



**Regione Emilia-Romagna**

Assessorato Ambiente e Riqualificazione Urbana

**Arpae**



**Agenzia Regionale Prevenzione Ambiente**

**Energia dell'Emilia-Romagna**

**Struttura Oceanografica Daphne**

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

## **Rapporto annuale 2014**





# SOMMARIO

<b>PRESENTAZIONE .....</b>	<b>1</b>
<b>1 QUADRO NORMATIVO.....</b>	<b>3</b>
<b>2 QUADRO CONOSCITIVO .....</b>	<b>5</b>
2.1 Il mare Adriatico: caratteristiche generali .....	5
2.2 La fascia costiera emiliano-romagnola .....	6
2.2.1 Le pressioni .....	6
2.2.2 La qualità delle acque marino costiere.....	8
2.2.3 La circolazione geostrofica e le discontinuità strutturali della fascia litoranea.....	8
2.2.4 I corpi idrici .....	11
<b>3 METODICHE DI CAMPIONAMENTO E DI ANALISI.....</b>	<b>13</b>
3.1 Metodi di campionamento.....	13
3.1.1 Prelievo acqua.....	13
3.1.1.a Prelievo dei campioni per l'analisi quali-quantitativa del fitoplancton .....	13
3.1.1.b Raccolta e trattamento dei campioni per la determinazione dei sali nutritivi .....	13
3.1.1.c Prelievo dei campioni per le indagini chimiche.....	13
3.1.2 Prelievo sedimento.....	14
3.1.2.a Prelievo per l'analisi quali-quantitativa del macrozoobenthos .....	14
3.1.2.b Prelievo per le indagini chimiche e chimico fisiche .....	14
3.1.3 Determinazioni parametri chimico-fisici e biologici colonna d'acqua .....	15
3.2 Metodi analitici .....	16
3.2.1 Matrice acqua.....	16
3.2.1.a Ricerca microinquinanti organici e inorganici.....	16
3.2.1.b Determinazione dei sali nutritivi .....	17
3.2.1.c Analisi quali-quantitativa del Fitoplancton .....	17
3.2.2 Matrice sedimento.....	18
3.2.2.a Indagini chimico/fisiche .....	18
3.2.2.b Ricerca microinquinanti organici e inorganici.....	18
3.2.2.c Indagini ecotossicologiche .....	19
3.2.2.d Analisi quali-quantitativa del macrozoobentos.....	20
3.2.3 Matrice Biota .....	20
3.2.3.a Determinazione del bioaccumulo di microinquinanti organici e inorganici.....	20
3.2.4 Indagini meteo-marine .....	20
<b>4 LO STATO TROFICO .....</b>	<b>21</b>
4.1 Rete di monitoraggio .....	21
4.1.1 Parametri e frequenza di campionamento .....	24
4.2 Rassegna degli eventi eutrofici del litorale emiliano-romagnolo .....	26
4.3 Elaborazione bollettino.....	36
4.4 Monitoraggio e risultati.....	38
4.4.1 Parametri idrologici .....	38
4.4.1.a Temperatura.....	38
4.4.1.b Salinità.....	41
4.4.1.c Ossigeno disciolto .....	45
4.4.1.d Clorofilla "a" .....	49
4.4.2 Elementi nutritivi .....	54

4.4.2.a	Azoto nitrico (N-NO <sub>3</sub> ) .....	54
4.4.2.b	Azoto nitroso (N-NO <sub>2</sub> ) .....	57
4.4.2.c	Azoto ammoniacale (N-NH <sub>3</sub> ) .....	59
4.4.2.a	Azoto inorganico disciolto (DIN).....	61
4.4.2.b	Azoto totale (N tot).....	63
4.4.2.c	Fosforo reattivo (P-PO <sub>4</sub> ).....	65
4.4.2.d	Fosforo totale (P tot).....	68
4.4.2.e	Silice reattiva (Si-SiO <sub>2</sub> ) .....	72
4.4.2.f	Rapporto N/P (frazione solubile).....	74
<b>4.5</b>	<b>Definizione dello Stato Trofico .....</b>	<b>76</b>
4.5.1	Approccio metodologico di sviluppo e applicazione dell'Indice Trofico ( TRIX ).....	76
4.5.2	Indice di Torbidità (TRBIX) .....	81
<b>5</b>	<b>LO STATO DI QUALITÀ AMBIENTALE .....</b>	<b>83</b>
<b>5.1</b>	<b>Rete di monitoraggio .....</b>	<b>83</b>
<b>5.2</b>	<b>Analisi dei risultati.....</b>	<b>87</b>
5.2.1	Elementi di Qualità Biologica (EQB) .....	87
5.2.1.a	Fitoplancton.....	87
5.2.2	Macrozoobenthos .....	102
5.2.3	Elementi di qualità chimico-fisica e idromorfologici.....	111
5.2.3.a	Elementi di qualità chimico-fisica .....	111
5.2.3.b	Elementi di qualità idromorfologica e fisico-chimici dei sedimenti.....	120
	Granulometria.....	120
	Carbonio Organico Totale (TOC).....	121
5.2.4	Inquinanti specifici non appartenenti all'elenco di priorità.....	123
5.2.4.a	Sostanze ricercate nell'acqua.....	123
5.2.4.b	Sostanze ricercate nei sedimenti.....	123
5.2.5	Inquinanti specifici appartenenti all'elenco di priorità.....	127
5.2.5.a	Sostanze ricercate nell'acqua.....	127
5.2.5.b	Sostanze ricercate nel sedimento .....	127
5.2.5.c	Sostanze ricercate nel biota .....	129
5.2.6	Test ecotossicologici .....	129
5.2.7	Direzione e altezza onde .....	132
5.2.8	Direzione e velocità delle correnti marine .....	134
<b>5.3</b>	<b>Lo stato ambientale.....</b>	<b>137</b>
<b>1.1</b>	<b>Lo Stato Ecologico .....</b>	<b>137</b>
<b>1.2</b>	<b>Lo Stato Chimico .....</b>	<b>140</b>
<b>1.3</b>	<b>Lo Stato Ambientale .....</b>	<b>142</b>
<b>6</b>	<b>RETE DI MONITORAGGIO VITA MOLLUSCHI .....</b>	<b>143</b>
<b>7</b>	<b>EMERGENZE E ANOMALIE AMBIENTALI .....</b>	<b>145</b>
<b>7.1</b>	<b>Affioramento materiale mucillaginoso.....</b>	<b>145</b>
<b>7.2</b>	<b>fioritura microalgale rosa .....</b>	<b>147</b>
<b>7.3</b>	<b>meduse .....</b>	<b>148</b>
<b>7.4</b>	<b>s spiaggamento di pesce .....</b>	<b>149</b>
<b>7.5</b>	<b>formazione di schiume.....</b>	<b>150</b>

## **HANNO CONTRIBUITO:**

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

Margherita Benzi  
Cristina Mazziotti  
Enza Bertaccini

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

Claudio Silvestri  
Cristina Mazziotti  
Fabiola Morrone

### **Determinazione macrozoobenthos:**

Cristina Mazziotti  
Fabiola Morrone

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

Paola Martini  
Enza Bertaccini

### **Indagini ecotossicologiche:**

Cristina Mazziotti  
Paola Martini  
Samantha Lera

### **Determinazione dei microinquinanti**

Laboratori integrati delle Sezioni Provinciali Arpae di Ferrara e Ravenna

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

Margherita Benzi  
Patricia Santini  
Cristina Mazziotti  
Claudio Silvestri  
Marco Elementi  
Carla Rita Ferrari

### **Segreteria organizzativa:**

Alessandra Tinti

*Struttura Oceanografica Daphne*

*Arpae - Emilia-Romagna*

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

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

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



## PRESENTAZIONE

Le indagini condotte ogni anno sulla qualità delle acque marine dell'Emilia-Romagna permettono di tracciare un quadro complessivamente positivo della situazione. Le criticità emerse localmente nella parte settentrionale della costa, quella direttamente investita dagli apporti padani, da sempre rappresentano uno dei principali focus strategici dell'azione della Regione, a partire dalla rimozione dei carichi di azoto e fosforo capaci di innescare fenomeni eutrofici. A questo si aggiunge l'impegno su scala nazionale che negli anni '80 ha consentito l'azzeramento dei polifosfati nei prodotti della detergenza, così come l'adozione del "Piano stralcio di lotta alla eutrofizzazione" predisposto dall'Autorità del Po e purtroppo adottato nel 2002 dalla sola Emilia-Romagna.

Azioni che hanno dimostrato che una politica seria paga in termini di obiettivi raggiunti a vantaggio dell'ambiente e di quell'economia blu che ha nel mare il suo punto di forza.

Per questo è necessario continuare il percorso avviato e ritengo fondamentale rilanciare, a livello di bacino padano, interventi capaci di contrastare i fenomeni acuti di eutrofizzazione con tempi e risorse certe. Un insieme di nuovi impegni il cui fine deve essere commisurato al raggiungimento di livelli trofici accettabili per le acque costiere adriatiche, con la riduzione dei casi di eutrofia acuta e la conferma dell'elevata produttività che da sempre caratterizza l'alto Adriatico, facendone l'area più pescosa del Mediterraneo.

Per rendere efficaci gli interventi un ruolo essenziale è quello delle attività di studio e monitoraggio, uno dei punti più qualificati della **Gestione Integrata delle Zone Costiere (GIZC)**. Occorre una comprensione approfondita delle circostanze locali per capire come intervenire al meglio. Da qui il carattere centrale dell'attività della Struttura Oceanografica Daphne.

Sono passati 12 anni da quando la Regione Emilia-Romagna ha sentito l'esigenza di promuovere per la propria area marino-costiera il percorso della Gestione integrata, il tutto in un'ottica di sistematicità e coerenza. In questo importante ed innovativo percorso, con il contributo di ARPA e di altre strutture (Cervia Ambiente e Centro Ricerche Marine), si sono poste le condizioni per rendere concreti ed operativi i contenuti delle Linee guida della Gestione Integrata della Zona Costiera.

Il patrimonio ambientale costituito dai litorali è fragile: bisogna tutelarlo per mantenerne il valore e renderlo una condizione di crescita sostenibile. La Regione è impegnata nel farlo, e la sua azione si regge innanzitutto sul pilastro della conoscenza. Alle informazioni e alle abilità accumulate negli anni, abbiamo saputo affiancare gli strumenti innovativi derivati dall'Europa e dai percorsi di collaborazione internazionale. Un percorso che abbiamo compiuto con convinzione e che intendiamo continuare: sono convinta che solo insieme, facendo rete in un percorso condiviso, raggiungeremo gli obiettivi che poniamo al centro della nostra azione.

Paola Gazzolo

Assessore regionale alla Difesa del suolo e della costa, Protezione civile, Politiche ambientali e della montagna



# 1 QUADRO NORMATIVO

Il D.Lgs 152/99 definisce la disciplina generale per la tutela delle acque superficiali, marine e sotterranee. I principali obiettivi da perseguire sono:

- prevenire e ridurre l'inquinamento e attuare il risanamento dei corpi idrici inquinati;
- conseguire il miglioramento dello stato delle acque ed adeguate protezioni di quelle destinate a particolari usi;
- mantenere la capacità naturale di autodepurazione dei corpi idrici, nonché la capacità di sostenere comunità animali e vegetali ampie e ben diversificate.

Il raggiungimento degli obiettivi indicati si realizza attraverso alcuni strumenti fra i quali, l'individuazione di obiettivi di qualità ambientale e per specifica destinazione dei corpi idrici.

Il D.Lgs 152/99 e s.m.ei. è stato abrogato dal successivo D.Lgs 152/06.

Il D.Lgs 152/99 e s.m.ei. prevedeva che la valutazione dello stato di qualità ambientale fosse condotta attraverso l'applicazione dell'indice trofico TRIX e che tale valutazione doveva essere integrata dal giudizio emergente dalle indagini sul biota e sui sedimenti.

Il successivo D.M. 367/03 alla tab.2, definiva gli standard di qualità ambientali per i contaminanti inorganici e organici nei sedimenti da applicare ai fini della classificazione dello stato ambientale delle acque marine costiere.

Con il D.Lgs 152/06 (che recepisce la Direttiva 2000/60/CE e abroga integralmente il precedente D.Lgs 152/99) sono ridefinite le modalità con cui effettuare la classificazione dello stato di qualità dei corpi idrici. In particolare, per le acque marine costiere sono previsti numerosi 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. Per le indagini da effettuare sui sedimenti resta quanto previsto dal D.M. 367/03 alla tab.2 e concorrono anch'esse alla definizione dello Stato Chimico.

Con il D. 56/09, sono 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.Lgs 152/06.

Un altro decreto attuativo del D.Lgs 152/06, 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.Lgs 152/06, art.75, comma 4. Tale decreto definisce le metodologie per l'individuazione di tipi per le diverse categorie di acque superficiali (tipizzazione), la individuazione dei corpi idrici superficiali e l'analisi delle pressioni e degli impatti.

La Regione Emilia-Romagna con Delibera di Giunta n.392/2010 dell'8 febbraio 2010 ha approvato le attività svolte per l'implementazione della Direttiva 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 della attività di tipizzazione, di individuazione e caratterizzazione dei corpi idrici e di definizione della rete di monitoraggio di prima individuazione e i relativi programmi di monitoraggio.

Con il DM 260/10, pubblicato sulla G.U. il 7 febbraio 2011, recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali sempre predisposto ai sensi del D.Lgs 152/06, art.75, comma 3, sono definite 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 190/2010, istituisce un quadro all'interno del quale gli Stati membri adottano le misure necessarie per conseguire o mantenere 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 prevenire e ridurre gli apporti 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 acqueea 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.

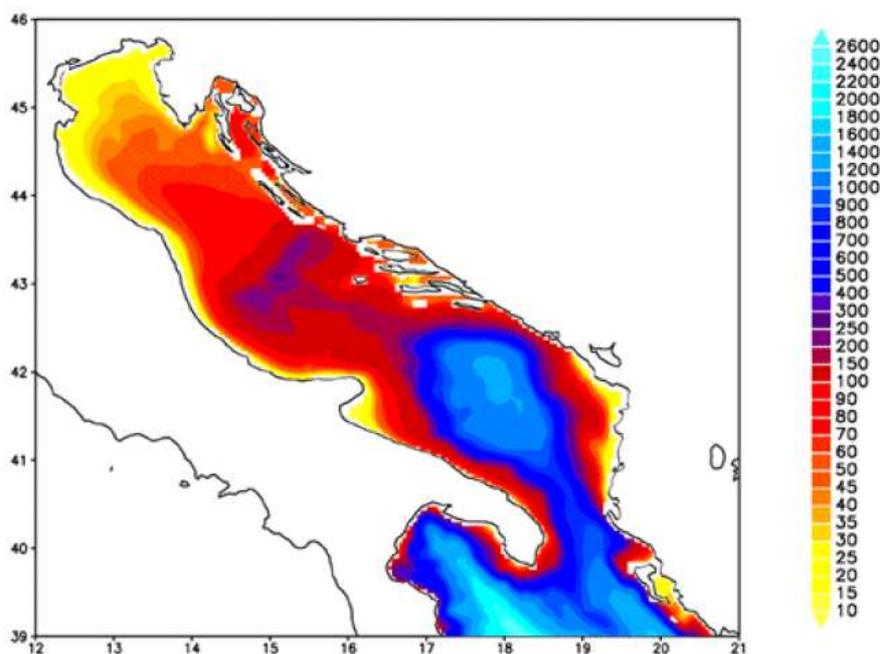


Figura 1 - Rappresentazione morfologica e batimetrica del mare Adriatico

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 generato nel tempo 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 un movimento di masse d'acqua marina vicino a costa con direzione verso nord.

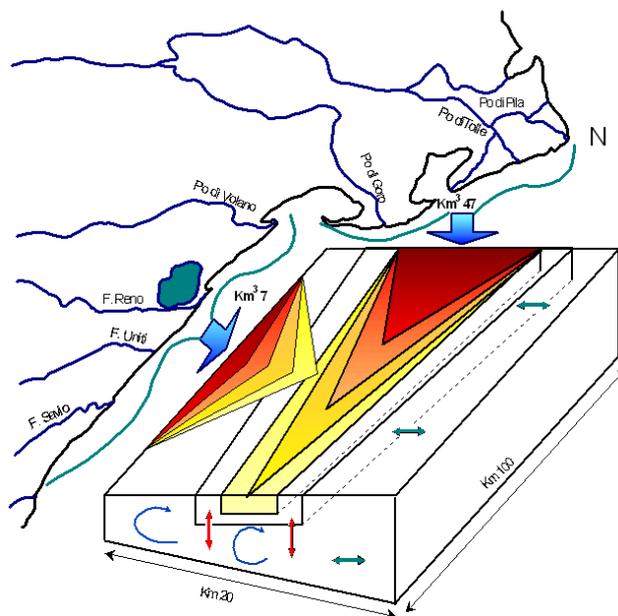
La variabilità delle correnti costiere indotte dai gradienti termici e associata alla salinità dell'acqua è molto accentuata nella zona a nord di Ravenna, mentre la zona sud è caratterizzata da correnti pressoché permanenti verso sud.

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

### **2.2.1 Le pressioni**

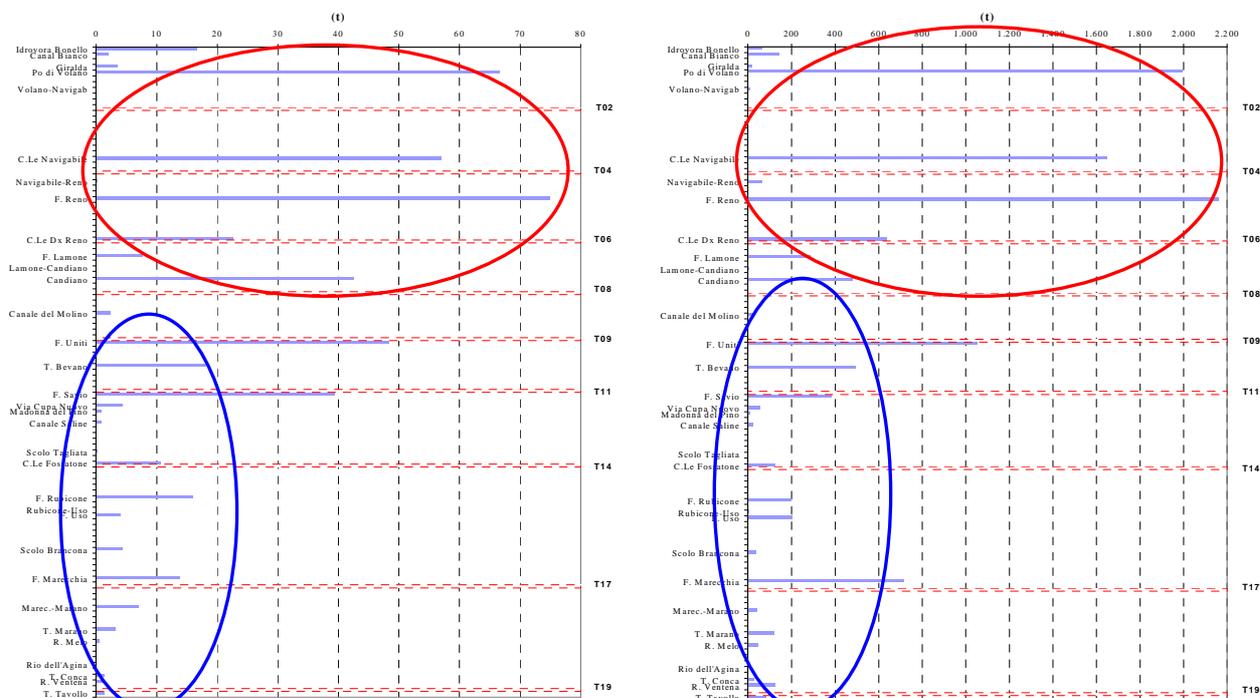
I processi di eutrofizzazione che da diversi anni affliggono la fascia costiera dell'Emilia Romagna provocano impatti negativi oltre che sugli equilibri ambientali dell'ecosistema benthico anche su due importanti settori dell'economia regionale e nazionale quali turismo e pesca e rappresentano il problema principale dell'alterazione dello stato ambientale.

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 da fenomeni 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 ( $1500 \text{ m}^3/\text{sec}$  come media annuale nel lungo periodo), 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 della stima 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 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, se si verifica una condizione di 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.

## **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 le stratificazioni in temperatura e densità sono rilevanti, l'informazione del campo di temperatura e salinità possono essere tradotte 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 questo 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.

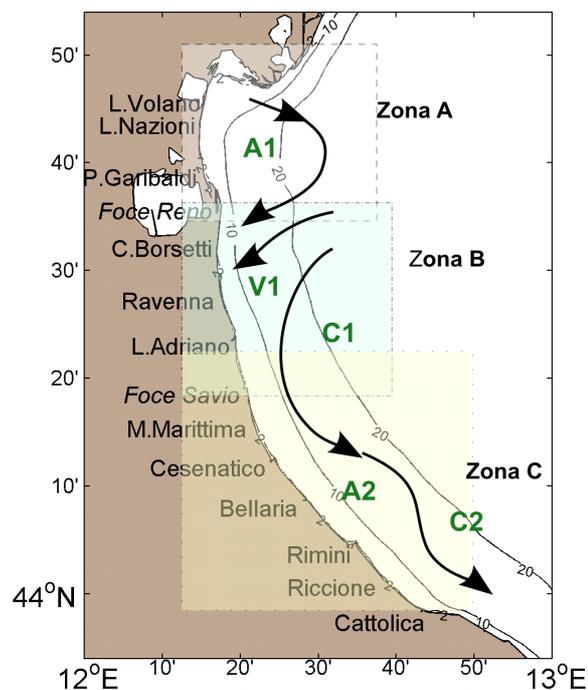


Figura 4 - Schema della circolazione climatologica dell'Emilia Romagna alla superficie

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.

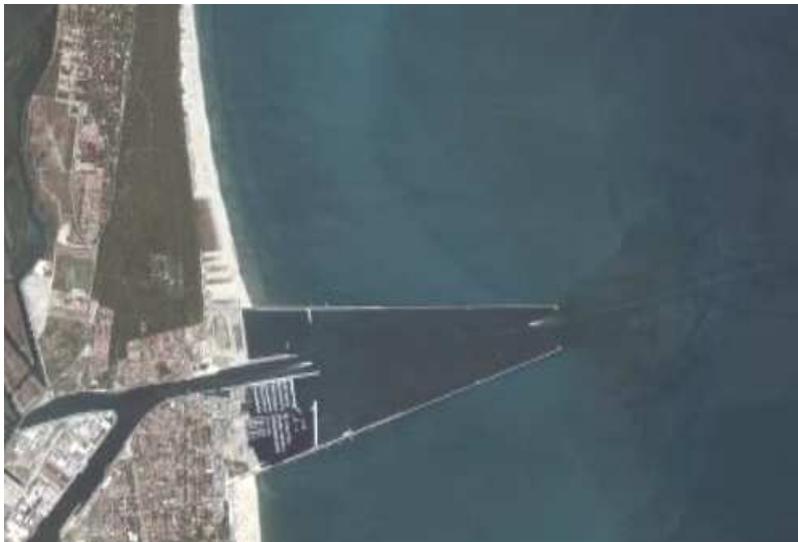
In conclusione, lo schema riportato in Figura 4 mette in rilievo chiaramente che la zona costiera dell’Emilia Romagna è caratterizzata da tre aree, una a nord di Ravenna (area A), l’altra attorno a Ravenna fino a Lido Adriano (zona B) e la terza a sud di Lido Adriano (area C). Nella zona A esiste un 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

I I criteri per la tipizzazione dei corpi idrici (D.M. 131/08) consentono la caratterizzazione delle acque costiere con valori medi annuali di stabilità verticale, secondo le tre tipologie:

- alta stabilità:  $N \geq 0.3$
- media stabilità:  $0.15 < N < 0.3$
- bassa stabilità:  $N \leq 0.15$

Dalle elaborazioni dei dati di temperatura e salinità acquisiti sulla colonna d'acqua, è emerso che le stazioni costiere dell'Emilia-Romagna sono fortemente influenzate da apporti fluviali con valori medi di  $N$  variabili da  $3.39 \cdot 10^{-1}$  e  $4.21 \cdot 10^{-1}$ , quindi tutta la fascia ricade nella tipologia "Alta stabilità".

Tale tipologia è giustificata non solo dalla formazione di termoclini nel periodo primaverile/autunnale, ma anche dalla presenza di aloclini/picnoclini determinati dai cospicui apporti di acque dolci sversate in particolare dal fiume Po.

Associando i criteri geomorfologici (costa sabbiosa e pianura alluvionale), con quelli idrologici (alta stabilità) risulta che l'intera fascia costiera dell'Emilia-Romagna appartiene alla tipo "E1".

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  $96 \text{ km}^2$ , 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  $202 \text{ km}^2$  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	Lat WGS84 (gg.ppddd)	Lon WGS84 (gg.ppddd)
A1	0.5	2.5	44.4786	12.1637
B1	3.0	4.5	44.4789	12.1867
C1	3.0	8.7	44.2985	12.1924
D1	0.5	3.5	44.2984	12.1705

WGS84

Vertici CD2 Ravenna-Cattolica	Distanza costa km	Profondità fondale m	Lat WGS84 (gg.ppddd)	Lon WGS84 (gg.ppddd)
A2	0.5	2.8	44.2917	12.1711
B2	3.0	8.8	44.2971	12.1922
C2	3.0	10.5	43.5969	12.4585
D2	0.5	3.7	43.5820	12.4494



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 la bottiglia Niskin.

Per indagini di tipo qualitativo lungo tutta o parte della colonna d'acqua viene utilizzato un retino di Nylon (lunghezza rete conica filtrante 100 cm) con diametro di apertura di 40 cm e maglia da 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 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	
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% 1% sat.	0.1% sat.	3 s
pH	0 – 14 pH	0.01 pH	0.001 pH	3 s
Torbidimetro	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	
<b>Pesticidi</b>		
2,4'-DDT	M/P/AC/002/LM: Metodo per la determinazione dei residui di prodotti fitosanitari in acqua mediante estrazione in fase solida e analisi gascromatografica con rivelatori selettivi (Metodi analitici per le acque Vol. 2° 5060 -APAT, IRSA-CNR (2003))	
4,4'-DDT		
2,4'-DDE		
4,4'-DDE		
2,4'-DDD		
4,4'-DDD		
HCH Alfa		
HCH Beta		
HCH Delta		
Lindano (HCH Gamma)		
Alaclor		
Aldrin		
Dieldrin		
Esaclorobenzene		
Atrazina		
Trifluralin		
P Clorfenvinfos		
Clorpirifos (Clorpirifos etile)		
Simazina		
Pentaclorobenzene		
Endosulfan		
Diuron		(LC-MS)
Isoproturon		
<b>Solventi organici</b>		
Benzene	EPA 5030b EPA 8260b-Purge and trap e GC/MS	
1,2-Dicloroetano		
Tetracloruro di carbonio		
Tetracloroetilene		
Tricloroetilene		
Triclorobenzeni		
Triclorometano		
<b>Ftalati</b>		
Di(2-etilesilftalato)	EPA 8270 D REV. 4 2007	
<b>Alchilfenoli</b>		
4- Nonilfenolo	GC-MS / EPA 8041	
Ottilfenolo 4-(1,1',3,3'-tetrametilbutil-fenolo)	GC-MS / EPA 8041	
<b>Clorofenoli</b>		
Pentaclorofenolo	EPA 8041	
<b>Difenileteri Polibromurati (PBDE)</b>		
Difeniletero bromato (sommatoria congeneri 28, 47, 99,100, 153 e 154)	GC/MS/MS	

Parametro	Metodo analitico
<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)
Antracene	
Benzo(a)pirene	
Benzo(b)fluorantene	
Benzo(k)fluorantene	
Benzo(g,h,i)perilene	
Indeno(1,2,3-cd)pirene	
Naftalene	
<b>Cloroalcani</b>	
Alcani, C10-C13, cloro	HPLC/MS
<b>Metalli</b>	
Cadmio	EPA 6020-ICP/MS
Mercurio e composti	3200/A1 APAT/IRSA- Vapori freddi
Nichel	EPA 6020-ICP/MS
Piombo e composti	EPA 6020-ICP/MS

### 3.2.1.b Determinazione dei sali nutritivi

Parametro	Metodo analitico
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 SEAL Analytical Q-031-04 Rev.2 (multitest MT3A) SEAL Analytical Q-035-04 Rev.7 (Multitest MT3B, 3C)
Fosforo reattivo	SEAL Analytical Q-031-04Rev.2 (multitest MT3A)
Azoto ammoniacale	SEAL Analytical Q-080-06 Rev. 2
Azoto nitroso	SEAL Analytical Q-030-04 Rev 3 (Multitest MT3A)
Silicati	Bran+Luebbe N° G-177-96-Rev.1 (Multitest MT19)
Azoto nitrico	SEAL Analytical Q-035-04 Rev.7 (Multitest MT3B, 3C)

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

Il campionamento e l'analisi del fitoplancton è stato eseguito secondo i criteri definiti nelle "Metodologie di studio del plancton marino" (ISPRA Manuali e Linee Guida 56/2010). L'analisi quali-quantitativa è stata effettuata utilizzando un microscopio rovesciato Nikon Ti-eclipse con i seguenti ingrandimenti: 1000x, 600x, 400x, 300x, 200x, 100x. La metodologia seguita è quella di Uthermöhl H. (1958).

A supporto del dato quali-quantitativo, ove necessario, può essere raccolta una retinata di fitoplancton lungo la colonna d'acqua utilizzando un retino in nylon con maglia da 20 µm.

## 3.2.2 Matrice sedimento

### 3.2.2.a Indagini chimico/fisiche

Determinazione	Metodo analitico
Analisi granulometrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ “Metodologie analitiche di riferimento-Programma di monitoraggio per il controllo dell’ambiente marino-costiero (triennio 2001-2003)”, Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio Servizio Difesa Mare e ICRAM, p. 84.</li> <li>○ ASTM E11 - 09e1 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves.</li> <li>○ ISO 3310-1:2000 Test sieves - Technical requirements and testing - Part 1: Test sieves of metal wire cloth.</li> <li>○ ISO 13317-3:2001 Determination of particle size distribution by gravitational liquid sedimentation methods - Part 3: X-ray gravitational technique.</li> </ul>
Carbonio organico (TOC)	Ossidazione ad anidride carbonica del carbonio organico e inorganico e determinazione fotometrica – IR

### 3.2.2.b Ricerca microinquinanti organici e inorganici

Sostanza	Metodo analitico
<b>Metalli</b>	
Mercurio	UNI EN 13346/2002 APAT CNR IRSA 3200/A1 Man 29 2003
Cadmio	UNI EN 13346/2002-Estrazione microonde EPA 6020
Nichel	
Piombo	
Arsenico	
Cromo totale	
Cromo VI	EPA 3060A - estrazione EPA 7199 - analisi cromatografia ionica
<b>Organo metalli</b>	
Tributilstagno	Estrazione con metilene cloruro, digestione in acido nitrico e determinazione in ICP-MS
<b>Pesticidi</b>	
Aldrin	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)
Alfa esaclorocicloesano	
Beta esaclorocicloesano	
Gamma esaclorocicloesano	
lindano	
DDT	
DDD	
DDE	
Dieldrin	
Esaclorobenzene	
<b>Policiclici Aromatici</b>	
IPA totali (vedi Tab3/B D.56/09)	EPA 3545A 2007 EPA 3630C 1996 EPA 8270D 2007
<b>Diossine</b>	
PCDD, PCDF (Diossine e Furani) (vedi Tab3/B D.56/09)	EPA 1613B 1994 (G.C.+MASSA-MASSA)
<b>Policloro Bifenili</b>	
PCB (vedi Tab3/B D.56/09)	M/C/MO/002/LM rev.4 (G.C.+MASSA-MASSA)

### 3.2.2.c Indagini ecotossicologiche

Determinazione	Metodo analitico
Saggio ecotossicologico con batteri bioluminescenti- <i>Vibrio fischeri</i>	<p>Determinazione della tossicità acuta end point-inibizione della bioluminescenza</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Metodi analitici per le acque, - APAT – CNR - IRSA, 29/2003 Vol. 3° pp 1003-1012</li> <li>○ ISO/CD 11348-3 “Water quality - Determination of the inhibitory effect of water samples on the light emission of <i>Vibrio fischeri</i> (Luminescent bacteria test) -- Part 3: Method using freeze-dried bacteria</li> <li>○ Azur Environmental, 1995<sup>1</sup> modificato secondo Onorati e Mecozzi, 2004<sup>2</sup></li> </ul> <p><sup>1</sup> Azur Environmental, 1995. Microtox® Acute Toxicity Solid-Phase Test, 20 pp  <sup>2</sup> ONORATI F., MECOZZI M., 2004. Effects of two diluents in the Microtox® toxicity bioassay with marine sediments. Chemosphere, 54: 679 – 687</p>
Saggio ecotossicologico con il rotifero <i>Brachionus plicatilis</i>	<p>ROTOKIT M – Rotifer Toxicity Screening Test for Estuarine and Marine Waters.            ASTM E1440 – 91 (2012). Standard Guide for Acute Toxicity Test with the Rotifer <i>Brachionus</i>.</p>

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)

### 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 e del 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
Mercurio e composti	Mineralizzazione acqua regia e perossido di idrogeno. Assorbimento atomico vapori freddi o ICP/MS
Esaclorobenzene	“Metodologie analitiche di riferimento-Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino-costiero (triennio 2001-2003)”, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio Servizio Difesa Mare e ICRAM, BIOACCUMULO IN BIVALVI-Scheda3

### 3.2.4 **Indagini meteo-marine**

Determinazione	Strumentazione - Località
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
Correnti marine	Correntometro Aanderaa, modello RCM9 (coordinate WGS84 12.28309°E 44.12743°N)

## 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 (gg.ppdddd)</b>	<b>LON WGS84 (gg.ppdddd)</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 in generale una frequenza di campionamento quindicinale per i parametri nutrienti e fitoplancton, ad eccezione per quest'ultimo di 4 stazioni dove la frequenza è bimestrale. 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. Il campionamento del fitoplancton prevede una frequenza quindicinale in tutte le stazioni

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 L. di Volano, Porto Garibaldi, Casalborgorsetti, Lido Adriano, Cesenatico, Rimini e Cattolica.

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

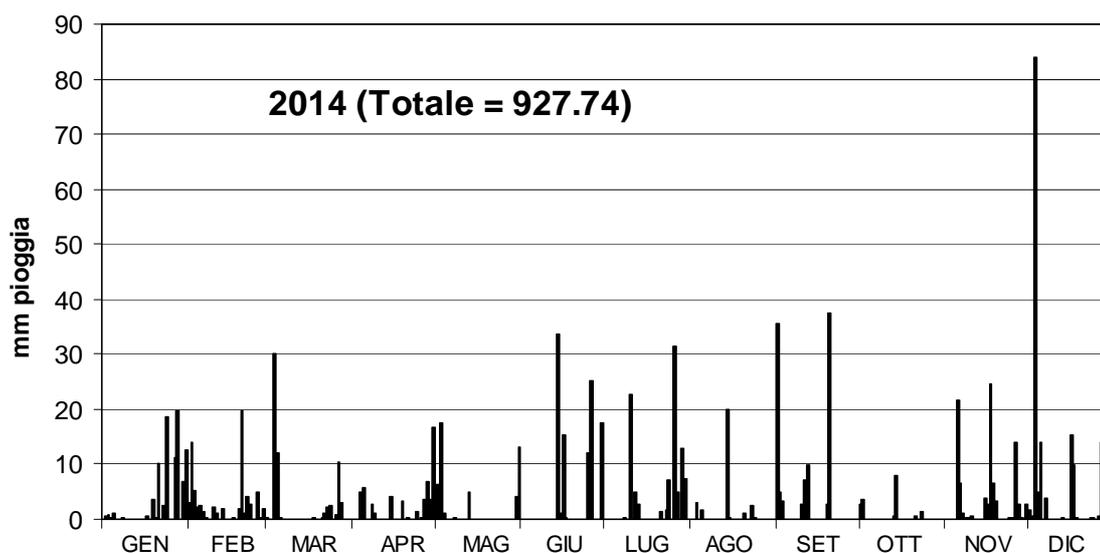
(\*) Quindicinale da gennaio a maggio e da ottobre a dicembre

(\*\*) Settimanale da giugno a settembre

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

La qualità dell'ambiente marino lungo la fascia costiera dell'Emilia Romagna è stata influenzata durante tutto l'anno da condizioni meteorologiche che hanno caratterizzato il 2014 quali precipitazioni intense e frequenti (Figura 8, Figura 27), temperature atmosferiche particolarmente miti durante i mesi invernali e situazioni di instabilità meteo marine.

Da sempre la costa emiliano romagnola risente della pressione esercitata dai bacini costieri e in particolare da quello padano; acque dolci di origine fluviale infatti confluiscono direttamente in mare e quando risultano abbondanti e persistenti tendono a creare situazioni particolari come forti diluizioni delle acque marine in superficie (abbassamento dei valori di salinità), aumento della concentrazione degli elementi eutrofizzanti (diverse forme di azoto e fosforo), sviluppo di fioriture microalgali e conseguente aumento della concentrazione di clorofilla "a", colorazioni anomale (verde, rossa, marrone) e riduzione della trasparenza delle acque. Le fioriture microalgali positive in termini di produttività in un ecosistema, possono innescare durante l'anno fenomeni eutrofici intensi ed estesi se concomitanti a condizioni idrodinamiche particolari come la stabilità meteo marina.

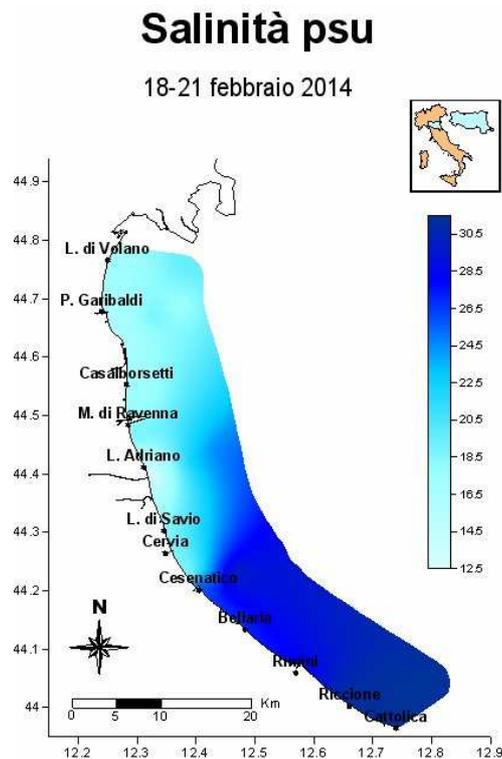


**Figura 8 – Andamento annuale delle precipitazioni rilevate nella stazione di Cesenatico presso la Struttura Oceanografica Daphne**

I controlli di inizio 2014 hanno evidenziato una condizione ambientale lungo la costa diversa nella zona centro settentrionale rispetto a quella meridionale. L'area più a nord risulta caratterizzata fino a marzo da salinità basse sia in costa che al largo dovute ad immissioni di acque dolci dai bacini costieri ed in particolare da quello padano. A fine 2013 e nei primi mesi del 2014 si sono infatti registrate a Pontelagoscuro (Fe) portate del Po elevate che hanno contribuito notevolmente a mantenere bassa la salinità ed a immettere materiale detritico di origine terrestre con conseguente aumento della torbidità. Il 21 gennaio si è registrato un picco di portata pari a 5283 mc/sec (Figura 27).

La mappa di Figura 9 elaborata per il Bollettino N° 4 del 18-21 febbraio, evidenzia l'estensione della diluizione delle acque marine da Lido di Volano fino a Cesenatico da costa fino al largo; anche a febbraio infatti le portate registrate sono state elevate fino a metà mese, con un picco di 5059 mc/sec che sommati ad immissioni anche dai bacini costieri romagnoli, hanno contribuito a mantenere i valori di salinità bassi.

L'area più meridionale lungo la costa, al contrario, si è sempre mantenuta su valori di salinità nella norma, concentrazioni di clorofilla "a" medio bassi e buona trasparenza delle acque superficiali.



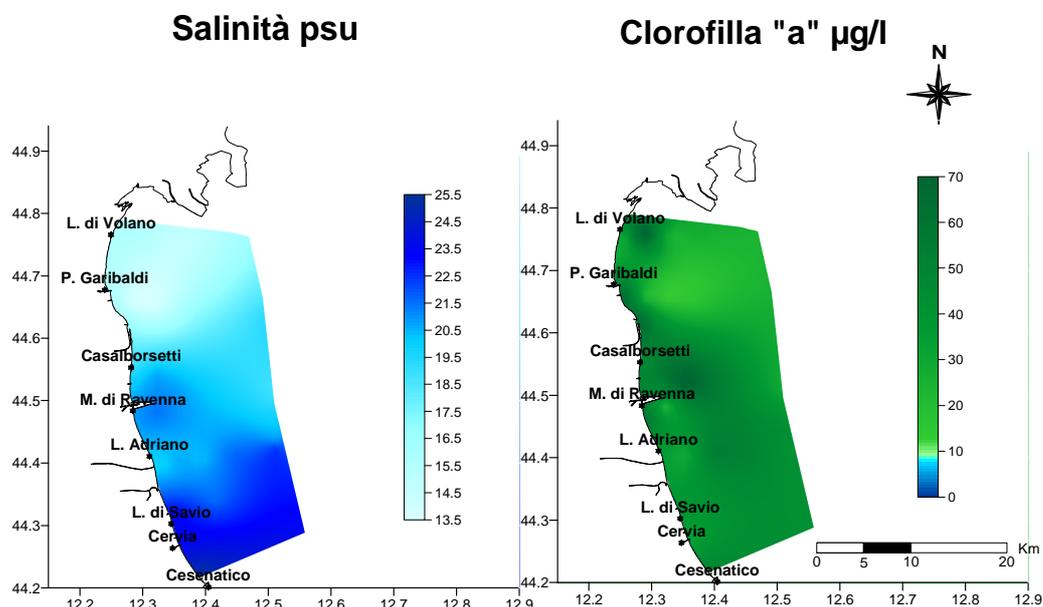
**Figura 9 – Mappe di distribuzione in superficie della salinità (psu) rilevate da costa fino a 10 km al largo durante il monitoraggio del 18-21 febbraio**

I dati di temperatura in superficie si sono mantenuti sempre superiori alla media climatologica del periodo di 3-4 °C lungo tutta la fascia costiera, con valori medi nelle stazioni più vicino a costa compresi tra 9 e 10 °C.

La presenza di acque superficiali non particolarmente fredde ha contribuito, rispetto agli ultimi anni, all'instaurarsi lungo la colonna di ridotte stratificazioni termiche (termoclini).

Apporti massicci di acque dolci dai fiumi hanno contribuito anche ad immettere elementi nutritivi quali azoto e fosforo che hanno portato ad un aumento della produttività dell'ecosistema costiero. Elementi eutrofizzanti hanno infatti sostengono ed alimentato la componente microalgale presente in mare: durante i monitoraggi si sono registrati aumenti delle concentrazioni di clorofilla "a" in particolare nell'area più settentrionale con valori anche superiori ai 10 µg/l. Nel mese di marzo (Figura 10) si è instaurata una condizione eutrofica da costa al largo estesa fino a Cesenatico con concentrazioni massime di clorofilla "a" pari a 78 µg/l.

Campioni d'acqua analizzati in laboratorio hanno confermato la presenza di fioriture microalgali determinate in particolare da Diatomee che hanno contribuito anche a conferire alle acque superficiali una caratteristica colorazione verde marrone.



**Figura 10 - Mappe di distribuzione in superficie della clorofilla e della salinità rilevate da costa fino a 10 km al largo durante il monitoraggio da Cesenatico a Lido di Volano (14 marzo)**

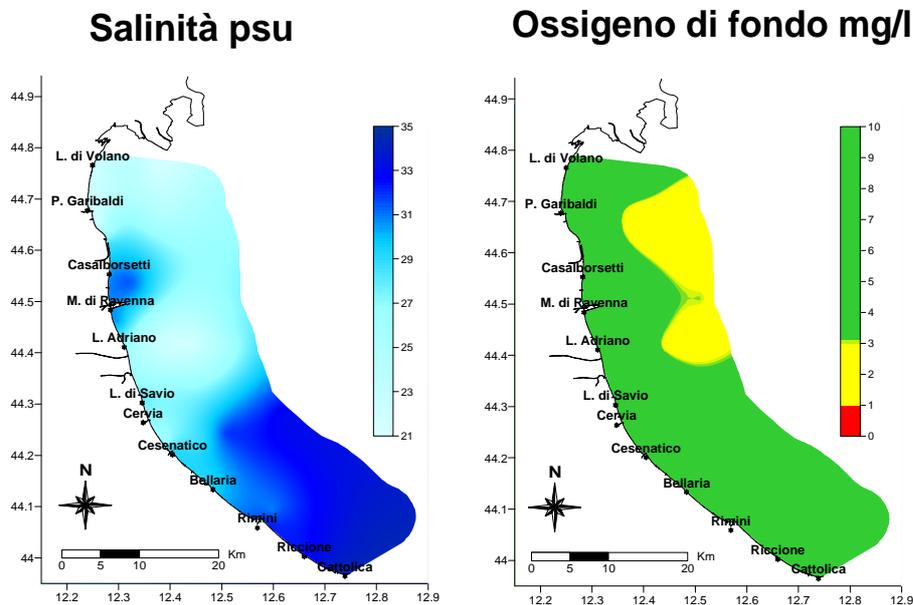
Ad aprile condizioni meteo marine instabili e venti forti provenienti dal versante nord, insieme ad una diminuzione di apporti interni di acque dolci, hanno migliorato la qualità ambientale soprattutto nell'area a ridosso del delta padano; nel mese di marzo, giornate di mare mosso hanno disperso il fenomeno eutrofico in atto portando ad un forte rimescolamento delle masse d'acqua lungo la colonna con omogeneizzazione dei parametri idrologici da superficie a fondo.

Ma a partire da maggio condizioni meteorologiche instabili, soprattutto al nord, hanno visto il verificarsi di precipitazioni più o meno intense con la conseguente variazione del regime fluviale. Le conseguenti immissioni in mare direttamente dal bacino padano hanno condizionato la qualità ambientale soprattutto nell'area più settentrionale. Il 5 maggio si è registrata a Pontelagoscuro (Figura 27) un picco di portata pari a 3614 mc/sec che ha diluito notevolmente le acque in superficie. L'apporto di elementi eutrofizzanti ha contemporaneamente alimentato la componente fitoplanctonica marina e aumentato la produttività dell'ecosistema.

Lungo la zona meridionale, meno influenzata dalle acque dolci di origine padana, la qualità ambientale è rimasta sempre migliore con valori di salinità nella norma e basse concentrazioni di clorofilla "a".

Anche a giugno la zona più critica è rimasta quella settentrionale con un aumento delle precipitazioni hanno portato ad un aumento delle immissioni di acque dolci anche dai bacini costieri portando forti diluizioni in superficie anche nelle stazioni costiere fino a Cesenatico (Figura 8).

I controlli dell'ossigeno disciolto lungo la colonna hanno evidenziato diminuzioni di concentrazioni tendenti all'ipossia a livello di fondo, localizzati al largo nelle aree più a nord (Figura 11). Materiale organico (microalghe) depositato sul fondo a fine ciclo ha innescato un attivo metabolismo da parte della componente detritivora di fondo che, aumentando il consumo di ossigeno, ha portato ad una sua diminuzione proprio negli ultimi strati a contatto con il fondale marino.



**Figura 11 - Mappe di distribuzione in superficie della salinità e dell'ossigeno disciolto rilevate da costa fino a 20 km al largo durante il monitoraggio del 03-04-06 giugno**

La presenza di elementi nutritivi in mare veicolati dalle acque dolci di origine fluviale mantiene la comunità fitoplanctonica attiva e abbondante con conseguente aumento delle concentrazioni di clorofilla "a". I controlli in laboratorio hanno confermato la presenza di fioriture algali sostenute principalmente a luglio e agosto, da Diatomee in particolare da *Chaetoceros* spp. (Figura 12). Condizioni di eutrofizzazione rilevate durante il periodo estivo hanno contribuito a mantenere bassa la trasparenza delle acque ed a conferire una caratteristica colorazione verde marrone.

Anche se si sono presentate diverse giornate di instabilità meteo marina la condizione ambientale dell'area centro settentrionale si è caratterizzata per quasi tutta l'estate per elevate concentrazioni di clorofilla "a" e bassi valori di salinità in superficie (Figura 13, Figura 16).

L'area meridionale al contrario ha sempre mantenuto una miglior qualità ambientale sia in costa che al largo in termini di salinità e valori di clorofilla "a".

Sia a luglio che ad agosto durante alcuni monitoraggi si sono rilevate diminuzioni delle concentrazioni di ossigeno disciolto sul fondo (Figura 36, Figura 37) tendenti in generale all'ipossia ma in alcuni casi, in aree localizzate sia a nord sia al centro-sud in costa, i valori registrati erano inferiori a 1  $\mu\text{g/l}$  (anossia).

## Clorofilla "a" $\mu\text{g/l}$

15-17 Luglio 2014

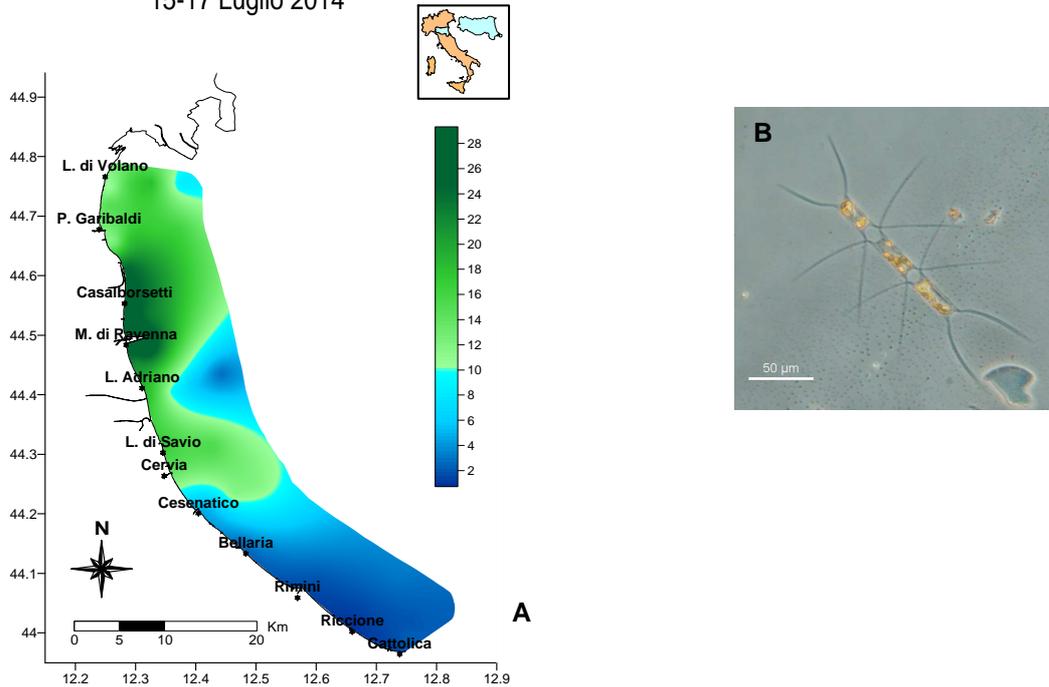


Figura 12 – A) Mappa di distribuzione in superficie della Clorofilla “a” rilevate da costa fino a 10 km al largo durante il monitoraggio del 15 e 17 luglio B) *Chaetoceros* spp.; fotografia al microscopio ottico. Archivio Struttura Oceanografica Daphne

## Salinità psu

## Clorofilla "a" $\mu\text{g/l}$

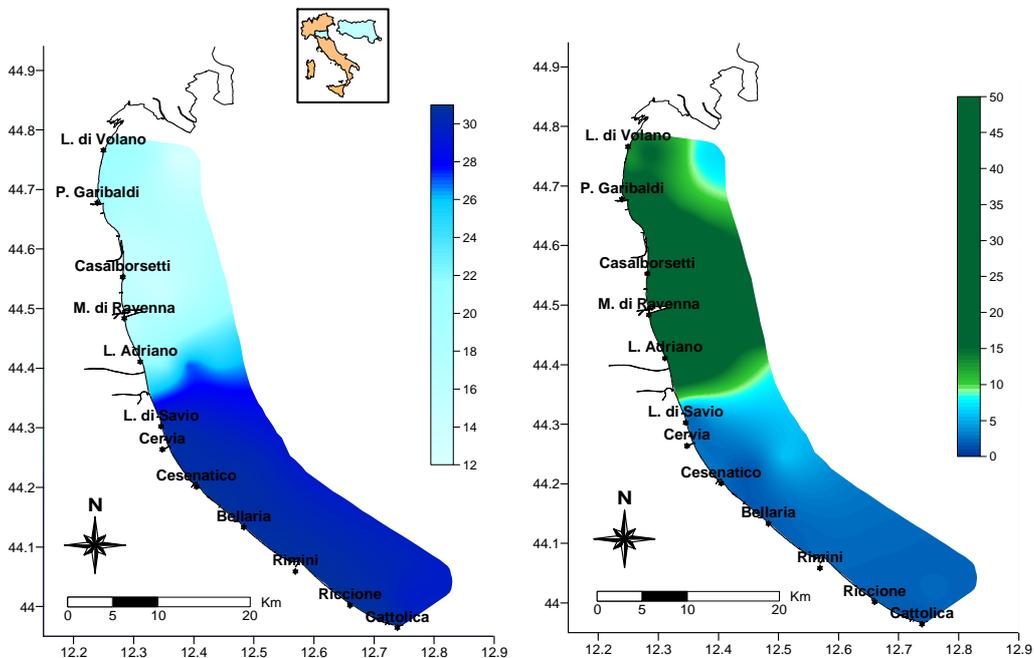
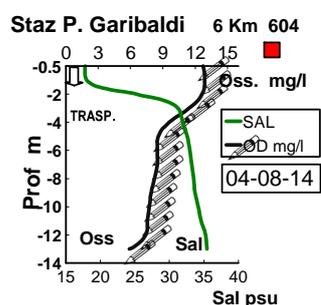


Figura 13 - Mappe di distribuzione in superficie della salinità e della clorofilla “a” rilevate da costa fino a 10 km al largo il 04-05 agosto

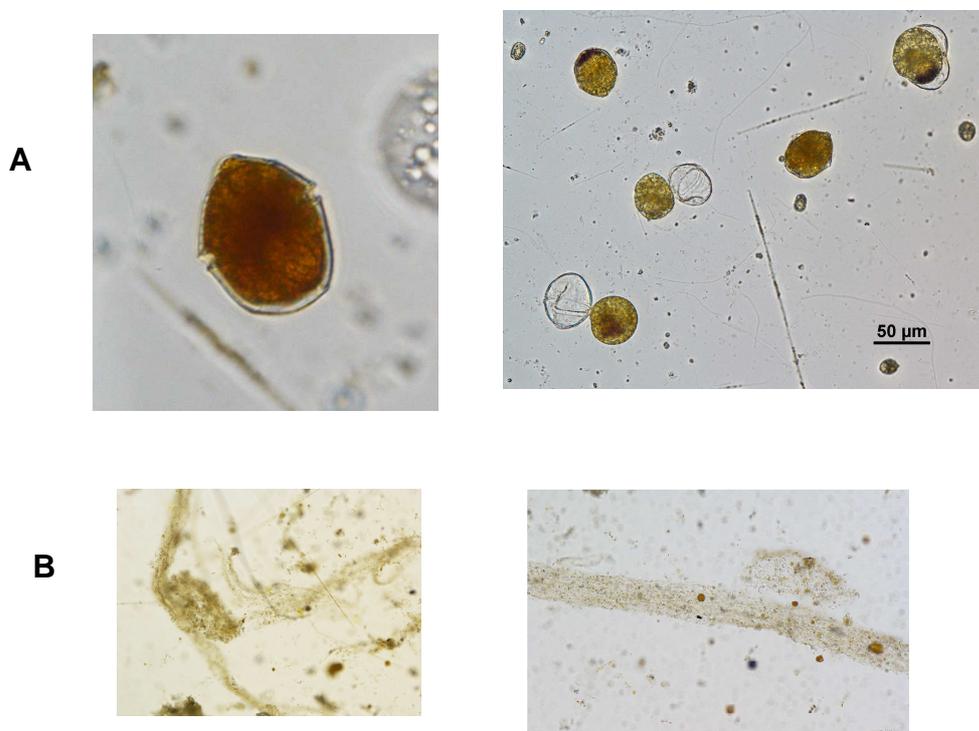
La continua immissione di acque dolci in mare ha determinato marcati pycnoclini con salinità basse fino ai 2-3 metri di profondità lungo la colonna d'acqua (Figura 14).



**Figura 14 – Andamento della salinità e dell’ossigeno disciolto nella stazione 604 (6 km antistante Porto Garibaldi) rilevato il 4 agosto**

Il mese di agosto si è caratterizzato anche per l’affioramento di materiale mucillagginoso e locali spiaggiamenti nel tratto compreso tra Ravenna e Cattolica.

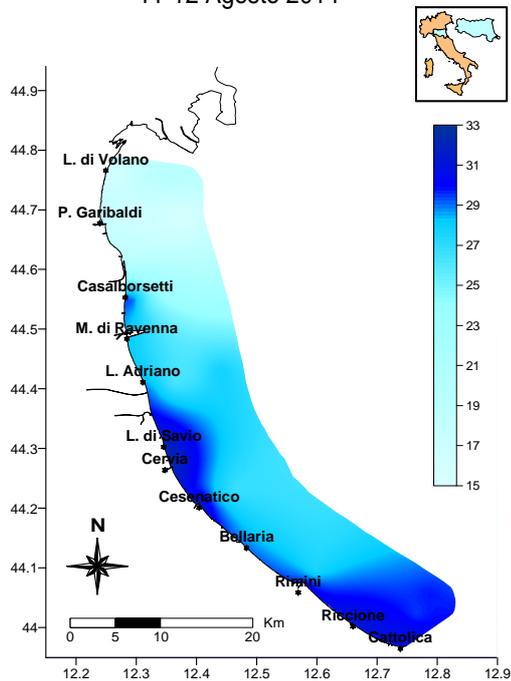
La presenza lungo la colonna di reticoli e nuvole rilevata nei controlli con la telecamera, aveva già evidenziato la presenza del fenomeno a fine luglio, il quale si è poi manifestato anche in superficie sotto forma di chiazze e strisce. È un fenomeno noto di origine naturale, caratterizzato dalla produzione di polisaccaridi prodotti da una microalga appartenente al gruppo delle Dinoflagellate denominata *Gonyaulax fragilis* (Figura 15). La concentrazione della microalga risultava elevata nelle acque marine nel periodo luglio e agosto.



**Figura 15 – A) *Gonyaulax fragilis* B) muco; (fotografie al microscopio ottico. Archivio Struttura Oceanografica Daphne)**

## Salinità psu

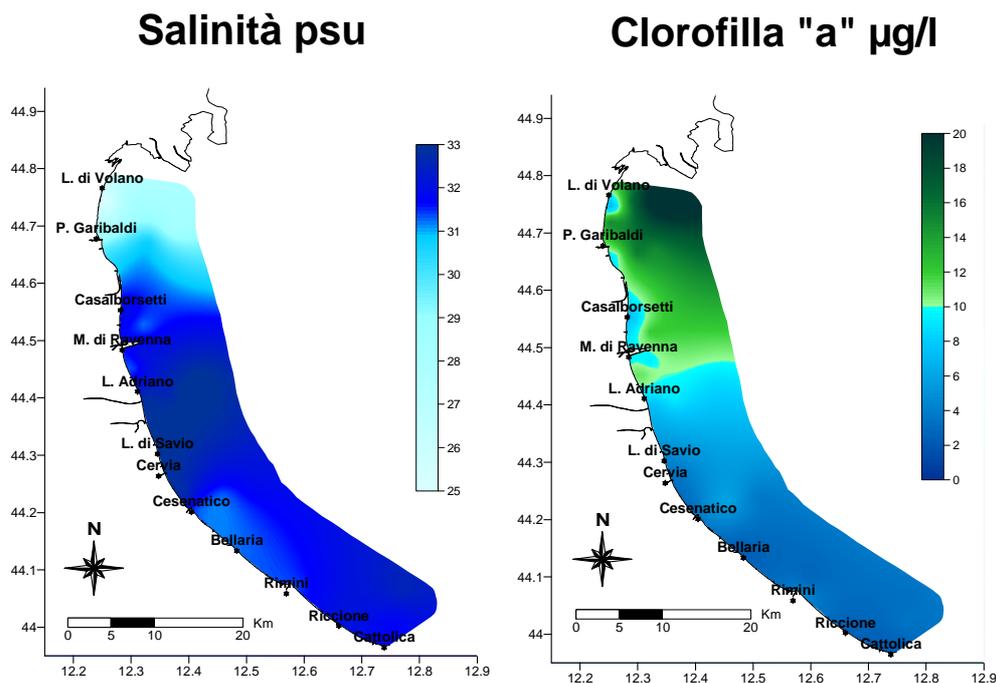
11-12 Agosto 2014



**Figura 16 - - Mappe di distribuzione in superficie della salinità rilevate da costa fino a 10 km al largo durante il monitoraggio N°18**

A fine agosto venti di libeccio spirati da sud ovest sulla costa hanno apportato un momentaneo miglioramento della qualità ambientale con dispersione del fenomeno eutrofico ed un rimescolamento delle masse d'acqua e un conseguente aumento dei valori di salinità in superficie.

In seguito un'apporto continuo di acque fluviali dal bacino padano ha mantenuto elevati le immissioni di nutrienti che hanno continuato ad alimentare e sostenere la componente microalgale nell'area più settentrionale portando a fine settembre un aumento delle concentrazioni di clorofilla "a" soprattutto nelle stazioni più al largo.



**Figura 17 - Mappe di distribuzione in superficie della salinità e della clorofilla “a” rilevate da costa fino a 10 km al largo il 22-25 settembre**

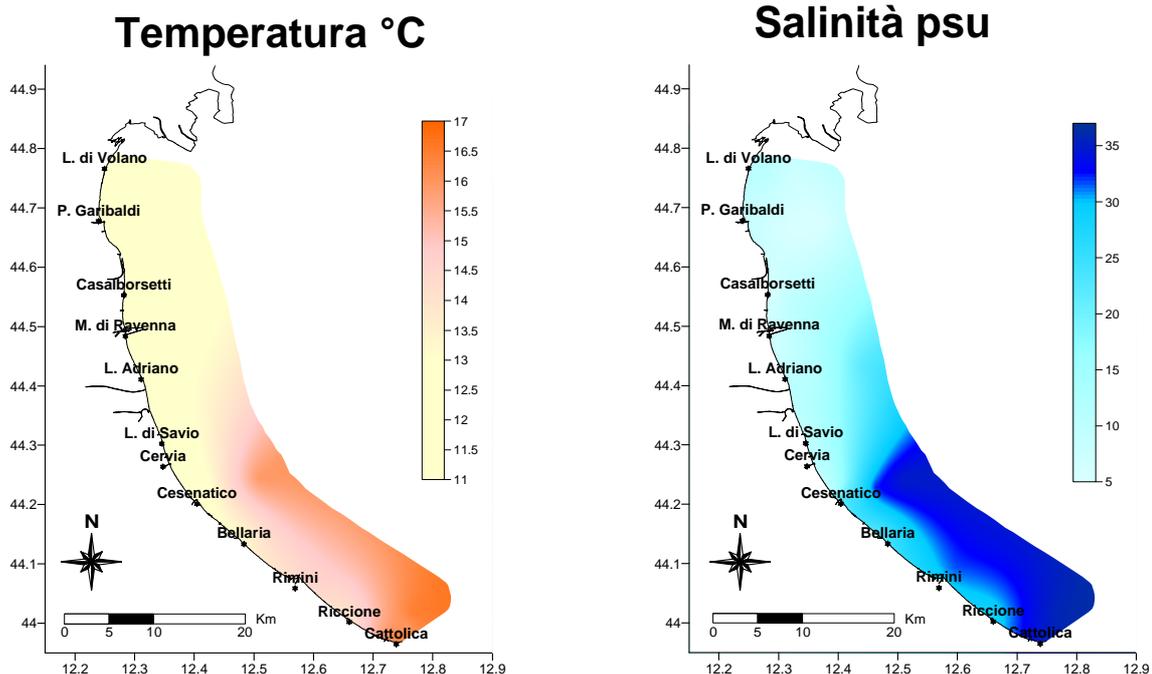
Ad ottobre si sono segnalate situazioni di criticità sul fondo con valori di ossigeno disciolto bassi tendenti all’ipossia; nel monitoraggio del 21 ottobre lungo l’area costiera compresa tra Lido di Volano e Lido Adriano fino a 3 km le concentrazioni di ossigeno disciolto si attestavano su valori inferiori a 1 µg/l, evidenziando una situazione di anossia critica sul fondo (Figura 36).

Condizioni meteo marine avverse instauratesi i giorni seguenti hanno contribuito ad un forte rimescolamento delle masse d’acqua con un miglioramento della condizione sul fondo.

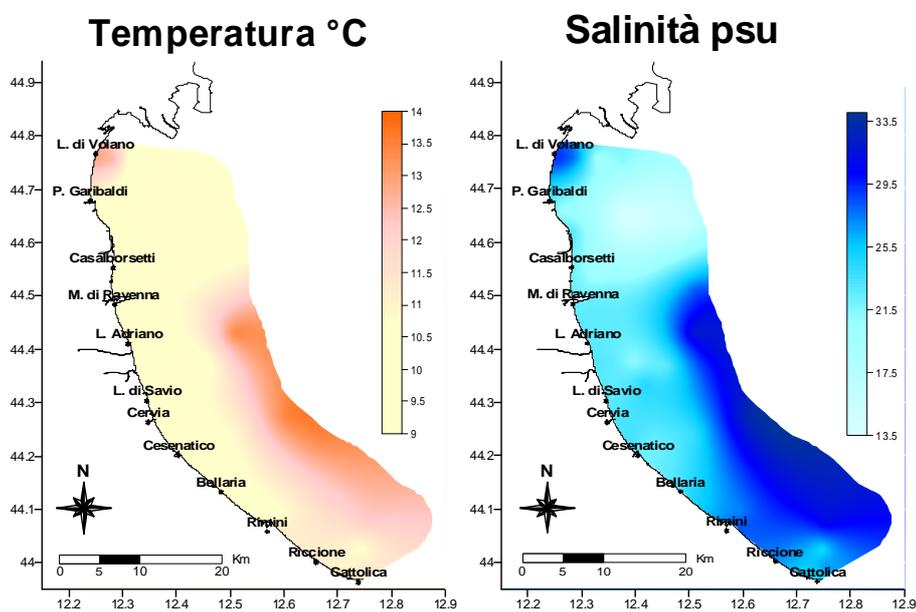
Gli ultimi due mesi del 2014 si sono caratterizzati per eventi meteorologici eccezionali.

Precipitazioni cospicue sia al nord sia in Emilia Romagna (Figura 8) hanno contribuito ad immettere in mare ingenti quantità di acque dolci fluviali che hanno influenzato la qualità ambientale in particolare nell’area centro settentrionale sia in costa che al largo. Conseguentemente, diluizioni importanti si sono registrate durante il monitoraggio del 21-25 novembre in tutte le stazioni controllate (Figura 18): a Pontelagoscuro il 18 e il 19 novembre i dati rilevati hanno segnato portate superiori a 8000 mc/sec (massimo valore assoluto nel 2014 pari a 8107 mc/sec il 19 novembre) e il pluviometro a Cesenatico ha registrato il 17 dello stesso mese 24.6 mm di pioggia caduta.

Anche a dicembre le portate dal bacino padano si sono mantenute elevate contribuendo a mantenere più o meno basse i livelli di salinità delle acque in superficie.



**Figura 18 - Mappe di distribuzione in superficie della temperatura e della salinità rilevate da costa fino a 10 km al largo il 21-25 novembre**



**Figura 19 – Mappe di distribuzione in superficie della temperatura e della salinità rilevate da costa fino a 10 km al largo il 15-16 dicembre**

Questa situazione ha contribuito a mantenere produttivo tutto l'ecosistema marino con aumento delle concentrazioni di clorofilla "a" in risposta alla crescita della componente fitoplanctonica alimentata e sostenuta da elementi nutrienti immessi con le acque fluviali.

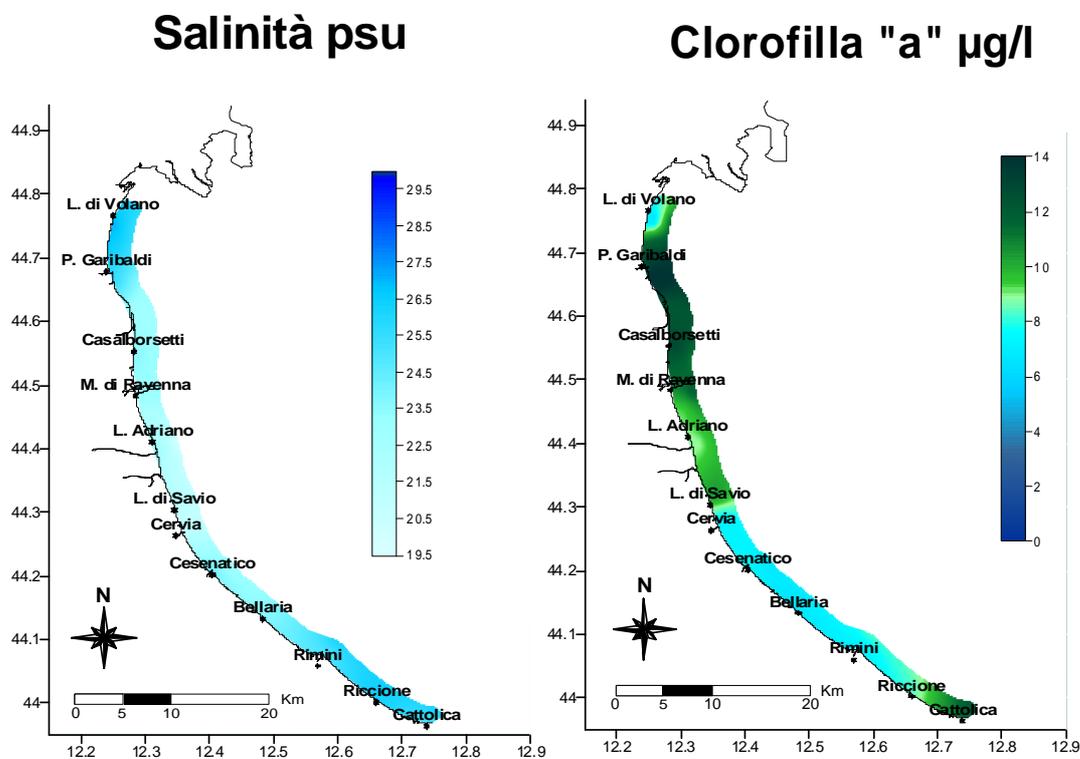


Figura 20 – Mappe di distribuzione in superficie della salinità e della clorofilla "a" rilevate da costa fino a 10 km al largo il 22-23 dicembre

### 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 (Figura 21) caricato in Internet e disponibile al seguente indirizzo: [www.arpa.emr.it/daphne/](http://www.arpa.emr.it/daphne/) per la consultazione.

Il Bollettino rappresenta una sintesi delle condizioni rilevate durante i controlli eseguiti con la Motonave Daphne II 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 22).

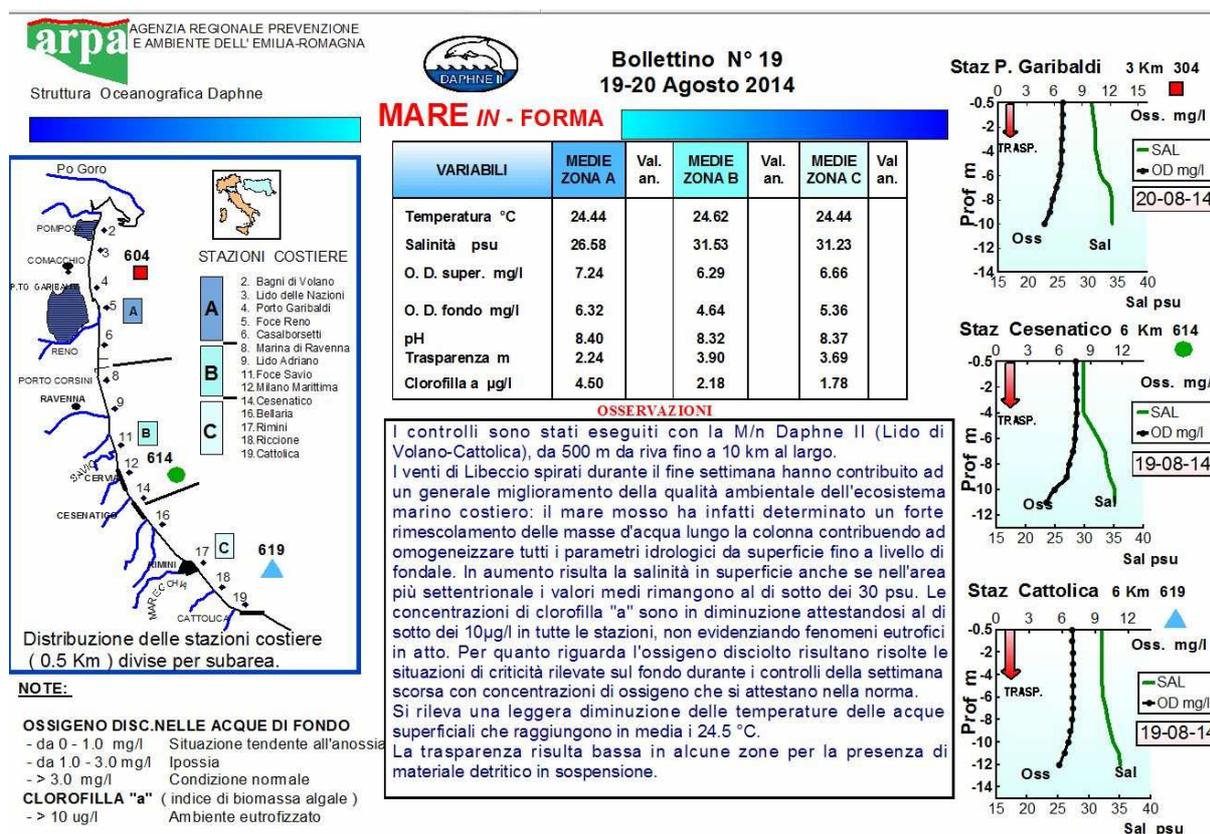
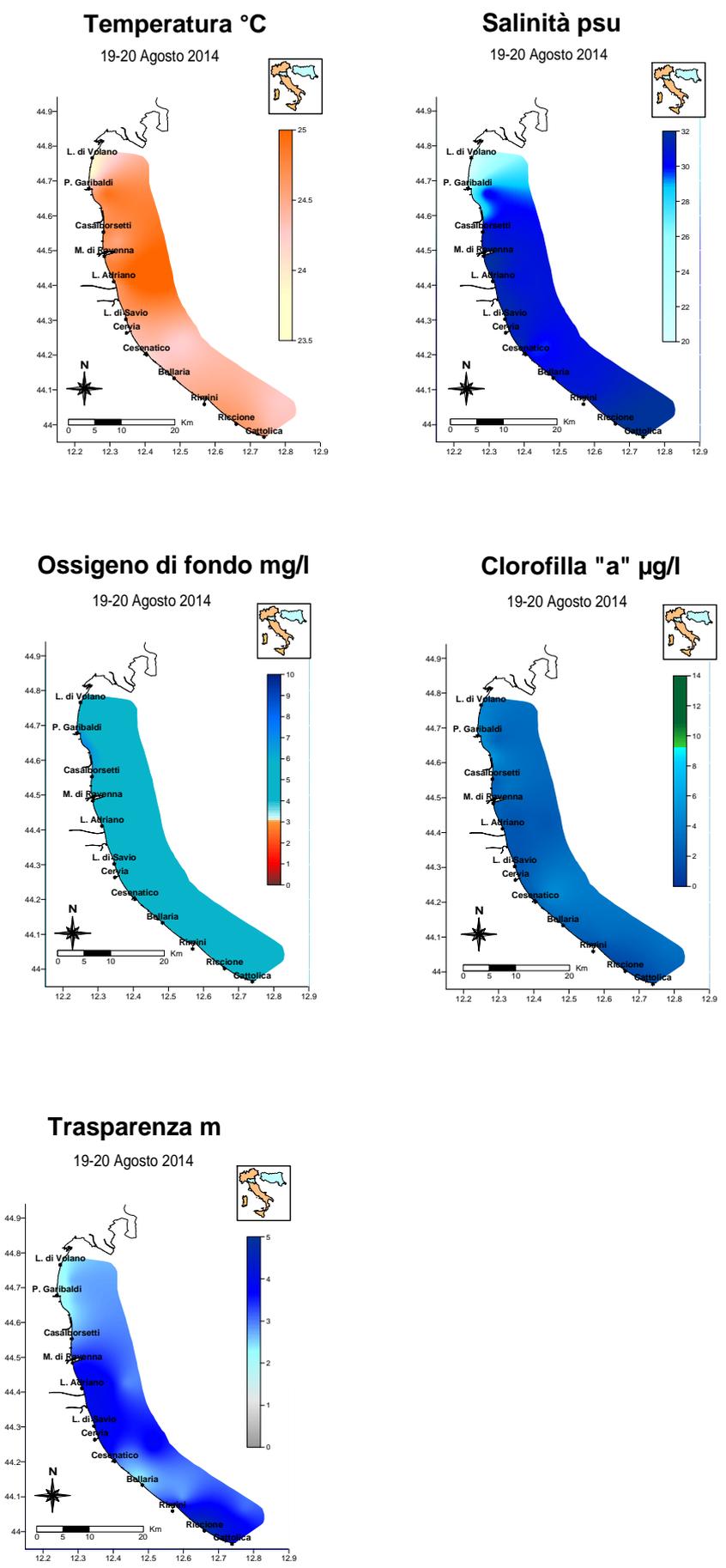


Figura 21 – Esempio di bollettino realizzato a conclusione di un monitoraggio



**Figura 22 – Esempio di mappe tematiche allegate al bollettino realizzato a conclusione di un monitoraggio**

## 4.4 MONITORAGGIO E RISULTATI

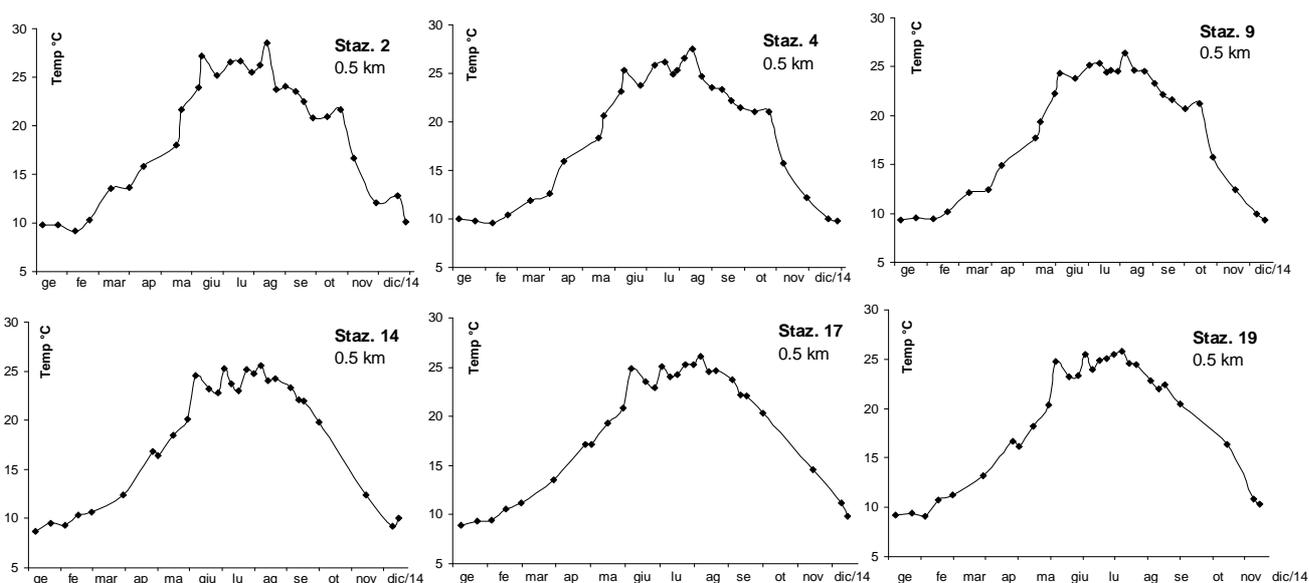
I paragrafi che seguono contengono analisi e valutazioni dei risultati emersi nel corso dell'attività di monitoraggio per la definizione dello stato trofico nel 2014.

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

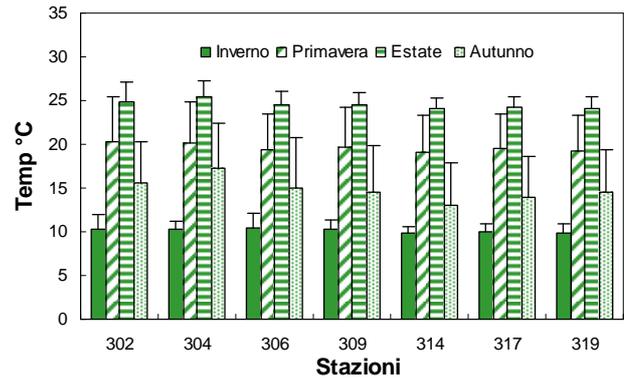
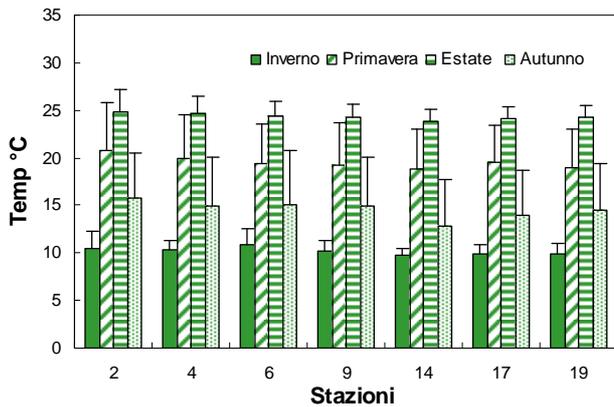
La temperatura delle acque superficiali mostra anche per il 2014 il tipico andamento con valori minimi in inverno che aumentano progressivamente in primavera, per raggiungere poi picchi massimi nei mesi estivi e diminuire di nuovo a partire da settembre fino a dicembre (Figura 23).



**Figura 23 – Andamenti temporali della temperatura in superficie in alcune stazioni a 0.5 km dalla costa**

L'elaborazione delle medie annuali per stagione evidenzia questa condizione in tutte le stazioni lungo la costa, da nord a sud (Figura 24). Variazioni su piccola scala dei valori di superficie sono dovute per lo più ad apporti fluviali, alle abbondanze microalgali in sospensione che determinano un maggior assorbimento della radiazione solare, oppure a particolari situazioni idrodinamiche o a moto ondoso.

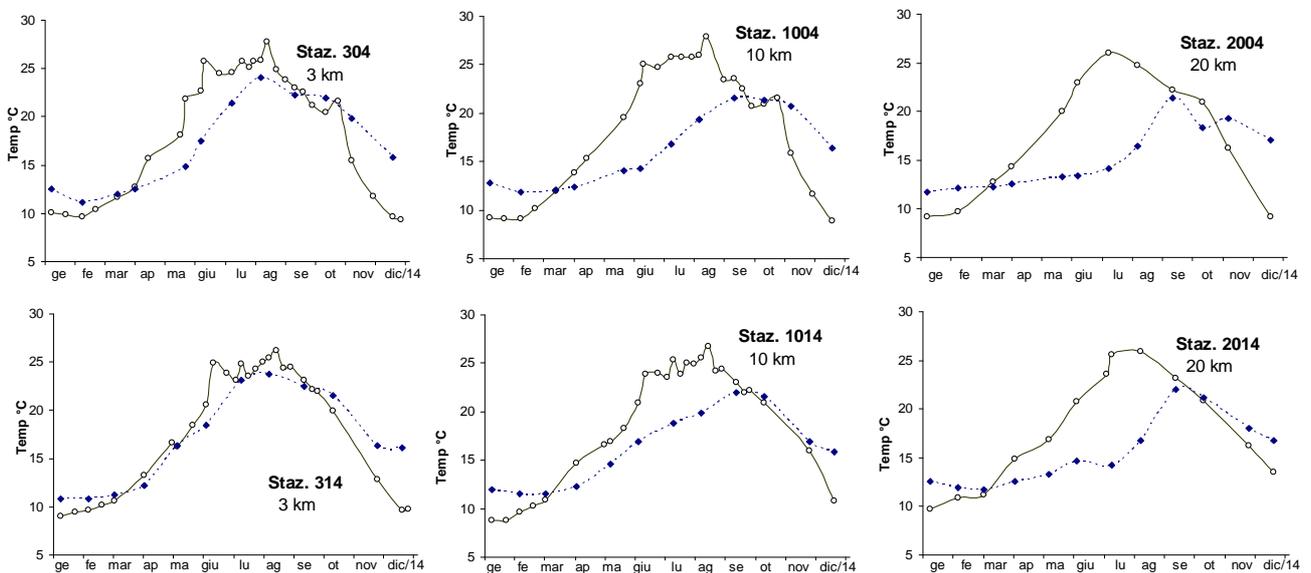
Il massimo valore registrato in superficie è stato di 28.6 °C il giorno 11 agosto nella stazione 2 (0.5 km Lido di Volano) mentre il valore più basso è stato il 23 dicembre con 8.2 °C a 3 km da Lido Adriano.



**Figura 24 – Valori medi stagionali e deviazioni standard della temperatura nelle acque di superficie calcolate per le stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa**

In Figura 25 vengono rappresentati gli andamenti del parametro in superficie e sul fondo lungo i due transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico a 3, 10 e 20 km dalla costa. In inverno le temperature delle acque superficiali si sono attestate in media intorno ai 10°C sia nelle stazioni settentrionali che in quelle centro-meridionali: confrontando il valore alle due quote la differenza è minima e in effetti non si sono notati netti termoclini come invece si sono riscontrati in estate.

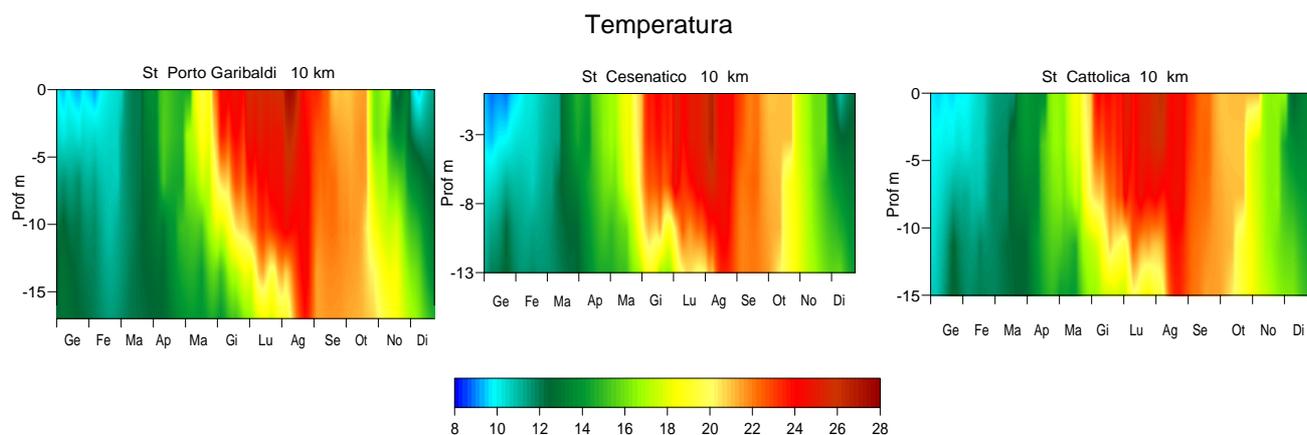
Marcate stratificazioni termiche si sono rilevate infatti nei mesi più caldi in concomitanza a temperature atmosferiche elevate che hanno portato ad escursioni tra superficie e fondo anche di 10°C in particolare nelle stazioni più al largo (luglio).



**Figura 25 – Andamenti temporali della temperatura in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 3, 10 e 20 km dalla costa lungo i due transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico**

Le isolinee di Figura 26 rappresentano il comportamento della temperatura lungo la colonna d'acqua durante l'anno in tre stazioni a 10 km dalla costa mettendo in evidenza condizioni

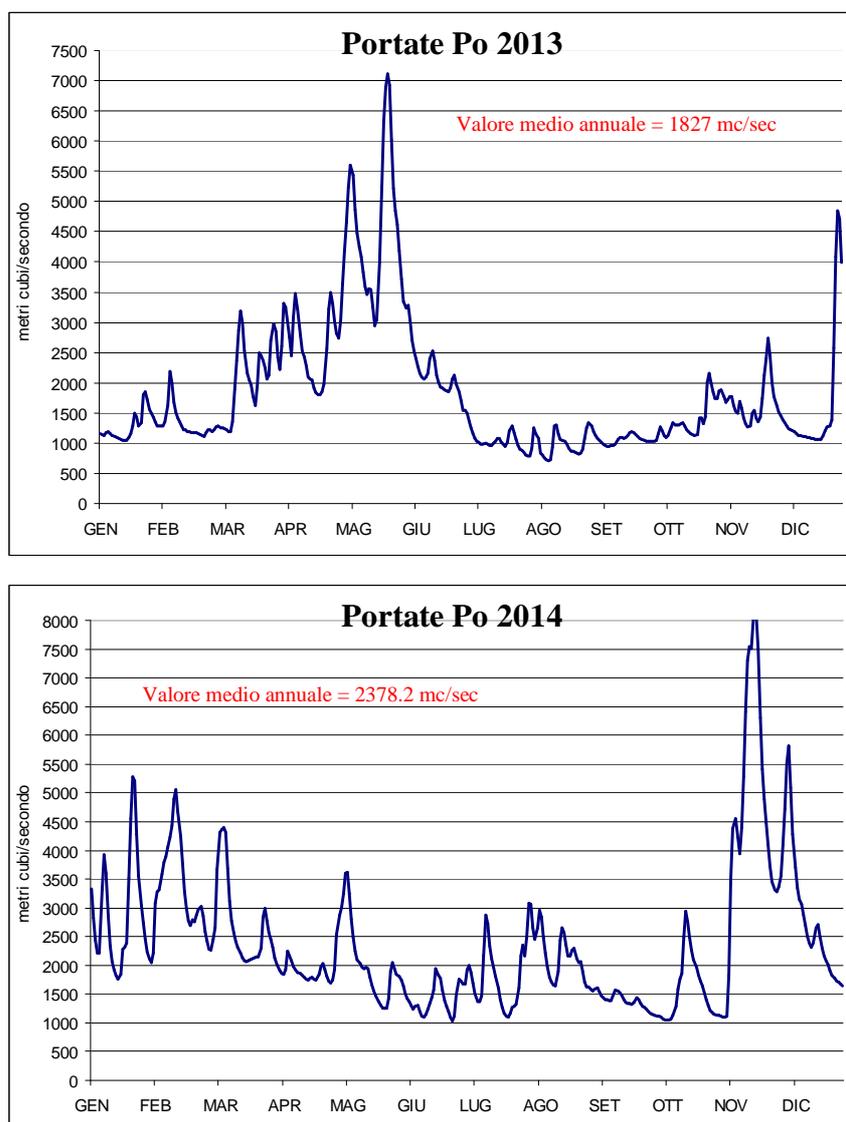
idrologiche diverse: termoclini più o meno marcati nei mesi più freddi e caldi e situazioni con temperature più omogenee tra gli strati superficiali e quelli in profondità negli altri periodi.



**Figura 26 – Isolinee di temperatura (°C) rilevate nelle stazioni a 10 km al largo di Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica**

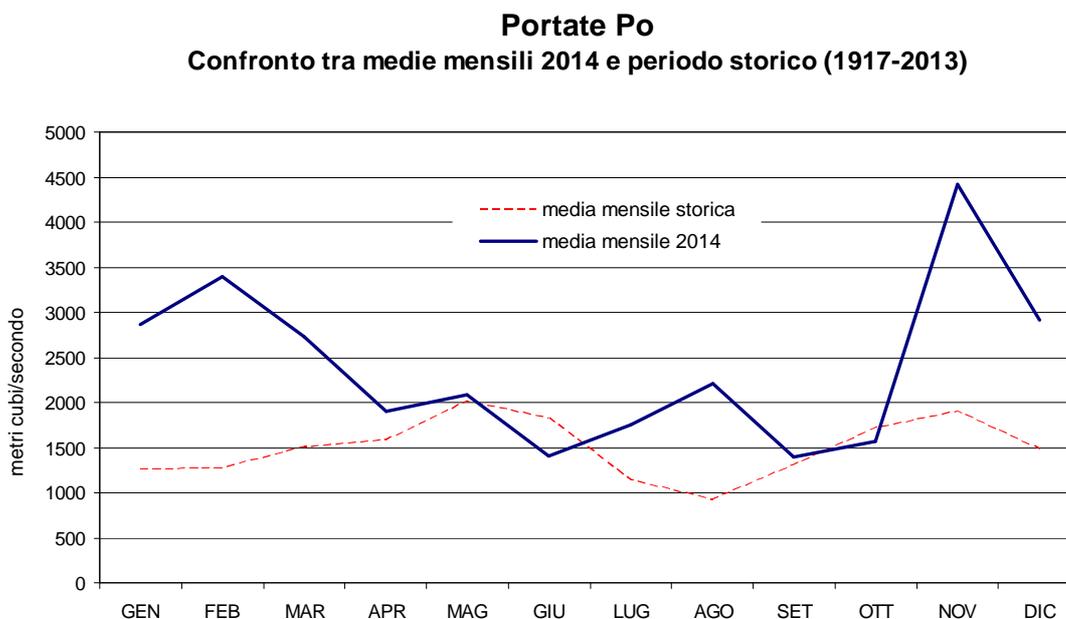
#### 4.4.1.b Salinit 

L'andamento nel 2014 della salinit    caratterizzato da una notevole variabilit  in tutte le stazioni controllate lungo la rete di monitoraggio. Questa variabilit    tipicamente associata ai regimi di portata fluviale che incidono in maniera significativa su tutto l'ecosistema marino costiero dell'Emilia Romagna ed   ben dimostrata dall'andamento delle portate registrate a Pontelagoscuro (Fe) rappresentate in Figura 27. Il grafico mostra picchi elevati sia in inverno che in autunno ma in generale le portate, anche quelle minime, non sono mai state inferiori ai 1000 mc/sec per un valore medio di 2378 mc/sec che confrontato con quello medio calcolato nel 2013 evidenzia un'importante aumento della portata durante tutto l'anno.



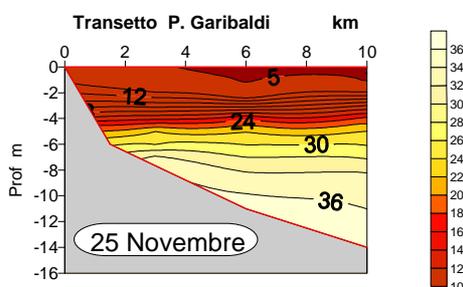
**Figura 27 – Portate fiume Po rilevate a Pontelagoscuro (FE) nel 2013 e 2014 (Fonte: Arpa SIMC)**

A novembre si sono registrati i picchi massimi del 2014 per diversi giorni con il valore più alto di 8107 mc/sec il giorno 19. Confrontando le medie mensili del 2014 con quelle calcolate per il periodo storico 1917-2013 si conferma l'eccezionalità delle portate proprio nel mese autunnale, un incremento nei primi tre mesi e uno anche nel periodo estivo che conferma l'immissione di grandi quantità di acque dolci in ambiente marino nel 2014 anche a luglio e agosto (Figura 28).



**Figura 28 – Confronto tra le medie mensili delle portate del Po nel 2014 con le medie calcolate nel periodo storico 1978-2012**

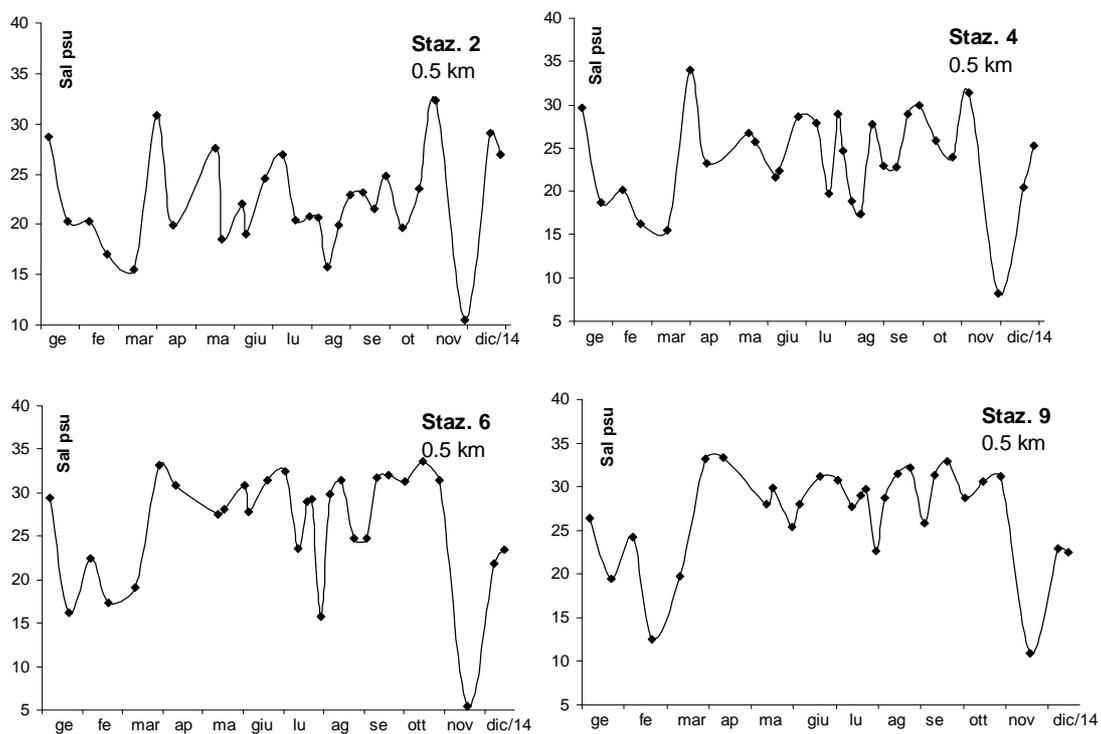
Questa situazione ha contribuito notevolmente a determinare un'ampia variabilità e fluttuazione dei valori di salinità in superficie in molti punti di controllo lungo la rete di monitoraggio. In Figura 30 viene descritto l'andamento temporale in alcune stazioni poste a 0.5 km dalla costa nella zona più centro-settentrionale. In tutte si osservano valori più bassi tra gennaio e marzo, ad agosto e a novembre. Proprio nel mese di novembre, il giorno 25, si registra il minimo valore assoluto a 6 km al largo di Porto Garibaldi pari a 4.8 psu.



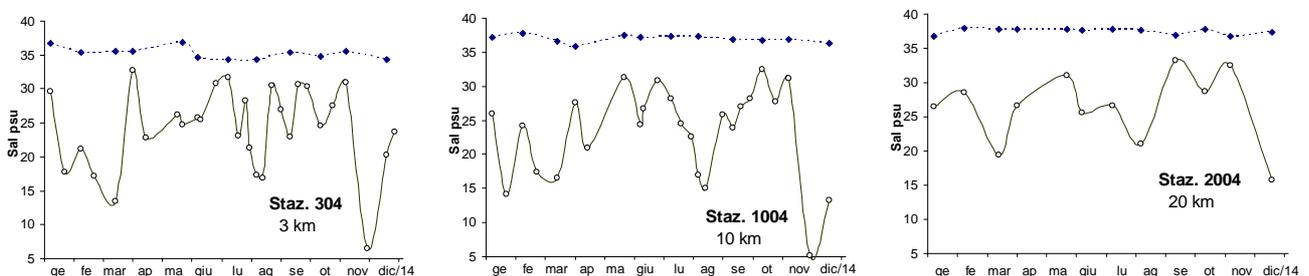
**Figura 29 – isolinee di concentrazione della salinità (psu) lungo il transetto di Porto Garibaldi il 25 novembre 2014**

La forte diluizione delle acque marine a causa degli apporti dai bacini costieri e in particolare da quello padano interessa non solo le stazioni più in costa ma anche quelle al largo. Lungo il transetto ad esempio di Porto Garibaldi (Figura 29 e Figura 31) valori bassi di salinità si sono rilevati durante il monitoraggio fino a 20 km al largo. Il grafico mette in evidenza anche la condizione diversa tra la superficie e il fondo, con valori più variabili ovviamente in superficie mentre rimangono più stabili e con differenze molto limitate negli ultimi strati prossimi al fondale.

Le isolinee di Figura 34 sottolineano come l'apporto di acque di origine fluviale immesse in ambiente marino influenzi principalmente i primi metri della colonna d'acqua e come le stazioni più meridionali risultino, rispetto a quelle centro settentrionali, più omogenee per la maggior parte dell'anno.

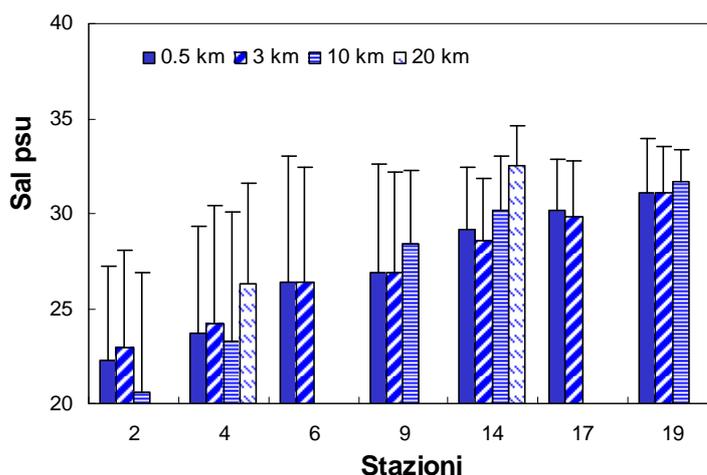


**Figura 30 – Andamenti temporali della salinità in superficie in alcune stazioni a 0.5 dalla costa**



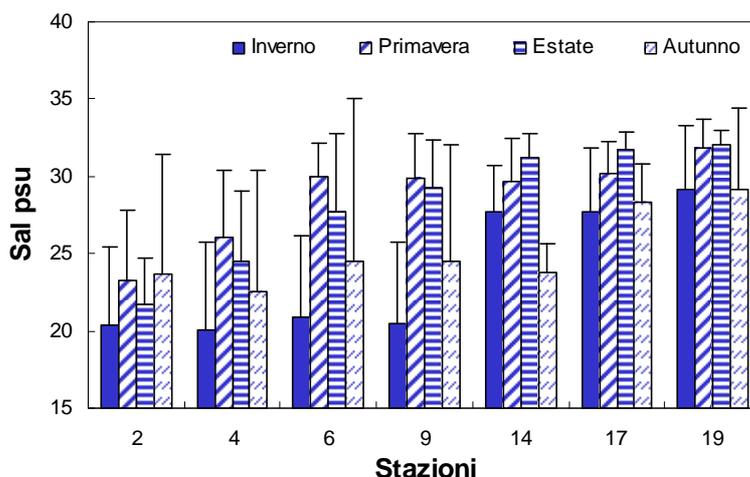
**Figura 31 – Andamenti temporali della salinità in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 3, 10 e 20 km lungo la direttrice di Porto Garibaldi**

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 e nutrienti veicolati dai fiumi. Le medie annuali calcolate lungo i transetti da 0.5 a 20 km al largo dalla costa (Figura 32) mostrano un trend positivo netto nord sud sottolineando la maggior influenza del bacino padano, e quindi del Po, sulle stazioni più settentrionali sia in costa che al largo. Nella stazione 1002, a 10 km da Lido di Volano, si conferma il dato medio più basso pari a 20.58 psu. Lungo il transetto di Cesenatico (14) la tendenza all'aumento da costa al largo è più marcata nelle stazioni a 10 e 20 km, mentre risulta minima o assente nelle due stazioni più meridionali.



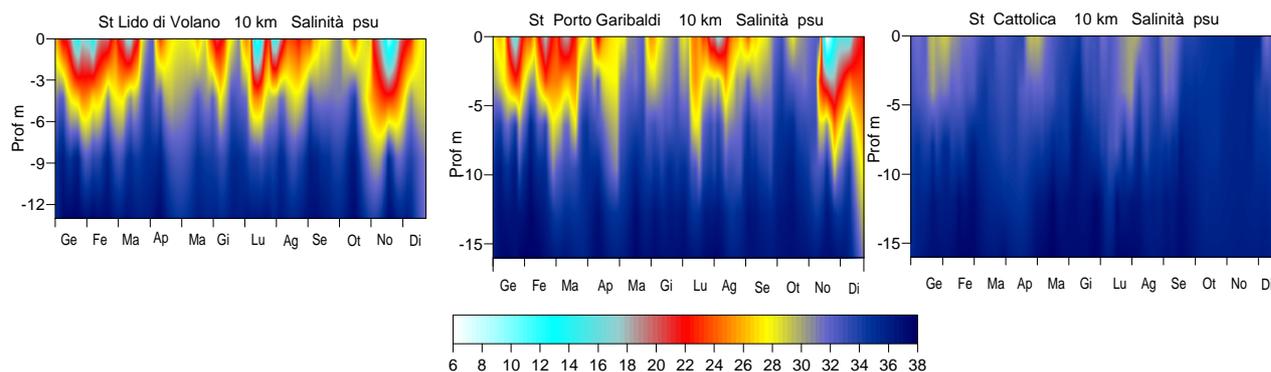
**Figura 32 – Valori medi annuali e deviazioni standard della salinità nelle acque superficiali calcolati nei transetti a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa**

Il confronto fra le medie stagionali (Figura 33) sottolinea per le stazioni settentrionali minimi in inverno e a seguire in autunno, nelle stazioni più a sud valori massimi in primavera ed estate e minimi e omogenei in inverno e autunno. A Cesenatico il valore medio più basso si è registrato in autunno.



**Figura 33 - Valori medi stagionali e deviazioni standard della salinità nelle acque superficiali calcolati nelle stazioni a 0.5 km dalla costa**

L'influenza degli apporti di acqua dolce di origine fluviale interessa in particolar modo le stazioni più costiere ed in maniera preponderante quelle più settentrionali (Figura 34). Lo strato di acque dolci che interessa la parte superiore della colonna d'acqua variava dai 3-4 metri fino ad arrivare ad interessare i 12 metri nella stazione 1014 nel mese di dicembre. Valori bassi di salinità di poco superiori ai 10 psu sono stati registrati anche ad una distanza di 10 km al largo di Porto Garibaldi in concomitanza a cospicui apporti di acque dolci (Figura 27).

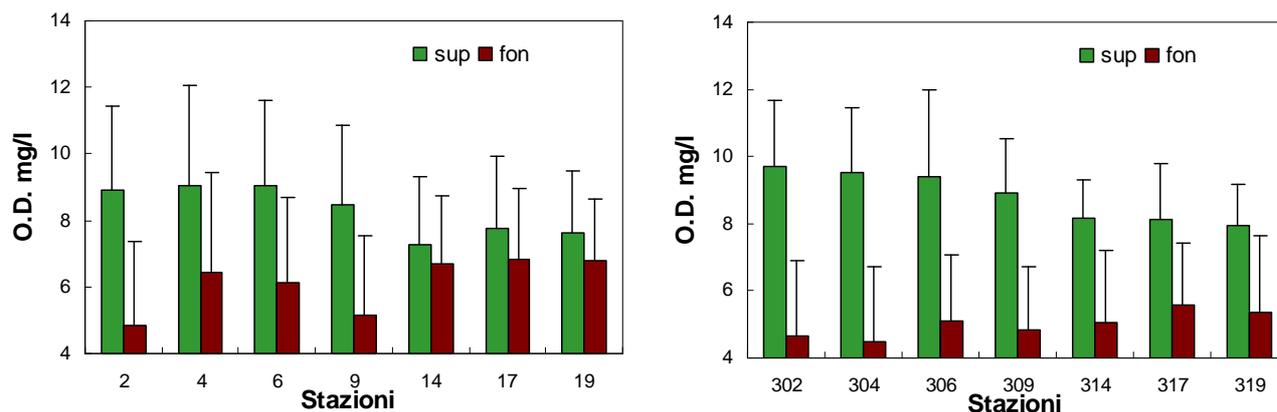


**Figura 34 – Isolinee della salinità rilevate nelle stazioni a 10 km al largo di L. di Volano, Porto Garibaldi e Cattolica**

#### *4.4.1.c Ossigeno disciolto*

L'ossigeno disciolto è un importante indicatore dello stato trofico di un ecosistema e il suo andamento è strettamente correlato alla presenza di biomassa autotrofa (fitoplancton) in sospensione nell'ambiente marino. Le acque antistanti l'Emilia Romagna sono considerate acque eutrofiche, produttive e soggette spesso a fenomeni di ipossia e anossia sul fondo che se protratte nel tempo possono causare criticità a livello di fondale sulle comunità bentoniche strettamente legate alla vita di fondo.

In Figura 35 sono stati elaborati i dati annuali dell'ossigeno disciolto sia in superficie che sul fondo. I dati sul fondo evidenziano valori di sottosaturazione, quindi diminuzione di concentrazione di ossigeno, nelle stazioni a 3 km dalla costa rispetto a quelle situate a 0.5 km sia a nord che a sud. Nelle acque di fondo condizioni di sotto saturazione sono generate dall'attività metabolica di organismi eterotrofi, appartenenti alla catena trofica dei detritivori, che degradano la sostanza organica depositata sul fondo consumando ossigeno.



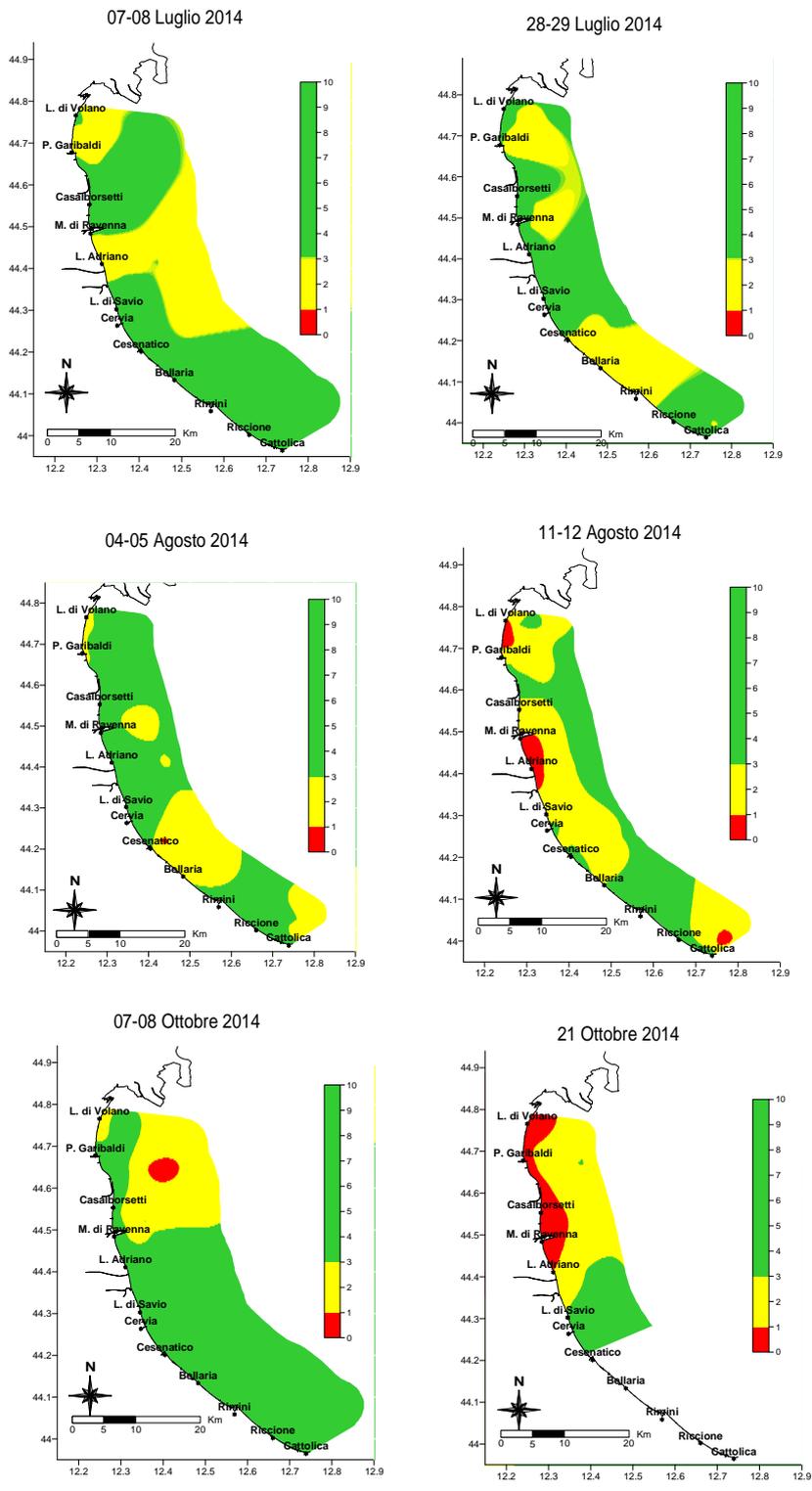
**Figura 35 - Valori medi annuali e deviazioni standard di ossigeno disciolto nelle acque superficiali e di fondo nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa**

Anche per il 2014 i periodi più critici rilevati sul fondo si sono presentati principalmente nel periodo estivo ed a ottobre.

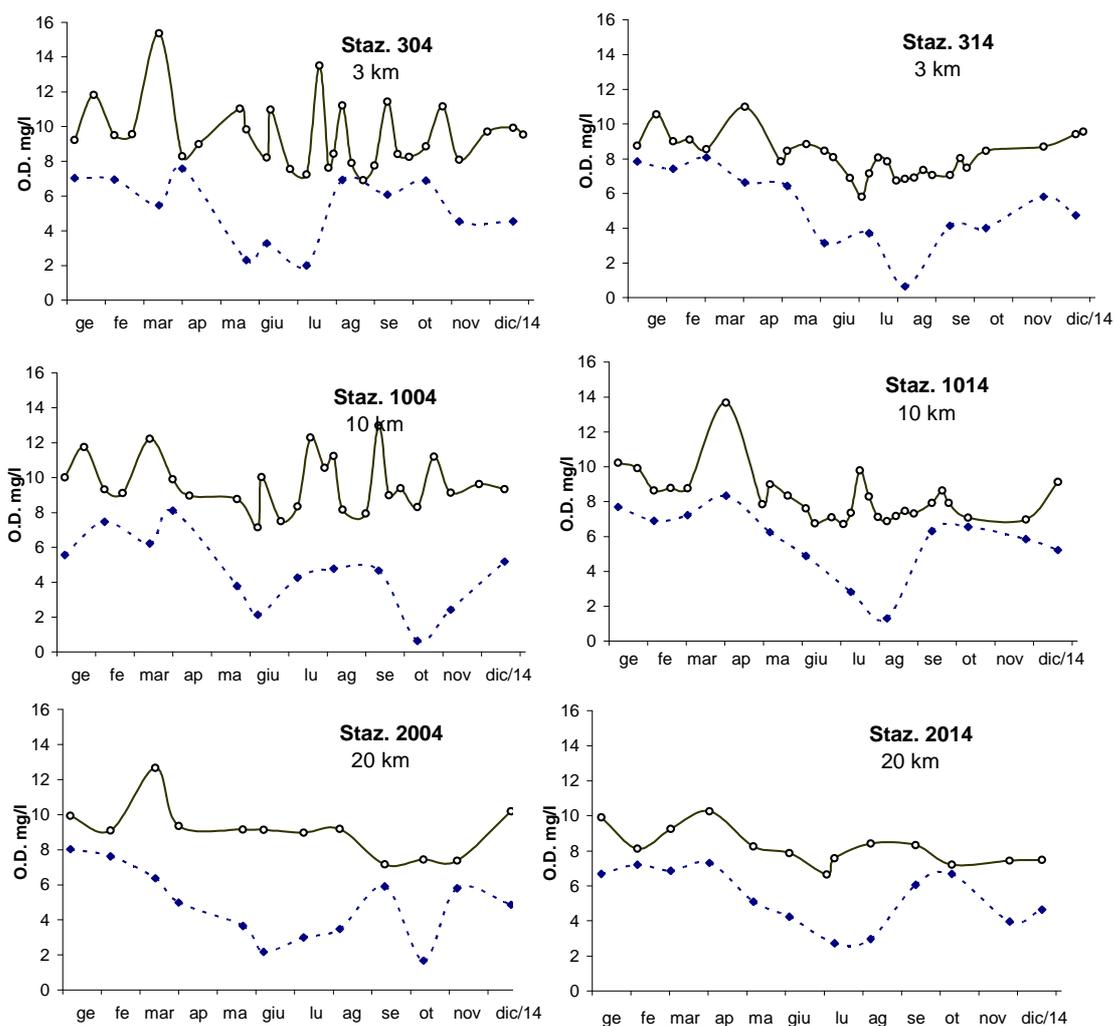
Tra luglio e agosto si sono registrate durante i monitoraggi settimanali diminuzioni delle concentrazioni di ossigeno disciolto sul fondo tendenti all'ipossia (Figura 36). Ad agosto, nei controlli del giorno 11 e 12, la condizione di ipossia era molto estesa. In alcune aree localizzate le concentrazioni registrate erano inferiori a 1  $\mu\text{g/l}$  sottolineando una situazione più critica di anossia a ridosso del fondale. Nell'area compresa tra Lido di Volano e Porto Garibaldi e tra Marina di Ravenna e Lido Adriano a 0.5 km dalla costa si sono registrati i valori più bassi in assoluto compresi tra 0.2 (stazione 2) e 0.55  $\mu\text{g/l}$  (stazione 9).

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 in decomposizione, la stasi idrodinamica e la stratificazione termica che limita gli scambi tra gli strati superficiali e quelli di fondo.

Una condizione di ipossia estesa sia in costa che al largo con concentrazioni tendenti anche all'anossia ( $<1 \mu\text{g/l}$ ) limitate alle aree più in costa, si sono registrate anche nel mese ottobre in particolare durante il monitoraggio del 21 ottobre (Figura 36).



**Figura 36 – Mappe di distribuzione dell’ossigeno disciolto sul fondo rilevati in alcuni monitoraggi effettuati nel 2014**



**Figura 37 – Andamenti temporali dell’ossigeno disciolto in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nei transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico**

Gli andamenti temporali lungo le due direttrici rappresentati in Figura 37 mostrano le variazioni del parametro in superficie e sul fondo. Valori elevati in superficie dipendono generalmente dall’apporto di ossigeno proveniente dai processi fotosintetici ad opera della componente microalgale presente in maniera più abbondante nei primi metri lungo la colonna d’acqua e per questo anche più variabili.

Sul fondo lungo il transetto di Porto Garibaldi, i valori più bassi tendenti all’anossia si sono registrati ad ottobre a 10 e a 20 km; lungo il transetto di Cesenatico il mese più critico è stato agosto fino a 10 km dalla costa.

#### 4.4.1.d Clorofilla “a”

La concentrazione di Clorofilla “a” fornisce la misura del principale pigmento fotosintetico delle microalghe presenti nelle acque; viene utilizzata per stimare indirettamente la biomassa fitoplanctonica. Essa 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.

Le stazioni della rete di monitoraggio per la determinazione della Clorofilla “a” sono 14 dislocate su 7 transetti perpendicolari alla costa (Lido di Volano, P. Garibaldi, Casalborgetti, Lido Adriano, Cesenatico, Rimini e Cattolica) e distanti 0.5 e 3 km dalla linea di riva (vedi Tabella 4).

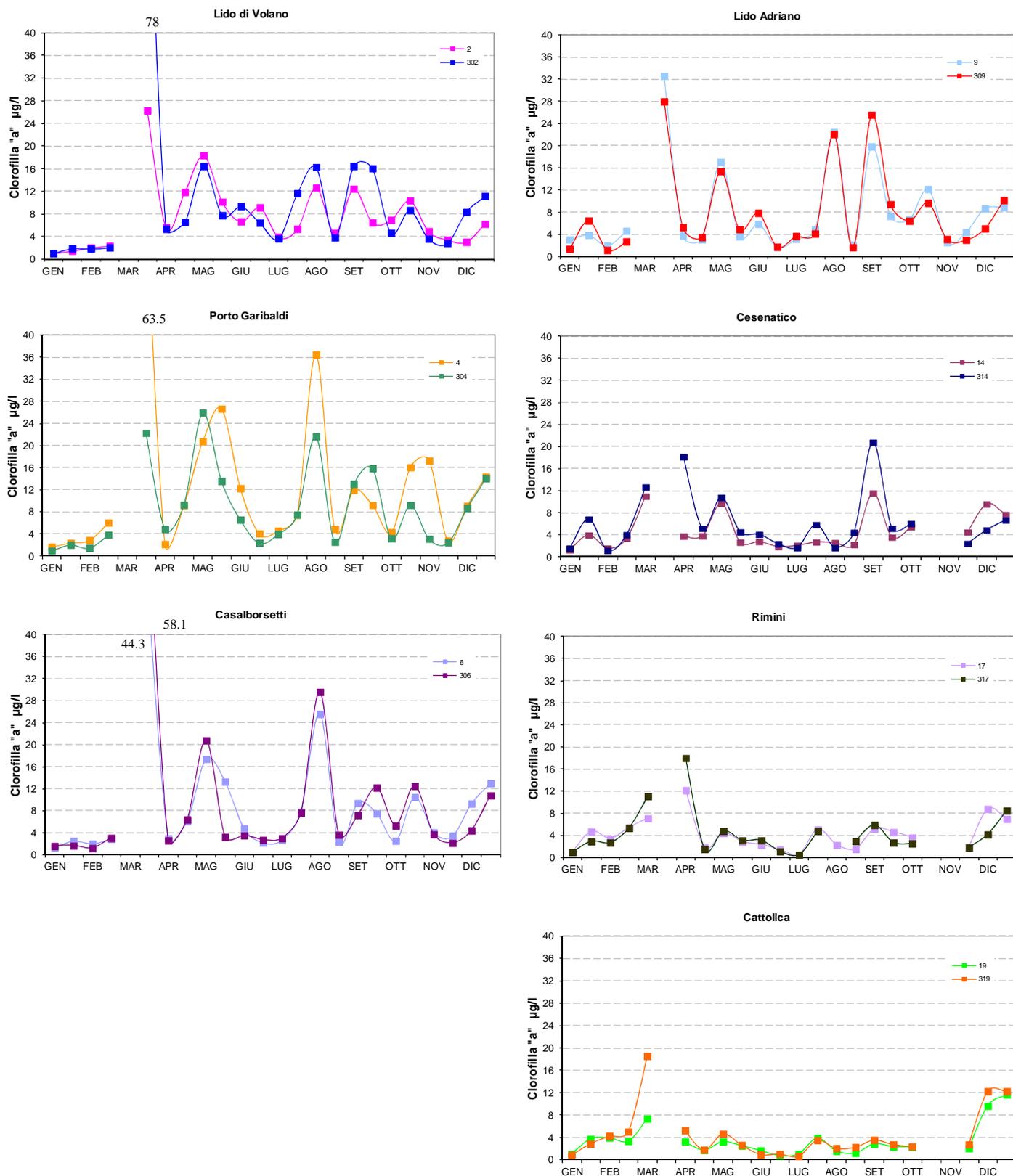
Il numero e l’ubicazione delle stazioni d’indagine permettono di effettuare una valutazione sufficiente dell’ampiezza e dell’impatto generato (blooms algali) e delle pressioni esistenti sulla fascia costiera.

La frequenza d’indagine è quindicinale (1<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> settimana di ogni mese) e non bimestrale come prevede il D.M. 260/10. Una maggior frequenza d’indagine 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 monitoraggio a frequenza settimanale, mostrano in linea di massima, una scala temporale di variazione ben più accentuata rispetto alla frequenza di misure prevista dal D.260/10.

Nella Figura 38, si riportano gli andamenti della Clorofilla nel 2014 nelle varie stazioni di campionamento. Osservando i grafici si nota che le stazioni ubicate più a nord sono caratterizzate in genere da una variabilità maggiore rispetto a quelle più meridionali. Nelle medesime stazioni si riscontrano le concentrazioni maggiori soprattutto in marzo-aprile. Anche questo parametro trova una stretta correlazione con le portate fluviali in quanto gli apporti di acque dolci trasportano a mare sostanze nutritive (sali di N e P) che innescano e sostengono le fioriture microalgali.

Nelle stazioni centro meridionali di Cesenatico, Rimini e Cattolica si osserva la presenza di uno o più picchi prevalenti nei mesi marzo-maggio e valori più bassi di clorofilla “a” nei mesi estivi.



**Figura 38 – Andamenti temporali della Clorofilla “a” in superficie nelle stazioni a 0.5 e 3 km di distanza dalla costa dei corpi idrici CD1 (colonna sinistra; stazioni 2, 302, 4, 304, 6, 306) e CD2 (colonna destra; stazioni 9, 309, 14, 314, 17, 317, 19, 319)**

Ai fini della valutazione dello Stato di Qualità Ambientale, si seguono le metriche proposte nel DM 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  $\text{mg}/\text{m}^3$  o  $\mu\text{g}/\text{l}$ ) 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 EQB fitoplancton e macroinvertebrati bentonici.

Per l’EQB fitoplancton il D.M. 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 annuale;
- valore di riferimento ( $\mu\text{g}/\text{l}$ ) 1.8;
- limite di classe: Buono/Elevato 2.4  $\mu\text{g}/\text{l}$  con RQE 0.75, Buono/Sufficiente 3.5  $\mu\text{g}/\text{l}$  con RQE 0.51

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

Lo stato di qualità per l’EQB fitoplancton è stato definito come segue:

- lo stato di qualità di ogni stazione, relativo ad un anno di riferimento, è dato dalla media geometrica di tutti i valori di concentrazione clorofilla “a”;
- lo stato di qualità di un corpo idrico, relativo ad un anno di riferimento, è dato dalla media aritmetica delle medie geometriche/anno della clorofilla “a” di tutte le stazioni appartenenti al corpo idrico;
- lo stato di un corpo idrico al termine del ciclo di monitoraggio (3 anni) è attribuito come media dei 3 valori annuali della clorofilla “a”.

La Tabella 3 riporta le medie geometriche/anno, relative al 2014, per ciascuna stazione e lo stato di qualità dei corpi idrici. La situazione rilevata evidenzia come l’EQB Fitoplancton sia un elemento significativo a rimarcare la condizione eutrofica di tale area e presenta ampie fluttuazioni condizionate prevalentemente dalle condizioni meteorologiche che si verificano. Nella Tabella 3, risulta evidente un trend decrescente nord-sud dei valori di clorofilla “a” che attribuiscono al corpo idrico CD1 (Goro-Ravenna) valori di medie geometriche/anno più alti rispetto al CD2 (Ravenna-Cattolica).

Per il 2014 lo stato di qualità dei corpi idrici per l’EQB fitoplancton (Tabella 3) è Sufficiente per entrambi i corpi idrici.

**Tabella 3 – Medie geometriche annuali per stazione della Clorofilla “a” ( $\mu\text{g/l}$ ) e Stato di qualità dei corpi idrici per l’EQB fitoplancton**

Corpo idrico	Stazione	2014	
CD1 Goro-Ravenna	2	5.73	6.12 Sufficiente
	302	6.38	
	4	7.96	
	304	5.81	
	6	5.59	
	306	5.22	
CD2 Ravenna-Cattolica	9	5.55	3.90 Sufficiente
	309	5.27	
	14	3.81	
	314	4.69	
	17	3.21	
	317	3.19	
	19	2.55	
	319	2.94	

In Figura 39 si riportano le mappe di distribuzione delle medie stagionali di clorofilla “a”, in cui è possibile notare la condizione eutrofica che ha interessato la zona costiera nel periodo autunnale e osservare come la zona centro-meridionale sia in generale caratterizzata da valori di clorofilla nettamente inferiori rispetto a quella settentrionale.

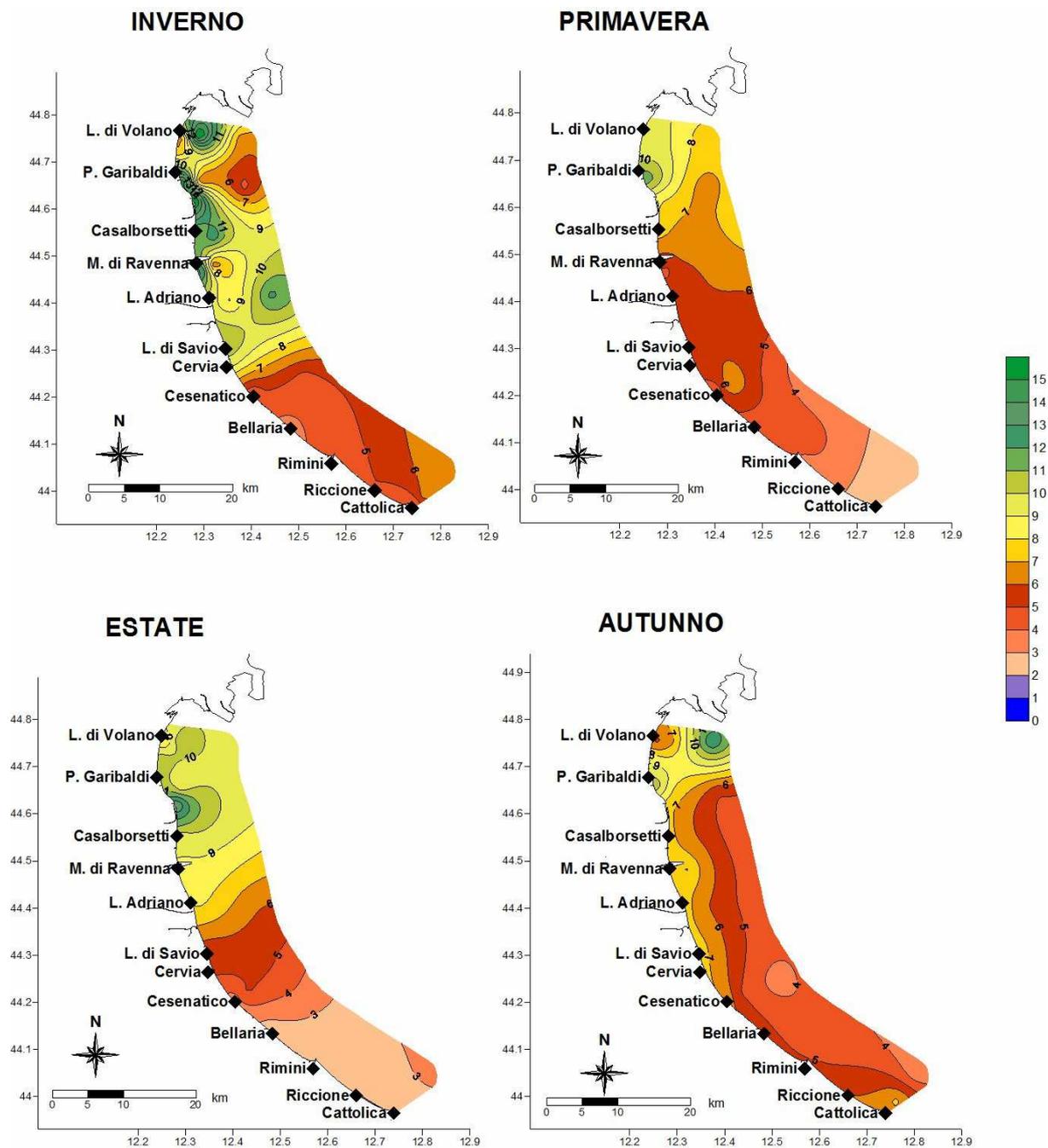


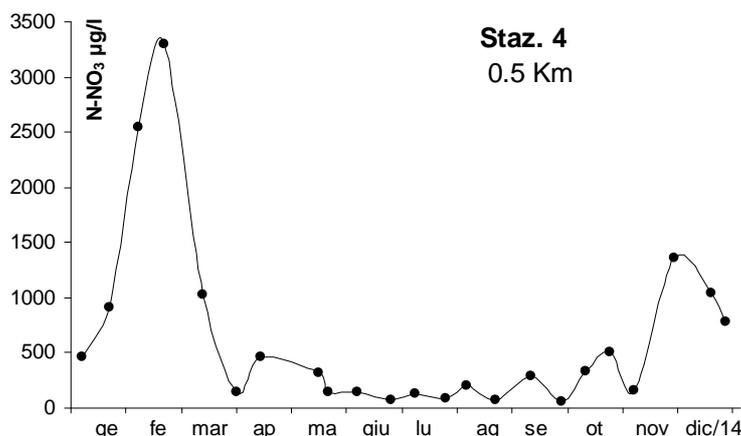
Figura 39 – Mappe di distribuzione della clorofilla “a” ( $\mu\text{g/l}$ ) da costa a 10 km al largo in superficie (medie stagionali)

#### 4.4.2 Elementi nutritivi

L'azoto è un microelemento nutritivo disciolto nell'acqua le cui componenti azotate sono rappresentate da composti minerali solubili quali azoto nitrico ( $\text{NO}_3$ ), azoto nitroso ( $\text{NO}_2$ ), azoto ammoniacale ( $\text{NH}_3$ ) e azoto totale (Ntot). Le concentrazioni rilevate nelle acque marine sono strettamente correlate agli apporti fluviali dai bacini costieri, in particolare da quello padano e presentano in generale una elevata variabilità durante l'anno.

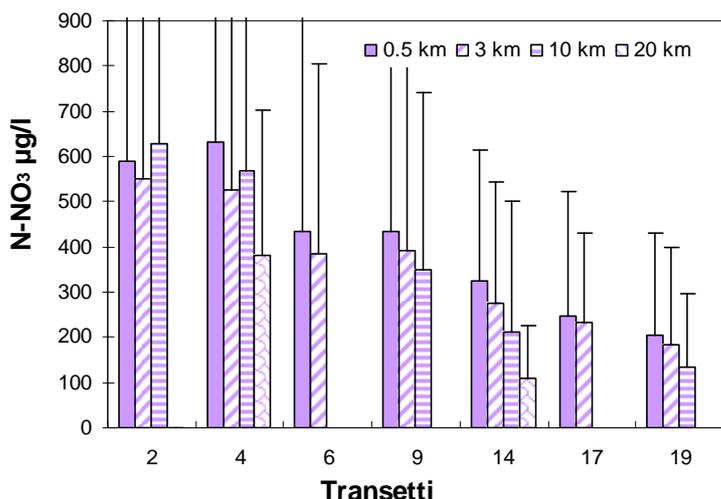
##### 4.4.2.a Azoto nitrico ( $\text{N-NO}_3$ )

Componente solubile dell'azoto, l'azoto nitrico mostra una distribuzione strettamente correlata agli apporti di origine fluviale, soprattutto nell'area più a nord, dove l'influenza diretta del bacino padano e quindi del fiume Po, determina in generale una maggior variabilità nelle acque superficiali e valori più elevati rispetto alle altre aree lungo tutta la costa. Nella stazione 4, posizionata a 0,5 km davanti a Porto Garibaldi, si è rilevata la massima concentrazione di  $\text{N-NO}_3$  del 2014 pari a 3304,53  $\mu\text{g/l}$  a fine febbraio. La Figura 40 mostra l'andamento temporale del parametro proprio in questa stazione evidenziando il picco registrato il 21/02/14 e mostrando un andamento annuale con massimi in inverno e autunno e valori minimi in estate.



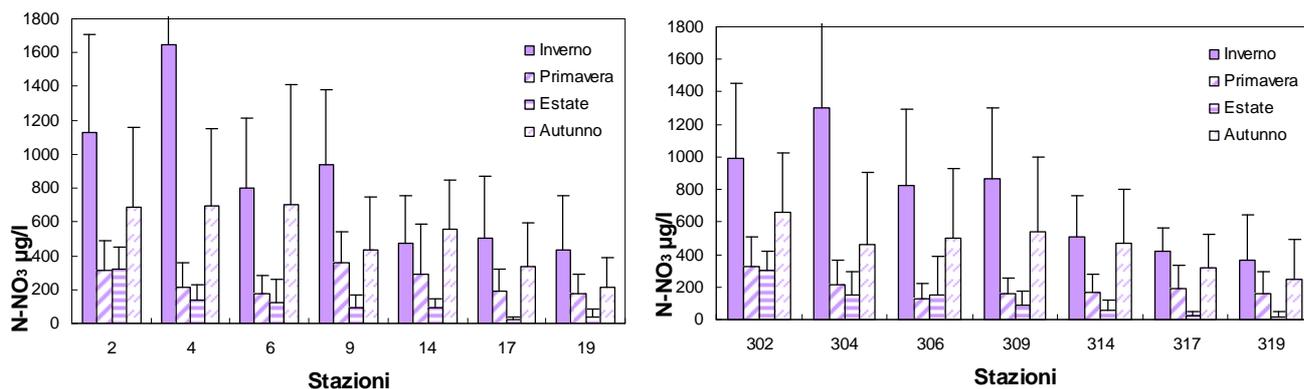
**Figura 40 - Andamento temporale dell'azoto nitrico in superficie nella stazione 4 a 0,5 km antistante Porto Garibaldi**

L'elaborazione delle medie annuali calcolate lungo i transetti sottolineano un trend negativo tra nord e sud e da costa a largo più marcato nelle stazioni centro-meridionali rispetto a quelle settentrionali lungo la costa (Figura 41). In queste ultime le differenze sono meno significative fino a 10 km confermando l'influenza diretta degli apporti padani in quest'area.



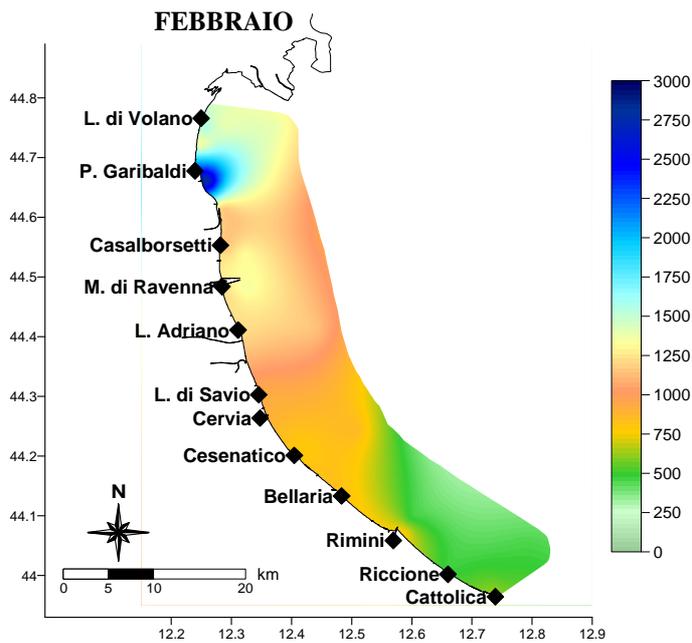
**Figura 41 - Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto nitrico in superficie calcolati nelle stazioni a 0,5, 3, 10 e 20 km dalla costa**

La rappresentazione grafica delle medie stagionali nelle stazioni a 0,5 km dalla costa mostra ancora concentrazioni maggiori in inverno e minori in estate in concomitanza ai minori apporti di acque dolci dai bacini costieri (Figura 42).

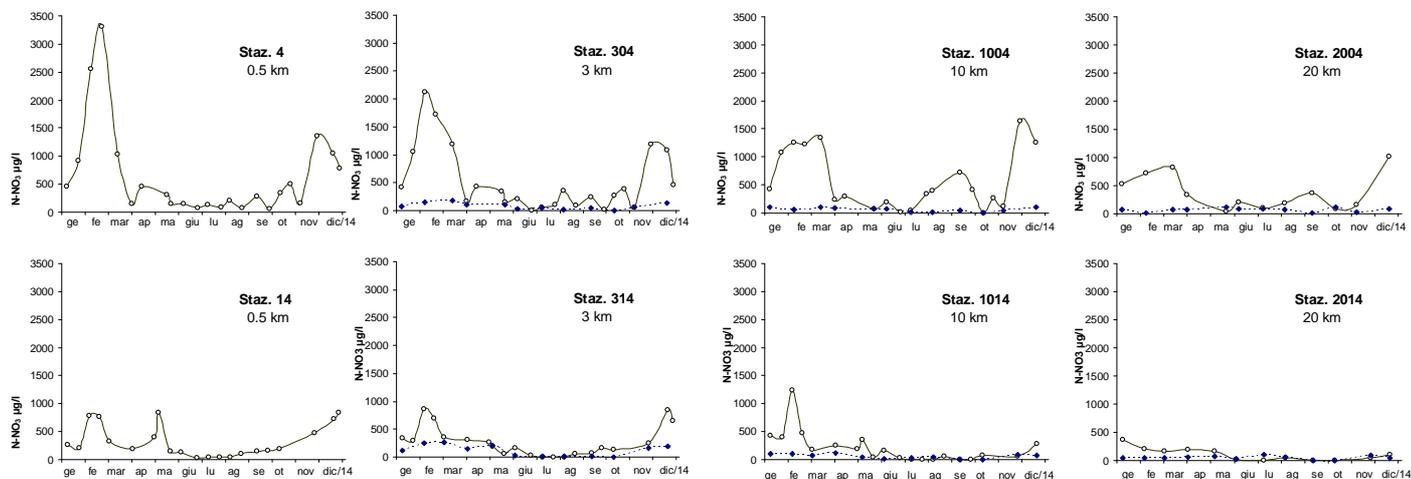


**Figura 42 - Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'azoto nitrico nelle acque superficiali nelle stazioni a 0,5 e 3 km dalla costa**

La mappa rappresentata in Figura 43 descrive la distribuzione media dell'azoto nitrico nelle acque superficiali durante il mese di febbraio, che tende a diminuire di concentrazioni andando da nord a sud ed evidenzia un'elevata quantità registrata proprio in quel periodo nell'area davanti a Porto Garibaldi. La Figura 44 rappresenta la distribuzione temporale della concentrazione del parametro in superficie e sul fondo lungo le direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico. In superficie si osserva una maggior variabilità dell'azoto in particolar modo nel transetto di P. Garibaldi situato più a nord lungo la costa e maggiormente correlato alle portate del fiume Po. Le acque più vicino al fondo mantengono in tutte le stazioni concentrazioni più basse e andamenti omogenei attestando una maggior stabilità del parametro.



**Figura 43 -** Mappa di distribuzione di N-NO<sub>3</sub> in superficie da costa fino a 10 km al largo nel mese di febbraio (media mensili µg/l)



**Figura 44 -** Andamenti temporali dell'azoto nitrico in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo le due direttrici di P. Garibaldi e di Cesenatico

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

L'andamento dell'azoto nitroso presenta una tendenza durante l'anno analoga a quella descritta per l' $N-NO_3$ , sempre in relazione alle portate fluviali anche se con concentrazioni minori (Figura 45).

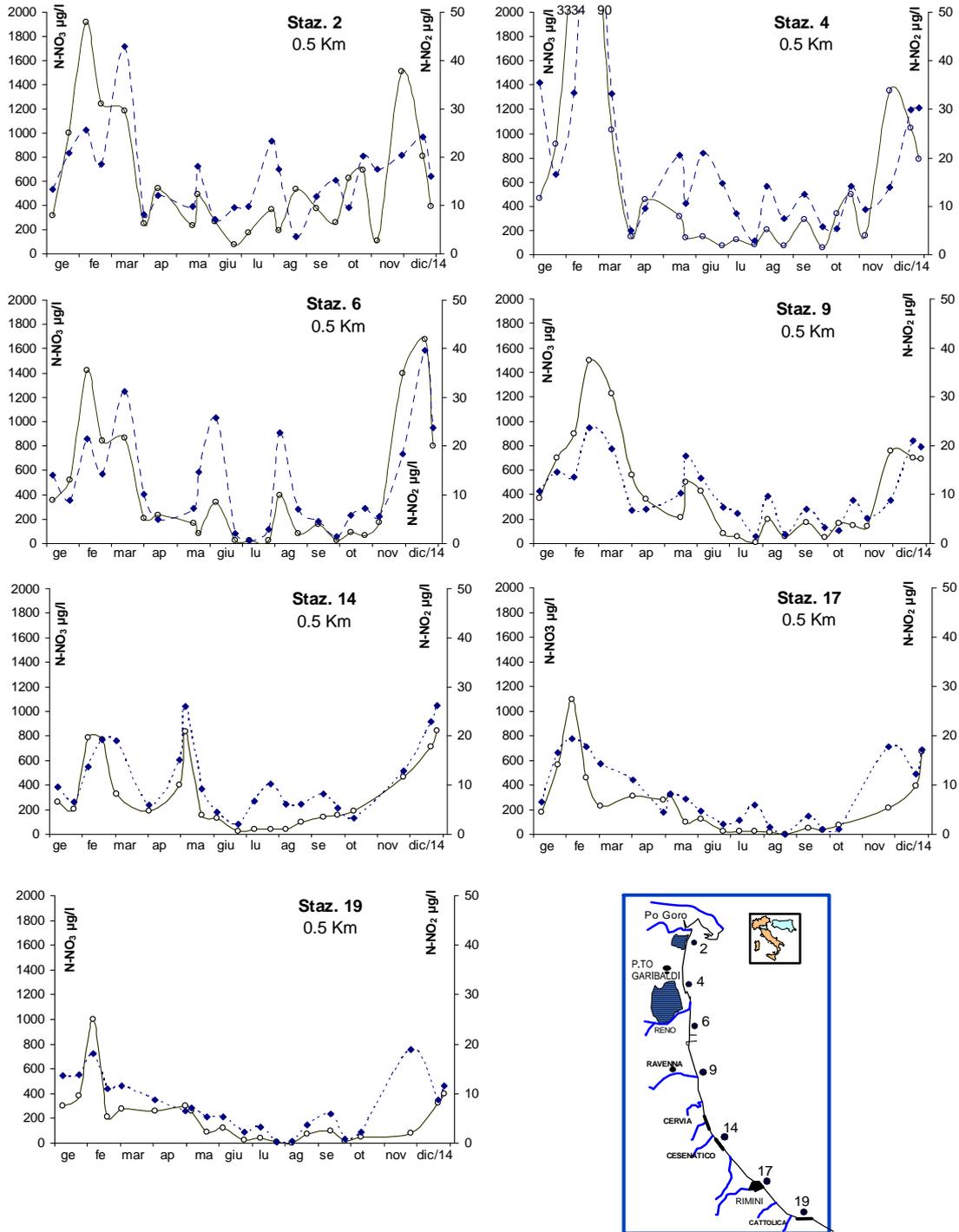
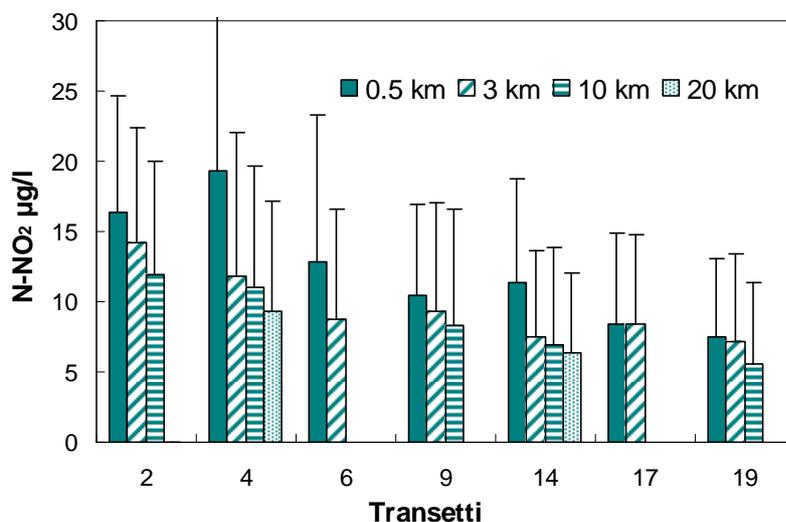


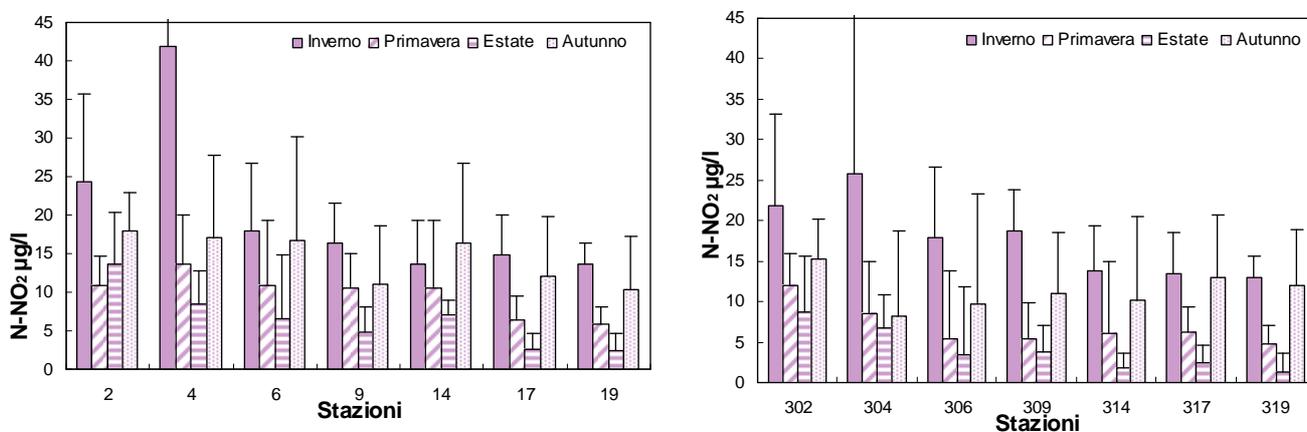
Figura 45 - Andamenti temporali dell'azoto nitroso (linea continua) e dell'azoto nitroso (linea tratteggiata) in superficie in alcune stazioni a 0,5 km da costa

Le medie annuali dell'azoto nitroso e le relative deviazioni standard di Figura 46 confermano un trend decrescente di concentrazione più marcato da nord verso sud e da costa al largo soprattutto nella stazione 4 (Porto Garibaldi).



**Figura 46 - Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto nitroso in superficie calcolati nelle stazioni a 0,5, 3, 10 e 20 km dalla costa**

L'andamento stagionale nelle stazioni a 0.5 e 3 km in Figura 47 conferma concentrazioni medie superiori nelle stazioni settentrionali in inverno e i valori minimi in estate.



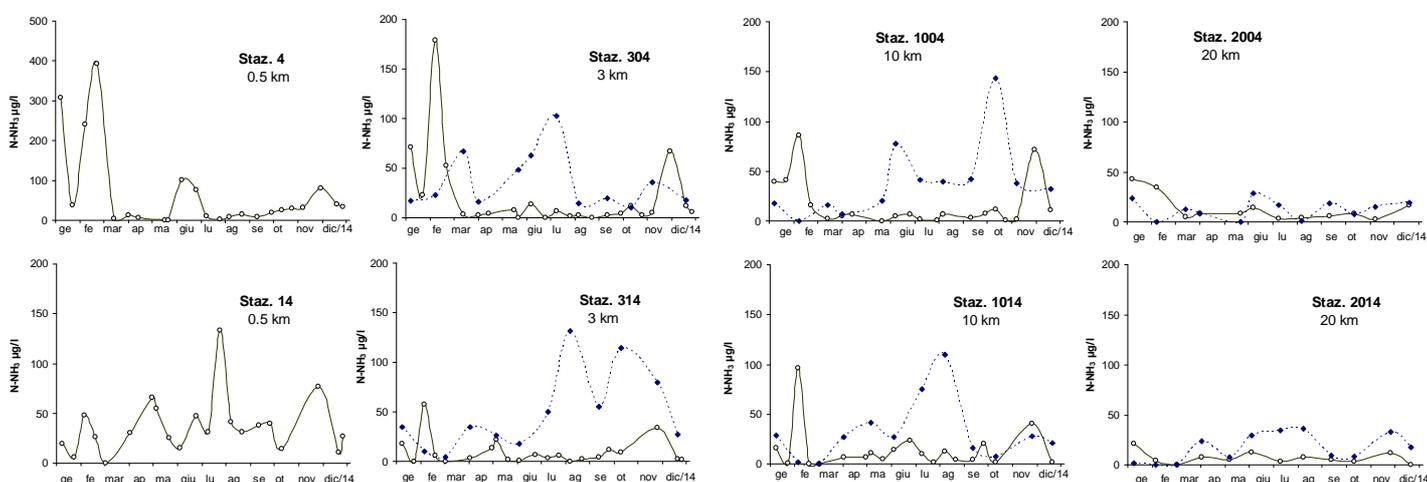
**Figura 47 - Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'azoto nitrico nelle acque superficiali a 0,5 e 3 km dalla costa**

Il dato più elevato registrato nel 2014 è stato di 90.94 µg/l il 21 febbraio nella stazione 4 (Porto Garibaldi).

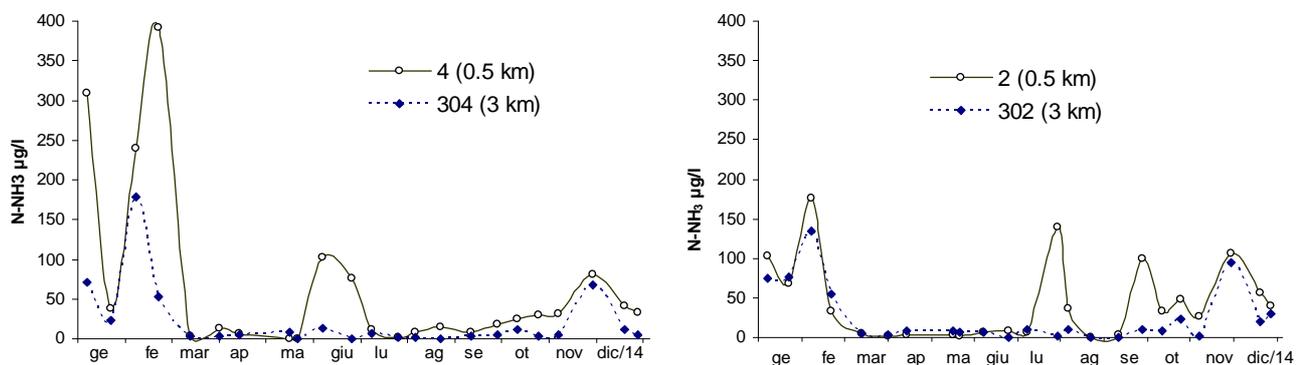
#### 4.4.2.c Azoto ammoniacale ( $N-NH_3$ )

La presenza di azoto ammoniacale nelle acque marine è normalmente di origine fluviale, legata all'immissione di reflui prodotti dagli insediamenti urbani costieri.

La distribuzione lungo la colonna rileva concentrazioni del parametro che tendono a volte essere superiori sul fondo rispetto alla superficie come conseguenza della mineralizzazione della sostanza organica ad opera dei microorganismi presenti sul fondo che rende l' $N-NH_3$  solubile nell'ultimo strato della colonna d'acqua (Figura 48). Tali concentrazioni sul fondo sono correlate a fenomeni ipossici presenti nel periodo nell'area antistante anche Cesenatico dovuti proprio alla degradazione della sostanza organica. L'andamento annuale mostra l'elevata variabilità del parametro nelle stazioni a 0,5 km rispetto a quelle posizionate più lontane, come mostrato ad esempio anche solo nelle stazioni a 3 km (Figura 49) a conferma dell'influenza diretta che ha il territorio sull'area costiera.

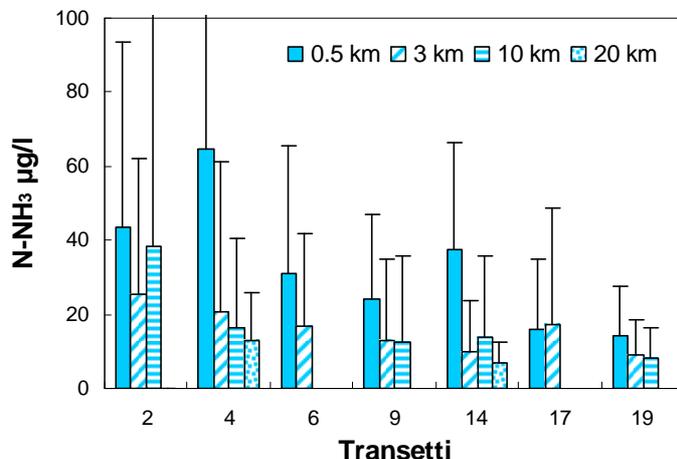


**Figura 48 - Andamenti temporali dell'azoto ammoniacale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo la direttrice di Cesenatico**



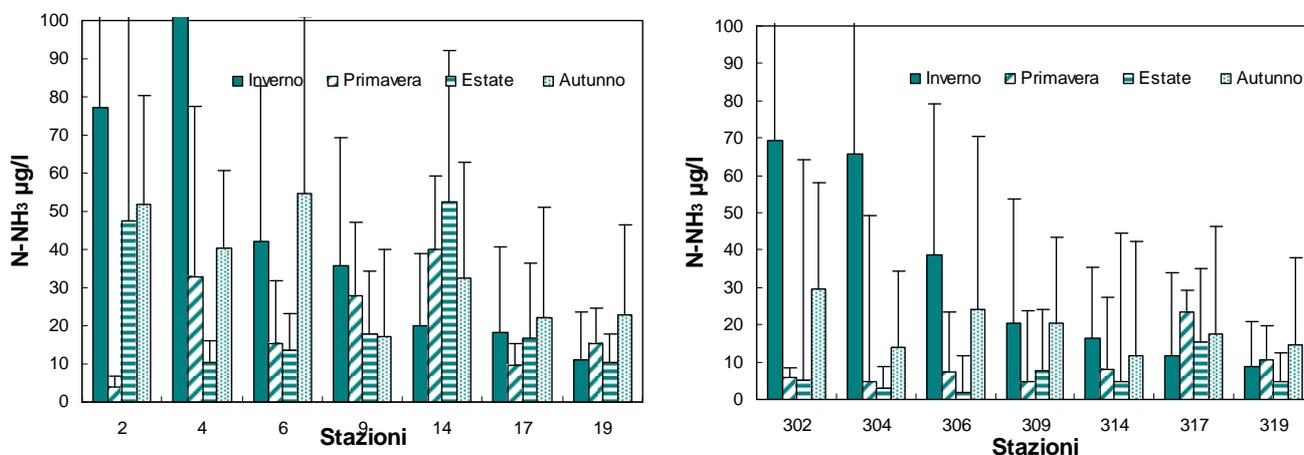
**Figura 49 - Andamento temporale dell'azoto ammoniacale a 0,5 km (linea continua) e a 3 km (linea tratteggiata) nelle stazioni antistanti a Porto Garibaldi e Lido di Volano.**

Nella Figura 50 sono rappresentate con istogrammi, le medie di N-NH<sub>3</sub> nei transetti monitorati partendo dalle stazioni più in costa (0,5 km) fino a quelle più lontane (20 km). Si rileva un trend negativo nord sud e da costa a largo molto più marcato nelle stazioni settentrionali rispetto a quelle meridionali. Il dato medio più elevato è stato calcolato nella stazione 4 (64,52µg/l).

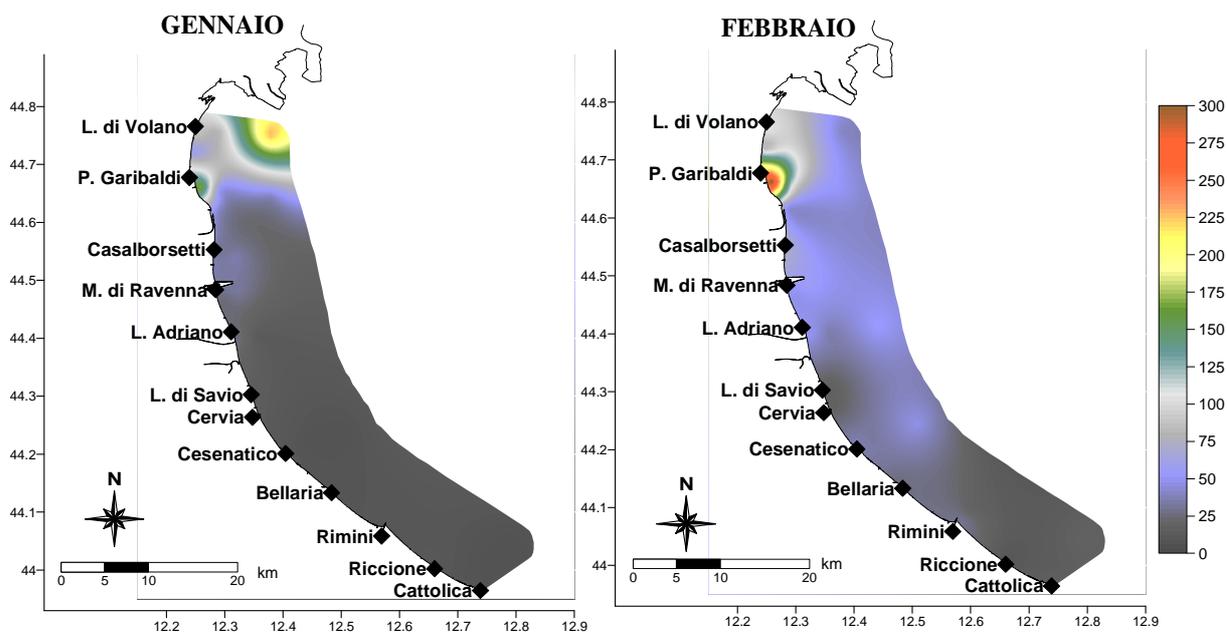


**Figura 50 – Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto ammoniacale in superficie calcolati nelle stazioni a 0,5, 3, 10 e 20 km dalla costa**

L'elaborazione stagionale dei valori medi conferma massimi di azoto ammoniacale in inverno e minimi in estate in corrispondenza di minori apporti dai fiumi e in particolare dal Po (Figura 51). Le mappe di distribuzione mensile dell'azoto ammoniacale in superficie nei mesi di Gennaio e Febbraio di Figura 52 fotografano bene le aree dove si sono rilevate le maggiori concentrazioni durante il 2014. Il valore più alto è stato di 438,73 µg/l nella stazione 1002 (07/01/14) strettamente correlato ad elevate portate del Po registrate a Pontelagoscuro (Fe) a fine 2013. In generale l'andamento durante l'anno ha mostrato concentrazioni elevate nelle stazioni in costa nella zona più a nord nelle due stagioni più fredde, inverno e autunno, interessate da maggiori apporti in mare. In costa nella stazione 4 a 0,5 km antistante Porto Garibaldi, si sono rilevate in assoluto le concentrazioni maggiori in più controlli durante i primi mesi del 2014 (picco 391,6 µg/l il 21/02/14) Figura 49.



**Figura 51 - Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'azoto ammoniacale nelle acque superficiali a 0,5 e 3 km dalla costa**

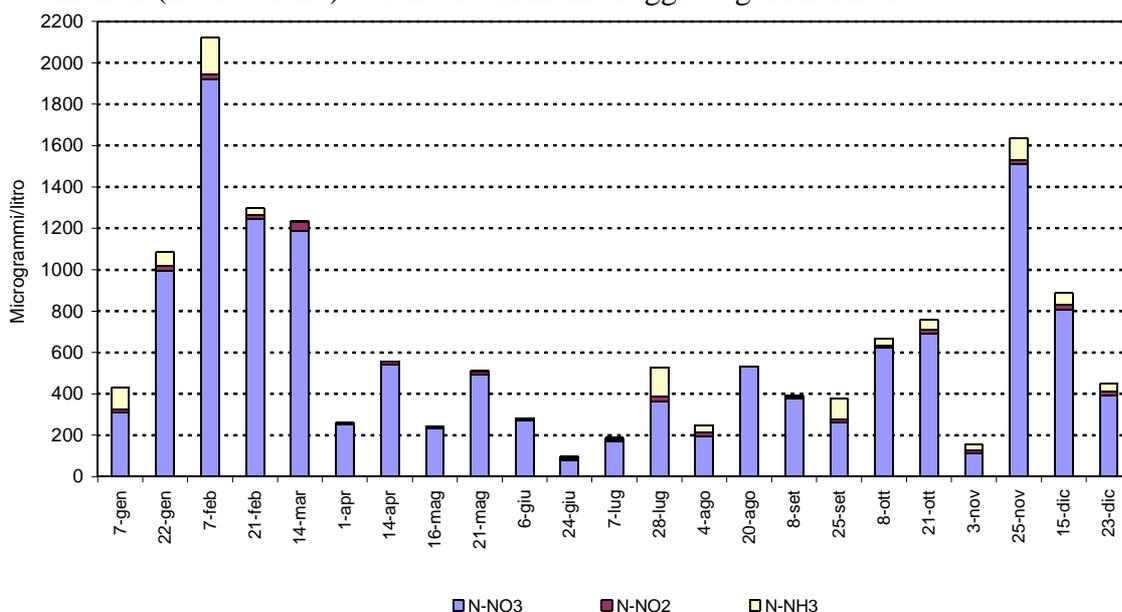


**Figura 52 - Mappe di distribuzione dell'azoto ammoniacale da costa fino a 10 km al largo nelle acque superficiali nei mesi di gennaio e febbraio (media mensili)**

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

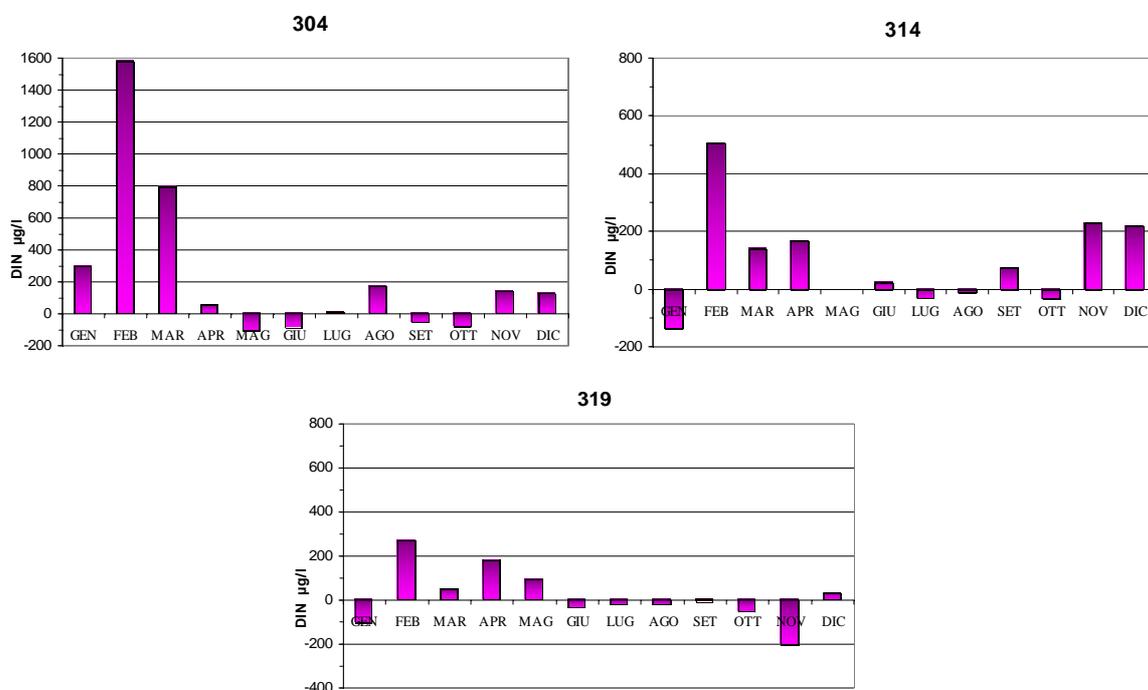
Le componenti solubili possono essere rappresentate anche come DIN (Dissolved Inorganic Nitrogen) che corrisponde alla somma delle concentrazioni delle singole componenti.

Gli andamenti temporali presentano una distribuzione legata alle portate dei fiumi con massimi in corrispondenza dei periodi di forti portate fluviali. L'azoto nitrico (N-NO<sub>3</sub>) è il parametro che presenta maggiori concentrazioni a seguire l'azoto ammoniacale e poi l'azoto nitroso (N-NO<sub>2</sub>). La Figura 53 rappresenta la distribuzione delle componenti azotate nella stazione 2 (L. di Volano) durante i vari monitoraggi eseguiti nel 2014.



**Figura 53 - Istogrammi in pila degli andamenti dei nitrati, nitriti e azoto ammoniacale nella stazione di Lido di Volano**

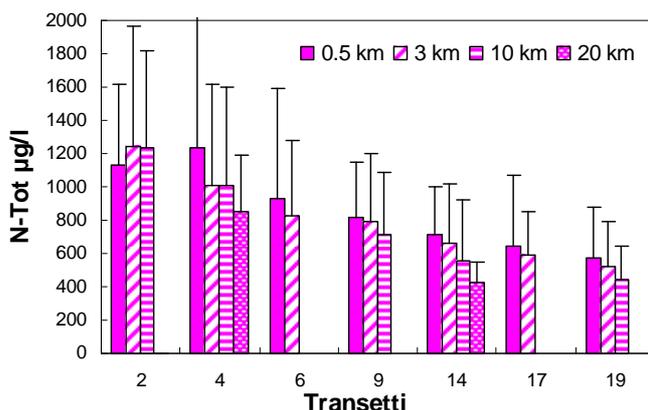
Gli istogrammi di Figura 54 riportano le variazioni dei valori medi mensili del DIN nel 2014 in tre stazioni collocate a 3 km dalla costa a confronto con il valore medio climatologico calcolato nel lungo periodo (1993-2002). Al fine di valutare gli scostamenti e/o le variazioni dell'anno 2014 rispetto alle concentrazioni dei parametri calcolati nel lungo periodo, si è rapportato il valore medio mensile con il dato medio dello stesso mese ricavato dai valori rilevati dal 1993 al 2002. I valori positivi significano che il parametro nel corso del singolo mese ha subito un incremento rispetto alla condizione presentata dalla climatologia, mentre i valori negativi identificano una diminuzione della variabile. Il mese di febbraio è quello che ha presentato in tutte e tre le stazioni considerate l'incremento maggiore di concentrazione, anche se nella stazione 319 posizionata più a sud rispetto alle altre, la variazione è meno marcata. Nel periodo estivo i valori rimangono in generale leggermente al di sotto del valore di riferimento o molto vicini alle concentrazioni medie. Nella stazione 314 si osserva una diminuzione dal valore climatologico nel mese di gennaio, mentre nella 319 si osserva a novembre.



**Figura 54 - Variazione dei valori medi mensili del DIN nelle stazioni a 3 km dalla costa (304 Porto Garibaldi, 314 Cesenatico, 319 Cattolica) in confronto al valore medio climatologico (1993-2002)**

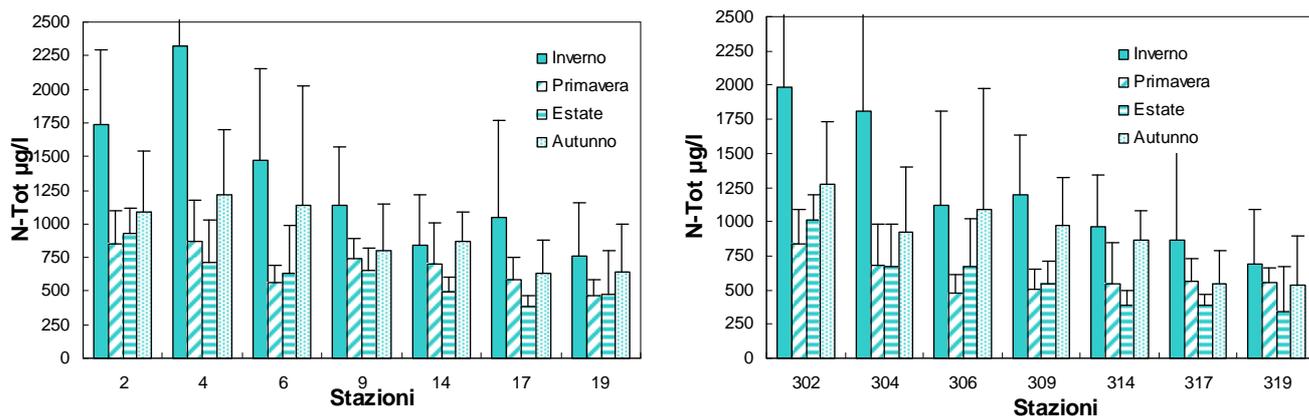
#### 4.4.2.b Azoto totale (N tot)

Le concentrazioni di azoto totale sono strettamente collegate alla presenza di particolato organico in sospensione nella colonna d'acqua e quindi sempre molto collegato agli apporti fluviali. L'elaborazione lungo i transetti mostra una generale diminuzione di concentrazione nelle acque superficiali da costa al largo, ad eccezione del transetto più a nord, Lido di Volano (stazione 2), che risente maggiormente dell'influenza diretta del bacino padano e presenta andamenti diversi (Figura 55) con valori simili e più elevati a 3 e 10 km rispetto a quelli rilevati, in media, a 0,5 km.



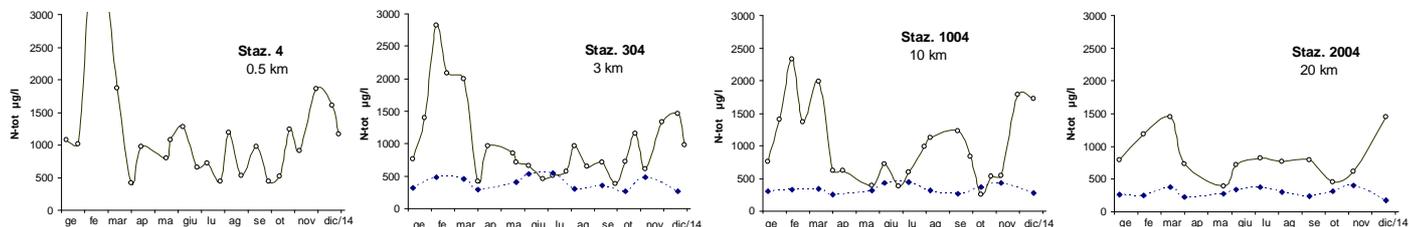
**Figura 55 - Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto totale in superficie calcolati nelle stazioni a 0,5, 3, 10 e 20 km dalla costa**

In inverno i valori si confermano maggiori in ogni stazione rispetto alle altre stagioni, in particolare se si confrontano con la primavera e l'estate; gli istogrammi di Figura 56 attestano anche stagionalmente un trend decrescente nord sud.



**Figura 56 - Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'azoto totale in superficie calcolati nelle stazioni a 0,5 e 3 km dalla costa**

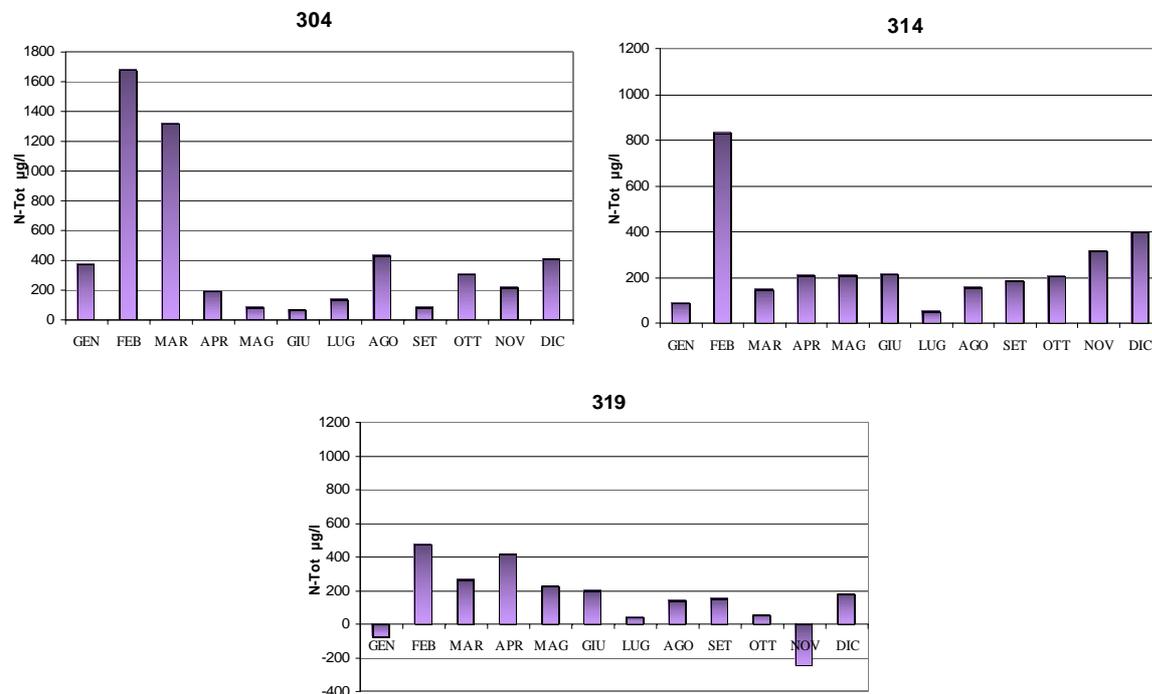
La tendenza dell'azoto totale in superficie rileva una maggior fluttuazione rispetto a quello che si osserva sul fondo dove le concentrazioni risultano più basse, omogenee e stabili (Figura 57).



**Figura 57 - Andamento temporale dell'azoto totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo la direttrice di Porto Garibaldi**

In Figura 58 sono riportate negli istogrammi le variazioni dei valori medi mensili rilevati nel 2014 nelle stazioni a 3 km davanti a P. Garibaldi, Cesenatico e Cattolica confrontate con il valore medio climatologico calcolato nel lungo periodo 1993-2002 al fine di valutare gli scostamenti e/o le variazioni nel 2014 dal valore medio mensile.

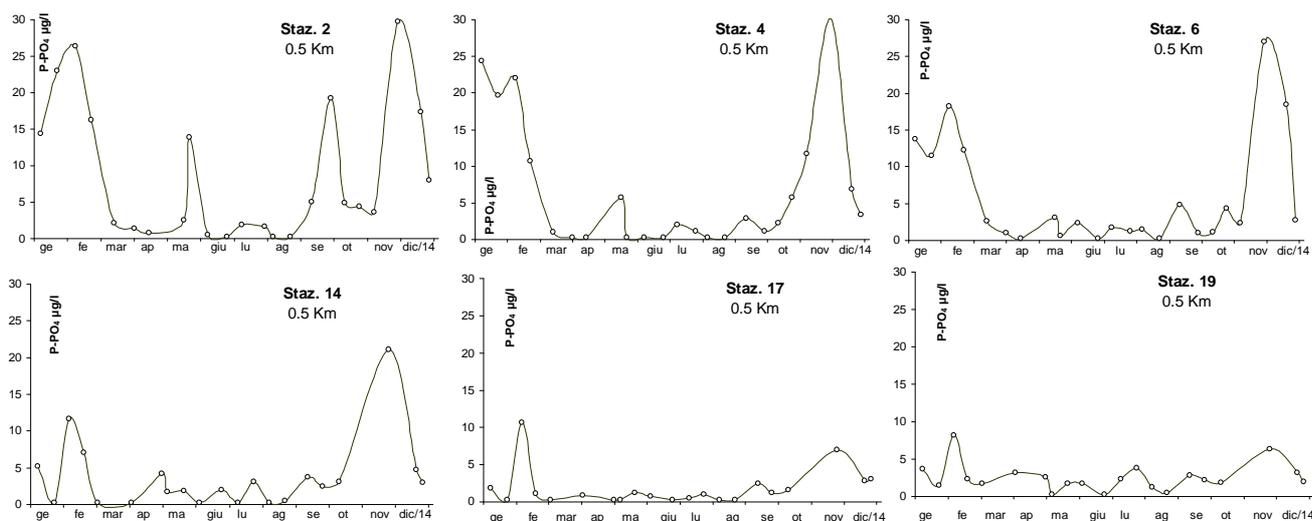
In tutte e tre le stazioni è evidente un marcato incremento delle concentrazioni in particolare nel mese di febbraio. Mentre nella stazione 304 e 314 anche se in alcuni mesi meno netto, si assiste ad uno scostamento positivo dal valore medio climatologico; nella stazione 319 più a sud lungo la costa, in gennaio ed a novembre si osserva al contrario una diminuzione.



**Figura 58 - Variazione dei valori medi mensili dell'azoto totale nelle stazioni a 3 km dalla costa (304 Porto Garibaldi, 314 Cesenatico, 319 Cattolica) in confronto al valore medio climatologico (1993-2002)**

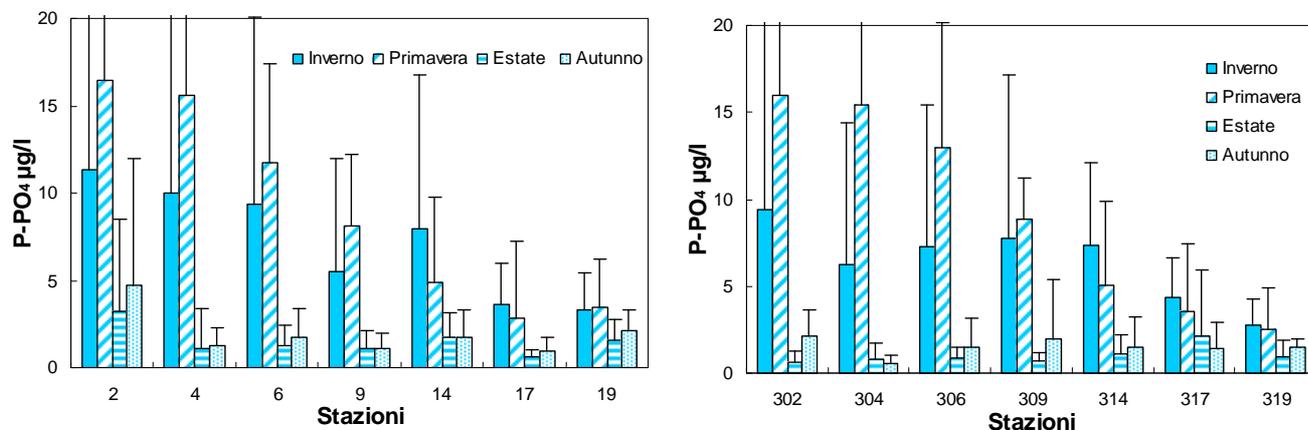
#### 4.4.2.c Fosforo reattivo (P-PO<sub>4</sub>)

L'andamento del fosforo reattivo nel 2014 mostra una marcata variabilità correlata all'andamento degli apporti dai bacini fluviali ed in particolare da quello padano. Infatti le stazioni più settentrionali, direttamente influenzate da questi ultimi, registrano concentrazioni più elevate in corrispondenza delle maggiori portate registrate a Pontelagoscuro (Figura 27), rispetto alle stazioni centro meridionali (Figura 59).



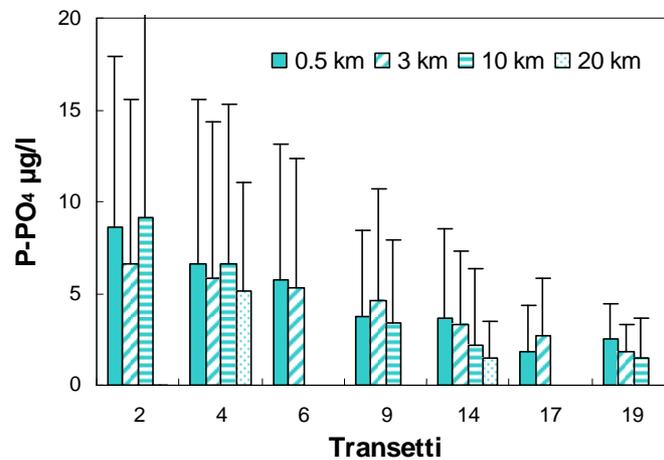
**Figura 59 - Andamento temporale del P-PO<sub>4</sub> in superficie in alcune stazioni a 0,5 km dalla costa**

L'elaborazione delle medie stagionali mostra in tutte le stazioni concentrazioni più elevate in inverno e primavera; si rilevano inoltre le minime in agosto e un marcato trend negativo da nord a sud sia nelle stazioni a 0,5 km che nelle stazioni a 3 km dalla costa (Figura 60).



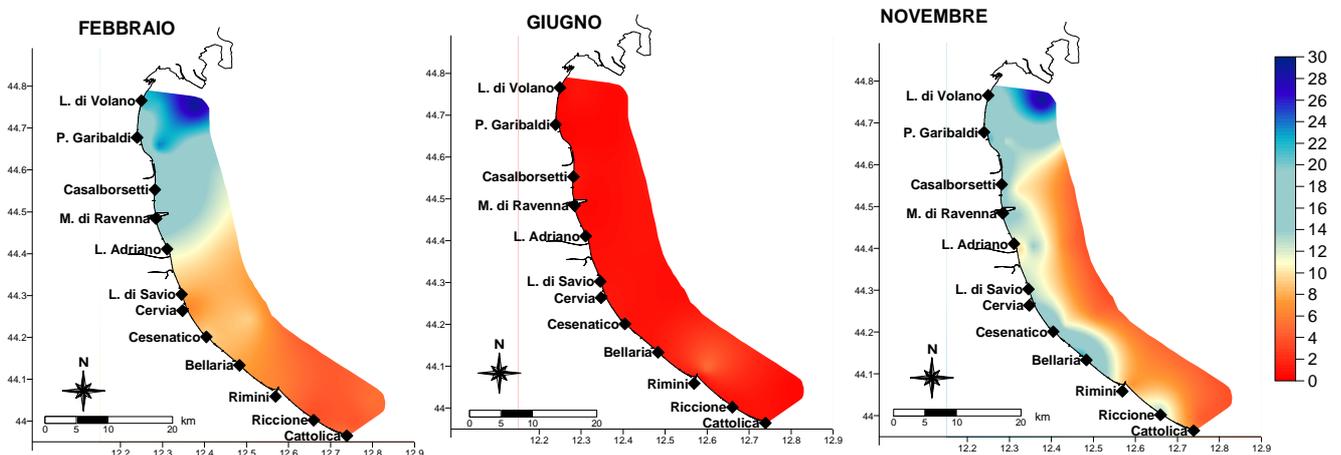
**Figura 60 - Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'ortofosfato in superficie calcolati nelle stazioni a 0,5 e 3 km dalla costa**

La tendenza ad una diminuzione di fosforo reattivo nelle acque marine superficiali da nord a sud si evidenzia anche nell'elaborazione delle medie annuali lungo i transetti rappresentati in Figura 61. Nei transetti 14 (Cesenatico) e 19 (Cattolica) si rileva un gradiente negativo costa largo, nelle altre stazioni la situazione è variabile. Le stazioni 9 (Lido Adriano) e 17 (Rimini) hanno un valore medio annuale maggiore a 3 km rispetto alle stazioni più in costa.



**Figura 61 - Valori medi annuali e deviazioni standard dell'ortofosfato in superficie calcolati nelle stazioni a 0,5, 3, 10 e 20 km dalla costa**

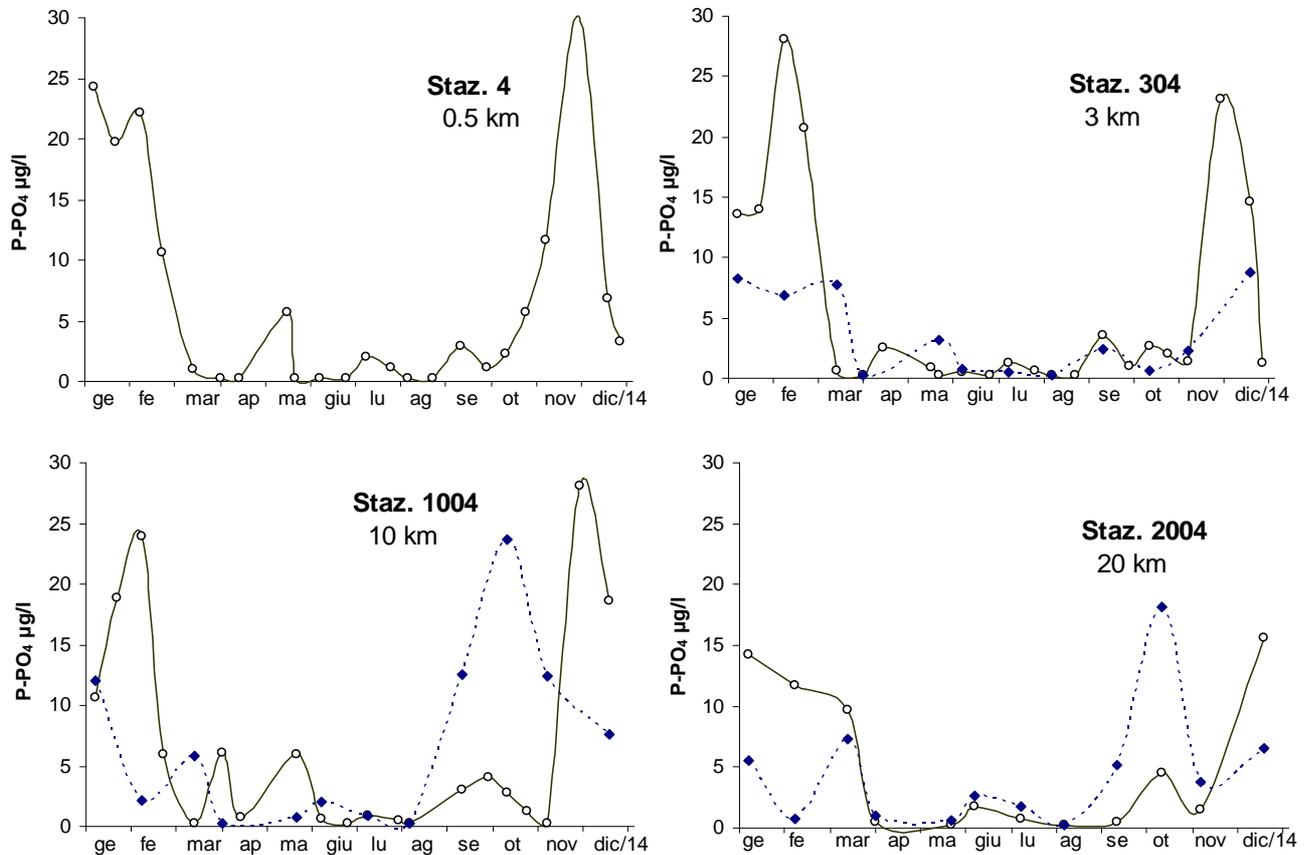
Le mappe di distribuzione mensile dell'ortofosfato in superficie (Figura 62) fotografano bene il maggior effetto nell'area settentrionale degli apporti di acque dolci dal bacino padano (febbraio) e dai bacini costieri (novembre) e concentrazioni basse lungo tutta la costa in periodi di minimi apporti come ad esempio nel mese di giugno.



**Figura 62 - Mappe di distribuzione del P-PO4 da costa fino al largo nelle acque superficiali nei mesi di febbraio, giugno e novembre 2014 (medie mensili)**

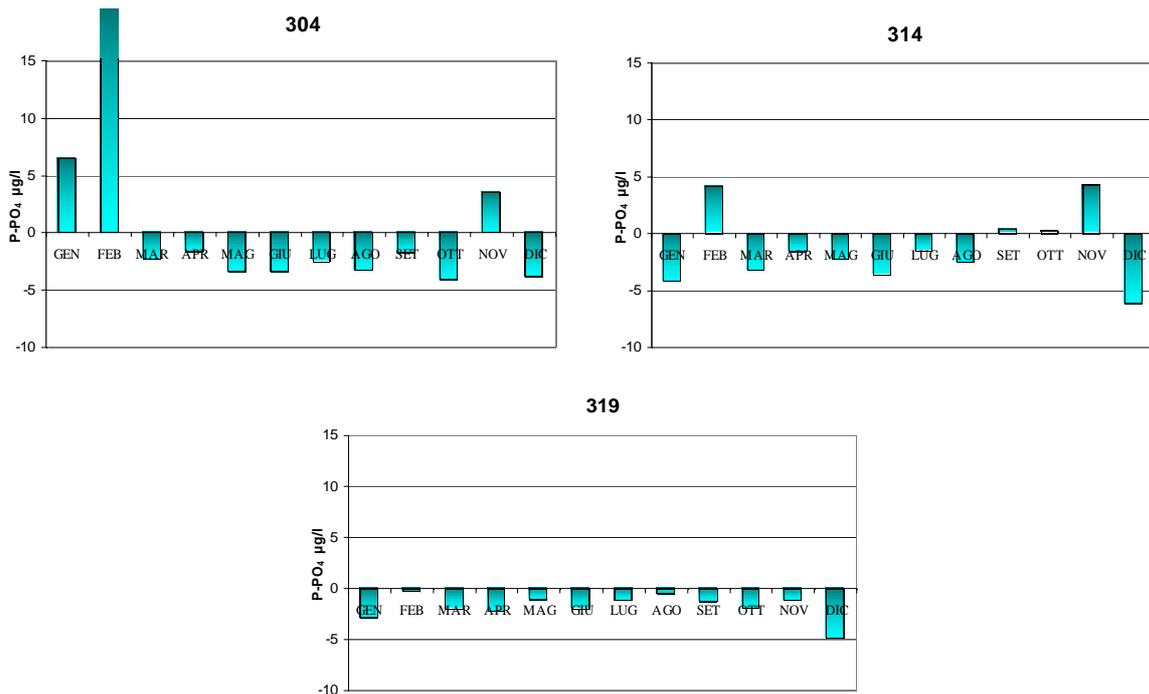
Nella Figura 63 vengono rappresentati gli andamenti temporali delle concentrazioni lungo il transetto di Porto Garibaldi da 0,5 a 20 km dalla costa, in superficie e sul fondo mettendo in evidenza fluttuazioni variabili di concentrazione in superficie non solo nelle stazioni in costa

ma anche al largo e concentrazioni più contenute sul fondo e più omogenee. In ottobre si rilevano concentrazioni più elevate sul fondo correlate a condizioni di ipossia registrate proprio a ridosso del fondale. Fenomeni di ipossia sono legate a fenomeni di degradazione della sostanza organica sul fondo che porta anche ad una solubilizzazione del nutriente.



**Figura 63 - Andamento temporale dell'ortofosfato in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo la direttrice di Porto Garibaldi**

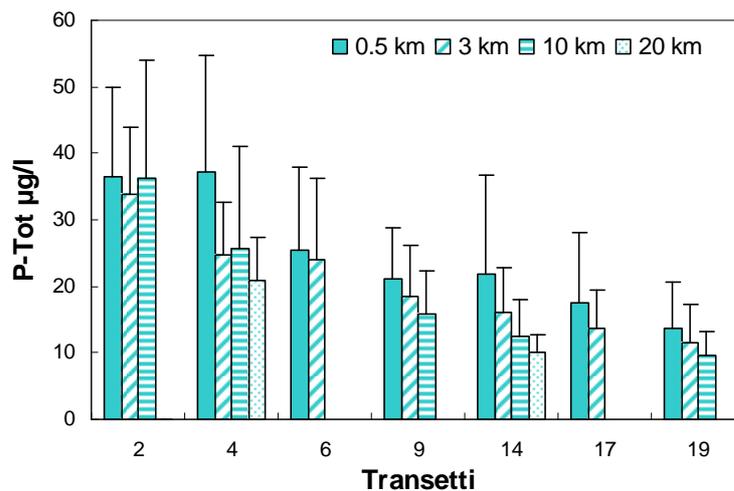
Come per gli altri nutrienti abbiamo elaborato le medie mensili in tre stazioni posizionate a 3 km dalla costa (304 Porto Garibaldi, 314 Cesenatico, 319 Cattolica) e le abbiamo rapportate con il dato medio di ogni singolo mese ricavato da valori rilevati nella stessa stazione su lungo periodo, dal 1993 al 2002 (Figura 64). La stazione 304, più a nord lungo la costa, presenta incrementi di concentrazioni rispetto alla climatologia di riferimento in gennaio, in particolar modo a febbraio ed a novembre. A febbraio ed a novembre si registra un incremento del parametro anche a Cesenatico mentre nella stazione 319 tutti i dati attestano una diminuzione o stabilizzazione di concentrazione dell'ortofosfato rispetto alle concentrazioni calcolati nella climatologia.



**Figura 64 - Variazione dei valori medi mensili del P-PO4 nelle stazioni a 3 km dalla costa (304 Porto Garibaldi, 314 Cesenatico, 319 Cattolica) in confronto al valore medio climatologico (1993-2002)**

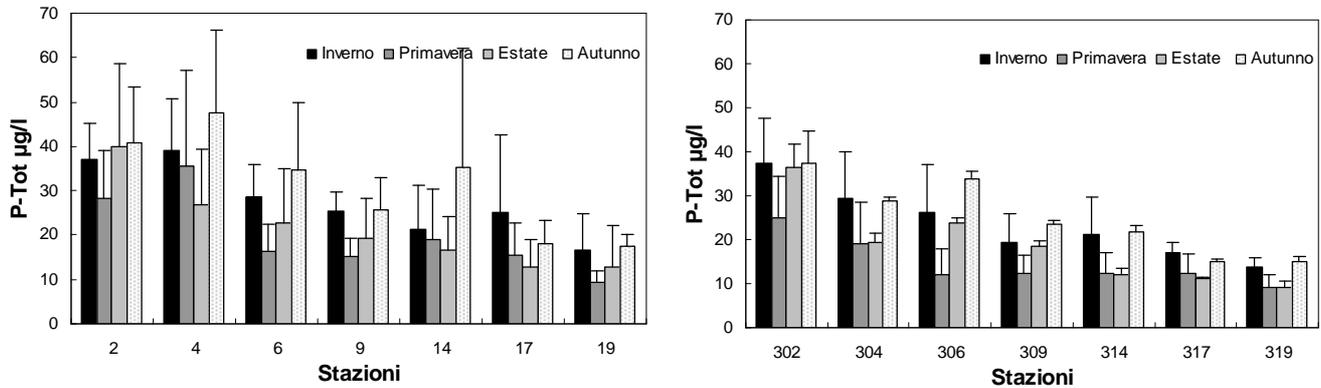
**4.4.2.d Fosforo totale (P tot)**

L'elaborazione annuale delle medie del fosforo totale evidenzia un marcato trend negativo nord sud e una diminuzione di concentrazione anche da costa al largo per le stazioni centro meridionali. Le stazioni più a ridosso del bacino padano presentano una maggiore variabilità del parametro correlata agli apporti fluviali diretti (Figura 65).

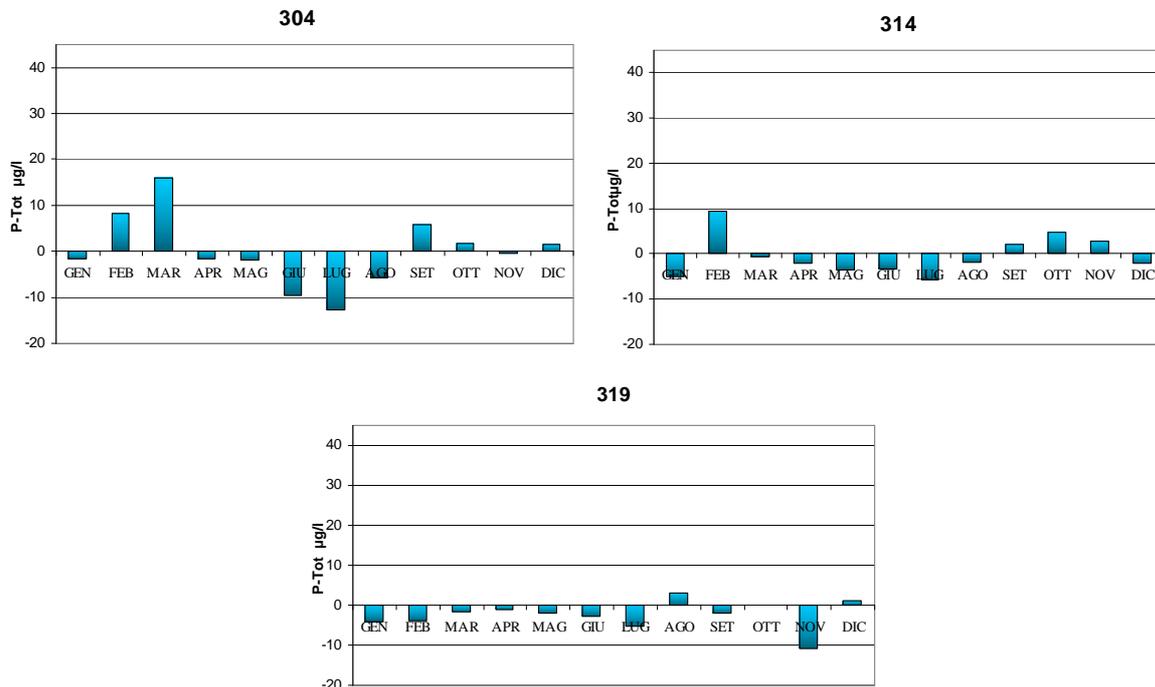


**Figura 65 - Valori medi annuali e deviazioni standard del fosforo totale in superficie calcolati nelle stazioni a 0,5, 3, 10 e 20 km dalla costa**

L'andamento stagionale del fosforo totale sottolinea la variabilità del parametro lungo tutta la costa anche se si conferma un gradiente negativo nord sud in quasi tutte le stazioni. A Porto Garibaldi, nella stazione 4 a 0.5 km dalla costa, si registra il valore medio più alto in autunno pari a 47.42  $\mu\text{g/l}$ . Nelle stazioni davanti a Cesenatico (14) si osserva una diminuzione di concentrazioni del fosforo totale da costa a largo più marcata in autunno, come per la stazione 4, antistante Porto Garibaldi (Figura 66).



**Figura 66 – Valori medi stagionali e deviazioni standard del fosforo totale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa**



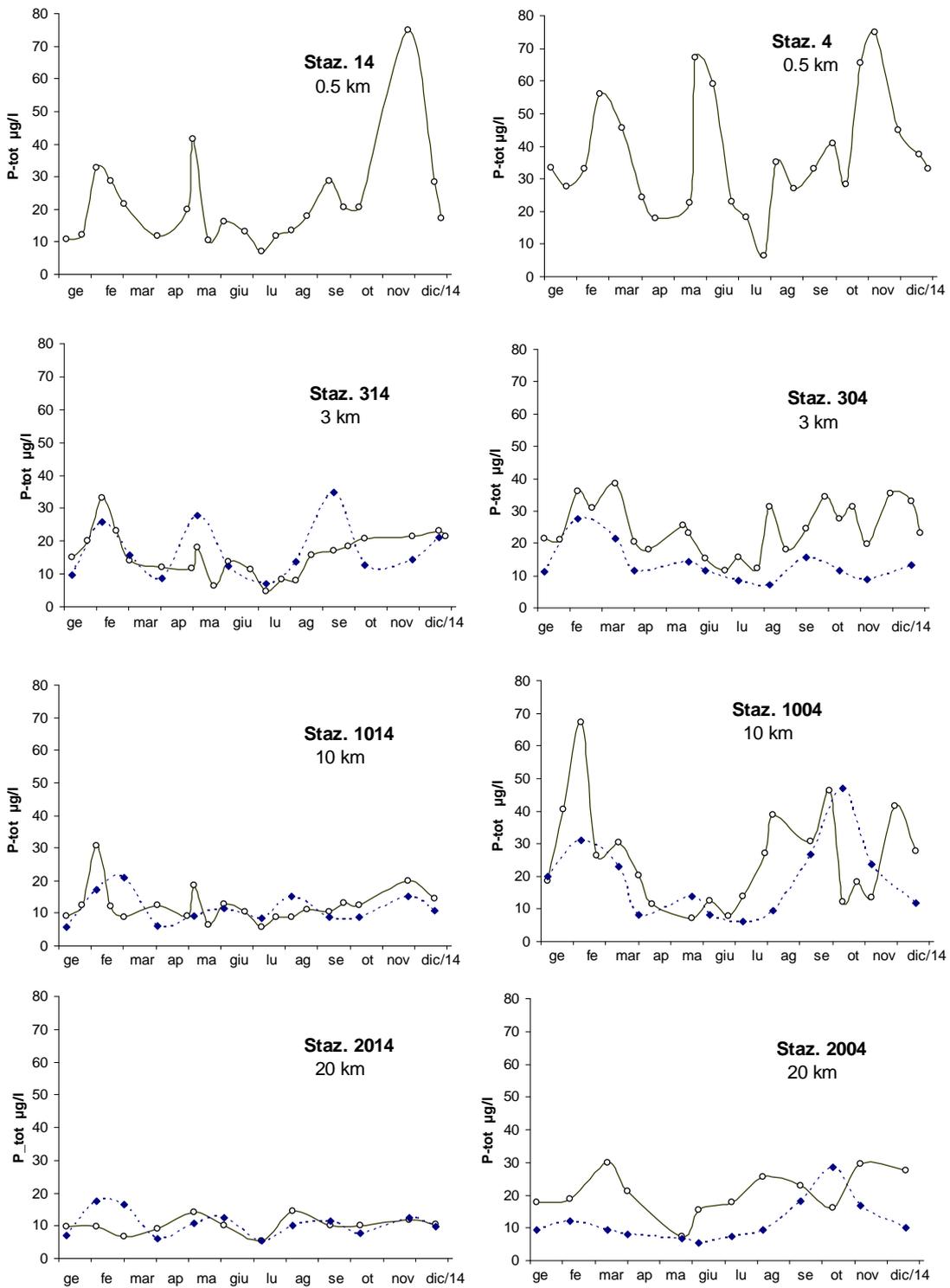
**Figura 67 – Variazioni dei valori medi mensili del fosforo totale nelle stazioni a 3 km dalla costa in confronto al valore medio climatologico (1993-2002)**

Il confronto tra le medie mensili del 2014 con le medie mensili climatologiche calcolate su lungo periodo (1993-2002) nelle tre stazioni a 3 km di Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica evidenziano una diminuzione generale di concentrazione del fosforo totale in tutte le stazioni: nella stazione 304 si rilevano scostamenti dal valore climatologico calcolato che evidenziano aumenti di concentrazioni in febbraio, marzo e settembre. Anche a Cesenatico a febbraio si conferma un aumento di concentrazione del fosforo totale, mentre aumenti meno marcati di osservano anche a settembre, ottobre e novembre (Figura 67).

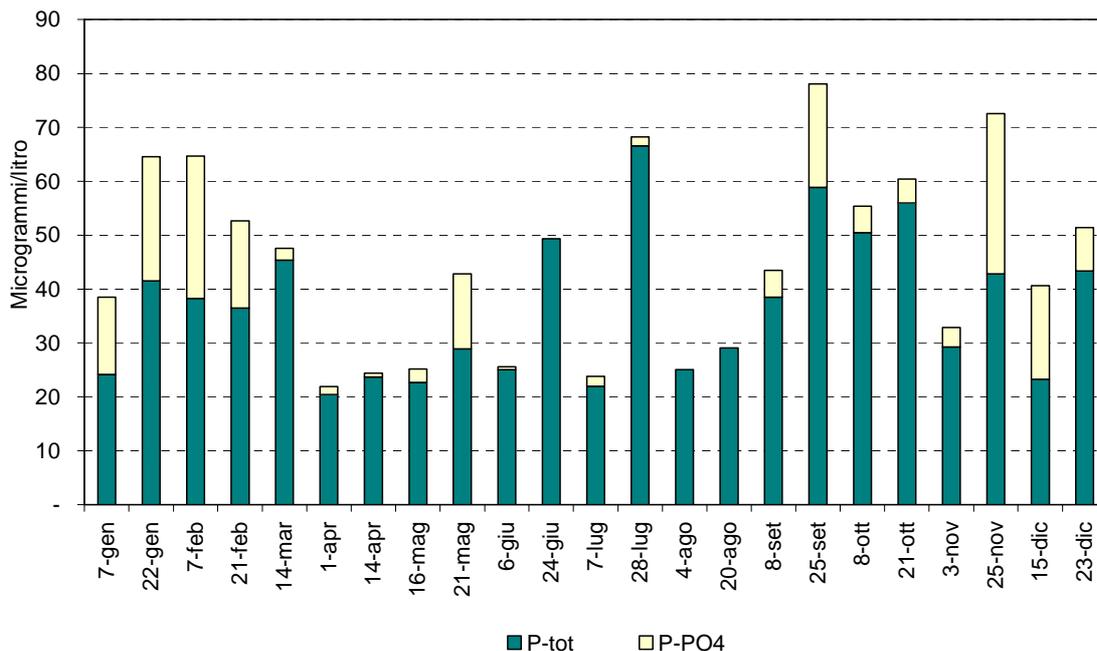
L'andamento temporale lungo le due direttrici rappresentate in Figura 68 mostra una maggior variabilità del parametro in superficie a Porto Garibaldi rispetto a Cesenatico, non solo in costa ma anche nelle stazioni al largo che attestano l'influenza diretta degli apporti padani su tutta l'area. Sul fondo le variazioni sono più contenute ed in generale i valori risultano più bassi rispetto a quelli di superficie.

Il dato più elevato di fosforo totale in superficie nel 2014 pari a 83,78  $\mu\text{g/l}$  è stato registrato il 7 febbraio nella stazione 1002 (10 km antistante Lido di Volano), il secondo di 75  $\mu\text{g/l}$  il 3 novembre in costa a 0.5 km antistante P. Garibaldi (stazione 4). Il dato più basso invece pari a 3.44  $\mu\text{g/l}$  a 3 km davanti a Rimini, stazione 317, in estate (8 luglio).

La Figura 69 descrive il contributo delle due componenti, P-PO<sub>4</sub> e P<sub>tot</sub>, durante il 2014 nella stazione 2 a 0.5 km davanti a Lido di Volano. Gli istogrammi evidenziano la differenza fra i due parametri con prevalenza netta spesso del fosforo totale nei confronti dell'ortofosfato. La componente ortofosfatica è la forma che viene immediatamente assimilata dalla biomassa fitoplanctonica e quindi meno rintracciabile. A gennaio, febbraio e fine novembre inizio dicembre la componente ortofosfatica risulta abbondante e ben correlata alle abbondanti portate registrate a Pontelgoscuro (Fe) (Figura 27).



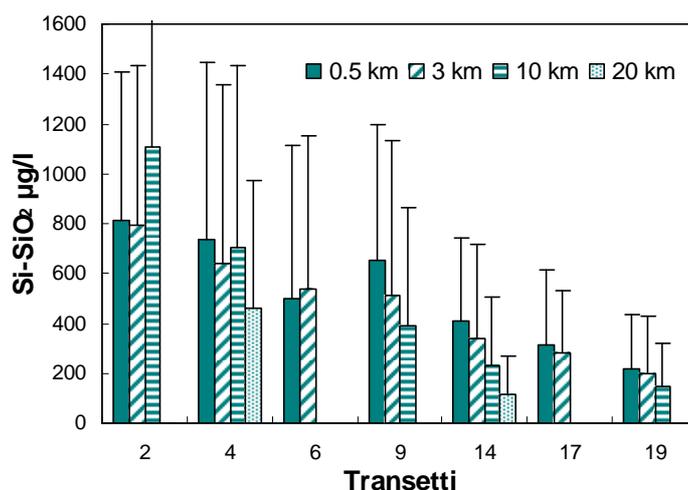
**Figura 68 – Andamento temporale del fosforo totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo le due direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico**



**Figura 69 – Istogrammi in pila relativi agli andamenti temporali del fosforo totale e dell’ortofosfato nella stazione 2 (Lido di Volano)**

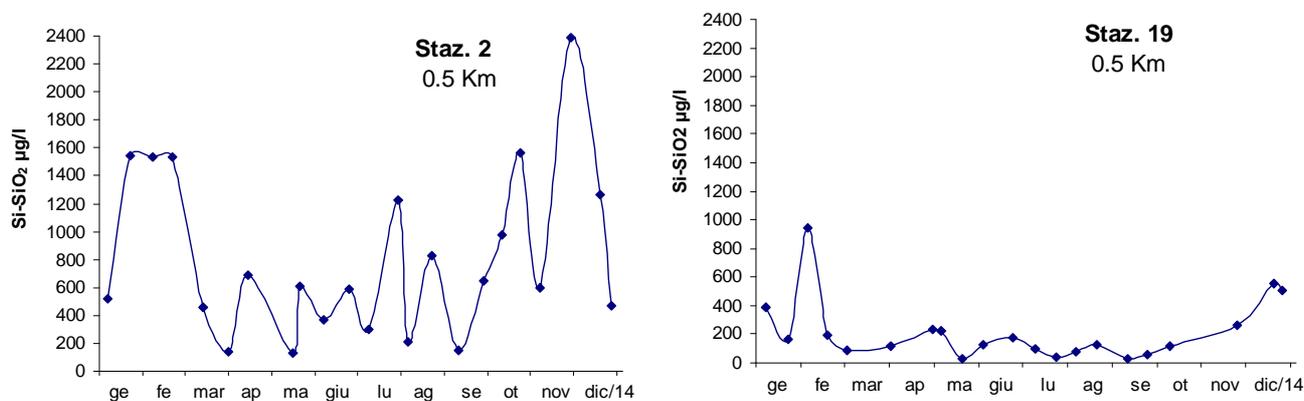
#### 4.4.2.e Silice reattiva ( $Si-SiO_2$ )

Come per gli altri elementi nutritivi elaborati fino ad ora, anche per la silice reattiva nelle acque superficiali si rileva un comportamento variabile durante i monitoraggi eseguiti nel 2014 (Figura 70). Si conferma la presenza di un trend nord sud marcato a partire da Lido Adriano fino a Cattolica mentre a costa largo; nelle stazioni più settentrionali i dati sono meno variabili e soprattutto nel transetto di Lido di Volano (2) a 20 km si registra il valore medio più elevato pari a 1108 µg/l.



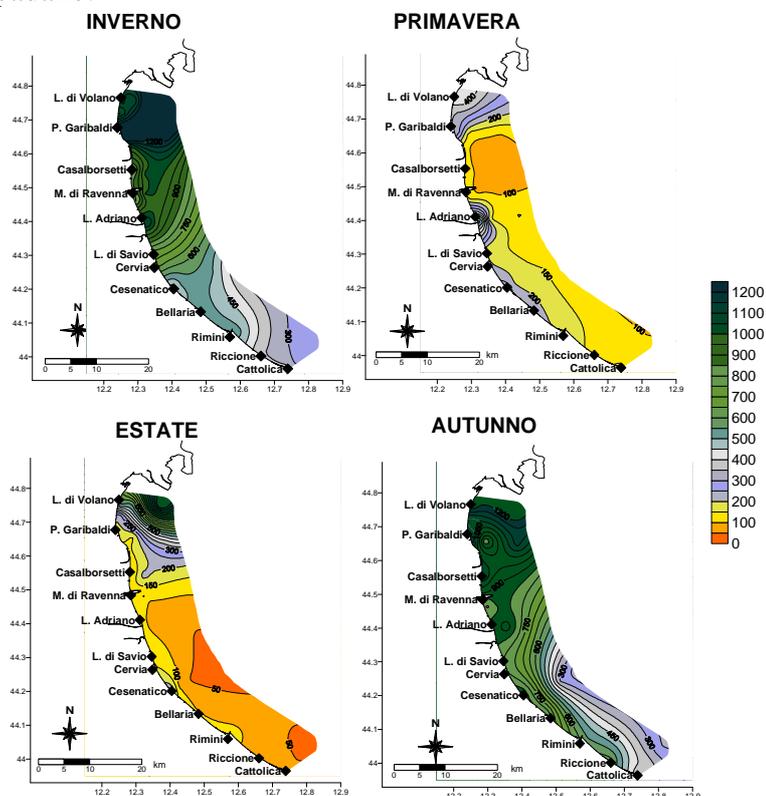
**Figura 70 – Valori medi annuali e deviazioni standard della silice reattiva nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa**

Nelle area più a nord lungo la costa il comportamento della silice nelle acque superficiali è diverso rispetto alle aree più meridionali in quanto correlato all'influenza diretta degli apporti fluviali padani che ne determinano la qualità. Gli andamenti temporali rappresentati in Figura 71 analizzano questa situazione considerando le due stazioni agli estremi della rete di monitoraggio a 0.5 km dalla costa di Lido di Volano e Cattolica. Queste due stazioni mostrano la forte fluttuazione del parametro e la maggior concentrazione di silice nelle acque a nord rispetto a quelle a sud della costa.



**Figura 71 – Andamento temporale della Si-SiO<sub>2</sub> nelle stazioni 2 (Lido di Volano) e 19 (Cattolica)**

L'elaborazione stagionale nelle mappe fotografa bene la condizione ambientale delle acque superficiali per quanto riguarda la quantità di silice reattiva presente in mare con massime concentrazioni in inverno e autunno (Figura 72). In estate si osservano elevate concentrazioni nell'area più a ridosso del delta padano che evidenziano picchi correlati direttamente alle portate dal bacino padano.



**Figura 72 – Mappe di distribuzione della Si-SiO<sub>2</sub> (µg/l) in superficie da costa fino al largo (medie stagionali)**

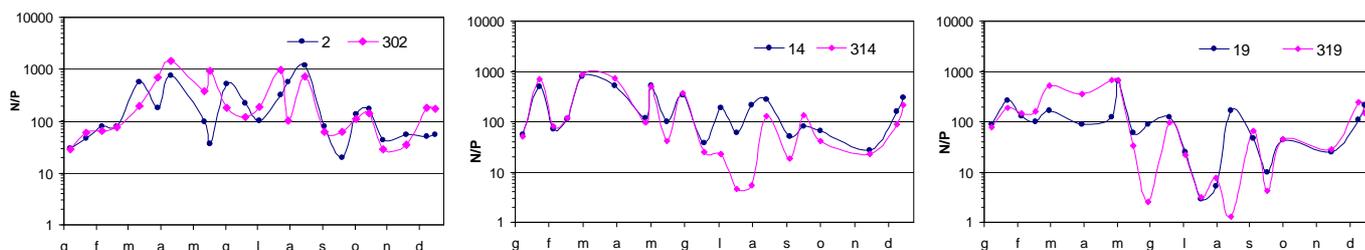
#### 4.4.2.f Rapporto N/P (frazione solubile)

Il rapporto N/P scaturisce dalla seguente equazione:

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

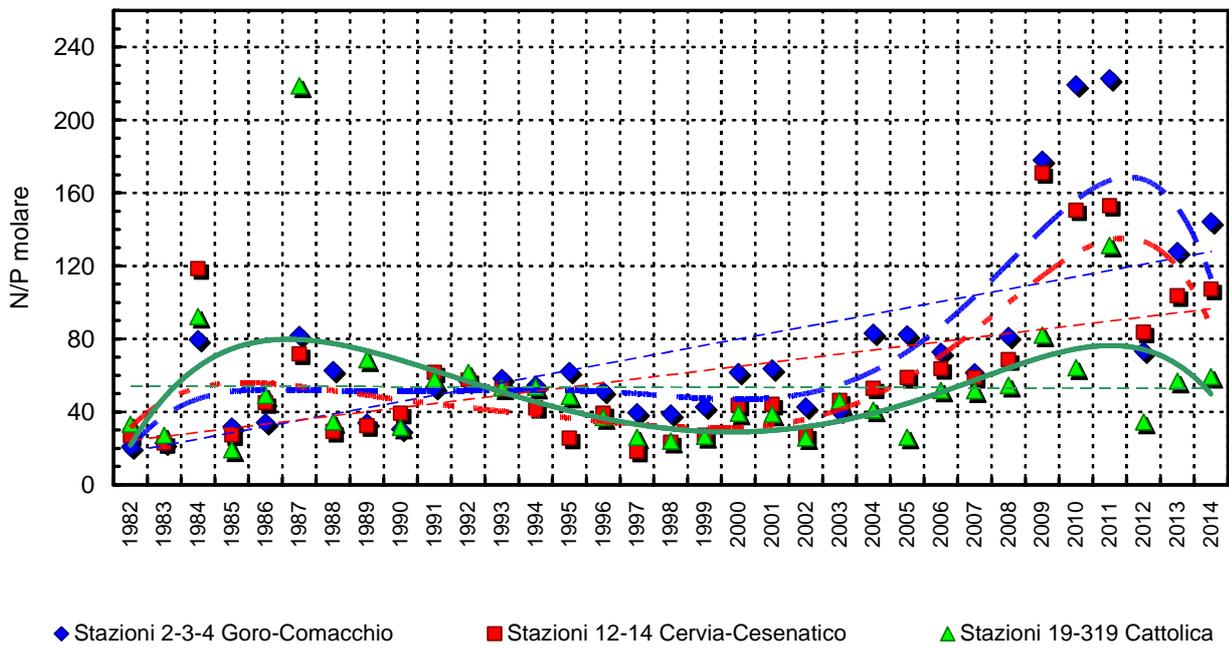
La componente DIN viene utilizzata con il P-PO<sub>4</sub> nel calcolo del rapporto N/P. Nelle acque costiere emiliano romagnole il fosforo è sempre stato l'elemento chiave che limita e controlla i fenomeni eutrofici, mentre l'azoto riveste un ruolo non limitante. Il processo alla base di questa considerazione 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.

In Figura 73 sono state rappresentate le distribuzioni dei valori del rapporto N/P per alcune stazioni campione posizionate nella zona più settentrionale (stazioni 2 e 302 di Lido di Volano), centrale (stazioni 14 e 314 di Cesenatico) e meridionale (stazioni 19 e 319 di Cattolica), evidenzia un'ampia variabilità (considerare la scala logaritmica riportata nella grafica), con i minimi nel periodo estivo per le stazioni centro meridionali. Nell'intero periodo in esame prevale lo stato di fosforo-limitazione ad eccezione di alcuni sporadici casi in estate.



**Figura 73 – Andamento del rapporto N/P in alcune stazioni a 0.5 km (linea blu) e a 3 km dalla costa (linea fucsia)**

Per valutare il trend evolutivo del rapporto N/P sono stati considerati i dati relativi a tre aree costiere per il lungo periodo 1982-2014. Il calcolo delle medie geometriche annuali nel 2014 evidenzia per Cervia-Cesenatico e Cattolica il mantenimento di una condizione di diminuzione già riscontrata negli ultimi anni mentre nell'area più settentrionale si osserva la tendenza, anche se contenuta, ad un aumento.



**Figura 74 – Medie geometriche annuali per trend evolutivo del rapporto N/P in tre aree della costa emiliano romagnola (periodo 1982-2014)**

## 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 marino-costiere 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:

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).

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 trophic 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.

In Figura 75 sono riportate le medie annuali del TRIX nelle stazioni posizionate a 0.5 e 3 km dalla costa in rapporto al valore limite di classe TRIX Buono/Sufficiente (linea nera). L'andamento del parametro mostra una netta tendenza alla diminuzione da nord a sud. In quasi tutte le stazioni i dati elaborati superano il valore limite (limite tra la classe Buono/Sufficiente di 5.0) sia a 0.5 km da costa sia a 3 km condizione più marcata nelle stazioni settentrionali rispetto a quelle centrali. A Rimini (17) i valori medi sono molto simili sia a 0.5 che a 3 km e superano di poco 5. Fa eccezione Cattolica (19) il cui valore medio risulta inferiore a 5 (Classe Buono) in tutte e due le stazioni.

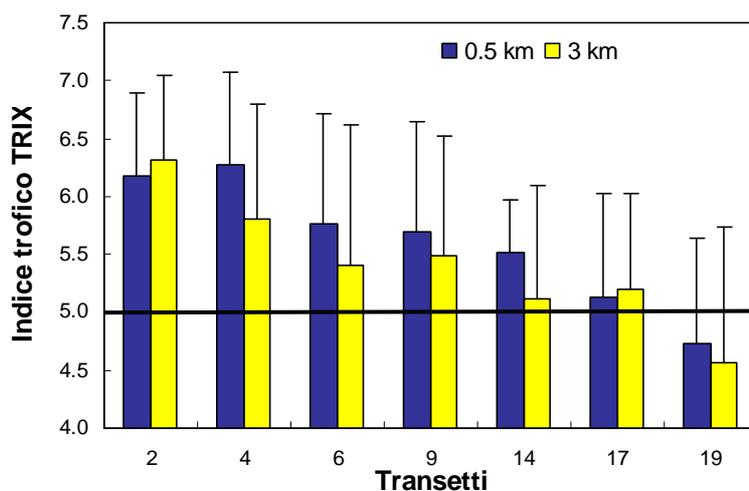
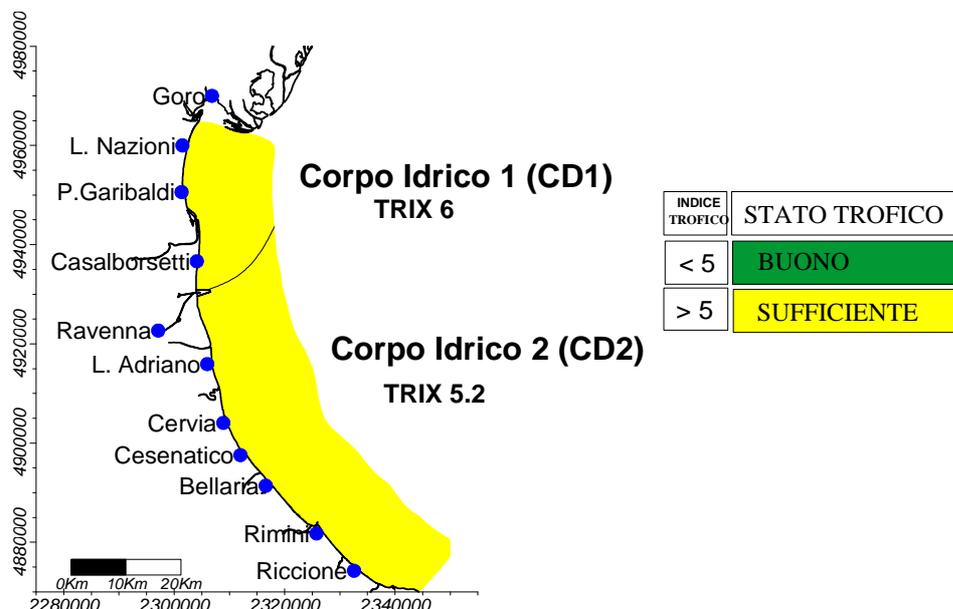


Figura 75 – Medie annuali del TRIX nel 2014 nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

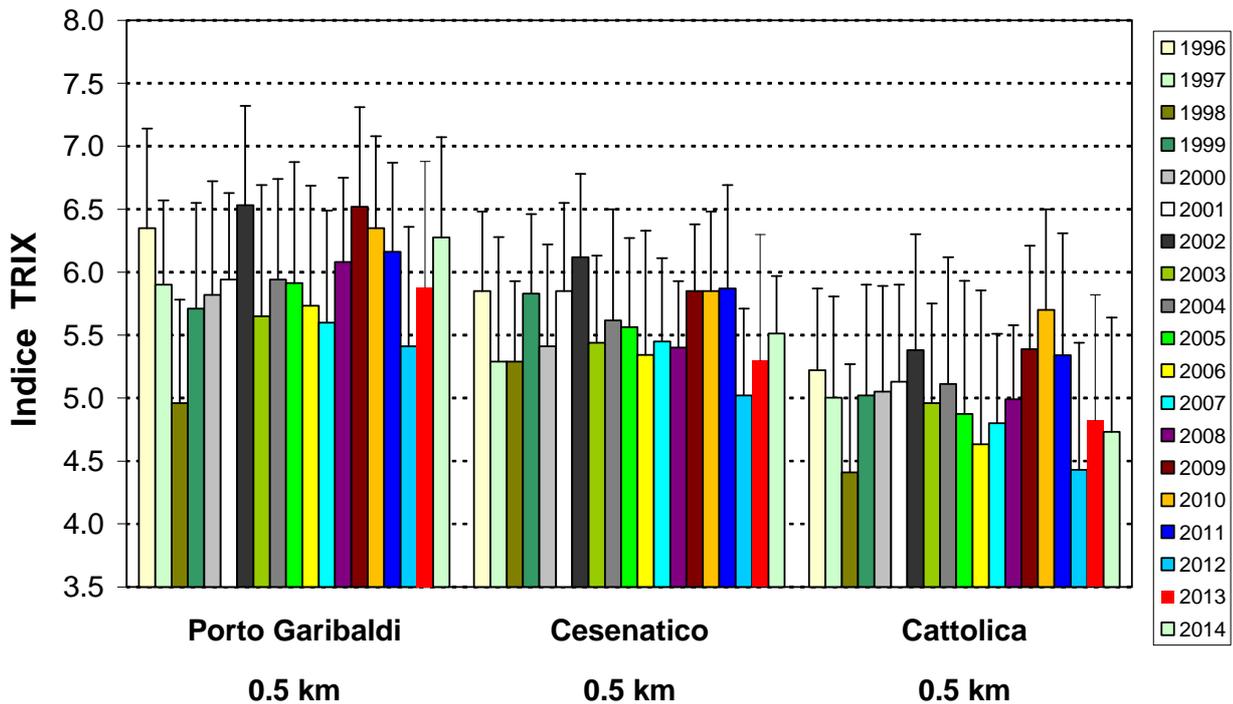
In riferimento ai corpi idrici individuati in applicazione del D.Lgs152/06, nel 2014 il valore medio annuale delle stazioni appartenenti al corpo idrico CD1 è risultato essere di 6, mentre in quelle appartenenti al corpo idrico CD2 è stato pari a 5.2 (Figura 76). Tali valori identificano entrambi i corpi idrici, anche se per i CD2 il superamento del limite per lo stato “Buono” è minimo; il CD2 resta nello stato trofico “Sufficiente” caratterizzato da acque molto produttive con livello di eutrofia elevata e scarsa trasparenza, con ipossie/anossie occasionali delle acque di fondo che possono comportare stati di sofferenza nel comparto bentonico.



**Figura 76 – Valori medi annuali di TRIX nei due corpi idrici (CD1 e CD2) nel 2014**

Confrontando i valori medi annuali dell’Indice Trofico riscontrati nel periodo 1996-2014 (vedi Figura 77) si osserva un aumento rispetto ai dati del 2013 e 2012 per le stazioni di P.Garibaldi e di Cesenatico. Mentre nella stazione più a sud (Cattolica) il dato medio di TRIX risulta più basso a confronto del 2013 e maggiore del 2012.

### Confronto medie TRIX 1996-2014

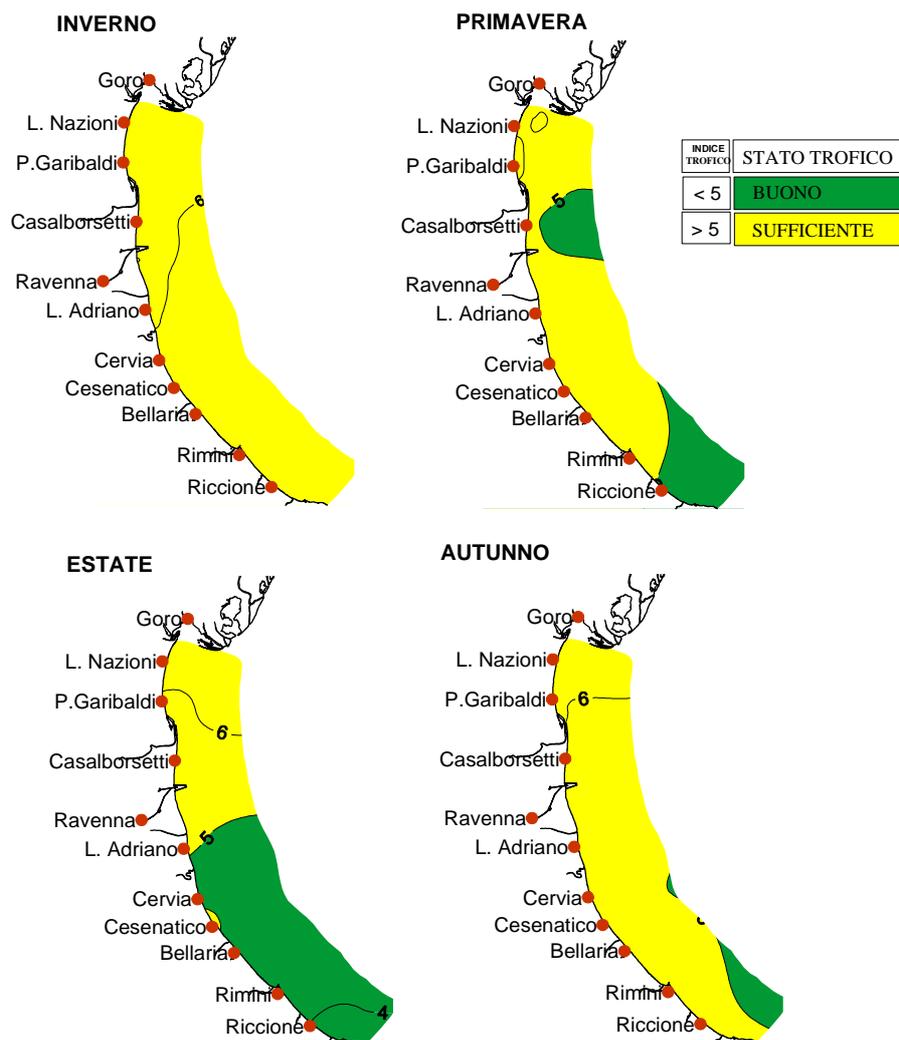


**Figura 77** Confronto tra il valore medio del TRIX rilevato dal 1996 al 2014 nelle stazioni costiere di Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica

La Figura 78 mostra la distribuzione dell'Indice Trofico in superficie nell'intera area monitorata (1200 km<sup>2</sup>) e mediata per stagione. Le mappe indicano in inverno il raggiungimento di una condizione di stato trofico "Sufficiente" lungo tutta la costa. Questa condizione permane in primavera lungo gran parte dell'area ad eccezione di alcune aree in cui prevale una condizione "Buona" e precisamente a nord davanti a Casalborsetti e a sud nella parte più meridionale.

In estate migliora in generale lo stato trofico a partire dalla stazione di Lido Adriano sia in costa che al largo a Cattolica.

In autunno si osserva un peggioramento della qualità ambientale un po' in tutte le stazioni che si traduce in un superamento del limite e una condizione "Sufficiente" ovunque ad esclusione della zona più al largo di Cattolica.



**Figura 78 – Mappe di distribuzione dell’Indice TRIX lungo la costa emiliano romagnola da costa fino a 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.

$$\text{TRSP}_{(p)} = 30/(1+\text{Ch}^{(0.7)})$$

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

$$\text{TRBR} = \text{TRSP}_{(p)} / \text{TRSP}_{(a)}$$

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

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

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.

La Figura 79 mostra un'analisi degli andamenti del TRIX in rapporto al TRBIX in due stazioni posizionate una nord della costa (stazione 4) e una sud (stazione 19) evidenziando due situazioni diverse. A Cattolica l'andamento dell'indice TRBIX evidenzia una maggior variabilità.

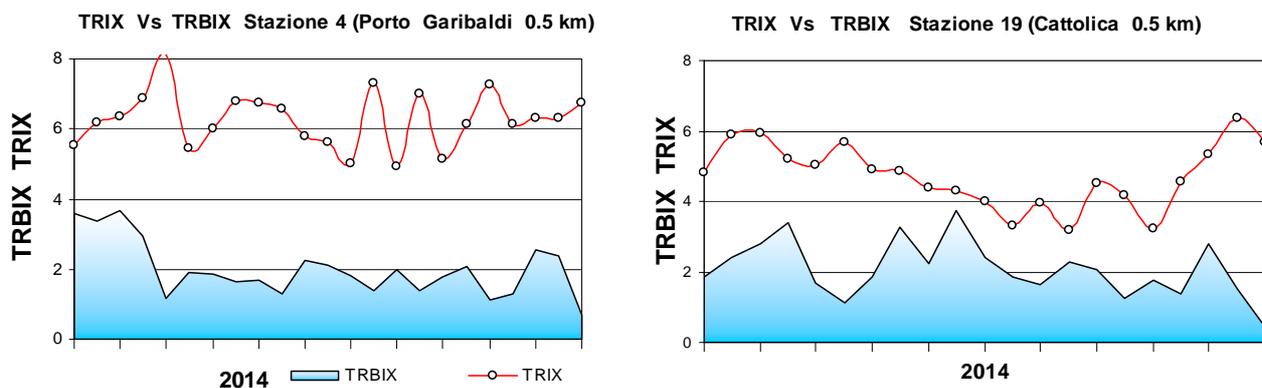
In generale, valori elevati di TRIX corrispondono a valori di TRBIX intorno a 1 quindi correlati ad alti valori di clorofilla "a". Questo si evidenzia nei grafici infatti sia a Porto Garibaldi sia a Cattolica dove valori di TRIX più elevati sono associati a bassi valori di TRBIX (Figura 79).

Nel 2014, il superamento del valore di 2 di TRBIX si è verificato nella stazione 4 a inizio e fine anno, nella stazione 19 anche in primavera descrivendo come la componente fitoplanctonica abbia contribuito in minima parte alla condizione di produttività del sistema.

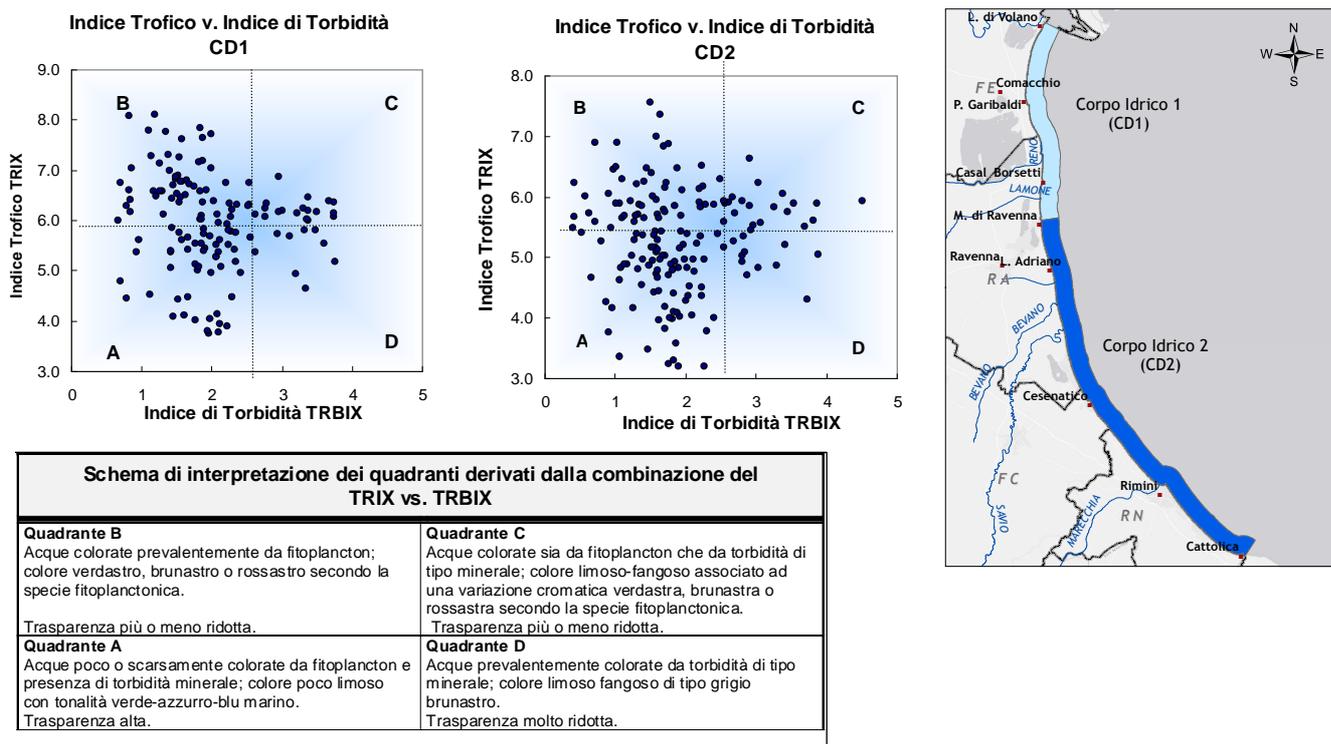
I dati dell'andamento annuale vengono ripresi in modo sintetico nella Figura 80 attraverso l'utilizzo di uno scatter plot calcolato utilizzando i dati del TRIX verso il TRBIX nelle stazioni a 0.5 e 3 km all'interno del CD1 e del CD2; il grafico viene diviso in quattro quadranti definiti dal valore medio 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 80.

Il confronto tra i due corpi idrici della costa mostra una situazione abbastanza simile con la maggior parte dei valori che si distribuiscono nei quadranti A e B che identificano, in termini di TRBIX, acque colorate per la presenza di fitoplancton ma anche caratterizzate da torbidità di tipo minerale e valori di trasparenza variabile. Nel corpo idrico CD2, che caratterizza l'area compresa tra Lido Adriano e Cattolica, i dati si distribuiscono un pò di più nel quadrante A ad indicare un incremento della componente minerale rispetto a quella fitoplanctonica.



**Figura 79 – Confronto tra l'andamento dell'indice trofico TRIX e l'indice di torbidità TRBIX nelle stazioni costiere di Porto Garibaldi e Cattolica**



**Figura 80 - Diagramma 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.Lgs 152/06) in quanto soggetta a fenomeni di eutrofizzazione. Per tale motivo i corpi idrici individuati e ripotati al Paragrafo 2.2.4 (CD1 e CD2) sono stati inizialmente identificati come corpi idrici a rischio ai quali è stato applicato il monitoraggio operativo come previsto dal D.M. 260/10.

L'attività di monitoraggio è finalizzata alla valutazione dello stato di qualità ambientale delle acque marino costiere; 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 di Qualità Biologica (EQB);
- Elementi idromorfologici e fisico-chimici a sostegno degli EQB;
- Elementi chimico-fisici a sostegno degli EQB;

Inquinanti specifici a sostegno degli EQB (tab. 1/B, 3/B D. 260/10).

Gli elementi che contribuiscono 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. 260/10).

### **5.1 RETE DI MONITORAGGIO**

La rete di monitoraggio delle acque costiere della regione Emilia-Romagna istituita ai sensi del D.Lgs 152/06 è costituita da 23 stazioni di indagine ubicate da Lido di Volano a Cattolica a varie distanze dalla costa (da 500 m fino 5.000 m). Nella Tabella 4 si riporta l'anagrafica delle stazioni di campionamento ed in Figura 81 la rappresentazione cartografica della rete di monitoraggio.

L'attività di monitoraggio effettuata nel 2014 è schematizzata in Tabella 5. Nello schema si riportano le stazioni di campionamento monitorate, gli elementi qualitativi utili alla definizione dello stato ecologico e dello stato chimico e la relativa frequenza di indagine.

L'attività di monitoraggio nel 2014 è stata svolta in conformità a quanto previsto in tab. 3.7 del DM 260/10 anche se con alcune integrazioni che verranno di seguito descritte.

**Tabella 4 – Rete di monitoraggio delle acque marino costiere della regione Emilia-Romagna istituita ai sensi del D.Lgs152/06 e s.m.ei.**

<b>Codice Stazione</b>	<b>Località</b>	<b>Corpo idrico</b>	<b>Distretto idrografico</b>	<b>Lat WGS84 (gg,ppddd)</b>	<b>Lon WGS84 (gg,ppddd)</b>	<b>Dist. costa (km)</b>	<b>Prof (m)</b>
<b>2</b>	Lido di Volano	CD1	Padano	44.457656	12.155128	0.5	3.9
<b>302</b>	Lido di Volano	CD1	Padano	44.456876	12.174088	3	6.7
<b>4</b>	Porto Garibaldi	CD1	Padano	44.396873	12.154228	0.5	3.7
<b>SFBC4</b>	Porto Garibaldi	CD1	Padano	44.397070	12.155680	1	3.8
<b>304</b>	Porto Garibaldi	CD1	Padano	44.396934	12.172888	3	9.1
<b>BIOTA1</b>	Porto Garibaldi	CD1	Padano	44.420335	12.177028	4.3	10.5
<b>6</b>	Casalborsetti	CD1	Appennino settentrionale	44.332012	12.174568	0.5	5.2
<b>306</b>	Casalborsetti	CD1	Appennino settentrionale	44.334052	12.193348	3	10.2
<b>308</b>	Marina di Ravenna	CD2	Appennino settentrionale	44.288990	12.192627	3	8.1
<b>9</b>	Lido Adriano	CD2	Appennino settentrionale	44.240749	12.195387	0.5	5.4
<b>SFBC9</b>	Lido Adriano	CD2	Appennino settentrionale	44.242420	12.194870	1	6
<b>309</b>	Lido Adriano	CD2	Appennino settentrionale	44.243089	12.213866	3	9.4
<b>BIOTA2</b>	Foce Bevano	CD2	Appennino settentrionale	44.234869	12.206426	1.95	7.5
<b>14</b>	Cesenatico	CD2	Appennino settentrionale	44.127226	12.241524	0.5	3.1
<b>SFBC14</b>	Cesenatico	CD2	Appennino settentrionale	44.128090	12.244960	1	3
<b>314</b>	Cesenatico	CD2	Appennino settentrionale	44.132626	12.258444	3	8.3
<b>BIOTA3</b>	Cesenatico	CD2	Appennino settentrionale	44.130347	12.279503	4.9	9.5
<b>17</b>	Rimini	CD2	Appennino settentrionale	44.046585	12.350548	0.5	4.3
<b>317</b>	Rimini	CD2	Appennino settentrionale	44.058165	12.359907	3	9.9
<b>19</b>	Cattolica	CD2	Appennino settentrionale	43.582924	12.444691	0.5	4.1
<b>SFBC19</b>	Cattolica	CD2	Appennino settentrionale	43.580440	12.445400	2	3.5
<b>319</b>	Cattolica	CD2	Appennino settentrionale	43.593664	12.455912	3	11
<b>BIOTA4</b>	Cattolica	CD2	Appennino settentrionale	43.594684	12.445172	2.7	10.5



**Figura 81 – Rappresentazione cartografica della rete di monitoraggio delle acque marino-costiere della regione Emilia-Romagna istituita ai sensi del D.Lgs152/06**

Tabella 5 – Rappresentazione schematica dell'attività di monitoraggio eseguita ai sensi del D.Lgs152/06 - Anno 2014

		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 DM260/10*	Tab. 3/B DM260/10	Tab. 1/A DM260/10*	Tab. 2/A DM260/10	Tab. 3/A DM260/10	
Frequenza di indagine	Quindicinale o Bimestrale	Semestrale	Quindicinale	In continuo Semestrale	Mensile	Semestrale	Mensile	Semestrale	Annuale	Annuale	
<b>Codice stazione di indagine</b>	2										
	302										
	4										
	SFBC4										
	304										
	Tecno (Allevamento "Tecnopesca")										
	6	Bimestrale									
	306	Bimestrale									
	308										
	9										
	SFBC9										
	309										
	AngeCl (Piattaforma Angela 1-4 Cl)										
	14										
	SFBC14										
	314										
	Copra (Allevamento "Copralmo")										
	17	Bimestrale									
	317	Bimestrale									
	19										
SFBC19											
319											
Ass_Cattol (Allevamento "Assicurazione Prod. Cattolica")											

## 5.2 ANALISI DEI RISULTATI

### 5.2.1 Elementi di Qualità Biologica (EQB)

Lungo la fascia costiera dell'Emilia-Romagna la mancanza di fondali rocciosi naturali preclude lo sviluppo di una comunità macroalgale sufficientemente strutturata e funzionale all'utilizzo dell'indice proposto (indice Carlit). Conseguentemente, il monitoraggio degli Elementi Qualitativi Biologici (EQB) è limitato 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, Casalborgorsetti, Lido Adriano, Cesenatico, Rimini e Cattolica) e distanti 0.5 e 3 km dalla linea di riva (Tabella 5). Il numero e l'ubicazione delle stazioni di indagine permettono di effettuare una valutazione sufficiente dell'ampiezza e dell'impatto generato da blooms algali e delle pressioni esistenti sulla fascia costiera. La frequenza di indagine del fitoplancton è quindicinale (vedi Tabella 5) e non bimestrale come richiesto dalla normativa vigente (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:

- Abbondanza (cell/l) e composizione di Diatomee;
- Abbondanza (cell/l) e composizione di Dinoflagellate;
- Abbondanza (cell/l) e composizione 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 integrare il dato della clorofilla "a" per valutare la produttività primaria del sistema. Questo dato fornisce un elemento importante nella valutazione dello stato qualitativo dell'ecosistema, perché le abbondanze di fitoplancton influiscono sia sulla 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 "Altro fitoplancton" il fitoplancton marino appartenente alle classi delle Cloroficee, Euglenoficee, Criptoficee, Crisoficee, Rafidoficee, Prasinoficee, Primmesioficee, che possono rappresentare una frazione elevata della popolazione microalgale totale e che in determinate occasioni possono generare blooms, con

conseguente alterazione delle caratteristiche delle acque. L'indicatore fitoplancton dal punto di vista quantitativo è in gran parte influenzato dagli apporti di acque superficiali di origine continentale. Il 2014 è stato caratterizzato da apporti nettamente superiori alla media del periodo storico in tutti i mesi dell'anno (esclusi giugno e ottobre) in particolare in inverno, estate ed autunno (Figura 27) La biomassa a carico del microfitoplancton (20-200  $\mu\text{m}$ ) è dominata durante tutto l'anno dalla classe delle Diatomee (Bacillariophyceae), inoltre questa classe, tipicamente invernale-primaverile, presenta abbondanze elevate anche in estate ed in particolare nelle stazioni appartenenti a CD1. Analizzando gli andamenti annuali delle Diatomee nelle stazioni sottocosta (Figura 82) si nota come la permanenza di questa classe sia pressoché costante da marzo ad ottobre nel CD1. In CD2 (stazioni 9, 14, 19) invece, nel mese di giugno si registra un calo momentaneo che coincide, nella stazione 19, con il minimo assoluto registrato nel 2014.

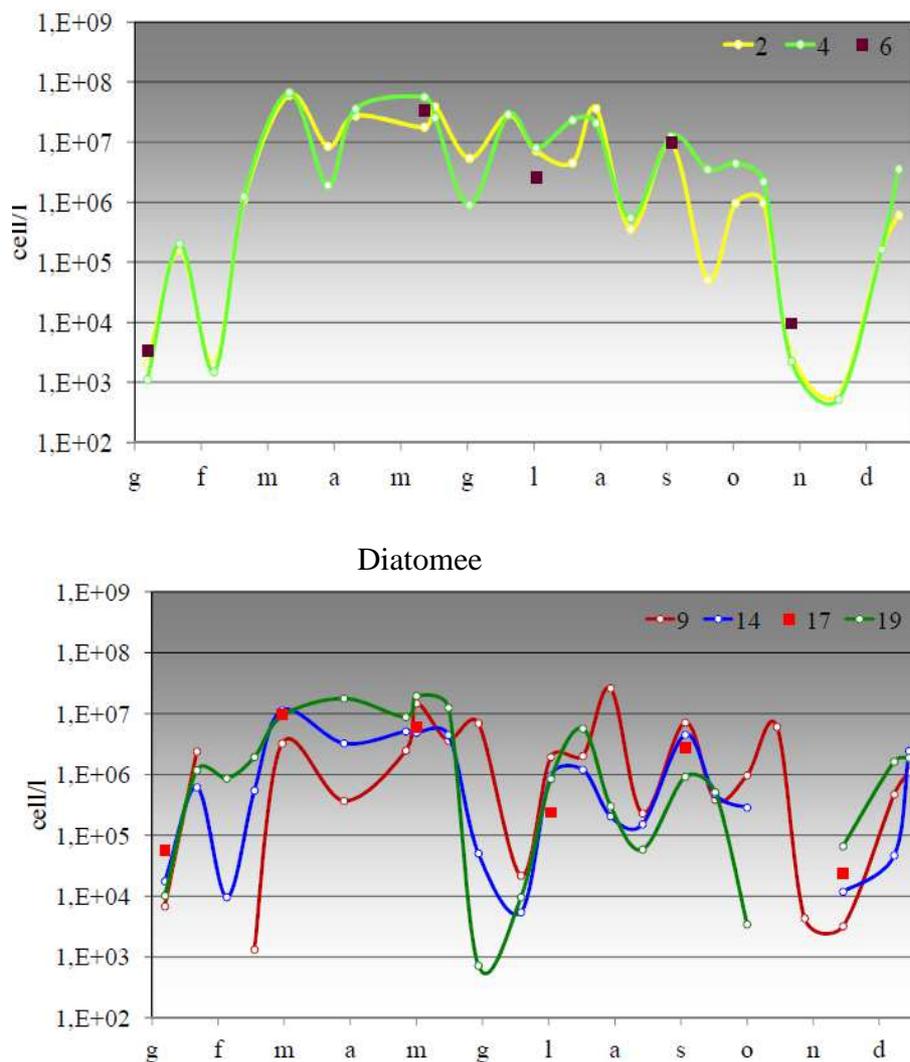
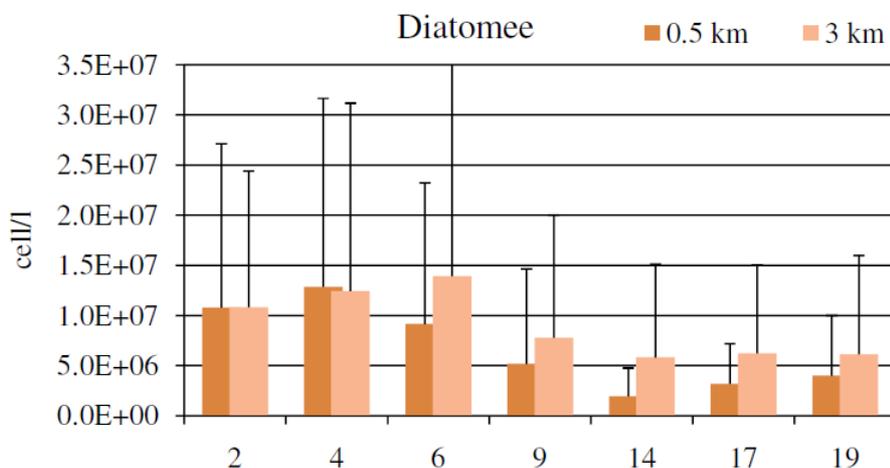


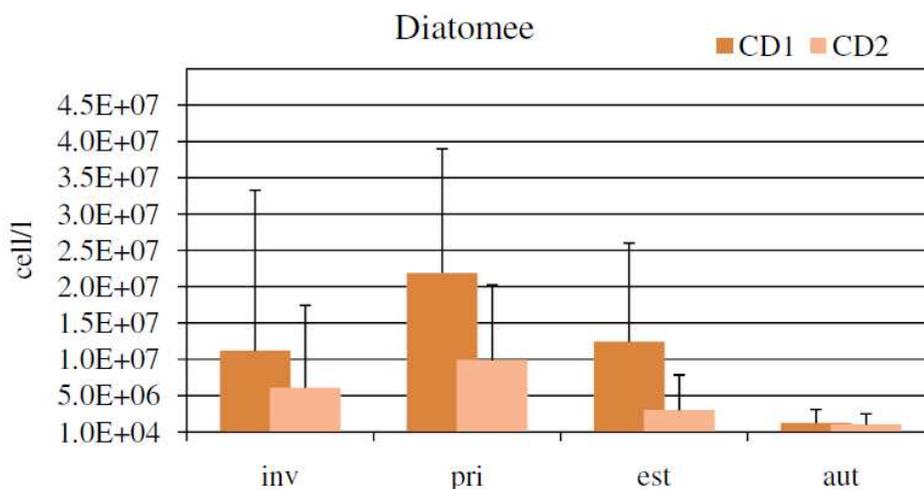
Figura 82 - Andamento annuale delle abbondanze delle Diatomee (stazioni 2, 4, 6, 9, 14, 17, 19)

In Figura 83 si riportano le medie annuali per stazione a 0,5 km e 3 km. Le stazioni a 3 km presentano valori maggiori rispetto alle stazioni sottocosta ad eccezione delle stazioni 2 e 4 in cui le differenze tra costa e largo sono minime.



**Figura 83 - Medie annuali e deviazioni standard delle abbondanze delle Diatomee nelle stazioni a 0.5 e 3 km**

In Figura 84 si evidenzia come le medie stagionali del CD1 siano sempre maggiori rispetto a quelle del CD2 con valori più elevati in primavera, seguiti da quelli estivi, invernali ed infine autunnali.



**Figura 84 - Andamento delle medie stagionali e deviazioni standard delle abbondanze delle Diatomee nei corpi idrici CD1 e CD2**

I taxa più rappresentativi in ordine di frequenza sono rispettivamente *Chaetoceros* spp., *Skeletonema* spp., *Thalassiora* spp., *Pseudo-nitzschia* spp. (del *Nitzschia delicatissima* complex). Invece se calcoliamo il numero totale di cellule sul totale delle rilevazioni, i taxa più rappresentativi sono rispettivamente *Chaetoceros* spp., *Cerataulina pelagica*, *Pseudo-nitzschia* spp. (del *Nitzschia delicatissima* complex), *Leptocylindrus minimus*.(Figura 85).

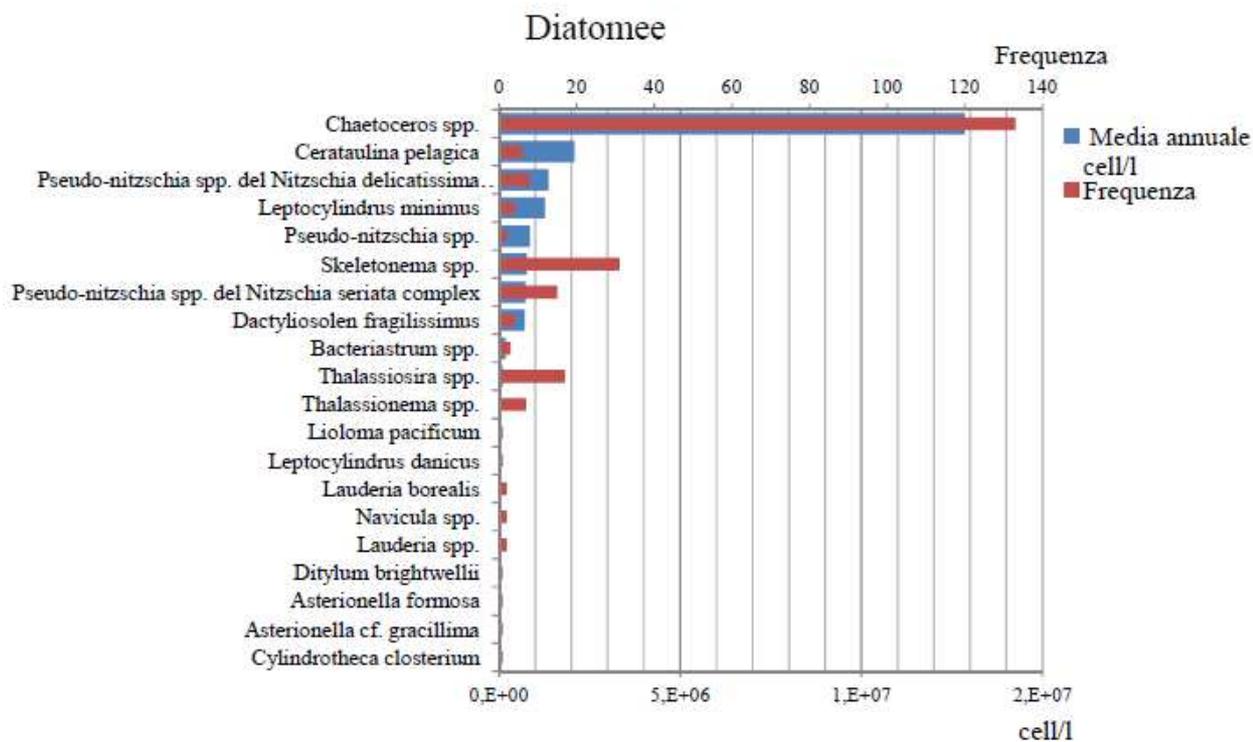


Figura 85 - Frequenze e abbondanze annuali dei taxa di Diatomee dominanti (anno 2014)

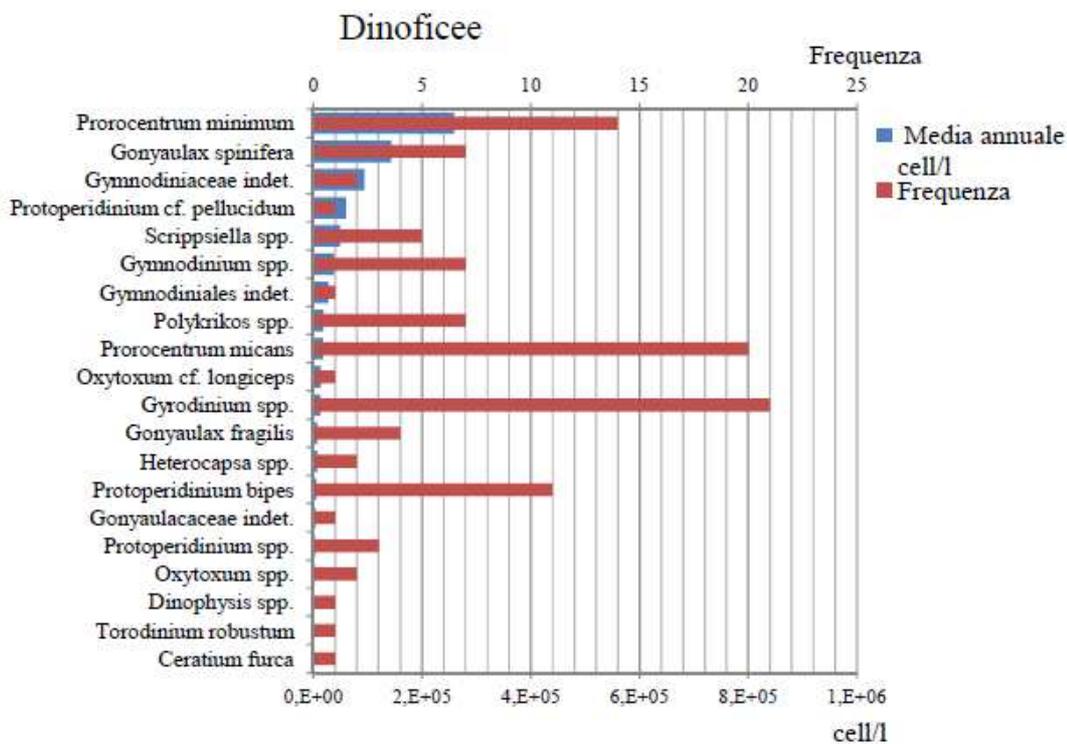
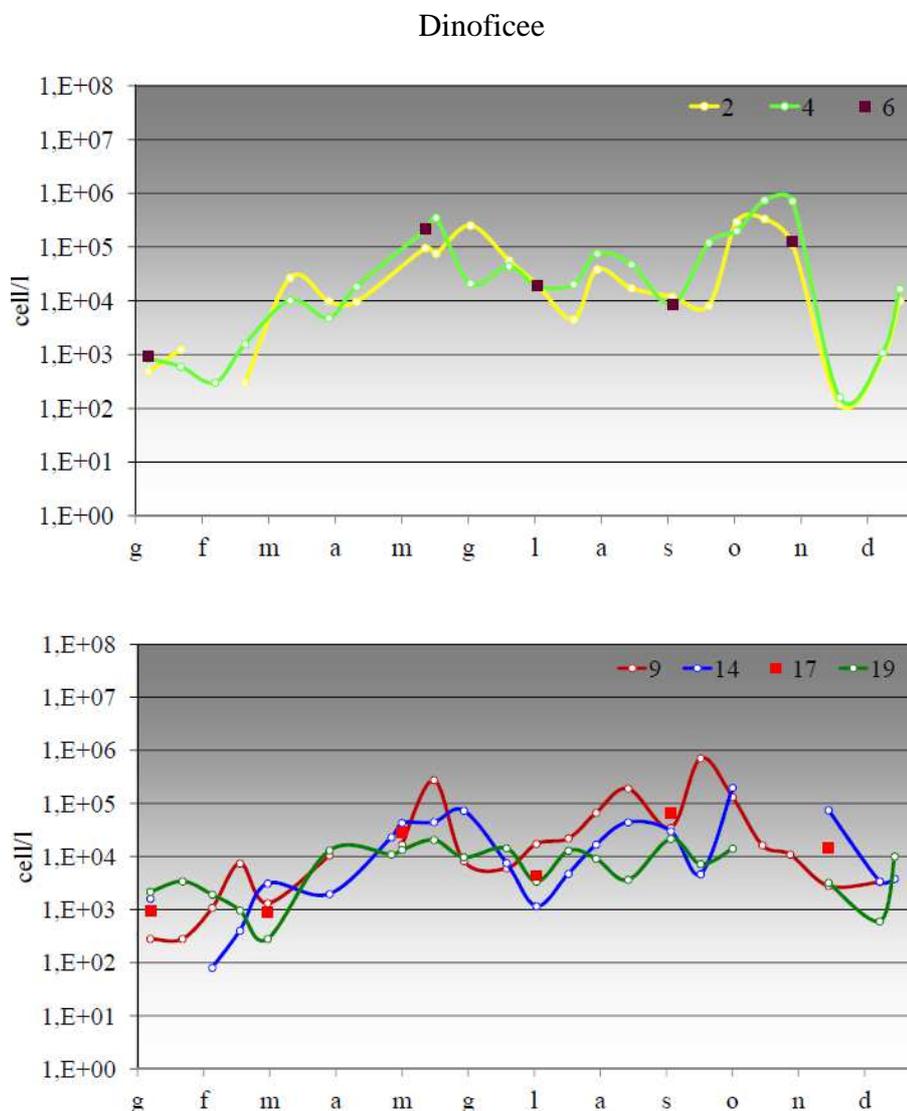


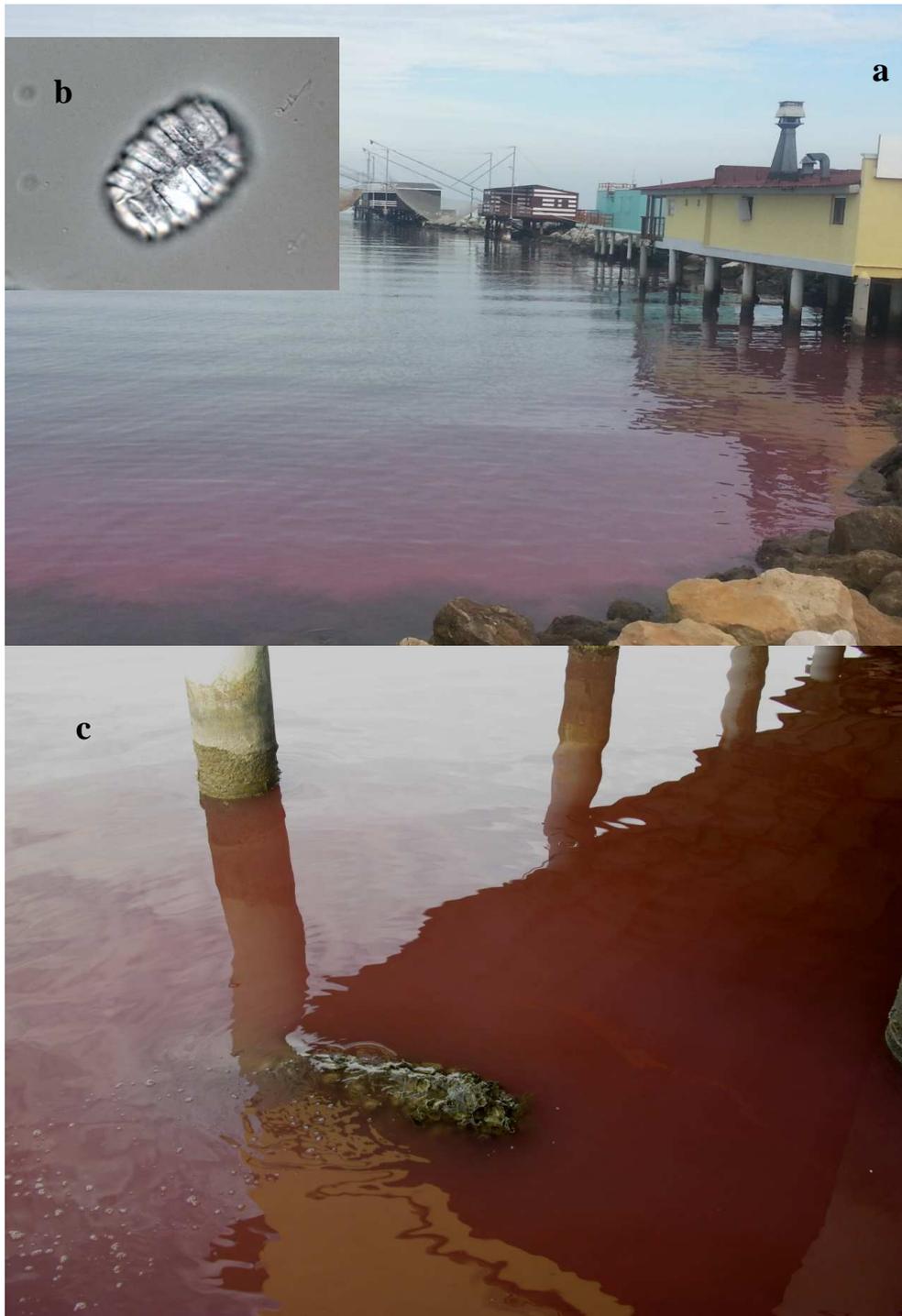
Figura 86 - Frequenze e abbondanze annuali dei taxa di Dinoficee dominanti (anno 2014)

Analizzando gli andamenti annuali delle abbondanze nelle stazioni sottocosta della classe delle Dinofitee (Figura 87), le massime abbondanze si sono concentrate a fine primavera e nella seconda metà dell'estate (tra agosto e settembre) e, limitatamente a CD1 in autunno.



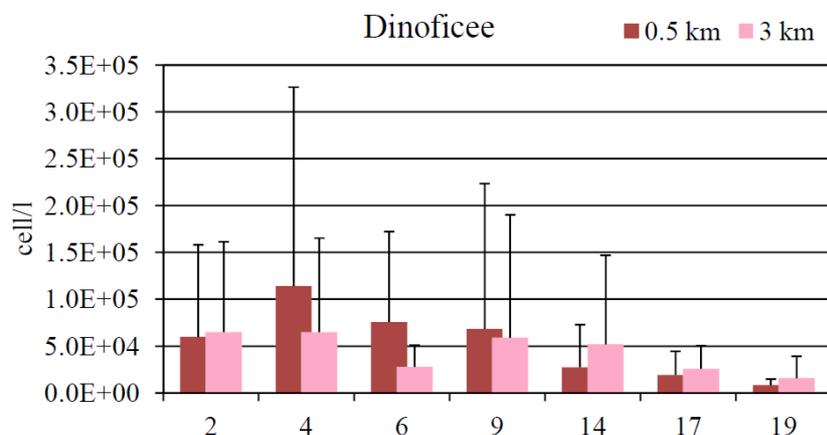
**Figura 87 - Andamento annuale delle abbondanze delle Dinofitee (stazioni 2, 4, 6, 9, 14, 17, 19)**

Non si segnalano per l'anno in esame eventi di maree colorate consistenti e protratte nel tempo riconducibili a Dinofitee. In generale lungo la costa le abbondanze più elevate registrate sono state a carico di *Prorocentrum minimum* nei transetti 2, 4, 9 sia sotto costa che a 3 km. Da segnalare invece la fioritura di *Polykrikos* spp. osservata il 20/11/2014 a Cesenatico (Figura 88) a ridosso del portocanale e nei primi metri da riva. L'abbondanza elevata (più di  $1.0 \times 10^8$  cell/l) pur riducendo la trasparenza e colorando l'acqua di rosa non ha fatto registrare livelli di sovrassaturazione dell'ossigeno disciolto dal momento che questo taxa è eterotrofo. Inoltre nei giorni seguenti il fenomeno non ha innescato condizioni anossiche localizzate in quanto le correnti hanno contribuito a diluire la biomassa senza conseguenze.

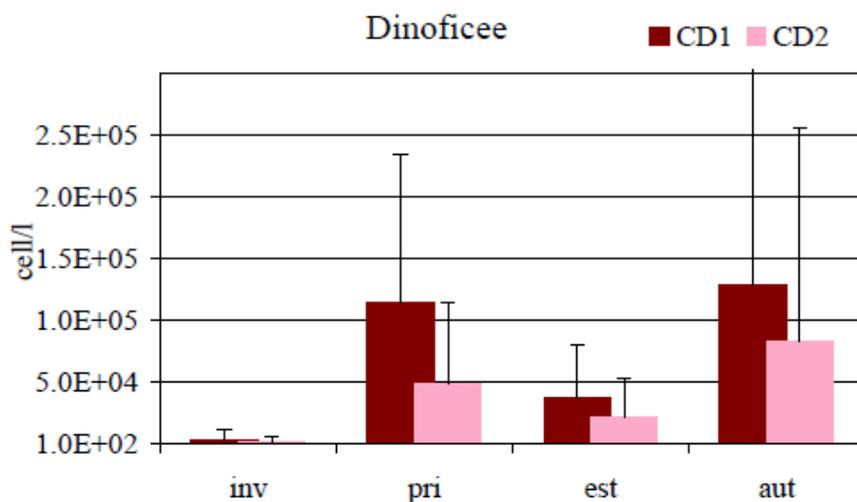


**Figura 88 - Fioritura di Polykrikos spp. a ridosso del porto canale di Cesenatico 22/11/2014 (a)(c); Esemplare di Polykrikos spp. fotografato al microscopio ottico (b)**

In Figura 89 le medie annuali delle Dinofitee nelle stazioni a 0,5 e 3 km presentano i valori maggiori nelle stazioni sotto costa nelle stazioni 4, 6 e 9. Nelle restanti stazioni 2, 14, 17, 19 la tendenza si inverte con valori maggiori a 3 km.



**Figura 89 - Medie annuali e deviazioni standard delle abbondanze delle Dinofitee nelle stazioni a 0.5 e 3 km**

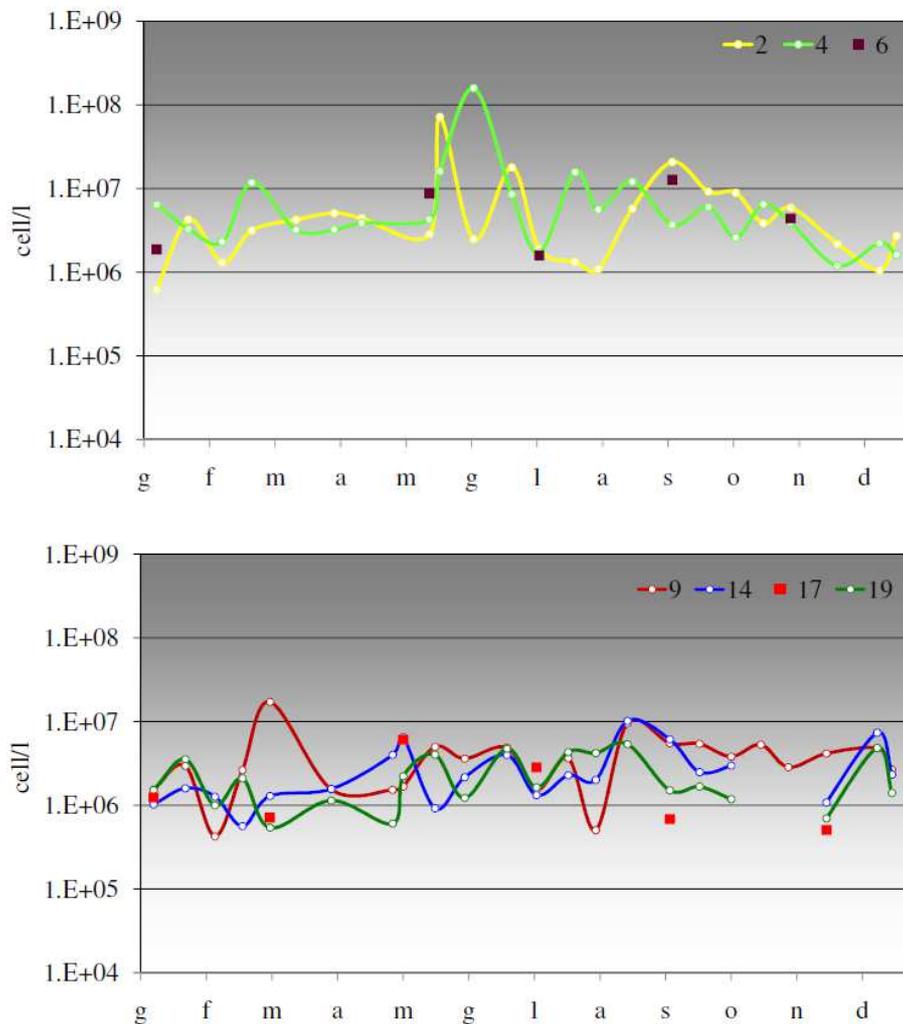


**Figura 90 - Andamento delle medie stagionali e deviazioni standard delle abbondanze delle Dinofitee nei corpi idrici CD1 e CD2**

In Figura 90 si riportano le medie stagionali per corpo idrico dove si evidenzia come le medie stagionali del CD1 siano sempre maggiori rispetto a quelle del CD2 con valori più elevati in autunno, seguiti da quelli primaverili, estivi ed infine invernali.

I taxa più rappresentativi (Figura 86) in ordine di frequenza sono rispettivamente *Gyrodinium* spp., *Prorocentrum micans*, *Prorocentrum minimum* e *Protoperidinium bipes*; considerando invece la media annuale i taxa più rappresentativi sono rispettivamente *Prorocentrum minimum* e *Gonyaulax spinifera*.

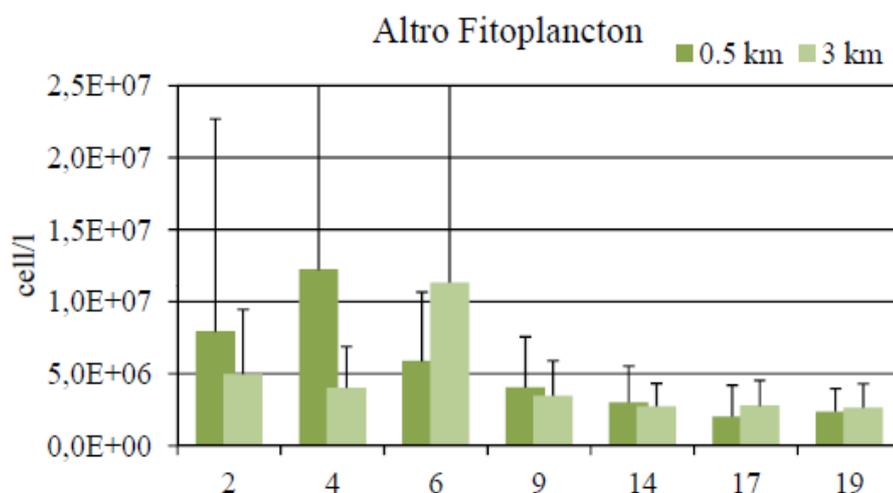
### Altro fitoplancton indet.



**Figura 91 - Andamento annuale delle abbondanze dell' Altro fitoplancton (stazioni 2, 4, 6, 9, 14, 17, 19)**

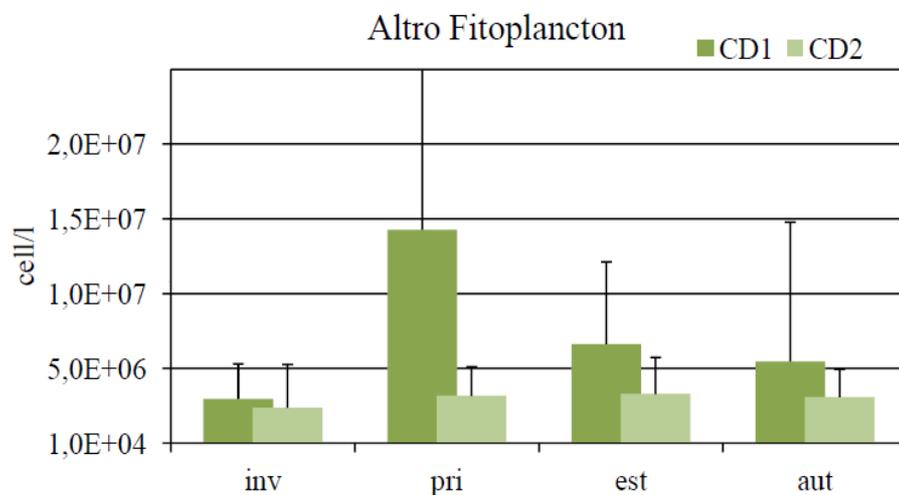
L'altro fitoplancton corrispondente a quella componente che presenta dimensione inferiore a 20  $\mu\text{m}$ , risponde bene ed in tempi brevi agli input di nutrienti da terra in concomitanza di apporti cospicui di acqua dolce in mare. Gli andamenti annuali e le abbondanze rilevate sottocosta (0,5 km) (Figura 91) mostrano per questo gruppo in CD1 una distribuzione spaziale omogenea con valori di abbondanza maggiori tra maggio e giugno e nel periodo estivo. In CD2 le abbondanze sono piuttosto costanti durante tutto l'anno.

In Figura 92 si riportano le medie annuali dell'altro fitoplancton nelle stazioni a 0,5 e 3 km che evidenziano un costante gradiente negativo da nord a sud. Fa eccezione la stazione 306 che presenta un valore medio elevato paragonabile a quello massimo della stazione 4.



**Figura 92 - Medie annuali e deviazioni standard delle abbondanze dell'Altro fitoplancton nelle stazioni a 0.5 e 3 km**

Considerando inoltre le medie stagionali per corpo idrico (Figura 93) si osserva una marcata variazione stagionale in CD1, con massimi in primavera. CD2 è caratterizzato invece da valori medi stagionali simili. Il CD1 presenta sempre valori maggiori del CD2.



**Figura 93 - Andamento delle medie stagionali e deviazioni standard dell'Altro fitoplancton nei corpi idrici CD1 e CD2**

In Tabella 6 si riporta la lista floristica dei taxa prevalenti riscontrati durante le campagne di monitoraggio in tutte le stazioni mentre in Tabella 7 si riportano tutti i taxa identificati nel 2014.

**Tabella 6 - Lista floristica dei taxa prevalenti riscontrati nel 2014**

Classe	Taxa	Autore
Bacillariophyceae	<i>Asterionella cf. gracillima</i>	(Hantzsch) Heiberg, 1863
Bacillariophyceae	<i>Asterionella formosa</i>	Hassal, 1850
Bacillariophyceae	<i>Bacteriastrum</i> sp.	Shadbolt, 1854
Bacillariophyceae	<i>Cerataulina pelagica</i>	(Cleve) Hendey, 1937
Bacillariophyceae	<i>Ceratium furca</i>	(Ehrenberg) Claparède & Lachmann, 1859
Bacillariophyceae	<i>Chaetoceros</i> sp.	Ehrenberg, 1844
Bacillariophyceae	<i>Cylindrotheca closterium</i>	(Ehrenberg) Reimann & j. C. Lewin, 1964
Bacillariophyceae	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	(Bergon) Hasle, 1996
Bacillariophyceae	<i>Ditylum brightwellii</i>	(T. West) Grunow, 1885
Bacillariophyceae	<i>Lauderia borealis</i>	Gran, 1900
Bacillariophyceae	<i>Lauderia</i> sp.	Cleve, 1873
Bacillariophyceae	<i>Leptocylindrus danicus</i>	Cleve, 1889
Bacillariophyceae	<i>Leptocylindrus minimus</i>	Gran, 1915
Bacillariophyceae	<i>Lioloma pacificum</i>	(Cupp) Hasle, 1996
Bacillariophyceae	<i>Navicula</i> sp.	Bory de Saint - Vincent, 1822
Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	H. Paragallo, 1900
Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. del <i>Nitzschia delicatissima</i> complex	Hasle, 1964
Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. del <i>Nitzschia seriata</i> complex	Hasle, 1965
Bacillariophyceae	<i>Skeletonema</i> sp.	Greville, 1865
Bacillariophyceae	<i>Thalassionema</i> sp.	Grunow ex Mereschkowsky, 1902
Bacillariophyceae	<i>Thalassiosira</i> sp.	Cleve, 1873
Dinophyceae	<i>Dinophysis</i> sp.	Ehrenberg, 1839
Dinophyceae	<i>Gonyaulax fragilis</i>	(Shütt) Kofoid, 1911
Dinophyceae	<i>Gonyaulax spinifera</i>	Diesing, 1866
Dinophyceae	Gymnodiniales indet.	Apstein, 1909
Dinophyceae	<i>Gymnodinium</i> spp.	Stein, 1878
Dinophyceae	<i>Gyrodinium</i> spp.	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyceae	<i>Heterocapsa</i> sp.	Stein, 1883
Dinophyceae	<i>Oxytoxum cf. longiceps</i>	Schiller
Dinophyceae	<i>Oxytoxum</i> sp.	Stein, 1883
Dinophyceae	<i>Polykrikos</i> sp.	Bütshli, 1873
Dinophyceae	<i>Prorocentrum micans</i>	Ehrenberg, 1834
Dinophyceae	<i>Prorocentrum minimum</i>	(Pavillard) J. Schiller, 1933
Dinophyceae	<i>Protoperidinium bipes</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Protoperidinium cf. pellucidum</i>	Bergh ex Loeblich Jr. & Loeblich III, 1881
Dinophyceae	<i>Protoperidinium</i> spp.	Bergh, 1882
Dinophyceae	<i>Scrippsiella</i> sp.	Balech ex A. R. Loeblich III, 1965
Dinophyceae	<i>Torodinium robustum</i>	Kofoid & Swezy, 1921

**Tabella 7 - Lista floristica di tutti i taxa identificati nel 2014**

Classe	Taxa	Autore
Bacillariophyceae	<i>Achnanthes</i> sp.	Bory de Saint-Vincent, 1822
Bacillariophyceae	<i>Amphiprora</i> sp.	Ehrenberg, 1843
Bacillariophyceae	<i>Amphora</i> sp.	Ehrenberg ex Kützing, 1844
Bacillariophyceae	<i>Asterionella</i> cf. <i>formosa</i>	Hassal, 1850
Bacillariophyceae	<i>Asterionella</i> cf. <i>gracillima</i>	(Hantzsch) Heiberg, 1863
Bacillariophyceae	<i>Asterionella formosa</i>	Hassal, 1850
Bacillariophyceae	<i>Asterionella gracillima</i>	(Hantzsch) Heiberg, 1863
Bacillariophyceae	<i>Asterionella</i> sp.	Hassal, 1850
Bacillariophyceae	<i>Asterionellopsis glacialis</i>	(Castracane) Round, 1990
Bacillariophyceae	<i>Asteromphalus</i> sp.	Ehrenberg, 1844
Bacillariophyceae	<i>Aulacoseira</i> cf. <i>granulata</i>	(Ehrenberg) Simonsen, 1979
Bacillariophyceae	<i>Aulacoseira</i> sp.	Thwaites, 1848
Bacillariophyceae	<i>Bacillaria</i> sp.	J. F. Gmelin, 1791
Bacillariophyceae	Bacillariaceae indet.	J. F. Gmelin, 1791
Bacillariophyceae	<i>Bacteriastrum</i> sp.	Shadbolt, 1854
Bacillariophyceae	<i>Biddulphia</i> sp.	S. F. Gray, 1821
Bacillariophyceae	<i>Cerataulina pelagica</i>	(Cleve) Hendey, 1937
Bacillariophyceae	<i>Chaetoceros</i> spp.	Ehrenberg, 1844
Bacillariophyceae	<i>Chaetoceros tortissimus</i>	H.H.Gran
Bacillariophyceae	<i>Cocconeis</i> sp.	Ehrenberg, 1837
Bacillariophyceae	<i>Coscinodiscus</i> sp.	Ehrenberg, 1839
Bacillariophyceae	<i>Cyclotella</i> sp.	(Kützing) Brebisson, 1838
Bacillariophyceae	<i>Cylindrotheca</i> cf. <i>closterium</i>	(Ehrenberg) Reimann & j. C. Lewin, 1964
Bacillariophyceae	<i>Cylindrotheca closterium</i>	(Ehrenberg) Reimann & j. C. Lewin, 1964
Bacillariophyceae	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	(Bergon) Hasle, 1996
Bacillariophyceae	<i>Diploneis</i> sp.	Ehrenberg ex Cleve, 1894
Bacillariophyceae	<i>Ditylum brightwellii</i>	(T. West) Grunow, 1885
Bacillariophyceae	<i>Eucampia</i> sp.	Ehrenberg, 1839
Bacillariophyceae	<i>Fragilaria</i> sp.	Lyngbye, 1819
Bacillariophyceae	Fragilariaceae indet.	Greville, 1833
Bacillariophyceae	<i>Guinardia flaccida</i>	(Castracane) H. Peragallo, 1892
Bacillariophyceae	<i>Guinardia striata</i>	(Stolterfoth) Hasle, 1996
Bacillariophyceae	<i>Hemiaulus hauckii</i>	Grunow ex Van Heurck, 1882
Bacillariophyceae	<i>Hemiaulus</i> sp.	Heiberg, 1863
Bacillariophyceae	<i>Lauderia borealis</i>	Gran, 1900
Bacillariophyceae	<i>Lauderia</i> sp.	Cleve, 1873
Bacillariophyceae	<i>Leptocylindrus</i> cf. <i>minimus</i>	Gran, 1915
Bacillariophyceae	<i>Leptocylindrus danicus</i>	Cleve, 1889
Bacillariophyceae	<i>Leptocylindrus minimus</i>	Gran, 1915
Bacillariophyceae	<i>Leptocylindrus</i> sp.	Cleve, 1889
Bacillariophyceae	<i>Licmophora</i> sp.	C. Agardh, 1827
Bacillariophyceae	<i>Lioloma pacificum</i>	(Cupp) Hasle, 1996
Bacillariophyceae	<i>Melosira</i> sp.	C. Agardh, 1824
Bacillariophyceae	<i>Navicula</i> spp.	Bory de Saint - Vincent, 1822
Bacillariophyceae	Naviculales indet.	Bessey
Bacillariophyceae	<i>Nitzschia longissima</i>	(Brébisson) Ralfs, 1861
Bacillariophyceae	<i>Nitzschia</i> spp.	Hassall, 1845
Bacillariophyceae	<i>Paralia sulcata</i>	(Ehrenberg) Cleve, 1873
Bacillariophyceae	<i>Plagiotropis</i> sp.	Pfitzer, 1871
Bacillariophyceae	<i>Pleurosigma</i> sp.	W. Smith, 1852

Classe	Taxa	Autore
Bacillariophyceae	Pleurosigmataceae indet.	Mereschowsky, 1903
Bacillariophyceae	<i>Proboscia alata</i>	(Brightwell) Sundström, 1986
Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>	(Takano) Takano, 1995
Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.	H. Paragallo, 1900
Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. del <i>Nitzschia delicatissima</i> complex	Hasle, 1964
Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. del <i>Nitzschia seriata</i> complex	Hasle, 1965
Bacillariophyceae	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	(Schultze) B. G. Sundström, 1986
Bacillariophyceae	<i>Rhizosolenia</i> cf. <i>hebetata</i>	J. W. Bailey, 1856
Bacillariophyceae	<i>Rhizosolenia</i> cf. <i>pungens</i>	Cleve - Euler, 1937
Bacillariophyceae	<i>Rhizosolenia</i> sp.	Brightwell, 1858
Bacillariophyceae	<i>Rhoicosphenia</i> sp.	Grunow, 1860
Bacillariophyceae	<i>Skeletonema</i> sp.	Greville, 1865
Bacillariophyceae	<i>Synedra</i> sp.	Ehrenberg, 1830
Bacillariophyceae	<i>Tabellaria</i> sp.	Ehrenberg ex Kützing, 1844
Bacillariophyceae	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	(Grunow) Mereschkowsky
Bacillariophyceae	<i>Thalassionema</i> sp.	Grunow ex Mereschkowsky, 1902
Bacillariophyceae	<i>Thalassiosira</i> sp.	Cleve, 1873
Bacillariophyceae	Thalassiosiraceae indet.	Hasle
Bacillariophyceae	<i>Ulnaria</i> sp.	(Kützing) P. Compère, 2001
Chlorophyceae	<i>Ankistrodesmus</i> sp.	Corde, 1838
Chlorophyceae	Chlorophyceae indet.	
Chlorophyceae	<i>Coelastrum</i> cf. <i>reticulatum</i>	(P.A. Dangeard) Senn, 1899
Chlorophyceae	<i>Coelastrum</i> sp.	Nägeli, 1849
Chlorophyceae	<i>Desmodesmus</i> sp.	(Lagerheim) S.S.An, T.Friedl & E.Hegewald
Chlorophyceae	<i>Pediastrum</i> sp.	Meyen, 1829
Chlorophyceae	<i>Scenedesmus</i> sp.	Meyen, 1829
Chrysophyceae	Chromulinales indet.	Pascher, 1910
Chrysophyceae	<i>Uroglena</i> sp. (colonie)	Ehrenberg, 1834
Coccolithophyceae	Coccolithophyceae indet.	Rothmaler, 1951
Conjugatophyceae	<i>Closterium</i> sp.	Nitzsch ex Ralfs, 1848
Conjugatophyceae	<i>Mougeotia</i> sp.	C. Agardh, 1824
Cryptophyceae	<i>Cryptomonas</i> sp.	Ehrenberg, 1831
Cryptophyceae	Cryptophyceae indet.	F.E.Fritsch, 1927
Cyanophyceae	Cyanophyceae indet.	Schaffner, 1909
Cyanophyceae	Cyanophyceae indet.	Schaffner, 1909
Cyanophyceae	Nostocales indet. (colonie)	Cavalier-Smith 2002
Cyanophyceae	<i>Oscillatoria</i> spp.	Vaucher ex Gomont, 1892
Cyanophyceae	<i>Oscillatoria</i> spp. (colonie)	Vaucher ex Gomont, 1892
Cyanophyceae	Oscillatoriales indet.	Cavalier-Smith 2002
Dictyochophyceae	<i>Dictyocha</i> cf. <i>crux</i>	Ehrenberg 1840
Dictyochophyceae	<i>Dictyocha</i> cf. <i>fibula</i>	Ehrenberg, 1839
Dictyochophyceae	<i>Dictyocha crux</i>	Ehrenberg 1840
Dictyochophyceae	<i>Dictyocha fibula</i>	Ehrenberg, 1839
Dictyochophyceae	<i>Dictyocha</i> sp.	Ehrenberg, 1837
Dictyochophyceae	<i>Octactis</i> cf. <i>octonaria</i>	(Ehrenberg) Hovasse, 1946
Dictyochophyceae	<i>Octactis octonaria</i>	(Ehrenberg) Hovasse, 1946
Dictyochophyceae	<i>Pseudopedinella</i> sp.	N. Carter, 1937
Dinophyceae	<i>Alexandrium</i> cf. <i>insuetum</i>	D.M. Anderson, A.W. White & D.G. Baden, 1985
Dinophyceae	<i>Alexandrium</i> cf. <i>minutum</i>	Halim, 1960
Dinophyceae	<i>Alexandrium</i> cf. <i>pseudogonyaulax</i>	(Biecheler) Horiguchi ex Kita & Fukuyo, 1992
Dinophyceae	<i>Alexandrium</i> cf. <i>taylorii</i>	Balech 1994
Dinophyceae	<i>Alexandrium insuetum</i>	D.M. Anderson, A.W. White & D.G. Baden, 1985
Dinophyceae	<i>Alexandrium minutum</i>	Halim, 1960

Classe	Taxa	Autore
Dinophyceae	<i>Alexandrium pseudogonyaulax</i>	(Biecheler) Horiguchi ex Kita & Fukuyo, 1992
Dinophyceae	<i>Alexandrium</i> sp.	Halim, 1960
Dinophyceae	<i>Blepharocysta</i> sp.	Ehrenberg, 1873
Dinophyceae	<i>Ceratium candelabrum</i>	(Ehrenberg) Stein, 1883
Dinophyceae	<i>Ceratium</i> cf. <i>hexacanthum</i>	Gourret, 1883
Dinophyceae	<i>Ceratium</i> cf. <i>inflatum</i>	(Kofoid) E. G. Jørgensen, 1911
Dinophyceae	<i>Ceratium</i> cf. <i>lineatum</i>	(Ehrenberg) Cleve, 1899
Dinophyceae	<i>Ceratium</i> cf. <i>longirostrum</i>	Gourret, 1883
Dinophyceae	<i>Ceratium</i> cf. <i>macroceros</i>	(Ehrenberg) Vanhöffen, 1897
Dinophyceae	<i>Ceratium</i> cf. <i>pulchellum</i>	Schröder, 1906
Dinophyceae	<i>Ceratium</i> cf. <i>trichoceros</i>	(Ehrenberg) W. S. Kent, 1881
Dinophyceae	<i>Ceratium</i> cf. <i>tripos</i>	(O. F. Müller) Nitzsch, 1817
Dinophyceae	<i>Ceratium furca</i>	(Ehrenberg) Claparède & Lachmann, 1859
Dinophyceae	<i>Ceratium fusus</i>	(Ehrenberg) Dujardin, 1841
Dinophyceae	<i>Ceratium hirundinella</i>	(O.F. Müller) Dujardin, 1841
Dinophyceae	<i>Ceratium longirostrum</i>	Gourret, 1883
Dinophyceae	<i>Ceratium macroceros</i>	(Ehrenberg) Vanhöffen, 1897
Dinophyceae	<i>Ceratium minutum</i>	E. G. Jørgensen, 1920
Dinophyceae	<i>Ceratium</i> sp.	Schrank, 1793
Dinophyceae	<i>Ceratium tripos</i>	(O. F. Müller) Nitzsch, 1817
Dinophyceae	<i>Cochlodinium</i> sp.	Schütt, 1896
Dinophyceae	Dinophyceae indet.	F.E.Fritsch in G.S.West & F.E.Fritsch, 1927
Dinophyceae	<i>Dinophysis acuminata</i>	Claparède & Lachmann, 1859
Dinophyceae	<i>Dinophysis caudata</i>	Saville - Kent, 1881
Dinophyceae	<i>Dinophysis</i> cf. <i>acuminata</i>	Claparède & Lachmann, 1859
Dinophyceae	<i>Dinophysis</i> cf. <i>caudata</i>	Saville - Kent, 1881
Dinophyceae	<i>Dinophysis</i> cf. <i>fortii</i>	Pavillard, 1923
Dinophyceae	<i>Dinophysis</i> cf. <i>ovum</i>	Schütt, 1895
Dinophyceae	<i>Dinophysis</i> cf. <i>rotundata</i>	Claparède & Lachmann, 1859
Dinophyceae	<i>Dinophysis</i> cf. <i>sacculus</i>	Stein, 1883
Dinophyceae	<i>Dinophysis fortii</i>	Pavillard, 1923
Dinophyceae	<i>Dinophysis ovum</i>	Schütt, 1895
Dinophyceae	<i>Dinophysis rotundata</i>	Claparède & Lachmann, 1859
Dinophyceae	<i>Dinophysis sacculus</i>	Stein, 1883
Dinophyceae	<i>Dinophysis</i> sp.	Ehrenberg, 1839
Dinophyceae	<i>Dinophysis tripos</i>	Gourret, 1883
Dinophyceae	Diplopsalis group	Dodge, 1985
Dinophyceae	<i>Diplopsalis</i> sp.	Bergh, 1882
Dinophyceae	<i>Glenodinium</i> cf. <i>foliaceum</i>	F. Stein, 1883
Dinophyceae	<i>Glenodinium foliaceum</i>	F. Stein, 1883
Dinophyceae	<i>Glenodinium</i> sp.	Ehrenberg, 1836
Dinophyceae	<i>Gonyaulax fragilis</i>	(Shütt) Kofoid, 1911
Dinophyceae	<i>Gonyaulax grindleyi</i>	Reinecke, 1967
Dinophyceae	<i>Gonyaulax polygramma</i>	Stein, 1883
Dinophyceae	<i>Gonyaulax</i> sp.	Diesing, 1866
Dinophyceae	<i>Gonyaulax spinifera</i>	(Claparède & Lachmann) Diesing, 1866
Dinophyceae	Gymnodiniales indet.	Apstein, 1909
Dinophyceae	<i>Gymnodinium</i> cf. <i>impudicum</i>	(S.Fraga & I.Bravo) G.Hansen & Ø.Moestrup
Dinophyceae	<i>Gymnodinium</i> spp.	Stein, 1878
Dinophyceae	<i>Gyrodinium</i> spp.	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyceae	<i>Heterocapsa</i> sp.	Stein, 1883
Dinophyceae	<i>Karenia</i> sp.	G. Hansen & Moestrup, 2000
Dinophyceae	<i>Katodinium</i> sp.	Fott, 1957

Classe	Taxa	Autore
Dinophyceae	<i>Kofoidium</i> sp.	Pavillard, 1929
Dinophyceae	<i>Lingulodinium polyedrum</i>	(F. Stein) J.D. Dodge, 1989
Dinophyceae	<i>Micracanthodinium</i> sp.	Deflandre, 1937
Dinophyceae	<i>Noctiluca scintillans</i>	(Macartney) Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyceae	<i>Oblea rotunda</i>	(Lebour) Balech ex Sourmia, 1973
Dinophyceae	<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>	Kofoid, 1926
Dinophyceae	<i>Oxytoxum</i> cf. <i>caudatum</i>	Schiller, 1937
Dinophyceae	<i>Oxytoxum</i> cf. <i>longiceps</i>	Schiller
Dinophyceae	<i>Oxytoxum longiceps</i>	Schiller
Dinophyceae	<i>Oxytoxum milneri</i>	Murray & Whitting, 1899
Dinophyceae	<i>Oxytoxum</i> sp.	Stein, 1883
Dinophyceae	Peridiniaceae indet.	Ehrenberg, 1831
Dinophyceae	<i>Peridinium quinquecorne</i>	Abè, 1927
Dinophyceae	<i>Podolampas palmipes</i>	Stein, 1883
Dinophyceae	<i>Podolampas</i> sp.	Stein, 1883
Dinophyceae	<i>Polykrikos</i> sp.	Bütshli, 1873
Dinophyceae	<i>Preperidinium</i> sp.	Mangin, 1913
Dinophyceae	<i>Pronoctiluca</i> sp.	Fabre Domergue, 1889
Dinophyceae	<i>Prorocentrum</i> cf. <i>rhathymum</i>	Loeblich, Sherley & Schmidt, 1979
Dinophyceae	<i>Prorocentrum</i> cf. <i>scutellum</i>	Schröderm, 1900
Dinophyceae	<i>Prorocentrum compressum</i>	(J.W. Bailey) Abè ex Dodge, 1975
Dinophyceae	<i>Prorocentrum micans</i>	Ehrenberg, 1834
Dinophyceae	<i>Prorocentrum minimum</i>	(Pavillard) J. Schiller, 1933
Dinophyceae	<i>Prorocentrum scutellum</i>	Schröderm, 1900
Dinophyceae	<i>Prorocentrum</i> spp.	Ehrenberg, 1834
Dinophyceae	<i>Prorocentrum triestinum</i>	J. Schiller, 1918
Dinophyceae	Proto-peridiniaceae indet.	J.P. Bujak & E.H. Davies 1998
Dinophyceae	<i>Proto-peridinium bipes</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Proto-peridinium</i> cf. <i>bipes</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Proto-peridinium</i> cf. <i>conicoides</i>	(Paulsen) Balech, 1973
Dinophyceae	<i>Proto-peridinium</i> cf. <i>conicum</i>	(Gran) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Proto-peridinium</i> cf. <i>depressum</i>	(Bailey) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Proto-peridinium</i> cf. <i>diabolus</i>	(Cleve) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Proto-peridinium</i> cf. <i>globulus</i>	(Stein) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Proto-peridinium</i> cf. <i>oceanicum</i>	(VanHöffen) balech, 1974
Dinophyceae	<i>Proto-peridinium</i> cf. <i>ovum</i>	(Schiller) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Proto-peridinium</i> cf. <i>pellucidum</i>	Bergh ex Loeblich Jr. & Loeblich III, 1881
Dinophyceae	<i>Proto-peridinium</i> cf. <i>pyriforme</i>	(Paulsen) Balech 1974
Dinophyceae	<i>Proto-peridinium</i> cf. <i>steinii</i>	(Jorgensen) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Proto-peridinium</i> cf. <i>subinerve</i>	(Paulsen) Loeblich III, 1969
Dinophyceae	<i>Proto-peridinium</i> cf. <i>thorianum</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Proto-peridinium conicum</i>	(Gran) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Proto-peridinium crassipes</i>	(Kofoid) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Proto-peridinium depressum</i>	(Bailey) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Proto-peridinium diabolus</i>	(Cleve) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Proto-peridinium divergens</i>	(Ehrenberg) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Proto-peridinium oceanicum</i>	(VanHöffen) balech, 1974
Dinophyceae	<i>Proto-peridinium ovum</i>	(Schiller) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Proto-peridinium pellucidum</i>	Bergh ex Loeblich Jr e Loeblich III, 1881
Dinophyceae	<i>Proto-peridinium</i> spp.	Bergh, 1882
Dinophyceae	<i>Proto-peridinium steinii</i>	(Jorgensen) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Proto-peridinium thorianum</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyceae	<i>Pseliodinium vaubanii</i>	Soumia, 1972

Classe	Taxa	Autore	
Dinophyceae	<i>Pyrocystis lunula</i>	(J. Schütt) J. Schütt, 1896	
Dinophyceae	<i>Pyrophacus horologium</i>	Stein, 1883	
Dinophyceae	<i>Pyrophacus</i> spp.	Stein, 1883	
Dinophyceae	<i>Scrippsiella</i> sp.	Balech ex A. R. Loeblich III, 1965 (Pouchet) Cachon&Cachon	ex
Dinophyceae	<i>Spatulodinium pseudonocilucum</i>	Loeblich&Loeblich, 1969	
Dinophyceae	<i>Spatulodinium</i> sp.	J. Cachon & M. Cachon, 1976	
Dinophyceae	<i>Torodinium robustum</i>	Kofoid & Swezy, 1921	
Dinophyceae	<i>Torodinium</i> sp.	Kofoid & Swezy, 1921	
Dinophyceae	<i>Torodinium teredo</i>	(Pouchet) Kofoid & Swezy, 1921	
Dinophyceae	<i>Warnowia</i> sp.	Lindemann in Engler & Prantl, 1928	
Ebriophyceae	<i>Ebria</i> sp.	Borgert, 1861	
Ebriophyceae	<i>Ebria tripartita</i>	(J. Schumann) Lemmermann, 1899	
Ebriophyceae	<i>Hermesinum adriaticum</i>	O. Zacharias, 1906	
Euglenophyceae	<i>Euglena</i> sp.	Ehrenberg, 1830	
Euglenophyceae	Euglenophyceae indet.	Schoenichen, 1925	
Euglenophyceae	Eutreptiaceae indet.	Hollande, 1942	
Euglenophyceae	<i>Phacus</i> sp.	Dujardin	
Euglenophyceae	<i>Trachelomonas</i> sp.	Ehrenberg, 1835	
Prymnesiophyceae	<i>Chrysochromulina</i> sp.	Lackey, 1939	
Raphidophyceae	Raphidophyceae indet.	Chadefaud ex P.C.Silva 1980	
Synurophyceae	<i>Mallomonas</i> sp.	Perty, 1852	
Trebouxiophyceae	<i>Actinastrum</i> sp.	Lagerheim, 1882	
Trebouxiophyceae	<i>Dictyosphaerium</i> sp.	Nägeli, 1849	
Trebouxiophyceae	<i>Micractinium</i> sp.	Fresenius	
Ulvophyceae	<i>Oltmannsiellopsis</i> spp.	M.Chihara & I.Inouye in Chihara et al., 1986	

## 5.2.2 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 Côtiers*).

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 (Crostei), 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 4).

La frequenza di campionamento è semestrale (maggio, novembre) (vedi Tabella 5).

**Tabella 8 – Numero di specie rinvenute per le biocenosi SFBC e VTC**

Phylum	SFBC4	SFBC 9	SFBC 14	SFBC 19	304	309	314	319
Anellida	20	12	27	23	9	28	20	15
Arthropoda	7	9	15	10	5	9	10	8
Cnidaria	1	0	0	2	0	0	0	1
Echinoderma	1	1	1	4	0	5	6	5
Mollusca	17	17	27	19	10	21	22	11
Phoronida	1	0	1	1	0	0	0	0
Sipuncula	0	1	1	1	1	1	1	2
<b>Totale</b>	<b>47</b>	<b>40</b>	<b>72</b>	<b>60</b>	<b>25</b>	<b>64</b>	<b>59</b>	<b>42</b>

**Tabella 9 – Presenza specie nelle stazioni considerate per le VTC**

CLASSI	FAMIGLIE	TAXON	AUTORE	304	309	314	319
ANELLIDA	AMPHARETIDAE	<i>Ampharete acutifrons</i>	Hessle, 1917			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
		<i>Mediomastus capensis</i>	Day, 1869		X		
	EUNICIDAE	<i>Eumida sanguinea</i>	Berthold, 1827		X		
	FLABELLIGERIDAE	<i>Pherusa monilifera</i>	(Delle Chiaje, 1841)		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		
		<i>Glycera rouxii</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833		X	X	X
		<i>Glycera tridactyla</i>	Schmarda, 1861			X	
	LUMBRINERIDAE	<i>Hilbigneris gracilis</i>	(Ehlers, 1868)		X	X	
		<i>Lumbrineris fragilis</i>	(O.F.Muller, 1776)	X			
		<i>Lumbrineris latreilli</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1834			X	
	MAGELONIDAE	<i>Magelona johnstoni</i>	Fiege, Licher & Mackie, 2000			X	
	MALDANIDAE	<i>Euclymene oerstedii</i>	Claparède, 1863				X
		<i>Maldane sarsi</i>	Malmgren, 1865		X		
		Maldanidae indet.			X		
	NEPHTHYDAE	<i>Micronephthys sphaerocirrata</i>	(Wesenberg-lund, 1949)		X		
	NEPHTHYDAE	<i>Micronephthys stammeri</i>	(Auger, 1932)		X	X	
		<i>Nephtys cirrosa</i>	Ehlers, 1868	X	X	X	
		<i>Nephtys hombergi</i>	Savigny, 1818	X	X	X	X
		<i>Nephtys hystericis</i>	Mc Intosh, 1900				X
		<i>Nephtys incisa</i>	Malmgren, 1865	X			
	NEREIDIDAE	<i>Neanthes succinea</i>	(Frev & Leuchart, 1847)	X		X	X
		Nereididae indet.			X		
		<i>Nereis falsa</i>	Quatrefages, 1866	X			
	ONUPHIDAE	<i>Diopatra neapolitana</i>	Delle Chiaje, 1841	X	X	X	X
		<i>Onuphis eremita</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833		X	X	X
	ORBINIIDAE	<i>Orbinia sertulata</i>	Savigny, 1822		X	X	
	OWENIDAE	<i>Owenia fusiformis</i>	Delle Chiaje, 1841	X	X	X	X
PARAONIDAE	<i>Aricidea claudiae</i>	Laubier, 1967		X			
PECTINARIIDAE	<i>Pectinaria koreni</i>	(Malmgren, 1866)		X	X	X	
PHYLLODOCIDAE	<i>Eteone barbata</i>	Malmgren, 1865		X			
	<i>Eteone picta</i>	Quatrefages, 1865		X			
	<i>Phyllodoce indet.</i>	Savigny, 1818		X			
	<i>Phyllodoce lineata</i>	(Claparède, 1870)		X			
SPIONIDAE	<i>Polydora ciliata</i>	(Johnston, 1838)			X		
	<i>Prionospio cirrifera</i>	Wiren, 1883			X	X	
	<i>Prionospio malmgreni</i>	Claparède, 1870			X	X	
STERNAPSIDAE	<i>Sternaspis scutata</i>	(Renier, 1807)				X	
ARTHROPODA	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca brevicornis</i>	(A. Costa, 1853)		X		
		<i>Ampelisca diadema</i>	Costa, 1853	X	X	X	X
	APSEUDIDAE	<i>Apsuedopsis mediterraneus</i>	(Bacescu, 1961)	X		X	
	BODOTRIIDAE	<i>Iphinoe serrata</i>	Norman, 1867		X		
		<i>Iphinoe tenella</i>	J.O.Sars, 1878		X	X	X
	CAPRELLIDAE	<i>Pariambus typicus</i>	(Kroyer, 1844)	X	X	X	X
	CRANGONIDAE	<i>Crangon crangon</i>	(Linnaeus, 1758)		X		
	DEXAMINIDAE	<i>Atylus sp.</i>	Leach, 1815			X	

CLASSI	FAMIGLIE	TAXON	AUTORE	304	309	314	319
	GRAPSIDAE	<i>Brachynotus gemmellari</i>	(Rizza,1827)	X			
	ISAEIDAE	<i>Microprotopus maculatus</i>	Norman, 1867			X	X
	ISCHYROCERIDAE	<i>Erichthonius sp.</i>	Milne, Edwards, 1830				X
	LEUCOTHOIDAE	<i>Lepidepcreum longicorne</i>	(Bate & Westwood, 1861)			X	X
	MEGALUROPIDAE	<i>Megaluropus massiliensis</i>	Ledoyer, 1976			X	
	OEDICEROTIDAE	<i>Perioculodes longimanus longimanus</i>	(Bate & Westwood, 1868)	X		X	X
	PORTUNIDAE	<i>Liocarcinus depurator</i>	(Linnaeus,1758)		X		
	PROCESSIDAE	<i>Processa noveli noveli</i>	Al-Adhub & Williamson, 1975		X		
	PSEUDOCUMATIDAE	<i>Pseudocuma longicorne longicorne</i>	(Bate, 1858)		X	X	X
CNIDARIA	HORMATHIIDAE	<i>Calliactis parasitica</i>	(Couch,1838)				X
ECHINODERMA	AMPHIURIDAE	<i>Amphipholis indet.</i>			X		
		<i>Amphipholis squamata</i>	(Delle Chiaje, 1828)		X	X	X
		<i>Amphiura chiajei</i>	Forbes,1843			X	X
	CUCUMARIIDAE	<i>Trachythone elongata</i>	Duben-Koren,1844		X		X
		<i>Trachythone tergestina</i>	(M. Sars, 1857)		X	X	
	LOVENIIDAE	<i>Echinocardium cordatum</i>	Pennant,1777		X		
OPHIURIDAE	<i>Ophiura albida</i>	Forbes, 1839				X	X
	<i>Ophiura grubei</i>	Heller, 1863		X	X		
	<i>Ophiura ophiura</i>	(Linnaeus, 1816)				X	X
MOLLUSCA	ARCIDAE	<i>Anadara kagoshimensis</i>	(Tokunaga, 1906)	X	X	X	X
		<i>Anadara transversa</i>	Say, 1822	X	X	X	X
	CONIDAE	<i>Bela nebula</i>	(Montagu, 1803)		X		
	CORBULIDAE	<i>Corbula gibba</i>	(Olivi, 1792)	X	X	X	X
		<i>Lentidium mediterraneum</i>	(Costa O.G, 1829)			X	
	CYLICHNIDAE	<i>Cylichna cylindracea</i>	(Pennant, 1777)		X		X
	DENTALIIDAE	<i>Antalis inaequicostata</i>	(Dautzenberg 1891)		X		
	LUCINIDAE	<i>Lucinella divaricata</i>	(Linnaeus, 1758)			X	
	MACTRIDAE	<i>Spisula subtruncata</i>	(Da Costa, 1778)	X	X	X	X
	MANGELIIDAE	<i>Mangelia tenuicosta</i>	(Brugnone, 1862)		X		
	MONTACUTIDAE	<i>Kurtiella bidentata</i>	(Montagu, 1803)		X	X	X
	MYTILIDAE	<i>Musculista senhousia</i>	(Benson in Cantor, 1842)	X	X	X	
		<i>Nassarius mutabilis</i>	(Linné, 1758)			X	
	NASSARIIDAE	<i>Nassarius nitidus</i>	(Jeffreys, 1867)		X	X	
		<i>Tritia reticulata</i>	(Linnaeus, 1758)			X	
		<i>Euspira macilenta</i>	(Philippi, 1844)		X	X	X
	NUCULIDAE	<i>Nucula nitidosa</i>	(Winckworth, 1930)	X	X	X	X
	PHARIDAE	<i>Phaxas adriaticus</i>	(Coen, 1993)		X	X	X
PHILINIDAE	<i>Philine aperta</i>	(Linné, 1767)		X	X		
RINGICULIDAE	<i>Ringicula conformis</i>	Monterosato 1877		X			
SEMELIDAE	<i>Abra alba</i>	(Wood W., 1802)	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		
	<i>Tellina nitida</i>	(Poli, 1795)	X	X	X		
VENERIDAE	<i>Chamelea gallina</i>	(Linné, 1758)	X	X	X		
	<i>Dosinia lupinus</i>	(Linné, 1758)		X	X	X	
	<i>Pitar rudis</i>	(Poli, 1795)		X			
	<i>Politapes rhomboides</i>	(Pennant, 177)		X			
SIPUNCULA	GOLFINGIIDAE	<i>Golfingia sp.</i>					X
	SIPUNCULIDAE	<i>Sipunculus nudus</i>	Linnaeus, 1766	X	X	X	X

**Tabella 10 – Presenza specie nelle stazioni considerate per le SFBC**

CLASSI	FAMIGLIE	TAXON	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		X	X
		<i>Heteromastus filiformis</i>	(Claparède, 1864)		X		X	
		<i>Mediomastus capensis</i>	Day, 1869					X
	CIRRATULIDAE	Cirratulidae indet.					X	
		<i>Monticellina dorsobranchialis</i>	(Kirkegaard, 1959)				X	
	EUNICIDAE	<i>Marphysa fallax</i>	Marion & Bobretzky, 1875			X	X	
		<i>Pherusa flabellata</i>	Laubier, 1962					X
	FLABELLIGERIDAE	<i>Pherusa monilifera</i>	(Delle Chiaje, 1841)		X		X	X
		<i>Pherusa plumosa</i>	(Muller, 1776)			X		X
		<i>Glycera alba</i>	(O.F.Muller, 1774)		X		X	X
	GLYCERIDAE	<i>Glycera capitata</i>	Oersted, 1843		X	X		X
		<i>Glycera tridactyla</i>	Schmarda, 1861			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	
	NEPHTHYDAE	<i>Micronephthys sphaerocirrata</i>	(Wesenberg-lund, 1949)		X		X	
		<i>Micronephthys stammeri</i>	(Auger, 1932)		X	X	X	X
	NEPHTHYDAE	<i>Nephtys cirrosa</i>	Ehlers, 1868		X		X	X
		<i>Nephtys hombergi</i>	Savigny, 1818		X	X	X	X
		<i>Nephtys hystricis</i>	Mc Intosh, 1900		X			
		<i>Nephtys incisa</i>	Malmgren, 1865				X	
	NEREIDIDAE	Nereididae indet.			X		X	X
		<i>Diopatra neapolitana</i>	Delle Chiaje, 1841			X	X	X
	ONUPHIDAE	<i>Onuphis eremita</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833				X	X
		<i>Onuphis sp.</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833				X	
		<i>Orbinia sertulata</i>	Savigny, 1822		X		X	
	OWENIDAE	<i>Owenia fusiformis</i>	Delle Chiaje, 1841		X	X	X	X
	PARAONIDAE	<i>Aricidea claudiae</i>	Laubier, 1967		X	X	X	X
	PECTINARIIDAE	<i>Pectinaria koreni</i>	(Malmgren, 1866)			X		X
	PHYLLODOCIDAE	<i>Phyllodoce lineata</i>	(Claparède, 1870)				X	X
	POECILOCHAETIDAE	<i>Poecilochaetus fauchaldi</i>	Pilato & Cantone, 1976					X
SABELLIDAE	<i>Chone sp.</i>	Kroyer, 1856		X				
SIGALIONIDAE	<i>Sigalion mathildae</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1832				X		
	<i>Polydora ciliata</i>	(Johnston, 1838)				X		
SPIONIDAE	<i>Prionospio caspersi</i>	Laubier, 1962		X		X	X	
	<i>Prionospio cirrifer</i>	Wiren, 1883		X	X	X	X	
	<i>Prionospio malmgreni</i>	Claparède, 1870		X	X			
	<i>Ampelisca brevicornis</i>	(A. Costa, 1853)		X	X	X	X	
AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca diadema</i>	Costa, 1853			X	X	X	
	<i>Orchomenella nana</i>	(Kroyer, 1846)				X	X	
	<i>Apseudopsis elisae</i>	(Bacescu, 1961)				X		
APSEUDIDAE	<i>Apseudopsis mediterraneus</i>	(Bacescu, 1961)				X	X	
	<i>Bodotria sp.</i>					X		
BODOTRIIDAE	<i>Iphinoe serrata</i>	Norman, 1867			X	X	X	
	<i>Iphinoe tenella</i>	J.O.Sars, 1878			X	X	X	
CAPRELLIDAE	<i>Pariambus typicus</i>	(Kroyer, 1844)		X	X	X	X	
CRANGONIDAE	<i>Crangon crangon</i>	(Linnaeus, 1758)					X	
GRAPSIDAE	<i>Brachynotus gemmellari</i>	(Rizza, 1827)			X			
ISAEIDAE	<i>Microprotopus maculatus</i>	Norman, 1867		X	X	X		
ISCHYROCERIDAE	<i>Erichthonius brasiliensis</i>	(Dana, 1853)				X		
LEUCOTHOIDAE	<i>Leucothoe incisa</i>	(Robertson, 1892)		X		X	X	
MEGALUROPIDAE	<i>Megaluropus massiliensis</i>	Ledyer, 1976		X		X		
OEDICEROTIDAE	<i>Periculodes longimanus longimanus</i>	(Bate & Westwood, 1868)			X	X		
	<i>Carcinus aestuarii</i>	Nardo, 1847		X				
PORTUNIDAE	<i>Liocarcinus depurator</i>	(Linnaeus, 1758)			X			
	<i>Liocarcinus vernalis</i>	(Risso, 1816)				X		
	<i>Pseudocuma longicorne longicorne</i>	(Bate, 1858)		X		X	X	
ACTINARIA	Anthozoa indet.						X	
	<i>Calliactis parasitica</i>	(Couch, 1838)		X			X	
AMPHIURIDAE	<i>Amphiura filiformis</i>	O.F.Muller, 1776				X	X	
	<i>Trachythone tergestina</i>	(M. Sars, 1857)			X			
	<i>Ophiura grubei</i>	Heller, 1863					X	
ARCIDAE	<i>Anadara kagoshimensis</i>	(Tokunaga, 1906)		X	X	X	X	
	<i>Anadara transversa</i>	Say, 1822		X	X	X	X	
CORBULIDAE	<i>Corbula gibba</i>	(Oliv, 1792)		X	X	X	X	
	<i>Lentidium mediterraneum</i>	(Costa O.G, 1829)		X	X	X	X	
DONACIDAE	<i>Donax semistriatus</i>	(Poli, 1795)		X		X		
LUCINIDAE	<i>Loripes lacteus</i>	(Linnaeus, 1758)				X		
	<i>Lucinella divaricata</i>	(Linnaeus, 1758)		X		X	X	
MACTRIDAE	<i>Macra stultorum</i>	(Linné, 1758)		X		X		
MONTACUTIDAE	<i>Spisula subtruncata</i>	(Da Costa, 1778)			X	X	X	
	<i>Kurtiella bidentata</i>	(Montagu, 1803)			X	X	X	
MYTILIDAE	<i>Musculista senhousia</i>	(Benson in Cantor, 1842)		X	X	X	X	
NASSARIIDAE	<i>Cyclope neritea</i>	(Linné, 1758)		X		X		

CLASSI	FAMIGLIE	TAXON	AUTORE	4	9	14	19
		<i>Nassarius mutabilis</i>	(Linné, 1758)				X
		<i>Nassarius nitidus</i>	(Jeffreys, 1867)		X	X	
		<i>Tritia pygmaea</i>	(Lamarck, 1822)			X	X
	NUCULIDAE	<i>Nucula nitidosa</i>	(Winckworth, 1930)		X	X	X
	PHARIDAE	<i>Pharus legumen</i>	(Linné, 1767)	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	X
	TELLINIDAE	<i>Tellina distorta</i>	(Poli, 1795)			X	X
		<i>Tellina fabula</i>	(Gmelin, 1791)			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		X	
		<i>Chamelea gallina</i>	(Linné, 1758)	X	X	X	X
		<i>Dosinia lupinus</i>	(Linné, 1758)	X	X	X	X
	VENERIDAE	<i>Paphia aurea</i>	(Gmelin, 1791)		X		
		<i>Pitar rudis</i>	(Poli, 1795)		X		
		<i>Politapes rhomboides</i>	(Pennant, 177)	X		X	X
PHORONYDA	PHORONIDAE	<i>Phoronis psammophila</i>	Cori, 1889	X		X	X
SIPUNCULA	SIPUNCULIDAE	<i>Sipunculus nudus</i>	Linnaeus, 1766		X	X	X

Nelle Tabella 9 e Tabella 10 si riportano i risultati dell'analisi quali-quantitativa della comunità macrobentonica relativa alle biocenosi VTC e SFBC per il 2014.

L'anno 2014 ha mostrato in generale un sensibile aumento del numero di specie in entrambe le biocenosi rispetto al 2013 (Tabella 8).

Nella biocenosi delle VTC (Tabella 9) la stazione 309 ha mostrato il maggior numero di specie (64) mentre la stazione 304 il minor numero (25). Nella biocenosi delle SFBC (Tabella 10), la stazione 14 presenta il maggior numero di specie (72 specie) seguita dalla stazione 19 con 60 specie; invece, la stazione 9 possiede il minor numero di specie (40 specie).

Nel Phylum degli **ANELLIDA** sono stati ritrovati i seguenti taxon: *Ampharete acutifrons*, *Aricidea claudiae*, *Capitella capitata*, *Chone sp.*, Cirratulidae *indet.* *Diopatra neapolitana*, *Eteone barbata*, *Eteone picta*, *Euclymene oerstedii*, *Euclymene palermitana*, *Eumida sanguinea*, *Glycera alba*, *Glycera capitata*, *Glycera rouxii*, *Glycera tridactyla*, *Heteromastus filiformis*, *Lumbrineris latreillei*, *Lumbrineris gracilis*, *Magelona johnstoni*, *Maldane sarsi*, *Maldanidae indet.*, *Marphysa fallax* *Mediomastus capensis*, *Melinna palmata*, *Micronephtys sphaerocirrata*, *Micronephtys stammeri*, *Monticellina dorsobranchialis*, *Neanthes succinea*, *Nephtys cirrosa*, *Nephtys hombergi*, *Nephtys incisa*, *Nephtys hystricis*, *Nereididae indet.*, *Nereis falsa*, *Onuphis eremita*, *Onuphis sp.* *Orbinia cuvieri*, *Owenia fusiformis*, *Pectinaria koreni*, *Pherusa Pherusa flabellata*, *Pherusa monilifera*, *Pherusa plumosa* *Phyllodoce indet.*, *Phyllodoce lineata*, *Poecilochaetus fauchaldi*, *Polydora ciliata*, *Prionospio caspersi*, *Prionospio malmgreni*, *Prionospio cirrifera*, *Sigalion mathildae*.

Il polichete *Owenia fusiformis* è risultato essere il più abbondante in entrambe le comunità con abbondanze massime ritrovate nella st. 4 in primavera. I policheti più frequenti sono risultati per entrambe le biocenosi: *Nephtys hombergi*, *Owenia fusiformis*, *Melinna palmata*, *Diopatra neapolitana*, *Magelona johnstoni*.

Nel Phylum degli **ARTHROPODA** classe Crustacea sono state rinvenuti i seguenti taxon: *Ampelisca diadema*, *Ampelisca brevicornis*, *Apseudopsis mediterraneus*, *Atylus sp.*, *Brachynotus gemellari*, *Carcinus aestuarii*, *Crangon crangon*, *Erichthionus brasiliensis*, *Iphinoe serrata*, *Iphinoe tenella*, *Lepidepecreum longicorne*, *Leucothoe incisa*, *Liocarcinus vernalis*, *Liocarcinus depurator*, *Megaluropus massiliensis*, *Microtopopus maculatus*, *Pariambus typicus*, *Perioculodes longimanus longimanus*, *Processa noveli noveli*, *Pseudocuma longicorne longicorne*. *Pariambus typicus* è risultato essere il più abbondante sia nella comunità delle SFBC che in quella delle VTC.

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

In questo Phylum si è rinvenuto il taxon *Calliactis parasitica* solo nelle st. 4 e 19 delle SFBC e nella st. 319 delle VTC. Il taxon Anthozoa indet. è stato ritrovato nella staz. 19 delle SFBC. Nel Phylum degli **ECHINODERMA** sono state ritrovati 9 taxon *Amphiura chiajei*, *Amphiura filiformis*, *Amphipholis squamata*, *Trachythyone tergestina*, *Trachythyone elongata*, *Echinocardium cordatum*, *Ophiura albida*, *Ophiura grubei*, *Ophiura ophiura*.

Nel Phylum dei **MOLLUSCHI** sono stati ritrovati i seguenti taxon: *Abra alba*, *Abra nitida*, *Anadara inaequalis*, *Anadara transversa*, *Chamelea gallina*, *Corbula gibba*, *Cyclope neritea*, *Cylichna cylindracea*, *Donax semistriatus*, *Dosinia lupinus*, *Euspira macilenta*, *Lentidium mediterraneum*, *Loripes lacteus*, *Lucinella divaricata*, *Kurtiella bidentata*, *Macra stultorum*, *Mangelia tenuicosta*, *Musculista senhousia*, *Mysella obliquata*, *Nassarius mutabilis*, *Nassarius nitidus*, *Nassarius pygmaeus*, *Nucula nitidosa*, *Paphia aurea*, *Pharus legumen*, *Phaxas adriaticus*, *Philine aperta*, *Pitar rudis*, *Politapes rhomboides*, *Ringicula conformis*, *Spisula subtruncata*, *Tellina distorta*, *Tellina fabula*, *Tellina nitida*, *Tellina tenuis*, *Thracia papyracea*.

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*.

Il Phylum **PHORONIDA** è presente solo con il taxon *Phoronis psammophyla* nelle st. 4, 14, 19. Phylum dei **SIPUNCULA** è stato ritrovato con il taxon *Sipunculus nudus* in tutte le stazioni delle VTC e nelle st. 9, 14, 19 delle SFBC; il taxon *Golfingia* sp. è stato ritrovato solo nella st. 319 delle VTC, come nel 2013.

#### **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 11 – 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 11 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.

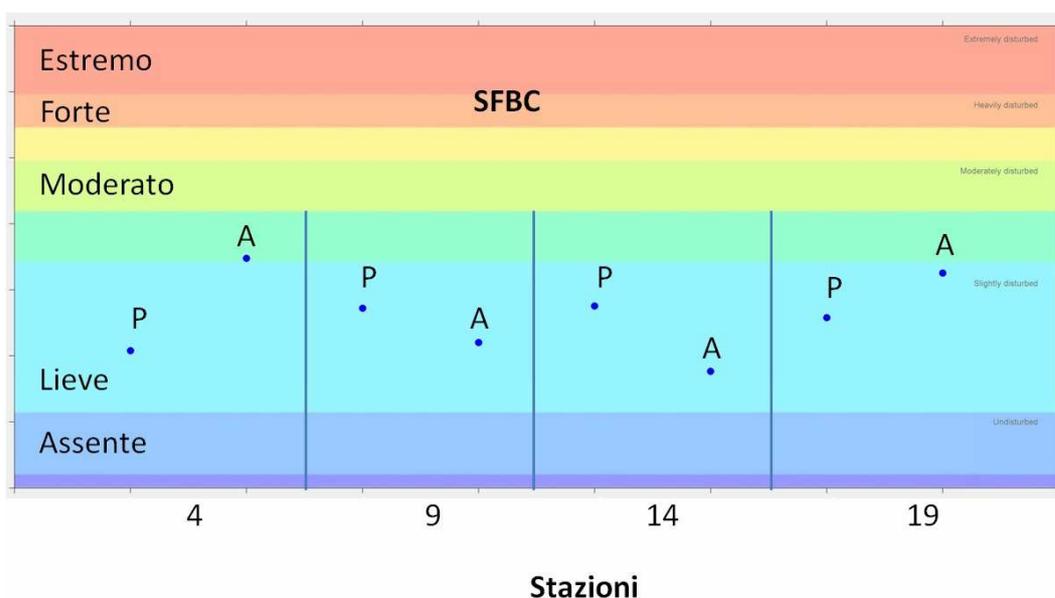
L'indice viene calcolato considerando, per ogni campione, la percentuale di abbondanza in ciascun gruppo ecologico; maggior peso viene dato alle specie opportuniste (GV) la cui abbondanza è moltiplicata per un fattore 6 secondo la seguente formula:

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

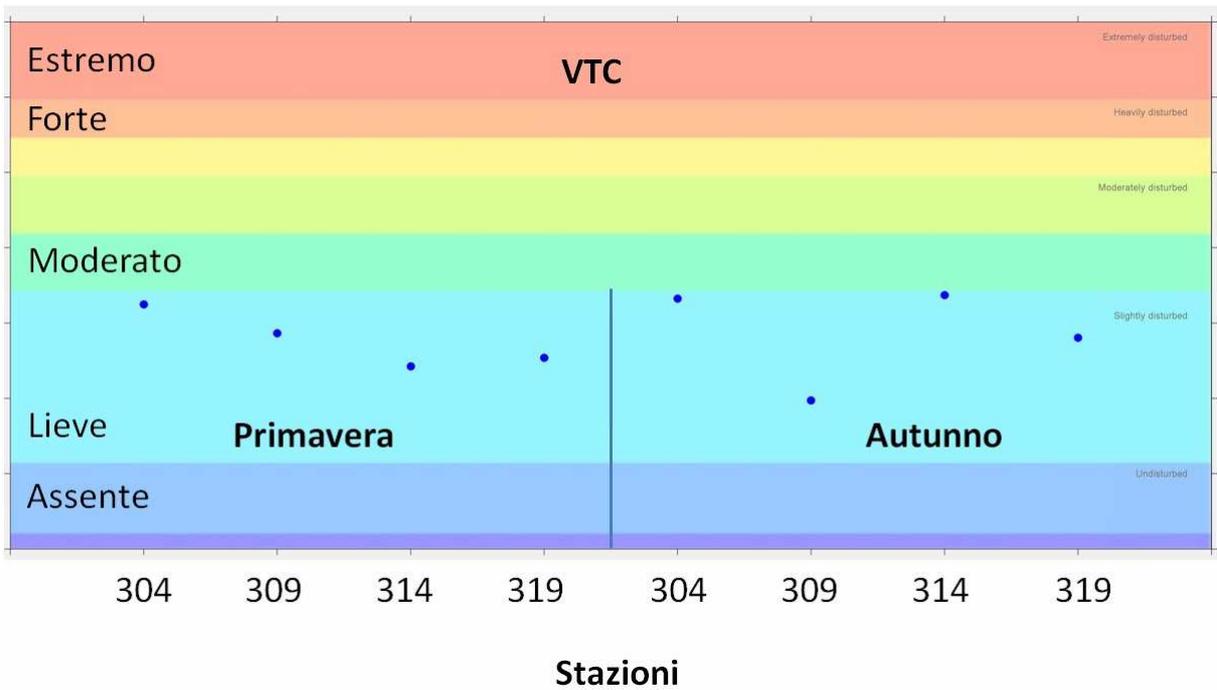
Il valore dell'indice varia in modo continuo da 0, corrispondente ad una situazione in cui tutte le specie presenti appartengono al Gruppo I e si è quindi in condizioni non disturbate, a 6 quando tutti gli organismi appartengono a specie del gruppo V e l'ambiente è fortemente disturbato. In Tabella 12 sono riportati i valori stagionali dell'indice AMBI sulle comunità delle SFBC e dei VTC per il 2014 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 94 per la biocenosi delle SFBC ed in Figura 95 per la biocenosi delle VTC.

**Tabella 12 – Valori di Shannon (H), ricchezza specifica (S) e AMBI, per le stazioni considerate**

Staz	Stagione	H	S	Ambi
4	PRI	2.68	32	2.08
4	AUT	1.82	28	3.48
9	PRI	1.59	22	2.72
9	AUT	2.76	32	2.20
14	PRI	2.92	28	2.75
14	AUT	2.71	65	1.77
19	PRI	1.84	13	2.58
19	AUT	3.16	54	3.26
304	PRI	2.68	18	3.25
304	AUT	1.52	16	3.33
309	PRI	0.62	14	2.86
309	AUT	3.86	58	1.97
314	PRI	1.84	27	2.42
314	AUT	2.4	47	3.37
319	PRI	2.18	26	2.54
319	AUT	3.53	31	2.81



**Figura 94 – Valori stagionali dell'indice AMBI per le stazioni 4, 9, 14, 19 delle biocenosi SFBC (P= Primavera, A= Autunno)**

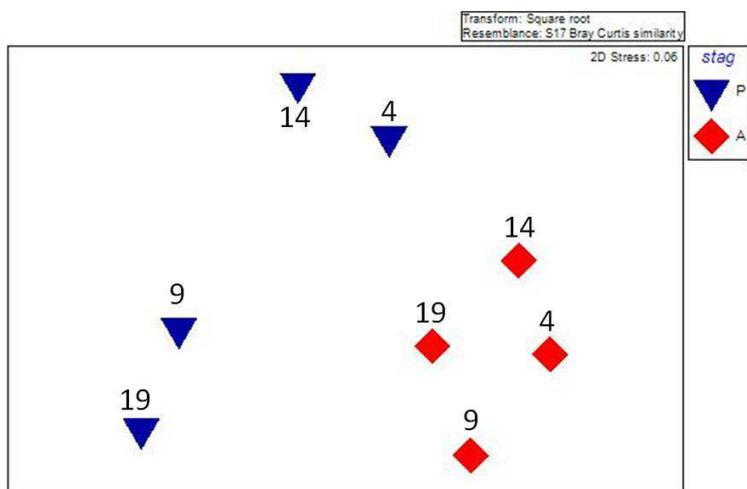


**Figura 95 – Valori dell'indice AMBI per le stazioni 304, 309, 314, 319 delle biocenosi VTC in Primavera ed in Autunno**

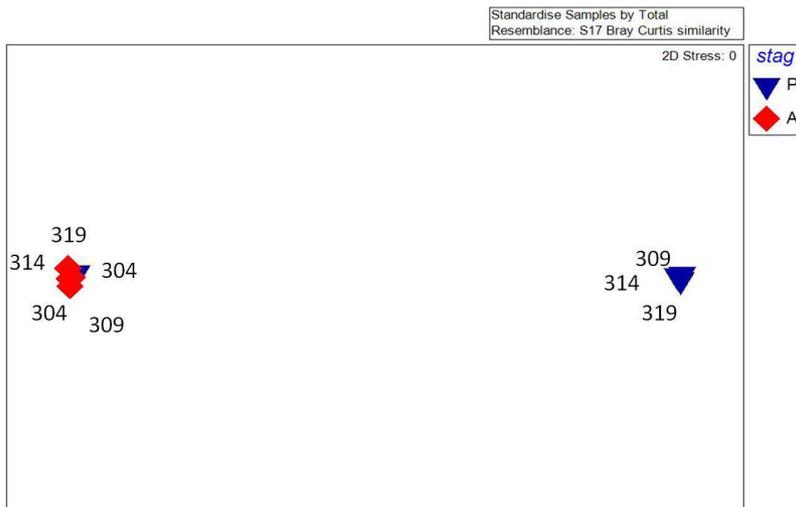
### Analisi multivariata

Per le biocenosi delle SFBC, l'analisi multivariata (Multi Dimensional Scaling MDS) (Figura 96) evidenzia come i due campionamenti stagionali siano separati tra loro abbastanza nettamente anche se i due cluster stagionali sono abbastanza aperti.

Per le biocenosi delle VTC, l'analisi multivariata (Figura 97) evidenzia una forte distinzione fra i due prelievi stagionali con l'eccezione per la stazione 304 della campagna primaverile che presenta maggiore similarità con le altre stazioni del prelievo autunnale. Sempre questa stazione a livello di composizione non mostra differenze fra le due campagne stagionali.



**Figura 96 – MDS Biocenosi delle SFBC**



**Figura 97 – MDS Biocenosi delle VTC**

### 5.2.3 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.

#### 5.2.3.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 81). 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 4. La frequenza di campionamento e di misure in situ è quindicinale per tutto l’anno nella prima e terza settimana del mese (vedi Tabella 5).

Gli elementi di qualità chimico-fisici a sostegno degli EQB come richiesto dal DM 260/10 sono riportati in Tabella 13. 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 13 – 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 mediato 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 14 a Tabella 20).

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 DM 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 DM 260/10 indica una condizione di stato Sufficiente.

**Tabella 14 – 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 2014</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	µg/l				
Media	8.39	17.90	22.76	105.71	1.71	7.58	589.70	16.32	43.67	1126.13	36.57	8.59	814.07	236.03	32.93	6.17	2.26
Errore standard	0.04	1.28	1.09	4.15	0.12	1.23	100.65	1.73	10.37	102.77	2.78	1.94	123.50	62.27	2.77	0.15	0.14
Mediana	8.30	18.05	22.09	97.90	1.80	6.17	393.46	16.05	33.84	1012.98	36.49	4.43	610.35	96.75	33.65	6.24	2.21
Moda					1.90							0.22					
Deviazione standard	0.20	6.16	5.20	19.90	0.58	5.90	482.71	8.28	49.72	492.85	13.35	9.32	592.27	298.65	13.30	0.72	0.69
Varianza campionaria	0.04	37.90	27.08	395.92	0.33	34.79	233012.60	68.57	2471.76	242900.03	178.18	86.81	350789.61	89193.50	177.00	0.52	0.48
Curtosi	0.54	-1.59	0.08	1.27	0.49	3.51	1.41	3.73	0.92	0.24	-0.54	-0.27	0.57	4.27	-0.87	2.48	0.23
Asimmetria	0.93	-0.06	-0.18	1.28	0.60	1.68	1.38	1.40	1.28	1.00	0.65	1.00	0.99	2.04	0.15	-0.58	0.82
Intervallo	0.75	17.40	21.80	77.00	2.20	25.20	1841.71	39.42	174.97	1758.40	46.14	29.52	2259.65	1193.67	47.67	3.69	2.58
Minimo	8.12	9.17	10.49	78.00	0.90	1.00	78.38	3.56	0.21	500.07	20.45	0.22	131.15	19.65	11.33	4.15	1.17
Massimo	8.87	26.57	32.29	155.00	3.10	26.20	1920.09	42.98	175.18	2258.47	66.59	29.74	2390.80	1213.32	59.00	7.84	3.75
Conteggio	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Livello di confidenza(95.0%)	0.08	2.66	2.25	8.60	0.25	2.55	208.74	3.58	21.50	213.12	5.77	4.03	256.12	129.15	5.75	0.31	0.30

<b>Stazione 4 Porto Garibaldi 0.5 km dalla costa</b>																	
<b>Statistica descrittiva 2014</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	µg/l				
Media	8.40	17.50	23.98	109.70	1.73	12.54	632.97	19.35	64.52	1236.47	37.20	6.62	736.27	274.14	36.25	6.28	2.00
Errore standard	0.04	1.29	1.25	5.00	0.14	2.94	170.87	3.87	21.82	191.61	3.64	1.87	147.87	62.60	4.69	0.17	0.17
Mediana	8.40	18.31	25.23	98.50	1.80	9.00	312.61	14.05	25.54	1010.32	33.22	2.25	487.05	163.61	33.68	6.31	1.85
Moda				96.80	2.00				0.21			0.22					
Deviazione standard	0.19	6.21	5.97	24.00	0.67	14.08	819.46	18.54	104.66	918.93	17.46	8.96	709.14	300.23	22.49	0.79	0.80
Varianza campionaria	0.04	38.56	35.66	576.04	0.45	198.38	671509.05	343.85	10954.71	844428.72	304.80	80.35	502880.36	90140.31	505.89	0.63	0.63
Curtosi	0.78	-1.70	0.74	0.78	0.80	7.45	5.22	10.03	4.55	4.72	-0.14	1.27	1.26	2.73	3.72	-0.08	0.09
Asimmetria	0.97	-0.04	-0.74	1.28	0.75	2.52	2.28	2.81	2.29	2.15	0.64	1.53	1.39	1.77	1.71	0.19	0.78
Intervallo	0.74	16.98	25.85	82.90	2.70	61.90	3248.59	88.10	391.39	3652.84	68.48	29.96	2581.10	1055.38	97.13	3.16	2.97
Minimo	8.12	9.55	8.24	81.50	0.80	1.60	55.94	2.84	0.21	422.20	6.51	0.22	46.23	17.17	10.91	4.95	0.70
Massimo	8.85	26.53	34.09	164.40	3.50	63.50	3304.53	90.94	391.60	4075.04	74.99	30.18	2627.33	1072.55	108.04	8.11	3.67
Conteggio	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Livello di confidenza(95.0%)	0.08	2.69	2.58	10.38	0.29	6.09	354.36	8.02	45.26	397.37	7.55	3.88	306.66	129.83	9.73	0.34	0.34

**Tabella 15 – 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 2014</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	µg/l				
Media	8.45	17.71	23.13	116.48	2.00	10.56	551.22	14.16	25.65	1246.84	33.92	6.64	790.83	301.59	36.78	6.32	1.94
Errore standard	0.04	1.30	1.13	5.51	0.14	3.24	82.67	1.73	7.56	149.40	2.07	1.86	134.69	79.37	3.07	0.15	0.15
Mediana	8.41	17.88	23.53	114.20	1.90	6.50	386.71	12.23	8.99	1059.02	32.32	3.85	468.79	141.66	31.13	6.36	1.83
Moda					1.80	16.40		14.49	0.21			0.22					1.27
Deviazione standard	0.21	6.24	5.40	26.43	0.66	15.54	396.48	8.28	36.24	716.48	9.91	8.92	645.93	380.62	14.74	0.73	0.72
Varianza campionaria	0.05	38.94	29.19	698.57	0.44	241.64	157194.26	68.50	1313.33	513338.11	98.16	79.65	417229.37	144874.24	217.14	0.53	0.53
Curtosi	0.34	-1.58	0.24	0.40	1.54	17.76	0.25	1.29	2.85	8.19	-0.96	2.82	-0.39	2.76	1.35	0.40	-0.41
Asimmetria	0.76	-0.05	-0.39	1.16	0.85	4.01	1.00	1.20	1.85	2.43	0.20	1.84	0.93	1.83	1.01	0.17	0.54
Intervallo	0.83	18.04	22.49	89.20	2.90	77.00	1496.96	34.72	134.99	3390.72	34.60	33.45	2127.77	1424.53	64.94	3.15	2.66
Minimo	8.11	8.80	10.04	89.70	0.90	1.00	49.28	1.86	0.21	514.61	17.72	0.22	44.53	28.58	12.35	4.94	0.81
Massimo	8.94	26.84	32.53	178.90	3.80	78.00	1546.24	36.58	135.20	3905.33	52.32	33.67	2172.30	1453.11	77.29	8.09	3.47
Conteggio	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Livello di confidenza(95.0%)	0.09	2.70	2.34	11.43	0.29	6.72	171.45	3.58	15.67	309.83	4.28	3.86	279.32	164.59	6.37	0.32	0.31

<b>Stazione 304 Porto Garibaldi 3 km dalla costa</b>																	
<b>Statistica descrittiva 2014</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	µg/l				
Media	8.46	17.41	24.23	114.26	2.22	8.56	526.17	11.83	20.85	1007.99	24.71	5.82	637.57	276.90	40.21	5.80	1.97
Errore standard	0.04	1.30	1.38	4.34	0.27	1.52	121.25	2.14	8.39	127.00	1.66	1.78	149.75	93.23	3.22	0.21	0.18
Mediana	8.44	18.13	24.76	108.30	2.00	6.50	342.11	8.36	4.86	759.95	23.30	1.26	281.87	105.17	37.00	5.85	1.89
Moda					1.00				0.21			0.22					
Deviazione standard	0.20	6.22	6.60	20.83	1.30	7.31	581.47	10.25	40.23	609.09	7.96	8.55	718.16	447.13	15.44	0.99	0.85
Varianza campionaria	0.04	38.69	43.51	433.78	1.69	53.43	338111.09	105.02	1618.37	370986.51	63.37	73.09	515748.34	199928.39	238.43	0.99	0.72
Curtosi	1.09	-1.76	0.83	-0.40	2.72	0.18	1.52	-0.05	11.12	2.54	-1.09	1.11	-0.04	13.98	0.84	-0.24	-0.18
Asimmetria	0.91	-0.06	-0.95	1.02	1.66	1.06	1.49	0.92	3.16	1.61	0.09	1.54	1.18	3.52	0.78	-0.21	0.54
Intervallo	0.82	16.52	26.28	61.10	5.10	25.00	2118.45	35.33	178.77	2438.75	26.98	27.85	2204.81	2103.49	66.90	3.81	3.08
Minimo	8.18	9.38	6.51	93.30	0.90	0.90	6.21	1.04	0.21	386.46	11.41	0.22	27.37	15.87	11.27	3.90	0.67
Massimo	8.99	25.90	32.79	154.40	6.00	25.90	2124.66	36.37	178.98	2825.21	38.39	28.07	2232.18	2119.36	78.17	7.71	3.75
Conteggio	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Livello di confidenza(95.0%)	0.09	2.69	2.85	9.01	0.56	3.16	251.45	4.43	17.40	263.39	3.44	3.70	310.55	193.36	6.68	0.43	0.37

**Tabella 16 – Elementi di statistica descrittiva. Stazione 6 e 306 (Casalborsetti)**

<b>Stazione 6 Casalborsetti 0.5 km dalla costa</b>																	
<b>Statistica descrittiva 2014</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	µg/l				
Media	8.40	17.51	26.05	111.40	2.13	8.61	433.66	12.82	30.96	927.98	25.50	5.76	502.17	142.04	36.51	5.77	2.03
Errore standard	0.04	1.28	1.52	6.41	0.21	2.04	103.63	2.18	7.23	137.62	2.60	1.54	127.82	27.76	2.98	0.20	0.17
Mediana	8.36	18.07	28.89	99.70	1.90	4.80	210.18	8.94	20.13	652.39	23.71	2.35	219.77	85.01	31.02	5.66	1.86
Moda					1.00				0.21			0.22					
Deviazione standard	0.21	6.12	7.29	30.72	1.01	9.78	497.01	10.43	34.68	659.98	12.49	7.39	613.00	133.11	14.30	0.94	0.82
Varianza campionaria	0.04	37.50	53.09	943.94	1.02	95.71	247021.63	108.83	1202.63	435572.98	155.89	54.64	375774.57	17718.48	204.58	0.89	0.68
Curtosi	2.97	-1.70	1.30	3.61	-0.04	7.81	0.94	0.43	0.88	1.63	0.44	1.90	3.21	2.34	-0.50	0.62	-0.27
Asimmetria	1.51	-0.09	-1.26	2.00	0.61	2.59	1.40	1.01	1.37	1.50	0.74	1.63	1.78	1.53	0.53	0.12	0.58
Intervallo	0.90	16.93	28.27	121.10	3.70	43.00	1655.24	38.94	110.49	2450.25	49.29	26.78	2407.31	524.52	54.36	3.98	2.96
Minimo	8.15	9.43	5.41	84.40	0.90	1.30	24.83	0.70	0.21	311.60	6.66	0.22	11.22	19.57	14.45	3.78	0.78
Massimo	9.04	26.35	33.68	205.50	4.60	44.30	1680.07	39.64	110.70	2761.85	55.95	27.00	2418.53	544.09	68.81	7.76	3.74
Conteggio	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Livello di confidenza(95%)	0.09	2.65	3.15	13.29	0.44	4.23	214.92	4.51	15.00	285.40	5.40	3.20	265.08	57.56	6.19	0.41	0.36

<b>Stazione 306 Casalborsetti 3 km dalla costa</b>																	
<b>Statistica descrittiva 2014</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	µg/l				
Media	8.43	17.35	25.99	116.73	2.47	9.00	383.65	8.76	16.96	826.84	23.92	5.34	540.65	138.85	36.36	5.41	1.83
Errore standard	0.04	1.28	1.40	6.91	0.22	2.64	87.45	1.63	5.19	93.31	2.59	1.46	127.31	34.64	2.20	0.25	0.14
Mediana	8.44	17.83	29.45	103.00	2.20	3.71	197.04	6.04	8.07	664.37	20.75	1.78	152.91	75.58	35.56	5.60	1.76
Moda				103.10	1.90		0.70	0.06	0.21			0.22					
Deviazione standard	0.20	6.15	6.72	33.15	1.04	12.68	419.38	7.84	24.89	447.50	12.42	6.99	610.58	166.15	10.57	1.20	0.67
Varianza campionaria	0.04	37.88	45.09	1098.87	1.07	160.70	175876.67	61.44	619.35	200260.30	154.20	48.82	372803.18	27606.19	111.81	1.45	0.45
Curtosi	1.57	-1.64	-0.27	4.76	3.88	10.50	0.66	-0.56	3.68	-0.31	-0.37	0.18	-0.36	2.73	-0.48	-0.71	0.35
Asimmetria	0.70	-0.05	-0.93	2.24	1.30	3.07	1.21	0.83	2.08	0.89	0.65	1.34	0.96	1.87	-0.40	0.37	0.55
Intervallo	0.91	17.43	22.96	131.70	4.90	56.90	1456.97	24.40	90.59	1444.19	44.95	21.36	1876.25	622.29	38.74	4.04	2.53
Minimo	8.02	9.01	10.29	92.80	0.90	1.20	0.70	0.06	0.21	330.72	8.35	0.22	22.53	1.54	15.04	3.75	0.78
Massimo	8.93	26.45	33.25	224.50	5.80	58.10	1457.67	24.45	90.80	1774.91	53.30	21.58	1898.78	623.83	53.79	7.78	3.32
Conteggio	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Livello di confidenza(95%)	0.09	2.66	2.90	14.33	0.45	5.48	181.35	3.39	10.76	193.52	5.37	3.02	264.03	71.85	4.57	0.52	0.29

**Tabella 17 – 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 2014</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	8.40	17.13	26.20	104.96	2.23	7.95	434.25	10.45	24.22	820.44	21.17	3.76	653.60	279.32	41.65	5.70	1.99
Errore standard	0.03	1.26	1.29	4.16	0.22	1.64	82.91	1.35	4.78	67.60	1.59	0.98	113.32	63.35	3.13	0.20	0.18
Mediana	8.37	17.72	27.96	100.50	2.10	4.56	366.05	8.90	20.90	759.10	22.20	1.31	626.06	157.68	39.94	5.89	1.82
Moda	8.54				2.40	3.00			0.21			0.22					
Deviazione standard	0.16	6.04	6.18	19.94	1.05	7.87	397.60	6.46	22.91	324.19	7.64	4.69	543.46	303.81	15.01	0.95	0.85
Varianza campionaria	0.02	36.49	38.22	397.77	1.10	61.92	158086.61	41.79	524.68	105096.65	58.38	22.01	295348.70	92300.18	225.16	0.90	0.73
Curtosi	-0.30	-1.72	0.77	1.95	0.64	3.43	1.09	-0.64	2.26	1.41	-1.18	2.69	-0.11	3.16	-0.64	0.46	2.28
Asimmetria	0.59	-0.07	-1.08	1.26	0.79	1.91	1.19	0.55	1.40	1.38	0.07	1.74	0.77	1.76	0.31	-0.58	0.99
Intervallo	0.59	15.79	22.41	85.30	4.30	30.90	1490.39	22.40	92.19	1198.17	25.88	17.73	1861.46	1209.08	52.93	3.96	4.09
Minimo	8.16	9.31	10.96	75.90	0.60	1.60	9.37	1.35	0.21	438.08	8.90	0.22	19.04	14.58	18.73	3.59	0.42
Massimo	8.74	25.10	33.36	161.20	4.90	32.50	1499.76	23.75	92.40	1636.25	34.78	17.95	1880.50	1223.66	71.66	7.55	4.51
Conteggio	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Livello di confidenza(95%)	0.07	2.61	2.67	8.62	0.45	3.40	171.94	2.80	9.91	140.19	3.30	2.03	235.01	131.38	6.49	0.41	0.37

<b>Stazione 14 Cesenatico 0.5 km dalla costa</b>																	
<b>Statistica descrittiva 2014</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	8.24	16.66	28.44	91.61	2.49	4.68	325.90	11.38	37.31	710.68	21.91	3.66	410.39	217.88	36.85	5.51	2.15
Errore standard	0.03	1.34	0.76	3.22	0.23	0.70	63.27	1.61	6.37	63.42	3.26	1.06	72.72	45.14	2.25	0.10	0.18
Mediana	8.25	16.86	29.47	94.20	2.90	3.60	188.98	9.13	31.14	595.49	17.86	2.48	316.60	116.24	39.41	5.43	1.94
Moda					2.00							0.22					
Deviazione standard	0.15	6.15	3.48	14.76	1.07	3.23	289.96	7.39	29.20	290.61	14.92	4.88	333.25	206.84	10.31	0.46	0.82
Varianza campionaria	0.02	37.83	12.08	217.88	1.14	10.43	84077.27	54.65	852.67	84456.55	222.50	23.80	111055.23	42781.12	106.30	0.21	0.68
Curtosi	-0.16	-1.74	-1.25	2.65	-0.94	-0.01	-0.81	-0.40	4.98	-0.45	7.71	8.08	0.95	1.41	-0.36	-0.76	0.20
Asimmetria	0.23	0.01	-0.39	-0.37	-0.53	1.16	0.87	0.86	1.86	0.94	2.47	2.64	1.30	1.39	-0.20	0.33	0.95
Intervallo	0.53	16.63	10.81	74.50	3.60	10.30	822.10	24.10	132.85	914.71	67.86	20.85	1201.84	760.52	40.14	1.63	2.91
Minimo	8.00	8.66	22.26	53.30	0.40	1.30	23.55	2.11	0.21	381.41	7.13	0.22	72.08	26.55	14.63	4.83	0.98
Massimo	8.53	25.30	33.07	127.80	4.00	11.60	845.65	26.21	133.06	1296.12	74.99	21.07	1273.92	787.07	54.77	6.45	3.89
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95%)	0.07	2.80	1.58	6.72	0.49	1.47	131.99	3.37	13.29	132.29	6.79	2.22	151.69	94.15	4.69	0.21	0.38

**Tabella 18 – 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 2014</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	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Media	8.44	17.19	26.36	109.33	2.73	7.86	391.71	9.33	13.00	788.02	18.44	4.65	514.37	145.81	45.43	5.48	1.70
Errore standard	0.03	1.30	1.21	3.52	0.26	1.60	89.22	1.61	4.57	86.45	1.60	1.26	129.41	33.48	4.57	0.22	0.15
Mediana	8.45	18.01	28.78	105.20	2.90	5.00	229.84	7.30	7.18	655.95	20.12	1.69	241.51	104.50	45.79	5.68	1.63
Moda	8.27				2.90			0.21				0.22					
Deviazione standard	0.14	6.22	5.82	16.88	1.23	7.69	427.90	7.74	21.90	414.59	7.66	6.06	620.64	160.55	21.93	1.04	0.73
Varianza campionaria	0.02	38.70	33.86	285.08	1.51	59.08	183098.70	59.96	479.62	171884.56	58.71	36.73	385190.20	25775.09	480.97	1.09	0.53
Curtosi	0.16	-1.66	0.57	0.57	1.29	1.87	0.67	-0.52	12.38	-0.13	-0.92	7.47	1.59	4.42	10.83	-0.91	2.17
Asimmetria	0.46	-0.02	-1.01	1.18	0.87	1.65	1.29	0.79	3.39	1.00	0.10	2.42	1.54	2.12	2.73	-0.08	1.10
Intervallo	0.57	17.29	22.20	59.40	5.00	26.80	1462.81	25.44	100.24	1313.50	25.70	26.53	2183.21	622.40	114.68	3.58	3.24
Minimo	8.18	8.24	10.80	90.50	1.00	1.10	2.36	0.29	0.21	386.06	6.94	0.22	19.65	7.35	16.46	3.78	0.58
Massimo	8.75	25.53	33.00	149.90	6.00	27.90	1465.17	25.73	100.45	1699.56	32.64	26.75	2202.86	629.75	131.14	7.36	3.82
Conteggio	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Livello di confidenza(95%)	0.06	2.69	2.52	7.30	0.53	3.32	185.04	3.35	9.47	179.28	3.31	2.62	268.38	69.43	9.48	0.45	0.32

<b>Stazione 314 Cesenatico 3 km dalla costa</b>																	
<b>Statistica descrittiva 2014</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	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Media	8.42	16.88	27.80	102.12	2.92	6.26	274.09	7.47	9.83	662.23	16.09	3.34	340.92	202.79	41.60	5.12	1.78
Errore standard	0.02	1.36	0.73	1.85	0.35	1.15	59.06	1.36	3.03	76.86	1.47	0.86	82.56	58.11	2.11	0.21	0.16
Mediana	8.41	16.64	28.46	99.40	2.90	4.90	187.79	5.70	4.65	543.36	15.69	1.55	218.83	87.84	42.34	5.29	1.60
Moda	8.43				3.00	5.20		0.55	0.21			0.22					
Deviazione standard	0.11	6.21	3.37	8.48	1.61	5.27	270.65	6.22	13.91	352.23	6.73	3.94	378.34	266.30	9.66	0.97	0.74
Varianza campionaria	0.01	38.57	11.34	71.95	2.59	27.74	73253.97	38.68	193.39	124065.00	45.29	15.56	143144.90	70915.54	93.37	0.95	0.55
Curtosi	0.41	-1.73	-1.36	1.11	0.66	2.60	0.24	-0.94	6.90	2.00	0.60	0.61	2.65	1.07	-0.63	3.25	0.49
Asimmetria	0.46	0.03	-0.33	1.15	0.92	1.73	1.12	0.59	2.50	1.47	0.45	1.30	1.61	1.54	-0.26	-1.64	0.79
Intervallo	0.44	16.45	10.56	33.00	6.00	19.60	854.04	18.71	57.71	1390.48	28.36	12.54	1452.03	844.65	33.76	4.28	2.93
Minimo	8.22	9.02	22.05	92.20	0.80	1.20	0.70	0.55	0.21	278.41	4.74	0.22	14.98	4.60	24.97	2.18	0.52
Massimo	8.66	25.47	32.61	125.20	6.80	20.80	854.74	19.26	57.92	1668.89	33.10	12.76	1467.01	849.25	58.74	6.46	3.45
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95%)	0.05	2.83	1.53	3.86	0.73	2.40	123.20	2.83	6.33	160.33	3.06	1.80	172.22	121.22	4.40	0.44	0.34

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

<b>Stazione 17 Rimini 0.5 km dalla costa</b>																	
<b>Statistica descrittiva 2014</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	8.37	17.22	29.60	100.49	3.09	4.13	246.70	8.36	16.14	645.25	17.48	1.79	314.33	262.78	40.45	5.13	1.95
Errore standard	0.02	1.33	0.63	3.29	0.34	0.63	59.80	1.43	4.09	93.45	2.30	0.56	65.42	72.84	3.51	0.20	0.17
Mediana	8.37	17.11	30.31	101.30	3.00	3.60	176.94	6.48	9.84	511.58	14.73	1.01	221.33	104.46	40.84	5.18	2.02
Moda	8.32			106.60	1.10						20.71	0.22					
Deviazione standard	0.09	6.11	2.87	15.06	1.58	2.88	274.05	6.54	18.72	428.24	10.54	2.56	299.80	333.80	16.08	0.90	0.79
Varianza campionaria	0.01	37.33	8.22	226.73	2.48	8.28	75105.96	42.80	350.50	183390.40	111.13	6.53	89877.51	111420.31	258.52	0.81	0.63
Curtosi	-0.54	-1.68	0.32	2.58	0.74	1.72	3.54	-1.34	2.67	8.29	6.20	7.33	0.67	4.61	-0.08	1.23	-1.00
Asimmetria	0.06	-0.07	-1.00	0.83	0.69	1.21	1.74	0.43	1.98	2.64	2.08	2.65	1.25	2.07	0.41	-0.86	0.19
Intervallo	0.32	16.34	10.27	72.20	6.20	11.70	1095.64	19.36	61.62	1915.04	49.78	10.39	1053.53	1329.18	60.37	3.57	2.71
Minimo	8.20	8.87	22.89	69.70	1.00	0.50	1.83	0.06	2.89	268.23	3.68	0.22	10.19	15.34	12.52	2.95	0.67
Massimo	8.53	25.22	33.16	141.90	7.20	12.20	1097.47	19.41	64.51	2183.27	53.46	10.61	1063.72	1344.52	72.89	6.52	3.38
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95)	0.04	2.78	1.30	6.85	0.72	1.31	124.75	2.98	8.52	194.93	4.80	1.16	136.47	151.94	7.32	0.41	0.36

<b>Stazione 19 Cattolica 0.5 km dalla costa</b>																	
<b>Statistica descrittiva 2014</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	8.36	17.20	30.70	97.64	3.11	3.33	205.56	7.56	14.37	572.72	13.57	2.52	216.33	120.14	44.84	4.73	2.08
Errore standard	0.02	1.33	0.71	1.92	0.31	0.62	48.92	1.21	2.85	67.59	1.53	0.41	48.19	30.20	2.94	0.20	0.18
Mediana	8.37	16.71	31.80	97.40	3.20	2.45	121.02	6.51	9.81	518.85	12.18	2.20	130.32	89.54	44.92	4.81	1.84
Moda	8.42			96.40	4.90	1.00				332.02		0.22					1.84
Deviazione standard	0.08	6.09	3.26	8.79	1.40	2.83	224.16	5.53	13.06	309.75	7.03	1.87	220.85	138.40	13.46	0.91	0.81
Varianza campionaria	0.01	37.04	10.64	77.22	1.96	8.02	50247.61	30.58	170.63	95943.45	49.47	3.51	48772.96	19155.71	181.24	0.83	0.66
Curtosi	-1.44	-1.62	0.38	2.19	-1.43	3.42	7.34	-0.53	2.92	0.78	-0.04	3.57	4.94	10.38	-0.76	-0.67	0.06
Asimmetria	-0.04	-0.01	-1.07	0.00	-0.13	1.94	2.31	0.54	1.51	1.29	0.83	1.67	2.11	2.89	-0.28	-0.09	0.29
Intervallo	0.23	16.41	11.83	43.10	3.90	10.90	997.63	18.62	53.31	1068.84	24.83	7.93	911.39	639.08	45.42	3.19	3.32
Minimo	8.25	9.10	23.36	76.80	1.00	0.70	0.70	0.20	0.80	295.48	4.85	0.22	26.30	2.92	21.17	3.20	0.42
Massimo	8.48	25.52	35.20	119.90	4.90	11.60	998.33	18.82	54.11	1364.32	29.68	8.15	937.69	642.00	66.59	6.39	3.74
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95)	0.04	2.77	1.48	4.00	0.64	1.29	102.04	2.52	5.95	141.00	3.20	0.85	100.53	63.00	6.13	0.41	0.37

**Tabella 20 – Elementi di statistica descrittiva. Stazione 317 (Rimini) stazione 319 (Cattolica)**

<b>Stazione 317 Rimini 3 km dalla costa</b>																	
<b>Statistica descrittiva 2014</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	8.41	16.88	29.15	104.49	3.50	4.43	233.24	8.43	17.20	589.70	13.67	2.74	279.79	278.27	45.35	5.20	1.80
Errore standard	0.02	1.33	0.68	3.81	0.47	0.92	44.13	1.42	7.00	59.15	1.28	0.70	56.39	84.75	3.22	0.18	0.16
Mediana	8.40	16.92	30.32	104.50	2.90	3.03	253.48	6.97	4.01	558.36	13.80	1.49	180.77	99.93	42.91	5.19	1.73
Moda					2.90	2.70			0.21			0.22					
Deviazione standard	0.09	5.95	3.02	17.05	2.09	4.10	197.35	6.33	31.31	264.53	5.72	3.11	252.19	379.00	14.39	0.83	0.74
Varianza campionaria	0.01	35.41	9.14	290.63	4.36	16.82	38945.42	40.11	980.19	69974.11	32.76	9.69	63598.10	143639.17	207.17	0.68	0.54
Curtosi	-0.45	-1.67	0.63	2.86	0.52	5.87	-1.06	-1.42	8.94	2.87	3.76	0.47	-1.15	3.10	-0.37	2.21	1.04
Asimmetria	0.03	0.02	-1.10	0.75	1.11	2.26	0.44	0.27	2.83	1.42	1.19	1.25	0.58	1.83	0.66	-0.68	0.74
Intervallo	0.35	16.12	11.04	83.70	7.30	17.50	602.61	18.00	129.78	1111.36	27.61	9.62	706.36	1413.67	48.90	3.94	3.07
Minimo	8.22	9.09	21.54	67.60	0.90	0.50	0.70	0.26	0.21	266.67	3.44	0.22	9.83	3.24	28.62	2.94	0.62
Massimo	8.57	25.21	32.58	151.30	8.20	18.00	603.31	18.26	129.99	1378.03	31.05	9.84	716.19	1416.91	77.52	6.88	3.69
Conteggio	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Livello di confidenza(95)	0.04	2.78	1.42	7.98	0.98	1.92	92.36	2.96	14.65	123.80	2.68	1.46	118.03	177.38	6.74	0.39	0.34

<b>Stazione 319 Cattolica 3 km dalla costa</b>																	
<b>Statistica descrittiva 2014</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	8.40	17.28	30.78	101.55	4.11	4.35	182.62	7.11	9.17	521.81	11.40	1.82	197.64	165.50	48.52	4.57	1.53
Errore standard	0.02	1.32	0.60	2.16	0.41	0.99	47.29	1.37	2.01	59.68	1.27	0.33	50.90	46.17	3.35	0.26	0.10
Mediana	8.39	16.73	31.43	101.10	3.90	2.70	76.21	5.52	5.92	432.45	10.58	1.38	110.75	77.51	46.01	4.62	1.55
Moda				108.90	3.90	2.70	0.70	0.06				0.22					
Deviazione standard	0.08	6.05	2.76	9.91	1.89	4.51	216.70	6.26	9.22	273.51	5.80	1.52	233.24	211.59	15.35	1.17	0.48
Varianza campionaria	0.01	36.59	7.59	98.13	3.57	20.38	46957.48	39.19	84.95	74807.77	33.68	2.30	54399.19	44769.37	235.73	1.37	0.23
Curtosi	-0.84	-1.65	1.82	2.68	0.71	4.38	3.62	-0.81	-0.16	5.73	2.64	1.72	2.31	1.52	-1.09	-0.47	0.67
Asimmetria	0.09	-0.04	-1.17	0.40	0.92	2.14	1.74	0.57	1.15	2.05	1.45	1.37	1.72	1.59	0.30	-0.42	-0.24
Intervallo	0.29	16.19	11.85	49.80	7.40	17.90	852.92	20.27	27.17	1191.45	24.63	5.82	824.94	667.18	48.71	4.10	2.14
Minimo	8.26	9.17	23.19	79.10	1.60	0.60	0.70	0.06	0.21	255.94	3.71	0.22	10.79	1.30	27.16	2.38	0.41
Massimo	8.55	25.36	35.05	128.90	9.00	18.50	853.62	20.32	27.38	1447.39	28.34	6.04	835.73	668.48	75.87	6.47	2.55
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95)	0.04	2.75	1.25	4.51	0.86	2.06	98.64	2.85	4.20	124.50	2.64	0.69	106.17	96.31	6.99	0.53	0.22

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

Gli elementi idromorfologici e fisico-chimici a sostegno degli EQB non rientrano nel sistema di valutazione dello Stato Ecologico, ma vengono utilizzati ai fini interpretativi dei risultati di altri elementi di qualità.

#### Granulometria

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi granulometrica 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 Figura 98 e Figura 99). La frequenza di campionamento è semestrale (vedi Tabella 5).

La distribuzione superficiale media delle tre principali componenti granulometriche dei sedimenti nelle stazioni a 3 km dalla costa evidenzia che (Figura 98):

- nelle stazioni 302 (Lido di Volano), 304 (Porto Garibaldi), 306 (Casalborsetti) e 309 (Lido Adriano) prevale la componente limosa ed è scarsa la componente sabbiosa o si equivale alla componente argillosa come nel caso di P.Garibaldi;
- nelle stazioni 308 (Marina di Ravenna) 314 (Cesenatico), 317 (Rimini) e 319 (Cattolica) tende a prevalere la componente sabbiosa con riduzione in percentuale delle altre due componenti;

La distribuzione superficiale media delle tre principali componenti granulometriche dei sedimenti nelle stazioni SFBC evidenzia che (Figura 99) nelle stazioni SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate) prevale la componente sabbiosa nella stazione SFBC4 (P.Garibaldi) e SFBC14 (Cesenatico) mentre nella stazione SFBC 9 (L. Adriano) e SFBC 19 (Cattolica) prevale la componente argillosa con riduzione in percentuale delle altre due componenti.

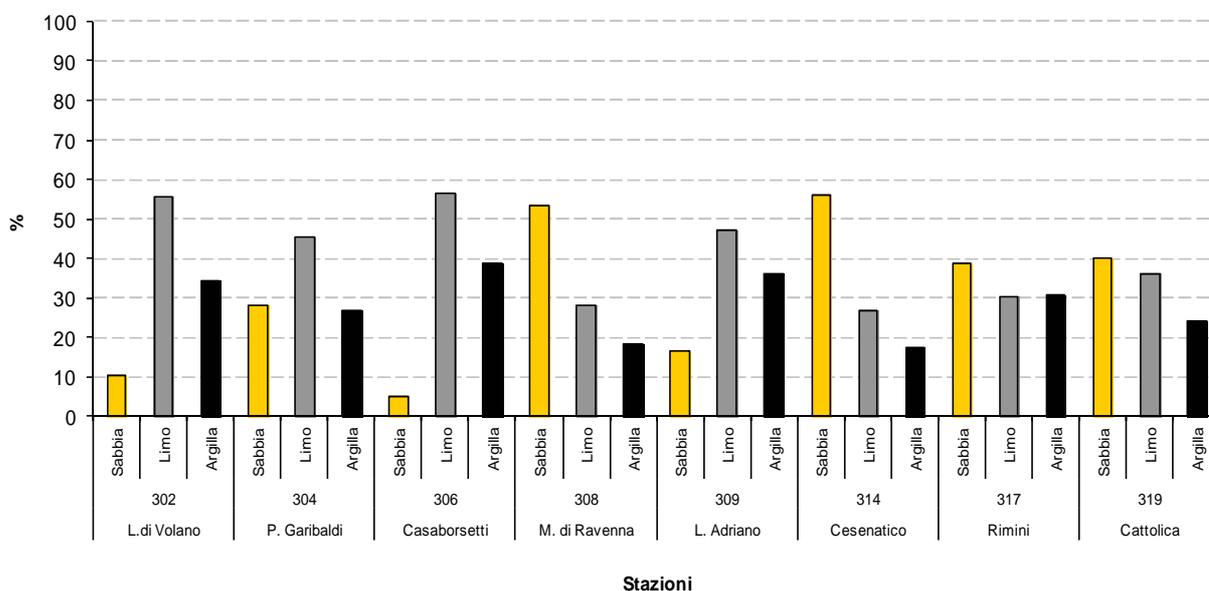
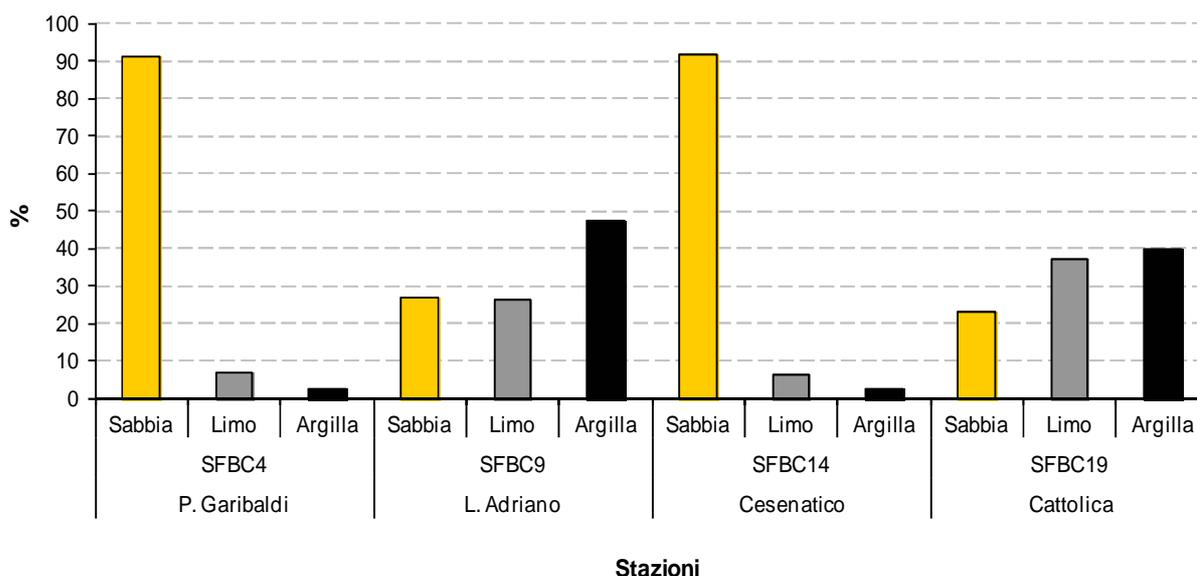


Figura 98 - Distribuzione delle principali frazioni granulometriche (% media/anno) rilevate nelle stazioni a 3 km dalla costa



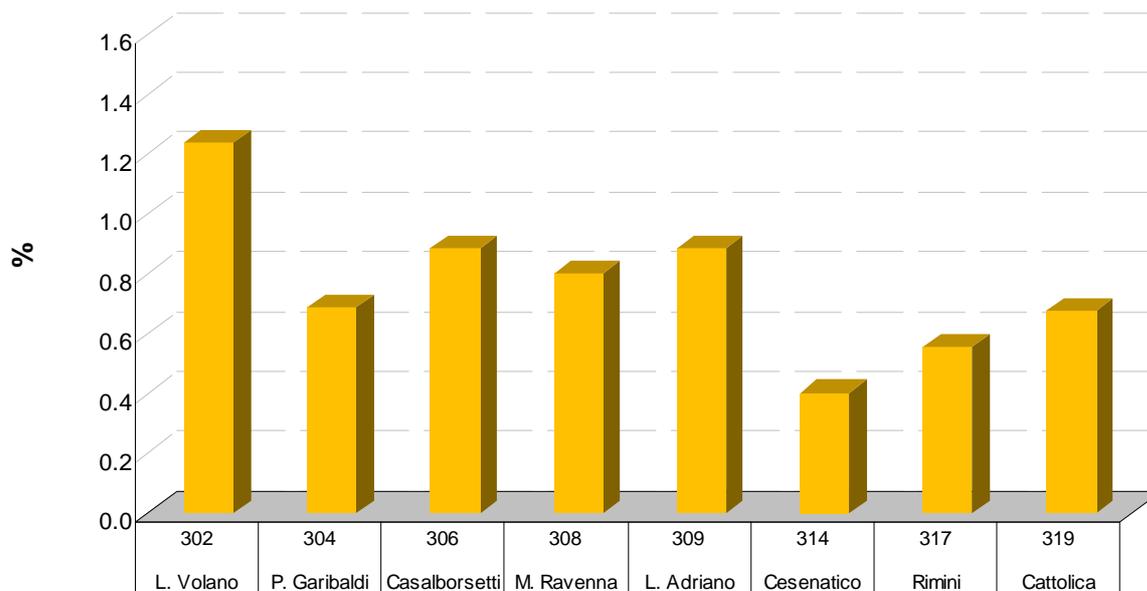
**Figura 99 - Distribuzione delle principali frazioni granulometriche (% media/anno) rilevate nelle stazioni SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate) a 1-2 km dalla costa**

### *Carbonio Organico Totale (TOC)*

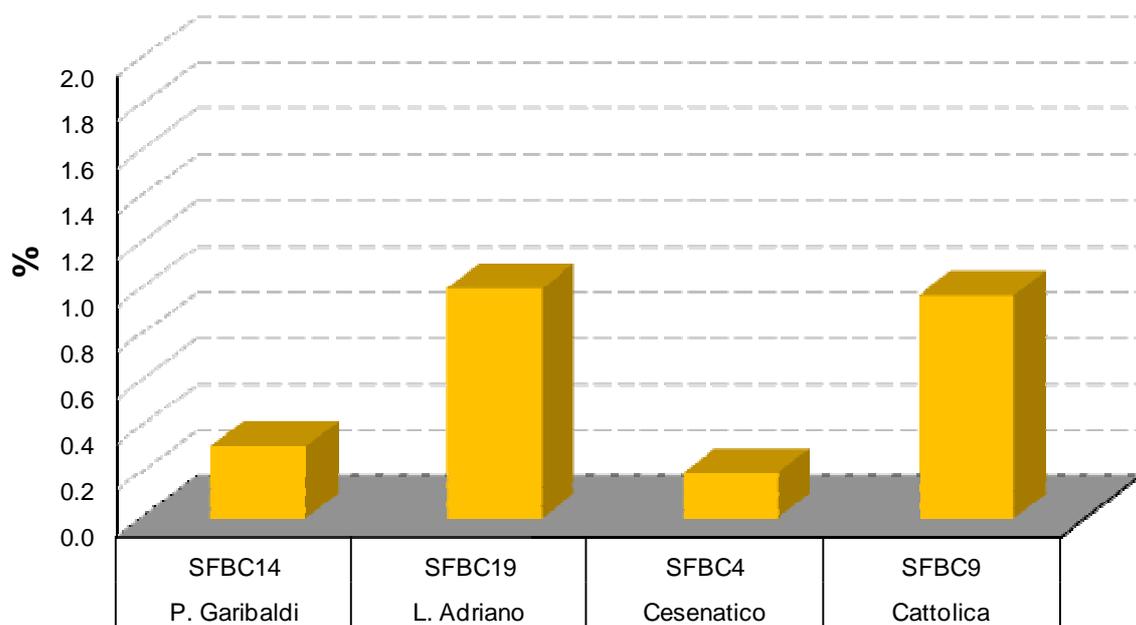
Di seguito si riportano le percentuali medie/anno di Carbonio Organico Totale (TOC) relativi a 8 stazioni ubicate a circa 3 km di distanza dalla costa e in 4 stazioni denominate SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate) a circa 1-2 km di distanza dalla costa (vedi in Figura 100 e Figura 101). La frequenza di campionamento è semestrale (vedi Tabella 5).

Le percentuali medie/anno di carbonio organico totale nei sedimenti superficiali variano lungo la costa tra 0.21 e 1.28%.

A 3 km di distanza dalla costa, le stazioni con le percentuali maggiori di TOC sono: L. di Volano, L. Adriano e Casalboretto. Per le SFBC la percentuale maggiore di TOC la riscontriamo nella stazione di L. Adriano e Cattolica.



**Figura 100 - Distribuzione del contenuto di Carbonio Organico Totale (% media/anno) nelle stazioni a 3 km dalla costa**



**Figura 101 - Distribuzione del contenuto di carbonio organico totale (% media/anno) nelle stazioni SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate) a 1-2 km dalla costa**

## 5.2.4 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 (Elementi di Qualità Biologica). Il DM 260/10, prevede la ricerca di tali sostanze nella matrice acqua (tab. 1/B DM 260/10) e nella matrice sedimento (tab. 3/B del DM 260/10).

### 5.2.4.a Sostanze ricercate nell'acqua

A partire da giugno 2014, sono state ricercate in mare solo le sostanze che hanno superato gli Standard di Qualità Ambientale (SQA) a chiusura di bacino dei fiumi che sfociano in Adriatico. Le sostanze di cui alla tab. 1/B del DM 260/10 che sono ricercate nell'acqua a partire da giugno 2014 sono: azoxistrobin, cloridazon, matalaxil, metolaclor e oxadiazon.

Le stazioni di campionamento interessate alla ricerca di tali sostanze sono 8 ubicate a 0.5 km e una a 3 km di distanza dalla costa. La frequenza di campionamento è mensile (vedi Tabella 5).

Dall'analisi dei risultati ottenuti dall'attività di monitoraggio svolta nel 2014, è emerso che un'alta percentuale dei valori di concentrazione è inferiore ai limiti di quantificazione strumentale (LdQ) e la media su 7 mesi relativa al 2014 degli inquinanti specifici ricercati in ciascuna stazione è inferiore agli Standard di Qualità Ambientale (SQA) indicati in tab. 1/B del DM 260/10.

### 5.2.4.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.M. 260/10.

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 Standard di Qualità Ambientali (SQA) di cui alla tab. 3/B del D.M. 260/10 è ammesso uno scostamento del 20% rispetto agli SQA stessi.

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

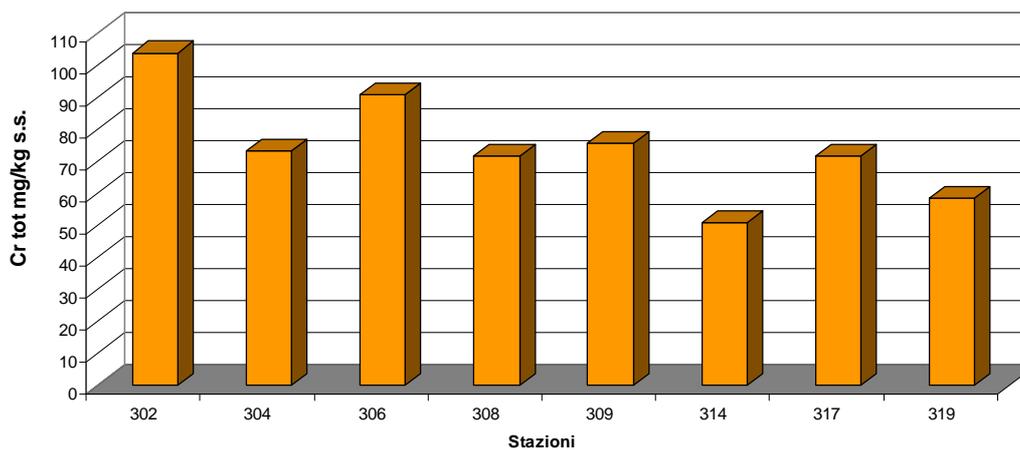
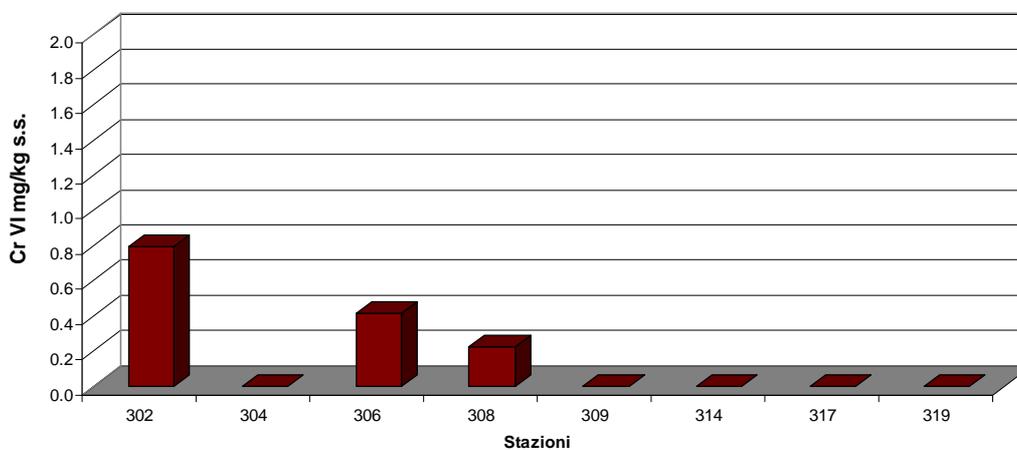
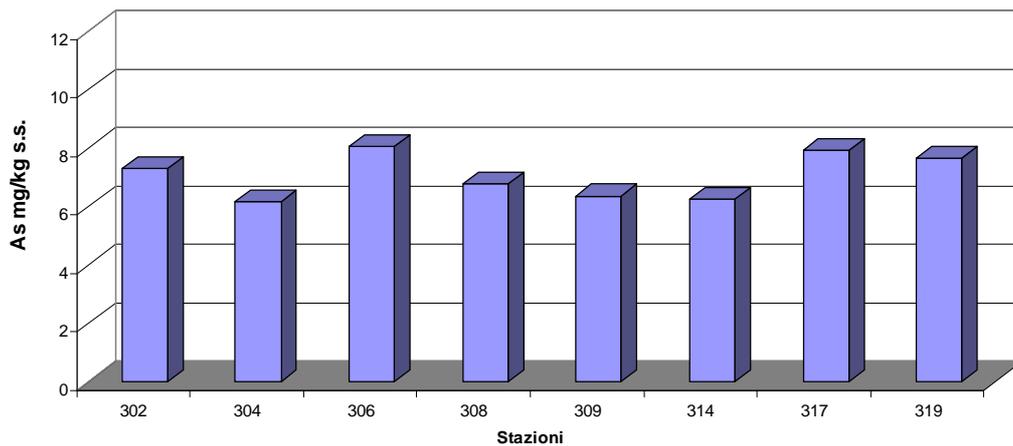
Nella Figura 102 si riporta la media annuale della concentrazione dei metalli determinati sul sedimento.

Nel 2014 i campionamenti sono stati effettuati con cadenza semestrale; in primavera e in autunno.

Il cromo presenta valori medi/anno di concentrazione nettamente superiori rispetto allo SQA definito dal DM 260/10 (50 mg/kg). Le concentrazioni elevate di questo metallo (come anche per altri metalli), non sono di origine antropica ma geologica e costituiscono il fondo naturale nei sedimenti per queste aree.

Nel sito della Regione Emilia-Romagna (<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/metalli-pesanti/carta-pedogeochemica-cr-ni-zn-pb-cu-250-2012>) sono pubblicate le carte del fondo naturale relativa ad alcuni metalli (Cr, Ni, Zn, Cu, Pb). Nella carta del fondo naturale del cromo si osserva che generalmente il fondo naturale lungo la costa regionale è maggiore 75 mg/kg.

I valori medi/anno dell'arsenico e del cromo VI non superano i relativi SQA (rispettivamente 12 mg/kg e 2 mg/kg).

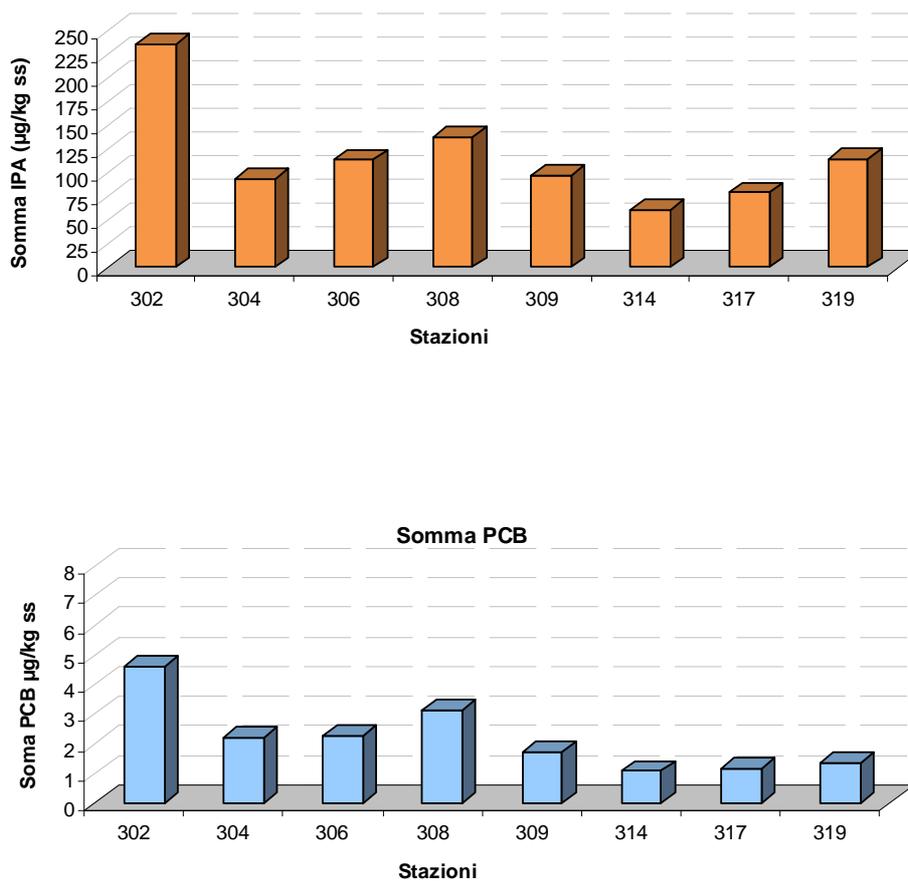


**Figura 102 – Medie annuali delle concentrazioni di arsenico, cromo totale e cromo VI**

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

Nella Figura 103 si riportano le medie annuali della somma delle concentrazioni degli IPA e dei PCB determinati sul sedimento nelle stazioni delle acque marino costiere nel 2014.

Per gli IPA e per i PCB non si evidenziano valori medi/anno che superano i rispettivi SQA di cui alla tab. 3/B del DM 260/10 (somma IPA = 800  $\mu\text{g}/\text{kg ss}$ ; somma PCB = 8  $\mu\text{g}/\text{kg ss}$ ).



**Figura 103 – 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 DM 260/10 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 104 sono riportati i valori medi/anno della somma della Tossicità Equivalente (TE) delle Diossine (CDD) e dei Furani (CDF) + PCB diossin like di ciascuna stazione indagata. Nel 2014 si osserva che le stazioni 302 e 304 hanno valori medi/anno superiori al SQA+20% ammesso dal DM 260/10. In tutti e due i casi il superamento dell'SQA + 20% (2.4 ng/kg ss) è da attribuire al congenere PCB 126. Tale congenere è stato ritrovato nelle suddette stazioni a concentrazioni bassissime, leggermente al di sopra del limite di quantificazione (L.d.Q.), ma il congenere PCB 126 ha un fattore di tossicità molto elevato che, moltiplicato a valori di concentrazione anche bassissimi, determina il superamento del SQA + il 20% come nei due casi sopra citati.



**Figura 104 – Media annuale della somma del TE di CDD, CDF e PCB diossin like determinati sui sedimenti marini**

### **5.2.5 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 DM 260/10 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).

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

Nel 2011 è stata fatta la prima indagine degli inquinanti specifici di cui alla tab. 1/A del DM 260/10 nelle acque marino costiere. La seconda indagine è iniziata a giugno 2014 con frequenza mensile e si concluderà a giugno 2017. Le stazioni di campionamento interessate alla ricerca degli inquinanti sono sempre 8 ubicate a 0.5 km e una a 3 km di distanza dalla costa.

Nel 2014, i valori medi e i valori massimi di concentrazione delle sostanze ricercate, sono risultate conformi rispetto ai relativi Standard di Qualità Ambientali (SQA) riportati nella tab. 1/A del DM 260/10.

#### **5.2.5.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 DM 260/10. 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 5 e Tabella 4).

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

#### **Metalli: cadmio, nichel, piombo, mercurio**

Nella Figura 105 si riporta la media annuale relativa al 2014 della concentrazione di alcuni metalli ricercati sul sedimento. Osservando la figura, si nota che valori medi/anno di concentrazione del cadmio, mercurio e del piombo sono inferiori al relativo SQA definito dal DM 260/10 (0.3 mg/kg per il cadmio e mercurio e 30 mg/kg per il piombo).

Il nichel presenta valori medi/anno di concentrazione nettamente superiori rispetto allo SQA definito dal DM 260/10 (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 altri metalli), non sono di origine antropica ma geologica e costituiscono il fondo naturale nei sedimenti per queste aree.

Nel sito della Regione Emilia-Romagna (<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/metalli-pesanti/carta-pedogeochimica-cr-ni-zn-pb-cu-250-2012>) sono pubblicate le carte del fondo naturale relativa ad alcuni metalli (Cr, Ni, Zn, Cu, Pb). Nella carta del fondo naturale del nichel si osserva che generalmente il fondo naturale lungo la costa regionale è maggiore 60 mg/kg.

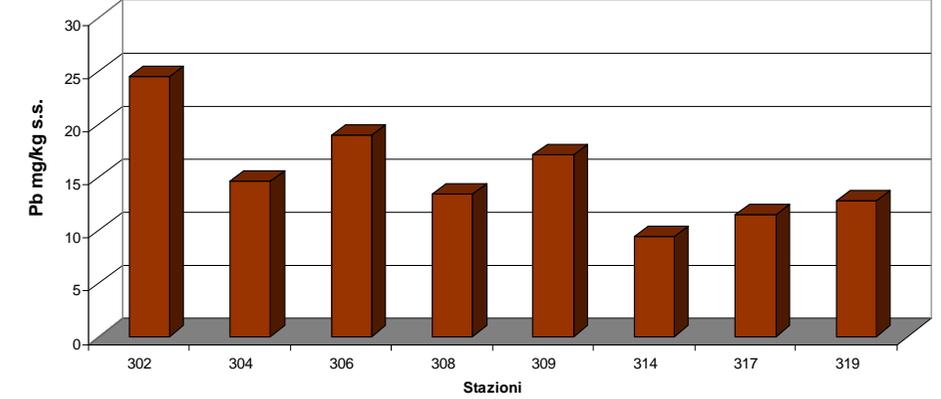
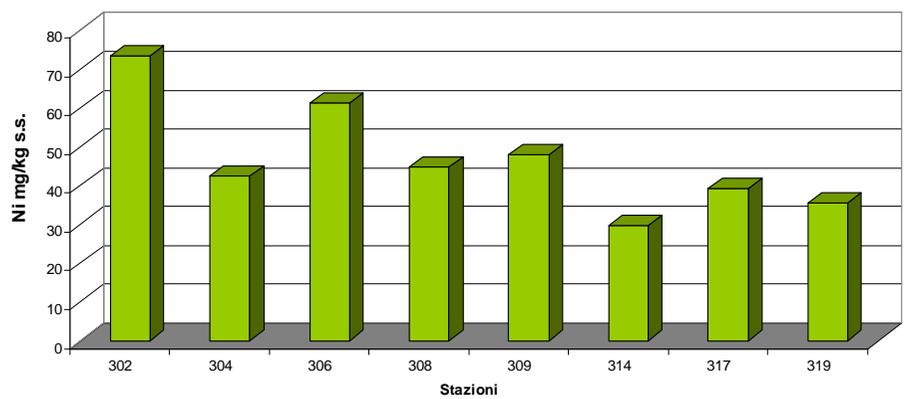
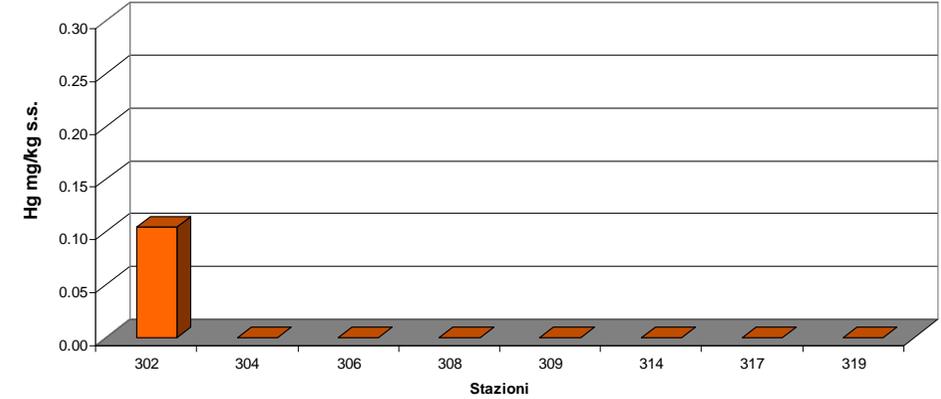
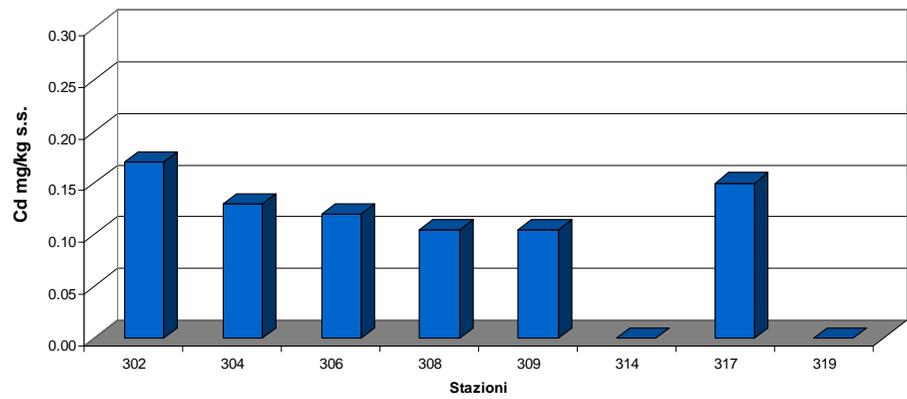


Figura 105 – Medie annuali del cadmio, nichel e piombo determinati sul sedimento

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

Nella Figura 106 si riportano le medie annuali delle concentrazioni degli IPA, di cui alla tab. 2/A del DM 260/10, determinati sui sedimenti marini prelevati nel 2014 nelle 8 stazioni d'indagine a 3 km di distanza dalla costa (vedi Tabella 5).

Nella figura non si riporta il grafico relativo al naftalene in quanto i valori medi/anno di concentrazione sono tutti inferiori al limite di quantificazione strumentale e quindi abbondantemente al di sotto del relativo Standard di Qualità Ambientale (SQA) definito dal DM 260/10.

La figura mostra una certa analogia per ogni singola tipologia di IPA analizzata; da nord verso sud l'andamento è altalenante e i valori medi/anno sono più elevati nella stazione 302 di Lido di Volano, 308 di Marina di Ravenna e 319 di Cattolica.

Non si riscontrano valori medi/anno che superano gli SQA di cui alla tab. 2/A del DM 260/10.

### **Pesticidi**

Nella tab. 2/A del DM 260/10 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 5 e Tabella 4). Nel 2014, i valori di concentrazione dei pesticidi sono spesso inferiori al limite di quantificazione con l'eccezione di tre parametri che sono la somma del DDD, DDE e DDT.

Nella stazione 302 di Lido di Volano si è verificato un lieve superamento dell'SQA per la somma del DDT che comunque non ha compromesso il buono stato chimico del corpo CD1 (Goro-Ravenna).

#### **5.2.5.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 DM 260/10. 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 tab. 3/A del DM 260/10 sono 4 e sono ubicate a circa 3 km di distanza dalla costa. La frequenza di campionamento è annuale (vedi Tabella 5 e Tabella 4).

La ricerca dei microinquinanti non è più eseguita dal 2011 in quanto le ultime due indagini di accumulo di inquinanti specifici nel biota hanno restituito concentrazioni inferiori al limite di quantificazione strumentale o comunque molto inferiori al SQA definito dal DM 260/10.

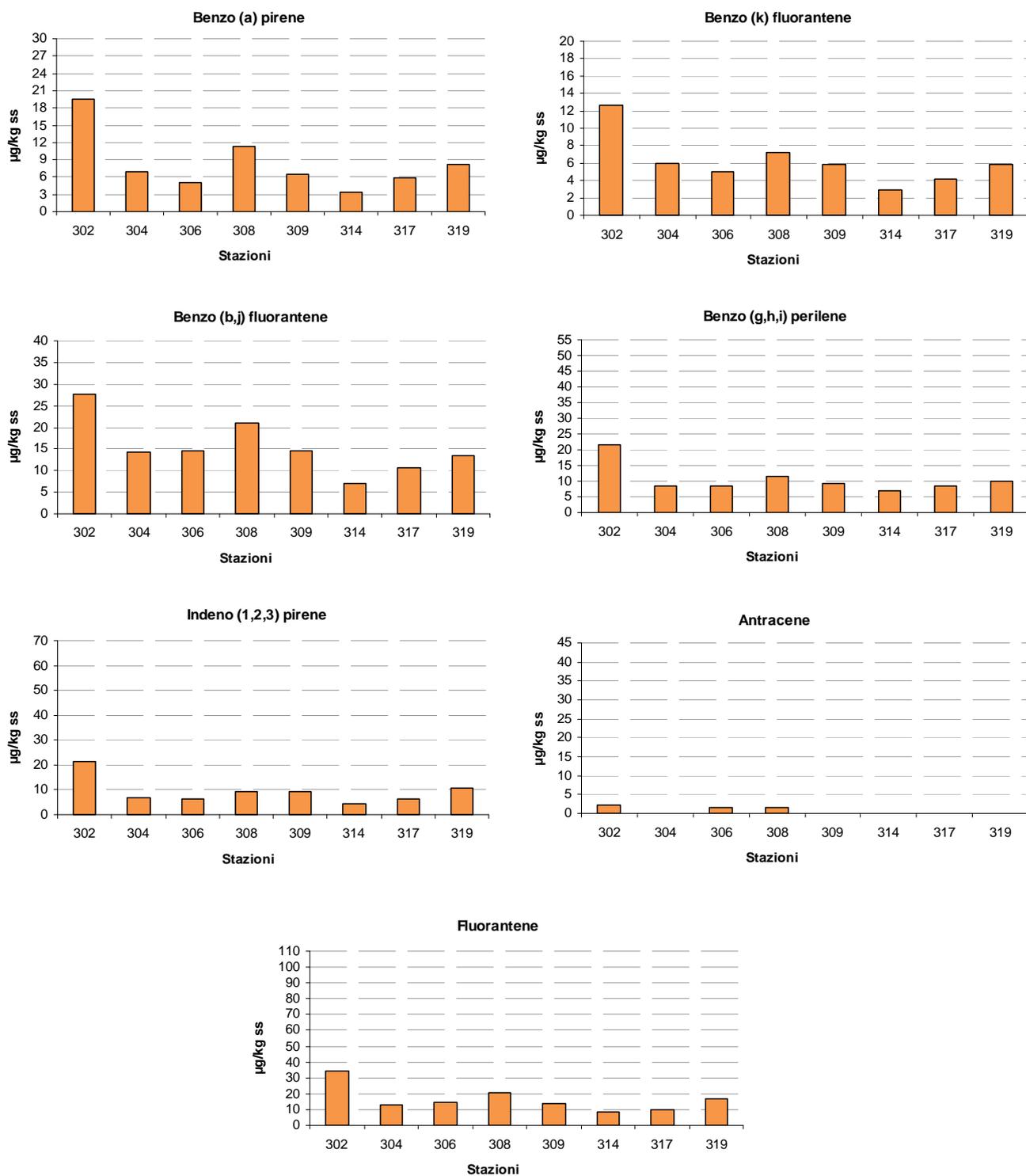
Inoltre, il DM 260/10 definisce le indagini di accumulo sul biota come supplementari, che possono essere eseguite al fine di acquisire ulteriori elementi conoscitivi utili a determinare cause di degrado del corpo idrico e fenomeni di bioaccumulo.

#### **5.2.6 Test ecotossicologici**

Le indagini ecotossicologiche interessano 8 stazioni a circa 3 km di distanza dalla costa con frequenza annuale (vedi Tabella 5 e Tabella 4).

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

La valutazione dei risultati dei test ecotossicologici condotti con il batterio *Vibrio fischeri*, sia su elutriato che su sedimento centrifugato, hanno dato tossicità assente.



**Figura 106 – Medie annuali delle concentrazioni dei Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) più significativi determinati sui sedimenti marini**



### 5.2.7 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 alle seguenti coordinate: 44.2155°N 12.4766°E - WGS84 (Figura 107). 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 data base 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 n. 202798).

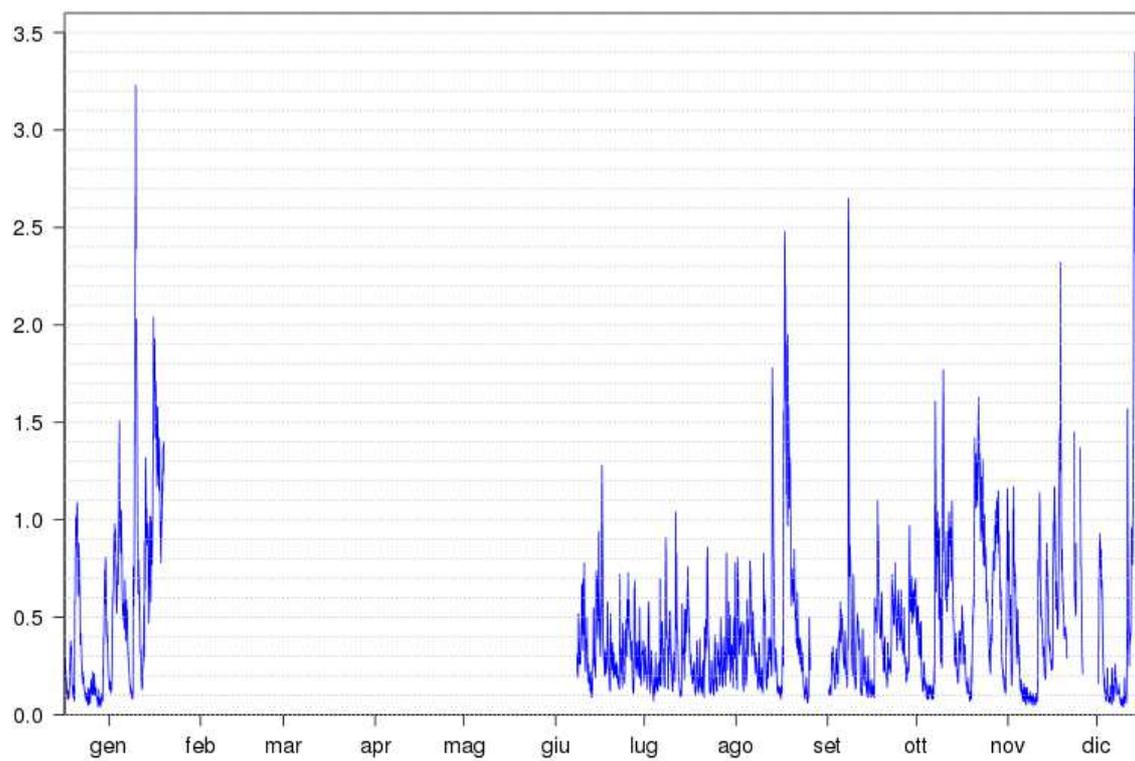
I dati rilevati sono elaborati e visibili al sito <http://www.arpae.it/sim/?mare/boa>.

I dati relativi all'altezza dell'onda, rilevati nel 2014, sono riportati in Figura 108. Nell'anno 2014 non sono stati acquisiti i dati relativamente ad un lungo periodo: per la precisione dal 3 Febbraio al 23 Giugno 2014; il motivo è legato al fatto che la boa si era disancorata ed era andata alla deriva. Senza valutare questo periodo con assenza di dati, i picchi massimi di altezza dell'onda si sono verificati in ordine cronologico il 25 Gennaio alle ore 1:30 con un valore di 3.23 m ed una direzione di provenienza di 43.6°(Nord-Est), il 29 Dicembre alle ore 00:30 con un valore di 3.4 m ed una direzione di provenienza di 39.4°(Nord Nord-Est) ed infine il 31 Dicembre alle ore 14:30 con un valore di 3.52 m ed una direzione di provenienza di 60.5°(Est Nord-Est); da notare che l'evento di mareggiata avvenuto fra il 28 ed il 29 Dicembre è stato anche concausa dell'affondamento del mercantile turco Gokbel al largo di Ravenna, avvenuto nella giornata del 28 Dicembre.

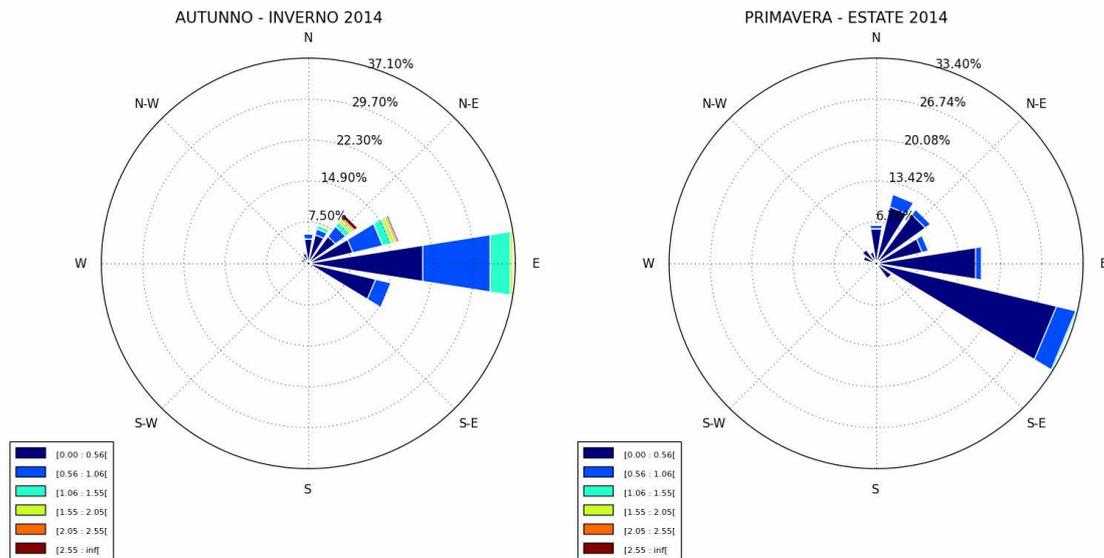


**Figura 107 – Boa Nausicaa posizionata in mare**

### ALTEZZA DELL'ONDA (m) - ANNO 2014



**Figura 108 – Altezza delle onde (metri)**



**Figura 109 – Distribuzioni direzionali dell'altezza dell'onda (metri)**

Nella Figura 109 sono riportate le distribuzioni direzionali dell'altezza dell'onda per l'anno 2014 in due periodi dell'anno: autunno-inverno e primavera-estate. Il periodo autunno-inverno comprende i mesi di Settembre, Ottobre, Novembre, Dicembre, Gennaio e Febbraio, mentre il periodo primavera-estate dai mesi di Marzo, Aprile, Maggio, Giugno, Luglio e Agosto.

Da tali grafici si osserva che la direzione prevalente dell'onda durante l'intero anno è per lo più compresa fra la direzione Nord e la direzione Est-Sud Est; in particolare per il periodo autunno-inverno la direzione prevalente è quella Est in più del 37% dei casi. Durante il periodo primavera-estate la direzione prevalente dell'onda è invece la direzione tra Sud Est ed Est in più del 33% dei casi e che la direzione prevalente secondaria è la direzione Est con circa il 15% dei casi.

Durante il periodo primaverile-estivo non si osservano altezze dell'onda maggiori di 3 metri, con il valore più elevato di 1.78 m osservato il 28 Agosto alle ore 6:30 GMT; i valori dell'altezza dell'onda risultano essere nella quasi totalità dei casi, circa il 99%, inferiori ad 1m.

Durante il periodo autunno-inverno nell'87% dei casi si hanno valori di altezza dell'onda minori di 1 m, nel circa il 12% dei casi valori di altezza dell'onda dell'onda compresi fra 1 e 3 m, ed infine in meno dell'1% valori di altezza dell'onda superiori a 3 metri.

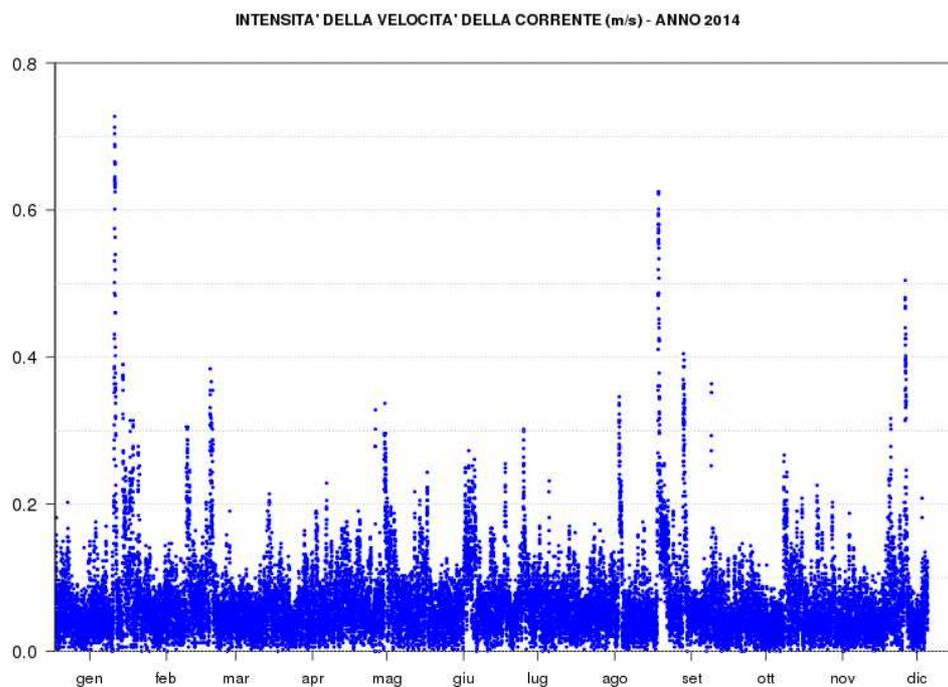
### 5.2.8 Direzione e velocità delle correnti marine

Lo strumento RCM SW dell'Aanderaa (Figura 110) permette di misurare velocità e direzione della corrente ad una profondità nota della colonna d'acqua; lo strumento in questo caso è posizionato al largo di Cesenatico ad una profondità di 4 metri dalla superficie del mare (batimetria 10 m) a circa 3 km dalla costa, vicino ad una zona destinata all'allevamento di mitili ed interdotta alla pesca, alle seguenti coordinate: 44°12.743N ; 12°28.309E. I dati vengono registrati in una scheda contenuta all'interno dello strumento, modello Data Storage Unit (DSU) 2990.



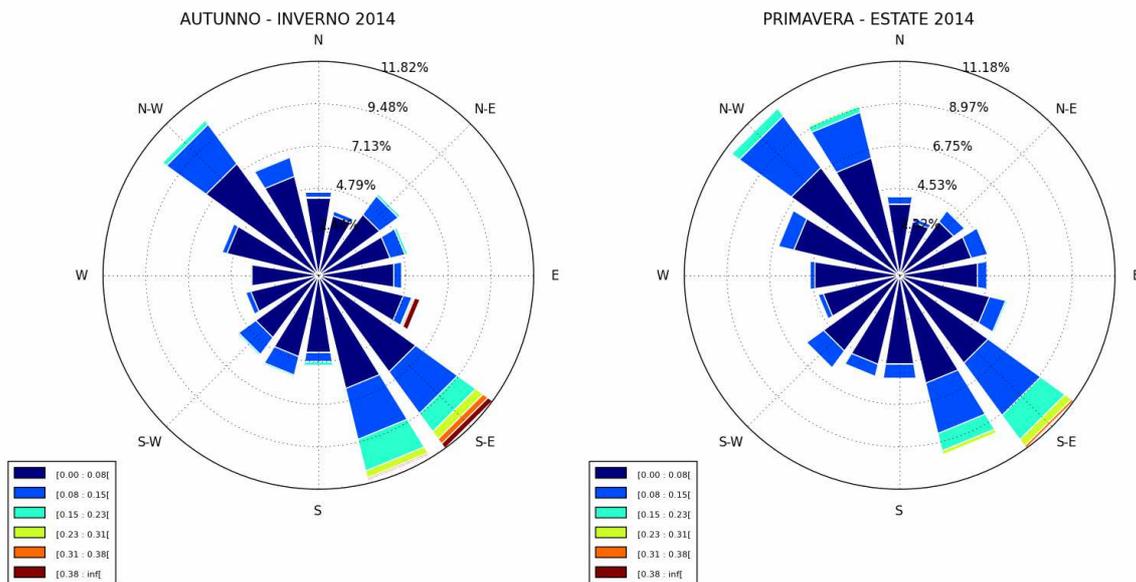
**Figura 110 – Correntometro RCM 9 (Aanderaa)**

La Figura 111 mostra i valori dell'intensità della velocità della corrente per l'anno considerato. Si osserva che il valore massimo di intensità è stato osservato il 25 Gennaio con 0.73 m/s ed una direzione di 116° (Est Sud-Est), mentre il secondo valore più elevato è di 0.62 m/s con una direzione di propagazione della corrente di 118° (Est Sud-Est) registrato il 1 Settembre.



**Figura 111 – Intensità della corrente marina (m/s) per l'anno 2014**

Nei grafici di Figura 112 sono rappresentate le distribuzioni direzionali delle correnti acquisite nel 2014 per due periodi: autunno-inverno e primavera-estate. Si osserva che le direzioni prevalenti della corrente sono Nord-Ovest e Sud-Est; lungo queste direzioni si riscontrano inoltre anche i maggiori valori di velocità della corrente stessa. In particolare nel periodo Autunno-Inverno prevale la direzione Sud-Est in circa il 12 % delle registrazioni, dove inoltre si osserva il massimo valore di corrente; anche nel periodo primavera-estate i massimi di velocità vengono riscontrati nella direzione Sud-Est, con direzione prevalente che è Sud-Est per circa l'11% dei casi. La velocità della corrente è tendenzialmente minore o uguale a 0.1 m/s (colore blu intenso), mentre i valori più intensi risultano essere superiori a 0.5 m/s soltanto in tre momenti: il 25 Gennaio, il 1 Settembre ed il 10 Dicembre.



**Figura 112 – Distribuzioni direzionali della corrente marina (m/s)**

## **5.3 LO STATO AMBIENTALE**

La definizione dello stato di qualità ambientale è effettuata sulla base delle indicazioni riportate nel DM 260/10. Tale decreto definisce le modalità per la classificazione dei corpi idrici da effettuare al termine del ciclo di monitoraggio operativo (3 anni).

### **1.1 LO STATO ECOLOGICO**

Lo stato ecologico dei corpi idrici è attribuito al termine di un ciclo di monitoraggio di 3 anni (triennio 2014-2016). Per l'anno 2014 si possono ipotizzare alcune osservazioni sullo stato ecologico dei corpi idrici sulla base dei risultati emersi dell'attività di monitoraggio.

Gli elementi di qualità che concorrono alla definizione dello stato ecologico sono:

- Elementi di Qualità Biologica (EQB) (Fitoplancton e Macrobenthos)
- Elementi chimico-fisici a sostegno degli EQB (TRIX)
- Elementi chimici a sostegno degli EQB (tabb. 1/B e 3/B DM 260/10)

L'elemento con classe di giudizio più basso attribuisce lo stato ecologico al corpo idrico.

La Tabella 21 riporta per il 2014 il riepilogo degli elementi qualitativi per la valutazione dello stato ecologico dei corpi idrici (CD1 e CD2) del litorale emiliano romagnolo.

La Figura 113 riporta lo stato ecologico delle acque marino costiere per l'anno 2014.

**Tabella 21 - Riepilogo degli elementi qualitativi per la valutazione dello stato ecologico nelle acque marino costiere**

2014				Elementi Biologici		Elementi fisico-chimici	Inquinanti specifici DM 260/10		STATO ECOLOGICO
Corpo idrico	Distretto idrografico	Codice Stazione	Località	Fitoplancton (clorofilla "a")	Macrobenthos (M-AMBI)	TRIX	tab. 1/B	tab. 3/B	
<b>CD1</b> <b>Goro-Ravenna</b>	Padano	2	Lido di Volano	Sufficiente	Sufficiente	Sufficiente	Buono	Sufficiente	<b>CD1</b> <b>Sufficiente</b>
		302							
		4	Porto Garibaldi						
		SFBC 4							
		304							
		6							
306									
<b>CD2</b> <b>Ravenna-Cattolica</b>	Appennino settentrionale	308	Marina di Ravenna	Sufficiente	Buono	Sufficiente	Elevato	Buono	<b>CD2</b> <b>Sufficiente</b>
		9	Lido Adriano						
		SFBC 9							
		309							
		14	Cesenatico						
		SFBC 14							
		314							
		17	Rimini						
		317							
		19	Cattolica						
		SFBC 19							
319									

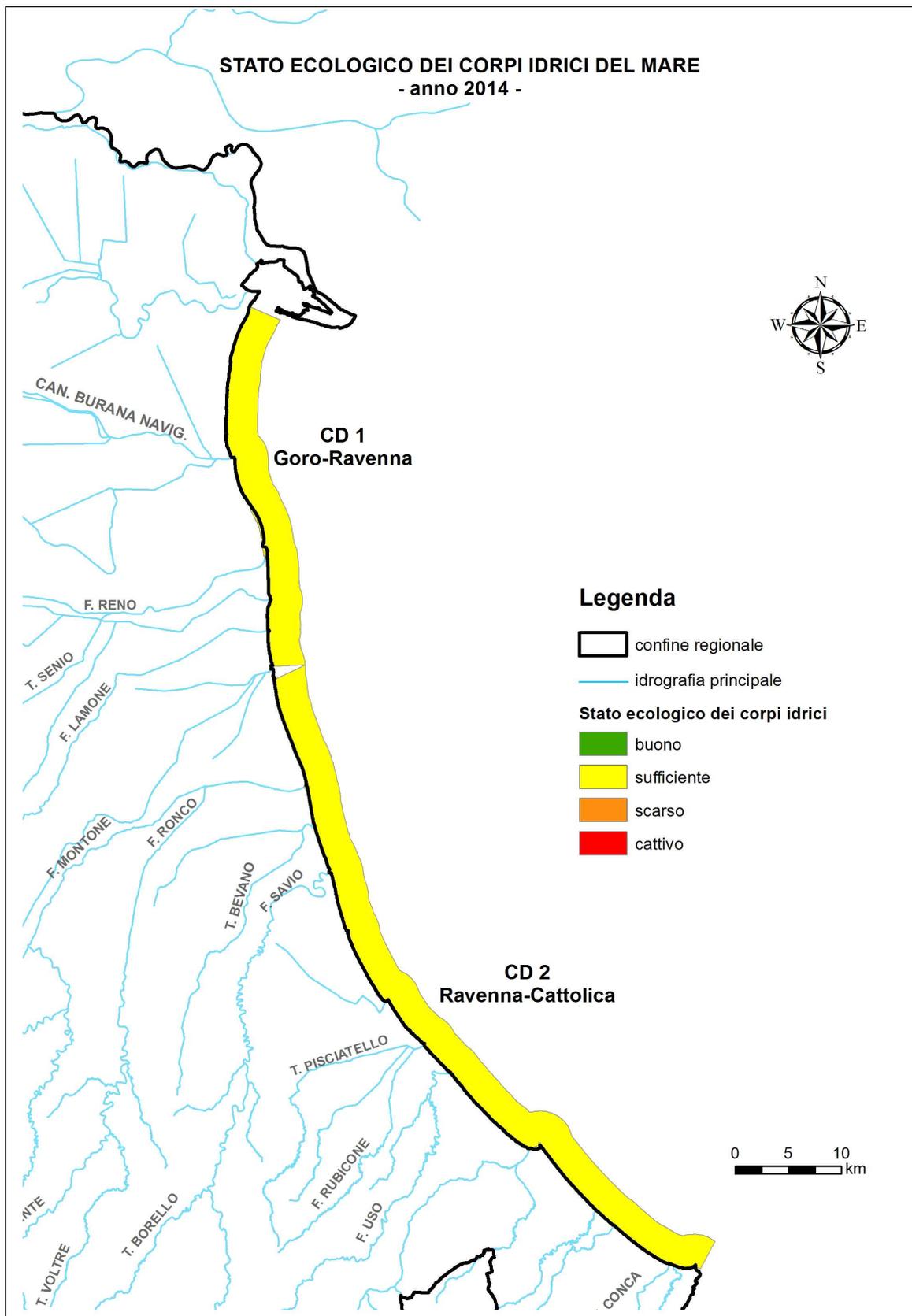


Figura 113 - Stato ecologico delle acque marino costiere: anno 2014

## 1.2 LO STATO CHIMICO

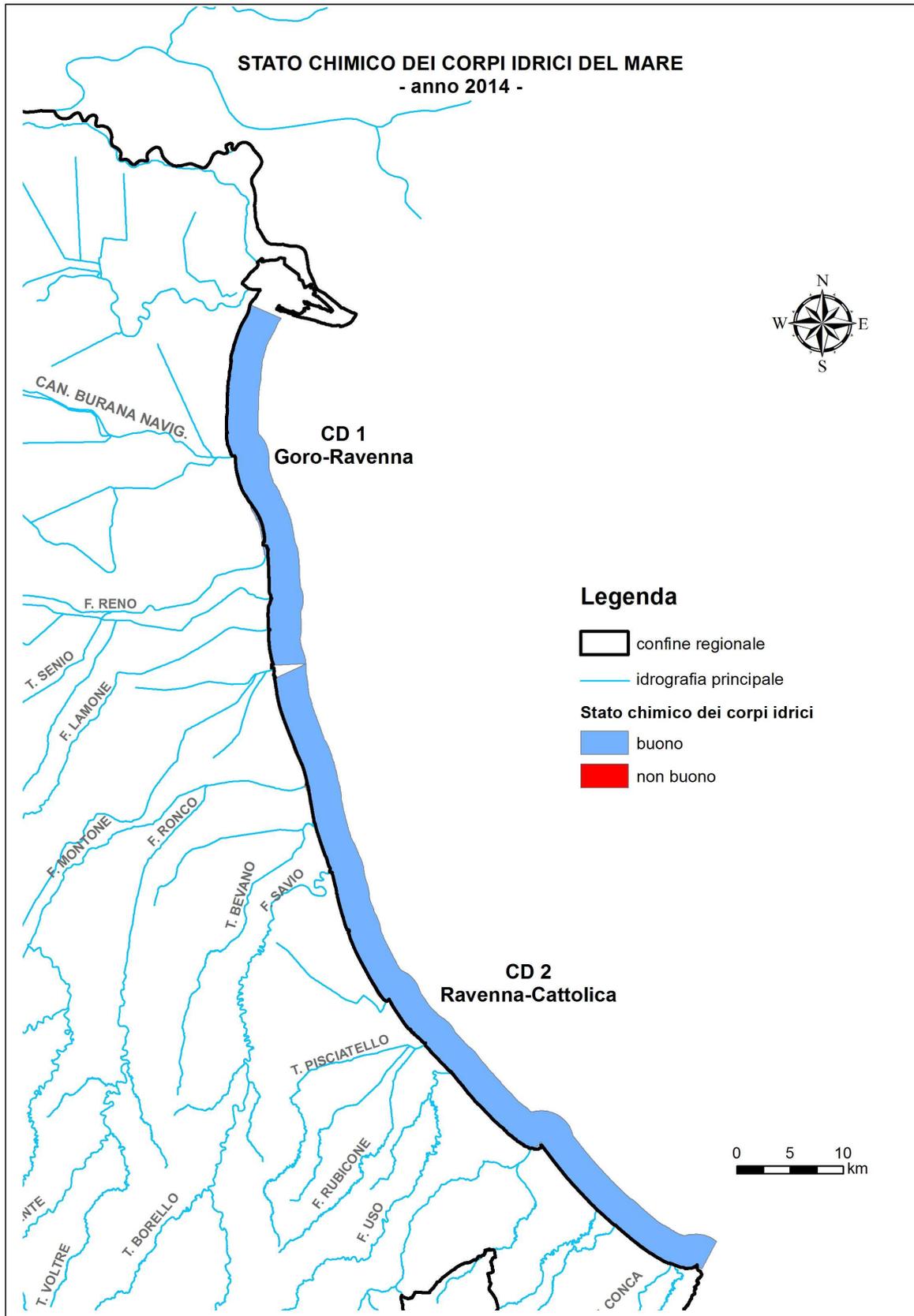
Lo stato chimico dei corpi idrici è attribuito al termine di un ciclo di monitoraggio di 3 anni (2014-2016). Per l'anno 2014 si effettua comunque una valutazione dello stato chimico dei corpi idrici che si basa sui risultati dell'attività di monitoraggio degli inquinanti specifici appartenenti all'elenco di priorità nella matrice acqua e sedimento (tabb. 1/A e 2/A DM 260/10). Ad integrazione sono inoltre considerati anche i risultati delle indagini ecotossicologiche.

La Tabella 22 riporta un riepilogo degli elementi qualitativi utilizzati per la valutazione dello stato chimico dei corpi idrici (CD1 e CD2) del litorale emiliano romagnolo nel 2014.

La Figura 114 riporta lo stato chimico delle acque marino costiere per l'anno 2014.

**Tabella 22 - Riepilogo degli elementi qualitativi per la valutazione dello stato chimico nelle acque marino costiere**

<b>2014</b>				<b>Inquinanti specifici</b>		<b>Test ecotossicologici</b>	<b>STATO CHIMICO</b>
<b>Corpo idrico</b>	<b>Distretto idrografico</b>	<b>Codice Stazione</b>	<b>Località</b>	<b>Tab.1/A DM 260/10</b>	<b>Tab. 2/A DM 260/10</b>		
<b>CD1 Goro- Ravenna</b>	Padano	2	Lido di Volano	<b>Buono</b>	<b>Buono</b>	<b>Tossicità assente</b>	<b>CD1 Buono</b>
		302					
		4	Porto Garibaldi				
		304					
<b>CD2 Ravenna-Cattolica</b>	Appennino settentrionale	6	Casalborsetti				
		306					
		308	Marina di Ravenna				
		9	Lido Adriano				
		309					
		14	Cesenatico				
		314					
		17	Rimini				
317							
19	Cattolica						
319							



**Figura 114 - Stato chimico delle acque marino costiere: anno 2014**

### 1.3 LO STATO AMBIENTALE

Lo stato delle acque superficiali è l'espressione complessiva dello stato di un corpo idrico superficiale, determinato dal valore più basso del suo stato ecologico e chimico (art. 74, p.to 2, lett. p D.lgs 152/06).

Lo stato ambientale dei corpi idrici è attribuito al termine di un ciclo di monitoraggio di 3 anni (2014-2016).

Per l'anno 2014 si effettua comunque una valutazione dello stato ambientale dei corpi idrici che si basa sui risultati dell'attività di monitoraggio che hanno permesso di effettuare una valutazione sia dello stato ecologico sia dello stato chimico.

Nel 2014 lo stato ambientale dei 2 corpi idrici CD1 e CD2 rivela una condizione SUFFICIENTE in entrambi i corpi idrici determinato dagli elementi di qualità che concorrono alle definizioni dello stato ecologico.

**Tabella 23 - Stato qualità ambientale delle acque marino costiere: Anno 2014**

Corpo idrico	Distretto idrografico	Codice Stazione	Località	STATO ECOLOGICO	STATO CHIMICO	STATO QUALITA' AMBIENTALE
<b>CD1 Goro-Ravenna</b>	Padano	2	Lido di Volano	<b>CD1 SUFFICIENTE</b>	<b>CD1 BUONO</b>	<b>CD1 SUFFICIENTE</b>
		302				
		4	Porto Garibaldi			
		304				
<b>CD2 Ravenna-Cattolica</b>	Appennino settentrionale	6	Casalborsetti			
		306				
		308	Marina di Ravenna			
		9	Lido Adriano			
		309				
		14	Cesenatico			
		314				
		17	Rimini			
317						
19	Cattolica					
319						

## 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.

Con la Delibera di Giunta Regionale del 3 febbraio 2014 la Regione Emilia-Romagna ridefinisce le zone delle acque interne del territorio regionale e delle acque marine antistanti la costa per la produzione in allevamento e la raccolta di molluschi bivalvi vivi e gasteropodi marini (Figura 115).

La rete di monitoraggio per il rilevamento delle caratteristiche qualitative delle acque marine destinate alla vita dei molluschi, ai sensi dell' all. 2 Sez C del D.Lgs152/06, è riportata in Figura 115. In collaborazione con le amministrazioni provinciali territorialmente competenti, la Struttura Oceanografica Daphne effettua il rilevamento delle caratteristiche qualitative nelle stazioni di monitoraggio della rete di cui sopra. Gran parte delle stazioni corrispondono a quelle monitorate per la classificazione dello stato trofico delle acque costiere marine (rete di monitoraggio per lo stato trofico) garantendo il flusso di dati con la frequenza prevista dal Decreto relativamente a: pH, temperatura, salinità, ossigeno disciolto in percentuale lungo tutta la colonna e gli idrocarburi eventualmente presenti in superficie.

Inoltre, la Struttura Oceanografica Daphne effettua i campionamenti per determinazione dei seguenti parametri: colorazione, materiale in sospensione, sostanze organo-alogenate, metalli pesanti, coliformi fecali. Tali parametri sono analizzati dalla Sezione Provinciale di Ravenna.

Per quanto concerne i restanti parametri quali: sostanze che influiscono sul sapore dei molluschi e sulle biotossine (sassitossina), ogni amministrazione provinciale si rapporta autonomamente con le AUSL, le Sezioni provinciali di Arpa e altri Enti per rispondere compiutamente a quanto richiesto dal D.Lgs152/06.

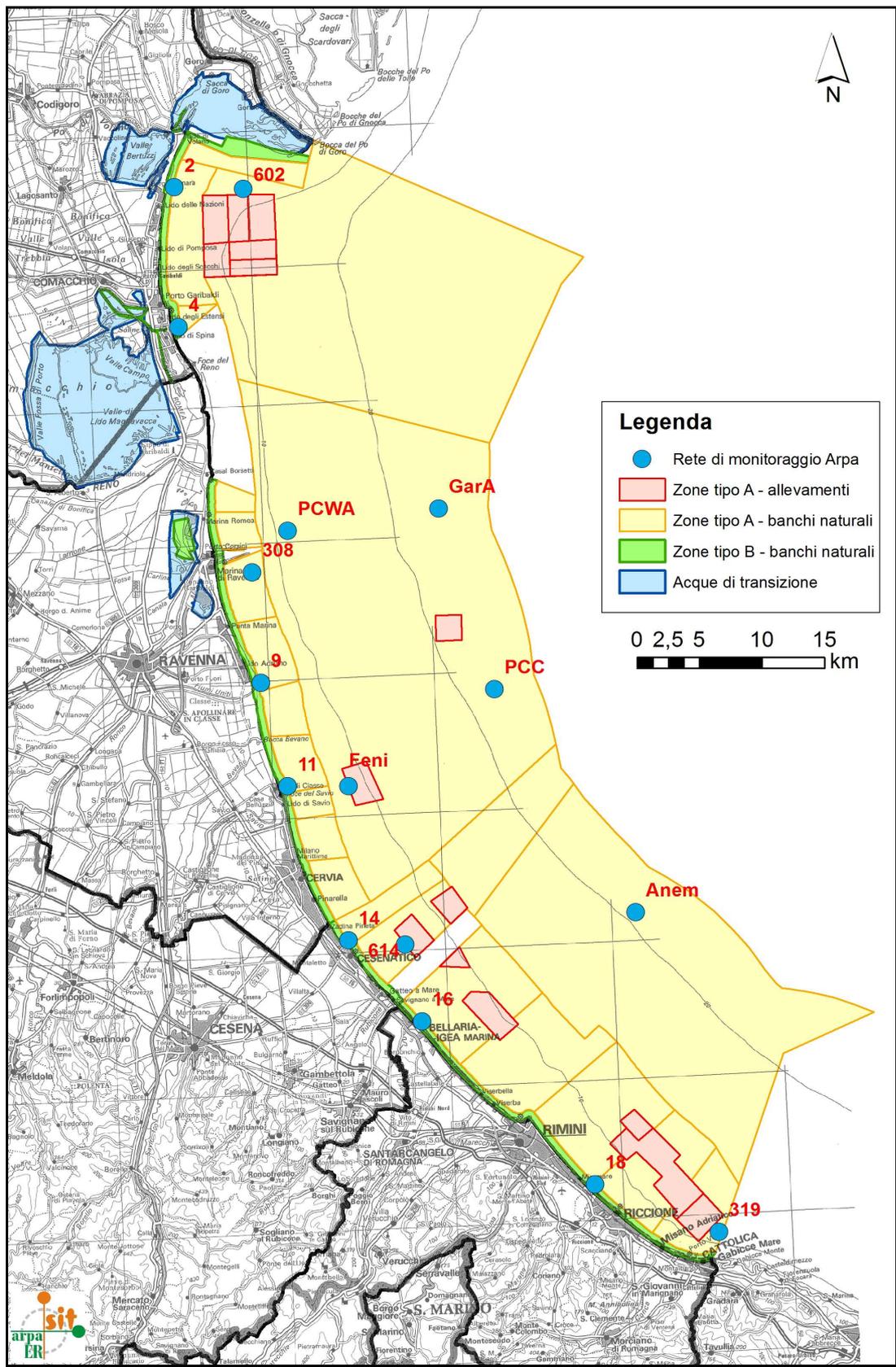


Figura 115 – Zone delle acque marine per la produzione in allevamento e la raccolta di molluschi (DGR 3/2/2014) e rete di monitoraggio per il rilevamento delle caratteristiche qualitative delle acque marine destinate alla vita dei molluschi (All. 2 Sez C del D.Lgs152/06)

## 7 EMERGENZE E ANOMALIE AMBIENTALI

### 7.1 AFFIORAMENTO MATERIALE MUCILLAGINOSO

Nel tratto di mare emiliano-romagnolo si è ripresentato nel mese di agosto il fenomeno delle “mucillagini”, segnalato dalla Struttura Daphne il 10 agosto ma del quale già nel bollettino dei primi del mese ne erano state segnalate le prime avvisaglie.

Il materiale mucillaginoso è affiorato prevalentemente nella parte centro-meridionale della costa emiliano-romagnola. Negli strati di fondo era presente anche nella parte settentrionale ma si ritiene che lo strato superficiale, caratterizzato da acque a bassa salinità ed eutrofiche, abbia impedito il riaffiorare del materiale.

Si conferma ancora una volta che il fenomeno si manifesta a livello di Bacino adriatico e le condizioni chimico-fisiche presenti condizionano solo le fasi terminali di affioramento.

Le mucillagini sono costituite principalmente da polisaccaridi (zuccheri complessi) che si rigonfiano a contatto dell’acqua e che si riuniscono formando aggregati di forma e grandezza diverse. Prendono origine come prodotto “extracellulare”, ossia come escrezione da parte di microalghe, in particolare *Gonyaulax fragilis*, presenti in ambiente marino, oppure si formano per disgregazione cellulare delle stesse. La produzione di mucillagine è un fenomeno molto diffuso in ambiente marino, non limitato ai soli mari italiani e al Mediterraneo. E’ un fenomeno non generato dalla presenza di sostanze inquinanti: la testimonianza più antica risale infatti al 1729, periodo in cui non erano state ancora sintetizzate molecole inquinanti. I meccanismi che inducono l’escrezione di tale materiale da parte delle microalghe in ambiente marino e le sue dinamiche di aggregazione sono tuttora oggetto di ricerca.

Il materiale mucillaginoso si può presentare a densità diversa e a diverso stadio di aggregazione, nelle acque profonde per quasi tutto l’anno.

Nei primi mesi dell’anno si manifesta sotto forma di fiocchi bianchi (0.1-3 cm) denominati per somiglianza “neve marina”; nei mesi estivi, dopo ulteriori stadi di aggregazione, compare una fase a “filamenti” (1-20 cm) che tendono a distribuirsi più superficialmente lungo la colonna d’acqua. Generalmente il processo di aggregazione si arresta a questo stadio, ma può anche evolvere ulteriormente con fasi a “reticolo” e “nuvole” (400 cm) fino ad affiorare nelle acque superficiali nei mesi più caldi. Una parte del materiale si deposita a livello dei fondali. In genere il materiale non affiora nello stesso tempo lungo la costa; compare in superficie localmente sotto forma di chiazze e strisce che, nel corso della giornata, possono variare di dimensione e spostarsi in funzione dei venti e delle correnti. Quando vi è la predominanza di venti che spirano verso costa (ad esempio Scirocco) viene sospinto e ammassato a ridosso dei porti, delle barriere frangiflutti e in zona di balneazione.

La disgregazione e scomparsa del fenomeno avviene principalmente ad opera di forti mareggiate con rapido ricambio delle masse d’acqua.

I venti di Libeccio che sono spirati nei giorni 15-17 agosto hanno contribuito a migliorare lo stato ambientale dell’ecosistema marino. Infatti, il mare mosso ha determinato un rimescolamento delle masse d’acqua lungo la colonna d’acqua contribuendo a omogeneizzare i parametri idrologici da superficie fino a livello del fondale, riducendo le concentrazioni di clorofilla “a”, risolvendo le situazioni di criticità di ipossia/anossia e disperdendo al largo il materiale mucillaginoso.

Fin dal 1989 la Struttura Oceanografica Daphne sorveglia nelle acque regionali l’evoluzione del fenomeno tramite una mirata attività di monitoraggio a cadenza mensile, che viene intensificata quando si verificano aumenti dell’aggregazione del materiale.

L’ultimo affioramento di tale materiale nella costa emiliano-romagnola è avvenuto nel 2004.



**Figura 116** Affioramento di materiale mucillaginoso nella parte meridionale della costa il 14 agosto

**Tabella 24** Casi di affioramenti/spiaggiamenti di materiale mucillaginoso nel tratto di mare emiliano-romagnolo dal 1988 al 2014

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Sett	Ott	Nov	Dic
1988								■				
1989						■	■					
1990												
1991						■	■	■				
1992												
1993												
1994												
1995												
1996												
1997								■	■			
1998												
1999												
2000						■						
2001						■	■					
2002						■	■	■				
2003						■	■					
2004						■						
2005												
2006											■	■
2007	■	■	■	■	■							
2008												
2009												
2010												
2011												
2012												
2013												
2014								■				

## 7.2 FIORITURA MICROALGALE ROSA

Nel periodo autunnale, il giorno 20/11/2014 a Cesenatico (Figura 88) a ridosso del portocanale e nei primi metri da riva si è verificata un'anomala colorazione delle acque dovuta alla presenza in forti concentrazioni di una microalga nota con il nome di *Polykrikos* spp. Questa Dinoflagellata, pur riducendo la trasparenza e colorando l'acqua di rosa, non ha fatto registrare livelli di sovrasaturazione dell'ossigeno disciolto dal momento che questo taxa è eterotrofo. L'abbondanza elevata (più di  $1.0 \times 10^8$  cell/l). Questo fenomeno è stato di breve durata, infatti già nei giorni seguenti è andato scemando senza innescare condizioni anossiche localizzate..

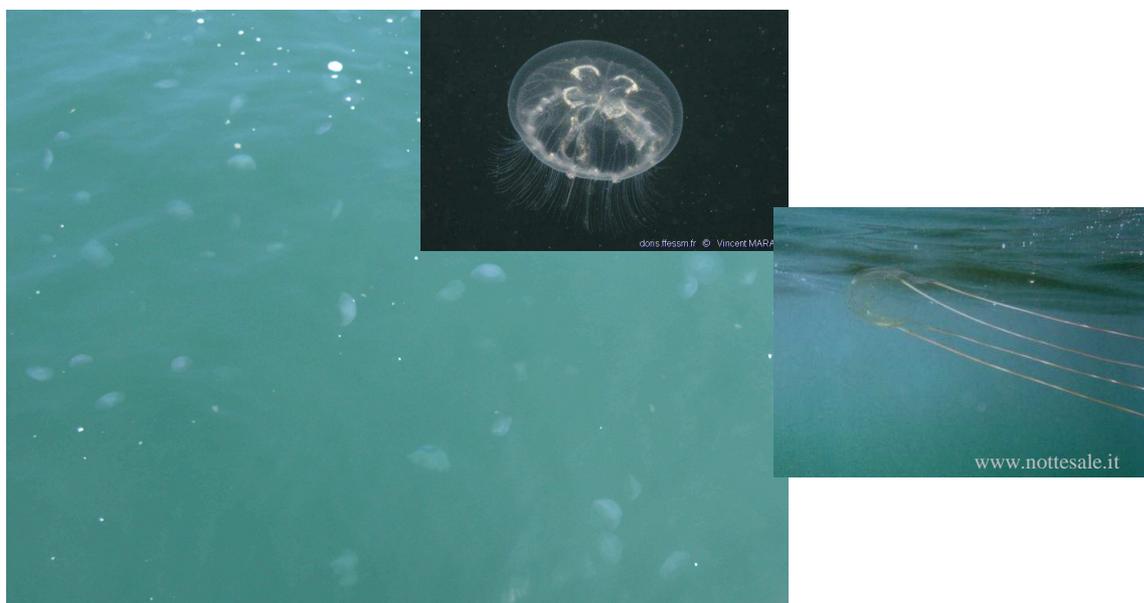


**Figura 117 - Fioritura di *Polykrikos* spp. a ridosso del portocanale di Cesenatico il 22/11/2014 nel riquadro un esemplare di *Polykrikos* spp. fotografato al microscopio ottico**

### 7.3 MEDUSE

Nei primi giorni di giugno 2014 sono stati segnalati i primi avvistamenti di meduse appartenenti alla specie *Aurelia aurita* Linnaeus, 1758 (Figura 118), dapprima al largo e poi in seguito anche sotto costa. Questa medusa non urticante è conosciuta anche con il nome di medusa quadrifoglio per gli evidenti 4 cerchi (gonadi) ben visibili sul dorso. Questa specie ormai da un po' di anni compie sciamature sotto costa nel mese di giugno.

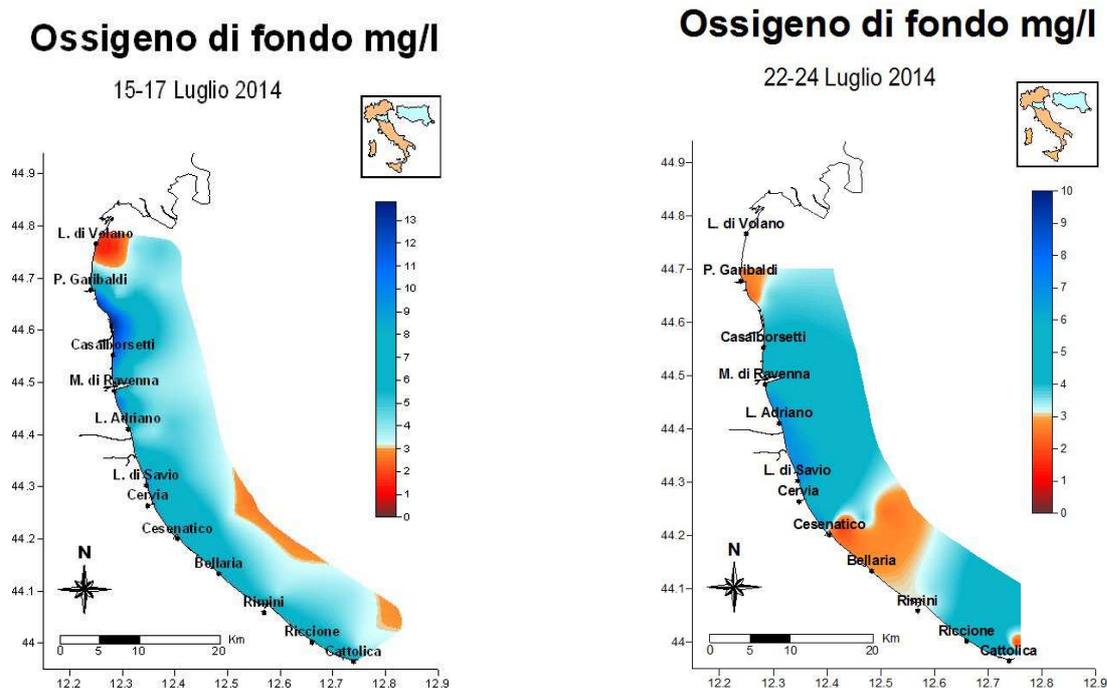
Per tutto il mese di luglio si sono verificate anche localizzate presenze sotto costa della cubo medusa *Carybdea marsupialis* Linnaeus, 1758, (specie urticante). Questa specie (Figura 118) è dotata di ombrella cubica trasparente (con dimensione fino a 3 cm). I tentacoli trasparenti sono quattro, lunghi dieci volte il corpo non vanno oltre i 30 cm negli esemplari più grandi.



**Figura 118 – Numerosi esemplari di *Aurelia aurita* e sulla destra *Carybdea marsupialis***

## 7.4 SPIAGGIAMENTO DI PESCE

Un anomalo spiaggiamento di pesce di fondo si è verificato sulla spiaggia di Pinarella di Cervia (Ra) nella giornata del 21 luglio. Le condizioni di scarsa ossigenazione dei fondali nelle zone vicine che caratterizzavano il periodo (Figura 119) hanno provocato stati di sofferenza a livello del fondale a carico degli bentonici. In seguito venti di libeccio hanno contribuito al verificarsi dello spiaggiamento, portando alla risalita di acque di fondo povere di ossigeno e ricche di pesci boccheggianti.



**Figura 119 – Mappe riportanti le concentrazioni di ossigeno sul fondo nel periodo precedente (15-17 luglio) e successivo (22-24 luglio) allo spiaggiamento**



**Figura 120 – Spiaggiamento di pesci del 22/07/2014 (Pinarella di Cervia)**

## 7.5 FORMAZIONE DI SCHIUME

Il fenomeno si è verificato alla fine di ottobre ed ha interessato la zona a ridosso del portocanale di Cesenatico lato ponente. Come già verificatosi nel 2011 (stesso periodo), il fenomeno si è manifestato con una cospicua presenza di materiale schiumoso in superficie. Detto materiale era composto da sostanze organiche generate da microalghe (Diatomee). Infatti in quei giorni, le acque erano caratterizzate da fioriture fitoplanctoniche sostenute prevalentemente da Diatomee e conseguentemente ricche di sostanza organica particellata.

La presenza del forte vento di maestrale (direzione Nord Ovest) contribuiva a “shakerare” lo strato d’acqua superficiale ed a formare il materiale schiumoso; sospinto dal vento si accumulava all’interno delle barriere frangiflutti ed a ridosso del portocanale.

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



**Figura 121 - Materiale organico schiumoso a ridosso del porto canale di Cesenatico (27 ottobre 2014)**

**Arpae - Agenzia Regionale Prevenzione Ambiente Energia 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)