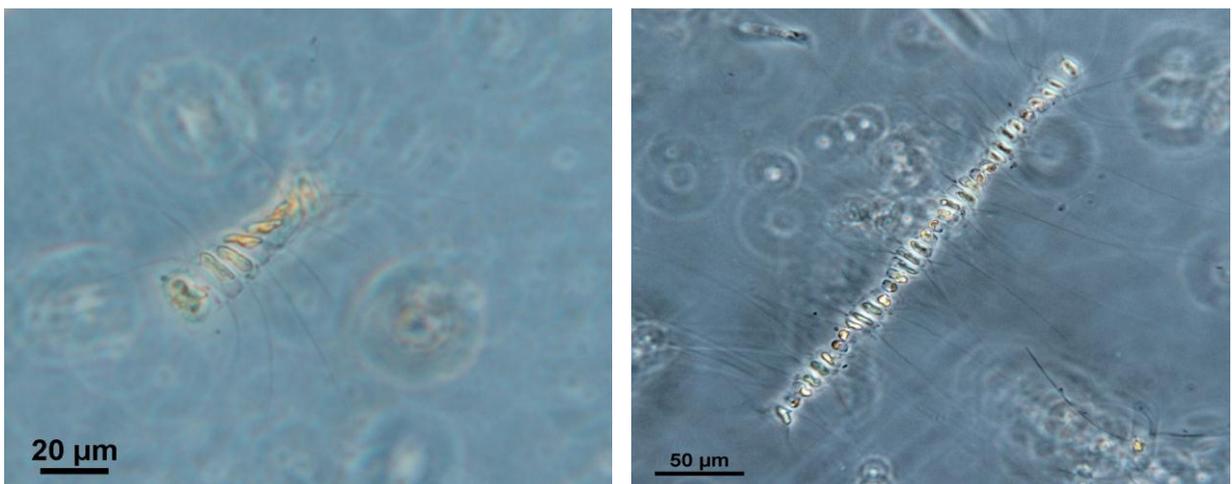
A nord, nelle stazioni a ridosso del delta padano contemporaneamente a valori bassi di salinità si segnalava la presenza di acque superficiali con colorazione verde marrone per la presenza di elevate concentrazioni microalgali. A fine settembre un intenso moto ondoso (Figura 124)

unitamente allo spirare dei venti dal gradiente settentrionale hanno portato ad un rimescolamento dell'intera colonna d'acqua con temporanea dispersione della condizione eutrofica e riossigenazione a livello dello strato di fondo.

A fine settembre si è verificato un evento particolare e anomalo. Un'intensa fioritura di diatomee composta principalmente da *Chaetoceros* spp. (*Chaetoceros* cf. *tortissimus*, *Chaetoceros diversus*, *Chaetoceros* sp.), *Dactyliosolen fragilissimus*, *Cerataulina pelagica* e *Asterionellopsis glacialis* ha interessato tutta la costa a partire dal 22 settembre (Figura 22; Figura 23). Tale fioritura ha conferito alle acque la classica colorazione marrone-giallastra. L'intensa azione del vento che si è verificata a fine settembre ha favorito l'addensarsi di tale fioritura microalgale a fine ciclo vitale, quindi in fase di decomposizione, dando luogo alla formazione di materiale organico schiumoso bianco giallastro addensato in superficie, sia al largo che in costa, interessando anche alcuni portocanali della zona centro-meridionale della costa (Figura 24 e Figura 25).



**Figura 22 - A) *Dactyliosolen fragilissimus* B) *Asterionellopsis glacialis*; fotografia al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)**



**Figura 23 - *Chaetoceros tortissimus*; fotografia al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)**

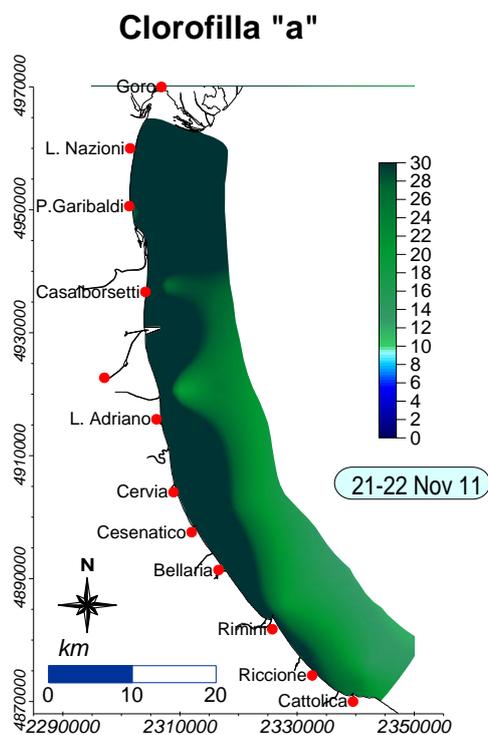


**Figura 24 – Cesenatico: addensamenti in superficie di materiale organico schiumoso (periodo fine settembre)**



**Figura 25 - Addensamenti di materiale organico schiumoso lungo il Porto canale di Cattolica (periodo fine settembre)**

Il mese di novembre è stato caratterizzato da importanti immissioni da parte del bacino padano (picco di portata 5748 mc/sec il giorno 11) che hanno innescato un processo eutrofico intenso ed esteso lungo tutta l'area controllata. Infatti nei controlli effettuati il 21-22 novembre i valori degli indici trofici hanno raggiunto valori superiori ai 30  $\mu\text{g/l}$  di clorofilla "a" nella maggior parte delle stazioni (Figura 26). Contemporaneamente si sono registrati valori di ossigeno in superficie elevati che hanno raggiunto la sovrasaturazione in superficie.



**Figura 26 - Mappe di distribuzione della clorofilla "a" ( $\mu\text{g/l}$ ) rilevate il 21-22 novembre da costa a 10 km al largo in superficie**

La presenza di fioriture microalgali ha portato nel tempo all'instaurarsi di criticità negli strati di fondo per quanto riguarda le concentrazioni di ossigeno disciolto. L'attività anaerobica dei microrganismi detritivori di fondo alimentata e sostenuta dalla presenza di abbondante sostanza organica depositata sul fondo ha portato ad una diminuzione del parametro.

La presenza di acque a diversa densità lungo la colonna contemporaneamente ad una stasi idrodinamica, ha impedito il rimescolamento delle masse d'acqua accentuando lo stato di sofferenza sul fondo. Condizioni di mare mosso hanno ripristinato le condizioni e i controlli di dicembre hanno evidenziato un miglioramento riducendo le criticità evidenziate a inizio mese.

### 4.3 ELABORAZIONE BOLLETTINO

Le informazioni acquisite a conclusione di ogni monitoraggio durante i controlli settimanali/quindicinali oltre ad alimentare la banca dati, vengono utilizzate anche per la realizzazione di un Bollettino MARE IN-FORMA inserito su Internet ([www.arpa.emr.it/daphne/](http://www.arpa.emr.it/daphne/)) e successivamente spedito via fax a vari utenti fra i quali i Sindaci dei Comuni della costa, i Ministeri competenti, gli Assessorati regionali e provinciali competenti, le USL costiere, le Cooperative pescatori, il Compartimento Marittimo di Ravenna, Sezioni Provinciali Arpa, NOE, ANSA, ecc.

Il Bollettino rappresenta una sintesi delle condizioni rilevate durante i controlli eseguiti con la Motonave Daphne lungo tutta la costa antistante l'Emilia Romagna ed è composto da

- breve commento dei dati rilevati e delle condizioni osservate in mare;
- valori medi suddivisi per zona (A, B e C) delle variabili idrologiche: temperatura, salinità, ossigeno disciolto (in superficie e sul fondo), trasparenza e clorofilla "a";
- profili di ossigeno, salinità e trasparenza in tre stazioni a 6 km rappresentative di ciascuna zona (Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica);
- elaborazione di mappe tematiche di distribuzione su tutta la costa di: temperatura, clorofilla "a", salinità, trasparenza e ossigeno disciolto sul fondo.

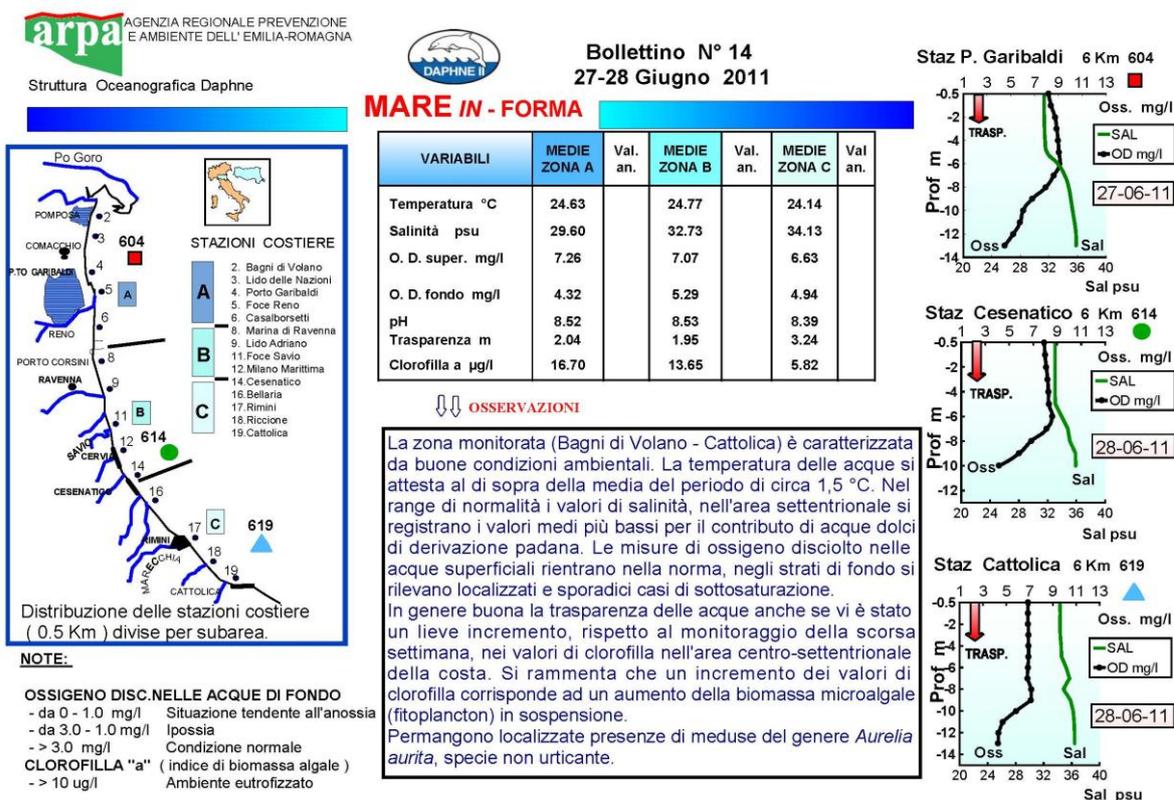
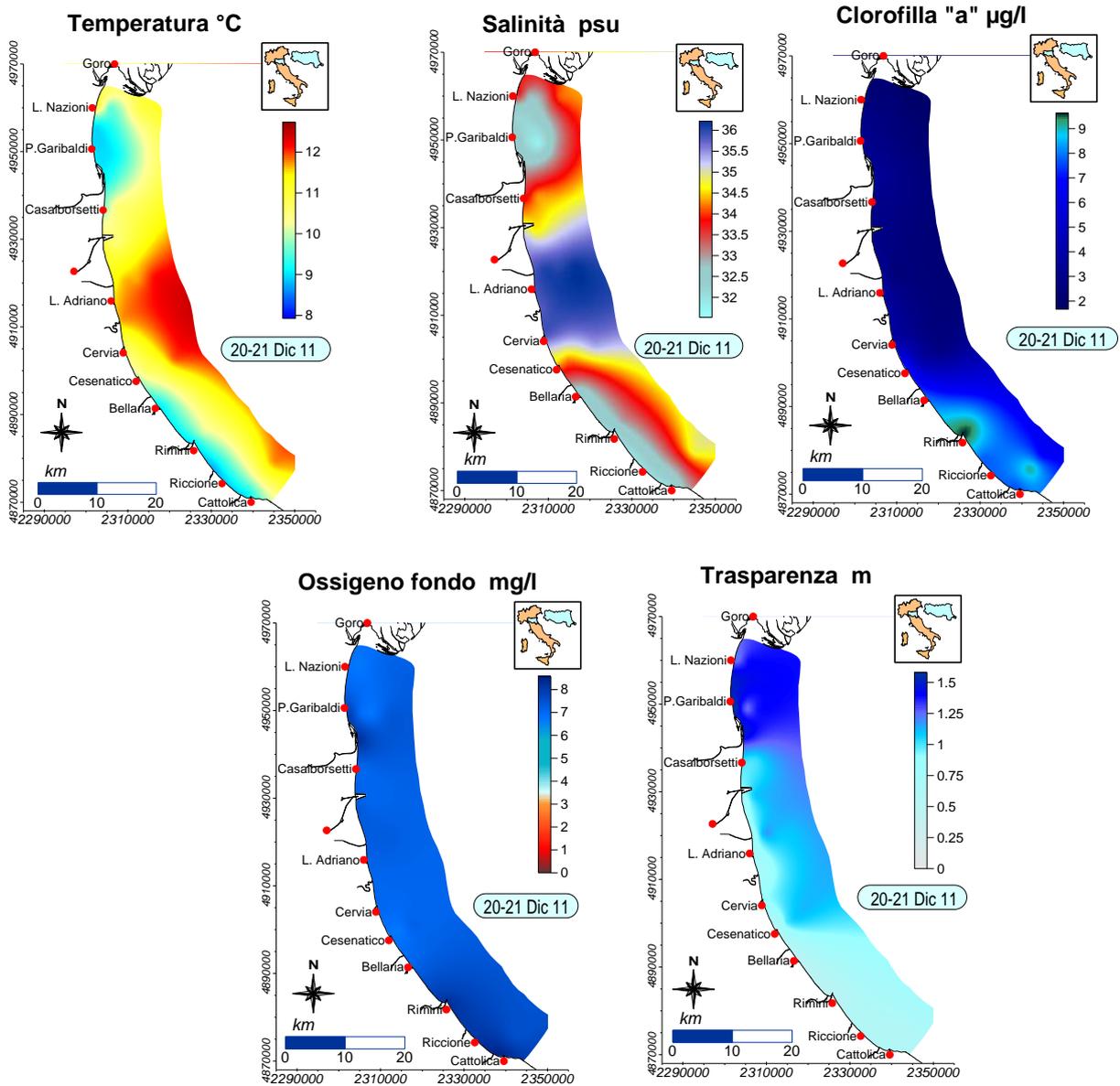


Figura 27 - Esempio di bollettino realizzato a conclusione di un monitoraggio



**Figura 28 - Esempio di mappe tematiche allegate al bollettino realizzato a conclusione di un monitoraggio**

## 4.4 MONITORAGGIO E RISULTATI

Nei paragrafi che seguono si effettua una analisi e una valutazione dei risultati emersi nel corso dell'attività di monitoraggio per la definizione dello stato trofico nel 2011.

In particolare si analizzano i risultati relativi ai parametri idrologici e agli elementi nutritivi. Per quanto riguarda i risultati delle analisi della comunità fitoplanctonica si rimanda al paragrafo 5.2.1.a.

### 4.4.1 Parametri idrologici

#### 4.4.1.a Temperatura

La temperatura delle acque superficiali mostra durante l'anno un tipico andamento sinusoidale con valori minimi nei mesi invernali che aumentano progressivamente per raggiungere il massimo in estate e ancora i minimi in inverno. Già a partire dal mese di aprile, in concomitanza all'instaurarsi di una condizione climatica calda i valori di temperatura aumentano repentinamente lungo tutta la costa, anche nelle stazioni al largo con valori che raggiungono in media i 15.8 °C. In autunno il calo di temperatura delle acque superficiali si è registrato in maniera brusca a partire dal mese di novembre. I valori di fondo in generale mantengono un andamento più lineare e omogeneo, con un'attenuazione dei massimi e dei minimi soprattutto nelle stazioni al largo (Figura 29).

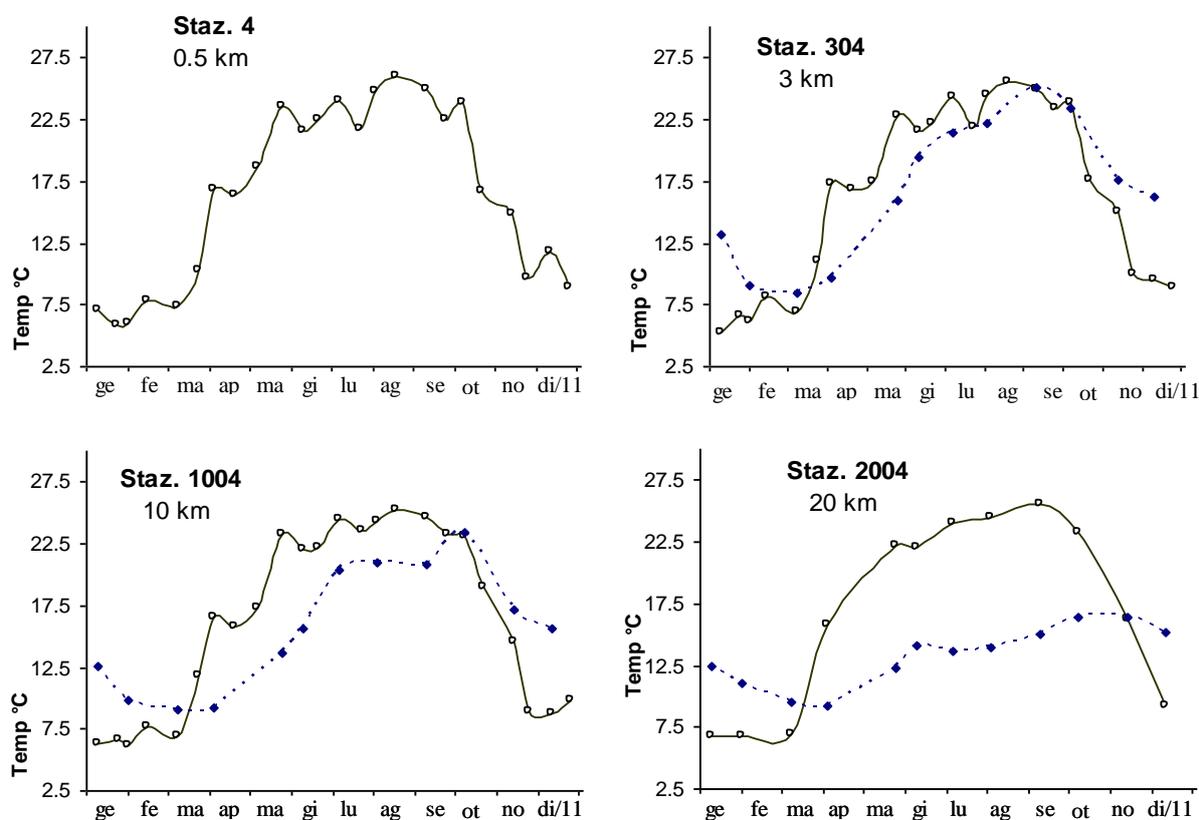
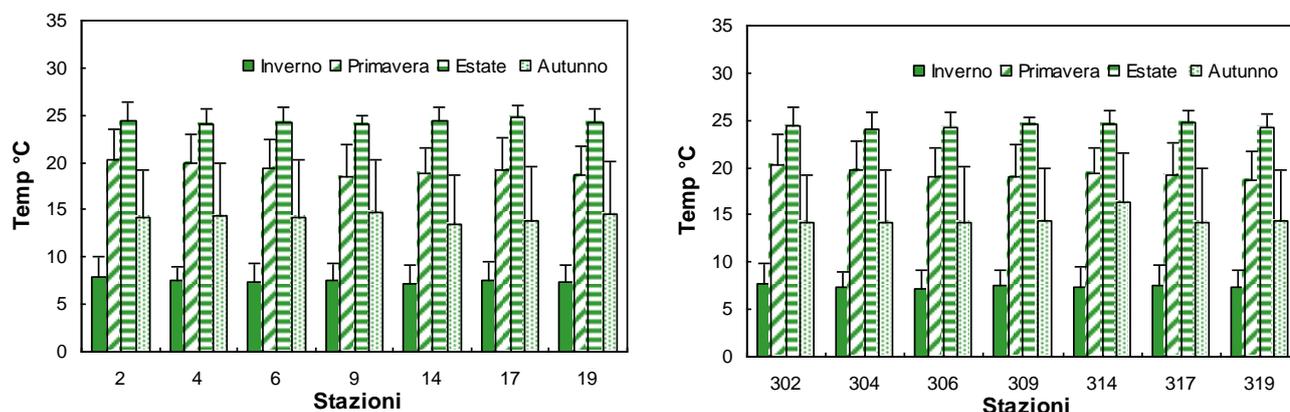


Figura 29 - Andamenti temporali della temperatura in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni lungo il transetto di Porto Garibaldi a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

Le medie stagionali calcolate a 0.5 e 3 km rappresentate graficamente nella Figura 30 sottolineano questa tendenza in tutte le stazioni lungo la costa da nord a sud.

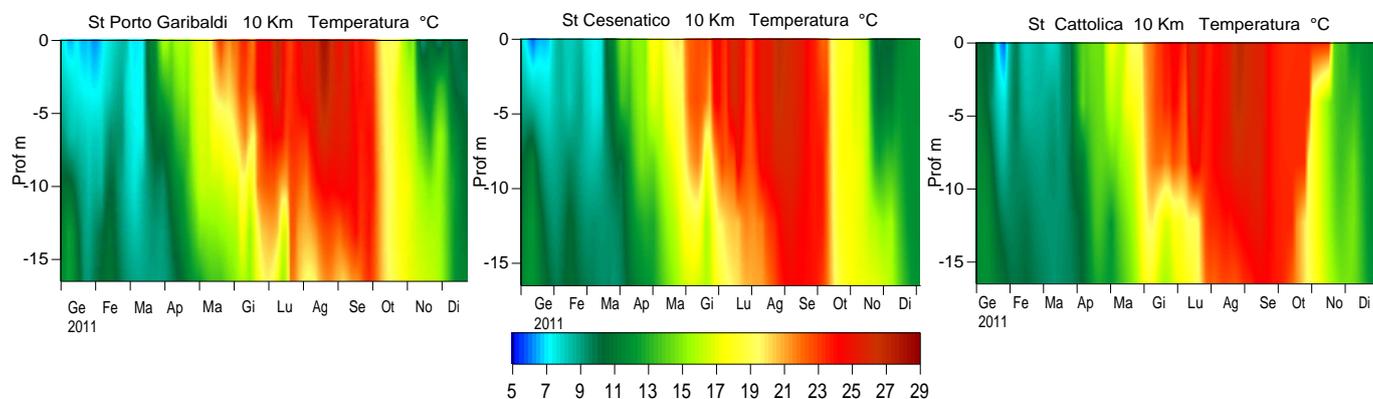
Variazioni su piccola scala temporale dei valori di temperatura in superficie sono per lo più dovute ad apporti fluviali, incrementi di biomassa microalgale in sospensione che determinano un maggior assorbimento della radiazione solare, oppure a particolari situazioni idrodinamiche (upwelling) o a moto ondoso intenso e spostamenti laminari di masse d'acqua.



**Figura 30 - Valori medi stagionali e deviazioni standard della temperatura nelle acque superficiali calcolate per le stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa**

Il valore più basso registrato in superficie è stato di 4.69 °C nella stazione 1002 (10 km davanti L. di Volano), mentre il valore più alto pari a 29.19 è stato rilevato il 23 agosto sempre nella zona più a nord della costa, a 3 km davanti a Lido di Volano.

Il riscaldamento delle acque superficiali durante l'estate contribuisce alla formazione di termoclini più o meno marcati che evidenziano la differenza di condizioni idrologiche che si instaurano tra gli strati superficiali e quelli di fondo (Figura 31). Durante la stagione estiva, in particolare nei mesi di luglio e agosto, si registrano i termoclini più netti, che nel 2011 si sono protratti anche nel mese di settembre, in concomitanza a temperature atmosferiche elevate e condizioni meteo-marine stabili, sia nella zona più settentrionale sia in quella centrale, si sono mantenute importanti stratificazioni lungo la colonna con escursioni termiche anche di 8-10°C (Figura 32).



**Figura 31 - Isolinee della temperatura rilevate nelle stazioni a 10 km al largo di Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica**

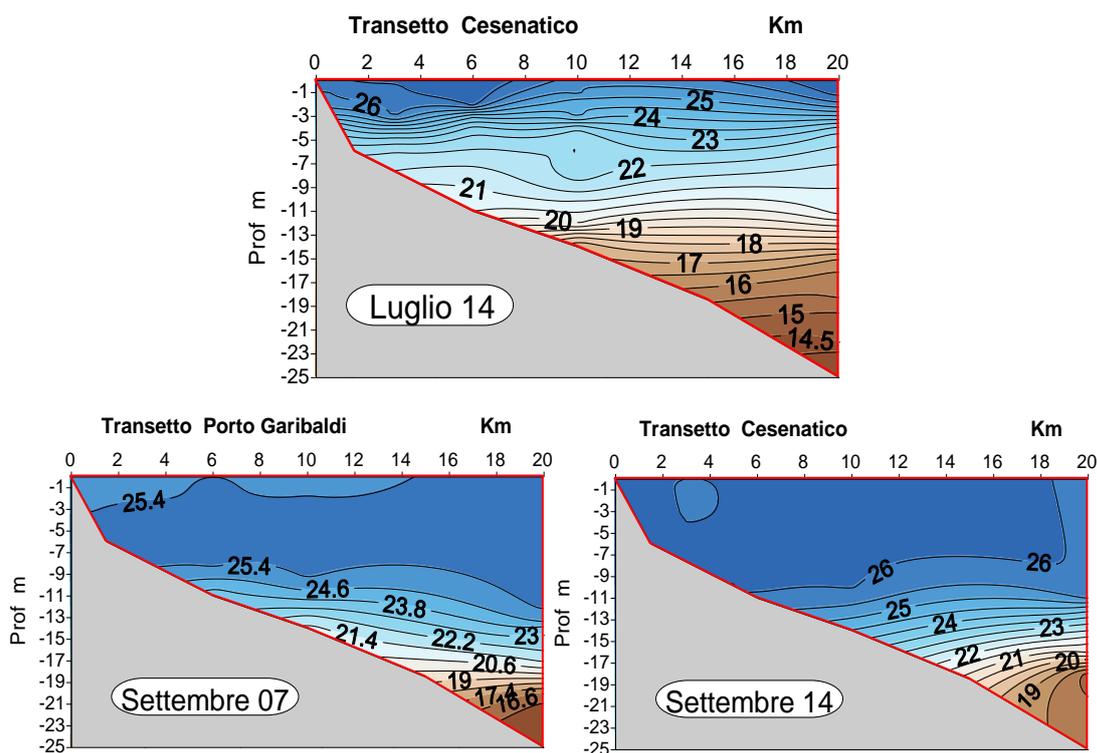


Figura 32 - Isolinee della temperatura (°C) lungo le sezioni di Cesenatico (4 luglio e 14 settembre) e Porto Garibaldi (7 settembre)

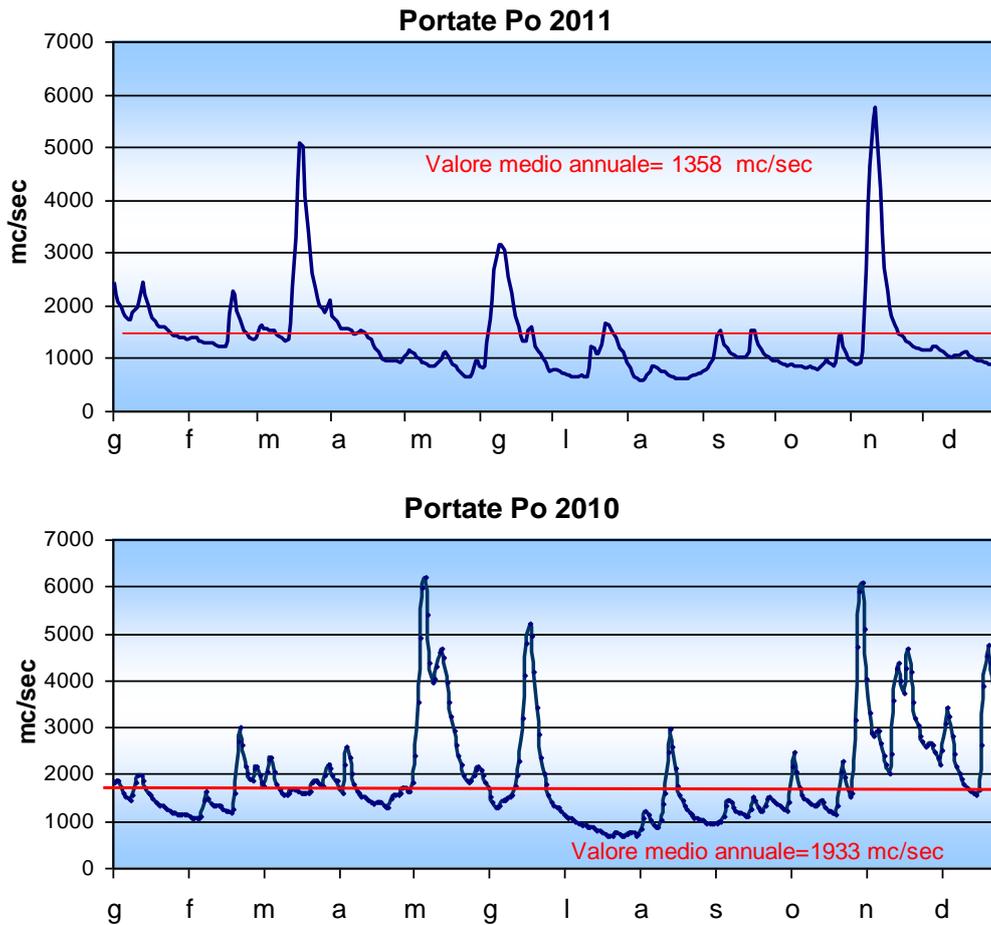
#### 4.4.1.b Salinità

Anche nel 2011 questo parametro presenta un andamento estremamente variabile su tutta l'area monitorata da costa fino al largo. La variabilità è correlata ai regimi di portata fluviale che congiuntamente all'azione di miscelamento ad opera del moto ondoso e a situazioni idrodinamiche particolari come processi di *upwelling* (venti spiranti da terra che richiamano in costa acque di fondo con caratteristiche idrologiche diverse) contribuiscono, in poco tempo, a modificare le condizioni ambientali dell'ecosistema marino.

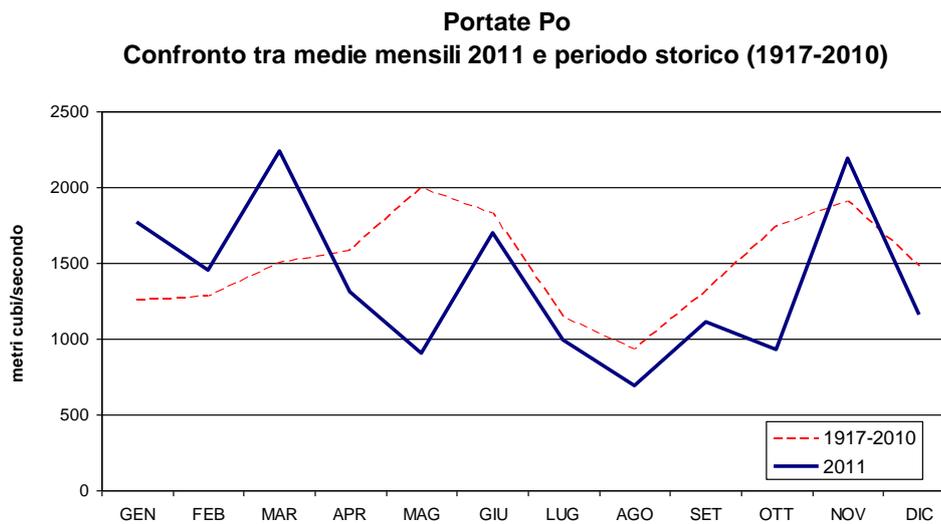
Nella Figura 33 sono rappresentate le portate annuali del Po nel 2011 e nel 2010 rilevate a Pontelagoscuro (FE). Le portate elevate nell'ultimo periodo del 2010 hanno contribuito a delineare una condizione di inizio anno caratterizzata da bassi valori di salinità nelle acque superficiali su tutta l'area, da costa fino al largo (Figura 8).

I valori di portata nel 2011 mostrano tre picchi importanti in marzo, giugno e novembre. Il picco massimo di portata si è avuto l'11 novembre con 5748 mc/sec, a seguire il 9 giugno con 3153 mc/sec, il 19 marzo con 5058 mc/sec, mentre il più basso pari a 569 mc/sec, il 5 agosto. Il valore medio annuale registrato è di 1358 mc/sec, valore inferiore rispetto alla media annuale del 2010 di 1933 mc/sec.

Confrontando i valori medi mensili di portata nel 2011 con quelli del periodo storico 1917-2010 (Figura 34) si evidenziano anomalie di tendenza soprattutto nei mesi di maggio e ottobre con netta diminuzione mentre nel mese di gennaio e marzo i valori medi di portata risultano maggiori rispetto al periodo storico a confronto.



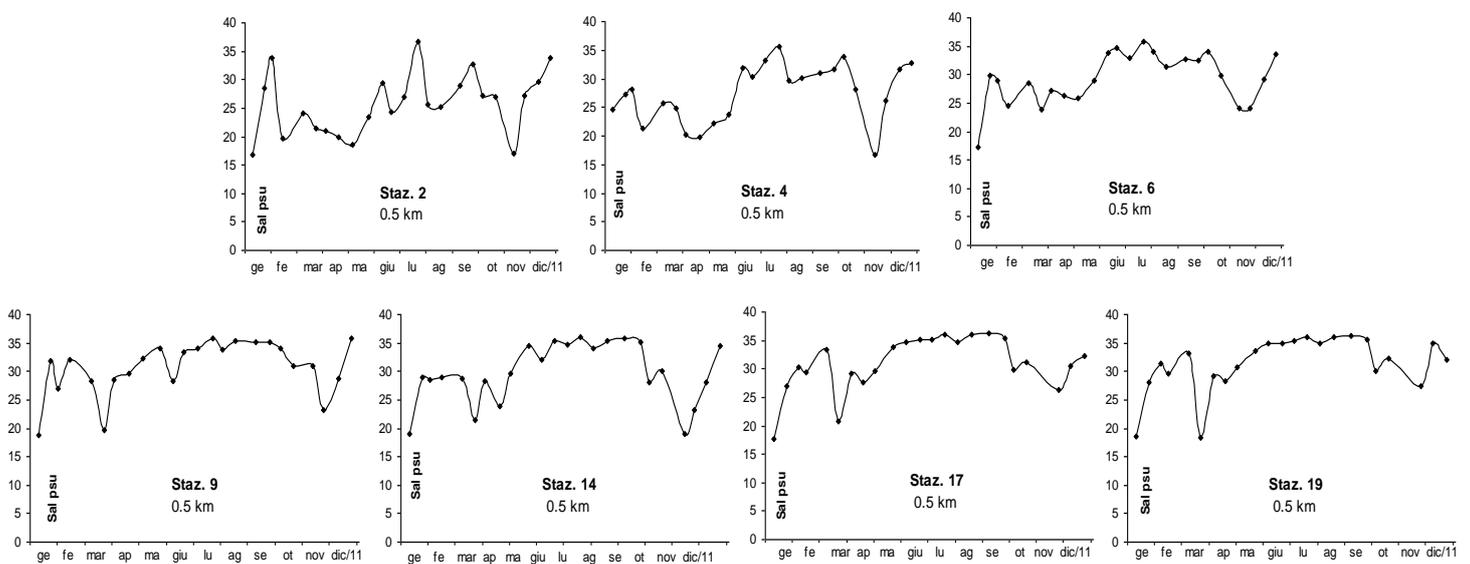
**Figura 33 - Portate fiume Po rilevate a Pontelagoscuro (FE) nel 2010 e nel 2011 (Fonte: Arpa SIMC)**



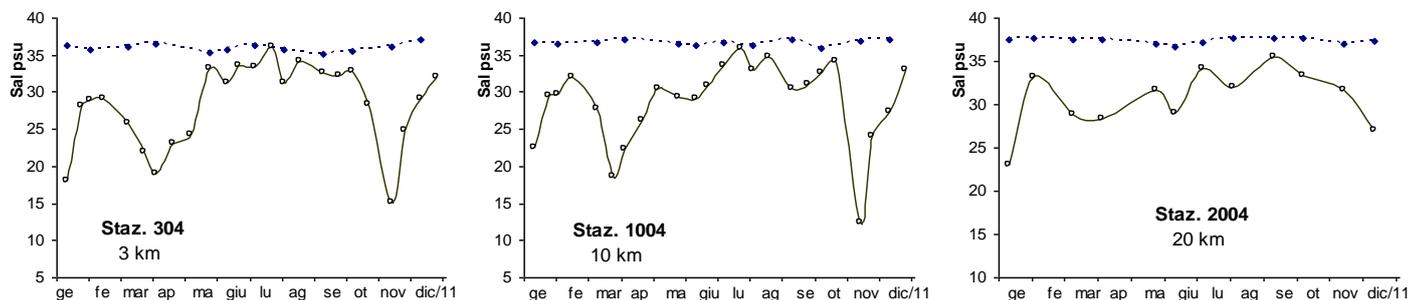
**Figura 34 - Confronto delle medie mensili delle portate del Po nel 2011 con le medie calcolate per il periodo storico 1917-2010**

L'andamento temporale della salinità nelle stazioni costiere rappresentato in Figura 35 evidenzia la marcata variabilità del parametro soprattutto nelle stazioni più settentrionali direttamente investite dagli apporti provenienti dal Po. Infatti in concomitanza ad immissioni importanti di acque dolci in mare si sono registrate in gennaio, marzo e novembre diluizioni significative delle acque superficiali non solo in costa ma anche al largo soprattutto nelle stazioni settentrionali.

Per gran parte del 2011 la zona più settentrionale ha risentito in maniera significativa del contributo immesso dal bacino padano, in alcune situazioni si sono verificate importanti diluizioni non solo in superficie ma anche a quote lungo la colonna d'acqua fino a 5-6 m di profondità. Nella Figura 37 sono rappresentate le isolinee di salinità rilevate a cadenza quindicinale nelle stazioni a 10 Km antistante L. di Volano e Cattolica che sottolineano ancora la maggior variabilità della salinità nelle stazioni settentrionali rispetto a quelle più meridionali.

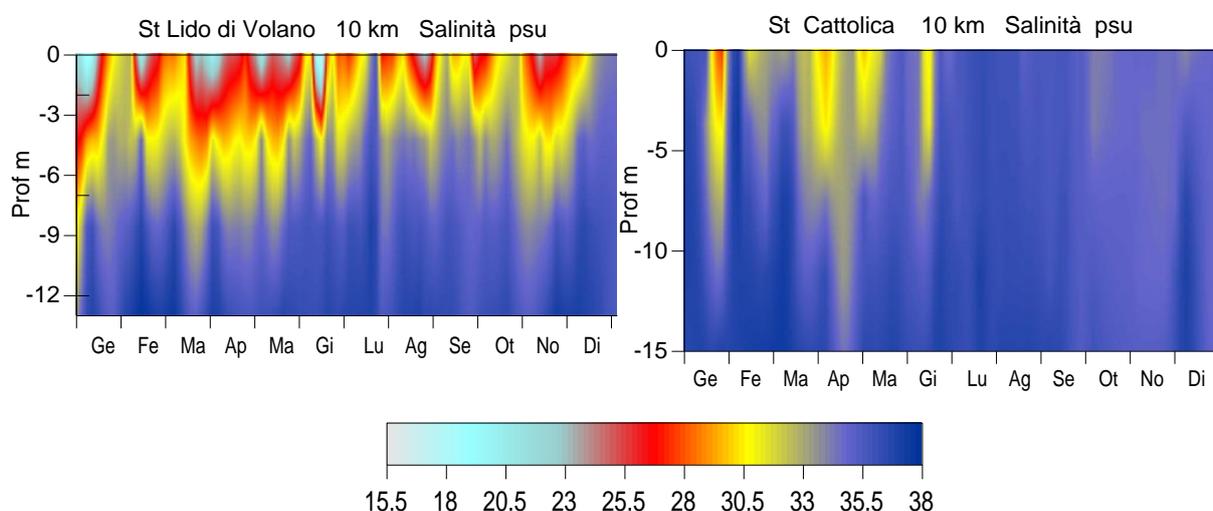


**Figura 35 - Andamenti temporali della salinità in superficie nelle stazioni costiere**



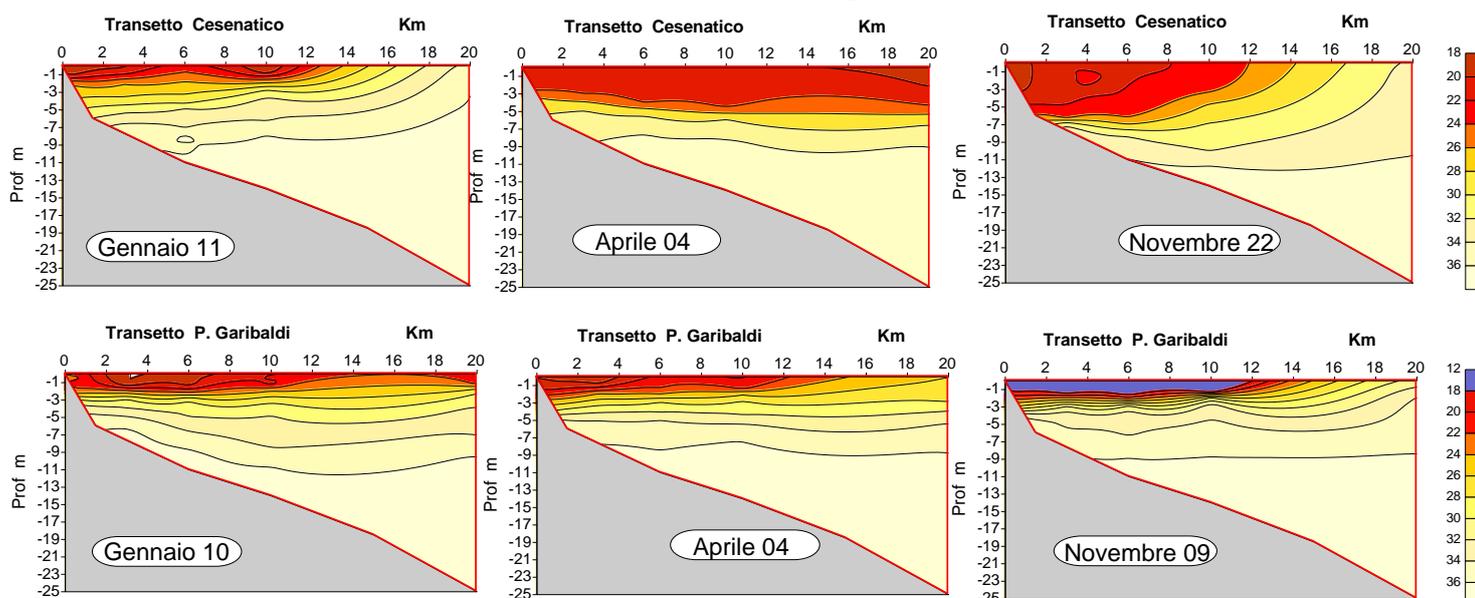
**Figura 36 - Andamenti temporali della salinità in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 3, 10 e 20 km lungo il transetto di Porto Garibaldi**

Negli strati più profondi le variazioni sono molto limitate sia in costa sia al largo sottolineando una maggior stabilità del parametro (Figura 36).



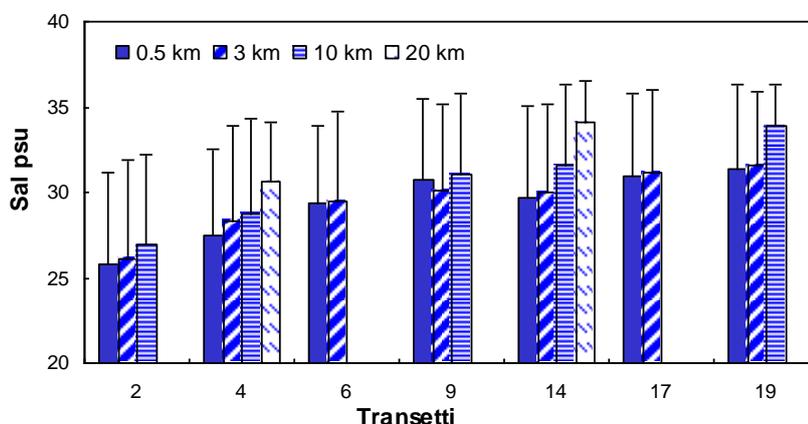
**Figura 37 - Isolinee della salinità rilevate nelle stazioni a 10 km al largo di L. Volano e Cattolica**

La salinità è un elemento importante nel definire i campi di densità e stratificazione ed è un ottimo tracciante per analizzare la distribuzione di eventuali inquinanti veicolati dai bacini. I grafici riportati di seguito evidenziano in particolare le stratificazioni verificatesi lungo i transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico fino a 20 km al largo a gennaio (giorni 10 e 11), ad aprile (giorno 04) e a novembre (giorni 09 e 22). In questi periodi lungo tutti i transetti si sono evidenziati livelli bassi di salinità in superficie fino a 20 km con l'instaurarsi di una marcata stratificazione alina lungo la colonna d'acqua. In particolare in novembre nella stazione più a nord (Porto Garibaldi) i valori bassi (nel primo metro di profondità in media circa 25 psu) hanno interessato il transetto fino a 10 km dalla costa (Figura 38).



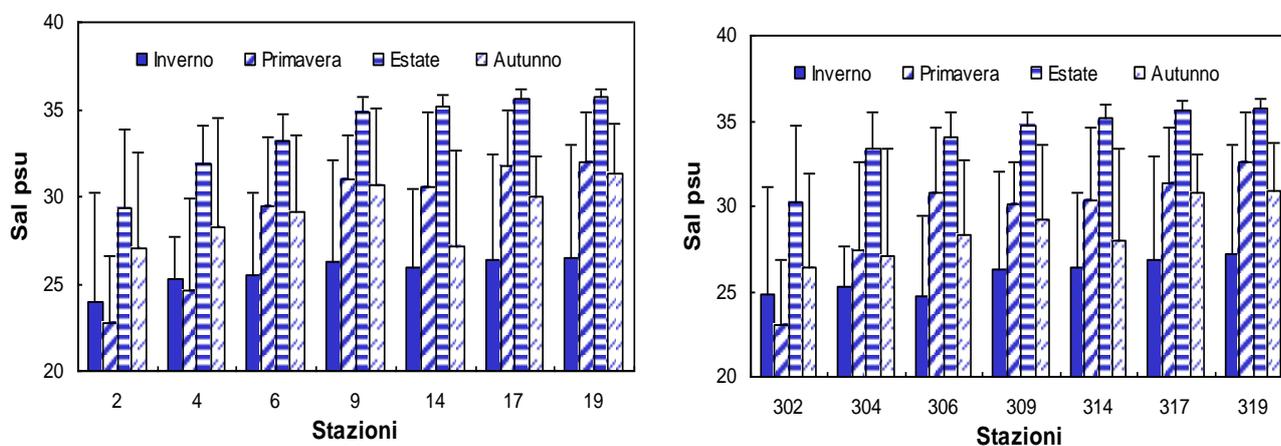
**Figura 38 - Isolinee di concentrazione della salinità (psu) lungo le sezioni dei transetti di Cesenatico e P. Garibaldi**

Nella Figura 39 sono rappresentate le medie annuali delle stazioni sia di costa che al largo; è evidente il trend in aumento nord-sud e costa-largo.



**Figura 39 - Valori medi annuali e deviazioni standard nelle acque superficiali calcolati per le stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa**

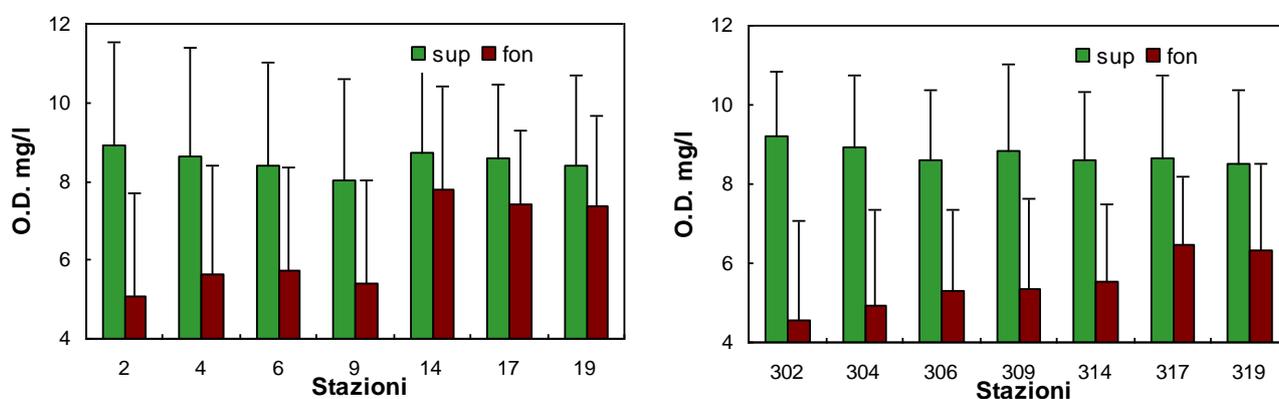
Le medie stagionali presentano valori più elevati nel periodo estivo in tutte le stazioni con un evidente gradiente nord-sud (Figura 40), i minimi in inverno ad eccezione delle stazioni più settentrionali che presentano i minimi in primavera. Il valore più basso di salinità in superficie è stato registrato a 10 km antistante Porto Garibaldi il 9 novembre pari a 12.44 psu mentre il valore più elevato, in superficie, pari a 36.92 psu, è stato rilevato il 2 febbraio lungo il transetto di Cesenatico a 20 km dalla costa.



**Figura 40 - Valori medi stagionali e deviazioni standard della salinità nelle acque superficiali calcolate per le stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa**

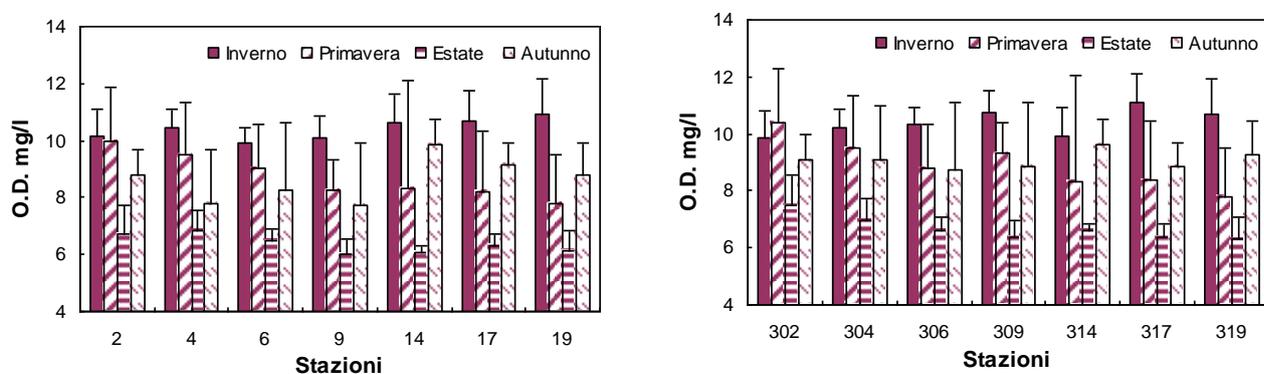
#### 4.4.1.c Ossigeno disciolto

L'ossigeno disciolto rappresenta un importante indicatore dello stato trofico di un ecosistema marino in quanto il suo andamento è strettamente correlato alla biomassa autotrofa presente in sospensione. Le fluttuazioni attorno al valore fisico di saturazione sono in genere conseguenti all'apporto di ossigeno proveniente dai processi produttivi (fotosintesi) della componente fitoplanctonica. Infatti durante i controlli i valori al di sopra del limite di saturazione coincidono sempre con la presenza di fioriture microalgali. Nelle acque di fondo i valori più bassi, tendenti quindi alla sottosaturazione, sono attribuiti alla richiesta di ossigeno da parte di organismi eterotrofi, appartenenti alla catena trofica dei detritivori, che attraverso i processi metabolici e respiratori degradano la sostanza organica, incrementata anche dal decadimento delle fioriture microalgali che si sviluppano, che si deposita sul fondo (Figura 41). Gli strati di fondo delle stazioni più settentrionali sono quelle che presentano i valori medi più bassi, essendo quelle maggiormente interessate da eventi ipossici/anossici.



**Figura 41 - Valori medi annuali e deviazioni standard di ossigeno disciolto nelle acque superficiali e di fondo nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa**

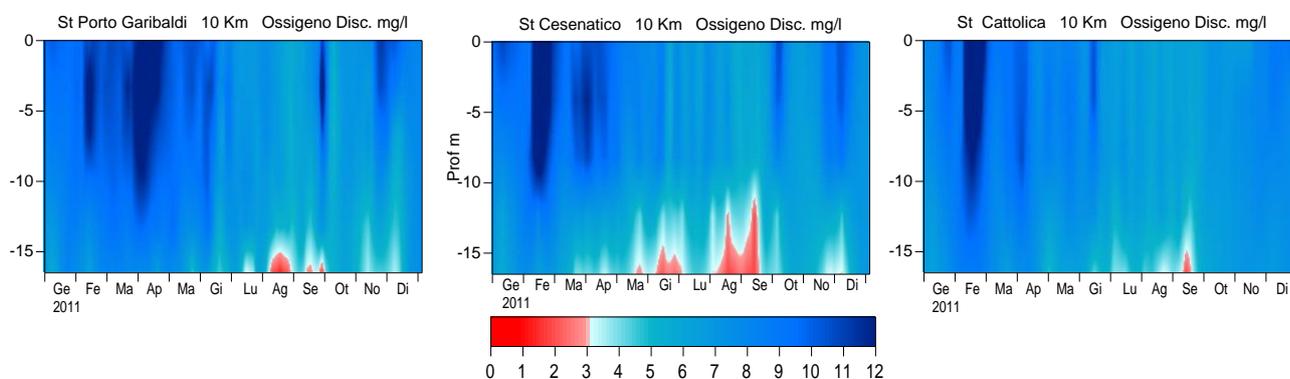
Le medie stagionali elaborate per le acque superficiali (Figura 42) confermano in tutte le stazioni concentrazioni più elevate nel periodo invernale e più basse nel periodo estivo. Tale condizione è influenzata sia dalla presenza di biomassa microalgale, più abbondante in tale periodo, che dalle temperature in quanto, in acque fredde, aumenta la solubilità dell'ossigeno atmosferico nei confronti degli strati superficiali dell'acqua.



**Figura 42 - Valori medi stagionali e deviazioni standard di ossigeno disciolto nelle acque superficiali a 0.5 e 3 km dalla costa**

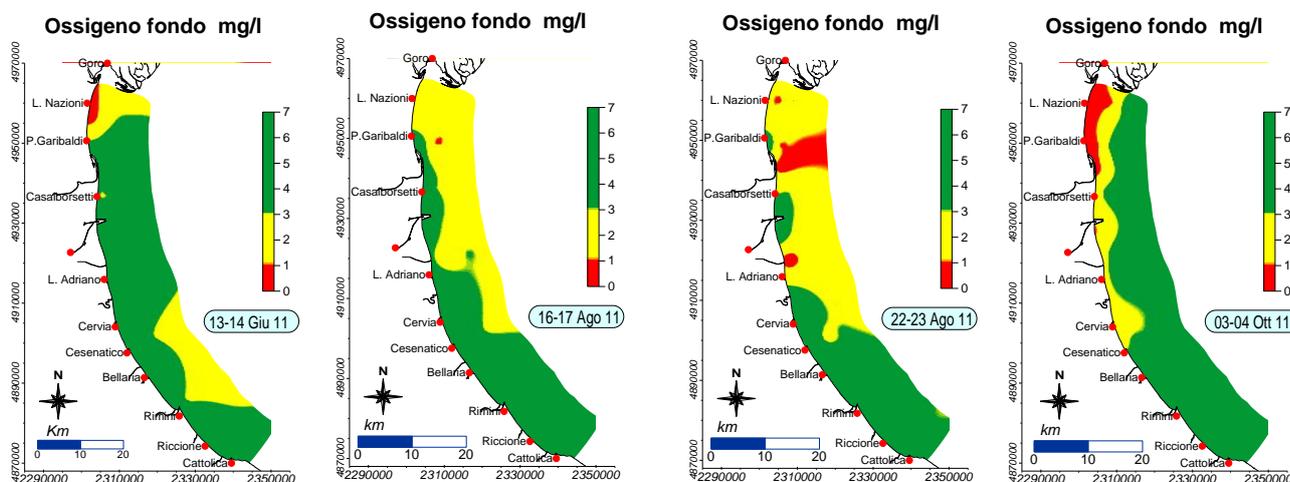
L'andamento di questo parametro nel 2011 sul fondo ha registrato momenti di criticità localizzati e circoscritti in termini spazio-temporali tra giugno-luglio e settembre-ottobre; l'area più sensibile, soggetta all'instaurarsi di condizioni ipossiche/anossiche rimane in generale sempre quella settentrionale più esposta ad eventi eutrofici più importanti e duraturi. I fattori che concorrono a creare condizioni di sofferenza in termini di mancanza di ossigeno in profondità sono: l'innalzamento delle temperature, la presenza di materiale organico (derivante anche da fioriture microalgali), stasi idrodinamica e stratificazione termica che limita gli scambi tra gli strati superficiali e quelli di fondo.

Grazie al verificarsi di situazioni idrodinamiche come mareggiate e meteo-marine (esempio venti di Libeccio), lungo la colonna d'acqua si sono verificati rimescolamenti importanti che hanno riossigenato in modo repentino ed efficace la parte prossima al fondale; la breve durata degli eventi ipossici/anossici non ha causato ripercussione a livello di biocenosi di fondo. Nella Figura 43 sono state elaborate le isolinee di concentrazione dell'ossigeno disciolto rilevati nel 2011 nelle stazioni a 10 km dalla costa lungo i transetti di Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica.

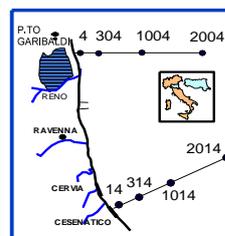
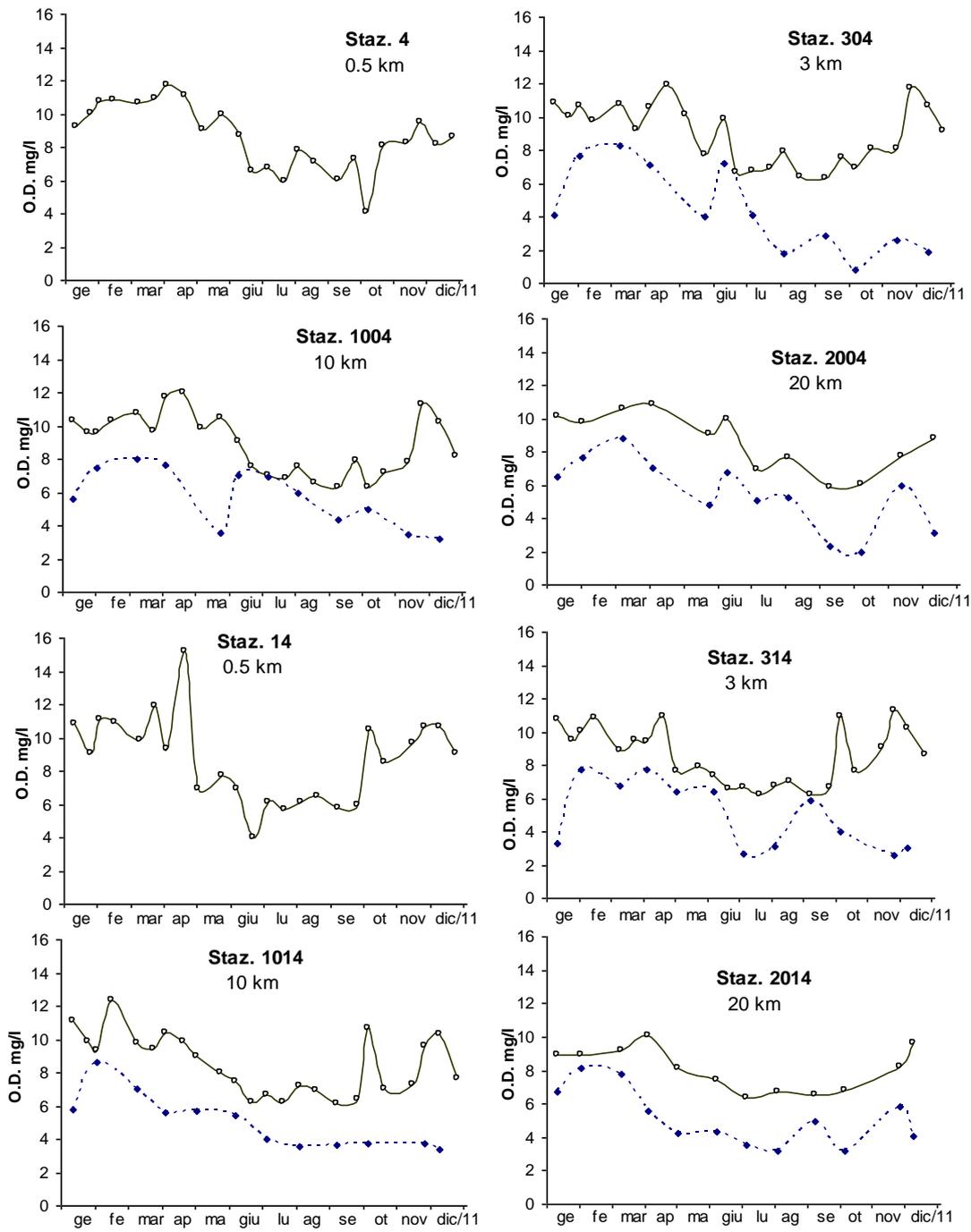


**Figura 43 - Isolinee di concentrazione dell'ossigeno disciolto rilevate a 10 km al largo di Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica**

Nei grafici riportati di seguito vengono rappresentati gli andamenti dell'ossigeno in superficie e sul fondo nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa lungo antistanti Porto Garibaldi e Cesenatico.



**Figura 44 - Mappe di distribuzione dell'ossigeno disciolto sul fondo lungo la costa in alcuni monitoraggi (13-14 giugno, 16-17 e 22-23 agosto, 3-4 ottobre)**

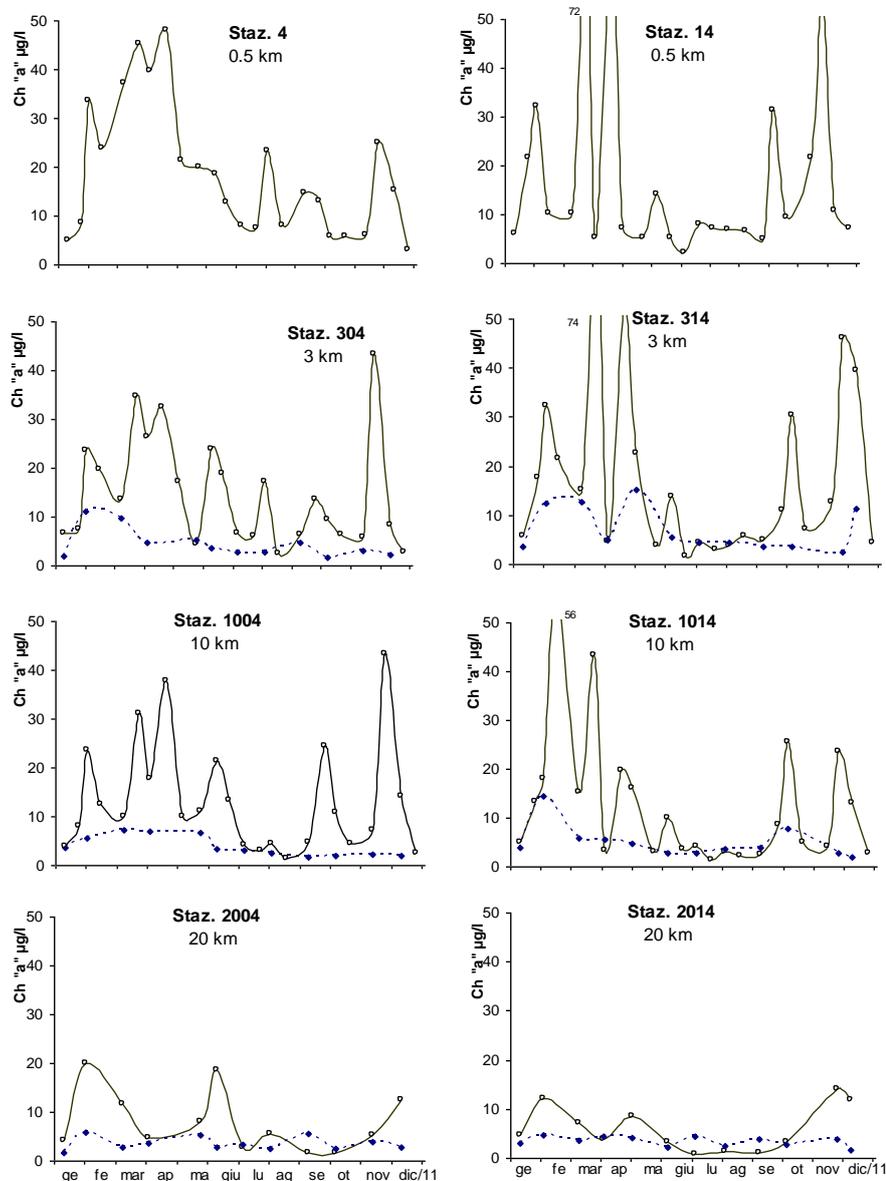


**Figura 45 - Andamenti temporali dell'ossigeno disciolto in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nel transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico**

#### 4.4.1.d Clorofilla "a"

La concentrazione di clorofilla "a" fornisce la misura del principale pigmento fotosintetico delle microalghe presenti nelle acque; viene utilizzato 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, dell'indice di torbidità TRBIX, applicati nella valutazione delle caratteristiche trofiche del corpo idrico e dello stato ambientale dell'ecosistema.

Analizzando gli andamenti temporali del parametro in superficie (Figura 46) lungo i transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico, si nota che, oltre ai massimi registrati in inverno e primavera il sistema ha contribuito ad alimentare condizioni eutrofiche anche nei mesi autunnali tra ottobre e novembre.



**Figura 46 - Andamenti temporali di clorofilla "a" in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nei transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico**

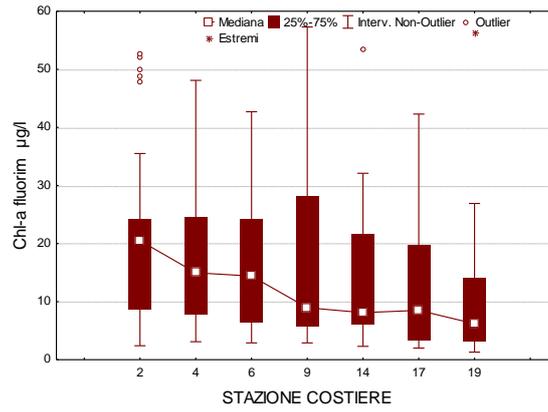


Figura 47 - Distribuzione della clorofilla "a" nelle stazioni costiere

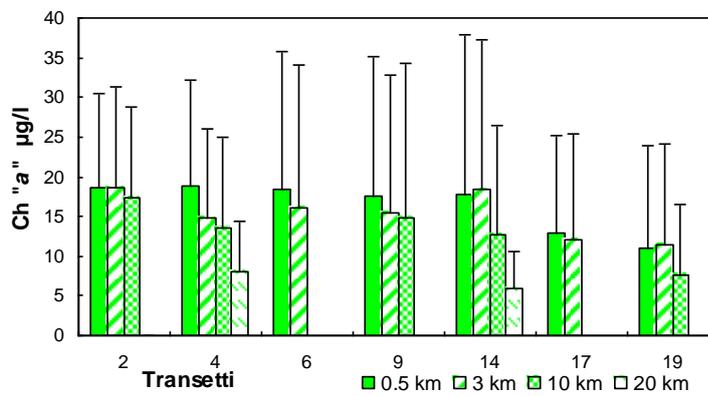


Figura 48 - Valori medi annuali e deviazioni standard della clorofilla "a" 0.5, 3, 10 e 20 km da costa

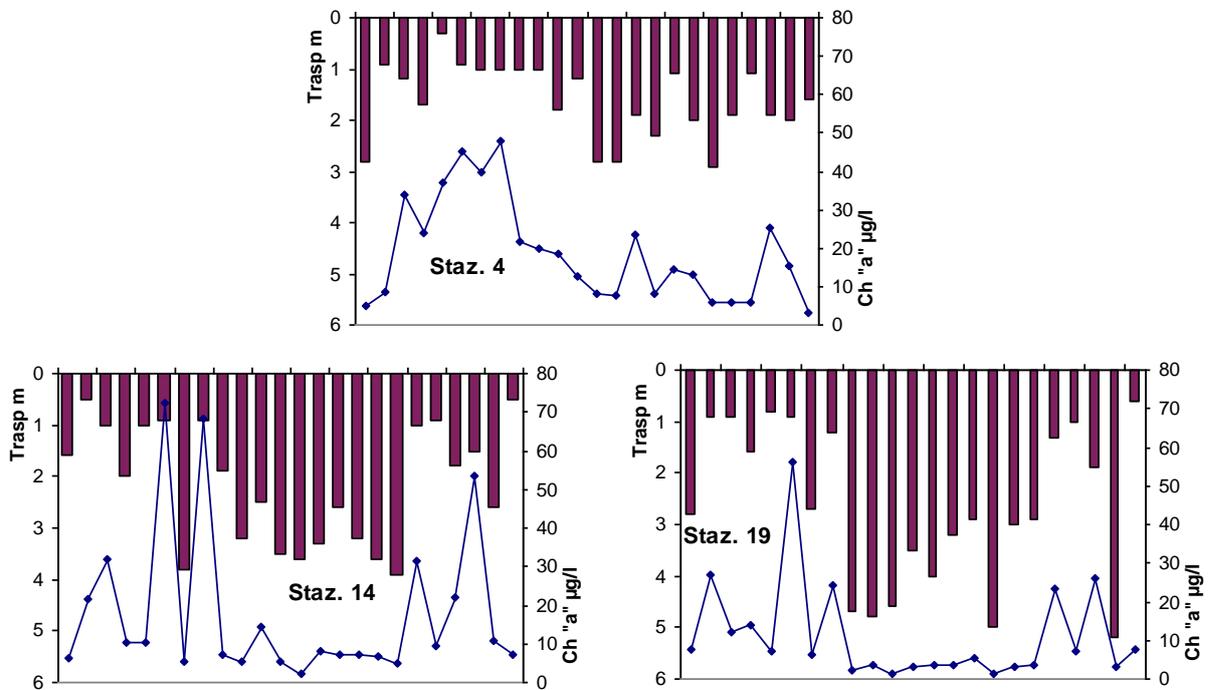
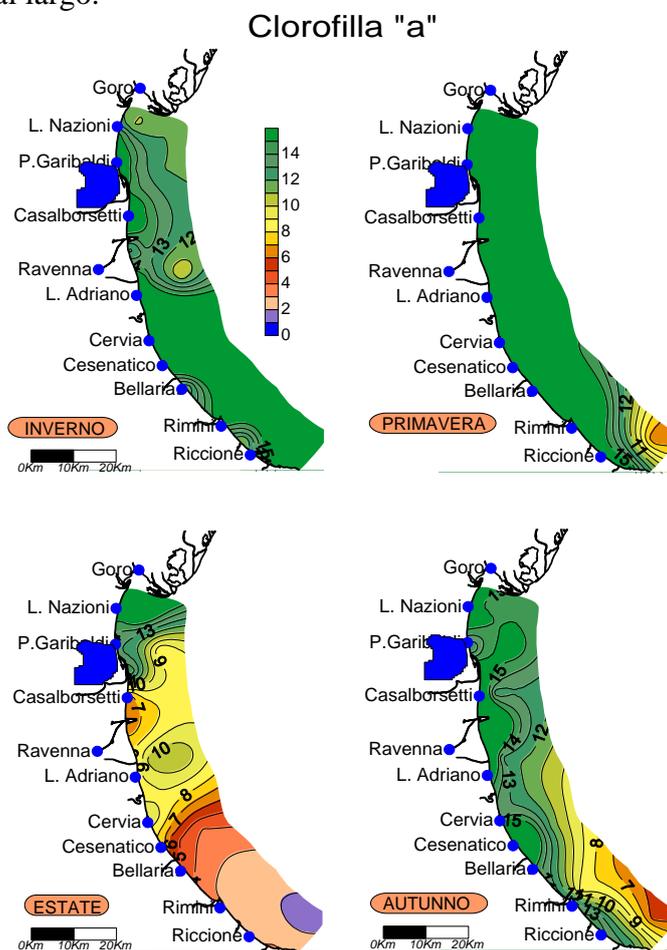


Figura 49 - Andamenti temporali della clorofilla "a" (linea continua) e della trasparenza (barre verticali) in superficie in tre stazioni costiere

Questa condizione eutrofica diffusa anche nel periodo autunnale è evidenziata in Figura 50; solo in estate si apprezza un miglioramento con medie stagionali inferiori a 10 µg/l e in progressiva diminuzione spaziale dal transetto 6 (Casalborsetti) al transetto 19 (Cattolica). In autunno tutto il tratto di mare compreso tra il transetto 2 e il transetto 14 risulta eutrofizzato da costa fino a 3 km al largo.



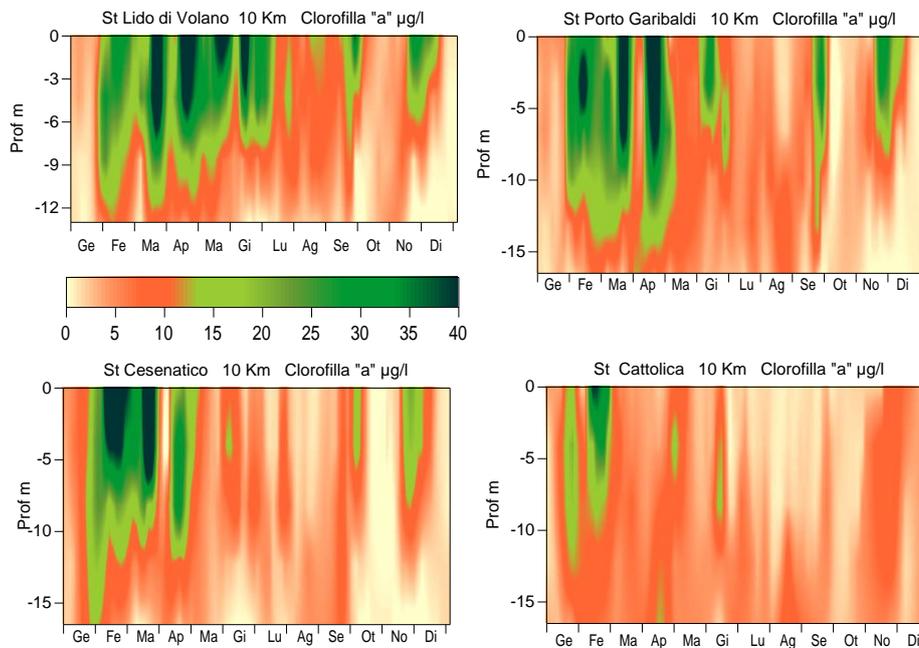
**Figura 50 - Mappe di distribuzione della clorofilla "a" (µg/l) da costa a 10 km al largo in superficie (medie stagionali)**

In Figura 47 si nota che, nelle stazioni costiere, i quantitativi di clorofilla "a" seguono un trend negativo da nord a sud.

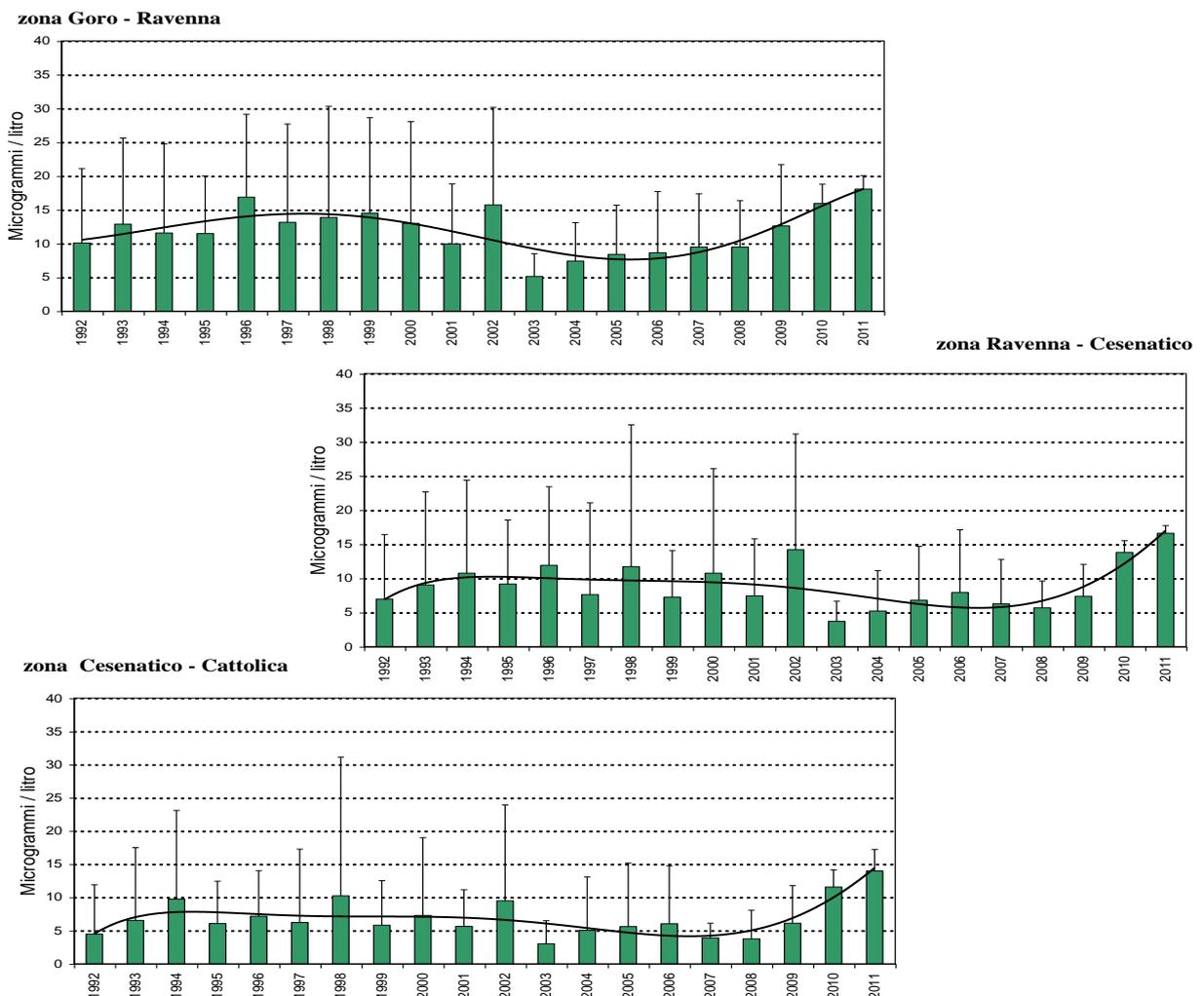
Le stazioni dalla 2 alla 14 sono quelle in cui si registrano i valori più elevati se si considera la media annuale (Figura 48). Da notare inoltre che, fatta eccezione per la stazione 4 (Porto Garibaldi), i valori a 3 km sono simili a quelli sotto costa.

I profili verticali (Figura 51) relativi alle stazioni 1002, 1004, 1014 (10 km) evidenziano in inverno e primavera incrementi del parametro lungo la colonna d'acqua sia nella parte alta che nella parte profonda. Le alte concentrazioni autunnali sono invece relegate agli strati superficiali della colonna d'acqua.

Per avere un quadro conoscitivo degli andamenti del parametro clorofilla "a", sono stati elaborati nel lungo periodo (1982-2011) i valori medi annuali e le relative deviazioni standard nelle stazioni a 0.5 e 3 km da costa. I grafici di Figura 52 mostrano un aumento dei valori medi di clorofilla "a" negli ultimi 3 anni che interessa tutte le aree considerate (Goro-Ravenna, Ravenna-Cesenatico, Cesenatico-Cattolica).



**Figura 51 - Isolinee di concentrazione della clorofilla "a" rilevate a 10 km al largo di L. di Volano, P. Garibaldi, Cesenatico e Cattolica**

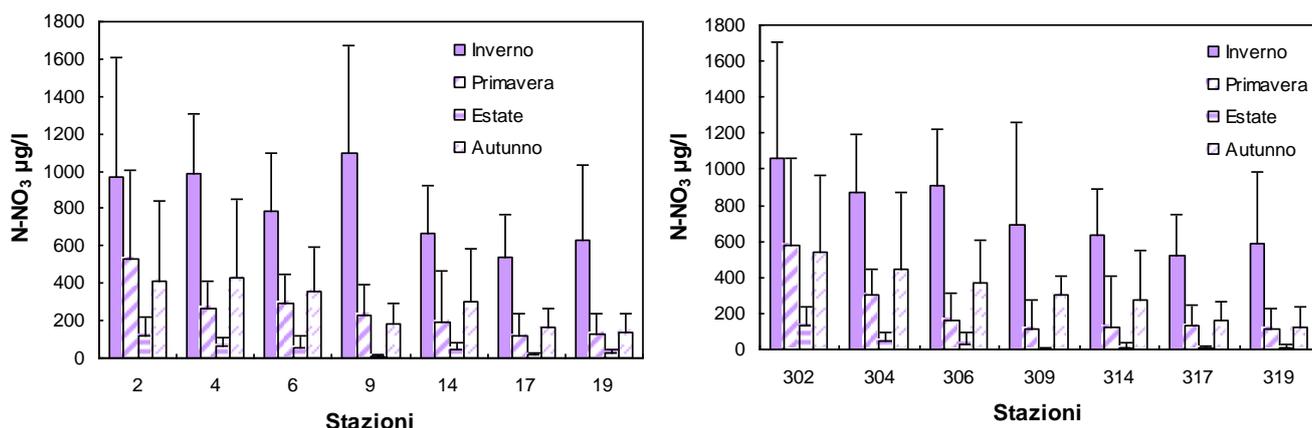


**Figura 52 - Andamenti dei valori medi annuali di clorofilla "a" dal 1992 al 2011 nelle stazioni a 0.5 e 3 km suddivise in tre zone**

## 4.4.2 Elementi nutritivi

### 4.4.2.a Azoto nitrico ( $N-NO_3$ )

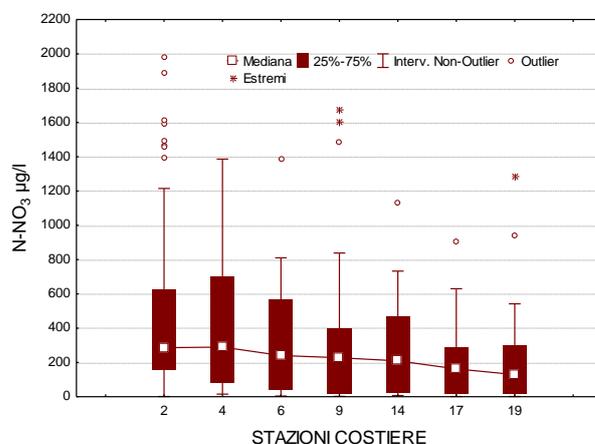
L'azoto nitrico rappresenta una delle componenti solubili dell'azoto e mostra un andamento ben correlato con le portate fluviali, in particolare del fiume Po. Dall'analisi delle distribuzioni dei valori medi stagionali (Figura 53) infatti si confermano concentrazioni maggiori in inverno nelle stazioni più settentrionali e minime in estate lungo tutta la costa, in corrispondenza di portate scarse o assenti.



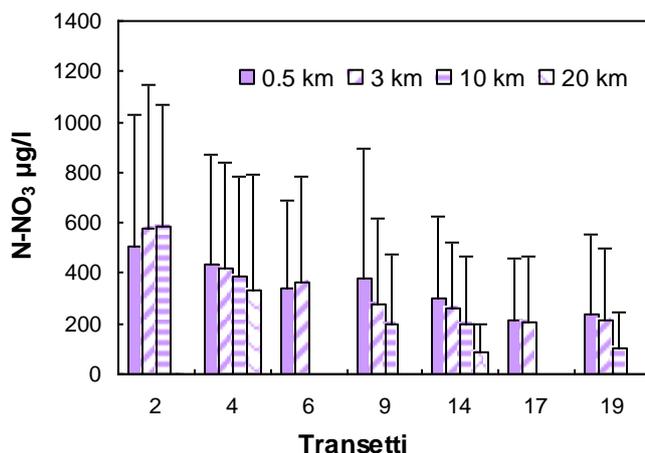
**Figura 53 - Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'azoto nitrico in superficie calcolati per le stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa**

Anche i diagrammi multipli di Box e Whiskers rappresentano bene questa condizione evidenziando inoltre la maggior variabilità del parametro sempre nelle stazioni più a nord rispetto a quelle più meridionali (Figura 54).

La distribuzione da costa verso il largo dei valori medi di  $N-NO_3$  (Figura 55), evidenzia concentrazioni più elevati nelle stazioni settentrionali più al largo, a sottolineare l'ampio areale di influenza dell'apporto del bacino del Po. L'andamento rimane comunque sempre decrescente da nord a sud e a partire da Lido Adriano anche da costa al largo.



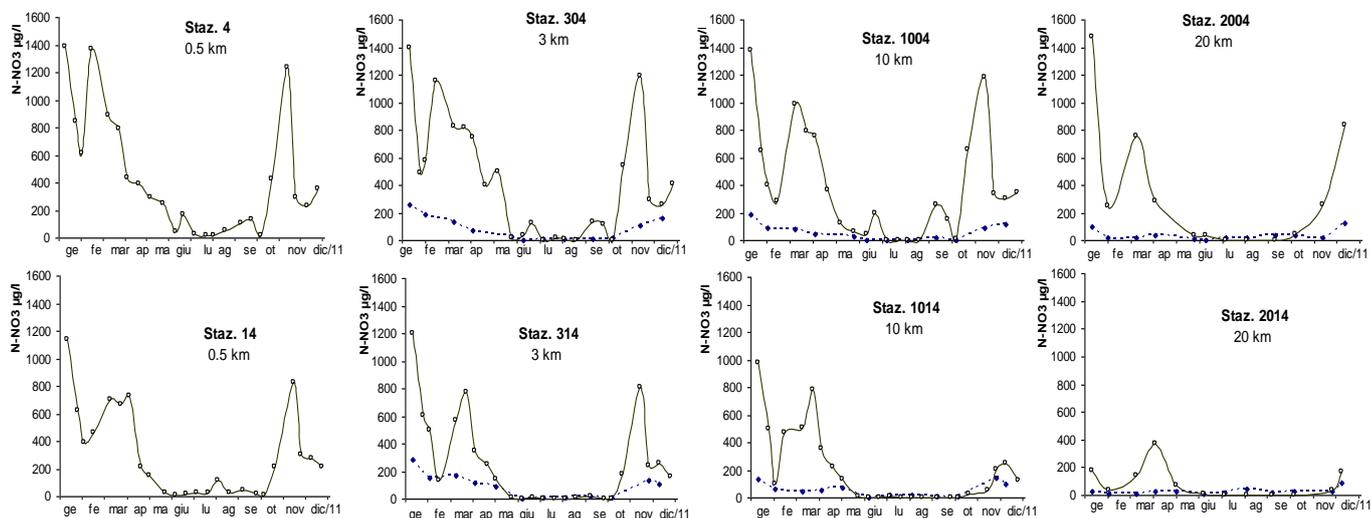
**Figura 54 - Diagrammi multipli di Box e Whiskers annuali dell'azoto nitrico nelle stazioni costiere**



**Figura 55 - Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto nitrico in superficie nelle stazioni a 0,5, 3, 10 e 20 km dalla costa**

L'analisi dei dati temporali nella Figura 56 rappresenta la distribuzione delle concentrazioni dell'azoto nitrico in superficie e sul fondo rilevate lungo i transetti prospicienti Cesenatico e Porto Garibaldi.

I valori più elevati in superficie risultano in stretta correlazione con le portate del fiume Po registrate nel 2011 soprattutto a Porto Garibaldi dove si mantengono discrete concentrazioni anche nelle stazioni a 10 e 20 km al largo. Le acque degli strati prossimi al fondo mantengono sempre concentrazioni basse e andamenti più omogenei.



**Figura 56 - Andamento temporale dell'azoto nitrico in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle due direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico**

Il valore di concentrazione massimo di azoto nitrico lungo la costa pari a 1979  $\mu\text{g/l}$  è stato registrato in 12 febbraio, a 3 km davanti a Lido di Volano.

Le mappe di distribuzione delle medie stagionali negli strati superficiali (Figura 57) evidenziano il marcato trend decrescente da nord a sud in tutte le stagioni, le maggiori concentrazioni nelle stagioni invernale e primaverile, i minimi in estate.

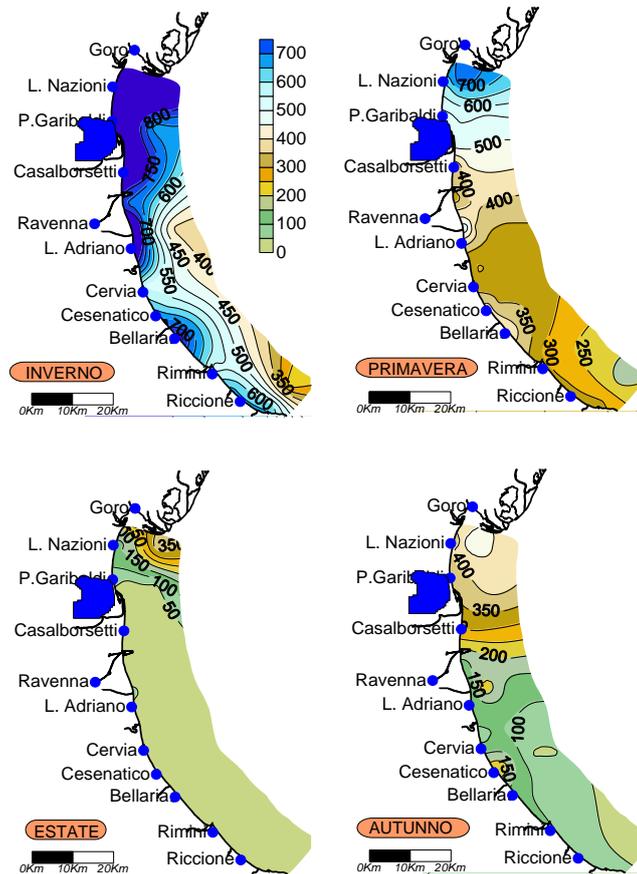


Figura 57 - Mappe di distribuzione delle medie stagionali dei nitrati ( $\mu\text{g/l}$ ) in superficie

#### 4.4.2.b Azoto nitroso ( $N-NO_2$ )

L'azoto nitroso rappresenta un'altra componente solubile dell'azoto e le fluttuazioni temporali durante il 2011 presentano analogo andamento a quelle dell'azoto nitrico e in stretta correlazione alle portate fluviali. Infatti in tutte le stazioni lungo costa, da nord a sud, i picchi più alti registrati si presentano nel periodo invernale e in autunno in corrispondenza anche ad una maggiore oscillazione del parametro (Figura 33 e Figura 58).

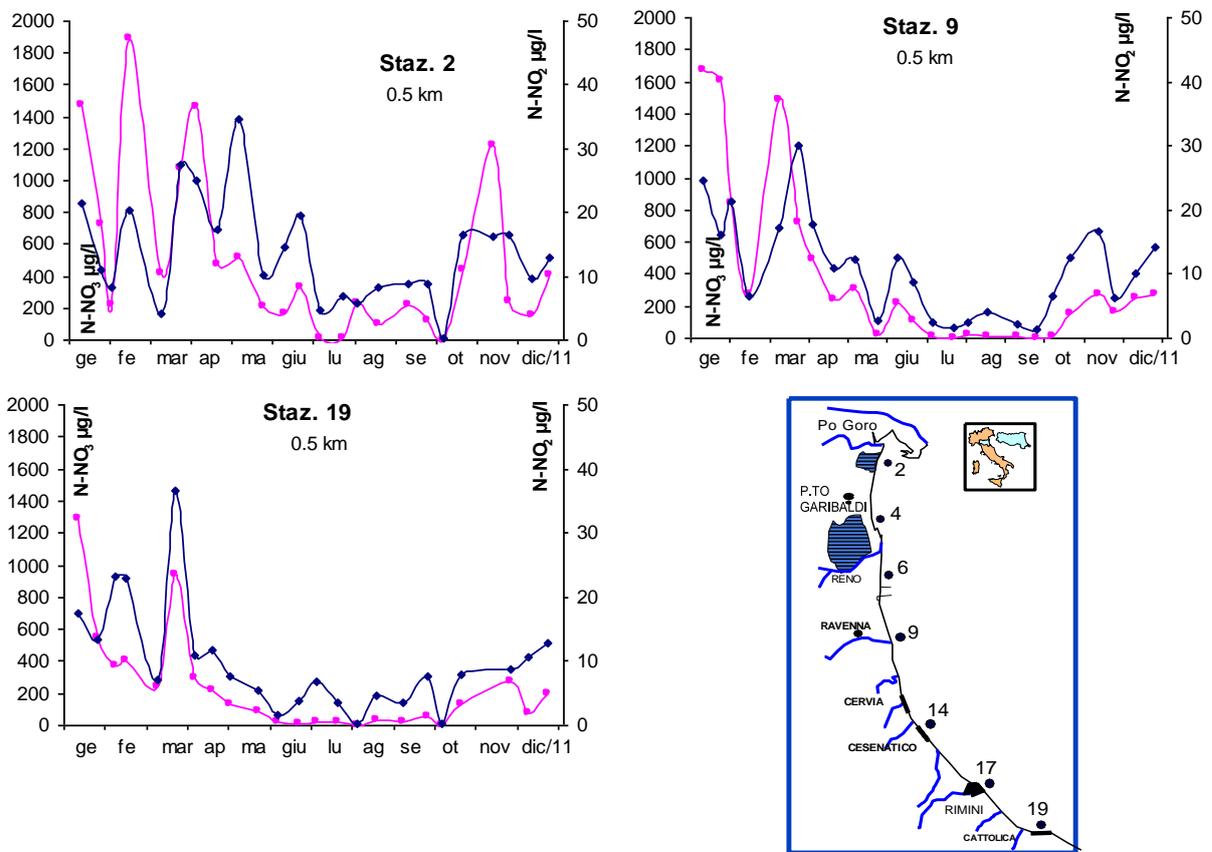


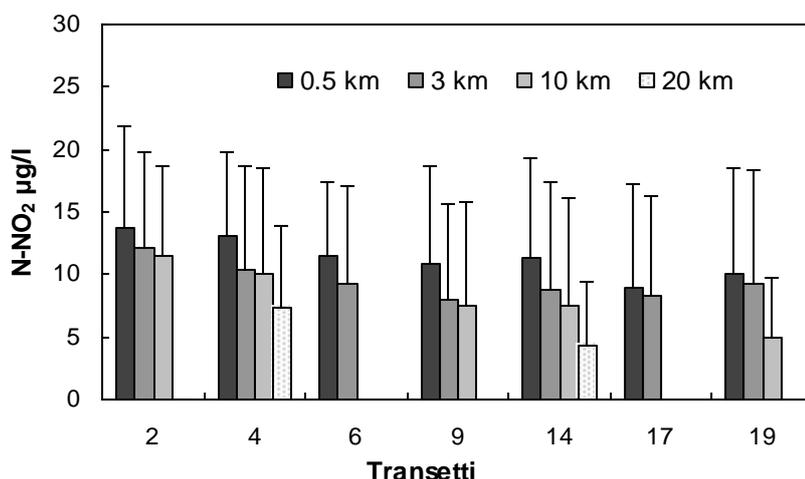
Figura 58 - Andamenti temporali dell'azoto nitrico (linea blu) e dell'azoto nitroso (linea fucsia) in superficie nelle stazioni di L. di Volano, L. Adriano e Cattolica a 0.5 km dalla costa

Le medie dei valori annuali di concentrazione e le relative deviazioni standard sono rappresentate nella Figura 59 che evidenzia nelle stazioni costiere livelli più elevati rispetto a quelle più al largo sottolineando anche in questo caso un marcato trend in diminuzione da nord verso sud.

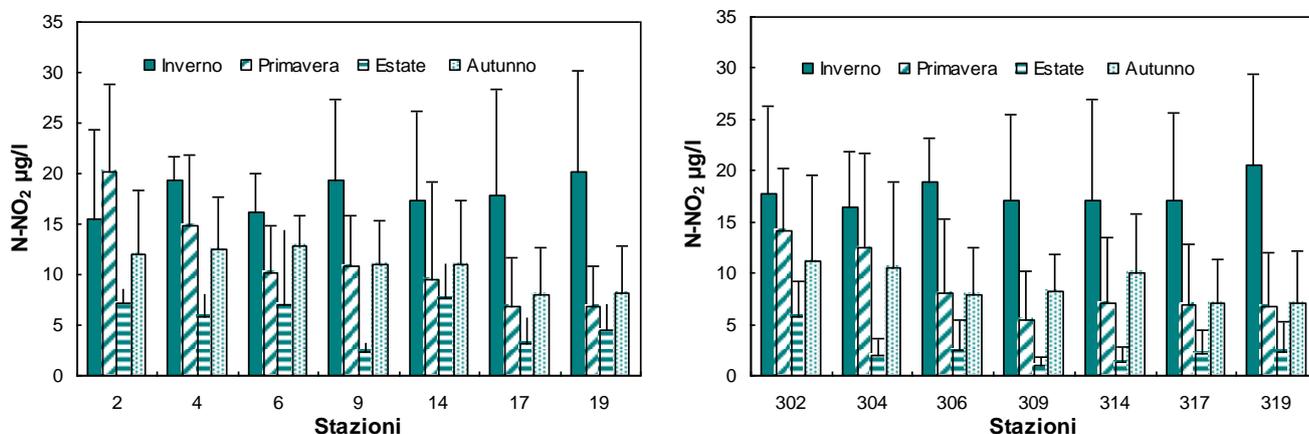
Stagionalmente i valori medi di N-NO<sub>2</sub> nelle stazioni a 0.5 e 3 km da costa sono più elevati in inverno, ad eccezione della stazione 2 (L. di Volano) che presenta il valore medio stagionale più alto in primavera. Nelle stazioni più meridionali in primavera e in autunno le concentrazioni medie sono abbastanza omogenee mentre per tutte le stazioni monitorate, durante i mesi estivi, si sono rilevate le concentrazioni minori (Figura 59, Figura 60).

Le distribuzioni temporali dell'azoto nitroso in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) mostrano una variabilità maggiore in superficie mentre negli strati prossimi al fondo i valori si mantengono più omogenei (Figura 61). Nelle stazioni al largo, a 10 e 20 km lungo i transetti antistanti Porto Garibaldi e Cesenatico da luglio a settembre, i valori di fondo hanno superato quelli di superficie. Tale condizione si verifica dopo eventi ipossici/anossici negli strati di fondo, a seguito delle mineralizzazione della sostanza organica e conseguente messa in circolo di tale componente prodotta.

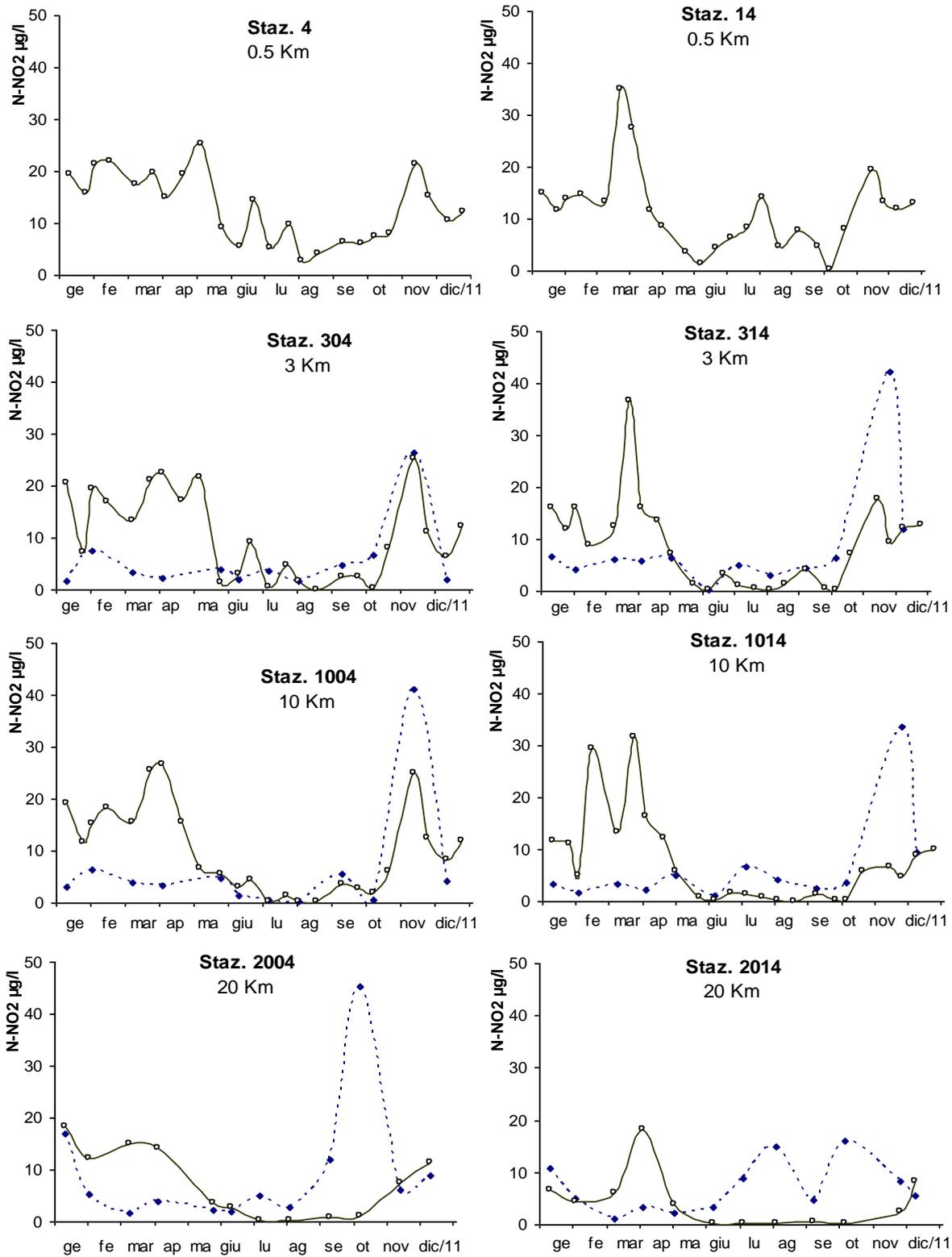
Nel 2011 il valore più elevato pari a 38.04 µg/ è stato registrato il 24 marzo nella stazione 1009.



**Figura 59 - Valori medi stagionali e deviazione standard dell'azoto nitroso in superficie nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa**



**Figura 60 - Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'azoto nitroso nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa in superficie**



**Figura 61 - Andamento temporale dell'azoto nitroso in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle due direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico**

#### 4.4.2.c Azoto ammoniacale ( $N-NH_3$ )

L'azoto ammoniacale rappresenta anch'esso una forma solubile dell'azoto. La presenza nelle acque superficiali di norma è di origine fluviale e legata anche alla presenza di reflui generati dagli insediamenti urbani costieri. Nelle acque di fondo (Figura 65) le concentrazioni dell'azoto ammoniacale tendono a superare quelle rilevate in superficie in corrispondenza a periodi di sottosaturazione dell'ossigeno disciolto (ipossia e/o anossia) dove a seguito della mineralizzazione della sostanza organica viene solubilizzato e rilasciato nella colonna d'acqua sovrastante. La Figura 65 riporta la distribuzione dell'azoto ammoniacale nelle stazioni lungo le direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico ed evidenzia l'elevata variabilità di concentrazione soprattutto a 0.5 e 3 km.

I valori medi elaborati in superficie per le stazioni costiere (Figura 62) presentano un andamento che tende alla diminuzione da costa verso largo.

Gli istogrammi delle medie stagionali (Figura 63) presentano una elevata variabilità stagionale dovuta all'influenza che ciascuna area monitorata risente delle diverse immissioni in mare di azoto ammoniacale: apporti fluviali, apporti insediamenti costieri, ecc., in pratica le stazioni più settentrionali risentono degli apporti fluviali, e quindi sono maggiori i valori invernali, primaverili e autunnali, al contrario quelle più meridionali presentano i valori maggiori in estate.

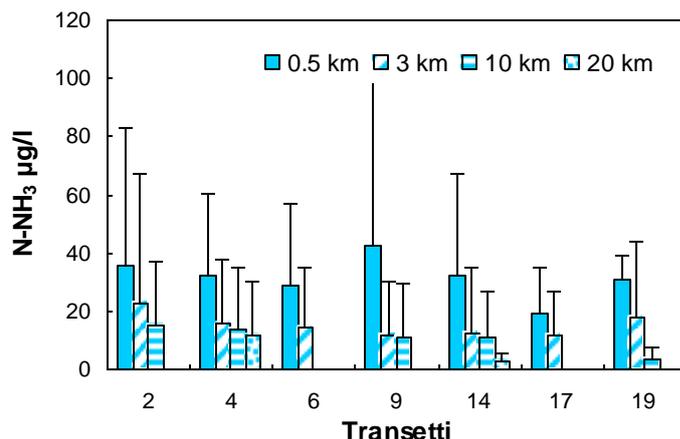


Figura 62 - Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto ammoniacale in superficie nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

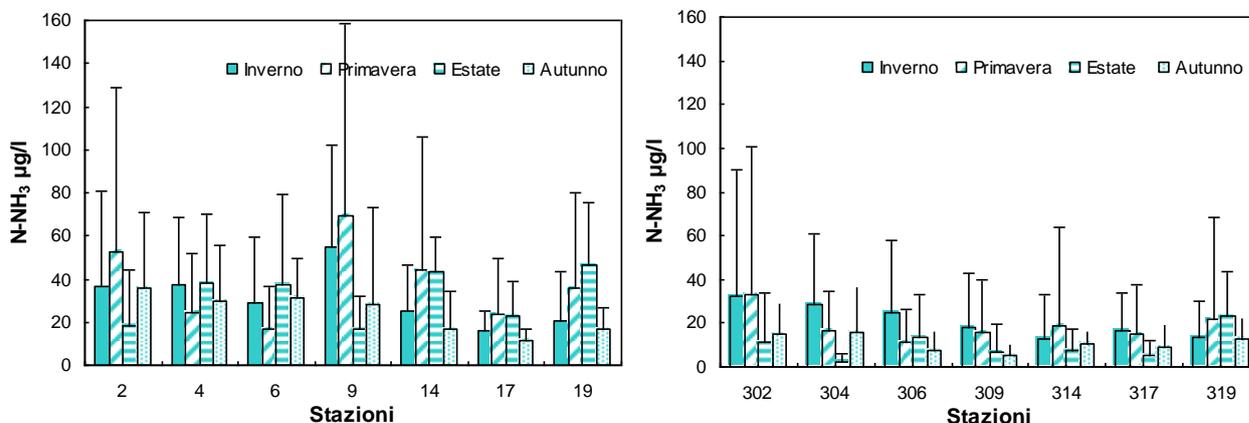
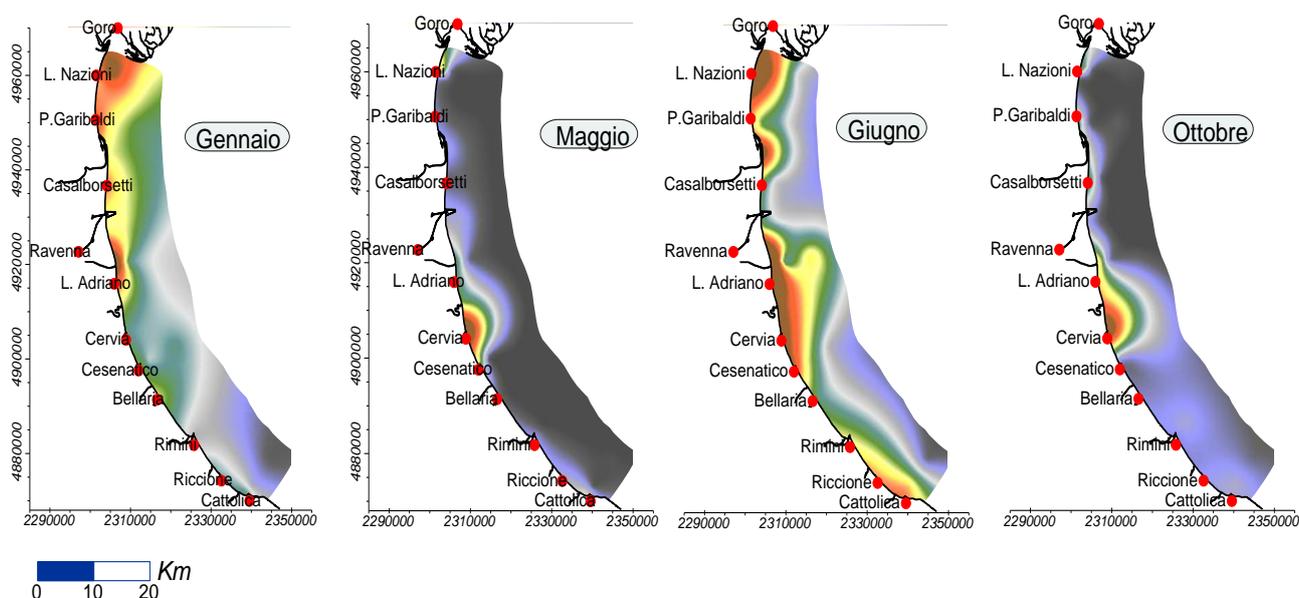


Figura 63 - Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'azoto ammoniacale nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa in superficie

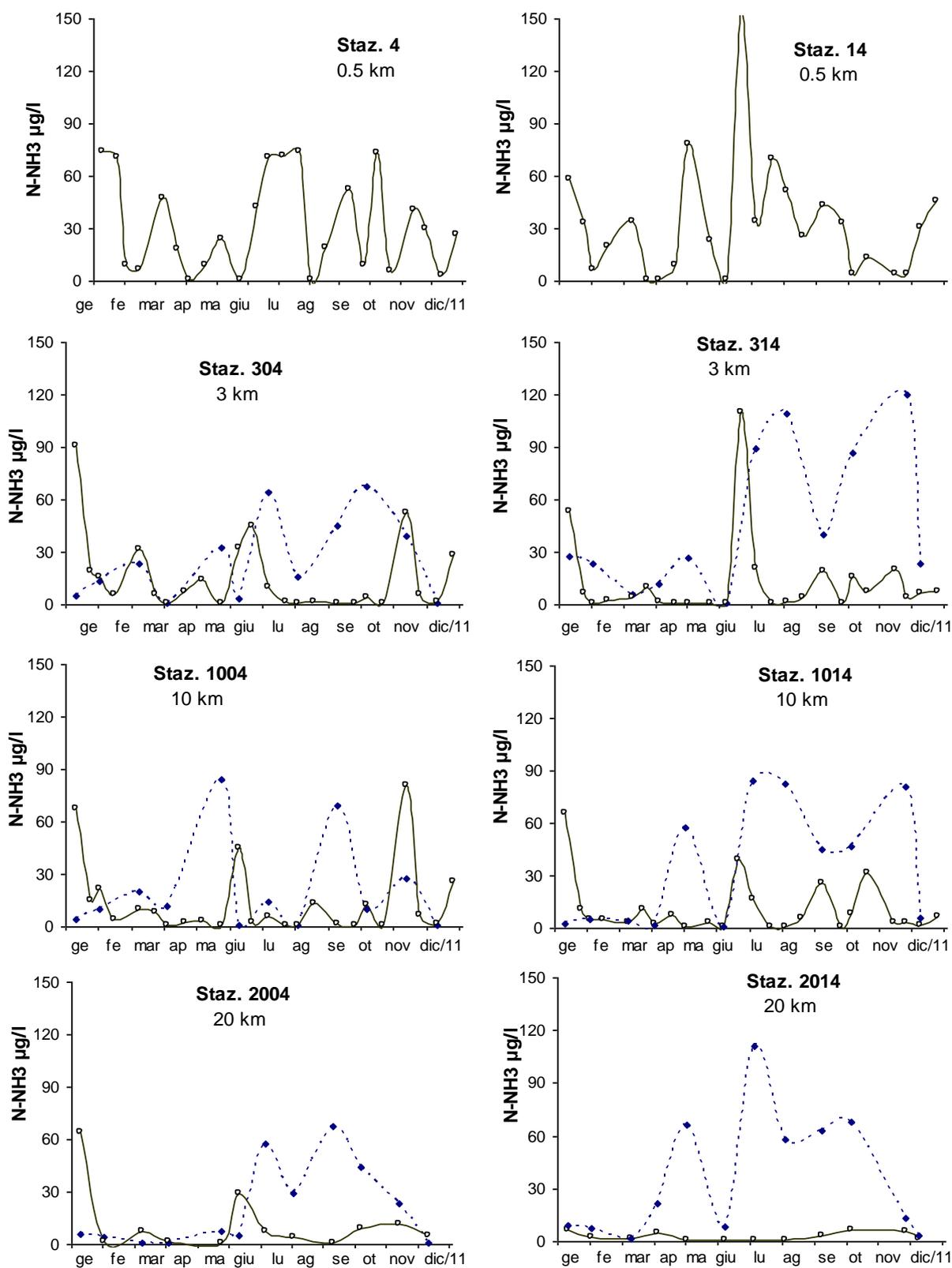
In Figura 64 sono rappresentate le mappe di distribuzione delle medie mensili dell'azoto ammoniacale nelle acque superficiali nei mesi nei quali si sono registrate le concentrazioni maggiori verificate nel 2011. Si osservano le maggiori concentrazioni in corrispondenza degli apporti fluviali costieri e in particolare padani.

Il valore più elevato è stato rilevato l'8 giugno nella stazioni a 0.5 km antistante Lido Adriano pari a 229.43  $\mu\text{g/l}$ .



**Figura 64 - Mappe di distribuzione dell'azoto ammoniacale da costa fino a 10 km nelle acque superficiali a gennaio, maggio, giugno e ottobre (medie mensili)**

In Figura 65 sono riportati gli andamenti temporali dell'azoto ammoniacale negli strati superficiali e di fondo nelle stazioni dei 2 transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico. In molte occasioni è possibile osservare un superamento delle concentrazioni di fondo rispetto a quelli di superficie. Tale condizione si verifica dopo eventi ipossici/anossici negli strati di fondo, a seguito della mineralizzazione della sostanza organica e conseguente messa in circolo di tale componente prodotta.



**Figura 65 - Andamento temporale dell'azoto ammoniacale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni lungo le direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico.**

#### 4.4.2.d Azoto inorganico disciolto (DIN)

La somma delle concentrazioni analizzate delle tre forme azotate solubili (N-NO<sub>3</sub>, N-NO<sub>2</sub>, N-NH<sub>3</sub>) è denominata DIN (azoto inorganico disciolto).

In Figura 66 sono riportate negli istogrammi le variazioni dei valori medi mensili del DIN rilevati nel 2011 in tre stazioni collocate a 3 km dalla costa (P. Garibaldi stazione 304, Cesenatico stazione 314, Cattolica stazione 319), in confronto al valore medio climatologico calcolato nel lungo periodo (1993-2002).

L'approccio metodologico seguito, al fine di valutare gli scostamenti e/o le variazioni dell'anno 2011 rispetto alle concentrazioni dei parametri calcolati nel lungo periodo, è stato quello di riportare il valore medio mensile con il dato medio dello stesso mese ricavato da un insieme di circa 450 valori rilevati nella stessa stazione dal 1993 al 2002, che rappresentano le condizioni di riferimento e di comparazione. I valori positivi rappresentati nei grafici significano che il parametro, nel corso di ogni singolo mese, ha subito un incremento rispetto alla condizione "normale" rappresentata dalla climatologia delle tre stazioni considerate; al contrario, i valori negativi identificano una diminuzione della variabile.

In tutte e tre le stazioni si evidenzia un incremento della concentrazione del DIN nei mesi invernali, da gennaio ad aprile. Si osserva una differenza, con valori più elevati rispetto la media climatologica in autunno, più precisamente a novembre nelle stazioni di P. Garibaldi e Cesenatico mentre nella stazione meridionale (Cattolica) il valore medio risulta in linea con il valore medio di riferimento. Nei restanti mesi dell'anno i valori si mantengono pressoché analoghi alla media climatologica del periodo, ad eccezione di dicembre che vede in tutte e tre le stazioni un sensibile calo.

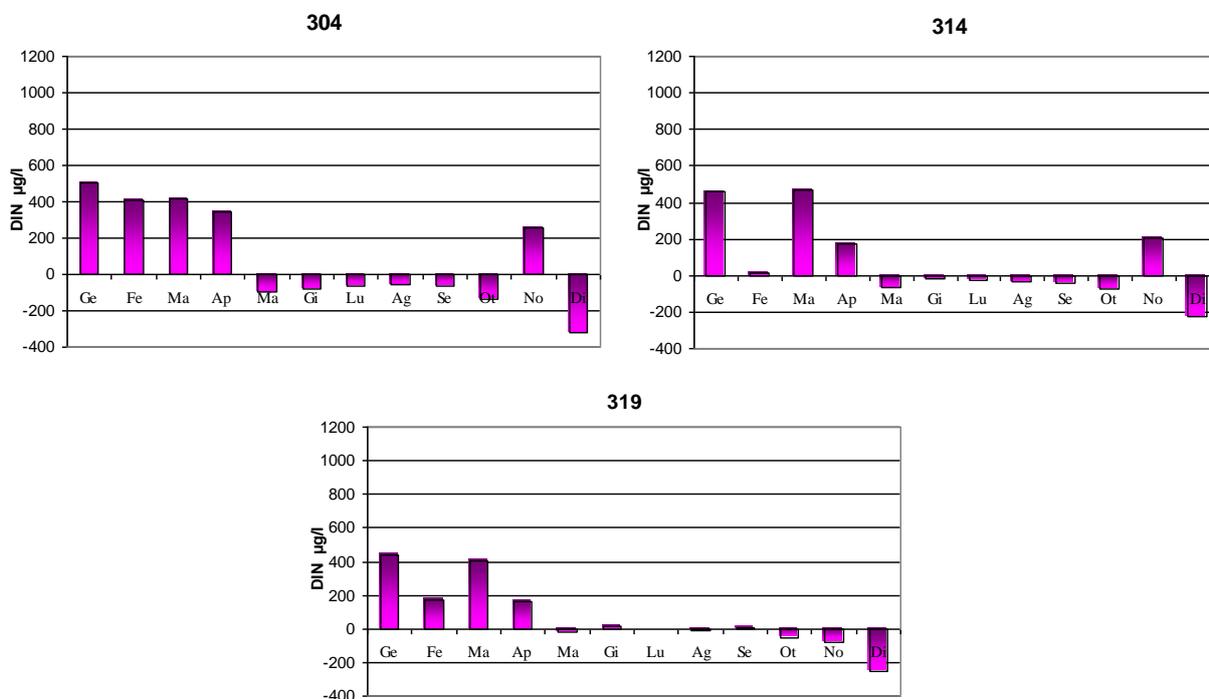
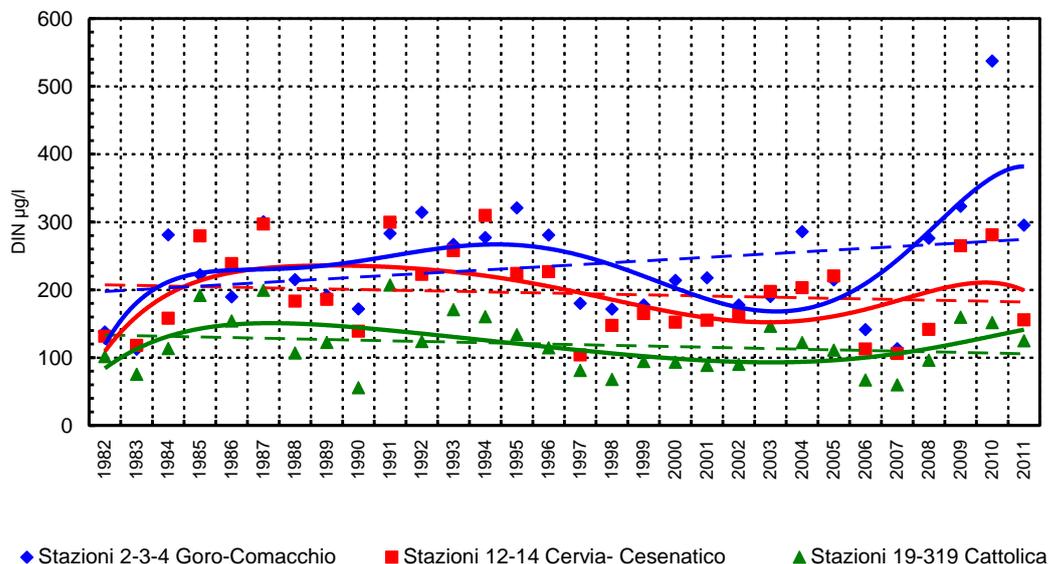


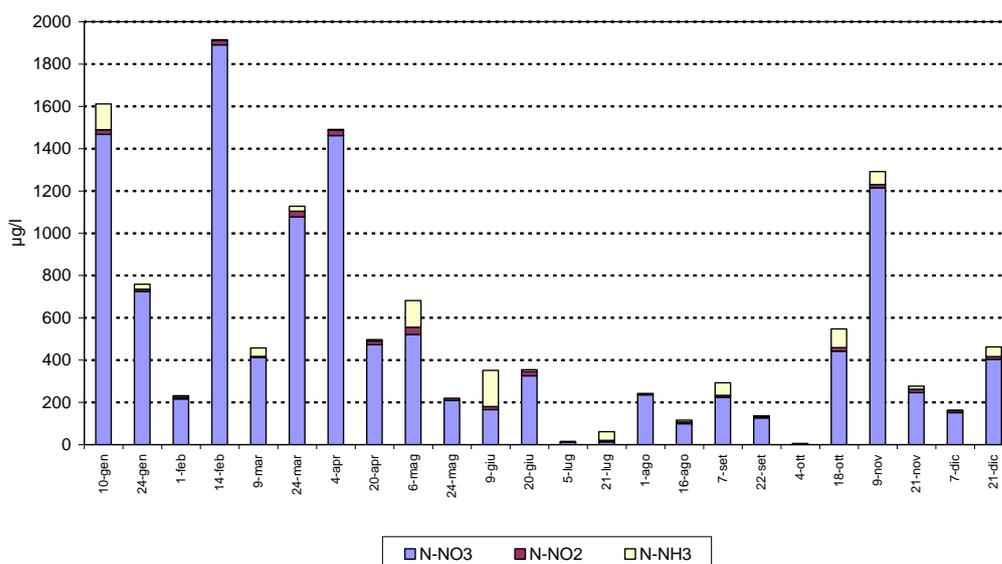
Figura 66 - Variazione dei valori medi mensili del DIN nelle stazioni a 3 km dalla costa (304 di P. Garibaldi, 314 di Cesenatico, 319 di Cattolica) in confronto al valore medio climatologico

L'analisi dell'andamento del DIN elaborato in Figura 67 prende in considerazione le medie geometriche annuali nel lungo periodo (1982-2011) in tre aree costiere più rappresentative della costa emiliano-romagnola. Anche in questo caso si evidenzia un aumento dei valori nel 2011 nella zona più settentrionale che conferma essere l'area più sensibile all'effetto dei processi di dilavamento dalle fonti diffuse.



**Figura 67 - Medie geometriche annuali per trend evolutivo del DIN in tre aree della costa emiliano romagnola (periodo 1982-2011)**

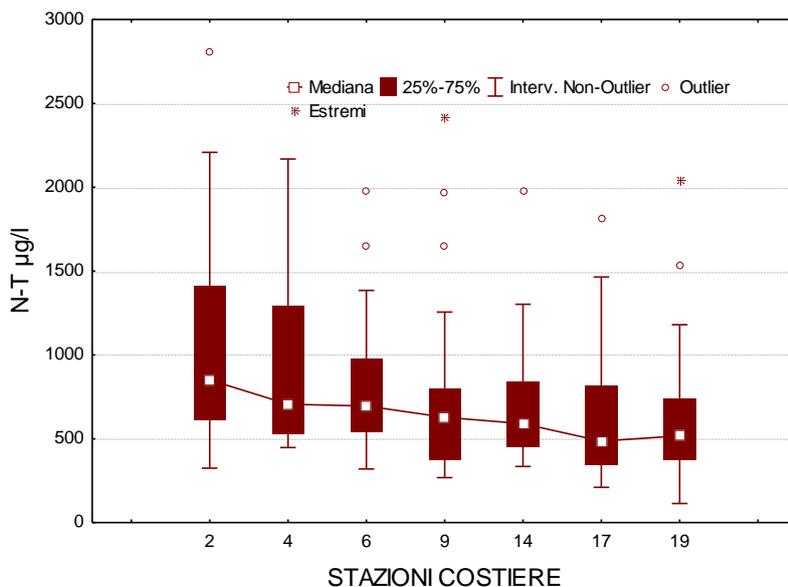
Il valore massimo di 2004,73 µg/l è stato registrato nella stazione 302 (3 km davanti a L. di Volano) in febbraio. La forma azotata che maggiormente incide sui valori di DIN è l'azoto nitrico (N-NO<sub>3</sub>) come evidenziato nella Figura 68, che rappresenta i valori delle tre forme azotate rilevate nella stazione a 0.5 km davanti a Lido di Volano.



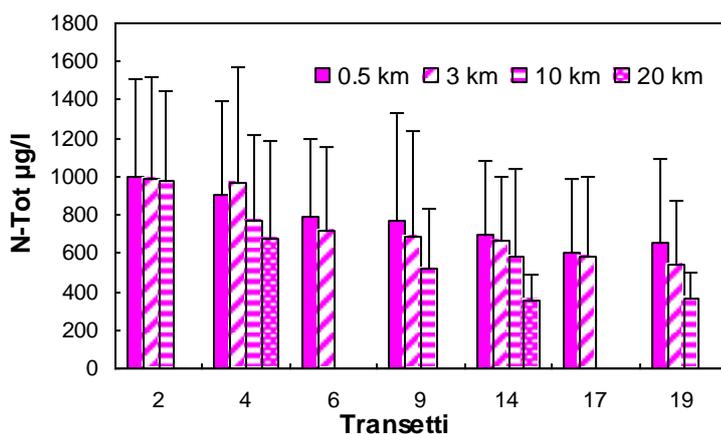
**Figura 68 - Istogrammi in pila degli andamenti di nitrati, nitriti e azoto ammoniacale nella stazione 2 di Lido di Volano**

#### 4.4.2.e Azoto totale (N tot)

L'andamento dell'azoto totale in superficie tende a mantenersi pressoché simile a quello delle altre componenti azotate. Osservando i valori medi elaborati nei diagrammi multipli di Box e Whiskers si evidenzia un gradiente negativo nord-sud per le stazioni costiere (Figura 69). Il gradiente tende a diminuire anche nelle stazioni più al largo. La Figura 70 rappresenta i valori medi annuali delle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa e sottolinea questa condizione.



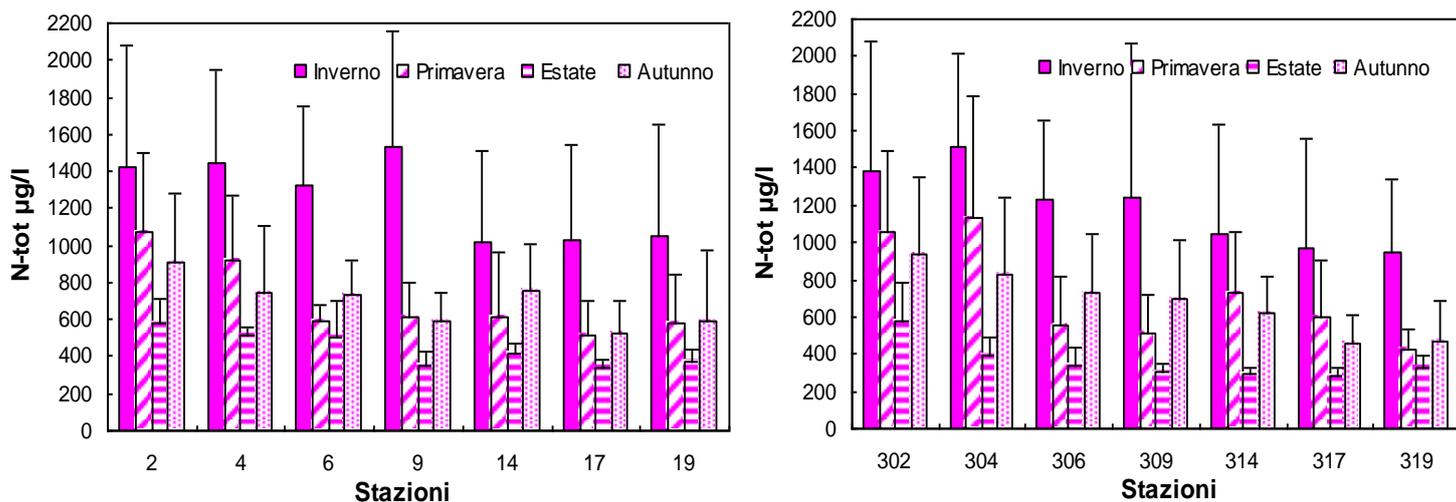
**Figura 69 - Diagrammi multipli di Box e Whiskers di distribuzione dell'azoto totale nelle stazioni costiere**



**Figura 70 - Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto totale nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa in superficie**

Analizzando le medie stagionali, le concentrazioni più elevate si registrano durante l'inverno mentre i valori più bassi in estate in concomitanza con minor apporti dal bacino padano e dai bacini costieri regionali (Figura 71).

Il valore più basso pari a 103.57 è stato registrato il 5 dicembre nella stazione 1019 mentre il valore più elevato di 2811 µg/l a gennaio, il giorno 10, nella stazione a 3 km davanti Lido Adriano.



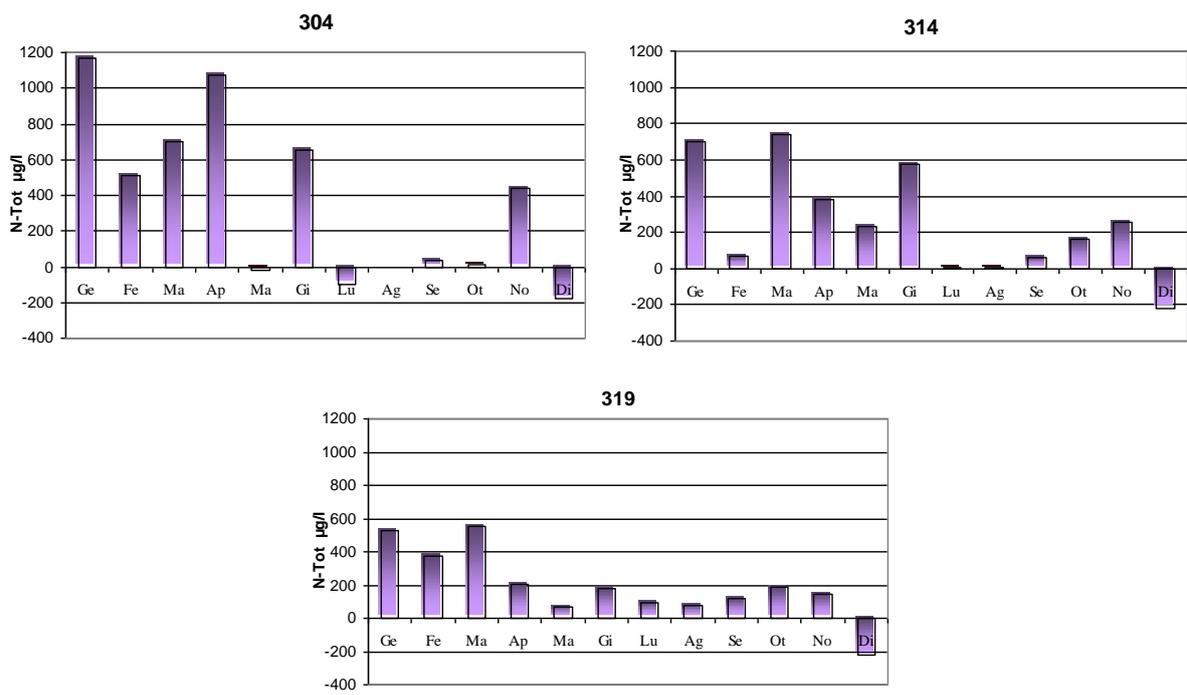
**Figura 71 - Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'azoto totale nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa in superficie**

In Figura 72 sono riportate negli istogrammi le variazioni dei valori medi mensili del DIN rilevati nel 2011 in tre stazioni collocate a 3 km dalla costa (P. Garibaldi stazione 304, Cesenatico stazione 314, Cattolica stazione 319), in confronto al valore medio climatologico calcolato nel lungo periodo (1993-2002).

L'approccio metodologico seguito, al fine di valutare gli scostamenti e/o le variazioni dell'anno 2011 rispetto alle concentrazioni dei parametri calcolati nel lungo periodo, è stato quello di riportare il valore medio mensile con il dato medio dello stesso mese ricavato da un insieme di circa 450 valori rilevati nella stessa stazione dal 1993 al 2002, che rappresentano le condizioni di riferimento e di comparazione. I valori positivi rappresentati nei grafici significano che il parametro, nel corso di ogni singolo mese, ha subito un incremento rispetto alla condizione "normale" rappresentata dalla climatologia delle tre stazioni considerate; al contrario, i valori negativi identificano una diminuzione della variabile.

Marcati incrementi sono osservabili in tutte e 3 le stazioni nei mesi da gennaio a giugno (ad eccezione di maggio nella stazione 304), e in ottobre e novembre, riduzione nel mese di dicembre.

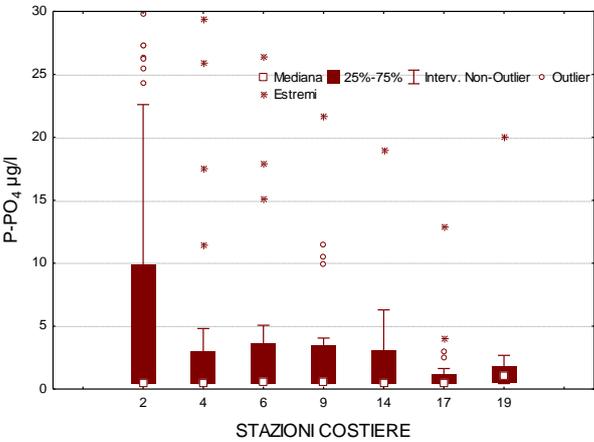
La stazione meridionale di Cattolica presenta in tutti i mesi valori in incremento, ad eccezione di dicembre.



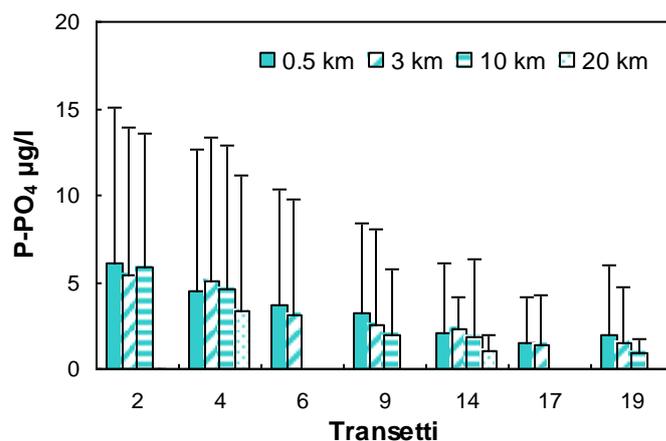
**Figura 72 - Variazione dei valori medi mensili dell'azoto totale nelle stazioni a 3 km dalla costa (P. Garibaldi stazione 304, Cesenatico stazione 314, Cattolica stazione 319) in confronto al valore medio climatologico**

**4.4.2.f Fosforo reattivo (P-PO<sub>4</sub>)**

Le concentrazioni del fosforo reattivo nel 2011 evidenziano un'alta variabilità soprattutto nelle stazioni costiere, strettamente correlate agli apporti dei bacini fluviali. In particolare dal bacino padano che, come più volte sottolineato, contribuisce a condizionare la qualità ambientale dell'ecosistema marino soprattutto nelle aree più a nord della costa emiliano romagnola (Figura 74). I grafici multipli di Box e Whiskers (Figura 73) evidenziano la marcata variabilità di concentrazione di questo parametro nelle stazioni settentrionali rispetto a quelle meridionali.



**Figura 73- Diagrammi multipli di Box e Whiskers di distribuzione dell'ortofosfato nelle stazioni costiere**

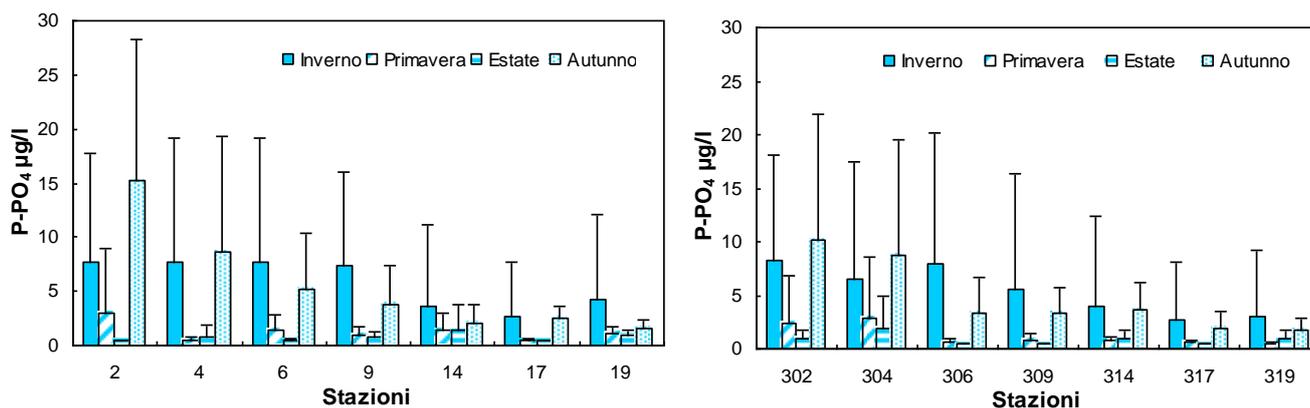


**Figura 74 - Valori medi annuali e deviazioni standard dell'ortofosfato nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa in superficie**

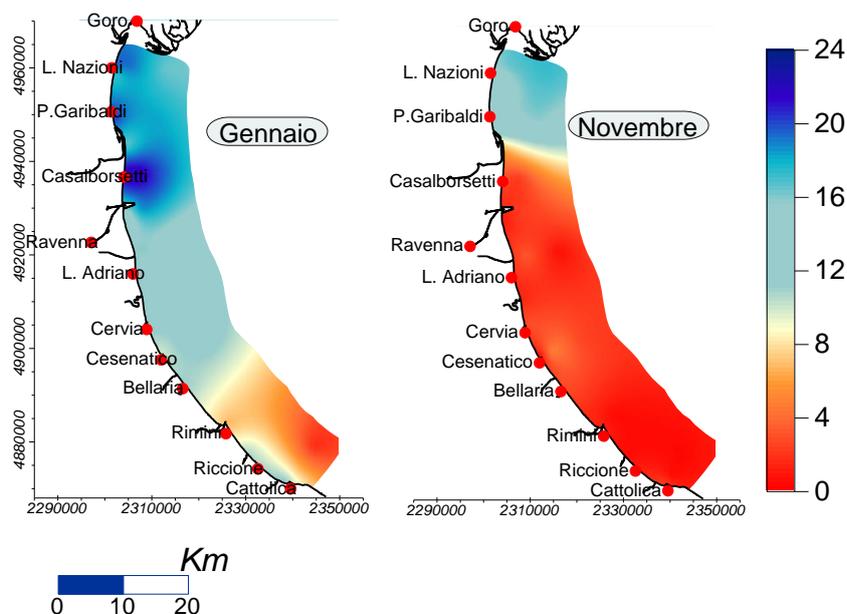
Analizzando le medie stagionali in Figura 75 si osserva che le concentrazioni in generale sono maggiori in inverno in tutte le stazioni a 0.5 km dalla costa e minime in primavera/estate; fa eccezione la stazione 2 (Lido di Volano) che registra i valori più alti di fosforo reattivo non in inverno ma in autunno.

Le mappe riportate in Figura 76 mostrano la distribuzione media in superficie del fosforo reattivo in gennaio e novembre, mesi durante i quali si sono registrate concentrazioni più elevate.

Il valore più elevato pari a 30.91 µg/l è stato rilevato nella stazione 3 in superficie il 10 gennaio.

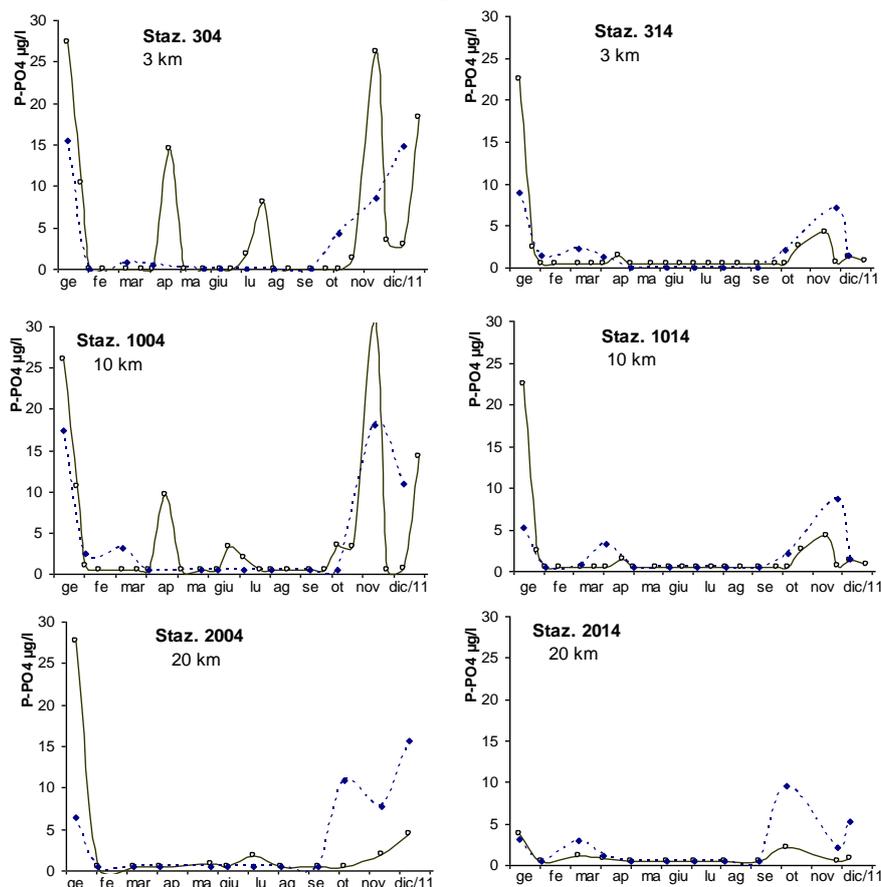


**Figura 75 - Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'ortofosfato nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa in superficie**



**Figura 76 - Mappe di distribuzione dell'ortofosfato ( $\mu\text{g/l}$ ) in superficie rilevate a gennaio e a novembre da costa fino a 10 km al largo (media mensile)**

Nella Figura 77 l'andamento temporale della concentrazione lungo i due transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico sottolinea la correlazione del fosforo con gli apporti dai bacini costieri; negli strati di fondo i valori tendono ad essere più omogenei.



**Figura 77 - Andamento temporale dell'ortofosfato in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni lungo la direttrice di Porto Garibaldi**

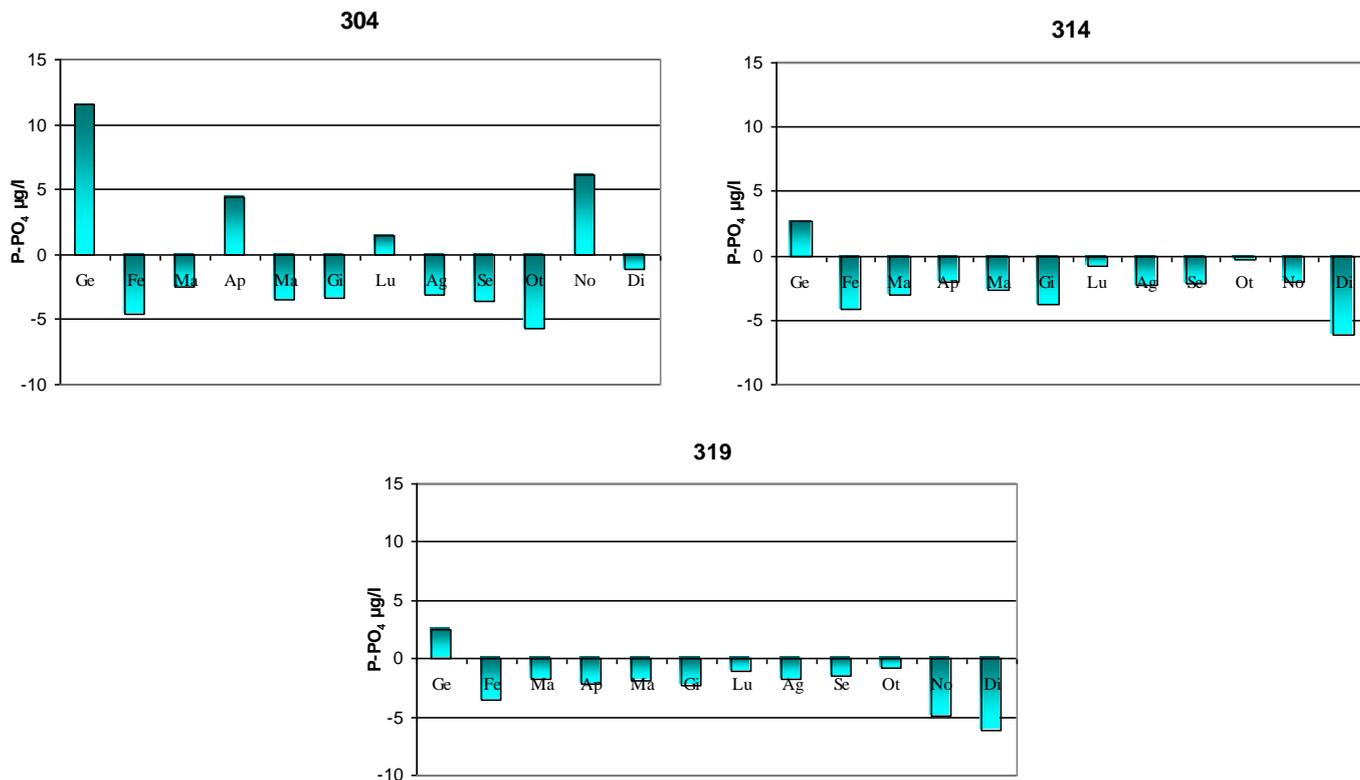
Negli istogrammi di Figura 78 sono riportate le variazioni dei valori medi mensili dell'ortofosfato rilevati nel 2011 nelle stazioni a 3 km dalla costa antistante Porto Garibaldi (304), Cesenatico (314) e Cattolica (319) in confronto al valore medio climatologico calcolato nel lungo periodo (1993-2002).

L'approccio metodologico seguito, al fine di valutare gli scostamenti e/o le variazioni dell'anno 2011 rispetto alle concentrazioni dei parametri calcolate nel lungo periodo, è stato quello di rapportare il valore medio mensile con il dato medio dello stesso mese ricavato da un insieme di valori rilevati nella stessa stazione dal 1993 al 2002, che rappresentano le condizioni di riferimento e di comparazione. Valori positivi rappresentati nei grafici significano che il parametro, nel corso di ogni singolo mese, ha subito un incremento rispetto alla condizione "normale" rappresentata dalla climatologia delle tre stazioni considerate; al contrario valori negativi identificano una diminuzione della variabile.

In tutte e tre le stazioni analizzate i valori si mantengono in linea con la media climatologica del periodo anche se si osserva in generale una leggera diminuzione; fa eccezione la stazione 304 di Porto Garibaldi nei mesi di gennaio, aprile e novembre durante i quali si registra al contrario un incremento delle concentrazioni del fosforo reattivo rispetto ai valori di riferimento.

Lo sviluppo dei fenomeni eutrofici è dipendente dagli apporti di nutrienti veicolati a mare dai bacini costieri adriatici, soprattutto dal Po. Al fine quindi di ridurre questi fenomeni e di conseguenza migliorare lo stato qualitativo delle acque costiere è necessario controllare e rimuovere i carichi di nutrienti generati e liberati proprio dai bacini e immessi direttamente in mare. La componente DIN (somma delle concentrazioni delle tre forme azotate solubili: N-NO<sub>3</sub>, N-NO<sub>2</sub> e N-NH<sub>3</sub>) viene utilizzata con il P-PO<sub>4</sub> nel calcolo del rapporto N/P. Nelle acque costiere emiliano romagnole 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, riferito al peso atomico N/P = 7.2. Se il rapporto nell'acqua di mare supera il valore N/P di 7.2 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.

Questo significa che gli interventi di risanamento per migliorare lo stato qualitativo delle acque eutrofiche devono prevedere prevalentemente una riduzione degli apporti di fosforo. In genere il fosforo è il fattore limitante la crescita algale nelle acque costiere emiliano-romagnole e in generale in tutto l'Adriatico settentrionale, pertanto rimane l'elemento su cui maggiormente devono essere concentrati gli sforzi per contrastare l'eutrofizzazione costiera.



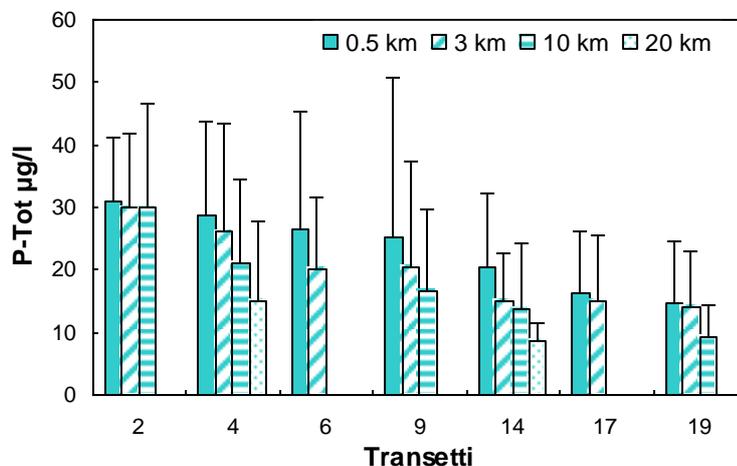
**Figura 78 - Variazione dei valori medi mensili dell'ortofosfato rilevati nel 2011 in tre stazioni a 3 km dalla costa (P. Garibaldi stazione 304, Cesenatico stazione 314, Cattolica stazione 319) in confronto al valore medio climatologico**

#### 4.4.2.g Fosforo totale (P tot)

Come per il fosforo reattivo anche l'andamento del fosforo totale presenta nel 2011 un'ampia variabilità più marcata nelle stazioni collocate in costa e nell'area più settentrionale.

Il valore più elevato di fosforo totale è stato registrato nella stazione 9 (L. Adriano) il 9 marzo pari a 128.71 µg/l.

Le medie annuali (Figura 79) mostrano un marcato trend in diminuzione da nord a sud e da costa al largo tranne per la stazione 2 (Lido di Volano), la più settentrionale, che presenta valori medi pressoché omogenei sia vicino a costa (0.5 km) sia a 3 e 10 km al largo.



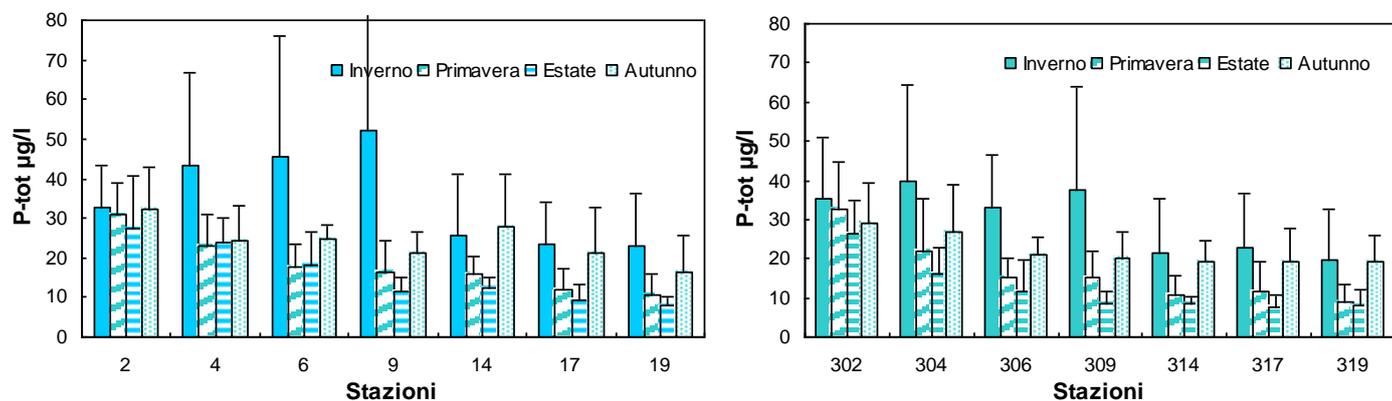
**Figura 79 - Valori medi annuali e deviazioni standard del fosforo totale nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa in superficie**

La distribuzione dei valori medi stagionali e le relative deviazioni standard rappresentate nella Figura 80 evidenzia in generale concentrazioni maggiori durante la stagione invernale sia a 0.5 sia a 3 km. Si nota però che, mentre per le stazioni a 3 km il trend è negativo da nord a sud, nelle stazioni più costiere (0.5 km), i valori medi sono in aumento dalla stazioni 2 alla 9 per poi diminuire in maniera netta a Cesenatico (stazione 14) e rimanere pressoché costante fino a Cattolica (stazione 19).

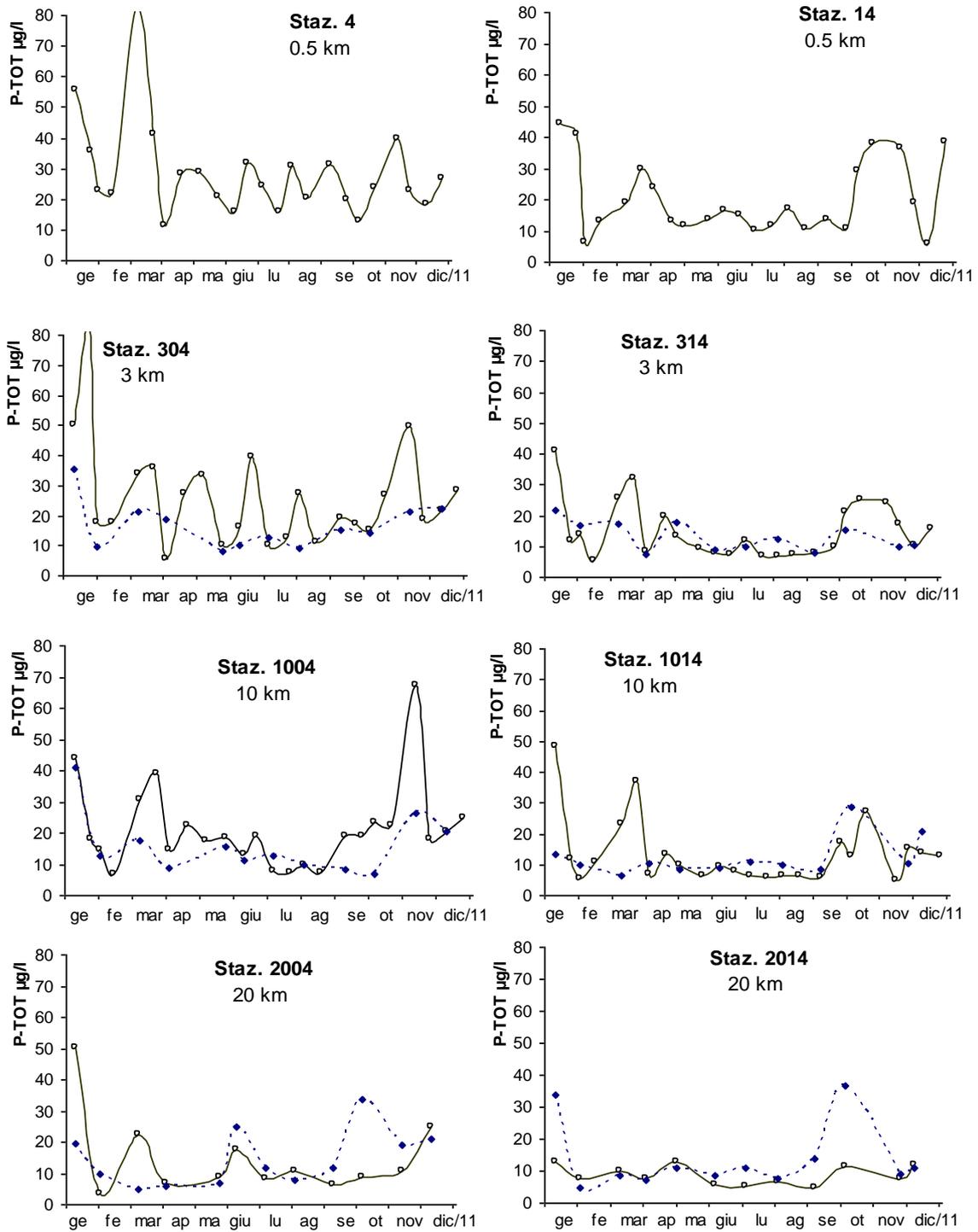
Nelle acque di fondo le concentrazioni del fosforo totale rimangono più omogenee rispetto alla superficie. L'andamento temporale lungo i due transetti (P. Garibaldi e Cesenatico) sottolinea questa condizione ad eccezione delle stazioni al largo, collocate a 20 km al largo, dove in ottobre il fosforo totale risulta maggiore sul fondo che in superficie (Figura 81).

I valori riportati in Figura 82 rappresentano le medie geometriche calcolate nelle stazioni a 3 km antistanti Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica. L'approccio metodologico seguito è analogo a quello avuto per il fosforo reattivo al fine di valutare gli scostamenti e/o variazioni delle concentrazioni avute nell'anno 2011 rispetto a quelle calcolate nel lungo periodo. Anche in questo caso si è riportato il valore medio mensile con il dato medio dello stesso mese ricavato da un insieme di valori rilevati nella stessa stazione dal 1993 al 2002, che rappresentano le condizioni di riferimento e di comparazione.

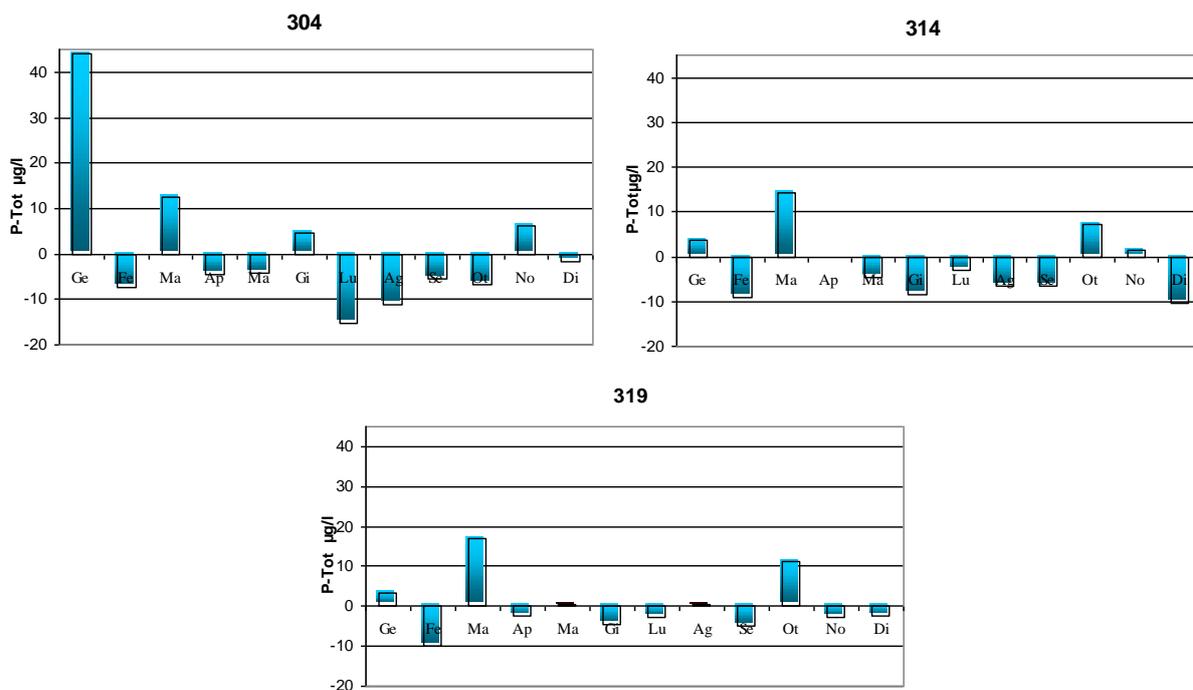
Si osserva un comportamento abbastanza simile tranne nel mese di gennaio dove i valori nella stazione 304 di P. Garibaldi si discostano nettamente dai valori climatologici del periodo in quel punto registrando un marcato aumento rispetto al valore di riferimento.



**Figura 80 - Valori medi stagionali e deviazioni standard del fosforo totale nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa in superficie**



**Figura 81 - Andamento temporale del fosforo totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni lungo le direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico**

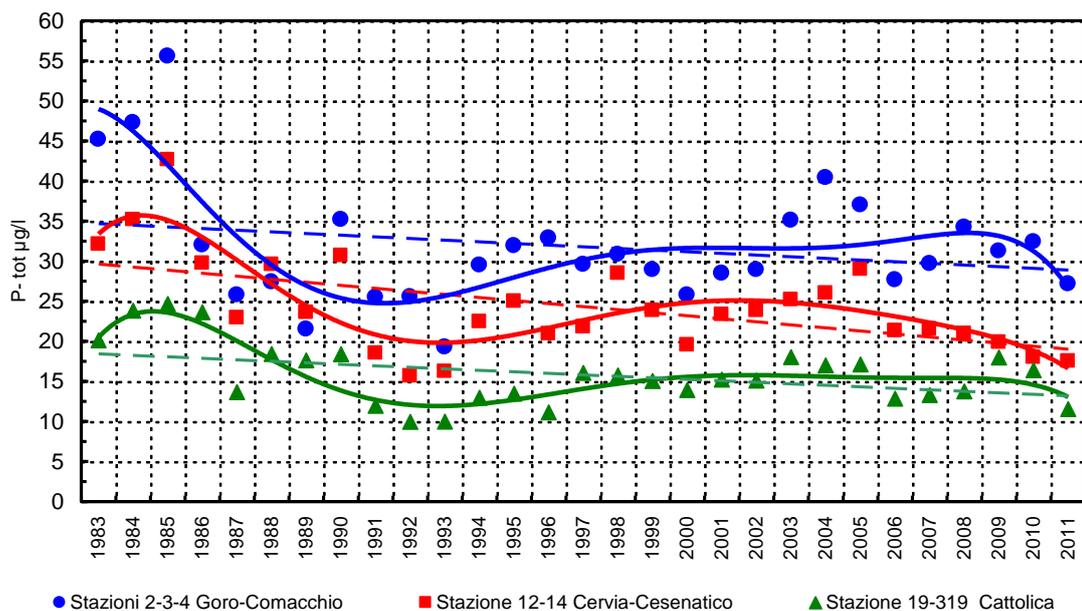


**Figura 82 - Variazione dei valori medi mensili del fosforo totale rilevati nel 2011 in tre stazioni a 3 km dalla costa (P. Garibaldi stazione 304, Cesenatico stazione 314, Cattolica stazione 319) in confronto al valore medio climatologico**

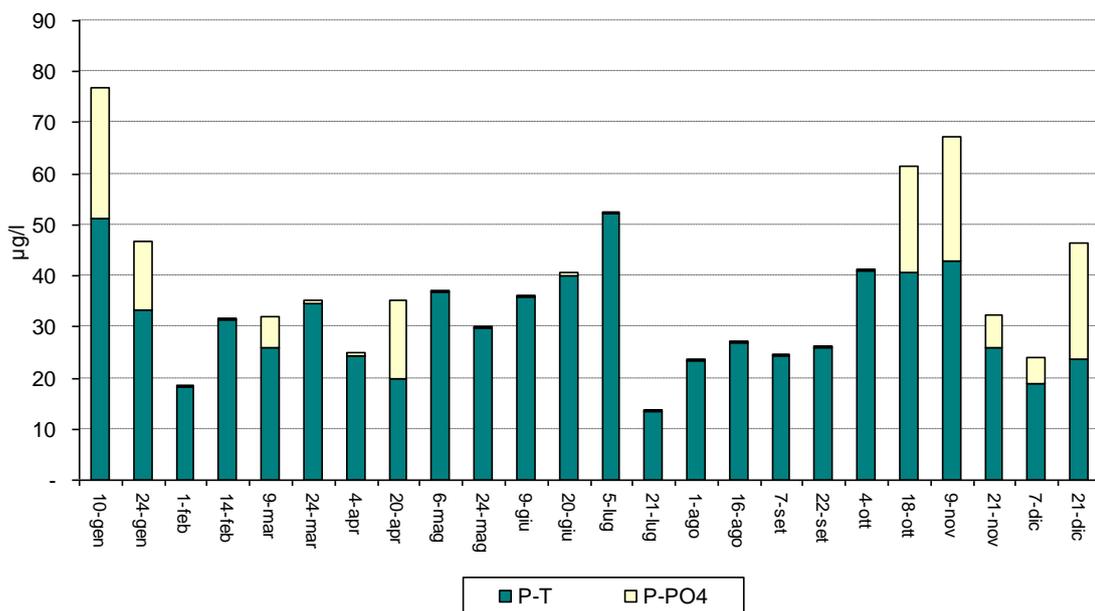
In Figura 83 sono riportate le medie geometriche annuali del fosforo totale calcolate in tre aree costiere. In generale le stazioni di Goro e Comacchio delimitano l'area più settentrionale influenzata dagli apporti del Po presentando elevati livelli trofici per molti mesi dell'anno; le stazioni di Cattolica delimitano l'area più meridionale meno condizionata dal bacino padano con bassi livelli trofici; ed infine le stazioni centrali della costa emiliano-romagnola, collocate a 0.5 km a Cervia e a Cesenatico sono caratterizzate da una situazione trofica intermedia.

In tutte e tre le aree esaminate si è verificata, nel lungo periodo, una diminuzione delle concentrazioni del fosforo totale, corrispondente ad una diminuzione dei carichi di circa il 30%. Nei diagrammi sono rappresentate le tendenze di tipo lineare (rette tratteggiate), che mostrano in termini assoluti l'evoluzione complessiva dei sistemi, e quelle di ordine superiore (linee continue), che consentono di evidenziare eventuali fenomeni di ciclicità interannuale. La tendenza di ordine superiore evidenzia due cicli di circa 10 anni, ciascuno con i massimi raggiunti nel 1985, e nel 2004. I valori relativi al 2011 mantengono il trend in diminuzione registrato negli anni precedenti.

La Figura 84 mostra gli andamenti temporali del fosforo ortofosfato e del fosforo totale nel 2011 nella stazione 2 di Lido di Volano a 0.5 km dalla costa. Gli istogrammi evidenziano la differenza di concentrazione dei due parametri con prevalenza netta del fosforo totale da maggio ad ottobre. Questo si spiega dal fatto che in concomitanza a periodi di ridotti/scarsi apporti la componente ortofosfatica è la forma che viene immediatamente assimilata e quindi meno rintracciabile.



**Figura 83 - Medie geometriche annuali per trend evolutivo del fosforo totale in tre aree della costa emiliano romagnola (periodo 1982-2011)**



**Figura 84 - Istogrammi in pila relativi agli andamenti temporali del fosforo ortofosfato e del fosforo totale nelle 2011 nella stazione 2 (Lido di Volano)**

#### 4.4.2.h Silice reattiva (Si-SiO<sub>2</sub>)

Le concentrazioni della silice reattiva sono sempre correlate alle portate fluviali, in particolare a quelle del Po. Questa condizione è particolarmente evidente nelle stazioni settentrionali dove si riscontra anche una spiccata variabilità (Figura 85 e Figura 86) legata proprio agli apporti diretti provenienti dal bacino padano. In correlazione con gli andamenti degli altri nutrienti in inverno le concentrazioni raggiungono valori più elevati rispetto alle altre stagioni (Figura 87). I dati medi elaborati sia per le stazioni costiere sia per le stazioni collocate a 3, 10 e a 20 km dalla costa lungo i transetti, evidenziano un trend negativo da nord a sud e da costa al largo. Il valore più elevato pari a 2301.88 µg/l è stato registrato nella stazione 1002 di Lido di Volano il 20 giugno.

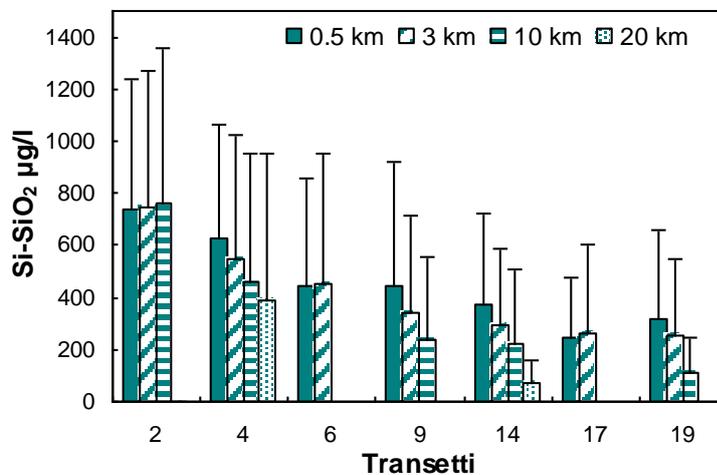


Figura 85 - Valori medi annuali e deviazioni standard della silice reattiva nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa in superficie

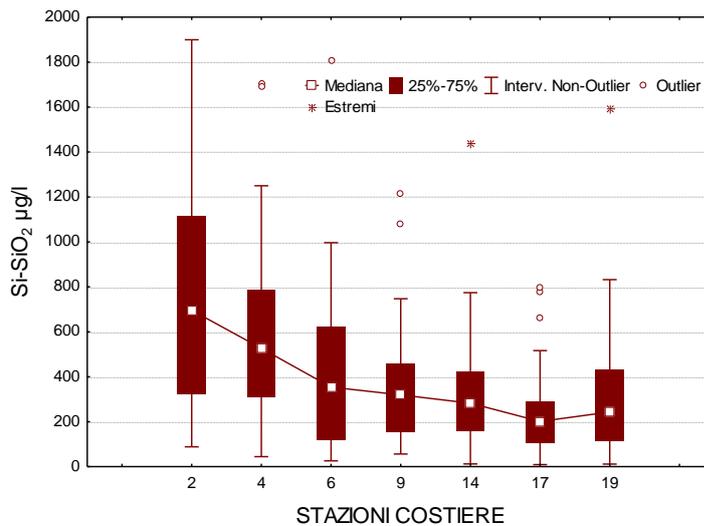


Figura 86 - Diagramma multipli di Box e Whiskers annuali riferiti alla Si-SiO<sub>2</sub> nelle stazioni costiere

### Silice reattiva

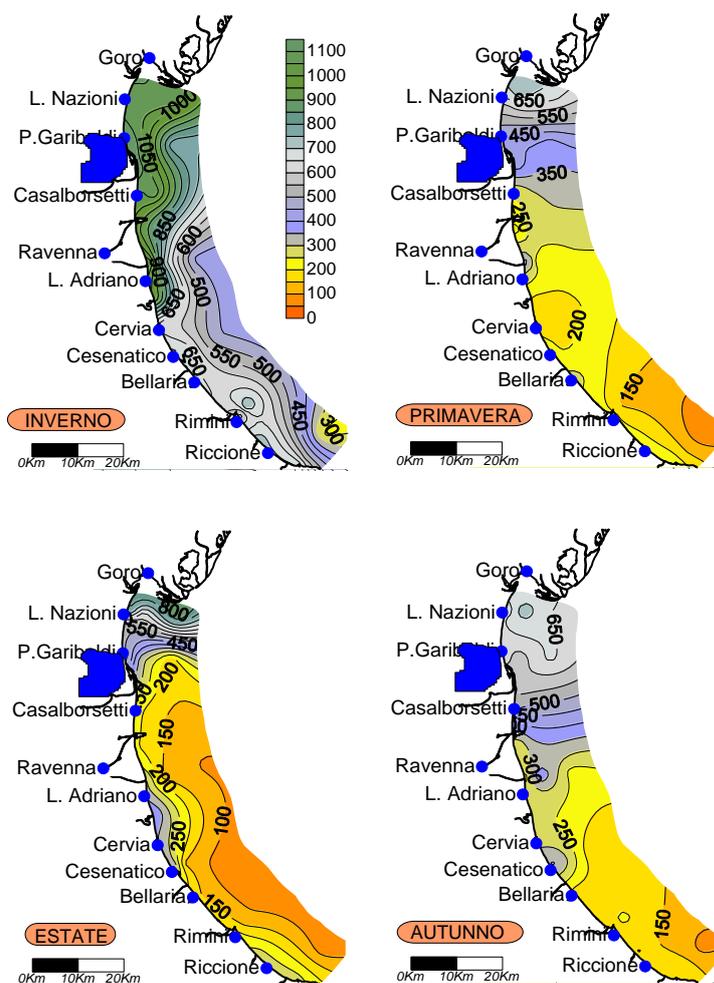


Figura 87 - Mappe di distribuzione della Si-SiO<sub>2</sub> (µg/l) in superficie rilevate in estate e in autunno da costa fino al largo (medie stagionali)

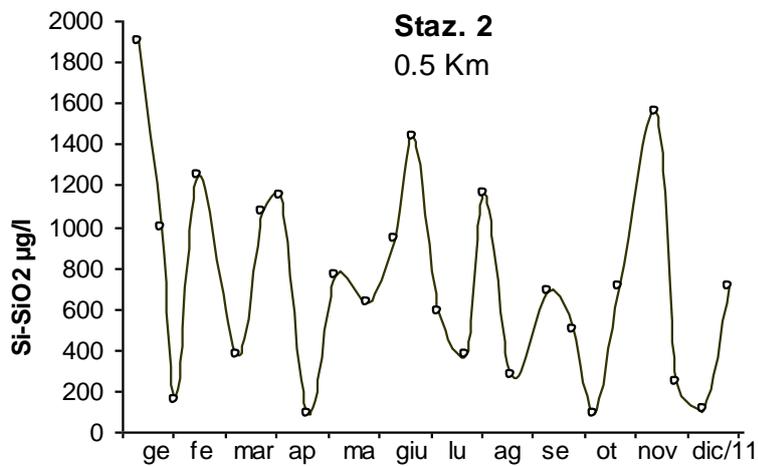


Figura 88 - Andamento temporale della Si-SiO<sub>2</sub> nella stazione 2 di Lido di Volano

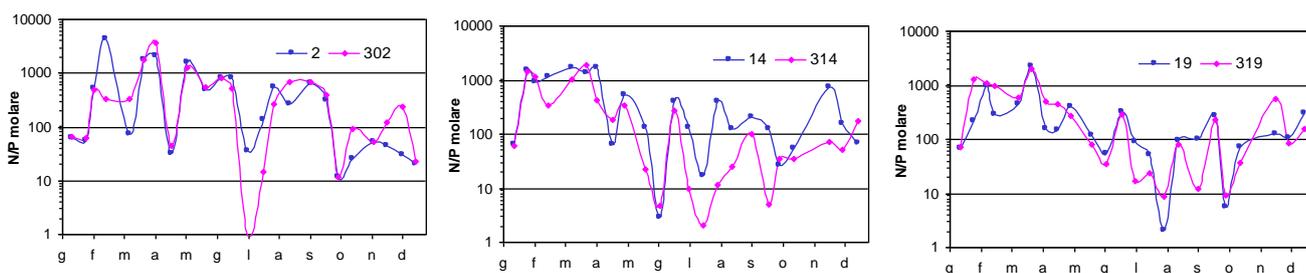
#### 4.4.2.i Rapporto N/P (frazione solubile)

Il rapporto N/P scaturisce dalla seguente equazione:

$$\text{N/P Ratio} = \frac{\text{N}-(\text{NO}_3+\text{NO}_2+\text{NH}_3)}{\text{PO}_4} = \frac{\text{DIN}}{\text{DIP}}$$

La componente DIN viene utilizzata con il P-PO<sub>4</sub> nel calcolo del rapporto N/P. Nelle acque costiere emiliano romagnole 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, riferito al peso atomico N/P = 7.2. Se il rapporto nell'acqua di mare supera il valore N/P di 7.2 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. Questo significa che gli 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 le 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.

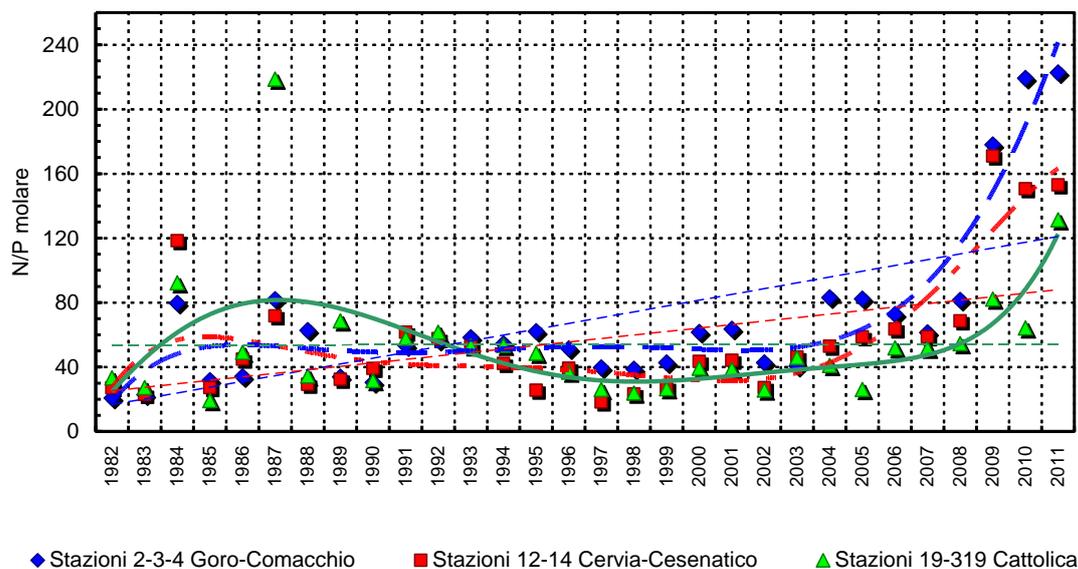
La distribuzione dei valori del rapporto N/P in alcune stazioni campione (Figura 89) posizionate in particolare nella zona più settentrionale (stazioni 2 e 302 di L. di Volano), centrale (stazioni 14 e 314 di Cesenatico) e meridionale (stazioni 19 e 319 di Cattolica), evidenzia una notevole variabilità (considerare la scala logaritmica riportata nella grafica), con i minimi nel periodo estivo. Nel periodo estivo prevale lo stato di fosforo-limitazione nella quasi totalità dei casi. L'andamento variabile del rapporto N/P tende a ridursi nelle stazioni meridionali.



**Figura 89 - Andamento del rapporto N/P in alcune stazioni campione; la linea blu è relativa alle stazioni più costiere (2, 14 e 19), la linea fucsia a quelle a 3 km dalla costa (302, 314 e 319)**

In Figura 90 emerge un discreto aumento dei valori negli ultimi anni nell'analisi del trend su lungo periodo dei valori di N/P.

Anche per quanto riguarda il rapporto N/P si è voluto rappresentare il trend evolutivo nel periodo 1982-2011 mettendo in relazione le medie geometriche annuali che evidenziano un aumento, più accentuato nella zona più settentrionale.



**Figura 90 - Medie geometriche annuali per trend evolutivo del rapporto N/P in tre aree della costa emiliano romagnola (periodo 1982-2011)**

## 4.5 DEFINIZIONE DELLO STATO TROFICO

### 4.5.1 Approccio metodologico di sviluppo e applicazione dell'Indice Trofico ( TRIX )

Per la classificazione dello stato ambientale delle acque costiere marine l'Indice Trofico TRIX, unitamente alla relativa scala trofica, è considerato un elemento importante per definire e classificare lo stato qualitativo dell'ecosistema costiero, ripreso anche dalla recente normativa D.260/10 recante i criteri di classificazione dello stato dei corpi idrici.

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 ed agli effetti ambientali.

Per quanto concerne i processi eutrofici, l'applicazione arbitraria dei criteri per definire lo stato eutrofico ha creato difficoltà nel trasferire agli amministratori e pianificatori i termini oggettivi e precisi per intraprendere adeguate politiche di risanamento e di riduzione dei carichi di nutrienti sversati a mare.

L'introduzione dell'Indice Trofico TRIX e dell'Indice di Torbidità TRBIX consente l'abbandono della categorizzazione trofica tradizionale e rende possibile la misura di livelli trofici in termini rigorosamente oggettivi.

L'Indice Trofico permette infatti 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 tipici della terminologia limnologica.

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 devono essere rappresentativi in termini sia di produzione di biomassa fitoplanctonica che 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 dividono in due categorie:

a) Fattori che sono espressione diretta di produttività:

- Clorofilla "a"  $\text{mg/m}^3$
- Ossigeno disciolto espresso in percentuale, come deviazione in valore assoluto dalla saturazione:  $\text{Ass}[100 - \text{O.D. \%}] = |\text{O.D. \%}|$

b) Fattori nutrizionali:

- Fosforo totale espresso in  $\mu\text{g/l}$
- DIN azoto minerale disciolto ( $\text{N-NO}_3 + \text{N-NO}_2 + \text{N-NH}_3$ ) in  $\mu\text{g/l}$ .

L'analisi dei dati mostra che nessuno dei parametri selezionati per il TRIX si distribuisce in maniera normale. L'esperienza insegna che per i parametri di interesse, la semplice trasformazione Log-decimale è più che indicata per approssimare alla distribuzione normale le distribuzioni dei dati grezzi.

Ricorrendo dunque ai logaritmi ( $\text{Log}_{10}$ ), la struttura base dell'Indice TRIX diventa:

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

Numericamente tale indice è differenziato in classi da 0 a 10 che coprono l'intero spettro di condizioni trofiche che vanno dalla oligotrofia (acque scarsamente produttive tipiche di mare aperto), alla eutrofia (acque fortemente produttive tipiche di aree costiere eutrofizzate, acque lagunari, ecc.).

Va comunque precisato che nella quasi totalità dei casi i valori di TRIX ricavati dai dati rilevati nelle diverse aree costiere sono compresi tra 2 e 8 unità.

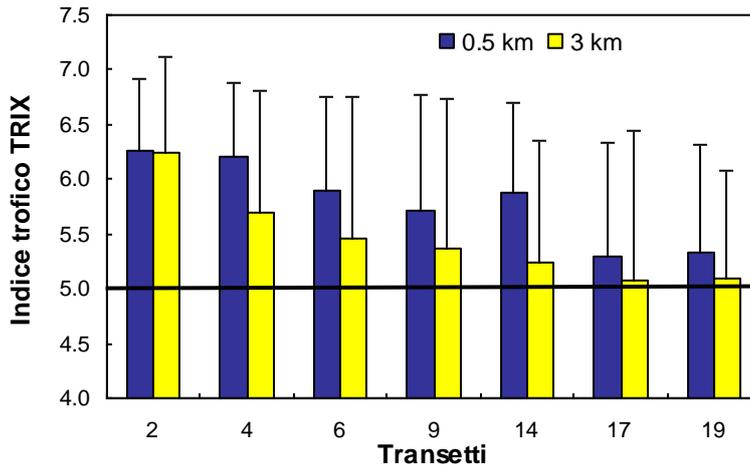
In definitiva l'utilizzo del TRIX risponde a tre esigenze fondamentali:

- integrare più fattori indicatori del livello di trofia ed eliminare valutazioni soggettive basate su singoli parametri;
- ridurre la complessità dei sistemi costieri consentendo di assumere un valore quantitativo;
- discriminare tra diverse situazioni spazio-temporali, rendendo possibile un confronto di tipo quantitativo.

Una più dettagliata definizione dei criteri che hanno ispirato tale approccio potrà essere acquisita nella pubblicazione:

*R.A.Vollenweider, F.Giovanardi, G.Montanari, A.Rinaldi (1998) Characterization of the trofic condition of marine coastal waters, with special reference to the NW Adriatic Sea: Proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. Envirometrics Vol 9 issue 3 : 329-357.*

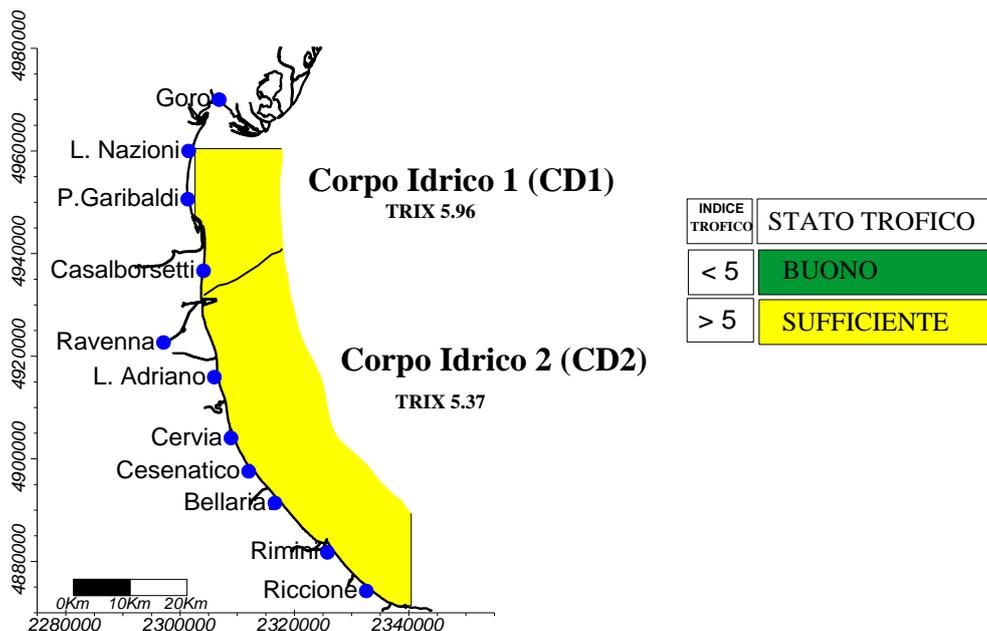
L'Indice TRIX viene inoltre richiesto nel D.Lgs 260/10 come elemento di qualità fisico-chimica (con i relativi limite di classe) a supporto nella classificazione dello stato ecologico delle acque marino costiere. In base ai valori medi annui sono stati indicati i limiti di classe tra lo stato buono e quello sufficiente per ciascuno dei macrotipi individuati su base idrologica. Per il macrotipo "Alta stabilità" (in cui ricade l'area emiliano-romagnola) il limite di classe TRIX tra lo stato buono e quello sufficiente è 5.0.



**Figura 91 - Medie annuali del TRIX nel 2011 nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa.**

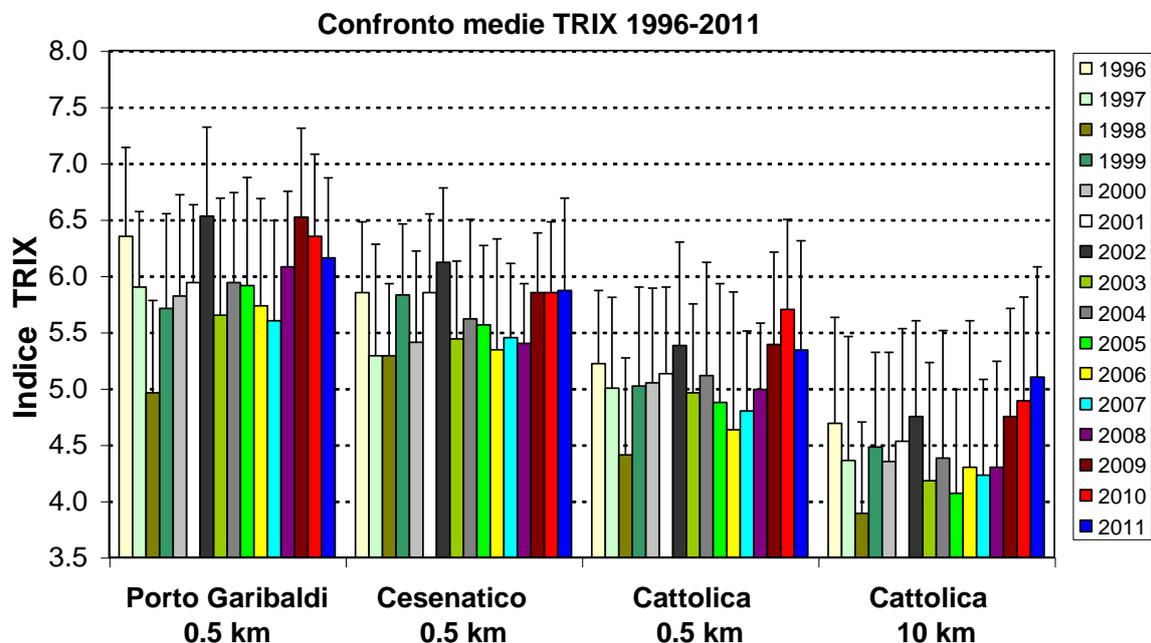
In Figura 91 sono riportate le medie annuali del TRIX nelle stazioni site a 0.5 e 3 km dalla costa; tutte le stazioni presentano un superamento del valore di 5, che rappresenta il limite di classe TRIX Buono/Sufficiente. Il parametro rappresentato mantiene una alta variabilità e un trend in diminuzione da Nord verso Sud e da costa verso il largo ad eccezione in questo ultimo caso nell'area antistante a Lido di Volano (stazioni 2 e 302) dove i valori a 500 metri ed a 3 km si mantengono pressochè simili.

In riferimento ai corpi idrici individuati in applicazione del D.Lgs152/06 (vedi Paragrafo 2.2.4), nel 2011 il valore medio annuale delle stazioni dei due corpi idrici individuati presentano per il corpo idrico CD1 il valore di 5.96, mentre per il corpo idrico CD2 il valore medio annuale di 5.37 (Figura 92). Tali valori identificano per entrambe i corpi idrici una condizione "Sufficiente" della qualità ambientale caratterizzata da acque molto produttive con livello di eutrofia elevato e scarsa trasparenza, ipossie/anossie occasionali delle acque di fondo che possono comportare stati di sofferenza nel comparto bentonico.



**Figura 92 - Valori medi annuali 2011 di TRIX nei due corpi idrici**

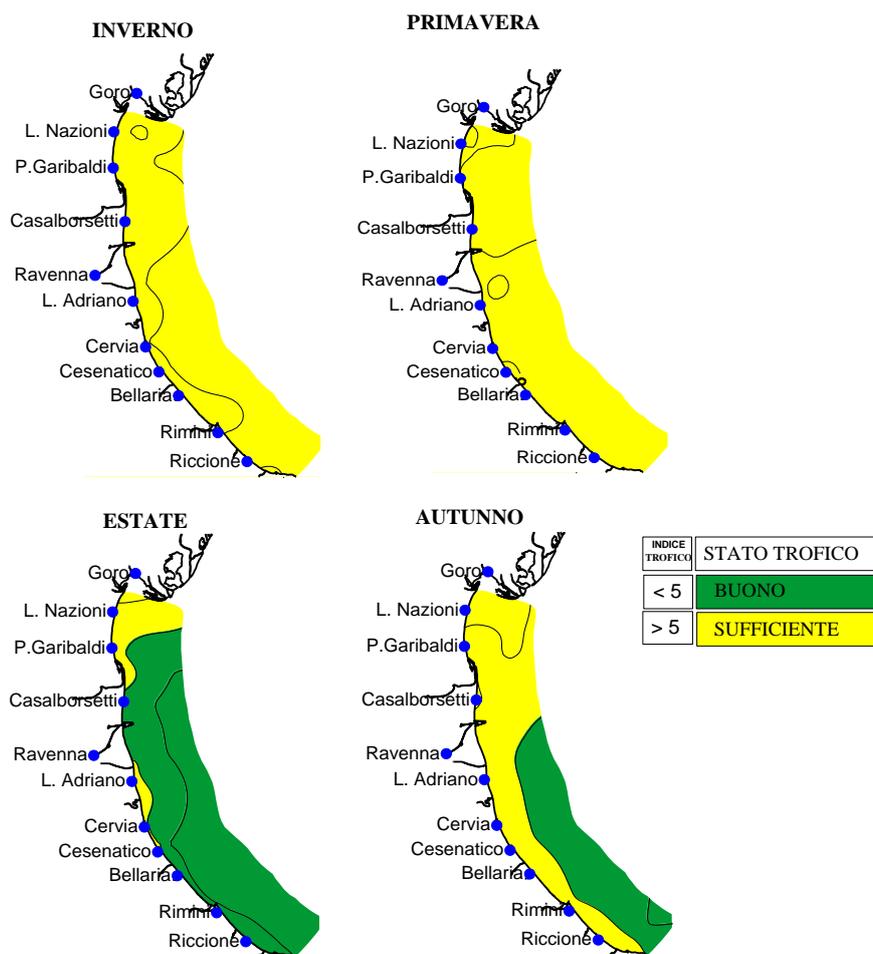
Comparando i valori medi annuali di TRIX riscontrati nel periodo 1996-2011 (vedi Figura 93), si evince un gradiente in diminuzione dell'Indice Trofico da nord verso sud ed una inversione di tendenza nel 2011 delle stazioni costiere, ad eccezione della stazione più al largo meridionale, rispetto agli anni precedenti.



**Figura 93 - Confronto tra il valore medio del TRIX rilevato dal 1996 al 2011 nelle stazioni costiere a 0.5 km di Porto Garibaldi (stazione 4), Cesenatico (stazione 14), Cattolica (stazione 19) e nella stazione al largo 10 km di Cattolica (stazione 1019)**

In un quadro di sintesi spazio-temporale, si è voluto rappresentare la distribuzione dell'Indice Trofico nel territorio monitorato (1200 km<sup>2</sup>) e mediato per stagione (vedi Figura 94).

In tutta l'area nelle stagioni invernale e primaverile si raggiunge la condizione di "sufficiente". I valori migliorano poi in estate sia nella zona costiera che in quella al largo attestando una condizione "buona"; fa eccezione la zona a ridosso del delta padano dove permane la condizione "sufficiente". Gli apporti padani verificatisi in novembre abbassano l'indice di qualità ambientale da "buono" a "sufficiente" in tutta la zona costiera ed in quella al largo limitatamente al tratto compreso tra Lido di Volano e Ravenna.



**Figura 94 - Mappe di distribuzione dell'Indice TRIX lungo la costa emiliano romagnola da costa fino 10 km al largo (medie stagionali)**

#### 4.5.2 Indice di Torbidità (TRBIX)

L'Indice di Torbidità (TRBIX) rappresenta un interessante fattore ad integrazione per la valutazione delle condizioni ambientali dell'ecosistema costiero.

Facendo riferimento agli algoritmi impiegati si è cercato di applicare tale indice alle stazioni costiere confrontando contestualmente il suo andamento con quello del TRIX.

La trasparenza dell'acqua misurata con disco di Secchi costituisce un importante parametro nella definizione delle caratteristiche di qualità delle acque costiere che non può essere ignorato; nello stesso tempo questa misura non può essere incorporata in un Indice Trofico usando gli stessi algoritmi utilizzati per gli altri fattori. Questo perché la trasparenza è la risultante di almeno tre componenti che determinano l'assorbimento della luce e processi di "scattering": a) le sostanze organiche disciolte (ad esempio gli acidi umici), b) la biomassa fitoplanctonica, c) la torbidità dovuta al particolato minerale.

Si può assumere che, eccetto particolari situazioni, le sostanze organiche disciolte non contribuiscono, a breve scala temporale, alla variabilità della trasparenza nelle acque marine;

questa è determinata essenzialmente dalla biomassa fitoplanctonica e dal particolato inorganico minerale in sospensione.

Dalla elaborazione dei dati derivati dall'”EOCD Program” è stata ricavata una semplice relazione tra clorofilla “a” e trasparenza.

$$TRSP_{(p)} = 30 / (1 + Ch^{(0.7)})$$

La relazione Torbidità/Clorofilla “a” viene definita come il rapporto tra la trasparenza potenziale (p) e quella misurata (a)

$$TRBR = TRSP_{(p)} / TRSP_{(a)}$$

e l'indice di torbidità (TRBIX) è calcolato come logaritmo a base 2 del TRBR

$$TRBIX = \text{Log}_2 ( TRBR )$$

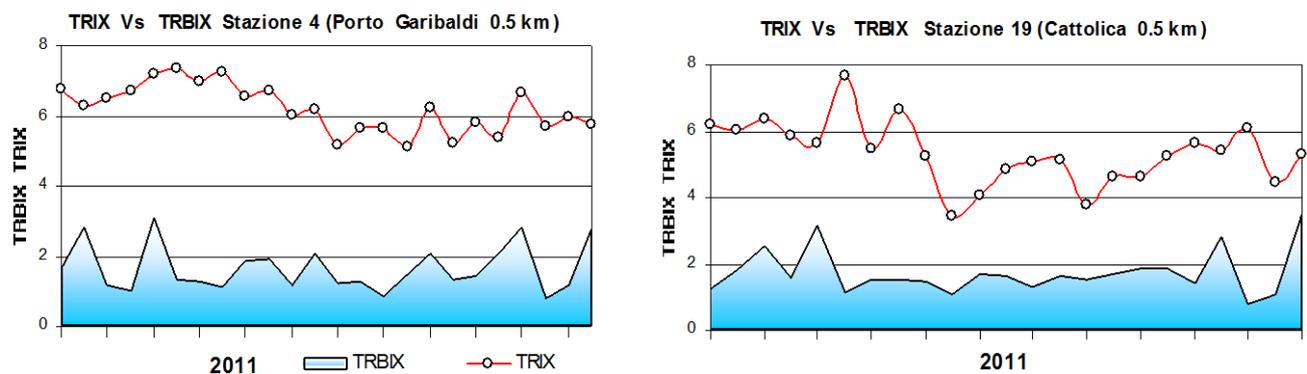
Una semplice interpretazione di questo indice è che le acque sono otticamente biosature riguardo la clorofilla se il TRBIX = 0; se il TRBIX = 1, il contributo della clorofilla e del particolato inorganico risulta equivalente; se TRBIX = 2 la clorofilla dovrebbe contribuire per 1/4 ecc.

L'analisi degli andamenti del TRIX in rapporto al TRBIX mostra una similitudine sia nelle stazioni settentrionali che in quelle meridionali (Figura 95) pur presentando in queste ultime valori più bassi ed una maggior variabilità per l'indice TRIX.

In generale valori elevati di TRIX corrispondono a valori di TRBIX intorno a 1 quindi correlati ad alti valori di clorofilla “a”. Nella stazione meridionale valori di TRIX in diminuzione nel periodo estivo sono accompagnati da valori di TRBIX intorno a 1 che evidenziano, nella determinazione della torbidità, l'influenza anche della componente inorganica particellata rispetto alla biomassa microalgale.

I dati dell'andamento annuale vengono ripresi in modo sintetico nella figura Figura 96 attraverso l'utilizzo di uno scatter plot calcolato utilizzando i dati del TRIX verso il TRBIX nelle stazioni a 0.5 e 3 km all'interno del CD1 e del CD2; il grafico viene diviso in quattro quadranti definiti dal valore medio di TRIX e TRBIX rispettivamente.

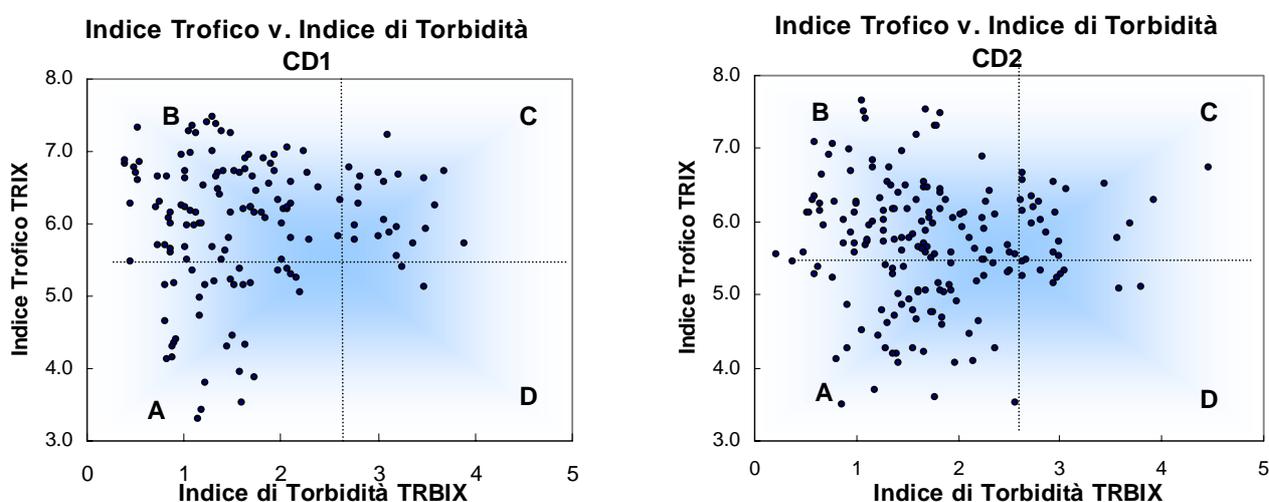
La localizzazione della combinazione dei valori all'interno di ciascun quadrante viene interpretata in base alla tabella allegata in Figura 96.



**Figura 95 - Confronto tra l'andamento dell'indice trofico TRIX e l'indice di torbidità TRBIX nelle stazioni costiere di Porto Garibaldi (stazione 4) e Cattolica (stazione 19)**

Il confronto tra i due corpi idrici della costa mostra che per il CD1, quindi nell' area compresa da Lido di Volano a Casalborgorsetti, la maggior parte dei valori si distribuiscono sul quadrante B che identifica, in termini di TRBIX, acque colorate da fitoplancton con bassi valori di trasparenza; da sottolineare anche valori che si posizionano nel quadrante A che sottende acque poco o scarsamente colorate con presenza di torbidità dovuta anche alla componente minerale. Questa peculiare distribuzione generale dei dati nell'area centro-settentrionale, sottolinea la forte variabilità riscontrata, con periodi di elevata concentrazione di biomassa microalgale e situazioni di medio/alta trasparenza.

Nell'area compresa tra Lido Adriano e Cattolica (CD2) i dati si distribuiscono soprattutto nel quadrante A e B ed in minima parte nel C ad indicare un incremento della componente minerale che influisce sulla trasparenza in questa zona.



Schema di interpretazione dei quadranti derivati dalla combinazione del TRIX vs. TRBIX	
<p><b>Quadrante B</b> Acque colorate prevalentemente da fitoplancton; colore vegetale verdastro, brunoastro o rossoastro secondo la specie fitoplanctonica. Trasparenza più o meno ridotta.</p>	<p><b>Quadrante C</b> Acque colorate sia da fitoplancton che da torbidità di tipo minerale; colore limoso-fangoso associato ad una variazione cromatica verdastro, brunoastro o rossoastro secondo la specie fitoplanctonica. Trasparenza più o meno ridotta.</p>
<p><b>Quadrante A</b> Acque poco o scarsamente colorate da fitoplancton e presenza di torbidità minerale; colore poco limoso con tonalità verde-azzurro-blu marino. Trasparenza alta.</p>	<p><b>Quadrante D</b> Acque prevalentemente colorate da torbidità di tipo minerale; colore limoso fangoso di tipo grigio brunoastro. Trasparenza molto ridotta.</p>



Figura 96 - Diagrammi di “Scatter plot” tra l’indice di torbidità TRBX e l’indice trofico TRIX; individuazione dei quadrati e relativa tabella di interpretazione



## 5 LO STATO DI QUALITÀ AMBIENTALE

La fascia costiera della regione Emilia-Romagna è dichiarata area sensibile (Art. 91, D.Lgs152/06) in quanto soggetta a processi di eutrofizzazione. Per tale motivo i corpi idrici individuati e riportati al Paragrafo 2.2.4 (CD1 e CD2) sono corpi idrici a rischio ai quali viene applicato il monitoraggio operativo come previsto dal D.56/09.

L'attività di monitoraggio è finalizzata alla valutazione dello Stato di Qualità Ambientale delle acque marino; tale valutazione si basa sull'analisi di elementi che definiscono lo Stato Ecologico e lo Stato Chimico.

Gli elementi che contribuiscono alla definizione dello Stato Ecologico sono:

- ◆ Elementi biologici
  - composizione, abbondanza e biomassa del fitoplancton, segnalazione di fioriture di specie potenzialmente tossiche o nocive;
  - composizione e abbondanza dei macroinvertebrati bentonici e segnalazione dei taxa sensibili;
  - composizione, abbondanza e copertura dell'altra flora acquatica e segnalazione di taxa sensibili.

Nella costa emiliano-romagnola vengono monitorati solo i primi 2 elementi biologici sopra elencati, non essendo presenti macroalghe su substrati naturali né fanerogame marine.
- ◆ Elementi idromorfologici a sostegno degli elementi biologici
  - profondità, morfologia del fondale, caratteristiche del sedimento (sostanza organica e granulometria), regime correntometrico.
- ◆ Elementi fisico-chimici a sostegno degli elementi biologici
  - trasparenza, temperatura, salinità, ossigeno disciolto, nutrienti, clorofilla "a".
- ◆ Inquinanti specifici a sostegno degli elementi biologici
  - sostanze non appartenenti all'elenco di priorità, ricercate nell'acqua e nel sedimento, di cui è stato accertato lo scarico nel corpo idrico in quantità significative (tab. 1/B e 3/B D.56/09).

Gli elementi che possono contribuire alla definizione dello Stato Chimico sono gli inquinanti specifici dell'elenco di priorità ricercati nell'acqua, nel sedimento e, facoltativamente, nei mitili (tab. 1/A, 2/A e 3/A D.56/09).

## 5.1 RETE DI MONITORAGGIO

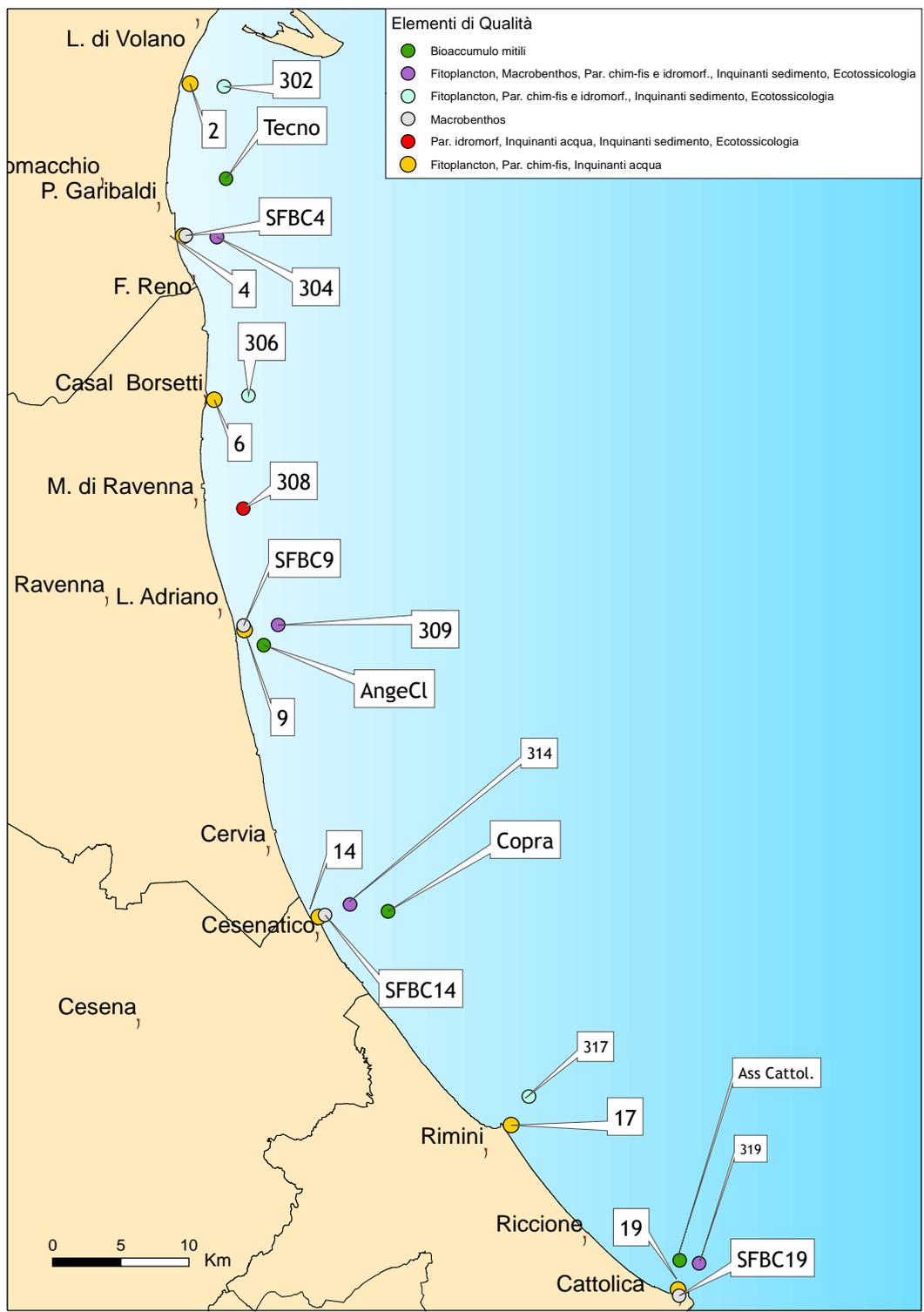
La rete di monitoraggio delle acque costiere della regione Emilia-Romagna istituita ai sensi del D.Lgs152/06 è costituita da 23 stazioni di indagine ubicate da Lido di Volano a Cattolica a varie distanze dalla costa (da 0.5 km fino a 5 km). Nella Tabella 3 si riporta l'anagrafica delle stazioni di campionamento e in Figura 97 la rappresentazione cartografica della rete di monitoraggio.

L'attività di monitoraggio effettuata nel 2011 è schematizzata in Tabella 4. Nello schema si riportano le stazioni di campionamento monitorate, gli elementi qualitativi utili alla definizione dello Stato Ecologico e dello Stato Chimico e relativa frequenza di indagine.

L'attività di monitoraggio nel 2011 è stata svolta in conformità a quanto previsto in tab. 3.7 del D.56/09 anche se con alcune variazioni che verranno descritte di seguito.

**Tabella 3 - Rete di monitoraggio delle acque marino costiere della regione Emilia-Romagna istituita ai sensi del D.Lgs152/06 e s.m.ei.**

Codice Stazione	Località	Corpo idrico	Distretto idrografico	Lat WGS84 (gg,ppdddd)	Lon WGS84 (gg,ppdddd)	Discosta (Km)	Prof (m)
2	Lido di Volano	CD1	Padano	44.457656	12.155128	0.5	3.9
302	Lido di Volano	CD1	Padano	44.456876	12.174088	3	6.7
4	Porto Garibaldi	CD1	Padano	44.396873	12.154228	0.5	3.7
SFBC4	Porto Garibaldi	CD1	Padano	44.397070	12.155680	1	3.8
304	Porto Garibaldi	CD1	Padano	44.396934	12.172888	3	9.1
Tecno	Porto Garibaldi	CD1	Padano	44.420335	12.177028	4.3	10.5
6	Casalborsetti	CD1	Appennino settentrionale	44.332012	12.174568	0.5	5.2
306	Casalborsetti	CD1	Appennino settentrionale	44.334052	12.193348	3	10.2
308	Marina di Ravenna	CD2	Appennino settentrionale	44.288990	12.192627	3	8.1
9	Lido Adriano	CD2	Appennino settentrionale	44.240749	12.195387	0.5	5.4
SFBC9	Lido Adriano	CD2	Appennino settentrionale	44.242420	12.194870	1	6
309	Lido Adriano	CD2	Appennino settentrionale	44.243089	12.213866	3	9.4
AngeCI	Foce Bevano	CD2	Appennino settentrionale	44.234869	12.206426	1.95	7.5
14	Cesenatico	CD2	Appennino settentrionale	44.127226	12.241524	0.5	3.1
SFBC14	Cesenatico	CD2	Appennino settentrionale	44.128090	12.244960	1	3
314	Cesenatico	CD2	Appennino settentrionale	44.132626	12.258444	3	8.3
Copra	Cesenatico	CD2	Appennino settentrionale	44.130347	12.279503	4.9	9.5
17	Rimini	CD2	Appennino settentrionale	44.046585	12.350548	0.5	4.3
317	Rimini	CD2	Appennino settentrionale	44.058165	12.359907	3	9.9
19	Cattolica	CD2	Appennino settentrionale	43.582924	12.444691	0.5	4.1
SFBC19	Cattolica	CD2	Appennino settentrionale	43.580440	12.445400	2	3.5
319	Cattolica	CD2	Appennino settentrionale	43.593664	12.455912	3	11
Ass_Cattol	Cattolica	CD2	Appennino settentrionale	43.594684	12.445172	2.7	10.5



**Figura 97 - Rappresentazione cartografica della rete di monitoraggio delle acque marine costiere della regione Emilia-Romagna istituita ai sensi del D.Lgs152/06**

Tabella 4 - Rappresentazione schematica dell'attività di monitoraggio eseguita ai sensi del D.Lgs152/06 - Anno 2011

		Elementi per lo Stato Ecologico					Elementi per lo Stato Chimico				
		Elementi di Qualità Biologica (EQB)		Elementi chim.-fis.	Elementi idromorfologici e chim.-fis.	Inquinanti specifici NON appartenenti all'elenco di priorità		Inquinanti specifici appartenenti all'elenco di priorità			Test ecotossicologici
		Fitoplancton	Macrozoobenthos			Tab. 1/B D.56/09	Tab. 3/B D.56/09	Tab. 1/A D.56/09	Tab. 2/A D.56/09	Tab. 3/A D.56/09	
Frequenza di indagine	Quindicinale	Trimestrale/Semestrale	Quindicinale	In continuo, Annuale	Trimestrale	Semestrale	Mensile	Semestrale	Annuale	Annuale	
<b>Codice stazione di indagine</b>	2										
	302										
	4										
	SFBC4		Trimestrale								
	304		Semestrale								
	Tecno										
	6										
	306										
	308										
	9										
	SFBC9		Trimestrale								
	309		Semestrale								
	AngeCI										
	14										
	SFBC14		Trimestrale								
	314		Semestrale								
	Copra										
	17										
	317										
	19										
SFBC19		Trimestrale									
319		Semestrale									
Ass_Cattol											

## 5.2 ANALISI DEI RISULTATI

### 5.2.1 Elementi di Qualità Biologica (EQB)

Lungo la fascia costiera dell'Emilia-Romagna si ha in genere una scarsa presenza di macroalghe su substrati naturali, assenti le fanerogame marine. Il monitoraggio degli Elementi Qualitativi Biologici (EQB) è limitato quindi alla determinazione quali-quantitativa del fitoplancton e dei macroinvertebrati bentonici.

#### 5.2.1.a *Fitoplancton*

Le stazioni della rete di monitoraggio per la determinazione quali-quantitativa del fitoplancton sono 14 dislocate su 7 transetti perpendicolari alla costa (Lido di Volano, P. Garibaldi, Casalborsetti, Lido Adriano, Cesenatico, Rimini e Cattolica) e distanti 0.5 e 3 km dalla linea di riva (vedi Tabella 4).

Il numero e l'ubicazione delle stazioni di indagine permettono di effettuare una valutazione sufficiente dell'ampiezza e dell'impatto generato (blooms algali) e delle pressioni esistenti sulla fascia costiera.

La frequenza di indagine del fitoplancton è quindicinale (vedi Tabella 4) e non bimestrale come richiesto dalla nuova normativa (D.56/09).

Tale scelta deriva dalla necessità di tenere più frequentemente monitorate le diverse fasi eutrofiche essendo il principale problema del tratto costiero emiliano romagnolo.

L'analisi delle serie temporali del fitoplancton, della biomassa microalgale, degli elementi chimici e più in generale dei fattori trofici lungo la costa dell'Emilia-Romagna, risultante dai dati acquisiti in trenta anni di monitoraggi a frequenza settimanale, mostrano in linea di massima, una scala temporale di variazione ben più accentuata rispetto alla frequenza di misure prevista dal D.56/09.

La determinazione quali-quantitativa del fitoplancton è finalizzata alle seguenti valutazioni:

- numero cellule/litro e specie (abbondanza e composizione) di diatomee;
- numero e specie cellule/litro (abbondanza e composizione) di dinoflagellate;
- numero e specie cellule/litro di altri fitoflagellati;

Sono inoltre segnalati gli eventi di fioriture di specie potenzialmente tossiche o nocive.

Le analisi quantitative dei popolamenti fitoplanctonici nelle acque marine permettono di valutare la produttività primaria del sistema. Questo dato ci fornisce un elemento importante nella valutazione dello stato qualitativo dell'ecosistema, perché le abbondanze di fitoplancton influiscono sia sulle produttività del sistema, sia su altrettanti parametri fisico-chimici delle acque come le concentrazioni di ossigeno disciolto, la variazione della trasparenza delle acque, il pH.

L'analisi qualitativa ha contemplato i principali gruppi tassonomici, Diatomee e Dinoficee, all'interno dei quali esistono specie che possono essere responsabili di "fioriture". Sono state inoltre prese in considerazione sotto la voce "altri fitoflagellati" il fitoplancton marino appartenente alle classi delle Cloroficee, Euglenoficee, Criptoficee, Crisoficee, Rafidoficee, Prasinoficee, Primmesioficee, Dictiocoficee che rappresentano una frazione elevata della

popolazione microalgale totale e che in determinate occasioni possono generare blooms, con conseguente alterazione delle caratteristiche delle acque.

La comunità fitoplanctonica è dominata durante tutto l'anno da Diatomee (Bacillariophyceae). Analizzando gli andamenti annuali delle abbondanze riferite a questa classe nelle stazioni sottocosta (Figura 98), si osserva una similitudine costante in tutte le stazioni meridionali ad eccezione di poche campagne: il 6 giugno nella stazione 14 di Cesenatico si registra un massimo a differenza di tutte le altre stazioni. Nelle stazioni settentrionali gli andamenti assumono caratteri diversi a seconda del periodo considerato. Da gennaio a metà luglio gli andamenti sono simili; si distingue la stazione 9 di Lido Adriano per variazioni più marcate e rapide tra febbraio e aprile. Da agosto a novembre gli andamenti si diversificano maggiormente; la stazione 6 di Casalboretto è caratterizzata da modeste variazioni; le stazioni 2 di Lido di Volano e 4 di Porto Garibaldi mantengono una certa similitudine anche dal punto di vista quantitativo anche se presentano variazioni considerevoli nel corto periodo. La stazione 9 invece presenta il range di variazione più ampio con abbondanze che variano da un minimo di  $9 \times 10^3$  cell/L del 16 agosto al massimo  $33.6 \times 10^6$  cell/L del 18 ottobre, che coincide anche con il massimo di Diatomee registrato nell'anno nelle stazioni a 0.5 km.

A nord come a sud, in inverno e inizio primavera, il sistema sostiene abbondanze elevate in particolare tra gennaio e la fine di aprile. In maggio, a sud (stazioni 14, 17, 19) si assiste ad una progressiva e veloce diminuzione con minimi a giugno; in estate le abbondanze si mantengono elevate in agosto per diminuire in settembre. Anche a nord dal mese di giugno fino a metà luglio le abbondanze diminuiscono fino a raggiungere i minimi assoluti annuali nelle località di Lido di Volano e Porto Garibaldi (stazioni 2 e 4); l'estate è caratterizzata da abbondanze elevate eccezione fatta per il minimo rilevato il 16 agosto nella stazione 9 di Lido Adriano. In ottobre si assiste ad un aumento consistente in tutte le stazioni anche se più marcato a sud. In questo periodo si registrano fioriture consistenti di Diatomee lungo tutta la costa dell'Emilia-Romagna. Oltre a registrare un aumento delle abbondanze il fenomeno è stato accompagnato da abbondanti affioramenti di aggregati schiumosi biancastri diffusi sotto costa dai lidi ravennati a Cattolica (vedi capitolo 7). Per registrare un calo delle abbondanze bisognerà aspettare il mese di dicembre.

I taxa più rappresentativi per frequenza ed abbondanza durante tutto il 2011 sono in ordine dimensionale *Skeletonema* spp. e di seguito *Chaetoceros* spp. Il primo domina durante l'inverno fino a inizio primavera ed è presente con abbondanze rilevanti anche in novembre. Invece bloom di *Chaetoceros* spp. si verificano in primavera inoltrata tra aprile e maggio, in agosto, ottobre e novembre. Gli eventi più importanti si registrano il 23 marzo nella stazione 319 (Cattolica) con  $35.9 \times 10^6$  cell/l di *Skeletonema* spp., il 20 aprile nella stazione 4 con  $30.1 \times 10^6$  cell/l di *Chaetoceros* spp. Altri taxa di Diatomee che hanno sviluppato fioriture sono: *Asterionellopsis glacialis* (valore massimo registrato il 18 ottobre stazione 9 con  $33.6 \times 10^6$  cell/l) e *Chaetoceros tortissimus* (valore massimo registrato il 3 ottobre stazione 14 con  $7.4 \times 10^6$  cell/l).

Per quanto riguarda la classe delle Dinofitee (Dinophyceae), se si considerano le medie stagionali (Figura 100), si registra una sensibile diminuzione rispetto all'anno passato. Si può inoltre constatare anche una diminuzione dal 2007 al 2011 (Figura 101) confrontando le medie totali annuali.

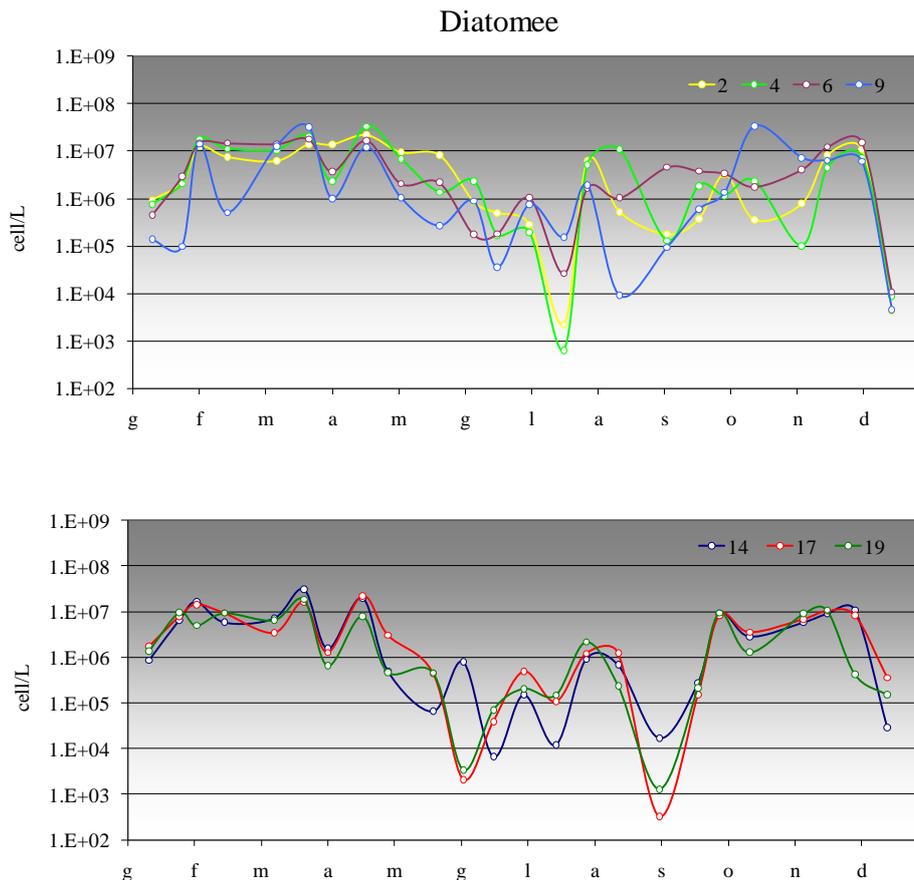
Fioriture di Dinofitee con conseguente colorazione dell'acqua (assumendo come valore di riferimento  $1 \times 10^6$  cell/l) non sono state rilevate durante tutte le campagne di monitoraggio.

Confrontando gli andamenti nelle singole stazioni (Figura 99), si osserva che le abbondanze maggiori si concentrano da aprile a novembre nelle stazioni settentrionali mentre nelle

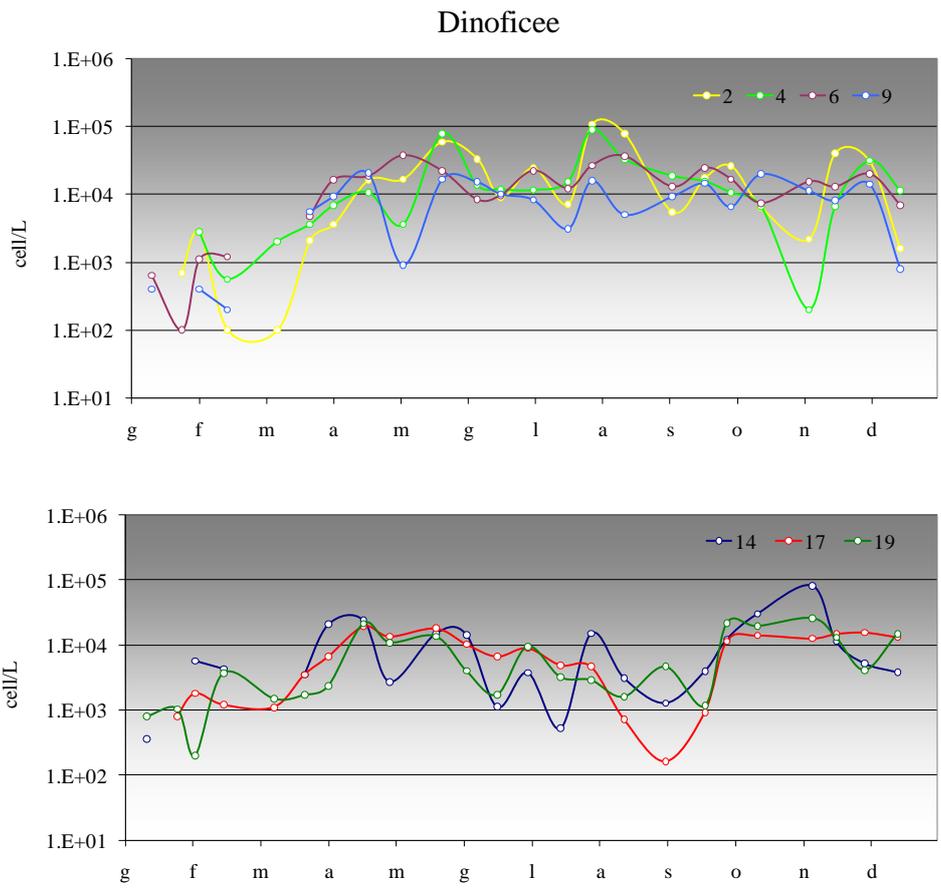
stazioni meridionali da aprile a giugno e da ottobre a dicembre inoltrato con un calo nel mese di settembre.

Dalle medie stagionali (Figura 100), si nota come in inverno le abbondanze delle stazioni settentrionali siano inferiori rispetto alle stazioni meridionali. In primavera ed estate la differenza si assottiglia pur con prevalenza nelle stazioni settentrionali.

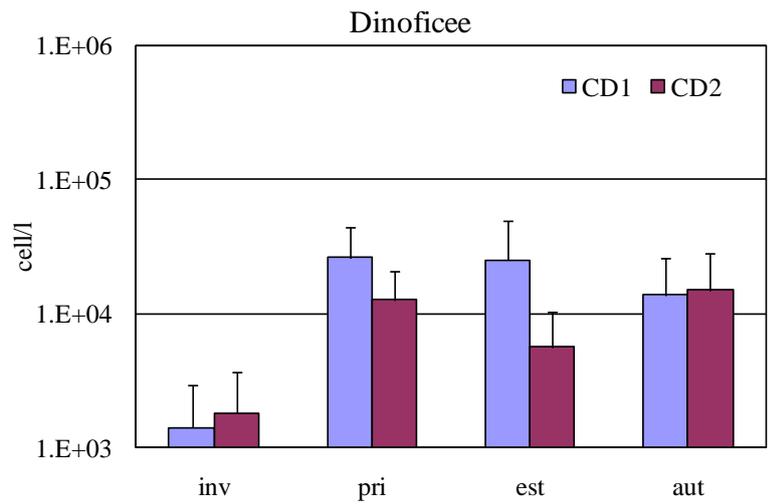
Alcuni taxa appartenenti alla famiglia delle Prorocentraceae quali *Prorocentrum triestinum* e *Prorocentrum micans* sono i responsabili delle abbondanze maggiori. Il valore massimo di Dinoflagellate totali ( $10.8 \times 10^4$  cell/l) si è registrato il 1 agosto nella stazione 2 di Lido di Volano e in quell'occasione *Prorocentrum triestinum* era il taxa dominante con  $8.7 \times 10^4$  cell/l.



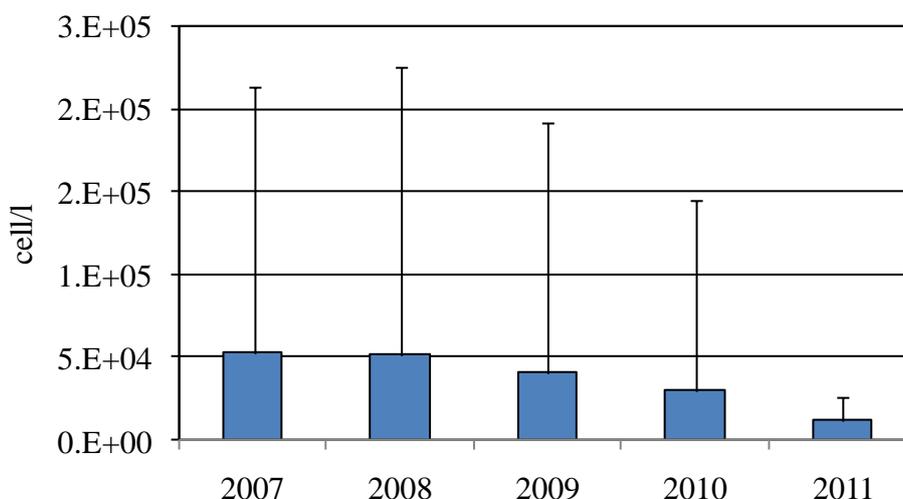
**Figura 98 - Andamento annuale delle abbondanze delle Diatomee nelle stazioni settentrionali (stazioni 2, 4, 6, 9) e meridionali (stazioni 14, 17, 19)**



**Figura 99 - Andamento annuale delle abbondanze delle Dinofyceae nelle stazioni settentrionali (stazioni 2, 4, 6, 9) e meridionali (stazioni 14, 17, 19)**



**Figura 100 - Andamento delle medie stagionali e deviazioni standard delle abbondanze delle Dinofyceae nei corpi idrici CD1 e CD2**



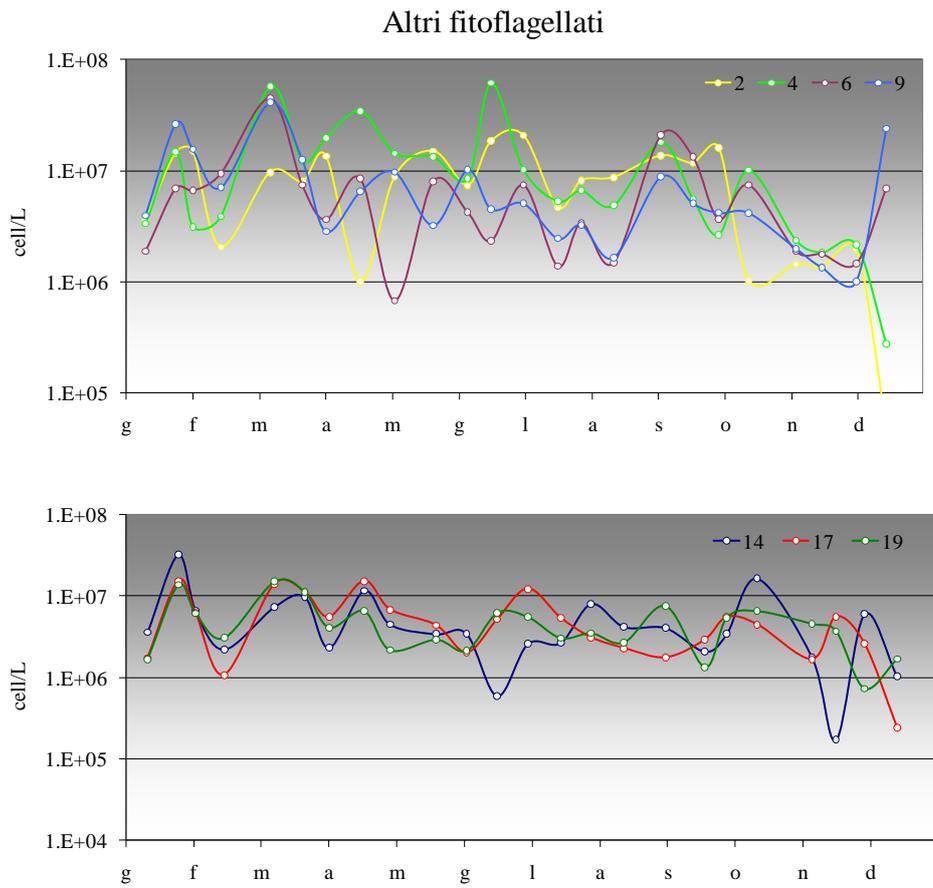
**Figura 101 - Andamento delle medie annuali e deviazioni standard delle abbondanze delle Dinoficee**

Gli altri fitoflagellati determinano una frazione importante dell'abbondanza totale di fitoplancton. Considerando gli andamenti di questo gruppo, in Figura 102 si vede che la variabilità delle fluttuazioni è elevata fino al mese di ottobre e più marcata rispetto al 2010.

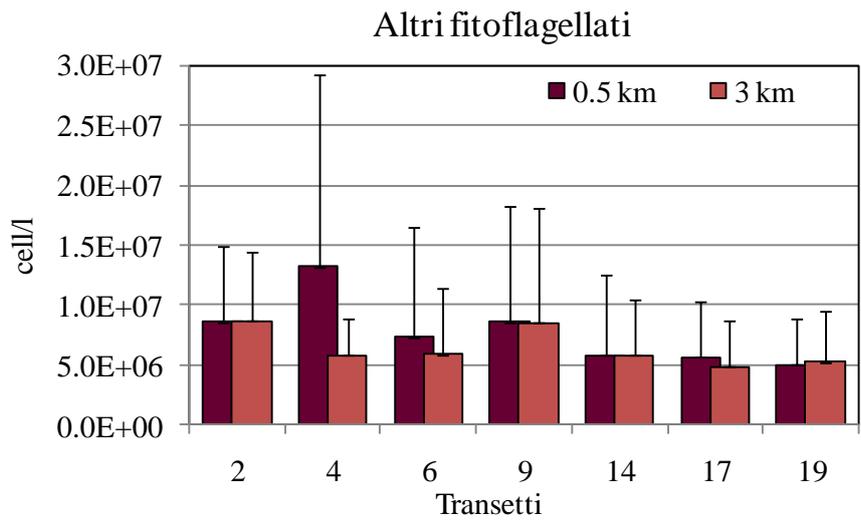
Le abbondanze, seppur inferiori rispetto a quelle registrate nel 2010, sono comunque elevate ( $> 1 \times 10^6$  cell/l). A fine autunno si hanno solo alcune eccezioni in cui i valori sono inferiori a  $5 \times 10^5$  cell/l: il 22 novembre nella stazione 14 di Cesenatico ( $1.77 \times 10^4$  cell/l) il 20 dicembre nella stazione 17 di Rimini ( $2.3 \times 10^5$  cell/l), il 21 dicembre nella stazione 4 di P. Garibaldi ( $2.7 \times 10^5$  cell/l) e nella stazione 2 di Lido di Volano ( $5 \times 10^5$  cell/l). Il valore massimo registrato durante l'anno risale al 20 giugno nella stazione 4 con  $6,1 \times 10^7$  cell/l.

Considerando le medie annuali (Figura 103) si vede come il settore settentrionale sia interessato dalle abbondanze maggiori (stazioni 2, 4, 6, 9). Al largo (3 km) le abbondanze medie annuali risultano inferiori seppure di poco rispetto a quelle sottocosta, fa eccezione la stazione 4 con abbondanze nettamente superiori sottocosta rispetto a quelle registrate a 3 km.

In Tabella 5 si riporta la lista floristica dei taxa prevalenti riscontrati durante le campagne di monitoraggio in tutte le stazioni monitorate nel 2011.



**Figura 102 - Andamento annuale delle abbondanze degli altri fitoflagellati nelle stazioni settentrionali (stazioni 2, 4, 6, 9) e meridionali (stazioni 14, 17, 19)**



**Figura 103 - Medie annuali e deviazioni standard delle abbondanze degli altri fitoflagellati nelle stazioni a 0.5 e 3 km**

**Tabella 5 - Lista floristica dei taxa prevalenti riscontrati nel 2011**

Classe	Taxa
Bacillariophyceae	<i>Asterionellopsis glacialis</i>
Bacillariophyceae	<i>Bacillariales</i> indet.
Bacillariophyceae	<i>Chaetoceros diversus</i>
Bacillariophyceae	<i>Chaetoceros</i> spp.
Bacillariophyceae	<i>Chaetoceros tortissimus</i>
Bacillariophyceae	<i>Cylindrotheca closterium</i>
Bacillariophyceae	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>
Bacillariophyceae	<i>Hemiaulus</i> sp.
Bacillariophyceae	<i>Leptocylindrus</i> spp.
Bacillariophyceae	<i>Navicula</i> spp.
Bacillariophyceae	<i>Nitzschia</i> spp.
Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia</i> sp. del <i>Nitzschia delicatissima</i> complex
Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia</i> sp. del <i>Nitzschia seriata</i> complex
Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.
Bacillariophyceae	<i>Skeletonema</i> spp.
Bacillariophyceae	<i>Thalassionema</i> spp.
Bacillariophyceae	<i>Thalassiosira</i> spp.
Dinophyceae	<i>Ceratium fusus</i>
Dinophyceae	<i>Ceratium</i> spp.
Dinophyceae	<i>Dinophyceae</i> indet.
Dinophyceae	<i>Dinophysis sacculus</i>
Dinophyceae	<i>Diplosalis</i> group
Dinophyceae	<i>Gonyaulax</i> spp.
Dinophyceae	<i>Gymnodinium</i> spp.
Dinophyceae	<i>Gyrodinium</i> spp.
Dinophyceae	<i>Heterocapsa</i> spp.
Dinophyceae	<i>Karenia</i> spp.
Dinophyceae	<i>Lingulodinium polyedrum</i>
Dinophyceae	<i>Oxytoxum</i> spp.
Dinophyceae	<i>Polykrikos</i> spp.
Dinophyceae	<i>Prorocentrum aporum</i>
Dinophyceae	<i>Prorocentrum micans</i>
Dinophyceae	<i>Prorocentrum minimum</i>
Dinophyceae	<i>Prorocentrum triestinum</i>
Dinophyceae	<i>Protoberidinium bipes</i>
Dinophyceae	<i>Protoberidinium</i> cf. <i>pellucidum</i>
Dinophyceae	<i>Protoberidinium</i> spp.
Dinophyceae	<i>Protoberidinium thorianum</i>
Dinophyceae	<i>Pselodinium vaubanii</i>
Dinophyceae	<i>Scrippsiella</i> spp.
Dinophyceae	<i>Torodinium</i> spp.

Ai fini della valutazione dello stato di qualità ambientale, si seguono le metriche proposte nel D.260/10. Alla luce di quanto contenuto in tale normativa la valutazione del parametro fitoplancton si attua utilizzando le distribuzioni in superficie di clorofilla “a”, scelto come indicatore di biomassa.

Occorre fare riferimento non solo ai rapporti di qualità ecologica (RQE), ma anche ai valori assoluti (espressi in  $\text{mg/m}^3$ ) di concentrazione di clorofilla “a”.

La tipo-specificità per il fitoplancton è caratterizzata dal criterio idrologico. Ai fini della classificazione per gli elementi di qualità biologica (EQB) i tipi delle acque marino costiere sono aggregati in 3 gruppi (macrotipi). Per la costa emiliano romagnola, avendo identificato una stabilità alta, ovvero siti costieri influenzati da apporti di acqua dolce di origine fluviale, tutta l’area ricade nel macrotipo 1 per i due EBQ fitoplancton e macroinvertebrati bentonici.

Il D.260/10 riporta come modalità di calcolo, condizioni di riferimento e limiti di classe per il macrotipo 1 i seguenti criteri:

- per il calcolo del valore del parametro clorofilla “a” il valore della media geometrica;
- valore di riferimento ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) 1.8;
- limite di classe: Buono/Elevato  $2.4 \text{ mg}/\text{m}^3$  con RQE 0.75, Buono/Sufficiente  $3.5 \text{ mg}/\text{m}^3$  con RQE 0.51.

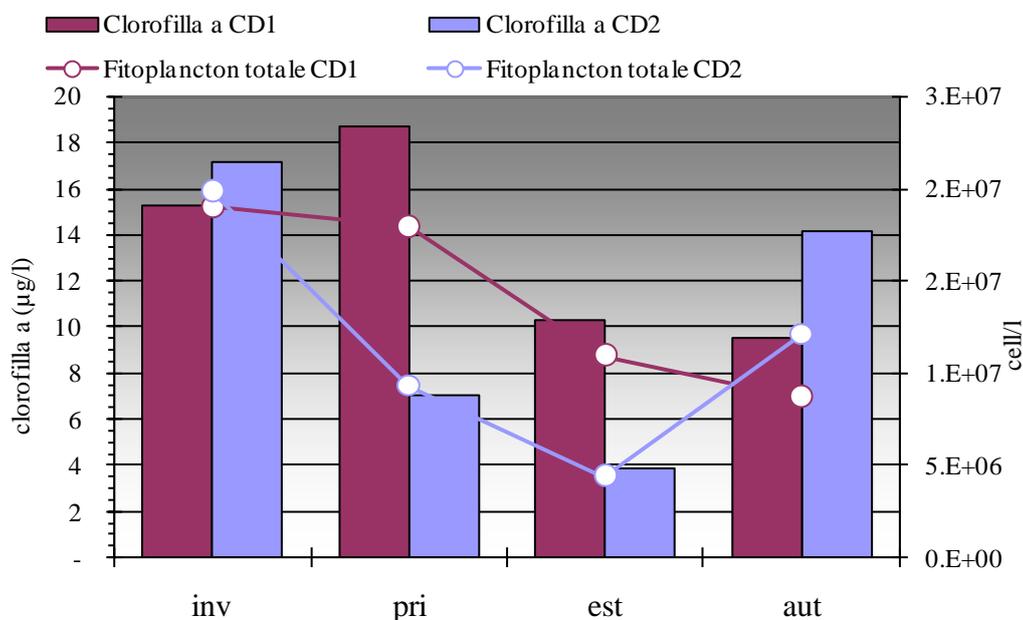
RQE (Rapporto di Qualità Ecologica) è il rapporto tra il valore del parametro biologico osservato e il valore dello stesso parametro corrispondente alle condizioni di riferimento per il “tipo” di corpo idrico.

Le concentrazioni maggiori si registrano per CD1 in primavera seguite da quelle invernali, estive ed autunnali; mentre per il CD2 le concentrazioni maggiori si registrano in inverno seguite da quelle autunnali, primaverili ed infine estive. In CD1 si nota un trend negativo da inverno all'estate mentre in autunno si registra un incremento con valori nettamente maggiori rispetto a CD1.

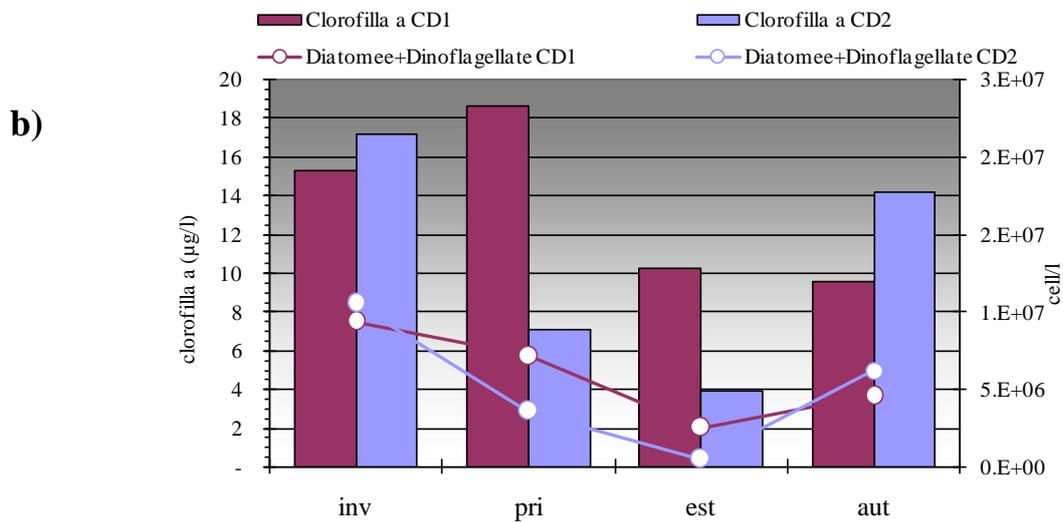
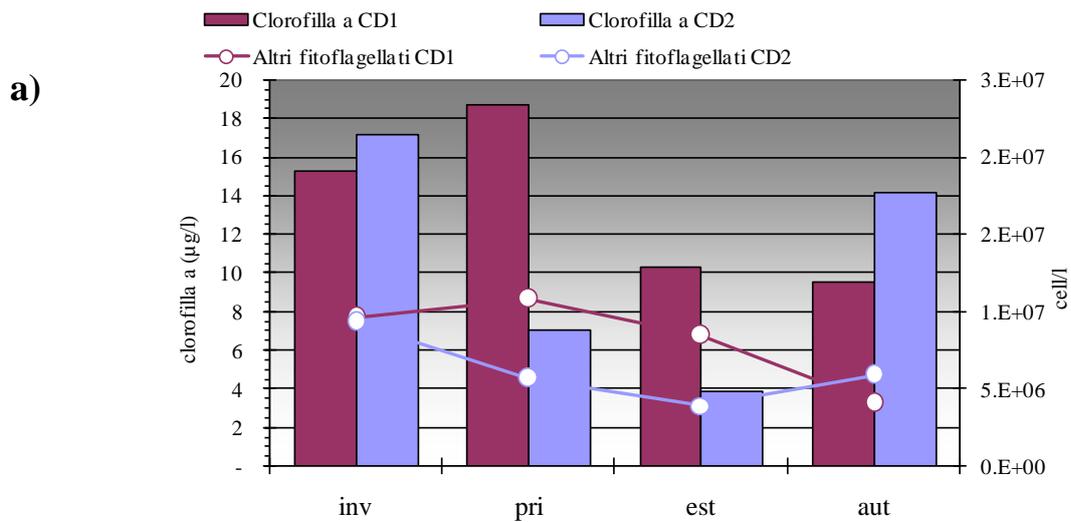
In Figura 104 si nota come le medie stagionali di clorofilla “a” in inverno, primavera ed estate siano in linea con le abbondanze medie di fitoplancton totale. Andando a distinguere gli andamenti di altri fitoflagellati dal totale di diatomee e dinoflagellate si evidenziano alcune differenze tra i due corpi idrici. Si nota infatti (Figura 105) che in CD2 i valori medi di clorofilla “a” seguono l'andamento stagionale delle diatomee e dinoflagellati, in CD1 invece il dato di clorofilla “a” è più in linea con le abbondanze di altri fitoflagellati.

Osservando le medie geometriche annuali di clorofilla “a” calcolate sui dati rilevati a frequenza quindicinale nel 2011, si può affermare che si oltrepassa il valore soglia di  $3.5 \mu\text{g}/\text{l}$  sia effettuando una valutazione a livello di corpi idrici (Figura 106), che valutando le singole stazioni (Figura 107).

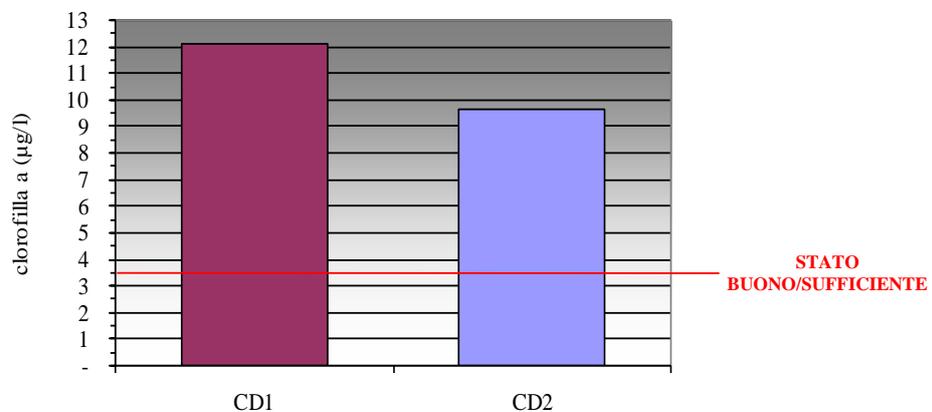
Rispetto alle medie geometriche annuali rilevate nel 2010, si registra un incremento in CD1 (+9.4%) ed in particolare in CD2 (+27.4%) con valori che si inseriscono tra il minimo di  $7.01 \mu\text{g}/\text{l}$  (stazione 19 di Cattolica) ed un massimo di  $14.67 \mu\text{g}/\text{l}$  (stazione 2 di Lido di Volano).



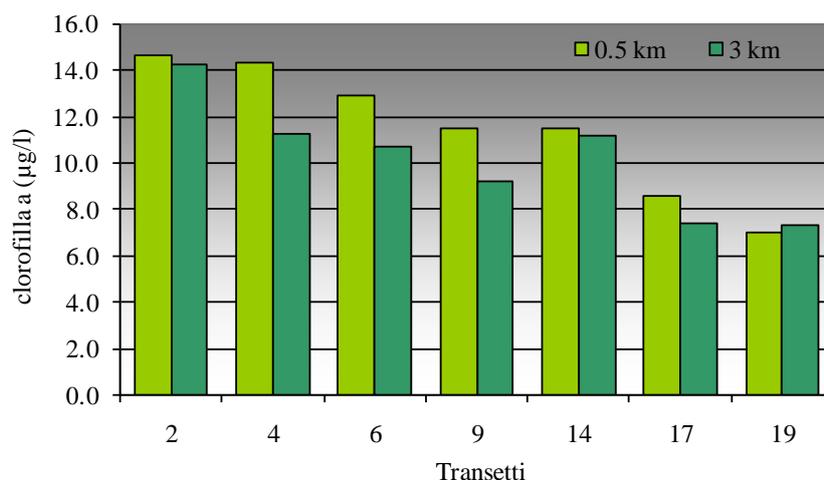
**Figura 104 - Andamento stagionale delle medie geometriche di clorofilla “a” e di fitoplancton nei corpi idrici CD1 e CD2**



**Figura 105 - Andamento stagionale delle medie geometriche di clorofilla "a" confrontati con a) altri fitoflagellati b) Diatomee+Dinoflagellate nei corpi idrici CD1 e CD2**

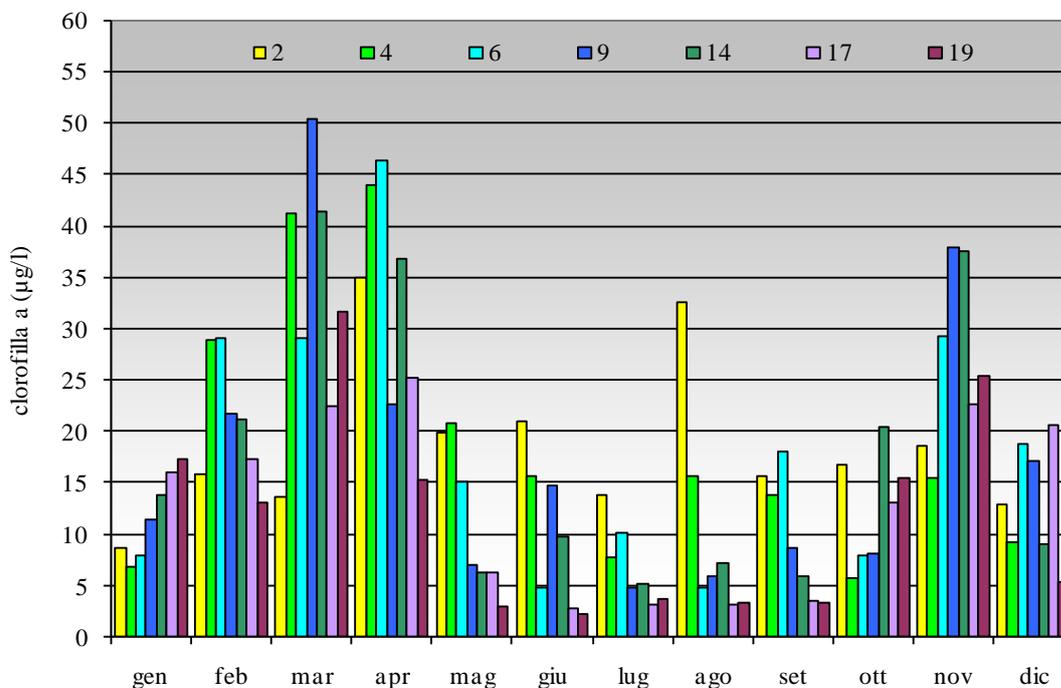


**Figura 106 - Medie geometriche annuali di clorofilla "a" nei corpi idrici calcolate sui dati rilevati a frequenza quindicinale**



**Figura 107 - Medie geometriche annuali di clorofilla “a” nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa calcolate sui dati rilevati a frequenza quindicinale**

In Figura 108 vengono riportate le medie mensili di clorofilla “a” per ogni stazione costiera. Tra le stazioni costiere appartenenti a CD1 la 9 di Lido Adriano è quella che fa registrare le concentrazioni medie mensili maggiori. Tra le stazioni costiere appartenenti a CD2 invece, la stazione 14 di Cesenatico è quella che fa registrare i valori medi più elevati. Tra maggio e settembre si nota un trend negativo nord-sud mentre in primavera e autunno le stazioni centrali (stazioni 6, 9, 14) presentano i valori più elevati. I massimi valori di clorofilla “a” sono stati registrati il 24 marzo nella stazione 309 di Lido Adriano con 79.2 µg/l (fioritura di *Skeletonema* spp.) e il 20 aprile nelle stazioni 6 e 306 (Casalborsetti) rispettivamente con 80.1 µg/l e 90.3 µg/l (fioritura di *Chaetoceros* spp.).



**Figura 108 - Medie mensili di clorofilla “a” nelle stazioni costiere**

### 5.2.1.b Macrozoobenthos

Lo studio delle comunità macrobentoniche dei fondi marini viene soprattutto applicato nelle indagini degli ambienti perturbati, soggetti a diversi tipi di inquinamento o dei sistemi naturalmente ipossici. I lavori che ne emergono riguardano sia descrizioni delle variazioni della struttura delle comunità bentoniche in relazione ai gradi di alterazione ambientale, sia metodi in grado di stabilire, con maggior o minor efficacia, il grado di alterazione sulla base delle caratteristiche strutturali della comunità. Infatti gli organismi bentonici non potendo compiere grandi spostamenti sono sottoposti per tutto il proprio ciclo vitale alle condizioni ambientali più o meno perturbate presenti nella zona, mostrando di conseguenza gli effetti dell'esposizione prolungata a diversi fattori ambientali e di inquinamento. Tali effetti si manifestano alterando la fisionomia del popolamento sia in termini di composizione in specie, sia in termini di numero di specie e rapporti di abbondanza tra specie.

Le biocenosi sono delle associazioni di popolazioni di specie diverse che popolano lo stesso habitat e che interagiscono tra di loro e con l'ambiente fisico. Le biocenosi comprendono specie caratteristiche la cui presenza è di fondamentale importanza per la loro individuazione; di conseguenza la loro delimitazione è definita dalla composizione tra le specie caratteristiche esclusive e/o preferenziali e le accompagnatrici. La composizione granulometrica nonché le batimetrie sono condizioni necessarie ma non sufficienti alla individuazione delle biocenosi.

Vengono di seguito riportati i risultati riguardanti due biocenosi: quelle delle SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate, dal francese *Sables Fins Bien Calibrés*) e quella dei VTC (Fanghi Terrigeni Costieri, dal francese *Vases Terrigènes Côtieres*).

Le biocenosi delle SFBC sono costituite da sedimento composto di sabbie fini generalmente sprovvisto di elementi grossolani come il detrito conchigliare. Si tratta di una biocenosi puramente animale il cui macrobenthos è dominato soprattutto dal Phylum dei Molluschi e degli Anellidi (Policheti) a cui seguono gli Artropodi (Crostacei), gli Cnidari e gli Echinodermi.

Le biocenosi dei VTC occupano aree sottoposte ad un basso regime idrodinamico in cui avviene la sedimentazione dei fanghi di origine terrigena.

La fascia più costiera delle VTC comprende la facies caratterizzata dal polichete *Owenia fusiformis*, specie ad ampia distribuzione ecologica.

La biocenosi delle SFBC che Vatova nel 1949 aveva definito zoocenosi *Chione gallina* (oggi *Chamelea gallina* Linnaeus, 1758), era indicata come una banda larga che costeggia la costa occidentale dell'Adriatico a partire dalla zona leggermente a sud del Delta del Po fino a Pescara, caratterizzata da profondità che partivano dai 2.5 m ai 20-25 m circa. I lavori riguardanti la zonazione delle varie biocenosi per l'Emilia-Romagna, risultando datati, non coincidono perfettamente con la situazione riscontrata. La scelta di individuare siti di controllo per le SFBC sulle batimetrie 4-5 metri è maturata dal fatto che la fascia precedentemente individuata in bibliografia ha subito un progressivo cambiamento, spostando l'attenzione verso aree a maggior contenuto in percentuale di fango.

Per la valutazione della dinamica della popolazione dei macroinvertebrati bentonici, il campionamento è effettuato sul substrato a biocenosi SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate) che si trova entro la fascia di 1.0-1.5 km dalla costa e su quello a biocenosi VTC (Fanghi Terrigeni Costieri) presenti nelle stazioni a 3 km dalla costa.

La rete di monitoraggio è articolata in 8 stazioni collocate a circa 1 e 3 km dalla costa lungo i transetti di P. Garibaldi, L. Adriano, Cesenatico, Cattolica (vedi Tabella 3).

La frequenza di campionamento è trimestrale o stagionale: febbraio, maggio, agosto, novembre per le stazioni posizionate a 1 km dalla costa e, semestrale (aprile, novembre) per le stazioni ubicate a 3 km dalla costa (vedi Tabella 4).

Anche la frequenza di campionamento per l'indagine sul macrozoobenthos, per le stesse considerazioni riportate per il fitoplancton, sono più ravvicinate rispetto alla frequenza di misure richiesta dal D.56/09.

La necessità di raddoppiare la frequenza di campionamento che da semestrale, come prevede la normativa, passa a trimestrale per le stazioni ubicate a circa 1 km dalla costa è dovuta anche in considerazione delle variazioni significative degli stati di ossigenazione delle acque bentiche che influiscono sulla dinamica della popolazione degli organismi di fondo e quindi sul numero di specie e individui che compongono la comunità.

**Tabella 6 - Numero di specie rinvenute per le biocenosi SFBC e VTC**

Phylum	SFBC4	SFBC 9	SFBC 14	SFBC 19	304	309	314	319
Anellida	21	23	24	25	12	21	20	30
Arthropoda	9	10	11	13	3	6	7	6
Cnidaria	0	0	2	1	1	0	1	2
Echinoderma	0	3	2	2	0	1	3	6
Idroidomeduse	0	0	0	0	0	0	0	1
Mollusca	16	16	24	24	14	19	20	23
Phoronida	1	0	1	1	1	1	1	1
Sipuncula	0	1	1	1	1	1	0	0
<b>Totale</b>	<b>47</b>	<b>53</b>	<b>65</b>	<b>68</b>	<b>32</b>	<b>49</b>	<b>52</b>	<b>70</b>

**Tabella 7 - Presenza specie nelle stazioni considerate per le VTC**

Phylum	Famiglia	Specie	Autore	304	309	314	319	
ANELLIDA	AMPHARETIDAE	<i>Ampharete acutifrons</i>	Hessle, 1917		X		X	
		<i>Melinna palmata</i>	Grube, 1869	X	X	X	X	
	CAPITELLIDAE	<i>Capitella capitata</i>	(Fabricius, 1780)					X
		<i>Heteromastus filiformis</i>	(Claparède, 1864)		X	X	X	
		<i>Mediomastus capensis</i>	Day, 1869			X		
		<i>Pseudoleiocapitella fauveli</i>	Harmelin, 1964				X	
	CHAETOPTERIDAE	<i>Phyllochaetopterus socialis</i>	Claparède, 1868	X	X		X	
	EUNICIDAE	<i>Eumida sanguinea</i>	(Ørsted, 1843)				X	
		<i>Marphysa bellii</i>	(Audouin & Milne-Edwards, 1833)	X				
	FLABELLIGERIDAE	<i>Pherusa monilifera</i>	(Delle Chiaje, 1841)			X	X	
		<i>Piromis eruca</i>	(Claparède, 1870)			X		
	GLYCERIDAE	<i>Glycera alba</i>	(O.F.Muller, 1774)		X	X	X	
		<i>Glycera rouxii</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833	X	X		X	
		<i>Glycera tridactyla</i>	Schmarda, 1861			X		
		<i>Glycera unicornis</i>	Savigny, 1818		X			
	HESIONIDAE	<i>Ophiodromus sp.</i>	M. Sars, 1862		X		X	
	LUMBRINERIDAE	<i>Lumbrineris gracilis</i>	(Ehlers, 1868)	X	X		X	
		<i>Lumbrineris latreilli</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1834	X				
	MAGELONIDAE	<i>Magelona alleni</i>	Wilson, 1958				X	
		<i>Magelona johnstoni</i>	Fiege, Licher & Mackie, 2000	X		X	X	
	MALDANIDAE	<i>Euclymene oerstedii</i>	Claparède, 1863		X		X	
		<i>Euclymene palermitana</i>	(Grube, 1840)		X	X	X	
		<i>Maldane sarsi</i>	Malmgren, 1865				X	
		<i>Praxilella affinis</i>	(M. Sars in G.O. Sars, 1872)				X	
	NEPHTYDAE	<i>Nephtys hombergi</i>	Savigny, 1818	X	X	X	X	
	NEREIDIDAE	<i>Neanthes succinea</i>	(Frev & Leuchart, 1847)		X	X	X	
	ONUPHIDAE	<i>Diopatra neapolitana</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833	X	X	X	X	
		<i>Onuphis eremita</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833			X	X	
ORBINIIDAE	<i>Orbimia cuvieri</i>	(Audouin & Milne-Edwards, 1833)			X	X		
OWENIDAE	<i>Owenia fusiformis</i>	Delle Chiaje, 1841	X	X	X	X		
PARAONIDAE	<i>Aricidea assimilis</i>	Tebble, 1959	X	X	X	X		

Phylum	Famiglia	Specie	Autore	304	309	314	319	
	PECTINARIIDAE	<i>Pectinaria koreni</i>	(Malmgrem, 1866)				X	
	PHYLLODOCIDAE	<i>Eteone picta</i>	Quatrefages, 1865		X		X	
	SABELLIDAE	<i>Megalomma lanigera</i>	(Grube, 1846)		X			
	SIGALIONIDAE	<i>Sigalion mathildae</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1832				X	
	SPIONIDAE	<i>Polydora ciliata</i>	(Johnston, 1838)		X	X		
		<i>Prionospio caspersi</i>	Laubier, 1962			X		
		<i>Prionospio malmgreni</i>	Claparède, 1870			X		
		<i>Spio filicornis</i>	(O.F.Muller, 1776)			X		
	STERNAPSIDAE	<i>Siernaspis scutata</i>	(Renier, 1807)	X	X		X	
	TEREBELLIDAE	<i>Lanice conchylega</i>	(Pallas, 1766)		X		X	
ARTHROPODA	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca diadema</i>	Costa, 1853	X	X	X	X	
	APSEUDIDAE	<i>Apeudes latreillii</i>	(Milne Edwards, 1828)				X	
	BODOTRIIDAE	<i>Iphinoe serrata</i>	Norman, 1867		X	X	X	
	CAPRELLIDAE	<i>Pariambus typicus</i>	(Kroyer, 1844)		X	X	X	
	DIOGENIDAE	<i>Diogenes pugilator</i>	(Roux, 1829)		X			
	GRAPSIDAE	<i>Brachynotus gemmellari</i>	(Rizza, 1827)	X	X			
	ISAEIDAE	<i>Microprotopus maculatus</i>	Norman, 1867		X			
	LEUCOTHOIDAE	<i>Leucothoe incisa</i>	(Robertson, 1892)			X		
	MEGALUROPIDAE	<i>Megaluropus massiliensis</i>	Ledoyer, 1976				X	
	OEDICERITIDAE	<i>Perioculoides longimanus</i>	(Bate & Westwood, 1868)			X		
	PORTUNIDAE	<i>Carcinus aestuarii</i>	Nardo, 1847	X		X		
	PROCESSIDAE	<i>Processa nouveli nouveli</i>	Al-Adhub & Williamson, 1975				X	
	PSEUDOCUMATIDAE	<i>Pseudocuma longicorne</i>	(Bate, 1858)			X		
	CNIDARIA	ACTINARIA	Anthozoa indet.		X			X
HORMANTHIIDAE		<i>Calliactis parasitica</i>	(Couch, 1838)			X	X	
ECHINODERMA	AMPHIURIDAE	<i>Amphiura chiajei</i>	Forbes, 1843			X	X	
		<i>Amphipolis squamata</i>	(Delle Chiaje, 1828)				X	
		<i>Amphiura mediterranea</i>	Lyman, 1882				X	
	ASTROPECTINIDAE	<i>Astropecten irregularis</i>	(Delle Chiaje, 1825)			X		
	HOLOTHURIIDAE	<i>Trachythone elongata</i>	Duben-Koren, 1844		X		X	
	LOVENIDAE	<i>Echinocardium cordatum</i>	Pennant, 1777			X	X	
	OPHIURIDAE	<i>Ophiura grubei</i>	Heller, 1863				X	
IDROIDOMEDUSE	TUBULARIIDAE	<i>Ectopleura crocea</i>	(L. Agassiz, 1862)				X	
MOLLUSCA	ACTEONIDAE	<i>Acteon tornatilis</i>	(Linné, 1758)				X	
	ARCIDAE	<i>Anadara inaequivalvis</i>	(Bruguière, 1789)	X	X		X	
		<i>Anadara transversa</i>	Say, 1822	X	X	X	X	
	CONIDAE	<i>Mangelia costulata</i>	Risso, 1826			X		
	CORBULIDAE	<i>Corbula gibba</i>	(Olivi, 1792)	X	X	X	X	
	CYLICHNIDAE	<i>Cylichna cylindracea</i>	(Pennant, 1777)	X	X	X	X	
	DENTALIIDAE	<i>Antalis inaequicostata</i>	(Dautzenberg 1891)				X	
	EULIMIDAE	<i>Eulima glabra</i>	(Da Costa, 1778)		X			
	IRAVADIIDAE	<i>Hyala vitrea</i>	(Montagu, 1803)		X		X	
	LUCINIDAE	<i>Lucinella divaricata</i>	(Linnaeus, 1758)			X		
	MACTRIDAE	<i>Spisula subtruncata</i>	(Da Costa, 1778)		X	X		
	NATICIDAE	<i>Euspira macilenta</i>	(Philippi, 1844)				X	
	MONTACUTIDAE	<i>Kurtiella bidentata</i>	(Montagu, 1803)			X	X	
		<i>Tellimya ferruginosa</i>	(Montagu, 1808)			X		
	MURICIDAE	<i>Bolinus brandaris</i>	(Linné, 1758)	X	X	X		
	NASSARIIDAE	<i>Nassarius mutabilis</i>	(Linné, 1758)		X	X	X	
		<i>Nassarius nitidus</i>	(Jeffreys, 1867)		X	X	X	
		<i>Nassarius pygmaeus</i>	(Lamarck, 1822)	X				
	NUCULIDAE	<i>Nucula nitidosa</i>	(Winckworth, 1930)	X	X	X	X	
	NUCULANIDAE	<i>Nuculana pella</i>	(Linné, 1758)	X	X			
	PECTINIDAE	<i>Flexopecten glaber</i>	(Linné, 1758)		X			
	PHARIDAE	<i>Phaxas adriaticus</i>	(Coen, 1993)				X	
		<i>Pharus legumen</i>	(Linné, 1767)			X	X	
	PHILINIDAE	<i>Philine aperta</i>	(Linné, 1767)		X		X	
	PYRAMIDELLIDAE	<i>Odostomia acuta</i>	Jeffreys, 1848	X				
	RETUSIDAE	<i>Cylichnina laevisculpta</i>	(Granata-Grillo, 1877)				X	
	SEMELIDAE	<i>Abra alba</i>	(Wood W., 1802)	X	X	X	X	
		<i>Abra nitida</i>	(Müller O.F, 1784)	X	X	X	X	
	TELLINIDAE	<i>Tellina distorta</i>	(Poli, 1795)	X	X		X	
		<i>Tellina fabula</i>	(Gmelin, 1791)			X		
		<i>Tellina nitida</i>	(Poli, 1795)	X	X	X	X	
	VENERIDAE	<i>Chamelea gallina</i>	(Linné, 1758)	X	X	X	X	
		<i>Dosinia lupinus</i>	(Linné, 1758)			X	X	
		<i>Paphia rhomboides</i>	(Pennant, 1777)			X	X	
	PHORONYDA	PHORONIDAE	<i>Phoronis psammophila</i>	Cori, 1889	X	X	X	X
	SIPUNCULA	SIPUNCULIDAE	<i>Sipunculus nudus</i>	Linnaeus, 1766	X	X		

**Tabella 8 - Presenza specie nelle stazioni considerate per le SFBC**

Phylum	Famiglia	Specie	Autore	4	9	14	19
ANNELLIDA	AMPHARETIDAE	<i>Ampharete acutifrons</i>	Hessle, 1917			X	X
		<i>Melinna palmata</i>	Grube, 1869		X	X	X
	CAPITELLIDAE	<i>Capitella capitata</i>	(Fabricius, 1780)	X			
		<i>Heteromastus filiformis</i>	(Claparède, 1864)			X	X
		<i>Mediomastus capensis</i>	Day, 1869		X	X	
		<i>Notomastus aberans</i>	Day, 1963	X	X	X	
	CIRRATULIDAE	<i>Chaetozone setosa</i>	Malmgren, 1867				X
	FLABELLIGERIDAE	<i>Pherusa monilifera</i>	(Delle Chiaje, 1841)	X	X	X	X
		<i>Pherusa plumosa</i>	(Muller, 1776)			X	
	GLYCERIDAE	<i>Glycera alba</i>	(O.F.Muller, 1774)	X			
		<i>Glycera capitata</i>	Oersted, 1843		X	X	X
		<i>Glycera rouxii</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833		X		X
		<i>Glycera tridactyla</i>	Schmarda, 1861	X			
	HESIONIDAE	<i>Ophiodromus</i> sp.	M. Sars, 1862			X	X
	LUMBRINERIDAE	<i>Lumbrineris gracilis</i>	(Ehlers, 1868)		X		X
	MAGELONIDAE	<i>Magelona alleni</i>	Wilson, 1958				X
		<i>Magelona johnstoni</i>	Fiege, Licher & Mackie, 2000	X	X	X	
	MALDANIDAE	<i>Euclymene oerstedii</i>	Claparède, 1863	X	X		X
		<i>Maldane sarsi</i>	Malmgren, 1865	X			
	NEPHTYDAE	<i>Nephtys hombergi</i>	Savigny, 1818	X	X	X	X
	NEREIDIDAE	<i>Neanthes succinea</i>	(Frev & Leuchart, 1847)	X	X	X	X
	ONUPHIDAE	<i>Diopatra neapolitana</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833	X	X	X	X
		<i>Onuphis eremita</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833	X	X	X	X
	ORBINIIDAE	<i>Orbinia cuvieri</i>	(Audouin & Milne-Edwards, 1833)	X		X	X
		<i>Scoloplos armiger</i>	(O.F.Muller, 1776)			X	
	OWENIDAE	<i>Owenia fusiformis</i>	Delle Chiaje, 1841	X	X	X	X
	PARAONIDAE	<i>Aricidea assimilis</i>	Tebble, 1959	X	X	X	X
	PECTINARIIDAE	<i>Pectinaria koreni</i>	(Malmgren, 1866)		X		X
	PHYLLODOCIDAE	<i>Eteone picta</i>	Quatrefages, 1865	X	X	X	X
		<i>Phyllodoce lineata</i>	(Claparède, 1870)		X		
	SABELLIDAE	<i>Chone</i> sp.	Kroyer, 1856				X
		<i>Megalomma lanigera</i>	(Grube, 1846)		X		
		Sabellidae indet.			X		
	SIGALIONIDAE	<i>Sigalion mathildae</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1832			X	
	SPIONIDAE	<i>Polydora ciliata</i>	(Johnston, 1838)			X	X
		<i>Prionospio caspersi</i>	Laubier, 1962	X	X	X	X
		<i>Prionospio cirrifer</i>	Wiren, 1883	X			
		<i>Prionospio malmgreni</i>	Claparède, 1870	X			
		<i>Streblospio shrubsolii</i>	Webster, 1879	X			
	TEREBELLIDAE	<i>Lanice conchylega</i>	(Pallas, 1766)	X	X	X	X
CHAETOPTERIDAE	<i>Phyllochaetopterus socialis</i>	Claparède, 1868		X	X	X	
ARTHROPODA	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca diadema</i>	Costa, 1853	X	X	X	X
	APSEUDIDAE	<i>Apseudes latreillii</i>	(Milne Edwards, 1828)	X		X	X
	BODOTRIIDAE	<i>Iphinoe serrata</i>	Norman, 1867	X	X	X	X
		<i>Iphinoe inermis</i>	G.O. Sars, 1878	X			
	CAPRELLIDAE	<i>Pariambus typicus</i>	(Kroyer, 1844)		X	X	X
	COROPHIIDAE	<i>Siphonocetes dellavallei</i>	Stebbing, 1899	X			
	DIOGENIDAE	<i>Diogenes pugilator</i>	(Roux, 1829)			X	X
	GRAPSIDAE	<i>Brachynotus gemmellari</i>	(Rizza, 1827)		X		X
		<i>Leucothoe incisa</i>	(Robertson, 1892)		X	X	X
	LEUCOTHOIDAE	<i>Lepidepecreum longicorne</i>	(Bate & Westwood, 1861)				X
		<i>Hippomedon massiliensis</i>	Bellan-Santini, 1965				X
		<i>Liocarcinus depurator</i>	(Linnaeus, 1758)	X			
	PORTUNIDAE	<i>Liocarcinus vernalis</i>	(Risso, 1816)		X	X	
		<i>Pseudocuma longicorne</i>	(Bate, 1858)	X	X	X	X
	ISAEIDAE	<i>Microprotopus maculatus</i>	Norman, 1867	X	X	X	
	UROTHOIDAE	<i>Urothoe poseidonis</i>	Reibisch, 1905	X	X		
	OEDICEROTIDAE	<i>Perioculoides longimanus</i>	(Bate & Westwood, 1868)		X	X	X
		<i>Pontocrates altamarinus</i>	(Bate & Westwood, 1862)				X
	MEGALUROPIDAE	<i>Megaluropus massiliensis</i>	Ledoyer, 1976			X	
	PROCESSIDAE	<i>Processa noveli noveli</i>	Al-Adhub & Williamson, 1975				X
CNIDARIA	ACTINARIA	Anthozoa indet.				X	X
	HORMATHIIDAE	<i>Calliactis parasitica</i>	(Couch, 1838)			X	

Phylum	Famiglia	Specie	Autore	4	9	14	19
ECHINODERMA	AMPHIURIDAE	<i>Amphiura chiajei</i>	Forbes, 1843		X	X	X
	ASTROPECTINIDAE	<i>Astropecten bispinosus</i>	(Otto, 1823)			X	
	LOVENIIDAE	<i>Echinocardium cordatum</i>	Pennant, 1777		X		X
	SPATANGIDAE	<i>Spatangus purpureus</i>	(O.F.Muller, 1776)		X		
MOLLUSCA	ACTEONIDAE	<i>Acteon tornatilis</i>	(Linné, 1758)			X	X
	ARCIDAE	<i>Anadara inaequivalvis</i>	(Bruguière, 1789)	X	X		
		<i>Anadara transversa</i>	Say, 1822		X	X	X
	CONIDAE	<i>Bela laevigata</i>	(Philippi, 1836)			X	X
	CORBULIDAE	<i>Corbula gibba</i>	(Olivi, 1792)		X	X	X
		<i>Lentidium mediterraneum</i>	(Costa O.G, 1829)	X		X	
	CYLICHNIDAE	<i>Cylichna cylindracea</i>	(Pennant, 1777)			X	X
	DONACIIDAE	<i>Donax semistriatus</i>	(Poli, 1795)	X		X	
	IRAVADIIAE	<i>Hyala vitrea</i>	(Montagu, 1803)				X
	LUCINIDAE	<i>Loripes lacteus</i>	(Linnaeus, 1758)	X			
		<i>Lucinella divaricata</i>	(Linnaeus, 1758)	X		X	X
	MACTRIDAE	<i>Mactra stultorum</i>	(Linné, 1758)	X		X	
		<i>Spisula subtruncata</i>	(Da Costa, 1778)			X	
	MONTACUTIDAE	<i>Tellinomya ferruginosa</i>	(Montagu, 1808)		X		X
		<i>Kurtiella bidentata</i>	(Montagu, 1803)		X		X
		<i>Mysella obliquata</i>	(Chaster, 1897)				X
	MURICIDAE	<i>Bolinus brandaris</i>	(Linné, 1758)			X	
	MYTILIDAE	<i>Musculista senhousia</i>	(Benson in Cantor, 1842)	X	X	X	X
	NASSARIIDAE	<i>Cyclope neritea</i>	(Linné, 1758)	X			
		<i>Nassarius mutabilis</i>	(Linné, 1758)			X	X
		<i>Nassarius nitidus</i>	(Jeffreys, 1867)	X	X	X	X
		<i>Nassarius pygmaeus</i>	(Lamarck, 1822)			X	X
	PHARIDAE	<i>Pharus legumen</i>	(Linné, 1767)	X	X	X	X
		<i>Phaxas adriaticus</i>	(Coen, 1993)		X		X
	PHILINIDAE	<i>Philine aperta</i>	(Linné, 1767)		X	X	
	SEMELIDAE	<i>Abra alba</i>	(Wood W., 1802)	X	X	X	X
		<i>Abra nitida</i>	(Müller O.F, 1784)		X		X
	TELLINIDAE	<i>Tellina distorta</i>	(Poli, 1795)				X
		<i>Tellina fabula</i>	(Gmelin, 1791)	X		X	X
		<i>Tellina nitida</i>	(Poli, 1795)	X	X	X	X
		<i>Tellina tenuis</i>	(Da Costa, 1778)	X			
	THRACIIDAE	<i>Thracia papyracea</i>	(Poli, 1795)			X	
	VENERIDAE	<i>Chamelea gallina</i>	(Linné, 1758)	X	X	X	X
<i>Dosinia lupinus</i>		(Linné, 1758)	X		X	X	
<i>Tapes rhomboides</i>		(Pennant, 1777)		X	X	X	
NUCULIDAE	<i>Nucula nitidosa</i>	(Winckworth, 1930)		X		X	
PHORONYDA	PHORONIDAE	<i>Phoronis psammophila</i>	Cori, 1889	X		X	
SIPUNCULA	SIPUNCULIDAE	<i>Sipunculus nudus</i>	Linnaeus, 1766		X	X	

Anche questo anno le biocenosi delle SFBC hanno mostrato un numero maggiore di specie rispetto a quella delle VTC (Tabella 6) per le stazioni di Porto Garibaldi, Lido Adriano, Cesenatico e pressoché simile per Cattolica. Le due stazioni di Cattolica hanno mostrato il numero maggiore di specie (68 per le SFBC e 70 per le VTC).

Nel Phylum degli Anellida si sono rinvenute 50 specie in particolare 41 specie per le SFBC e 53 per le VTC. Il polichete *Owenia fusiformis* è risultato essere il più abbondante nella stazione 4 di Porto Garibaldi in estate con 6116 ind/m<sup>2</sup> seguito da *Prionospio caspersi* che sempre nella stazione 4, ma in inverno, ha raggiunto abbondanze pari a 6006 ind/m<sup>2</sup>.

I policheti più frequenti sono risultati per entrambe le biocenosi: *Nephtys hombergi*, *Diopatra neapolitana*, *Owenia fusiformis*, *Aricidea assimilis*,

Nel Phylum degli Arthropoda classe Crustacea si sono rinvenuti un totale di 33 taxon di cui 20 nelle SFBC e 13 nelle VTC. L'anfipode *Ampelisca diadema* è risultato essere presente in tutte le stazioni delle SFBC e delle VTC anche se in queste ultime si rinviene con abbondanze maggiori essendo queste più ricche di sedimento fine. Questo anfipode è risultato essere anche per questo anno il crostaceo più abbondante con 1657.7 ind/m<sup>2</sup> nella stazione 309 di L. Adriano delle VTC in autunno.

Nel Phylum degli Cnidari si sono rinvenuti due taxon *Calliactis parasitica*, Anthozoa indet., sia nelle stazioni delle SFBC (Tabella 8) che in quelle delle VTC (Tabella 7). Il ritrovamento

di organismi appartenenti a questo Phylum nelle biocenosi dei fondi mobili è piuttosto limitato essendo questi bisognosi di vivere adesi ad un substrato duro; pertanto si rinvengono epifiti su altri organismi (spesso conchiglie vuote sia di Bivalvi che di Gasteropodi).

Nel Phylum degli Echinoderma sono state classificate un totale di 7 specie nelle biocenosi delle VTC e 4 specie nelle biocenosi delle SFBC. In particolare nelle stazioni più a nord (stazione 4 e 304 di Porto Garibaldi) non sono stati mai rinvenuti, mentre la maggior parte sono stati rinvenuti nelle VTC e soprattutto nelle stazione antistante Cattolica.

Nel Phylum delle Idroidomeduse è stata ritrovata solo una specie *Ectopleura crocea* nella stazione 319 (Cattolica) per le VTC.

Nel Phylum dei Molluschi sono stati classificati 44 taxon. In particolare nelle stazioni delle SFBC sono state trovate 35 specie (Tabella 8) e nelle stazioni dei VTC 34 specie (Tabella 7). In entrambe le comunità la presenza dei filtratori (Bivalvi) risulta maggiore sia in termini di numero di specie che di individui rispetto a quella dei Gasteropodi. Il Mollusco più abbondante è stato il bivalve *Corbula gibba* con abbondanze in estate di 4818,5 ind/m<sup>2</sup> nella stazione 14 di Cesenatico.

Il Phylum Phoronidea è stato ritrovato in tutte le stazioni delle VTC ed in quasi tutte quelle delle SFBC (eccezione st. 9) con *Phoronis psammophyla* specie sabulicola.

Il Phylum dei Sipuncula è stato ritrovato nelle stazioni 9, 14,19 delle SFBC e nelle stazioni 304 e 309 dei VTC: il taxon ritrovato è *Sipunculus nudus*.

#### Applicazione dell'Indice M-AMBI e AMBI

Il macrozoobentos è uno degli elementi biologici indicati per la valutazione ecologica nei corpi idrici, in particolare la direttiva 2000/60 si focalizza su alcune metriche delle comunità del macrobentos come il livello di diversità e di abbondanza degli invertebrati nonché la proporzione tra organismi più o meno sensibili ai livelli di disturbo-stress.

L'indice, proposto inizialmente da Borja ed altri autori nel 2000 per stimare la qualità di ambienti marini estuariali lungo le coste dei Paesi Baschi è stato in seguito ampiamente testato anche in altri ambienti costieri, non solo europei. Il metodo prevede la ripartizione delle specie bentoniche in cinque differenti gruppi ecologici sulla base della loro sensibilità o tolleranza ad un progressivo peggioramento della qualità delle acque:

- Gruppo I, specie sensibili;
- Gruppo II, specie indifferenti;
- Gruppo III, specie tolleranti;
- Gruppo IV, specie opportuniste di 2° ordine;
- Gruppo V specie opportuniste di 1° ordine.

**Tabella 9 - Valori di AMBI, corrispondenti livelli di disturbo e di condizioni della comunità bentonica**

AMBI	GRUPPO ECOLOGICO DOMINANTE	GRADO DI DISTURBO DEL SITO	STATO DI SALUTE DELLA COMUNITA BENTONICA
0.0<CB≤0.2	I	assente	normale
0.2<CB≤1.2		assente	impoverito
1.2<CB≤3.3	III	lieve	sbilanciato
3.3<CB≤4.3		moderato	tendente ad alterato
4.5<CB≤5.0	IV-V	moderato	alterato
5.0<CB≤5.5		forte	tendente a pesantemente alterato
5.5<CB≤6.0	V	forte	fortemente alterato
-	-	estremo	sedimenti azoici

Tra gli indici proposti a livello nazionale al momento l'Italia ha accolto favorevolmente l'indice multivariato M-AMBI (AZTI's Marine Biotic Index), che a sua volta deriva dall'indice AMBI combinato con la ricchezza in specie (S) e la diversità (H).

Tale indice è richiesto nel D.260/10.

In particolare l'indice M-AMBI processa, con un'analisi fattoriale, 3 componenti:

- l'indice di Shannon and Wiener (H);
- il numero di specie (S);
- l'AMBI; questa ultima metrica, molto più complessa delle prime due, è ricavata da un consistente database sull'ecologia delle specie (the AZTI list (<<http://www.azti.es>>)).

In Tabella 9 vengono indicati gli intervalli di AMBI corrispondenti a differenti livelli di disturbo. L'indice è stato applicato ai dati in esame grazie all'utilizzo del software AMBI 4 disponibile in rete ([www.azti.es](http://www.azti.es)).

Nel calcolo dell'AMBI, il presupposto di base è che una comunità macrobentonica in risposta ad un evento di disturbo passa attraverso quattro stati: da uno iniziale, non inquinato, in cui l'abbondanza, la ricchezza e la diversità sono elevate, ad uno sempre più perturbato, in cui si ha una bassa diversità ed il prevalere di specie indicatrici di acque inquinate, fino ad arrivare a condizioni di substrato azoico.

In queste quattro condizioni possono essere riconosciuti cinque gruppi di specie sulla base della loro sensibilità ad un aumento di sostanza organica:

- gruppo I comprende specie sensibili ovvero specie che non tollerano apporti di sostanza organica;
- gruppo II specie indifferenti a tali eventuali apporti;
- gruppo III specie tolleranti;
- gruppo IV specie opportuniste di 2° ordine;
- gruppo V specie definite opportuniste di 1° ordine.

L'indice viene calcolato considerando, per ogni campione, la percentuale di abbondanza in ciascun gruppo ecologico; maggior peso viene dato alle specie opportuniste (GV) la cui abbondanza è moltiplicata per un fattore 6 secondo la seguente formula:

$$\text{AMBI} = \{(0 \times \%GI) + (1.5 \times \%GII) + (3 \times \%GIII) + (4.5 \times \%GIV) + (6 \times \%GV)\} / 100$$

Il valore dell'indice varia in modo continuo da 0, corrispondente ad una situazione in cui tutte le specie presenti appartengono al Gruppo I e si è quindi in condizioni non disturbate, a 6 quando tutti gli organismi appartengono a specie del gruppo V e l'ambiente è fortemente disturbato.

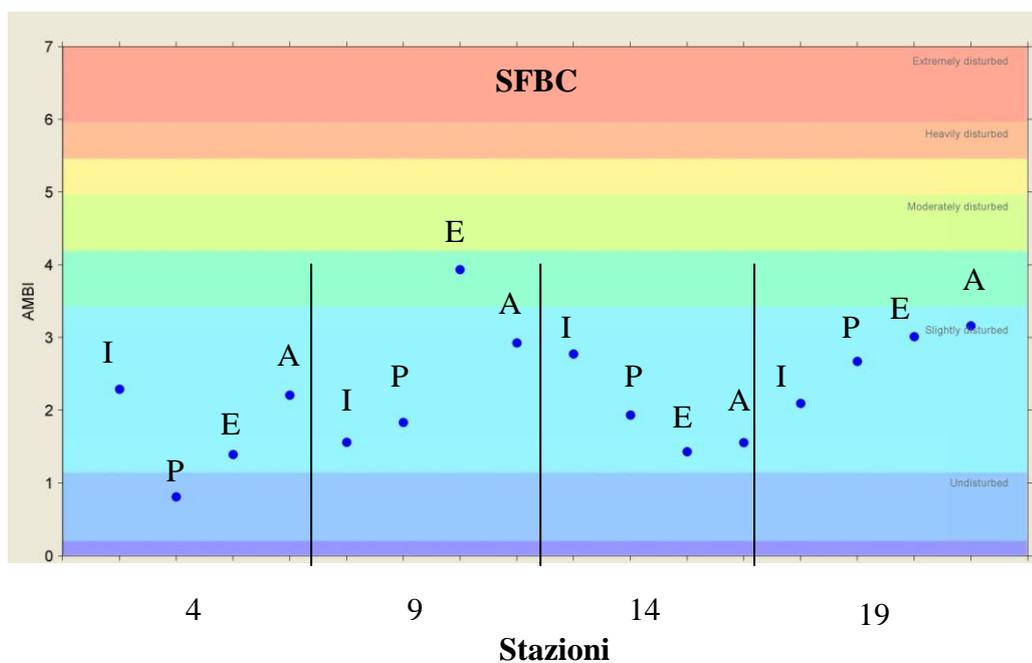
In Tabella 10 sono riportati i valori stagionali dell'indice AMBI sulle comunità delle SFBC e dei VTC per il 2011 con i relativi valori di ricchezza specifica (S) e diversità (H).

Ad oggi sono state pubblicate nel D.260/10 le condizioni di riferimento relative all'indice M-AMBI solo per i corpi idrici marini appartenenti al macrotipo 3 (bassa stabilità).

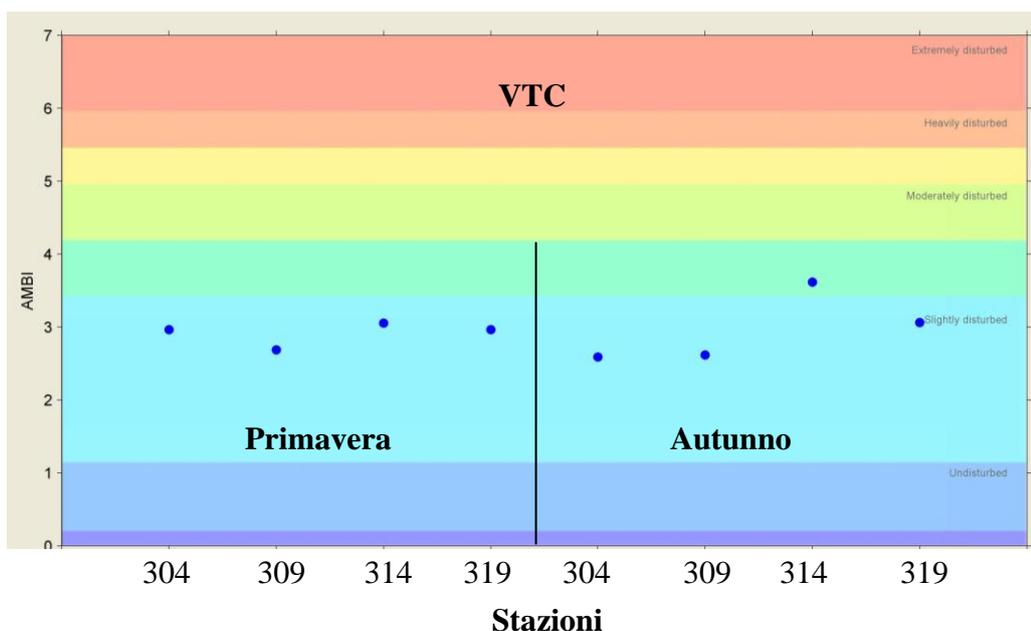
I risultati dell'indice AMBI sono rappresentati in Figura 109 e Figura 110.

**Tabella 10 - Valori di Shannon (H), ricchezza specifica (S) e AMBI, per le stazioni considerate**

Staz	Stagione	H	S	Ambi
4	INV	1.69	25	2.29
4	PRI	1.63	15	0.81
4	EST	1.82	26	1.39
4	AUT	1.73	24	2.21
9	INV	1.83	21	1.56
9	PRI	2.09	18	1.83
9	EST	0.97	33	3.93
9	AUT	1.87	27	2.93
14	INV	1.83	34	2.77
14	PRI	1.93	36	1.93
14	EST	2.03	36	1.43
14	AUT	1.77	48	1.56
19	INV	2.18	44	2.1
19	PRI	1.15	36	2.67
19	EST	1.97	37	3.01
19	AUT	1.98	35	3.16
304	PRI	2.0	24	2.96
304	AUT	1.77	23	2.69
309	PRI	1.88	33	3.05
309	AUT	1.67	39	2.96
314	PRI	1.18	26	2.59
314	AUT	1.88	44	2.62
319	PRI	1.81	50	2.62
319	AUT	2.21	55	3.06



**Figura 109 - Valori stagionali dell'indice AMBI per le stazioni 4, 9, 14, 19 delle biocenosi SFBC (I= Inverno, P= Primavera, E= Estate, A= Autunno)**

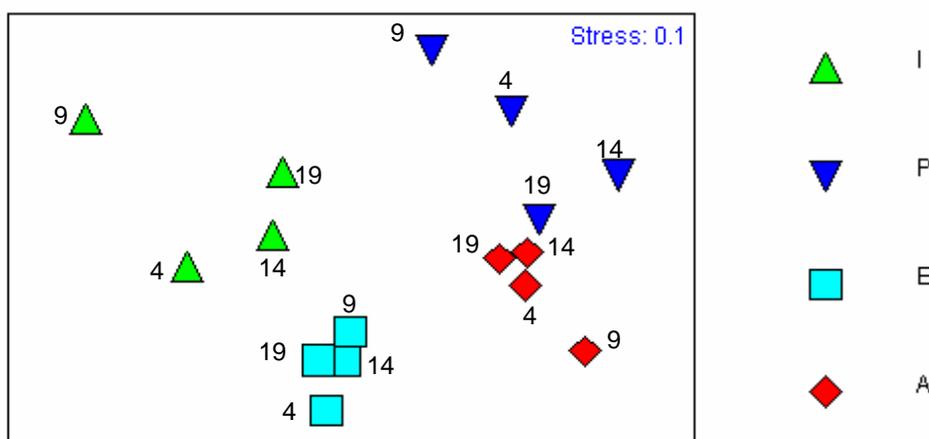


**Figura 110 - Valori dell'indice AMBI per le stazioni 304, 309, 314, 319 delle biocenosi VTC in Primavera ed in Autunno**

**Analisi multivariata**

Per le biocenosi delle SFBC, l'analisi multivariata (*MultiDimensional Scaling* MDS) (Figura 111) evidenzia come le stazioni mostrino dei cluster stagionali piuttosto stretti, mentre a livello di stazione siano molto ampi; in altre parole il fattore stagione influenza molto la composizione della comunità e quindi della similarità delle stazioni durante l'anno. Il cluster autunnale ed estivo risulta molto chiuso mostrando una alta similarità fra le stazioni.

Per le biocenosi delle VTC, l'analisi multivariata (Figura 112) evidenzia due cluster molto aperti sul fattore stagione con una generale separazione della stagione primaverile sul lato superiore del grafico e di quella autunnale sul lato inferiore. La stazione 304 (Porto Garibaldi) del campionamento primaverile si colloca in mezzo a quelle autunnali.



**Figura 111 - MDS Biocenosi delle SFBC**

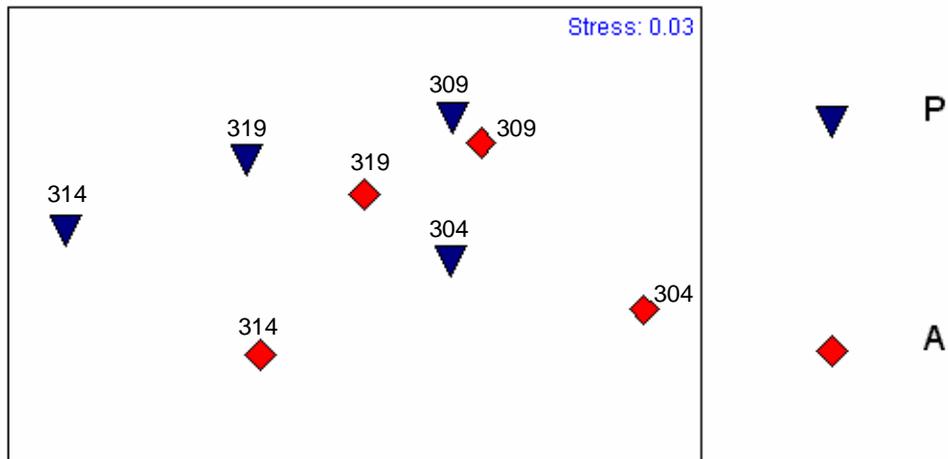


Figura 112 - MDS Biocenosi delle VTC

## 5.2.2 Elementi di qualità chimico-fisica e idromorfologici

Gli elementi di qualità “a sostegno” degli EQB si distinguono in due gruppi:

- elementi fisico-chimici rilevati sulla colonna d’acqua che rientrano nel sistema di valutazione dello Stato Ecologico;
- elementi idromorfologici e fisico-chimici dei sedimenti, che non rientrano nel sistema di valutazione dello Stato Ecologico, ma utilizzati ai fini interpretativi dei risultati di altri elementi di qualità.

### 5.2.2.a Elementi di qualità chimico-fisica

Le stazioni della rete di monitoraggio per gli elementi chimico-fisici sono 14 dislocate su 7 transetti perpendicolari alla costa (Figura 97). Su ogni transetto sono collocate 2 stazioni rispettivamente a 0.5 e 3 km dalla costa. L’anagrafica di ogni stazione è riportata in Tabella 3. La frequenza di campionamento e di misure in situ è quindicinale per tutto l’anno nella prima e terza settimana del mese (vedi Tabella 4).

Gli elementi di qualità chimico-fisici a sostegno degli EQB come richiesto dal D.260/10 sono riportati in Tabella 11. Sono in grassetto i parametri che concorrono alla valutazione dello Stato Ecologico da assegnare al corpo idrico. Gli altri elementi, che non rientrano nel sistema di classificazione dello stato ecologico, sono utilizzati ai fini interpretativi dei risultati degli altri elementi.

**Tabella 11 - Elementi di qualità chimico-fisica a sostegno degli EQB**

<b>Elementi chimico-fisici</b>	<b>U.M.</b>
Profondità	m
Temperatura	°C
Salinità	psu
<b>Ossigeno</b>	mg/l-%
Trasparenza	m
<b>Clorofilla "a"</b>	µg/l
pH	
Torbidità	ftu
<b>Ortofosfato P-PO<sub>4</sub></b>	µg/l
<b>Fosforo Totale</b>	µg/l
<b>Azoto Nitrico N-NO<sub>3</sub></b>	µg/l
<b>Azoto ammoniac. N-NH<sub>3</sub></b>	µg/l
<b>Azoto Nitrico N-NO<sub>2</sub></b>	µg/l
<b>Azoto Totale</b>	µg/l
Silice reattiva Si-SiO <sub>2</sub>	µg/l

Per la temperatura, salinità e ossigeno disciolto viene rilevato il profilo verticale effettuato con sonda multiparametrica ad ogni metro di profondità al fine di individuare gli stati di stabilità ed instabilità della colonna d'acqua, le stratificazioni termiche (termoclini) e saline, nonché gli stati anossici e ipossici che si possono verificare a livello di fondale.

Nello specifico, per ciascun EQB (nel caso specifico di interesse per l'Emilia-Romagna il fitoplancton e macroinvertebrati bentonici), gli elementi fisico-chimici a sostegno sono l'ossigeno disciolto, la clorofilla "a" e i nutrienti.

Gli elementi utilizzati ai fini interpretativi dei risultati degli altri elementi sono: trasparenza, temperatura e salinità.

Tutti i parametri sopra riportati sono stati ampiamente discussi nel Capitolo 4 del presente rapporto. A integrazione di quanto già discusso, di seguito si riporta la statistica descrittiva relativa ai principali parametri idrologici e agli elementi nutritivi delle stazioni della rete di monitoraggio istituita ai sensi del D.Lgs152/06 ai fini della definizione dello stato di qualità ambientale (vedi da Tabella 12 a Tabella 18).

L'ossigeno disciolto e i nutrienti, unitamente al parametro clorofilla "a", sono valutati attraverso l'applicazione dell'Indice TRIX, al fine di misurare il livello trofico degli ambienti marini.

Per la classificazione dello stato ecologico, il D.260/10 definisce il limite di classe tra lo stato buono e quello sufficiente per il TRIX (espresso come valore medio annuo). Per il macrotipo 1 (Alta stabilità) che corrisponde a quello della costa emiliano-romagnola, il limite di classe è 5.0; in pratica per raggiungere la classe Buono è necessario ottenere un valore di TRIX inferiore a 5.

Come già riportato nel Paragrafo 4.5.1, il valore medio del TRIX per tutta la costa emiliano-romagnola da 0.5 a 3 km al largo, calcolato su un set di dati di monitoraggio rilevati come richiesto dal D.56/09, è di 5.67 condizione di stato che identifica una situazione di acque molto produttive, livello di eutrofia elevato, scarsa trasparenza, anomale colorazioni delle acque, ipossie ed occasionali anossie delle acque bentiche, stati di sofferenza a livello dell'ecosistema bentonico.

**Tabella 12 - Elementi di statistica descrittiva. Stazione 2 (Lido di Volano) e stazione 4 (Porto Garibaldi)**

<b>Stazione 2 Lido di Volano 0.5 km dalla costa</b>																
<b>Statistica descrittiva 2011</b>																
	<b>pH</b>	<b>TEMP.</b>	<b>SAL.</b>	<b>O.D.</b>	<b>D.SEC.</b>	<b>CL."a"</b>	<b>N-NO3</b>	<b>N-NO2</b>	<b>N-NH3</b>	<b>N-TOT</b>	<b>P.TOT.</b>	<b>P-PO4</b>	<b>Si-SiO2</b>	<b>N/P</b>	<b>NT/Pt</b>	<b>TRIX</b>
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l			
Media	8.53	16.68	25.78	8.91	1.41	18.70	504.51	13.70	35.95	997.31	30.85	6.12	739.67	617.48	33.18	6.25
Errore standard	0.04	1.46	1.11	0.38	0.11	2.39	107.46	1.67	9.64	104.37	2.08	1.81	102.02	202.69	3.10	0.14
Mediana	8.45	16.75	26.22	8.97	1.20	20.50	285.77	11.94	11.50	851.11	28.25	0.44	695.88	200.63	28.06	6.23
Moda	8.41			8.03	1.10	22.00		8.22	0.42			0.44				
Deviazione standard	0.20	7.14	5.43	1.84	0.56	11.69	526.43	8.16	47.21	511.28	10.19	8.89	499.80	992.97	15.20	0.66
Varianza campionaria	0.04	50.96	29.50	3.39	0.31	136.69	277130.34	66.60	2229.24	261411.71	103.88	79.00	249798.44	985982.65	230.90	0.44
Curtosi	-0.43	-1.54	-0.63	-0.95	0.29	0.58	1.01	0.44	1.99	-0.13	-0.33	0.17	-0.33	8.38	0.71	-1.20
Asimmetria	0.76	-0.16	0.12	-0.11	0.78	0.68	1.40	0.75	1.62	0.90	0.49	1.32	0.55	2.69	1.13	0.08
Intervallo	0.70	21.46	19.79	6.53	2.30	47.50	1889.02	34.29	170.61	1882.90	38.65	25.02	1811.14	4339.09	58.85	2.21
Minimo	8.25	5.38	16.82	5.66	0.50	2.40	1.40	0.22	0.42	324.71	13.40	0.44	88.29	11.89	11.67	5.18
Massimo	8.95	26.84	36.61	12.19	2.80	49.90	1890.42	34.51	171.03	2207.61	52.05	25.46	1899.43	4350.98	70.52	7.39
Conteggio	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.08	3.01	2.29	0.78	0.23	4.94	222.29	3.45	19.94	215.90	4.30	3.75	211.05	419.29	6.42	0.28

<b>Stazione 4 Porto Garibaldi 0.5 km dalla costa</b>																
<b>Statistica descrittiva 2011</b>																
	<b>pH</b>	<b>TEMP.</b>	<b>SAL.</b>	<b>O.D.</b>	<b>D.SEC.</b>	<b>CL."a"</b>	<b>N-NO3</b>	<b>N-NO2</b>	<b>N-NH3</b>	<b>N-TOT</b>	<b>P.TOT.</b>	<b>P-PO4</b>	<b>Si-SiO2</b>	<b>N/P</b>	<b>NT/Pt</b>	<b>TRIX</b>
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l			
Media	8.49	16.44	27.51	8.64	1.63	18.75	432.60	13.09	32.53	905.56	28.58	4.44	623.12	442.18	33.45	6.21
Errore standard	0.03	1.45	1.03	0.40	0.15	2.75	88.72	1.35	5.69	98.70	3.12	1.68	89.48	95.93	2.88	0.14
Mediana	8.47	16.79	28.06	8.66	1.65	14.97	289.45	13.37	25.39	706.22	23.94	0.44	526.49	287.75	30.41	6.22
Moda	8.47				1.00	5.70			0.42			0.44				
Deviazione standard	0.17	7.09	5.03	1.95	0.72	13.45	434.64	6.62	27.85	483.52	15.30	8.24	438.35	469.98	14.09	0.68
Varianza campionaria	0.03	50.24	25.33	3.80	0.52	180.87	188912.97	43.83	775.68	233795.91	234.12	67.89	192149.06	220882.55	198.61	0.46
Curtosi	1.06	-1.59	-0.68	-0.34	-0.75	-0.26	0.19	-1.29	-1.42	0.48	6.47	4.43	1.36	2.61	4.82	-1.01
Asimmetria	0.93	-0.19	-0.44	-0.39	0.35	0.88	1.11	0.13	0.42	1.17	2.24	2.31	1.26	1.62	1.90	0.06
Intervallo	0.70	20.16	18.82	7.65	2.60	45.00	1370.87	22.31	73.77	1720.59	71.62	29.00	1657.89	1819.79	65.00	2.23
Minimo	8.22	5.92	16.78	4.10	0.30	3.10	15.33	2.86	0.42	447.76	11.43	0.44	44.75	22.65	15.47	5.14
Massimo	8.92	26.08	35.60	11.75	2.90	48.10	1386.20	25.17	74.19	2168.35	83.05	29.44	1702.64	1842.44	80.48	7.38
Conteggio	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	2.99	2.13	0.82	0.31	5.68	183.53	2.80	11.76	204.17	6.46	3.48	185.10	198.46	5.95	0.29

**Tabella 13 - Elementi di statistica descrittiva. Stazione 302 (Lido di Volano) e stazione 304 (Porto Garibaldi)**

<b>Stazione 302 Lido di Volano 3 km dalla costa</b>																
<b>Statistica descrittiva 2011</b>																
	<b>pH</b>	<b>TEMP.</b>	<b>SAL.</b>	<b>O.D.</b>	<b>D.SEC.</b>	<b>CL."a"</b>	<b>N-NO3</b>	<b>N-NO2</b>	<b>N-NH3</b>	<b>N-TOT</b>	<b>P.TOT.</b>	<b>P-PO4</b>	<b>Si-SiO2</b>	<b>N/P</b>	<b>NT/Pt</b>	<b>TRIX</b>
		°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l			
Media	8.60	16.60	26.13	9.22	1.45	18.58	578.73	12.18	22.71	988.85	30.11	5.42	742.92	525.47	33.70	6.24
Errore standard	0.04	1.47	1.18	0.33	0.12	2.60	116.71	1.55	9.10	107.99	2.36	1.73	107.67	165.49	3.03	0.18
Mediana	8.53	17.39	27.10	9.26	1.30	15.87	366.36	11.56	6.43	813.02	27.89	1.07	742.07	296.84	32.81	6.33
Moda	8.52			8.71	1.30		1.40		0.42			0.44				
Deviazione standard	0.21	7.19	5.80	1.62	0.57	12.74	571.75	7.61	44.56	529.06	11.56	8.48	527.46	810.74	14.82	0.87
Varianza campionaria	0.05	51.68	33.59	2.62	0.33	162.33	326894.15	57.95	1985.89	279902.64	133.69	71.89	278212.20	657306.58	219.64	0.76
Curtosi	-0.52	-1.59	-0.07	-0.13	1.25	0.41	0.45	0.22	7.26	0.56	0.03	3.02	0.43	10.65	0.97	0.32
Asimmetria	0.70	-0.15	-0.55	0.14	1.16	0.89	1.22	0.72	2.80	1.11	0.74	1.95	0.76	3.03	1.19	-0.92
Intervallo	0.74	20.94	23.13	6.66	2.30	49.80	1977.68	29.99	170.72	1987.22	42.94	29.38	2018.76	3718.52	55.35	3.15
Minimo	8.31	5.29	13.20	6.23	0.60	2.20	1.40	0.28	0.42	313.35	12.19	0.44	19.74	0.96	14.43	4.33
Massimo	9.05	26.23	36.33	12.89	2.90	52.00	1979.08	30.27	171.14	2300.57	55.13	29.82	2038.50	3719.48	69.77	7.47
Conteggio	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.09	3.04	2.45	0.68	0.24	5.38	241.43	3.21	18.82	223.40	4.88	3.58	222.73	342.35	6.26	0.37

<b>Stazione 304 Porto Garibaldi 3 km dalla costa</b>																
<b>Statistica descrittiva 2011</b>																
	<b>pH</b>	<b>TEMP.</b>	<b>SAL.</b>	<b>O.D.</b>	<b>D.SEC.</b>	<b>CL."a"</b>	<b>N-NO3</b>	<b>N-NO2</b>	<b>N-NH3</b>	<b>N-TOT</b>	<b>P.TOT.</b>	<b>P-PO4</b>	<b>Si-SiO2</b>	<b>N/P</b>	<b>NT/Pt</b>	<b>TRIX</b>
		°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l			
Media	8.55	16.34	28.27	8.95	2.00	14.90	417.63	10.39	15.75	968.54	26.19	5.02	544.23	538.40	47.85	5.70
Errore standard	0.04	1.47	1.15	0.36	0.21	2.26	85.43	1.71	4.49	123.13	3.48	1.69	97.80	163.39	12.86	0.23
Mediana	8.52	17.41	29.05	9.20	1.85	11.45	346.99	8.66	5.91	847.89	20.50	0.44	435.17	89.04	32.13	6.02
Moda	8.52			6.91	2.90	17.10	1.40		0.42			0.44				
Deviazione standard	0.19	7.18	5.64	1.78	1.02	11.07	418.54	8.36	22.00	603.19	17.06	8.27	479.13	800.43	62.98	1.11
Varianza campionaria	0.04	51.52	31.85	3.18	1.05	122.48	175175.11	69.81	483.99	363836.62	291.11	68.44	229568.24	640696.15	3966.32	1.23
Curtosi	1.10	-1.59	-0.13	-1.41	3.36	0.40	-0.07	-1.38	5.08	-0.36	4.40	2.55	2.19	1.00	20.82	-0.31
Asimmetria	1.17	-0.23	-0.83	-0.02	1.47	1.04	0.90	0.33	2.13	0.71	1.80	1.89	1.57	1.50	4.46	-0.79
Intervallo	0.72	20.40	21.01	5.58	4.60	40.67	1391.38	25.22	90.57	2131.77	77.66	26.90	1736.40	2666.02	318.50	3.83
Minimo	8.29	5.17	15.13	6.30	0.70	2.53	1.40	0.12	0.42	285.39	5.64	0.44	60.91	2.98	15.99	3.42
Massimo	9.01	25.57	36.14	11.88	5.30	43.20	1392.78	25.34	90.99	2417.16	83.30	27.34	1797.31	2669.00	334.49	7.24
Conteggio	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Livello di confidenza(95.0%)	0.08	3.03	2.38	0.75	0.43	4.67	176.73	3.53	9.29	254.70	7.20	3.49	202.32	337.99	26.59	0.47

**Tabella 14 - Elementi di statistica descrittiva. Stazione 6 e 306 (Casalborsetti)**

<b>Stazione 6 Casalborsetti 0.5 km dalla costa</b>																	
<b>Statistica descrittiva 2011</b>																	
	<b>pH</b>	<b>TEMP.</b>	<b>SAL.</b>	<b>O.D.</b>	<b>D.SEC.</b>	<b>CL."a"</b>	<b>N-NO3</b>	<b>N-NO2</b>	<b>N-NH3</b>	<b>N-TOT</b>	<b>P.TOT.</b>	<b>P-PO4</b>	<b>Si-SiO2</b>	<b>N/P</b>	<b>NT/Pt</b>	<b>TRIX</b>	<b>TRBIX</b>
		°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.51	16.28	29.33	8.42	1.77	18.44	339.16	11.56	28.61	787.35	26.40	3.69	447.21	401.96	33.29	5.90	1.67
Errore standard	0.04	1.47	0.93	0.38	0.18	3.55	71.14	1.19	5.80	82.94	3.89	1.35	84.03	109.75	2.43	0.17	0.19
Mediana	8.48	16.59	29.46	8.49	1.65	14.40	240.49	13.38	22.20	695.30	22.52	0.60	353.95	133.50	31.45	6.04	1.53
Moda	8.48				1.00	4.00			0.42			0.44					
Deviazione standard	0.19	7.21	4.55	1.86	0.87	17.40	348.52	5.83	28.43	406.32	19.08	6.63	411.66	537.67	11.92	0.85	0.91
Varianza campionaria	0.04	51.92	20.72	3.46	0.76	302.90	121468.89	33.98	808.50	165096.05	363.91	43.90	169460.65	289091.84	142.11	0.73	0.83
Curtosi	-0.60	-1.58	0.51	-0.81	-0.37	6.00	1.92	-0.44	1.89	2.43	12.22	6.12	3.95	1.14	0.17	0.61	0.31
Asimmetria	0.69	-0.16	-0.75	-0.38	0.48	2.17	1.31	-0.64	1.29	1.55	3.18	2.55	1.70	1.57	0.52	-1.14	0.87
Intervallo	0.67	21.11	18.67	6.94	3.50	77.20	1379.95	19.45	112.36	1656.92	91.99	25.96	1779.02	1622.07	50.61	2.96	3.29
Minimo	8.23	5.06	17.15	4.32	0.30	2.90	3.94	0.31	0.42	319.99	11.91	0.44	25.92	17.89	9.26	3.87	0.39
Massimo	8.90	26.17	35.82	11.26	3.80	80.10	1383.89	19.76	112.78	1976.91	103.90	26.40	1804.94	1639.95	59.87	6.83	3.68
Conteggio	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Livello di confidenza(95	0.08	3.04	1.92	0.79	0.37	7.35	147.17	2.46	12.01	171.57	8.06	2.80	173.83	227.04	5.03	0.36	0.39

<b>Stazione 306 Casalborsetti 3 km dalla costa</b>																	
<b>Statistica descrittiva 2011</b>																	
	<b>pH</b>	<b>TEMP.</b>	<b>SAL.</b>	<b>O.D.</b>	<b>D.SEC.</b>	<b>CL."a"</b>	<b>N-NO3</b>	<b>N-NO2</b>	<b>N-NH3</b>	<b>N-TOT</b>	<b>P.TOT.</b>	<b>P-PO4</b>	<b>Si-SiO2</b>	<b>N/P</b>	<b>NT/Pt</b>	<b>TRIX</b>	<b>TRBIX</b>
		°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.54	16.13	29.44	8.63	2.37	15.99	364.61	9.32	14.38	715.06	20.17	3.06	453.98	358.19	36.61	5.46	1.48
Errore standard	0.03	1.46	1.07	0.36	0.34	3.70	85.54	1.57	4.19	88.89	2.33	1.37	101.26	104.43	2.27	0.26	0.17
Mediana	8.52	16.30	30.95	8.81	1.80	9.76	208.43	7.19	6.85	562.88	18.51	0.44	295.55	135.32	34.78	5.81	1.16
Moda	8.48				1.00	4.40	1.40		0.42			0.44					
Deviazione standard	0.17	7.16	5.25	1.75	1.64	18.12	419.06	7.70	20.55	435.46	11.39	6.69	496.09	511.60	11.12	1.28	0.82
Varianza campionaria	0.03	51.21	27.58	3.06	2.70	328.17	175610.63	59.33	422.30	189621.40	129.78	44.81	246105.91	261737.52	123.68	1.65	0.68
Curtosi	0.51	-1.54	0.07	-1.34	4.85	12.73	0.35	-1.00	7.56	1.87	2.75	13.46	2.36	2.96	-0.04	1.44	0.09
Asimmetria	0.89	-0.17	-0.87	-0.02	1.88	3.25	1.10	0.47	2.53	1.29	1.39	3.54	1.49	1.89	0.28	-1.11	0.97
Intervallo	0.65	20.83	19.97	5.68	7.50	89.35	1453.14	24.39	89.74	1756.43	49.80	30.29	1946.94	1885.64	46.41	5.52	3.02
Minimo	8.27	5.04	16.25	6.13	0.50	0.95	1.40	0.13	0.42	257.44	5.39	0.44	9.15	4.43	15.61	1.81	0.45
Massimo	8.92	25.87	36.22	11.81	8.00	90.30	1454.54	24.52	90.16	2013.87	55.19	30.73	1956.09	1890.07	62.02	7.33	3.47
Conteggio	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Livello di confidenza(95	0.07	3.02	2.22	0.74	0.69	7.65	176.95	3.25	8.68	183.88	4.81	2.83	209.48	216.03	4.70	0.54	0.35

**Tabella 15 - Elementi di statistica descrittiva. Stazione 9 (Lido Adriano) e stazione 14 (Cesenatico)**

<b>Stazione 9 Lido Adriano 0.5 km dalla costa</b>																	
<b>Statistica descrittiva 2011</b>																	
	pH	TEMP. SAL.	O.D.	D.SEC. CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX		
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l					
Media	8.49	16.22	30.70	8.02	2.10	17.54	381.31	10.88	42.24	771.35	25.22	3.21	442.38	363.09	35.22	5.71	1.63
Errore standard	0.04	1.41	0.97	0.40	0.27	3.59	105.03	1.59	11.48	113.77	5.19	1.06	98.32	106.73	2.55	0.22	0.18
Mediana	8.45	16.34	31.90	8.23	1.70	8.95	227.11	10.58	17.56	628.16	15.93	0.59	319.23	124.45	36.49	5.99	1.51
Moda	8.44			10.46	1.40				0.42			0.44					
Deviazione standard	0.18	6.91	4.77	1.94	1.32	17.61	514.55	7.81	56.23	557.36	25.44	5.18	481.67	522.88	12.49	1.06	0.88
Varianza campionaria	0.03	47.71	22.75	3.77	1.74	309.98	264758.97	61.05	3161.97	310648.17	647.37	26.88	232007.03	273408.14	155.89	1.13	0.77
Curtosi	-1.21	-1.57	1.07	-0.58	-0.84	2.30	1.98	0.02	4.05	2.74	12.41	6.46	7.80	4.68	0.45	1.13	-0.12
Asimmetria	0.37	-0.16	-1.23	-0.34	0.61	1.65	1.74	0.70	1.87	1.76	3.28	2.47	2.59	2.21	0.27	-0.94	0.82
Intervallo	0.53	19.79	17.10	7.24	4.60	65.50	1672.43	28.75	229.01	2157.00	121.58	21.24	2167.98	2007.11	52.73	4.50	3.21
Minimo	8.26	5.33	18.80	3.72	0.30	2.90	1.90	1.33	0.42	268.33	7.13	0.44	56.06	8.30	12.84	2.93	0.47
Massimo	8.79	25.12	35.90	10.96	4.90	68.40	1674.33	30.08	229.43	2425.33	128.71	21.68	2224.04	2015.41	65.57	7.43	3.68
Conteggio	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Livello di confidenza(95%)	0.07	2.92	2.01	0.82	0.56	7.43	217.27	3.30	23.74	235.35	10.74	2.19	203.39	220.79	5.27	0.45	0.37

<b>Stazione 14 Cesenatico 0.5 km dalla costa</b>																	
<b>Statistica descrittiva 2011</b>																	
	pH	TEMP. SAL.	O.D.	D.SEC. CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX		
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l					
Media	8.55	16.01	30.17	8.67	2.15	17.70	277.89	11.00	33.76	675.67	19.73	2.16	341.09	503.69	40.72	5.83	1.57
Errore standard	0.06	1.53	1.02	0.55	0.25	4.25	64.15	1.64	7.22	77.26	2.41	0.84	64.95	122.15	4.93	0.17	0.16
Mediana	8.48	16.83	29.55	9.10	2.00	8.10	209.32	11.57	30.43	590.32	14.90	0.44	282.52	154.17	34.63	5.95	1.39
Moda	8.67				1.00	5.20			0.42			0.44					
Deviazione standard	0.29	7.34	4.89	2.63	1.18	20.37	307.67	7.88	34.61	370.53	11.54	4.05	311.47	585.83	23.66	0.81	0.79
Varianza campionaria	0.08	53.80	23.93	6.90	1.40	415.04	94660.63	62.05	1197.66	137293.16	133.06	16.36	97014.91	343199.15	559.77	0.66	0.62
Curtosi	0.80	-1.58	-0.24	0.05	-1.60	2.62	1.15	3.47	6.09	6.44	-0.25	14.81	6.29	-0.20	5.17	-0.01	1.62
Asimmetria	0.89	-0.15	-0.69	0.39	0.07	1.90	1.28	1.55	2.09	2.29	0.99	3.63	2.17	1.12	2.12	0.10	1.31
Intervallo	1.17	20.93	17.00	11.14	3.40	70.10	1127.56	34.96	154.70	1645.44	38.42	18.61	1425.77	1726.66	102.64	3.24	3.36
Minimo	8.13	5.37	18.95	4.02	0.50	2.30	6.83	0.17	0.42	334.93	6.03	0.44	12.07	2.80	15.22	4.30	0.44
Massimo	9.30	26.30	35.95	15.16	3.90	72.40	1134.39	35.13	155.12	1980.37	44.45	19.05	1437.84	1729.45	117.86	7.54	3.80
Conteggio	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00
Livello di confidenza(95%)	0.12	3.17	2.12	1.14	0.51	8.81	133.05	3.41	14.97	160.23	4.99	1.75	134.69	253.33	10.23	0.35	0.34

**Tabella 16 - Elementi di statistica descrittiva. Stazione 309 (Lido Adriano) e stazione 314 (Cesenatico)**

<b>Stazione 309 Lido Adriano 3 km dalla costa</b>																		
<b>Statistica descrittiva 2011</b>																		
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX	
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l					
Media	8.54	16.35	30.06	8.84	3.03	15.37	278.45	7.92	11.55	688.74	20.28	2.55	339.20	307.72	37.82	5.36	1.31	
Errore standard	0.04	1.48	1.04	0.45	0.42	3.57	68.89	1.57	3.73	112.89	3.50	1.13	77.21	98.65	2.69	0.28	0.17	
Mediana	8.50	16.17	30.84	9.30	2.60	8.79	161.79	6.62	4.40	525.72	16.68	0.49	188.15	98.14	33.98	5.62	1.09	
Moda	8.41		35.50		1.20		1.40	11.69	0.42			0.44						
Deviazione standard	0.18	7.24	5.10	2.19	2.05	17.49	337.51	7.68	18.29	553.05	17.15	5.55	378.24	483.27	13.17	1.37	0.84	
Varianza campionaria	0.03	52.37	26.01	4.79	4.19	305.94	113912.44	58.92	334.67	305862.64	294.10	30.80	143064.43	233553.14	173.40	1.87	0.70	
Curtosi	-0.60	-1.61	-0.33	-0.97	-0.34	7.01	1.31	3.23	5.76	9.12	3.94	18.90	4.45	5.37	1.68	-0.24	1.10	
Asimmetria	0.56	-0.16	-0.79	0.13	0.80	2.39	1.32	1.49	2.52	2.68	2.04	4.20	1.95	2.26	1.04	-0.40	1.42	
Intervallo	0.66	20.07	17.18	7.47	6.90	78.20	1235.80	32.29	67.50	2589.45	65.95	26.84	1590.75	1967.15	59.63	5.43	3.05	
Minimo	8.26	5.31	18.93	5.72	0.60	1.00	1.40	0.22	0.42	221.55	4.23	0.44	13.23	2.92	16.31	2.42	0.40	
Massimo	8.92	25.38	36.11	13.19	7.50	79.20	1237.20	32.51	67.92	2811.00	70.18	27.28	1603.98	1970.07	75.95	7.85	3.44	
Conteggio	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	
Livello di confidenza(95%)	0.08	3.06	2.15	0.92	0.86	7.39	142.52	3.24	7.72	233.53	7.24	2.34	159.72	204.07	5.56	0.58	0.35	

<b>Stazione 314 Cesenatico 3 km dalla costa</b>																		
<b>Statistica descrittiva 2011</b>																		
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX	
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l					
Media	8.60	16.41	30.43	8.59	2.90	18.56	235.24	8.43	12.06	657.76	14.59	2.16	257.27	331.17	50.49	5.25	1.23	
Errore standard	0.05	1.52	1.00	0.37	0.41	4.00	64.45	1.77	5.07	90.40	1.91	0.92	72.49	108.03	6.92	0.23	0.17	
Mediana	8.52	17.16	30.58	8.58	2.90	11.03	140.20	7.26	4.06	549.47	11.66	0.58	141.93	71.11	42.14	5.58	1.06	
Moda	8.29			7.61	1.00	3.80	1.40		0.42			0.44						
Deviazione standard	0.24	7.27	4.82	1.75	1.97	19.18	309.08	8.49	24.30	433.56	9.18	4.42	347.66	518.11	33.21	1.12	0.80	
Varianza campionaria	0.06	52.84	23.21	3.07	3.87	367.90	95529.21	72.01	590.55	187973.21	84.23	19.49	120865.22	268442.52	1102.86	1.26	0.64	
Curtosi	-0.95	-1.56	0.33	-1.55	-0.81	1.96	3.15	4.23	12.92	3.35	1.89	17.13	7.76	2.95	13.49	-1.15	0.61	
Asimmetria	0.40	-0.23	-0.91	0.12	0.61	1.52	1.74	1.63	3.46	1.74	1.48	3.98	2.57	1.94	3.34	-0.31	1.14	
Intervallo	0.80	20.16	16.85	5.08	6.30	72.60	1196.89	36.35	109.73	1777.38	35.66	20.73	1525.08	1863.97	165.46	3.67	2.94	
Minimo	8.29	5.78	18.95	6.24	0.70	1.70	1.40	0.20	0.42	232.70	5.23	0.44	2.89	2.10	21.03	3.34	0.24	
Massimo	9.09	25.94	35.80	11.32	7.00	74.30	1198.29	36.55	110.15	2010.08	40.89	21.17	1527.97	1866.07	186.49	7.00	3.18	
Conteggio	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	
Livello di confidenza(95%)	0.10	3.14	2.08	0.76	0.85	8.29	133.66	3.67	10.51	187.49	3.97	1.91	150.34	224.05	14.36	0.49	0.35	

**Tabella 17 - Elementi di statistica descrittiva. Stazione 17 (Rimini) e stazione 19 (Cattolica)**

<b>Stazione 17 Rimini 0.5 km dalla costa</b>																	
<b>Statistica descrittiva 2011</b>																	
	<b>pH</b>	<b>TEMP.</b>	<b>SAL.</b>	<b>O.D.</b>	<b>D.SEC.</b>	<b>CL."a"</b>	<b>N-NO3</b>	<b>N-NO2</b>	<b>N-NH3</b>	<b>N-TOT</b>	<b>P.TOT.</b>	<b>P-PO4</b>	<b>Si-SiO2</b>	<b>N/P</b>	<b>NT/Pt</b>	<b>TRIX</b>	<b>TRBIX</b>
		°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.53	16.39	30.97	8.57	2.42	12.89	212.05	9.00	18.88	603.90	16.29	1.48	245.57	340.53	40.10	5.29	1.70
Errore standard	0.04	1.53	1.01	0.43	0.33	2.56	51.06	1.72	3.35	80.29	2.04	0.56	48.60	88.72	2.72	0.22	0.16
Mediana	8.52	16.48	31.18	8.50	2.10	8.50	162.13	7.66	14.11	486.10	14.04	0.44	201.05	141.25	41.67	5.30	1.54
Moda	8.77				0.90							0.44					
Deviazione standard	0.18	7.35	4.86	2.06	1.56	12.29	244.89	8.24	16.05	385.04	9.80	2.68	233.08	425.49	13.05	1.04	0.75
Varianza campionaria	0.03	54.04	23.60	4.22	2.45	151.13	59969.87	67.91	257.65	148252.15	96.13	7.16	54325.41	181044.85	170.20	1.08	0.56
Curtosi	-1.15	-1.62	1.62	-1.11	-0.72	0.44	1.70	4.27	5.15	4.13	0.31	16.65	1.10	1.86	-0.55	1.21	0.50
Asimmetria	0.15	-0.13	-1.25	0.31	0.63	1.25	1.42	1.79	1.87	1.96	1.08	3.91	1.37	1.71	-0.42	-0.18	0.85
Intervallo	0.60	20.98	18.60	6.64	5.20	40.30	904.30	35.88	72.93	1605.55	31.60	12.49	790.28	1488.30	44.75	4.84	2.93
Minimo	8.27	5.24	17.57	5.65	0.50	2.00	1.40	0.16	0.42	210.50	6.26	0.44	9.15	4.50	17.43	2.65	0.64
Massimo	8.87	26.22	36.17	12.29	5.70	42.30	905.70	36.04	73.35	1816.05	37.86	12.93	799.43	1492.80	62.19	7.49	3.57
Conteggio	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00
Livello di confidenza(95.	0.08	3.18	2.10	0.89	0.68	5.32	105.90	3.56	6.94	166.50	4.24	1.16	100.79	184.00	5.64	0.45	0.32

<b>Stazione 19 Cattolica 0.5 km dalla costa</b>																	
<b>Statistica descrittiva 2011</b>																	
	<b>pH</b>	<b>TEMP.</b>	<b>SAL.</b>	<b>O.D.</b>	<b>D.SEC.</b>	<b>CL."a"</b>	<b>N-NO3</b>	<b>N-NO2</b>	<b>N-NH3</b>	<b>N-TOT</b>	<b>P.TOT.</b>	<b>P-PO4</b>	<b>Si-SiO2</b>	<b>N/P</b>	<b>NT/Pt</b>	<b>TRIX</b>	<b>TRBIX</b>
		°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.50	16.28	31.37	8.40	2.63	11.01	234.34	9.98	30.73	650.84	14.55	1.99	319.85	287.67	51.57	5.34	1.73
Errore standard	0.04	1.47	1.03	0.45	0.32	2.69	66.48	1.77	6.27	91.47	2.07	0.83	70.64	98.45	5.11	0.20	0.14
Mediana	8.47	16.44	32.29	7.75	2.80	6.20	128.99	7.78	23.99	518.10	11.12	1.02	243.09	123.53	46.69	5.28	1.57
Moda	8.50				0.90	3.70	1.40					0.44					
Deviazione standard	0.20	7.07	4.96	2.16	1.55	12.90	318.82	8.51	30.06	438.67	9.91	3.99	338.77	472.13	24.51	0.97	0.67
Varianza campionaria	0.04	49.94	24.63	4.68	2.40	166.30	101646.81	72.36	903.87	192431.03	98.24	15.94	114762.74	222910.13	600.94	0.94	0.45
Curtosi	-0.78	-1.52	2.38	-1.06	-1.33	6.18	5.24	3.34	2.78	3.95	1.24	21.44	9.09	14.20	4.09	0.55	1.65
Asimmetria	0.40	-0.16	-1.56	0.34	0.27	2.30	2.23	1.65	1.61	1.88	1.19	4.57	2.69	3.59	1.83	0.16	1.37
Intervallo	0.65	20.59	17.86	7.37	4.60	55.09	1285.53	36.43	122.06	1927.71	40.08	19.59	1585.20	2235.25	105.54	4.25	2.74
Minimo	8.22	5.31	18.34	5.37	0.60	1.31	1.40	0.21	0.42	113.92	1.66	0.44	11.38	2.07	19.90	3.42	0.77
Massimo	8.87	25.90	36.20	12.74	5.20	56.40	1286.93	36.64	122.48	2041.63	41.74	20.03	1596.58	2237.32	125.43	7.67	3.51
Conteggio	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00
Livello di confidenza(95.	0.09	3.06	2.15	0.94	0.67	5.58	137.87	3.68	13.00	189.70	4.29	1.73	146.49	204.17	10.60	0.42	0.29

**Tabella 18 - Elementi di statistica descrittiva. Stazione 317 (Rimini) stazione 314 (Cattolica)**

<b>Stazione 317 Rimini 3 km dalla costa</b>																	
<b>Statistica descrittiva 2011</b>																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
		°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.56	16.50	31.17	8.66	3.50	12.14	207.09	8.37	11.73	583.45	15.14	1.37	260.34	353.31	43.85	5.07	1.37
Errore standard	0.04	1.51	1.00	0.43	0.54	2.77	53.60	1.64	3.17	86.88	2.19	0.60	71.76	101.56	5.41	0.29	0.16
Mediana	8.47	17.05	32.21	8.61	2.90	6.60	138.25	7.33	4.80	471.59	13.52	0.44	124.93	124.56	39.92	5.26	1.02
Moda	8.41				1.00	6.60		1.40	0.42			0.44					
Deviazione standard	0.19	7.26	4.81	2.06	2.57	13.29	257.08	7.85	15.19	416.64	10.52	2.87	344.16	487.06	25.93	1.38	0.78
Varianza campionaria	0.04	52.72	23.12	4.23	6.62	176.71	66090.05	61.70	230.70	173588.74	110.59	8.21	118447.86	237224.64	672.24	1.89	0.60
Curtosi	-0.70	-1.60	2.27	-1.10	-0.90	2.37	1.88	0.58	2.84	6.05	1.66	17.97	5.89	2.82	13.98	-0.88	1.12
Asimmetria	0.72	-0.16	-1.42	0.36	0.72	1.71	1.55	1.08	1.80	2.24	1.43	4.13	2.32	1.88	3.35	-0.17	1.39
Intervallo	0.65	21.12	19.13	6.64	7.60	47.10	921.73	28.12	57.16	1813.10	40.05	13.39	1445.05	1745.32	133.41	5.02	2.77
Minimo	8.31	5.08	17.04	5.83	0.60	1.70	1.40	0.12	0.42	222.36	4.79	0.44	6.26	4.43	17.30	2.56	0.56
Massimo	8.96	26.21	36.17	12.47	8.20	48.80	923.13	28.24	57.58	2035.46	44.84	13.83	1451.31	1749.75	150.72	7.59	3.33
Conteggio	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00
Livello di confidenza(95.	0.08	3.14	2.08	0.89	1.11	5.75	111.17	3.40	6.57	180.17	4.55	1.24	148.83	210.62	11.21	0.59	0.34

<b>Stazione 319 Cattolica 3 km dalla costa</b>																	
<b>Statistica descrittiva 2011</b>																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO3	N-NO2	N-NH3	N-TOT	P.TOT.	P-PO4	Si-SiO2	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
		°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.54	16.25	31.63	8.50	3.58	11.51	213.39	9.24	18.14	545.32	13.90	1.54	253.05	385.11	47.27	5.10	1.39
Errore standard	0.04	1.48	0.89	0.39	0.56	2.61	58.70	1.88	5.43	68.75	1.91	0.66	61.65	107.46	5.53	0.20	0.19
Mediana	8.51	17.06	32.64	8.37	2.60	5.60	109.84	7.13	4.99	410.28	12.88	0.44	213.35	152.43	42.46	5.16	1.13
Moda	8.71			6.23	1.00	3.30			0.42			0.44					
Deviazione standard	0.19	7.08	4.26	1.88	2.70	12.53	281.51	9.03	26.05	329.73	9.15	3.16	295.65	515.38	26.50	0.98	0.90
Varianza campionaria	0.04	50.10	18.16	3.52	7.29	157.01	79249.02	81.56	678.50	108724.88	83.67	9.98	87411.52	265613.31	702.20	0.97	0.81
Curtosi	-0.76	-1.60	1.24	-1.49	0.63	2.68	3.06	1.42	9.09	2.55	3.48	20.13	7.62	3.71	1.85	0.44	-0.11
Asimmetria	0.28	-0.12	-1.15	0.09	0.99	1.75	1.81	1.26	2.76	1.66	1.62	4.39	2.45	1.91	1.28	0.24	0.79
Intervallo	0.67	19.77	16.16	5.77	9.90	46.58	1045.81	34.45	116.02	1274.67	39.10	15.18	1321.08	2017.36	104.80	4.24	3.36
Minimo	8.24	6.04	20.08	5.91	0.60	1.22	1.40	0.12	0.42	160.30	3.89	0.44	10.42	8.86	14.84	3.28	0.07
Massimo	8.91	25.81	36.24	11.68	10.50	47.80	1047.21	34.57	116.44	1434.97	42.99	15.62	1331.50	2026.23	119.64	7.52	3.42
Conteggio	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00
Livello di confidenza(95.	0.08	3.06	1.84	0.81	1.17	5.42	121.74	3.91	11.26	142.59	3.96	1.37	127.85	222.87	11.46	0.42	0.39

### 5.2.2.b Elementi di qualità idromorfologica e fisico-chimici dei sedimenti

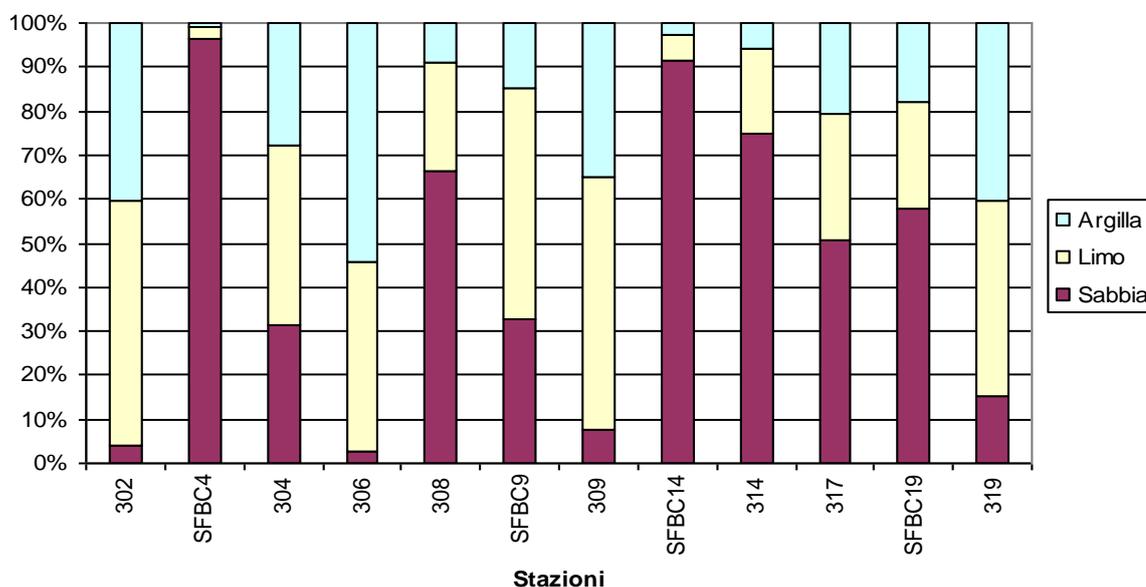
Gli elementi di qualità idromorfologica e chimico-fisici sono a sostegno degli EQB e non concorrono alla valutazione dello Stato Ecologico, ma sono di utilità interpretativa degli elementi di qualità.

Fra gli elementi idromorfologici rilevati, di seguito si riportano i risultati dell'analisi granulometrica e del carbonio organico totale relativi a 8 stazioni ubicate a circa 3 km di distanza dalla costa e in 4 stazioni denominate SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate) a circa 1-2 km di distanza dalla costa (vedi in Tabella 3 e Tabella 4):

La frequenza di campionamento è semestrale.

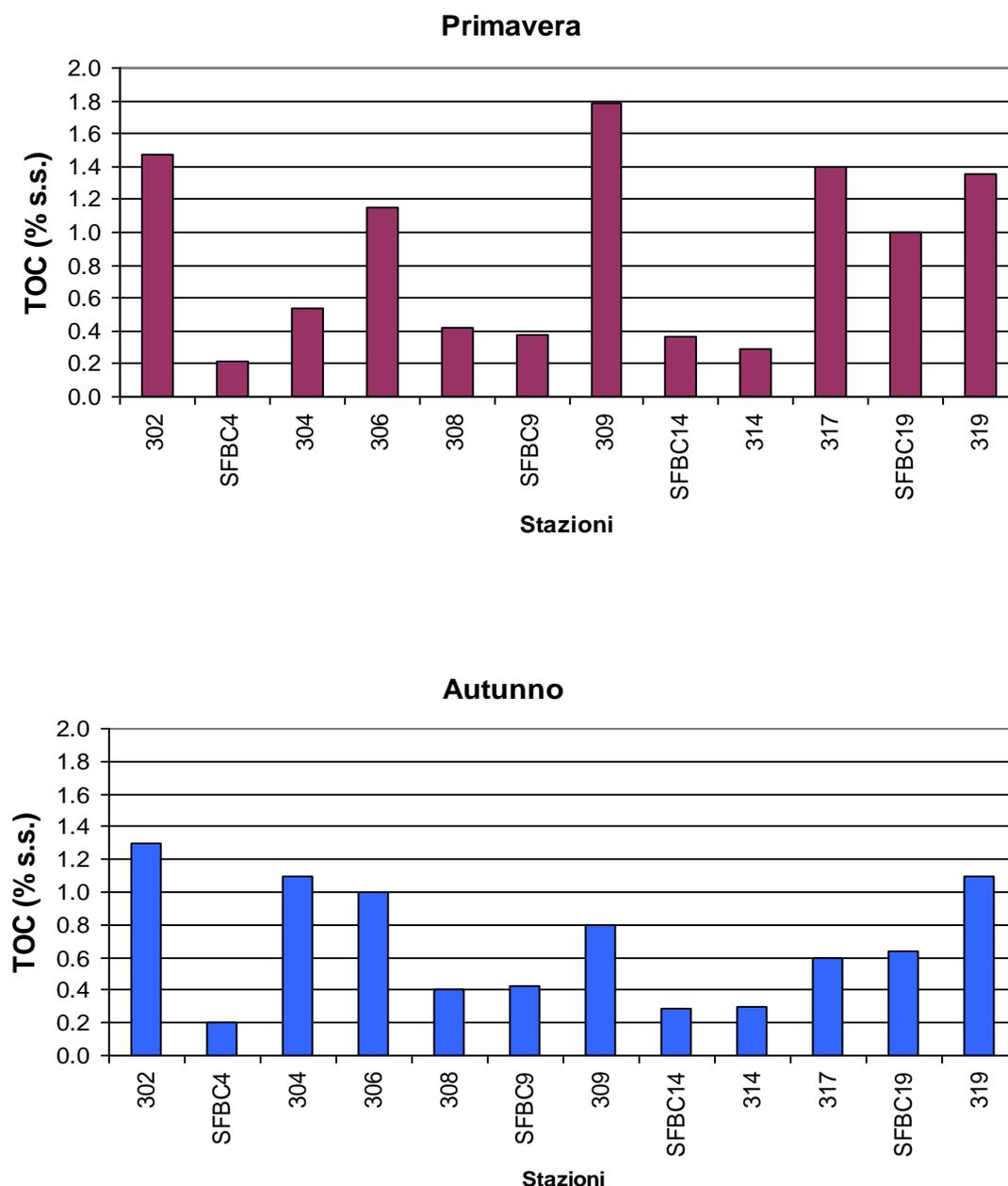
La distribuzione superficiale delle tre principali componenti granulometriche dei sedimenti campionati in primavera e in autunno del 2011 evidenzia che (Figura 113):

- nelle stazioni 302 (Lido di Volano), 304 (Porto Garibaldi), 306 (Casalborsetti) e 309 (Lido Adriano) e 319 (Cattolica) prevale la componente limosa ed è scarsa la componente sabbiosa;
- nelle stazioni 308 (Marina di Ravenna) 314 (Cesenatico) 317 (Rimini) tende a prevalere la componente sabbiosa con riduzione in percentuale delle altre due componenti.
- nelle stazioni SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate) prevale la componente sabbiosa ad eccezione della SFBC9 distante 1 km dalla costa di Lido Adriano.



**Figura 113 - Distribuzione delle principali frazioni granulometriche rilevate nel 2011 nelle 12 stazioni**

Le percentuali di TOC (carbonio organico totale) nei sedimenti superficiali (Figura 114) variano tra 0.2 e 1.78% (media 1.0%). Si osserva una buona corrispondenza fra le percentuali registrate in primavera e in autunno. Relativamente alle stazioni a 3 km dalla costa, ad eccezione della stazione 309 Lido Adriano, le percentuali più basse di TOC corrispondono alle stazioni ubicate nella zona centrale della costa emiliano romagnola; dalla stazione 308 Marina di Ravenna e alla 314 Cesenatico.



**Figura 114 – Distribuzione del contenuto di carbonio organico totale nel sedimento rilevato nel 2011 nelle 12 stazioni**

### **5.2.3 Inquinanti specifici non appartenenti all'elenco di priorità**

I risultati delle indagini sulle sostanze non appartenenti all'elenco di priorità concorrono alla definizione dello Stato Ecologico delle acque marino costiere come elementi a sostegno degli EQB. Il D.56/09 , prevede la ricerca di tali sostanze nella matrice acqua (tab. 1/B D.56/09 ) e nella matrice sedimento (tab. 3/B del D.56/09 ).

Nel 2011, è iniziata l'attività di ricerca nelle acque marino costiere delle sostanze di cui alla tab. 1/B (analogamente anche quelle riportate nella tab. 1/A prioritarie).

#### ***5.2.3.a Sostanze ricercate nell'acqua***

Gli inquinanti specifici a sostegno degli EQB, ricercati nelle acque marino costiere, sono quelli riportati in tab. 1/B del D.56/09 .

Le stazioni di campionamento interessate alla ricerca di tali inquinanti sono 8 ubicate a circa 0.5 km e, solo una, a 3 km di distanza dalla costa. La frequenza di campionamento è trimestrale (vedi Tabella 4).

Non tutti i parametri riportati in tab. 1/B del D.56/09 sono stati ricercati. La scelta dei parametri da ricercare è stata dettata da un'attenta analisi delle pressioni di origine antropica che incidono sul territorio emiliano romagnolo e che, a seguito degli apporti fluviali a mare, possono incidere anche sulle acque marino costiere. Dall'analisi di tali pressioni è emersa l'esigenza di ricercare altre sostanze non indicate nella tab. 1/B del D.56/09.

Dall'analisi dei risultati ottenuti, è emerso che un'alta percentuale dei valori di concentrazione è inferiore ai limiti di quantificazione strumentale (LdQ) e la media annuale relativa al 2011 degli inquinanti specifici ricercati in ciascuna stazione è inferiori al relativo Standard di Qualità Ambientale indicato in tab. 1/B del D.56/09 .

#### ***5.2.3.b Sostanze ricercate nei sedimenti***

Gli inquinanti specifici a sostegno degli EQB, ricercati nei sedimenti delle acque marino costiere, sono quelli riportati in tab. 3/B del D.56/09 .

Nei paragrafi che seguono si riporta la media annuale della concentrazione degli inquinanti determinati sul sedimento nelle varie stazioni. Nei casi in cui i valori medi superano gli SQA di cui alla tab. 3/B del D.56/09 è ammesso uno scostamento del 20% rispetto agli SQA stessi.

#### **Metalli: arsenico, cromo totale e cromo VI**

Nella Figura 115 si riporta la media annuale della concentrazione dei metalli determinati sul sedimento.

Nel 2011 i campionamenti sono stati effettuati in primavera e in autunno.

Il cromo presenta valori medi/annui di concentrazione nettamente superiori rispetto allo SQA definito dal D.56/09 (50 mg/kg). È noto, ed è stato già dimostrato in altri lavori, che le concentrazioni elevate di questo metallo (come anche per il nichel e lo zinco), non sono di origine antropica ma geologica e costituiscono il fondo naturale nei sedimenti per queste aree. I valori di cromo totale e di cromo VI tendono a diminuire da nord verso sud lungo la costa emiliano romagnola (Figura 115).

Per l'arsenico e il cromo VI non si sono riscontrati superamenti degli SQA dei valori medi/anno relativi al periodo considerato.

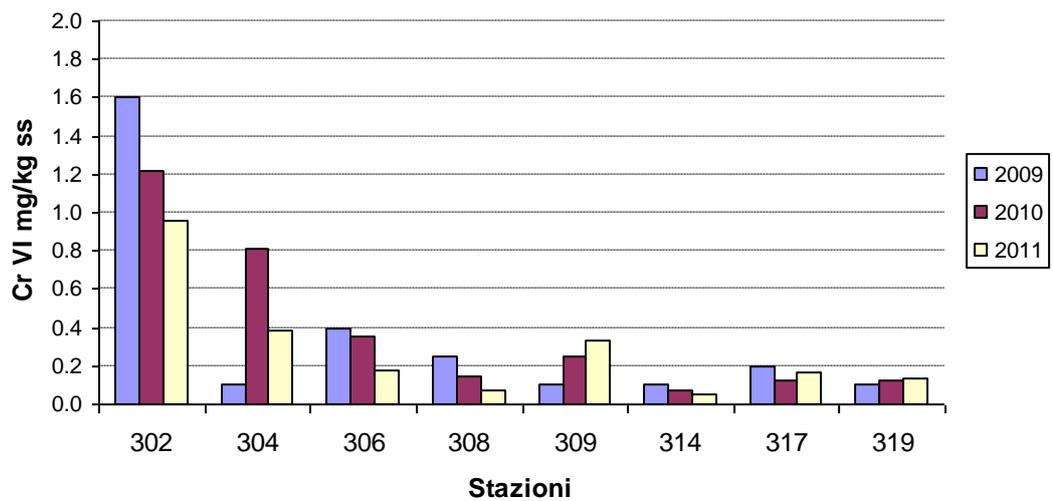
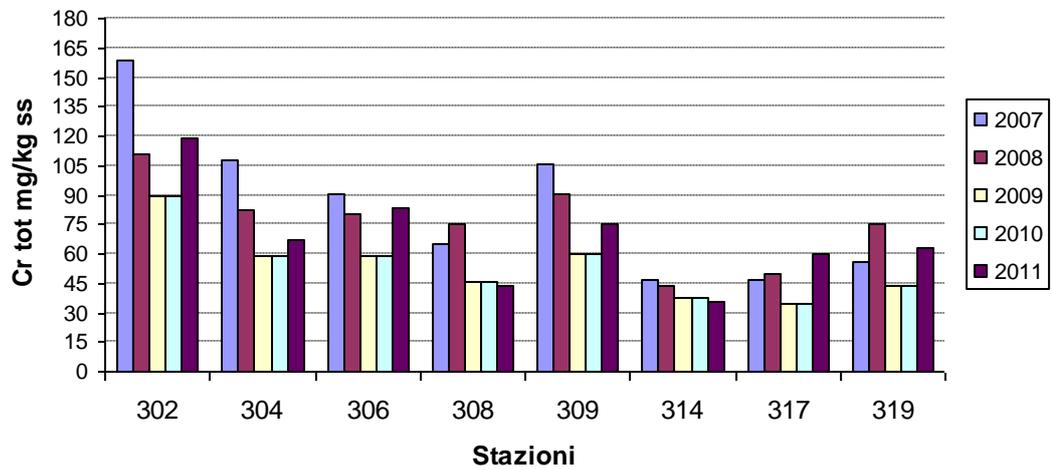
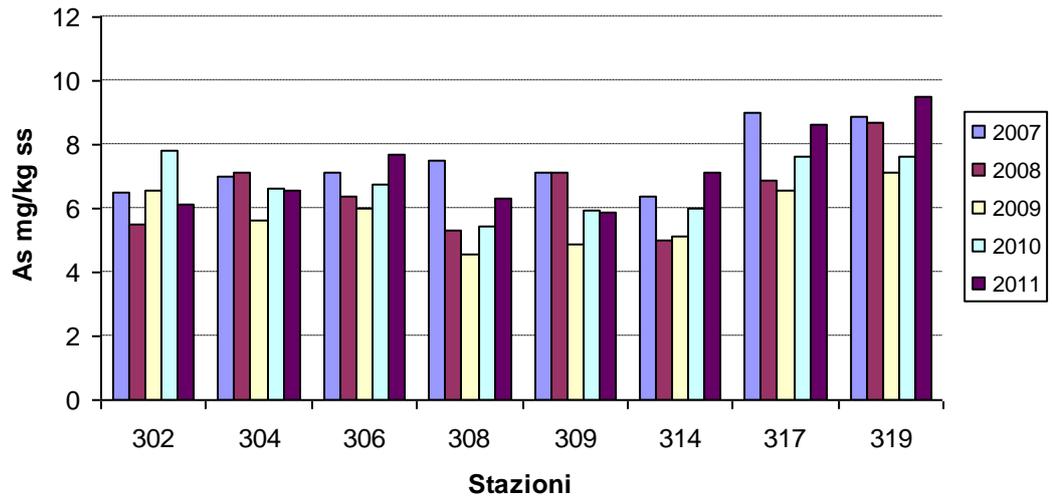


Figura 115 - Medie annuali delle concentrazioni di arsenico, cromo totale e cromo VI

## Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) e PoliCloroBifenili (PCB) totali

Nella Figura 116 si riportano le medie annuali della somma delle concentrazioni degli IPA e dei PCB determinati sul sedimento nelle stazioni delle acque marino costiere.

Per gli IPA non si evidenziano valori medi/anno che superano lo SQA di cui alla tab. 3/B del D.56/09 (somma IPA = 800  $\mu\text{g}/\text{kg}$  ss) in tutto il periodo considerato (2007-2011).

Per i PCB il D.56/09 alla tab.3/B definisce i congeneri più significativi da monitorare e lo standard di qualità da applicare ai sedimenti. Non si evidenziano valori medi/anno che superano lo SQA di cui alla tab. 3/B del D.56/09 (somma PCB = 8  $\mu\text{g}/\text{kg}$  ss) in tutto il periodo considerato (2007-2011) ed eccezione di una sola stazione, la 302 di Lido di Volano, nella quale si rileva un valore medio/anno particolarmente elevato nel 2009.

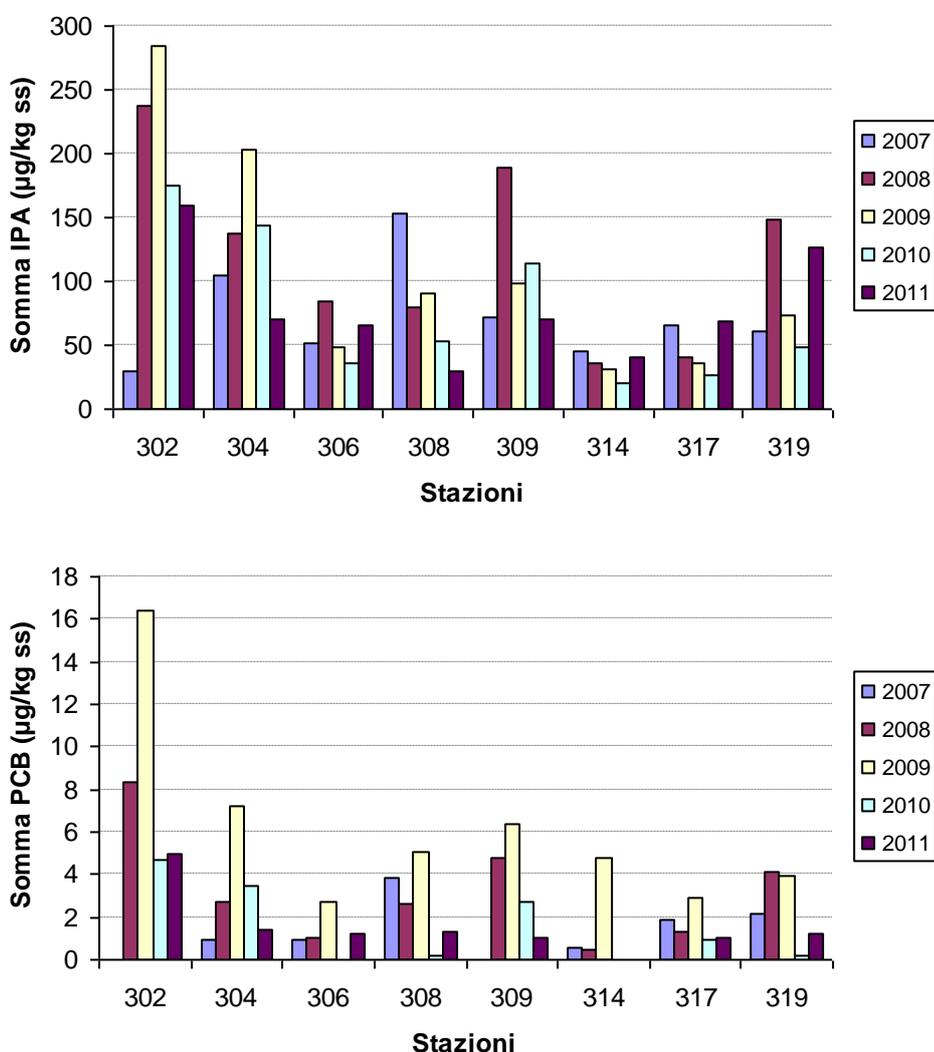


Figura 116 - Medie annuali della somma delle concentrazioni di IPA e PCB determinati sui sedimenti marini ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  ss)

### Diossine, Furani e PCB diossin like

Per le Diossine (CDD), i Furani (CDF) e i PCB diossin like, il D.56/09 alla tab. 3/B definisce i congeneri più significativi da monitorare e lo standard di qualità da applicare ai sedimenti (TE 2 ng/kg ss).

In Figura 117 sono riportati i valori medi/anno della Tossicità Equivalente (TE) delle Diossine (CDD) e dei Furani (CDF).

In Figura 118 si riporta la media annuale della Tossicità Equivalente (TE) dei Policloro Bifenili (PCB) diossin like.

Nella Figura 119 sono riportati i valori medi/annui della somma della Tossicità Equivalente (TE) delle Diossine (CDD) e dei Furani (CDF) + PCB diossin like di ciascuna stazione indagata. Tali valori mostrano che non vi è stato superamento dell'SQA previsto dal D.56/09 (2 ng/kg ss).

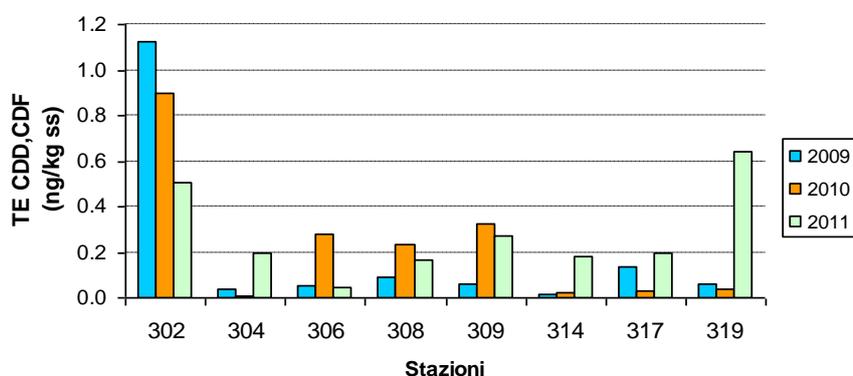


Figura 117 - Media annuale del TE di CDD, CDF determinati sui sedimenti marini

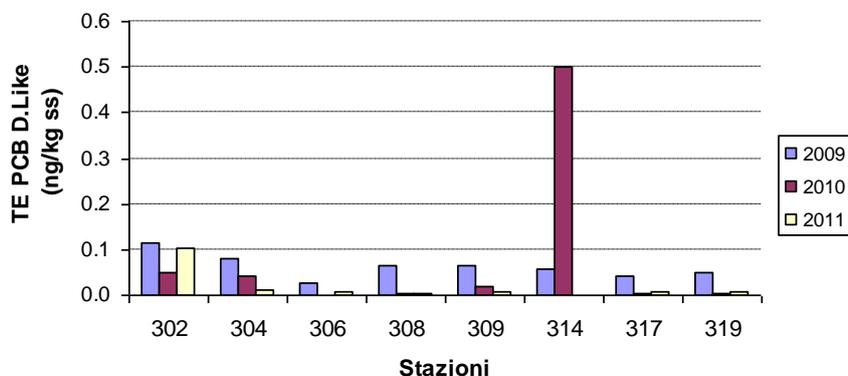


Figura 118 - Media annuale del TE dei PCB diossin like determinati sui sedimenti marini

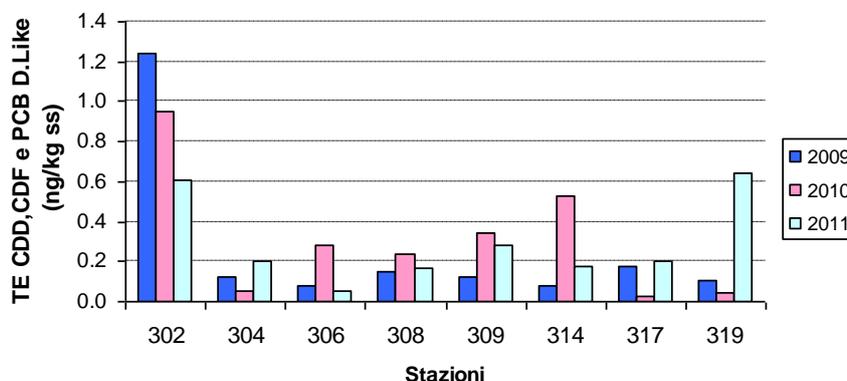


Figura 119 - Media annuale della somma del TE di CDD, CDF e PCB diossin like determinati sui sedimenti marini

## 5.2.4 Inquinanti specifici appartenenti all'elenco di priorità

I risultati delle indagini sulle sostanze appartenenti all'elenco di priorità definiscono lo Stato Chimico delle acque marino costiere. Il D.56/09 prevede la ricerca di tali sostanze nella matrice acqua (tab. 1/A), nella matrice sedimento (tab. 2/A) e, opzionalmente, nel Biota (tab. 3/A).

### 5.2.4.a Sostanze ricercate nell'acqua

Gli inquinanti specifici prioritari ricercati nelle acque marino costiere che concorrono alla valutazione dello Stato Chimico sono quelli riportati in tab. 1/A del D.56/09 .

Le stazioni di campionamento interessate alla ricerca degli inquinanti sono 8 ubicate a circa 0.5 km e, solo una, a 3 km di distanza dalla costa. La frequenza di campionamento è mensile (vedi Tabella 4).

Il campionamento dell'acqua finalizzata alla ricerca degli inquinanti di cui alla tab. 1/A del D.56/09 è iniziato a gennaio 2011 e si è concluso a dicembre 2011.

Nelle stazioni 2 di Lido di Volano e 17 di Rimini il valore medio/anno della concentrazione del Difeniletero bromato (inteso come sommatoria dei congeneri 28,47 ,99 ,100 ,153 e 154) supera lo SQA-MA (Standard di Qualità Ambientale – Media Annuale) riportato in tab. 1/A del D.56/09 . Per tali stazioni, la ricerca dei congeneri del Difeniletero bromato continuerà anche nel 2012. Da un'analisi dei dati disponibili relativi ai fiumi con foce a mare, è stato possibile ipotizzare che i congeneri del Difeniletero bromato giungono a mare dal fiume Po e Marecchia. Tali ipotesi potrà essere confermata dall'analisi dei dati relativi ai fiumi del 2011.

Nel 2011, i valori massimi di concentrazione degli inquinanti specifici ricercati in ciascuna stazione non superano i relativi SQA-CMA (Standard di Qualità Ambientale - Concentrazione Massima Ammissibile) riportati nella tab. 1/A del D.56/09 .

### 5.2.4.b Sostanze ricercate nel sedimento

Gli inquinanti specifici ricercati nel sedimento per la definizione dello Stato Chimico sono quelli riportati in tab. 2/A del D.56/09 . Le stazioni di campionamento interessate alla ricerca degli inquinanti sono 8 e sono ubicate a 3 km di distanza dalla costa. La frequenza di campionamento è semestrale (vedi Tabella 4 e Tabella 3).

Nei paragrafi che seguono si riporta la media annuale della concentrazione degli inquinanti determinati sul sedimento.

#### **Metalli: cadmio, nichel, piombo, mercurio e tributilstagno (TBT)**

Nella Figura 120 si riporta la media annuale della concentrazione di alcuni metalli determinati sul sedimento. La serie storica di dati è di cinque anni consecutivi (dal 2007 al 2011).

Osservando la figura, si nota che valori medi/anno di concentrazione del cadmio e del piombo sono sempre inferiori allo SQA definito dal D.56/09 (0.3 mg/kg per il cadmio e 30 mg/kg per il piombo) in tutto il periodo considerato.

Il nichel presenta valori medi/annui di concentrazione nettamente superiori rispetto allo SQA definito dal D.56/09 (30 mg/kg). È noto ed è stato dimostrato in alcuni lavori scientifici, che le concentrazioni elevate di nichel lungo la costa emiliano romagnola (come anche per il cromo totale e lo zinco), non sono di origine antropica ma geologica e costituiscono il fondo naturale nei sedimenti per queste aree.

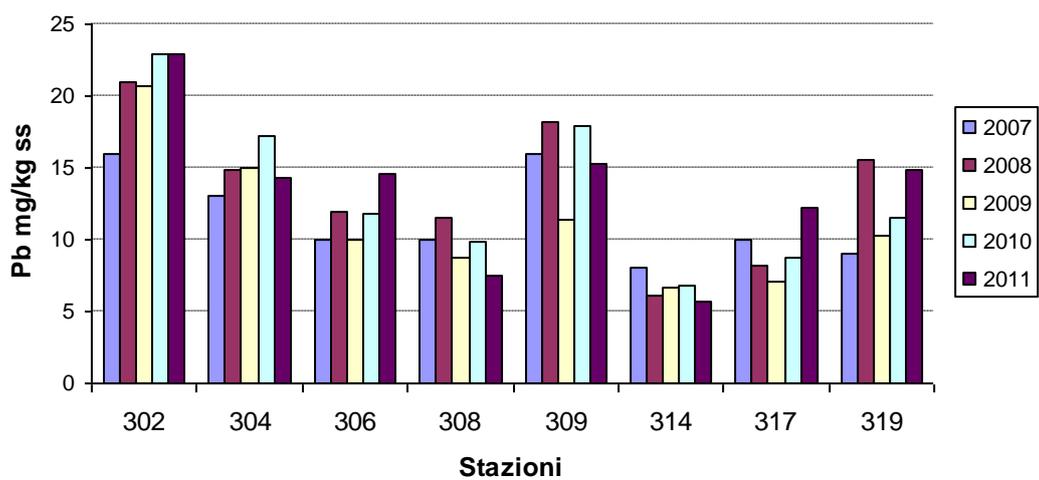
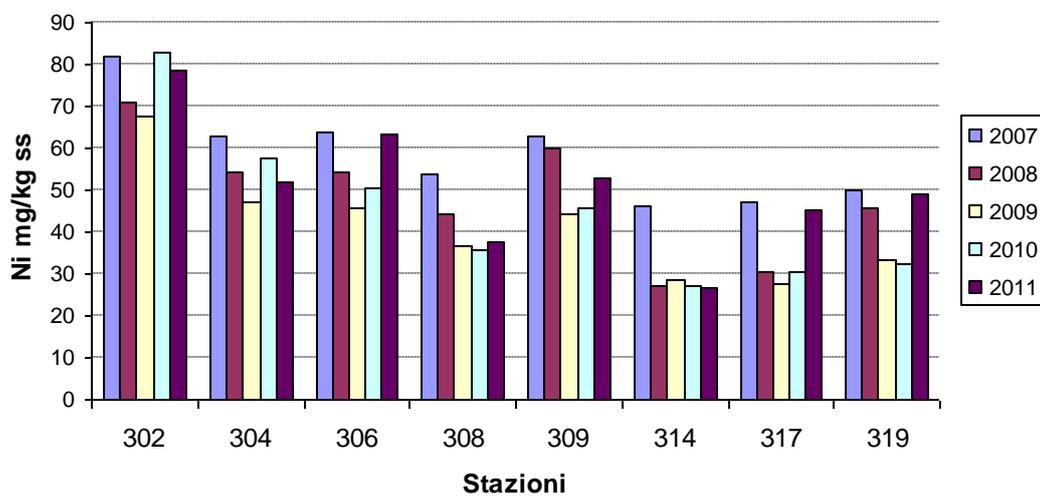
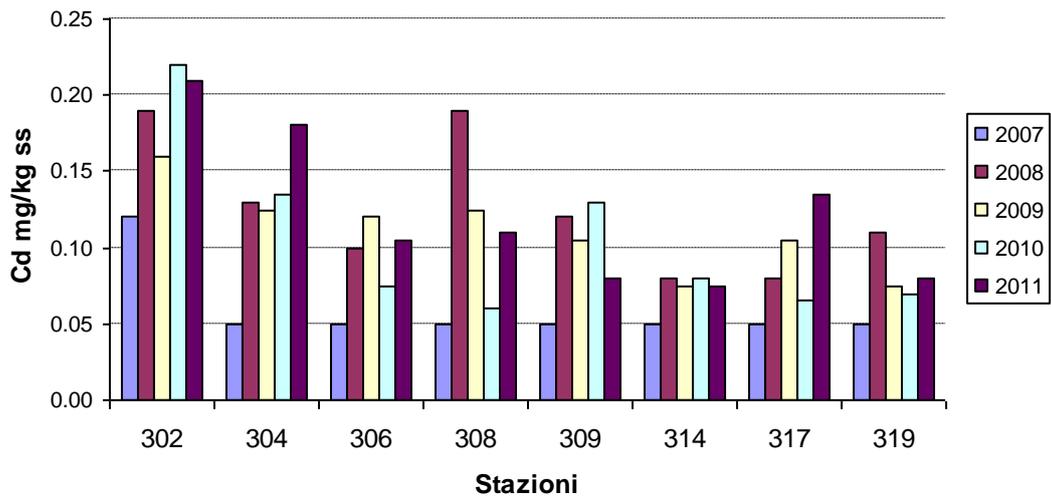


Figura 120 - Medie annuali del cadmio, nichel e piombo determinati sul sedimento

Meritano più attenzione i valori medi/anno del mercurio e del TBT (vedi Figura 121 e Figura 122).

Il valore medio/anno del mercurio supera lo SQA di tab. 2/A del D.56/09 ( 0.3 mg/kg ss ) in 3 stazioni: la 306 Casalborsetti, 309 Lido Adriano e 319 Cattolica. Tali valori sono da considerarsi comunque conformi alla tab. 2/A del D.56/09 perché lo stesso decreto ammette uno scostamento dal SQA pari al 20% dello stesso (SQA+20%= 0.36 mg/kg ss).

Nella stazione 308 di Marina di Ravenna, il valore medio/anno del TBT raggiunge lo SQA di tab. 2/A del D.56/09 (5 µg/kg ss). Tale valore, come nel caso del mercurio, è conforme al D.56/09 perché è ammesso lo scostamento del 20% dallo SQA stesso (SQA+20%= 6 µg/kg ss).

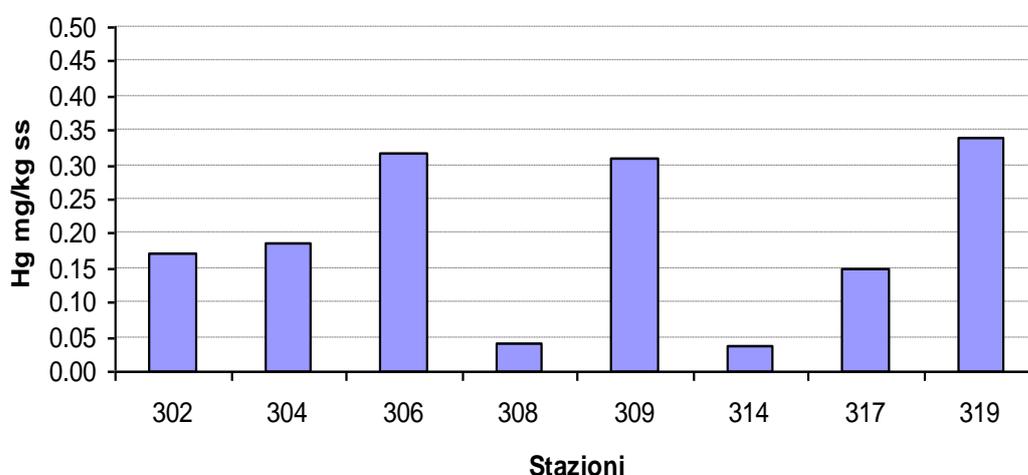


Figura 121 - Media annuale del Mercurio determinato sul sedimento – anno 2011

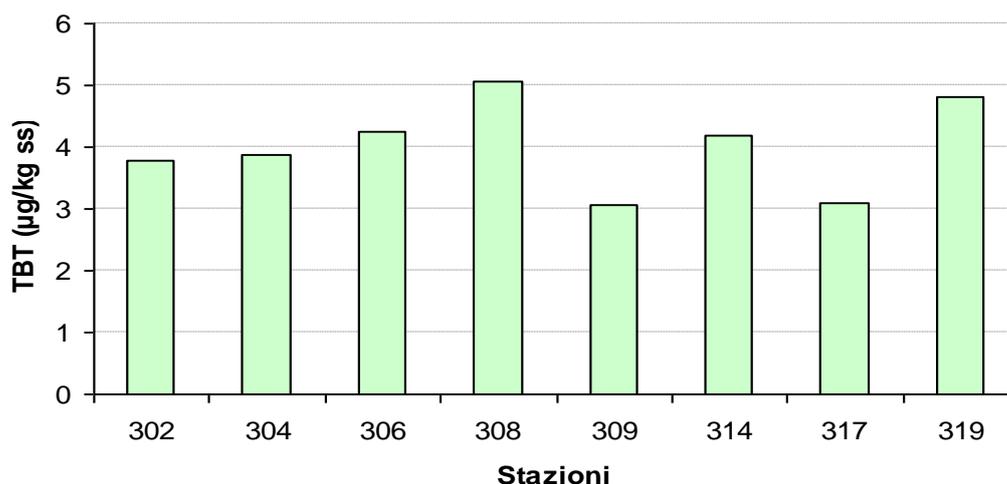


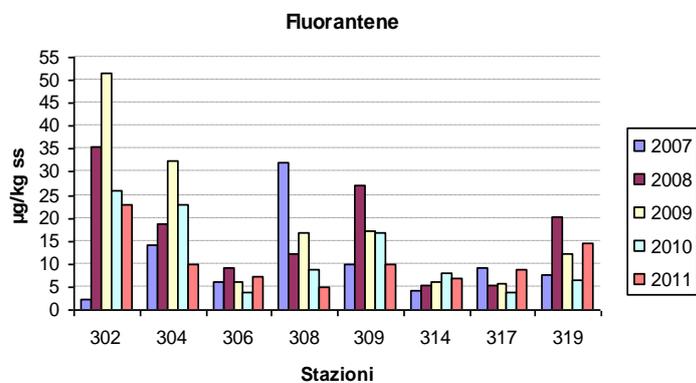
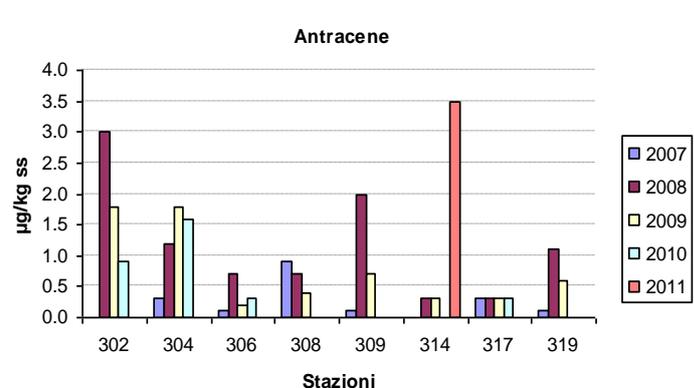
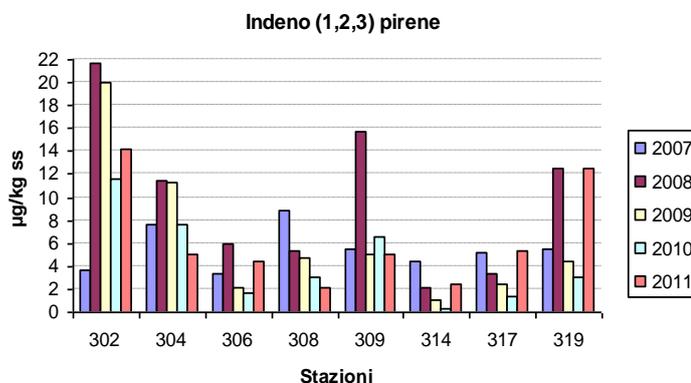
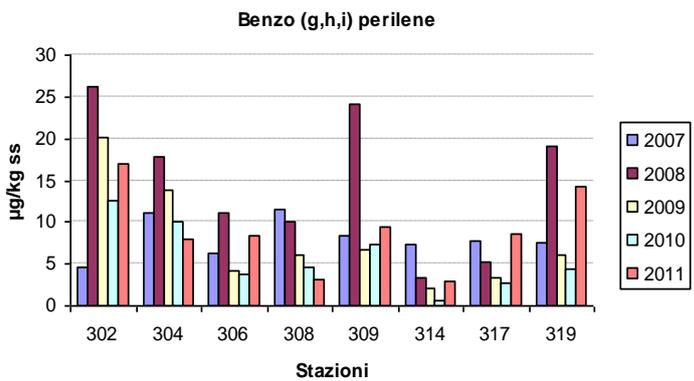
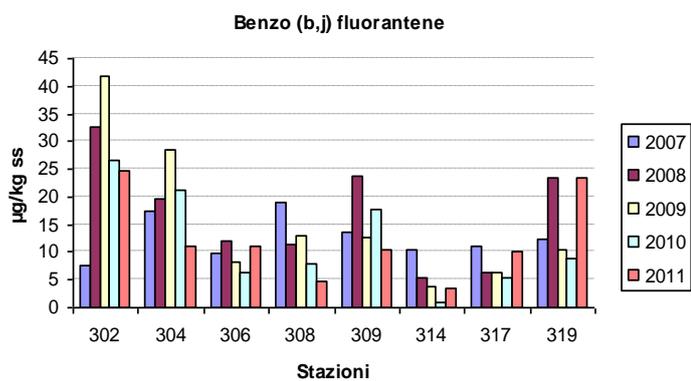
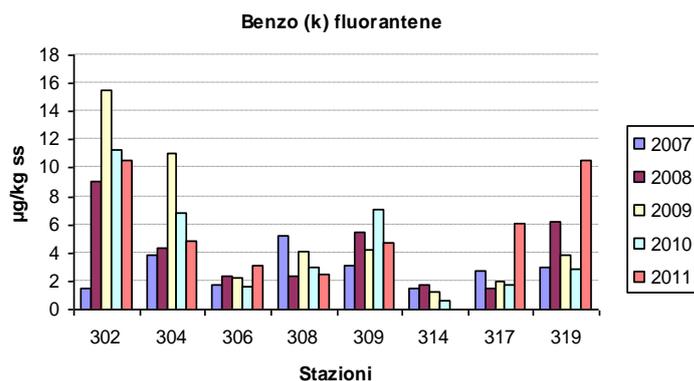
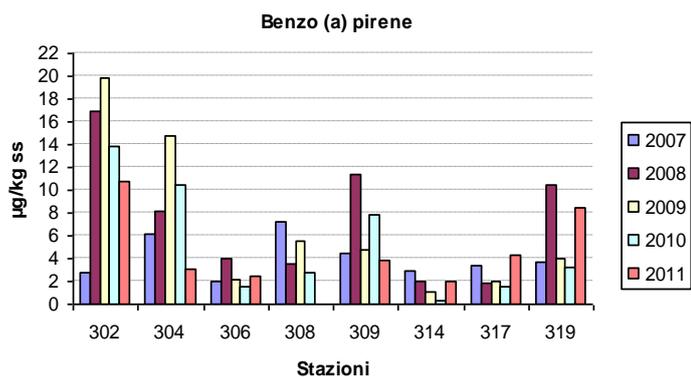
Figura 122 - Media annuale del TBT determinato sul sedimento – anno 2011

### **Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA): alcuni parametri significativi**

Nella Figura 123 si riportano le medie annuali delle concentrazioni degli IPA di cui alla tab. 2/A del D.56/09 determinati sui sedimenti marini prelevati nelle 8 stazioni d'indagine a 3 km di distanza dalla costa (vedi Tabella 4). Nella figura non si riporta il grafico relativo al naftalene in quanto i valori medi/annui di concentrazione sono tutti inferiori al limite di quantificazione strumentale e quindi abbondantemente al di sotto dello SQA definito dal D.56/09 .

La figura mostra, per ogni singola tipologia di IPA analizzata, un'evidente analogia. Il trend è altalenante nelle stazioni meridionali della costa mentre nelle stazioni settentrionali il trend è stato crescente fino al 2009 e decrescente negli ultimi due anni. I valori medi/anno sono più elevati nelle due stazioni più a nord (302 di Lido di Volano e 304 di Porto Garibaldi) nella 309 di Lido Adriano e nella 319 (Cattolica).

In tutto il periodo analizzato (2007-2011) non si riscontrano valori medi/anno che superano gli SQA definiti nella tab. 2/A del D.56/09 .



**Figura 123 - Media annuale delle concentrazioni dei Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) più significativi determinati sui sedimenti marini**

## Pesticidi

Nella tab. 2/A del D.56/09 sono indicati i pesticidi da ricercare nei sedimenti marini e i relativi SQA. Le stazioni per le quali è stata effettuata la ricerca dei pesticidi sono 8 a 3 km dalla costa (vedi Tabella 4 e Tabella 3).

Nel 2011, i valori di concentrazione di tutti i pesticidi sono inferiori al limite di quantificazione in tutte le stazioni oggetto di indagine. L'unica eccezione è relativa al parametro DDE che è presente ma con valori di concentrazione bassi.

Nel 2011 dunque non vi sono stati superamenti degli SQA della tab. 2/A del D.56/09 relativi ai pesticidi.

### 5.2.4.c Sostanze ricercate nel biota

Gli inquinanti specifici ricercati nel biota delle acque marino costiere per la definizione dello Stato Chimico sono quelli riportati in tab. 3/A del D.56/09 (Tabella 19). L'organismo di riferimento per le acque marino-costiere è il Mitile (*Mytilus galloprovincialis*, Lamark, 1819). Le stazioni di campionamento interessate alla ricerca degli inquinanti di cui alla Tabella 19 sono 4 e sono ubicate a circa 3 km di distanza dalla costa. La frequenza di campionamento è annuale (vedi Tabella 4 e Tabella 3).

La ricerca dei microinquinanti non è stata eseguita nel 2011 perché le indagini di accumulo di inquinanti specifici nel biota negli ultimi due anni hanno dato concentrazioni inferiori al limite di quantificazione strumentale o comunque molto inferiori al SQA definito dal D.56/09. Inoltre, il D.56/09 definisce le indagini di accumulo sul biota come supplementari, che possono essere eseguite al fine di acquisire ulteriori elementi conoscitivi utili a determinare cause di degrado del corpo idrico e fenomeni di bioaccumulo.

**Tabella 19 - Inquinanti specifici ricercati nel *Mytilus galloprovincialis***

Sostanze	SQA ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )
Mercurio e composti	20
Esaclorobenzene	10
Esaclorobutadiene	55

Nota: Gli Standard di Qualità nel mitile si applicano ai tessuti e si riferiscono al peso umido.

### 5.2.5 Test ecotossicologici

Le indagini ecotossicologiche interessano 8 stazioni a circa 3 km di distanza dalla costa con frequenza annuale (vedi Tabella 4 e Tabella 3).

I risultati di tali indagini sono utilizzati ad integrazione di quanto emerge dalla definizione dello stato chimico.

Il criterio di scelta delle specie con cui effettuare le indagini ecotossicologiche è quello di utilizzare una batteria di saggi composta da specie appartenenti a differenti gruppi di livelli trofici, di cui almeno uno applicato ad una matrice solida.

La valutazione dei risultati dei test ecotossicologici, ha dato tossicità assente.

## 5.2.6 Direzione e altezza onde

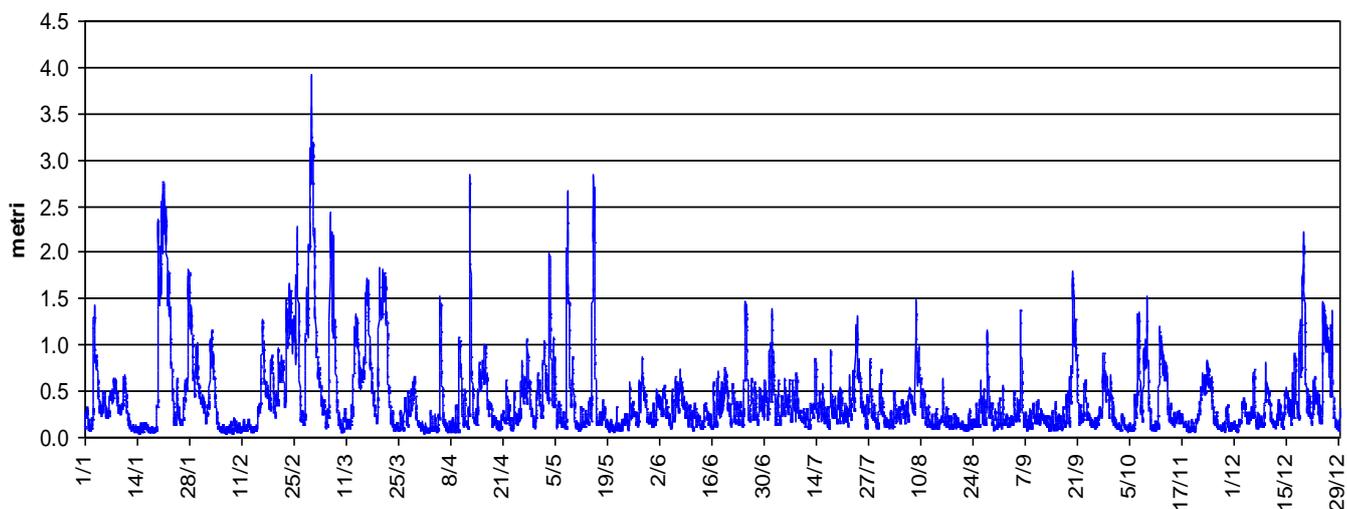
La stazione di rilevamento è stata installata da ARPA il 23 maggio 2007 ed è equipaggiata con una boa ondometrica Datawell Directional wave rider MkIII 70 posizionata 44.2155°N 12.4766°E - WGS84. La boa è collocata a circa 8 km al largo di Cesenatico su un fondale di 10 m di profondità in una zona interdetta alla navigazione, all'attracco ed alla pesca. Il sistema ricevente a terra è situato presso la Struttura Oceanografica Daphne a Cesenatico. I dati vengono acquisiti ogni 30' ed archiviati nel Dbase meteo-marino del Servizio IdroMeteoClima. Il sistema è stato acquisito su incarico della Regione Emilia-Romagna nell'ambito del progetto Beachmed – E, sottoprogetto Nausicaa e mantenuto anche grazie al finanziamento derivante dal progetto europeo MICORE (FP7-ENV-2007-1 Cooperation, Grant agreement no. 202798). I dati rilevati sono elaborati e visibili al sito <http://www.arpa.emr.it/sim/?mare/boa>.

Nella Figura 125 si riportano i dati di altezza significativa dell'onda raccolti nell'anno 2011 dalla boa ondometrica Nausicaa.

La direzione e l'altezza dell'onda rilevati nel 2011 sono stati elaborati in Figura 126.



**Figura 124 - Boa Nausicaa posizionata in mare**



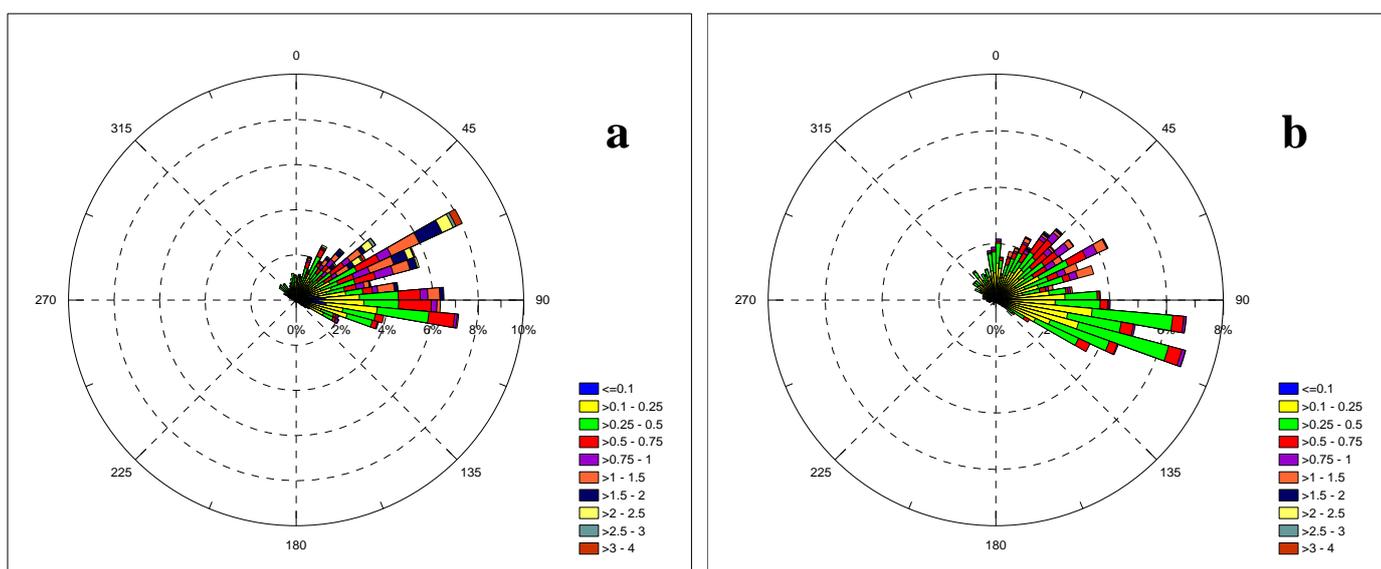
**Figura 125 - Altezza delle onde anno 2011**

La distribuzione dei dati evidenzia che gli eventi con onde di altezza maggiore di 2 metri si sono verificati tutti all'interno del periodo tra gennaio e maggio e nella seconda parte di dicembre, con picchi di intensità a febbraio e marzo (Figura 125). Le maggiori frequenze di classe d'altezza dell'onda si posizionano tra 0.1 a 0.75 metri, prediligendo fortemente la classe tra 0.25 e 0.50 metri. Le onde provengono per lo più da direzioni situate tra i 40° ed i 120°, con una maggiore presenza di quelle dai 75° ai 130°.

Analizzando il periodo gennaio-maggio (Figura 126 a) la maggior parte delle altezze d'onda sono comprese tra 0,1 ed 1 metro (mare calmo o poco mosso) pur rimanendo significative quelle comprese nel range tra 1 e 3 metri. Gli eventi di mareggiata con altezza d'onda maggiore di 2.5 metri provengono principalmente da nord-est.

Il massimo valore d'onda si è verificato il 2 marzo con un'altezza pari a 4 metri.

Nel periodo giugno-dicembre (Figura 126 b) le frequenze di direzione dell'onda risultano essere situate per la maggior parte tra 330° e i 135° con un picco di frequenza attorno ai 90° e 130°. L'evento massimo si è verificato il 19 dicembre con un'altezza maggiore di 2 metri.



**Figura 126 - Diagramma circolare di direzione e altezza dell'onda nel periodo gennaio-maggio 2011 (a) giugno-dicembre 2011 (b)**

## 6 RETE DI MONITORAGGIO VITA MOLLUSCHI

I molluschi eduli lamellibranchi rappresentano una voce importante nel contesto dell'economia ittica della regione Emilia-Romagna. Infatti le acque marino costiere regionali sono sede non solo di banchi e di popolazioni naturali di molluschi bivalvi e gasteropodi, tra cui la specie *Chamelea gallina*, ma ospitano anche, nella fascia di mare compresa tra i 4 km fino ai 10 km, allevamenti di molluschi bivalvi con la specie prevalente *Mytilus galloprovincialis* (mitili). Infine non vanno tralasciate le piattaforme off-shore sulle cui parti sommerse crescono banchi naturali di mitili.

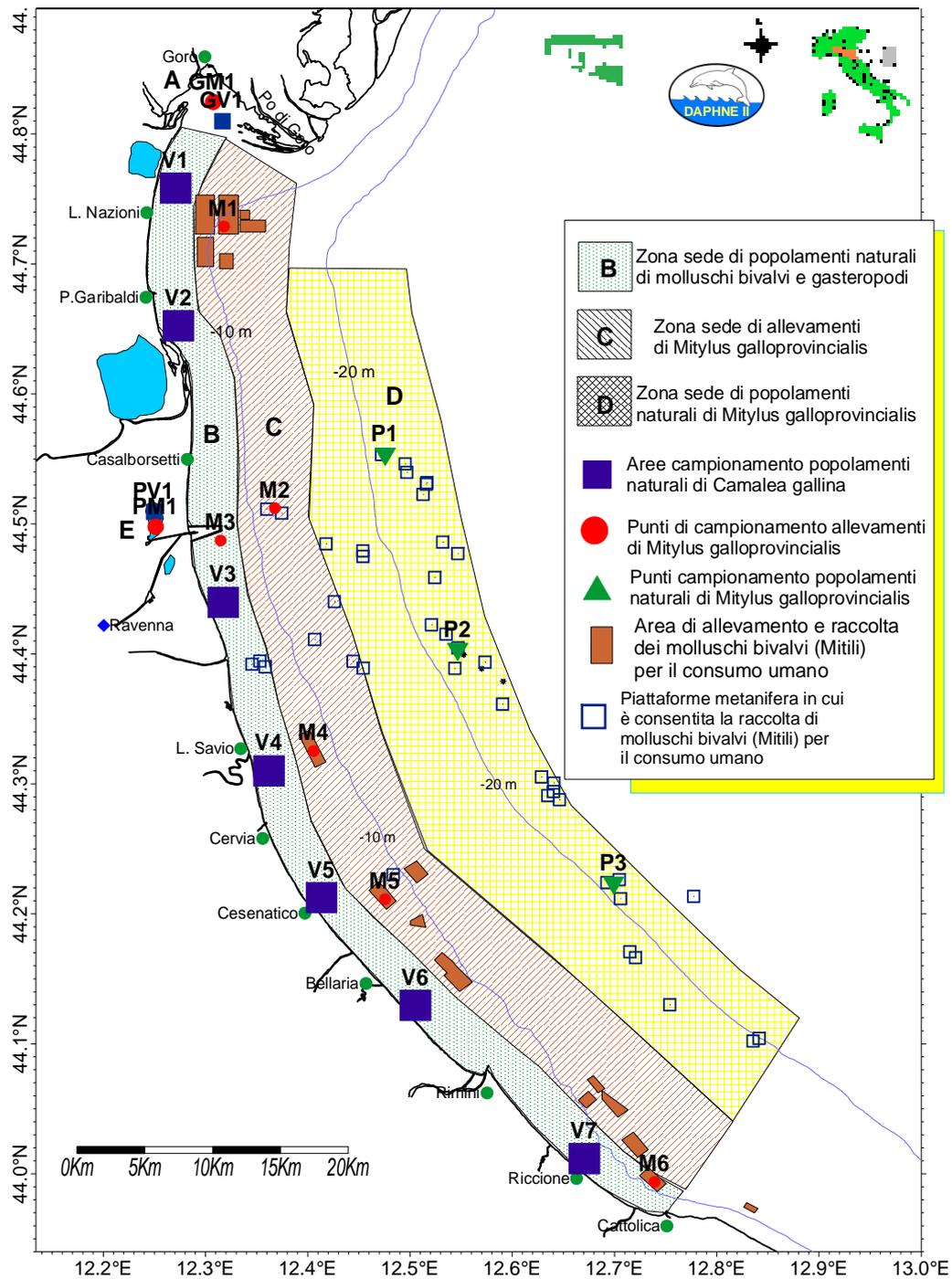
In attuazione alla direttiva 79/923/CEE la Regione Emilia-Romagna ha provveduto con Delibera n. 5210 del 18 ottobre del '94 alla " prima designazione delle acque destinate all'allevamento e/o alla raccolta di molluschi bivalvi e gasteropodi sulla base del D.Lgs131/92, individuando le aree dove sono presenti sia allevamenti di molluschi bivalvi (mitili), sia le aree con banchi naturali di molluschi bivalvi e gasteropodi. Decisione assunta anche a seguito del piano di monitoraggio, al quale la Struttura Oceanografica Daphne di Arpa ha finora contribuito, per definire il quadro sullo stato qualitativo delle acque costiere designate e gli eventuali interventi mirati alla tutela e al miglioramento.

Con Delibera di Giunta n. 45 del 20 gennaio 1997 sono state inoltre classificate le zone di produzione dei molluschi bivalvi ai sensi dell'art. 4 del D.L. 30 dicembre n. 530.

Infine con L.R.3/99, l'azione svolta dall'Amministrazione Regionale nell'esercizio della funzione di cui sopra al D.Lgs131/92, ora abrogato e sostituito dal D.Lgs152/06, è stata delegata alle Amministrazioni Provinciali.

Per quanto riguarda la Struttura Oceanografica Daphne in riferimento all'All. 2 Sez C del D.Lgs152/06, le stazioni individuate nella rete di controllo, corrispondono in gran parte a quelle monitorate per la classificazione trofica delle acque costiere marine (rete di monitoraggio eutrofizzazione) e pertanto sarà garantito il flusso di dati con la frequenza prevista dal Decreto relativo a: pH, temperatura, salinità, ossigeno disciolto lungo tutta la colonna e gli idrocarburi eventualmente presenti in superficie.

Per quanto concerne gli altri parametri quali: colorazione, materiale in sospensione, sostanze organiche alogenate, metalli pesanti, coliformi fecali, sostanze che influiscono sul sapore e biotossine, ogni amministrazione provinciale si rapporta autonomamente con le AUSL, le Arpa provinciali ed altri Enti per rispondere compiutamente a quanto previsto dal D.Lgs152/06.



**Figura 127 - Rete di monitoraggio per il rilevamento delle caratteristiche qualitative per la conformità delle acque destinate alla vita dei molluschi**

## 7 EMERGENZE E ANOMALIE AMBIENTALI

### 7.1 SPIAGGIAMENTO DI TARTARUGHE

Anche nel 2011, analogamente a quanto accaduto nel 2010, si sono verificati spiaggiamenti di individui adulti di tartarughe marine della specie *Caretta caretta* (Figura 128) a causa dell'abbassamento delle temperature delle acque che si è manifestato nel periodo invernale. Gli animali raccolti presentavano stati di sofferenza per ipotermia. Sono stati prontamente trasferiti alla Fondazione Cetacea di Riccione che ha prestato le idonee cure per ristabilire gli animali e prevedere ad un loro successivo rilascio.



**Figura 128 - Cadavere di *Caretta caretta* spiaggiato (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)**

## 7.2 PROLIFERAZIONE MACROALGHE

Seppur con minore intensità rispetto al 2010 anche nei mesi estivi del 2011 si sono manifestate localizzate proliferazioni della Clorofita *Enteromorpha multiramosa*. Nella seconda metà di agosto si sono verificati accumuli e spiaggiamenti nel tratto di costa ferrarese (Porto Garibaldi). Si tratta di una macroalga verde il cui tallo (corpo) è formato da esili filamenti. Da segnalare, sempre nello stesso periodo, ma con estensione maggiore, la proliferazione di macroalge rosse, sferiche della specie *Aglaothamnion tenuissimum*. Entrambe le specie sono fissate al substrato solo nei primi stadi di sviluppo, in seguito si staccano e tendono ad essere trasportate dalle correnti e dal moto ondoso. Anche a tale condizione sono dovuti i consistenti accumuli nei pressi delle infrastrutture portuali e degli arenili.



**Figura 129 - Spiaggiamento macroalga *Enteromorpha multiramosa* a Cesenatico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)**

### 7.3 FORMAZIONE DI SCHIUME

Il fenomeno, discusso nel paragrafo 4.2, si è verificato tra la fine di settembre e la prima decade di ottobre. Si è manifestato con una cospicua presenza di materiale schiumoso in superficie. Detto materiale era composto da sostanze organiche generate da microalghe (Diatomee).

Il fenomeno, assimilabile alle schiume prodotte durante le mareggiate, visibili nei tratti costieri in cui sono presenti le barriere frangiflutti, è da annoverare tra gli “eventi anomali” per la quantità di materiale schiumoso prodotto.



**Figura 130 – Materiale organico schiumoso in superficie (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)**

Le probabili cause sono state:

- presenza di una anomala condizione meteorologica con elevate e persistenti temperature delle acque e stasi idrodinamica (scarse correnti e ridotto moto ondoso);
- apporti di acque fluviali, dopo un lungo periodo di magra, sia di provenienza padana che costiera, che hanno apportato sostanze nutritive (sali di azoto, fosforo e silicati);
- detti contributi hanno innescato un intenso fenomeno eutrofico sostenuto prevalentemente da Diatomee;
- presenza di vento teso da Scirocco che oltre a “shakerare” lo strato d’acqua superficiale con conseguente formazione di materiale schiumoso, ha sospinto e accumulato detto materiale all’interno delle barriere frangiflutti e nei porto-canali.

#### 7.4 PRESENZA DI MEDUSE

Nel periodo tra maggio e giugno si è rilevata al largo e sottocosta la presenza di banchi di meduse della specie *Aurelia aurita*, specie non urticante. All'inizio di luglio è stato segnalato uno spiaggiamento consistente di esemplari di questa specie in località Marina di Ravenna. Questa specie, nota anche come “medusa quadrifoglio”, è infatti facilmente riconoscibile dalla forma perfettamente sferica del suo ombrello, bianco diafano e trasparente, e soprattutto dalla presenza, sulla sommità dello stesso, di quattro strutture circolari (le gonadi) che formano una geometria a quadrifoglio. Possiede inoltre dei corti e sottili tentacoli; è tra le meduse più note e diffuse. Nella seconda metà di agosto si sono verificate sciamature di *Carybdea marsupialis*, cubomedusa appartenente ai generi urticanti (Figura 131). Questa specie è dotata di ombrella a forma di cubo, trasparente. Dagli angoli del margine inferiore aperto si dipartono quattro tentacoli che, quando distesi, possono raggiungere i 70 cm di lunghezza.

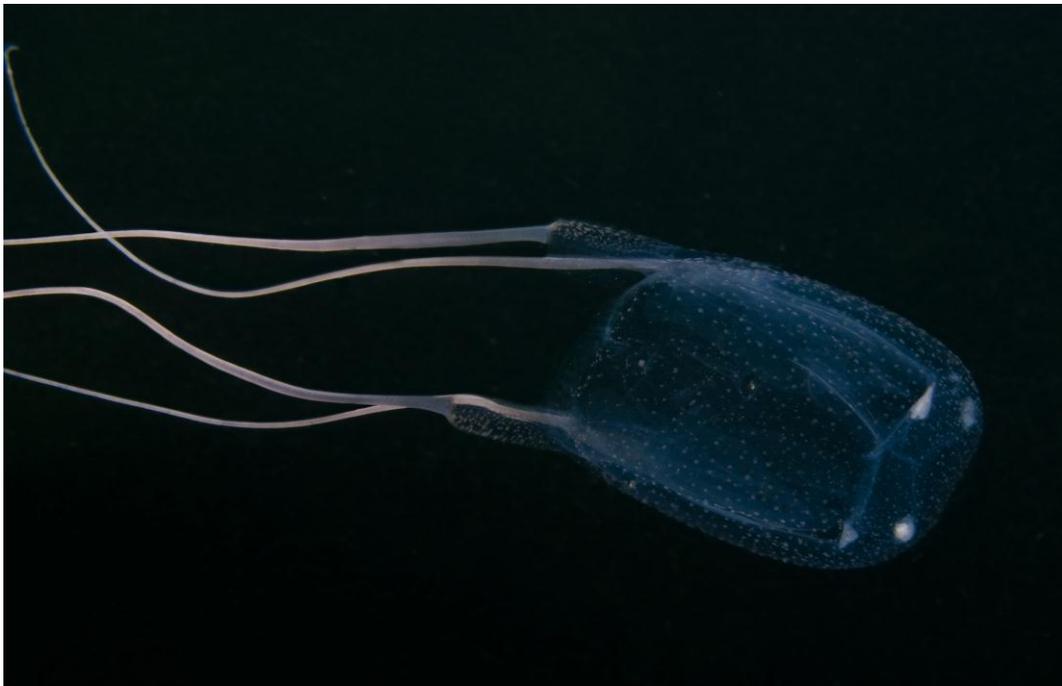
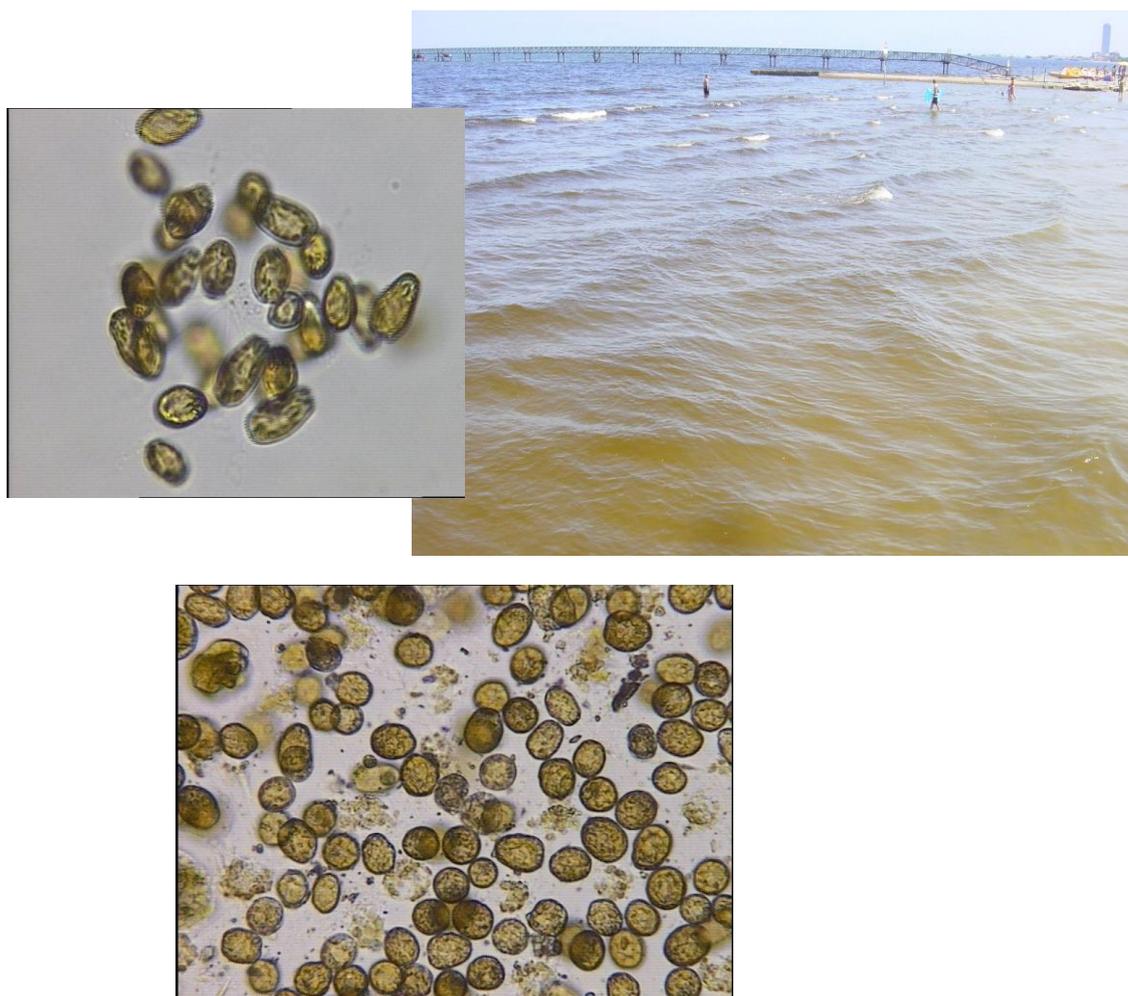


Figura 131 – Cubomedusa *Carybdea marsupialis*

## 7.5 FIORITURE DI FIBROCAPSA JAPONICA

Nella seconda settimana del mese di agosto si è registrata nella zona compresa tra Cesenatico e Cervia, lo sviluppo di un'intensa fioritura di Raphidophyceae (*Fibrocapsa japonica*). La presenza di questa microalga è stata molto variabile manifestandosi soprattutto nelle prime ore pomeridiane nella fascia compresa tra 0 e 300 m dalla battigia. Le acque presentavano una colorazione intensa rosso-marrone e una forte riduzione della trasparenza.



**Figura 132 - *Fibrocapsa japonica* fotografia al microscopio ottico; marea rossa sostenuta dalla *Fibrocapsa japonica* (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)**



**Arpa - Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente dell'Emilia-Romagna**

**STRUTTURA OCEANOGRAFICA DAPHNE**

V.le Vespucci, 2 - 47042 CESENATICO (FC)

Tel. 0547 83941 Fax 0547 82136

E-mail: [daphne@arpa.emr.it](mailto:daphne@arpa.emr.it)