



Qualità ambientale delle acque marine in Emilia-Romagna

Rapporto annuale 2010





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



Qualità ambientale delle acque marine in Emilia-Romagna

Rapporto annuale 2010



Finito di stampare nel mese di ottobre 2011

Presso il Centro Stampa della Giunta Regionale

SOMMARIO

PRESENTAZIONE	1
INTRODUZIONE	3
1 QUADRO NORMATIVO.....	5
2 QUADRO CONOSCITIVO	7
2.1 Il mare Adriatico: caratteristiche generali	7
2.2 La fascia costiera emiliano-romagnola	8
2.2.1 Le pressioni	8
2.2.2 La qualità delle acque marino costiere	10
2.2.3 La circolazione geostrofica e le discontinuità strutturali della fascia litoranea.....	11
2.2.4 I corpi idrici	13
3 METODICHE DI CAMPIONAMENTO E DI ANALISI.....	15
3.1 Metodi di campionamento.....	15
3.1.1 Prelievo sedimento.....	15
3.1.1.a Prelievo per l'analisi quali-quantitativa del macrozoobentos	15
3.1.1.b Prelievo per le indagini chimiche e chimico fisiche	15
3.1.2 Prelievo acqua.....	15
3.1.2.a Prelievo dei campioni per l'analisi quali-quantitativa del fitoplancton	15
3.1.2.b Raccolta e trattamento dei campioni per la determinazione dei sali nutritivi.....	16
3.1.2.c Prelievo dei campioni per le indagini chimiche.....	16
3.2 Metodi analitici	16
3.2.1 Matrice acqua.....	16
3.2.1.a Indagini chimico/fisiche	16
3.2.1.b Ricerca microinquinanti organici e inorganici.....	17
3.2.1.c Determinazione dei sali nutritivi	18
3.2.1.d Analisi quali-quantitativa del Fitoplancton	18
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
4 LO STATO TROFICO	21
4.1 Rete di monitoraggio	21
4.1.1 Parametri e frequenza di campionamento	23
4.2 Rassegna degli eventi eutrofici del litorale emiliano-romagnolo	26
4.3 Elaborazione bollettino.....	35
4.4 Monitoraggio e risultati.....	37
4.4.1 Parametri idrologici	37
4.4.1.a Temperatura.....	37
4.4.1.b Salinità.....	39
4.4.1.c Ossigeno disciolto	43

4.4.1.d	Clorofilla “a”	47
4.4.2	Elementi nutritivi	51
4.4.2.a	Azoto nitrico (N-NO ₃)	51
4.4.2.b	Azoto nitroso (N-NO ₂)	54
4.4.2.c	Azoto ammoniacale (N-NH ₃)	56
4.4.2.d	Azoto totale (N Tot)	61
4.4.2.e	Fosforo reattivo (P-PO ₄).....	63
4.4.2.f	Fosforo totale (P Tot)	66
4.4.2.g	Silice reattiva (Si-SiO ₂)	70
4.4.2.h	Rapporto N/P (frazione solubile).....	72
4.4.2.i	Evoluzione trofo-dinamica del sistema in termini di limitazione-efficienza	74
4.5	Definizione dello Stato Trofico	76
4.5.1	Approccio metodologico di sviluppo e applicazione dell'Indice Trofico (TRIX).....	76
4.5.2	Indice di Torbidità (TRBIX).....	80
5	LO STATO DI QUALITÀ AMBIENTALE	83
5.1	Rete di monitoraggio	84
5.2	Analisi dei risultati.....	87
5.2.1	Elementi di Qualità Biologica (EQB)	87
5.2.1.a	Fitoplancton.....	87
5.2.1.b	Macrozoobenthos	95
5.2.2	Elementi di qualità chimico-fisica e idromorfologici.....	106
5.2.2.a	Elementi di qualità chimico-fisica	106
5.2.2.b	Elementi di qualità idromorfologica e fisico-chimici dei sedimenti.....	115
5.2.3	Inquinanti specifici non appartenenti all'elenco di priorità.....	116
5.2.3.a	Sostanze ricercate nei sedimenti.....	116
5.2.4	Inquinanti specifici appartenenti all'elenco di priorità.....	120
5.2.4.a	Sostanze ricercate nel sedimento	120
5.2.4.b	Sostanze ricercate nel biota	122
5.2.5	Test ecotossicologici.....	122
6	RETE DI MONITORAGGIO VITA MOLLUSCHI	125
7	EMERGENZE E ANOMALIE AMBIENTALI	127
7.1	Spiaggiamento di alacce e tartarughe	127
7.2	Proliferazione della macroalga <i>Enteromorpha multiramosa</i>	129
7.3	Spiaggiamento <i>Lentidium mediterraneum</i>	130
7.4	Presenza meduse	131

HANNO CONTRIBUITO:

Parametri chimico-fisici delle acque:

Margherita Benzi
Giuseppe Montanari
Cristina Mazziotti
Sandro Tarlazzi

Determinazione della biomassa fitoplanctonica:

Claudio Silvestri
Cristina Mazziotti

Determinazione macrozoobenthos:

Cristina Mazziotti

Analisi dei nutrienti e granulometria:

Paola Martini
Sandro Tarlazzi
Carla Rita Ferrari

Indagini ecotossicologiche:

Cristina Mazziotti
Paola Martini
Margherita Benzi

Determinazione dei microinquinanti

Laboratori integrati delle Sezioni Provinciali Arpa di Ferrara e Ravenna

Stesura testo, elaborazione grafica e statistica:

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

Segreteria organizzativa:

Alessandra Tinti

Struttura Oceanografica Daphne

Arpa - Emilia-Romagna

V.le Vespucci, 2 - 47042 Cesenatico FC

daphne@arpa.emr.it <http://www.arpa.emr.it/daphne/>

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

PRESENTAZIONE

Il rapporto annuale 2010 sullo stato ambientale delle acque marine, predisposto dalla Struttura Oceanografica Daphne facente capo all'Arpa Emilia-Romagna, rappresenta il risultato di un impegnativo lavoro applicato all'Adriatico nord-occidentale a conferma del forte impegno che questa Regione da anni dedica alle attività di studio e di monitoraggio dello stato ambientale del proprio ecosistema marino. Il patrimonio di conoscenze acquisito permette di dare un quadro completo e aggiornato dei fenomeni che si presentano ed è alla base di razionali strategie di intervento e di difesa al fine di mitigare, meglio ancora risolvere, le problematiche che spesso ricorrono possono generare processi indesiderati quali in particolare, il problema dell'eutrofizzazione. Il presente Rapporto contiene la distribuzione spaziale e temporale delle fenomenologie e le tendenze a lungo periodo dei vari parametri rilevati; informazioni importati sia per misurare l'efficacia delle azioni intraprese che per attuare una corretta comunicazione. Questo approccio ha sempre contraddistinto l'attività della Struttura Oceanografica Daphne comunicando attraverso dettagliati bollettini in internet in "tempo reale" le condizioni rilevate settimanalmente.

Il Rapporto ha mantenuto l'impostazione data nel 2009, estendendo le osservazioni riportate oltre allo stato trofico anche ad altre indagini rivolte al complessivo Stato di Qualità Ambientale, focalizzando l'attenzione sui livelli di inquinamento nelle matrici acqua – sedimenti – organismi marini. Tutto questo anche al fine di ottemperare alle nuove indicazioni che sono emerse dalle recenti Direttive Comunitarie in materia di conservazione degli ecosistemi marini. Un lavoro impegnativo che pone sul tavolo delle conoscenze un corposo pacchetto di informazioni la cui utilità, come già riportato sopra, travalica gli aspetti informativi rivolti al mondo della ricerca e agli organismi tecnici preposti al controllo del territorio. Un utile insieme di riferimenti che possono consentire alle Pubbliche Amministrazioni una più mirata pianificazione degli interventi da attuare e di valutarne nel tempo l'efficacia.

Per quanto concerne la condizione di carattere generale sullo stato ambientale delle nostre acque costiere nel 2010, come si potrà evincere leggendo questo rapporto, è stato un anno con luci e ombre. Fenomeni eutrofici si sono sviluppati in diverse aree da gennaio ad aprile per poi ripresentarsi in luglio. L'anomalo andamento di portata dei fiumi, in particolare del Po, con i valori maggiori registrati nei mesi di maggio e giugno ha innescato tali eventi che sono poi sfociati nello sviluppo di condizioni di sottosaturazione di ossigeno disciolto nelle acque di fondo, non solo nell'area settentrionale generalmente più sensibile al fenomeno, ma anche nelle aree centrali e meridionali.

Riemerge con forza un concetto già espresso in più occasioni, quello di agire con interventi strutturali mirati al contenimento di sostanze eutrofizzanti su scala di bacino padano. Questo anche nella convinzione che la coniugazione tra apporti fluviali e mare Adriatico rappresenti il vero ecosistema di area vasta sul quale occorre rivolgere ancora la nostra attenzione.

Sabrina Freda

Assessore

Ambiente e riqualificazione urbana

Regione Emilia-Romagna

INTRODUZIONE

I rapporti annuali della Struttura Oceanografica Daphne, redatti dal 1981, hanno da sempre fatto riferimento ai dati raccolti in occasione delle attività di monitoraggio, ricerca e studio dei processi di eutrofizzazione. La disamina dei parametri indicatori di tale stato, le loro tendenze nel tempo e nello spazio, gli impatti ambientali ad essi collegati rappresentano i principali *focus* da noi presi in considerazione. Tra tutti si ricordano le anomale colorazioni delle acque, gli stati di sottosaturazione di ossigeno disciolto nelle acque di fondo, le morie di organismi bentonici. Ampi riferimenti sono stati nel tempo rivolti agli affioramenti di aggregati mucillaginosi negli anni in cui tale fenomeno si è manifestato. Una visione quindi molto settoriale, specialistica che ha nel tempo impresso alla nostra Struttura una forte caratterizzazione verso quei settori connessi ai fenomeni di eutrofizzazione e ai rapporti causa-effetto delle sostanze scatenanti.

Dal 2009 il rapporto annuale ha cambiato contenuto, si è voluto ampliare la nostra rappresentazione ad altre tematiche, sempre connesse allo stato ambientale della fascia di mare della nostra Regione, soprattutto in risposta alle recenti normative emanate. Con il rapporto annuale 2010 si è cercato di migliorare ulteriormente, mantenendo una distinzione tra lo stato trofico e lo stato di qualità ambientale. Il primo, richiesto in particolare dalla normativa regionale essendo i fenomeni eutrofici i problemi principali del sistema marino costiero regionale e alla cui conoscenza e controllo la Struttura Daphne concentra maggiormente le proprie attenzioni. Il secondo tratta i livelli di inquinamento delle matrici acqua, sedimenti e biota con l'intento di definirne lo Stato di Qualità Ambientale attraverso una analisi integrata degli elementi biologici, idromorfologici, fisico-chimici e dei principali inquinanti. Una visione quindi che tende ad avvicinarsi ad un approccio conoscitivo sempre più ecosistemico. Il tutto anche in ottemperanza a normative di recente emanazione che nei settori inerenti le acque marine pongono nuovi criteri di valutazione dello stato ecologico con l'obiettivo, non secondario, di avviare fasi di recupero e di mitigazione di situazioni compromesse dalle pressioni antropiche.

Allo scopo di conservarne la memoria, vengono altresì rappresentati e descritti in sintesi quegli eventi che potremmo definire in maniera generica come "anomalie ambientali". Nel 2010 si sono distinti a tal riguardo: una diffusa moria di alacce o aringa mediterranea (*Sardinella aurita*) e una abnorme proliferazione di macroalghe appartenenti al genere *Enteromorpha multiramosa*. Senza scendere in dettagli, in quanto ampiamente descritti nei paragrafi di riferimento, è da evidenziare che tali eventi hanno in genere un forte impatto sui media, sull'opinione pubblica e sui portatori di interesse coinvolti nelle attività turistico-balneari. È importante in questi casi dare risposte sul fenomeno in atto, spiegarne le cause. La mancanza di un rapporto diretto e trasparente porta in questi casi a una esasperante impennata di ipotesi e scenari inutilmente allarmistici e non coerenti con la realtà.

Complessivamente le uscite giornaliere del Battello Oceanografico "Daphne II" nel 2010 sono state 122. Tutto questo vuole essere il significato di questo rapporto, un nuovo approccio verso una visione più ecosistemica dello stato di qualità ecologica dell'Adriatico nord-occidentale.

1 QUADRO NORMATIVO

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

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

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

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

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

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

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

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

Nel 1999 viene pubblicato il D.Lgs 152, un importante documento di legge in materia di tutela delle acque dall'inquinamento.

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 e garantire 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 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 fosse integrata dal giudizio emergente dalle indagini sul biota e sui sedimenti.

Gli elementi che concorrono alla definizione dell'Indice trofico sono la clorofilla "a", l'ossigeno disciolto, il fosforo e l'azoto (tab.16 D.Lgs 152/99). 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 marino-costiere.

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

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. 350/10 dell'8 febbraio 2010 ha approvato le attività svolte per l'implementazione della D. 2000/60/CE ai fini dell'adozione dei Piani di gestione dei Distretti idrografici Padano, Appennino settentrionale e Appennino centrale approvando le procedure, i criteri metodologici e le risultanze delle attività di tipizzazione, di individuazione e caratterizzazione dei corpi idrici e di definizione della rete di monitoraggio di prima individuazione e i relativi programmi di monitoraggio.

Di recente emanazione è il D. 260/10 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. Tale decreto definisce le modalità per la classificazione dei corpi idrici da effettuare al termine del ciclo di monitoraggio.

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

Il perseguimento o mantenimento di tale obiettivo deve avvenire attraverso l'elaborazione e l'attuazione di strategie finalizzate a proteggere e preservare l'ambiente marino, a prevenirne il degrado oltre che a ridurre gli apporti 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 km², con una superficie pari ad 1/19 di quella del Mediterraneo (2.504.000 km²). Ha un volume di 36.000 km³ corrispondente a 1/103 dell'intera massa acquee mediterranea (3.700.000 km³). 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 settentrione 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.

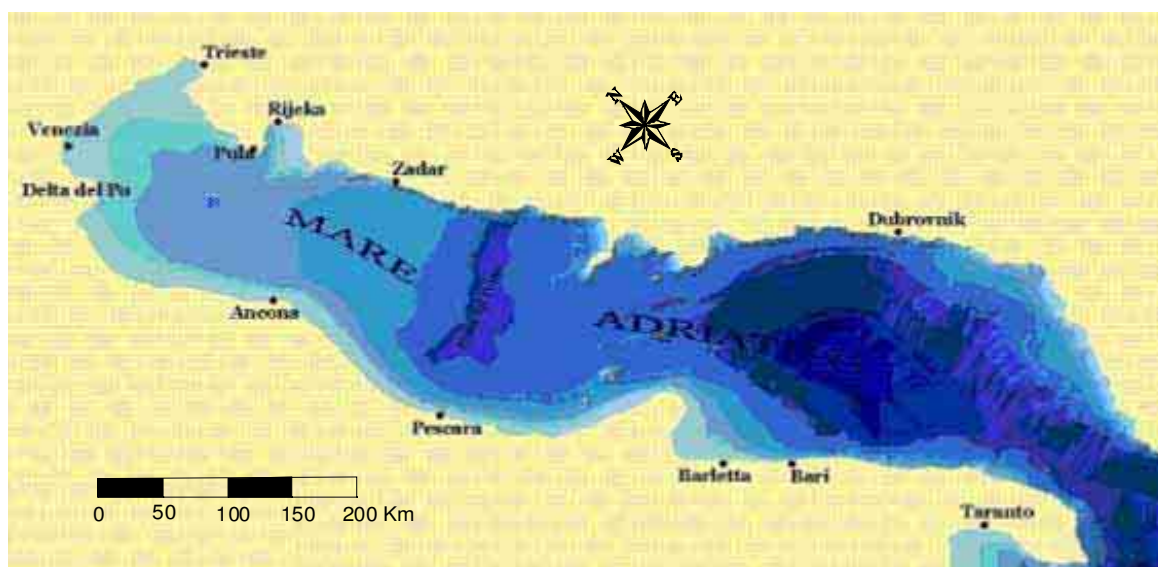


Figura 1 - Rappresentazione morfologica e batimetria del mare Adriatico.

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 m³/sec), termina la sua corsa verso il mare in un delta formato da 5 diramazioni principali. Il trasporto solido del Po ha nel tempo generato una vasta area deltizia il cui territorio protende verso est per circa 23 km.

Le coste si presentano basse, regolari e sabbiose su gran parte del versante italiano, 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, continua poi parallelamente alla costa per buona parte della lunghezza dell'Adriatico. Superata la fascia occupata dai fanghi, sempre procedendo lungo la nostra direttrice verso il versante orientale, ritroviamo ancora sedimenti pelitico-sabbiosi per una larghezza di diversi chilometri e quindi sabbie fin contro la costa croata.

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

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

2.2 LA FASCIA COSTIERA EMILIANO-ROMAGNOLA

2.2.1 Le pressioni

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

Le zone prospicienti al delta del Po e la costa emiliano-romagnola, essendo investite direttamente dagli apporti del bacino idrografico padano veicolati dal Po nonché dagli apporti dei bacini costieri, sono maggiormente interessate a processi di eutrofizzazione. L'influenza e l'effetto dell'apporto del bacino padano sull'area costiera, si evincono 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 veicolata dal fiume Po (1500 m³/sec come media annuale nel lungo periodo e 1933 m³/sec come media annuale nel 2010), 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).

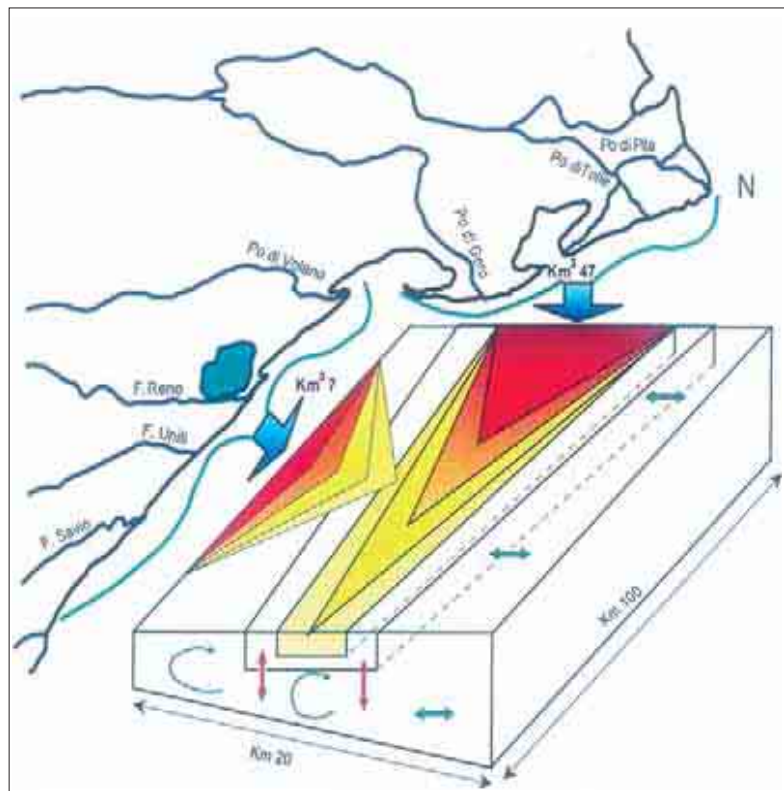


Figura 2 - Modello di distribuzione del gradiente degli inquinanti e dei fattori nutritivi veicolati dal bacino Padano e da quelli costieri.

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

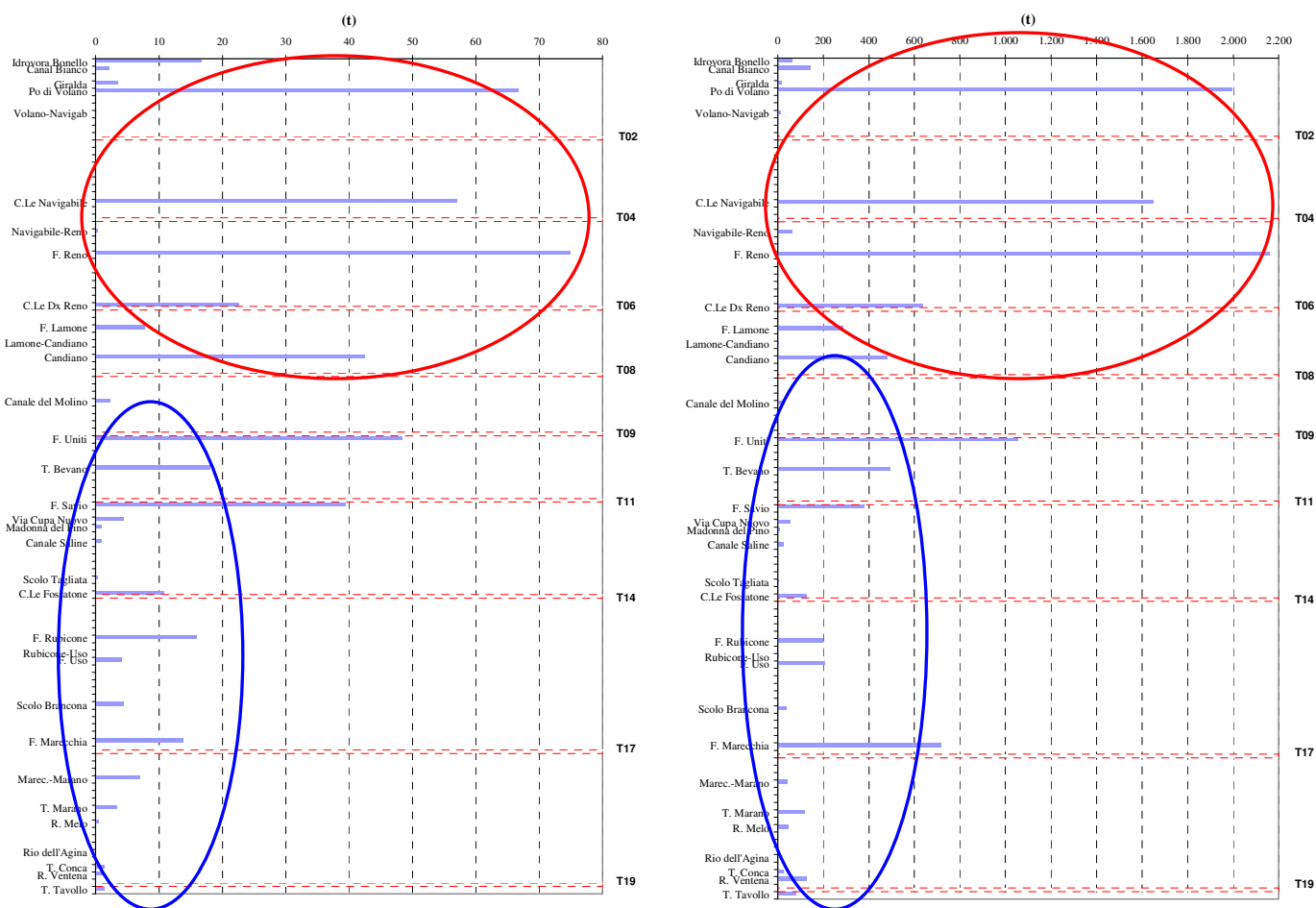


Figura 3 - Carichi di fosforo (diagramma a sinistra) e di azoto (diagramma a destra) sversati dalle varie immissioni lungo la costa – totale annuo

2.2.2 La qualità delle acque marino costiere

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

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

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

Nel periodo estivo, con la riduzione degli apporti dal bacino padano ed in seguito alla modificazione della circolazione delle masse d'acqua, il miglioramento dello stato qualitativo

ambientale interessa anche le zone del ferrarese, mentre i processi eutrofici si localizzano nella zona a ridosso del delta del fiume Po.

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

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

L'Indice Trofico medio annuale (TRIX) è stato e rimane il principale indicatore per la valutazione dello stato di qualità ambientale per le acque marino-costiere.

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

2.2.3 La circolazione geostrofica e le discontinuità strutturali della fascia litoranea

In una zona costiera dove l'influenza degli apporti fluviali è dominante e la stratificazione in temperatura è rilevante, l'informazione del campo di temperatura e salinità può essere tradotta in quella del campo di velocità associato alle correnti cosiddette "geostrofiche". La parola viene dal greco e significa "terra che gira": infatti per ottenere una relazione tra temperatura, salinità e correnti si suppone che i gradienti di temperatura e salinità 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 vortice in oceanografia ed in particolare in questo caso, vortice anticiclonico; non è sempre presente e la circolazione presenta dei cambiamenti repentini in 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 per i 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 verso costa e limitano verso costa una zona di alta temperatura e bassa salinità che naturalmente 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. Il vortice 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 ma persiste una condizione di confinamento delle acque di tipo fluviale e ad alta temperatura verso la costa.

Nella zona a sud di Ravenna e Lido Adriano le correnti sono generalmente verso sud e dell’ordine di 5-10 cm/sec tutto l’anno. È questa un segmento della famosa corrente del nord Adriatico, chiamata 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 la corrente 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.

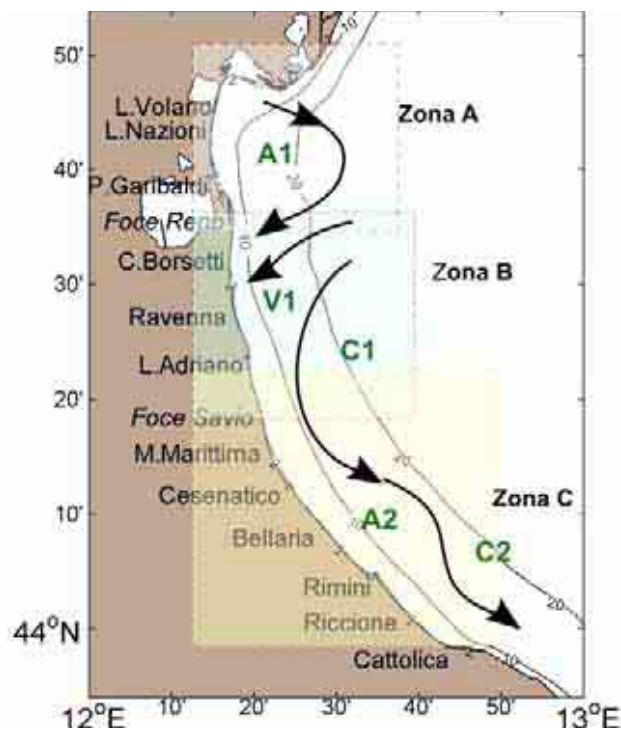


Figura 4 - Schema della circolazione climatologica dell’Emilia Romagna alla superficie

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 susseguente 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 centrata attorno a Ravenna fino a Lido Adriano (zona B) e la terza a sud di Lido Adriano (area C). Nella zona A esiste un vortice anticiclonico (chiamato A1 nella Figura 4)

più o meno sviluppato nei vari mesi dell'anno. Nei mesi di aprile, maggio, agosto, novembre e dicembre il vortice è ben sviluppato ed è addossato alla costa.

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

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

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

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



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

2.2.4 I corpi idrici

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

La fase successiva è stata quella di individuare i corpi idrici. I “corpi idrici” sono le unità a cui fare riferimento per la verifica della conformità con gli obiettivi ambientali definiti nel D.Lgs 152/06.

La corretta identificazione dei corpi idrici 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.Lgs 152/06.

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 km², 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 km² e riceve il contributo dei bacini idrografici dei Fiumi Uniti/Savio e del Conca/Marecchia.

WGS84

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

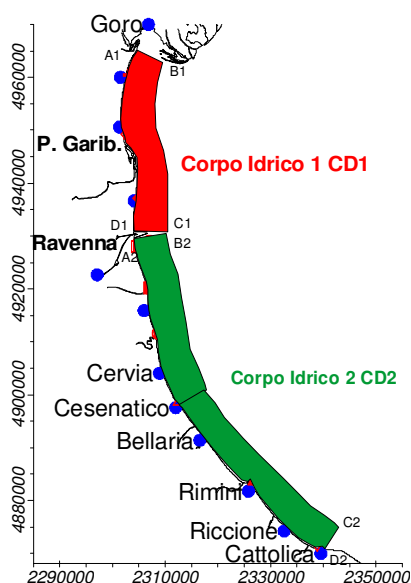


Figura 6 - Rappresentazione cartografica dei corpi idrici delle acque costiere marine dell'Emilia Romagna

3 METODICHE DI CAMPIONAMENTO E DI ANALISI

3.1 METODI DI CAMPIONAMENTO

3.1.1 Prelievo sedimento

3.1.1.a Prelievo per l'analisi quali-quantitativa del macrozoobentos

Il prelievo dei campioni è effettuato mediante l'utilizzo della benna di Van Veen di 0,112 m². 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 0,5 mm. I campioni sono quindi trasferiti in barattoli di plastica di forma circolare opportunamente etichettati, successivamente fissati per 48 ore con una soluzione tamponata di formaldeide al 5%; trascorso tale intervallo di tempo gli organismi sono estratti e sciacquati con una soluzione acquosa di etanolo e in seguito riposti in una soluzione conservante finale costituita da etanolo al 70%.

3.1.1.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 m² 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.

3.1.2 Prelievo acqua

3.1.2.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 può utilizzare una bottiglia di Niskin.
Per indagini di tipo qualitativo lungo tutta o parte della colonna d'acqua viene utilizzato un retino di Nylon con maglie di diametro di 20 µm.

3.1.2.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 non deve essere filtrato il campione.

3.1.2.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 si raccomanda di:

- 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.

3.2 METODI ANALITICI

3.2.1 Matrice acqua

3.2.1.a Indagini chimico/fisiche

Parametro	Metodo analitico
Temperatura	Utilizzo di Sonda multiparametrica Idronaut mod. Ocean Seven 316 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	
Torbidità	
Trasparenza	Disco di Secchi
Clorofilla "a" profilo verticale	Fluorimetro "Sea Point" abbinato alla sonda multiparametrica Idronaut mod. Ocean Seven 316
Clorofilla "a" concentrazione	Metodo fluorimetrico mediante TURNER 10 AU
Stato di aggregazione e distribuzione sulla colonna d'acqua di aggregati mucillaginosi	Telecamera filoguidata (Fulgore Mare e Telesub Lanterna)

3.2.1.b Ricerca microinquinanti organici e inorganici

Parametro	Metodo analitico	Limite di Rilevabilità (µg/L)
Pesticidi		
2,4'-DDT	<i>Metodi analitici per le acque</i> Vol. 2° 5060 -APAT, IRSA-CNR (2003) (LLE o SPE+GC -NPD o-HPLC-UV o GC-MS)	<0.02
4,4'-DDT		<0.02
2,4'-DDE		<0.01
4,4'-DDE		<0.01
2,4'-DDD		<0.01
4,4'-DDD		<0.01
HCH Alfa		<0.01
HCH Beta		<0.01
HCH Delta		<0.01
Lindano (HCH Gamma)		<0.01
Alaclor		<0.01
Aldrin		<0.01
Dieldrin		<0.01
Esaclorobenzene		<0.01
Atrazina		<0.01
Trifluralin		<0.01
P Clorfeninfos		<0.01
Clorpirifos (Clorpirifos etile)		<0.01
Simazina		<0.01
Pentaclorobenzene		<0.01
Endosulfan	<0.01	
Diuron	(LC-MS)	<0.01
Isoproturon		<0.01
Solventi organici		
Benzene	EPA 5030b	<0.1
1,2-Dicloroetano	EPA 8260b-Purge and trap e GC/MS	<0.3
Tetracloruro di carbonio	EPA 5021	<0.05
Tetracloroetilene	EPA 8015d-GC/FID	<0.05
Tricloroetilene		<0.01
Triclorobenzeni		<0.05
Triclorometano		<0.05
Ftalati		
Di(2-etilesilftalato)	EPA 8270 D REV. 4 2007	<0.4
Alchilfenoli		
4- Nonilfenolo	GC-MS	<0.1
Ottilfenolo 4-(1,1',3,3'-tetrametilbutil-fenolo)	GC-MS	<0.05
Clorofenoli		
Pentaclorofenolo	<i>Metodi analitici per le acque</i> Vol. Secondo N° 5070 APAT, IRSA-CNR (2003)	<0.1
Difenileteri Polibromurati (PBDE)		
Difeniletere bromato (sommatoria congeneri 28, 47, 99,100, 153 e 154)	GC/MS/MS	<0.0001
Policiclici Aromatici		
Fluorantene	<i>Metodi analitici per le acque</i> Vol. II n° 5080 APAT, IRSA-CNR (2003) (LLE o SPE+GC-MS; LLE o SPE+HPLC-UV O HPLC-fluorescenza)	<0.01
Antracene		<0.01
Benzo(a)pirene		<0.01
Benzo(b)fluorantene		<0.01
Benzo(k)fluoranthene		<0.01
Benzo(g,h,i)perilene		<0.01
Indeno(1,2,3-cd)pirene		<0.01
Naftalene		<0.01
Cloroalcani		
Alcani, C10-C13, cloro	HPLC/MS	<0.1
Metalli		

Parametro	Metodo analitico	Limite di Rilevabilità (µg/L)
Cadmio	EPA 6020-ICP/MS	<0.1
Mercurio e composti	3200a1 APAT/IRSA- Vapori freddi	<0.05
Nichel	EPA 6020-ICP/MS	<1
Piombo e composti	EPA 6020-ICP/MS	<1

3.2.1.c Determinazione dei sali nutritivi

Parametro	Metodo analitico	Limite di Rilevabilità (µg/L)
Fosforo e azoto totali e totali solubili	Methods of Seawater Analysis, Grasshoff K, M. Ehrhardt, K. Kremling Eds, Verlag Chemie, Weinheim, 1983. Valderrama J.C., 1981. Mar.Chem.,10 Bran+Luebbe N° G-033-92 C. Bran+Luebbe N° J-002-88 A.	(vedi fosforo e azoto nitrico)
Fosforo reattivo	Bran+Luebbe N° G-175-96-Rev.1.	0.44
Azoto ammoniacale	Bran+Luebbe N° G-171-96-Rev.1.	0.42
Azoto nitroso	Bran+Luebbe N° G-173-96-Rev.1	0.11
Silicati	Bran+Luebbe N° G-177-96-Rev.1	0.28
Azoto nitrico	Bran+Luebbe N° J-002-88 A.	1.40

3.2.1.d Analisi quali-quantitativa del Fitoplancton

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

3.2.2 Matrice sedimento

3.2.2.a Indagini chimico/fisiche

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

3.2.2.b Ricerca microinquinanti organici e inorganici

Sostanza	Metodo analitico	Limite di Rilevabilità
Metalli		(mg/Kg s.s.)
Mercurio	UNI EN 13346/2002. IRSA CNR 32001°.	<0.05
Cadmio	UNI EN 13346/2002-Estrazione microonde.	<0.05
Nichel	EPA 6920-ICP/MS	<1.0
Piombo		<1.0
Arsenico		<0.5
Cromo totale		<5.0

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

3.2.2.c Indagini ecotossicologiche

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

3.2.2.d *Analisi quali-quantitativa del macrozoobentos*

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

3.2.3 **Matrice Biota**

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

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

3.2.4 **Indagini Meteo-marine**

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

4 LO STATO TROFICO

4.1 RETE DI MONITORAGGIO

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

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

- definire intensità ed 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 istituita per il controllo dell'eutrofizzazione (L.R. 39/78, L.R. 3/99 e L.R. 44/95)

Codice Stazione	Località	Prof. metri	Dist. km	LAT WGS84	LON WGS84
2	Lido di Volano	3.9	0.5	44.457656	12.155128
3	Lido Nazioni	5.1	0.5	44.434495	12.150388
4	Porto Garibaldi	3.7	0.5	44.396873	12.154228
5	Foce Reno	5.2	0.5	44.365613	12.174268
6	Casalborsetti	5.2	0.5	44.332012	12.174568
8	Marina di Ravenna	3.5	0.5	44.28299	12.175348
9	Lido Adriano	5.4	0.5	44.240749	12.195387
11	Lido di Savio	3.9	0.5	44.195268	12.208826
12	Cervia	3.5	0.5	44.162989	12.217405
14	Cesenatico	3.1	0.5	44.127226	12.241524
16	Bellaria	4.2	0.5	44.090626	12.283585
17	Rimini	4.3	0.5	44.046585	12.350548
18	Riccione	3.8	0.5	44.016584	12.38289
19	Cattolica	4.1	0.5	43.582924	12.444691
302	Lido di Volano	6.7	3	44.456876	12.174088
304	Porto Garibaldi	9.1	3	44.396934	12.172888
306	Casalborsetti	10.2	3	44.334052	12.193348
308	Marina di Ravenna	8.1	3	44.28899	12.192627
309	Lido Adriano	9.4	3	44.243089	12.213866
314	Cesenatico	8.3	3	44.132626	12.258444
317	Rimini	9.9	3	44.058165	12.359907
319	Cattolica	11	3	43.593664	12.455912
602	Lido di Volano	7.8	6	44.455737	12.196888
604	Porto Garibaldi	12	6	44.397054	12.194968
609	Lido Adriano	11.4	6	44.24549	12.235585
614	Cesenatico	10.2	6	44.139407	12.278603
619	Cattolica	12.1	6	44.006625	12.469712
1002	Lido di Volano	10.1	10	44.454357	12.227489
1004	Porto Garibaldi	14.8	10	44.397175	12.225689
1009	Lido Adriano	15.1	10	44.249031	12.265945
1014	Cesenatico	12.3	10	44.148588	12.305963
1019	Cattolica	13.6	10	44.023846	12.487892
2004	Porto Garibaldi	26.5	20	44.397297	12.301289
2014	Cesenatico	22.0	20	44.17109	12.373884

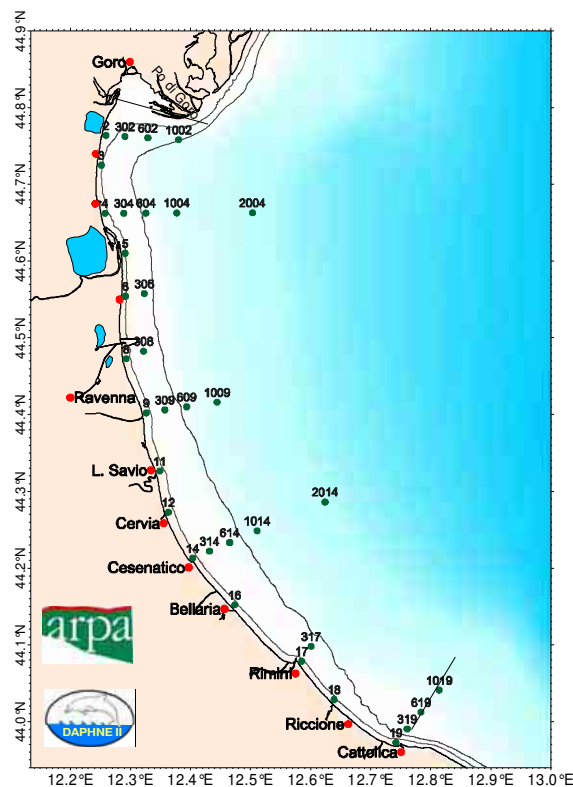


Figura 7 - Rete di monitoraggio per il controllo dell'eutrofizzazione (L.R. 39/78, L.R. 3/99 e L.R. 44/95)

4.1.1 Parametri e frequenza di campionamento

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

Il monitoraggio lungo la costa emiliano-romagnola prevede una frequenza di campionamento quindicinale per i parametri nutrienti (Tabella 2) e fitoplancton mentre per le variabili idrologiche (Tabella 3) la frequenza risulta settimanale nel periodo estivo da giugno a settembre e quindicinale per i restanti mesi.

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

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

Tabella 2 - Nutrienti

Parametro	Unità di Misura
Nitrati	µg/l
Nitriti	µg/l
Ammoniaca	µg/l
Silicati	µg/l
Fosforo reattivo	µg/l
Fosforo totale	µg/l
Azoto totale	µg/l

Tabella 3 - Parametri idrologici

Parametro	Unità di Misura
Temperatura	°C
pH	
Trasparenza	m
Salinità	psu
Ossigeno disciolto	mg/l
Clorofilla "a"	µg/l

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

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

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

Nella Tabella 4 vengono riepilogate le misure effettuate su ogni stazione e la frequenza di campionamento.

Tabella 4 – Schema del piano di monitoraggio per il controllo dell'eutrofizzazione

Codice Stazione	FITOPLANCTON	NUTRIENTI	IDROLOGICI	FREQUENZA DI CAMPIONAMENTO		
				QUINDICINALE	SETTIMANALE *	MENSILE
2	X	X	X	X	X	
3		X	X	X	X	
4	X	X	X	X	X	
5		X	X	X	X	
6	X	X	X	X	X	
8		X	X	X	X	
9	X	X	X	X	X	
11		X	X	X	X	
12		X	X	X	X	
14	X	X	X	X	X	
16		X	X	X	X	
17	X	X	X	X	X	
18		X	X	X	X	
19	X	X	X	X	X	
302		X	X	X	X	
304	X	X	X	X	X	▼
306		X	X	X	X	
308		X	X	X	X	
309	X	X	X	X	X	
314	X	X	X	X	X	▼
317		X	X	X	X	
319	X	X	X	X	X	
602			X	X	X	
604			X	X	X	
609			X	X	X	
614			X	X	X	
619			X	X	X	
1002		X	X	X	X	
1004		X	X	X	X	▼
1009		X	X	X	X	
1014		X	X	X	X	▼
1019		X	X	X	X	
2004		X	X			X▼
2014		X	X			X▼

(*Settimanale da giugno a settembre ; ▼ Misure eseguite sullo strato delle acque di fondo)

4.2 RASSEGNA DEGLI EVENTI EUTROFICI DEL LITORALE EMILIANO-ROMAGNOLO

L'anno 2010 è stato particolarmente critico per i fenomeni eutrofici; hanno interessato sia le aree settentrionali, di solito le più soggette a tali fenomeni, sia le aree meridionali della costa emiliano-romagnola. Tale situazione è stata condizionata dalle anomale portate dei fiumi, in particolare del Po (Figura 30), che hanno presentato picchi nel periodo primaverile (maggio), ma soprattutto nel periodo estivo (giugno e agosto) per poi raggiungere i massimi di portata nel periodo autunnale. Il valore medio di portata annuale del Po di 1933 mc/sec rilevato nel 2010 è leggermente inferiore a quello rilevato nel 2009 (vedi Figura 31), ma ha favorito la crescita di fenomeni eutrofici determinando un significativo innalzamento dei valori medi annui di clorofilla "a" (vedi Figura 51).

L'ecosistema marino in questa zona del nord Adriatico risente di un ambiente al contorno fortemente antropizzato e della presenza di bacini, in particolare quello padano, i cui apporti, confluendo direttamente in mare, influiscono sulla qualità ambientale. Il contributo di acque dolci infatti, quando diventa nel tempo e nelle quantità elemento frequente, contribuisce a delineare situazioni particolari come diluizioni importanti delle acque superficiali e sviluppo di fioriture microalgali per effetto degli elementi eutrofizzanti veicolati (azoto e fosforo), che alimentano e sostengono proprio la componente fitoplanctonica presente in ambiente marino. Quest'ultima, importante e positiva in termini di produttività contemporaneamente però a condizioni idrodinamiche particolari che possono verificarsi durante l'anno, può innescare fenomeni eutrofici estesi in termini spaziali e temporali che portano poi a situazioni di criticità all'interno dell'ecosistema marino per l'instaurarsi di condizioni ipossiche/anossiche nelle acque di fondo.

Il primo monitoraggio del 2010 ha presentato in generale una buona qualità ambientale dell'ecosistema marino costiero da Goro fino a Cattolica con valori medio/bassi degli indici trofici sia nella zona settentrionale sia in quella centro-meridionale; i parametri idrologici non mostravano anomalie rispetto alle medie del periodo. Solamente da segnalare, in particolare nel tratto costiero, dai 500 m ai 3 km, un'importante riduzione della salinità con valori medi compresi tra 27 e 29 psu (Figura 8).

I valori di salinità bassa sono il risultato di elevate quantità di acque dolci immesse in ambiente marino dai bacini costieri; infatti le portate del Po hanno registrato quantità elevate sia negli ultimi giorni del 2009 sia durante la prima settimana del 2010 (vedi Figura 30 e Figura 31). Visivamente durante i monitoraggi si delineavano marcati pennacchi di acque torbide e limacciose stratificate nella parte superficiale della colonna d'acqua in corrispondenza dei fiumi.

Queste considerevoli masse di acque dolci immesse in mare hanno contribuito inoltre ad alimentare la componente fitoplanctonica presente rendendo disponibili nutrienti quali azoto e fosforo indispensabili per l'accrescimento e sviluppo.

Infatti a partire da fine gennaio fino ad aprile si sono registrati elevati valori di clorofilla lungo tutta la costa più o meno in maniera intensa superiori ai 10 µg/l, presentando una caratteristica colorazione verde-marrone delle acque superficiali, sottolineando condizioni marcate di eutrofizzazione; le mappe di distribuzione evidenziano l'estensione dell'evento eutrofico a tutta l'area monitorata (Figura 9).

In questa occasione le analisi quali-quantitative eseguite al microscopio sulla componente fitoplanctonica hanno evidenziato la presenza di elevate concentrazioni di microalghe appartenenti al gruppo Diatomee e più precisamente al genere *Skeletonema* spp. (Figura 10).

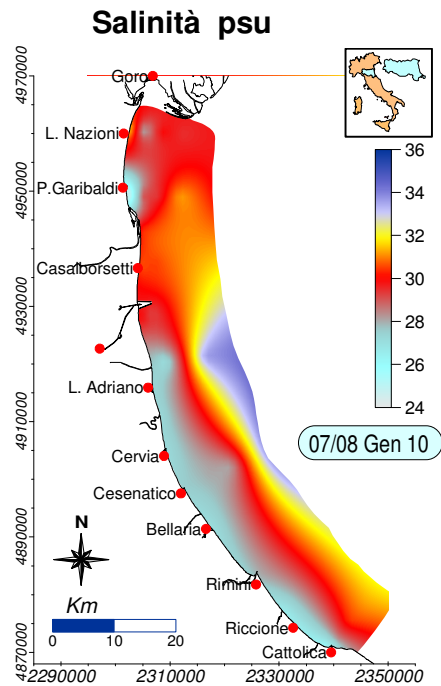


Figura 8 – Mappe di distribuzione della salinità rilevate il 07/08 gennaio da costa fino a 10 km al largo in superficie

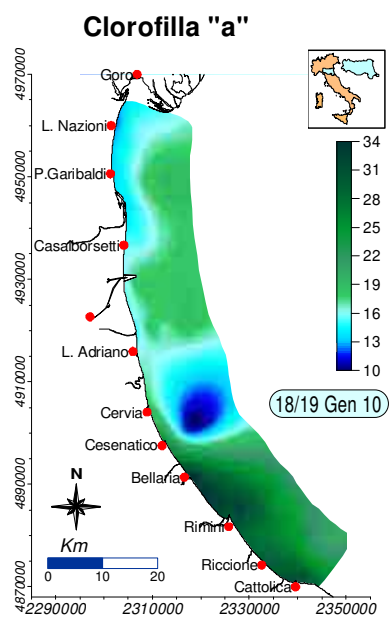


Figura 9 – Mappe di distribuzione della clorofilla “a” (µg/l) rilevate il 17/18 gennaio da costa fino a 10 km al largo in superficie

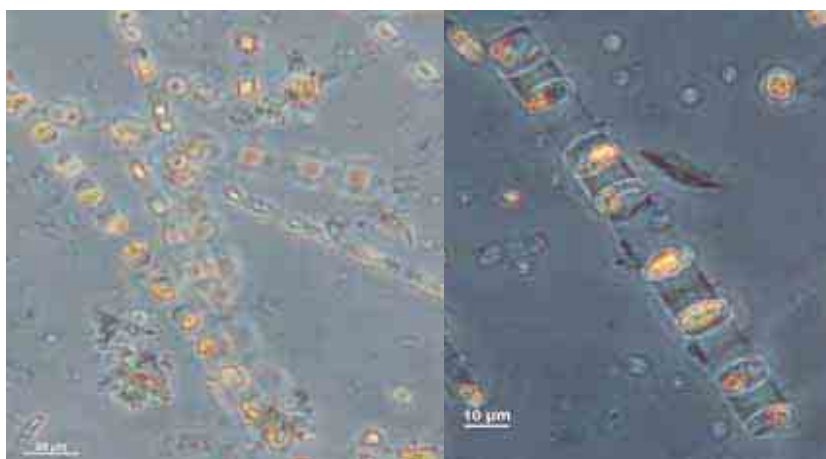


Figura 10 - *Skeletonema* spp. fotografia al microscopio ottico

La salinità bassa registrata a fine gennaio è risultata circa 1/3 inferiore rispetto alla media climatologica confermando l'apporto importante e durevole di acque dolci. Il bloom microalgale in atto anche in febbraio ha portato a registrare valori di clorofilla "a" in media anche due volte superiore al limite della condizione eutrofica, non innescando effetti negativi sull'ecosistema bentonico, infatti le concentrazioni di ossigeno registrate sul fondo risultavano nella norma. Da evidenziare anche la situazione rilevata i primi di febbraio in cui si assiste ad una intensificazione del processo eutrofico nella parte centro-meridionale della costa rispetto a quella settentrionale. Anche la temperatura presentava una situazione diversa nelle due aree con valori di superficie di 4.5 °C nella stazione 8 (Marina di Ravenna) e 9.2 °C nella stazione 2 (Lido di Volano). Nella Figura 11 si allegano le mappe di distribuzione della clorofilla "a" e della temperatura rilevate in superficie.

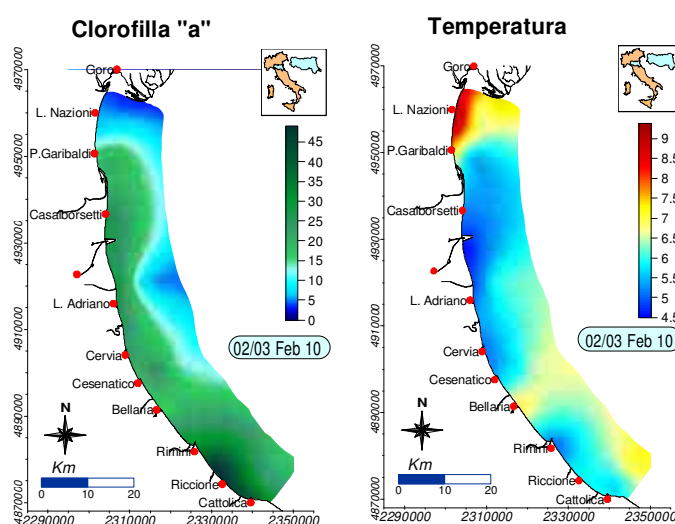


Figura 11 - Mappe di distribuzione della clorofilla "a" (µg/l) e della temperatura (°C) rilevate il 02/03 febbraio da costa fino a 10 km al largo in superficie

L'abbassamento della temperatura, durato per molti giorni, ha causato due eventi anomali; spiaggiamenti di alacce e di tartarughe marine.

Come descritto anche nel paragrafo 7.1, tra gennaio e febbraio si è verificato una rilevante moria e successivo spiaggiamento di alacce (*Sardinella aurita* appartenente alla Famiglia dei Clupeiformi) nel tratto centro-meridionale della costa emiliano-romagnola. Condizioni analoghe sono state segnalate anche nella parte settentrionale del pesarese. Il perdurare dell'anomalia termica nella zona ha costituito il fattore causale di detta moria. Il mare mosso del 6 e 7 febbraio ha poi sospinto verso costa consistenti quantità di alacce. Sempre legata al manifestarsi dell'anomalia termica si sono registrati anche spiaggiamenti di tartarughe marine della specie *Caretta caretta*.

Gli elevati livelli trofici si mantengono fino a marzo, mentre livelli di salinità rimangono in media al di sotto dei 30 psu, segnale di una continua diluizione delle acque; valori molto bassi risultavano soprattutto nella zona nord. In questo periodo è bassa la trasparenza delle acque non solo per la presenza di elevate concentrazioni di fitoplancton, ma anche per la torbidità prodotta da queste consistenti immissioni fluviali.

La condizione di eutrofizzazione registra massimi valori di biomassa microalgale nella zona centrale della costa con indici di clorofilla "a" superiori di 4-5 volte il limite dello strato trofico estesi anche fino a 20 km dalla costa (Figura 12).

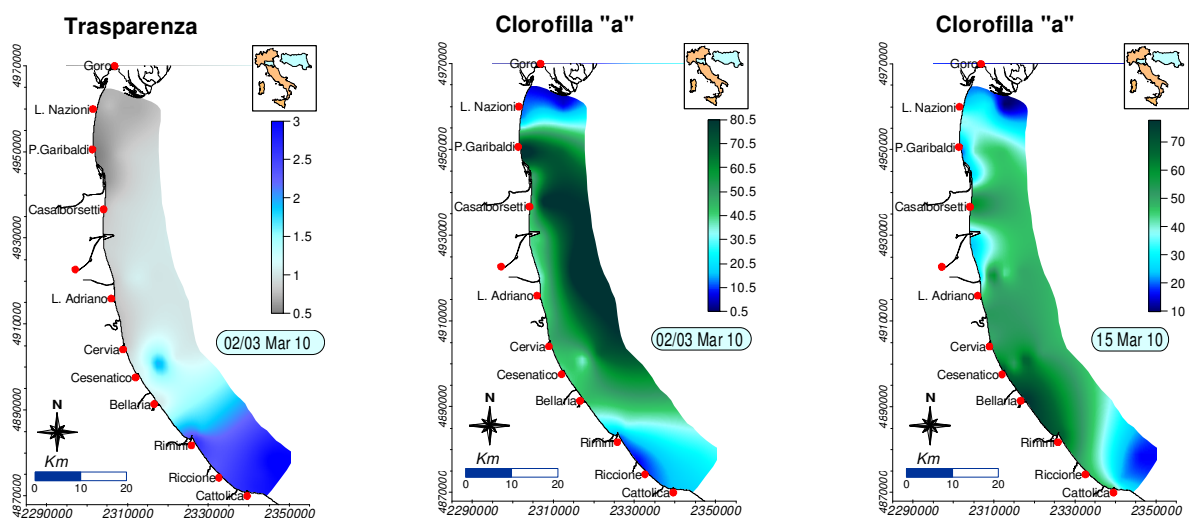


Figura 12 - Mappe di distribuzione della trasparenza (m) e della clorofilla "a" ($\mu\text{g/l}$) rilevate il 02/03 e il 15 marzo da costa fino a 10 km al largo in superficie

In aprile la comunità fitoplanctonica risultava essere rappresentata ancora prevalentemente dalle Diatomee in particolare appartenenti al genere *Chaetoceros* e *Pseudonitzschia* che hanno arricchito le acque superficiali conferendo loro una caratteristica colorazione verde-marrone (Figura 13).

Questa condizione di elevata trofia si è mantenuta fino al mese di maggio nella zona centro settentrionale, mentre nella zona più a sud le acque marino-costiere tendevano ad una buona qualità ambientale. Picchi di clorofilla si sono registrati anche lungo la colonna a 2-4 m di profondità con valori pari a 50-60 $\mu\text{g/l}$.

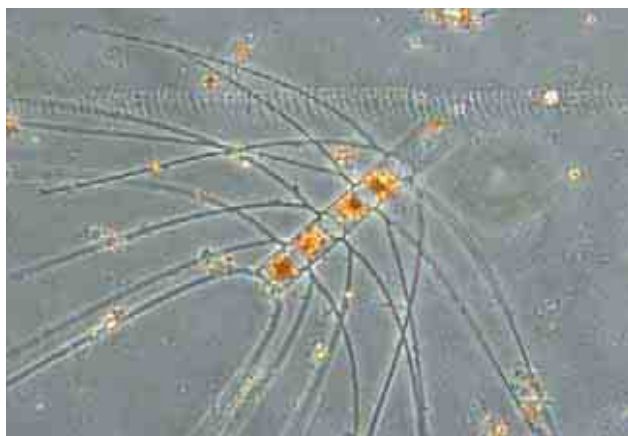


Figura 13 - *Chaetoceros* sp. fotografia al microscopio ottico

Per quanto riguarda l'ossigeno disciolto si registravano valori elevati in molti casi al di sopra del 100% di saturazione lungo tutta la colonna d'acqua a dimostrazione dell'alta produttività delle acque del periodo. Condizioni meteo-marine instabili e correnti da sud-est verso nord-ovest in alcuni momenti durante la stagione primaverile, hanno contribuito a disperdere i fenomeni eutrofici in atto minimizzandone gli effetti soprattutto lungo la colonna, anche se sono continuati gli apporti di acque dolci in particolare in prossimità al delta padano (Figura 14).

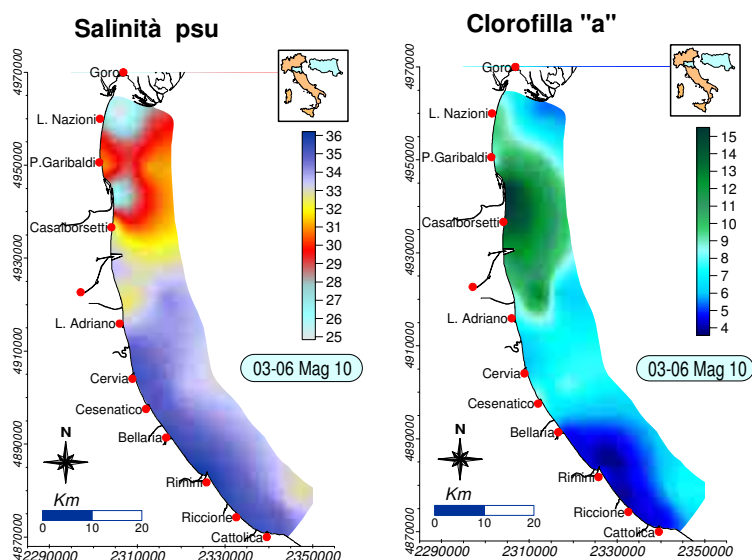


Figura 14 - Mappe di distribuzione della salinità (psu) e della clorofilla "a" ($\mu\text{g/l}$) rilevate il 03/06 maggio da costa fino a 10 km al largo in superficie

La zona più critica in primavera è risultata essere quella intorno a Lido Adriano dove a livello di fondale sono incominciati, anche se in modo sporadico, i primi segnali di sofferenza per la diminuzione di ossigeno fino a valori tendenti all'ipossia.

Nel mese di giugno lo stato ambientale dell'ecosistema marino raggiunge una buona qualità lungo tutta la costa; infatti si assiste ad un ricambio delle masse d'acqua in tutta l'area monitorata favorita da venti da sud e da sud-ovest che hanno contribuito ad aumentare la salinità e la trasparenza delle acque superficiali.

Situazione positiva che però già a fine mese svanisce a causa di nuovi apporti di elementi eutrofizzanti dall'entroterra che innescano lo sviluppo di fioriture microalgali. La salinità assume valori al di sotto dei 30 psu, con un conseguente aumento dei valori di clorofilla "a". Mentre l'elevata trofia delle acque marine rimane circoscritta solo al nord, la zona meridionale per tutta la stagione estiva mantiene bassi i valori di clorofilla "a" e di salinità delle acque superficiali e livelli di ossigeno disciolto nella norma.

In questo periodo tutta la colonna d'acqua è stata interessata da elevata produttività, infatti anche se in superficie i valori di clorofilla erano contenuti, il profilo prodotto con la sonda multiparametrica registrava valori elevati a partire da un metro di profondità e in alcuni casi anche in prossimità del fondale. Tutto questo materiale organico una volta depositato sul fondo ha contribuito ad attivare un importante processo di decomposizione da parte dei microrganismi presenti nei sedimenti; aumentando la richiesta di ossigeno per i processi metabolici innescando una situazione ipossica/anossica, critica per l'ecosistema di fondo.

A fine giugno e per tutto il mese di luglio i controlli in diverse stazioni comprese tra 3 e 10 km dalla costa hanno rilevato a livello di termocline (stratificazione termica della colonna) e sul fondo picchi di clorofilla "a" 3-4 volte superiori a quelli di superficie. Le condizioni meteo-marine stabili del periodo hanno poi favorito l'estensione delle aree ipossiche/anossiche degli strati a ridosso dei fondali (Figura 15).

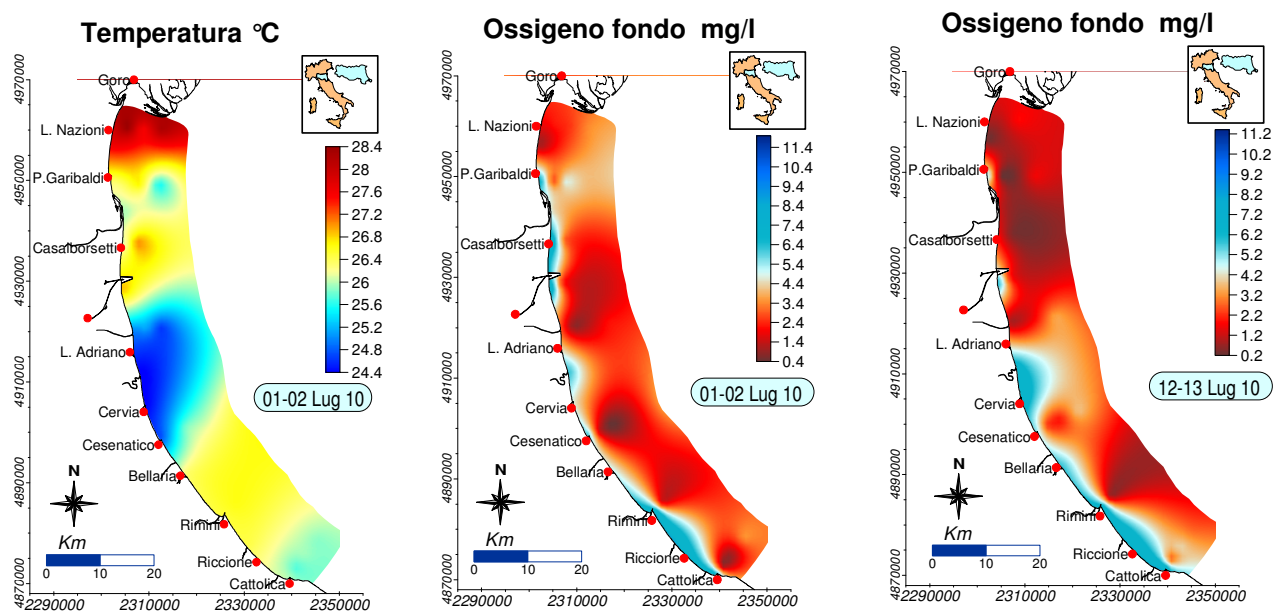


Figura 15 - Mappe di distribuzione della temperatura rilevate e dell'ossigeno di fondo rilevate il 01/02 e il 12/13 luglio da costa fino a 10 km al largo in superficie

A luglio indici trofici in aumento sottolineavano ancora la presenza di concentrazioni elevate di microalghe, in particolare Diatomee prevalentemente appartenenti al genere *Thalassionema* (Figura 16) e di piccoli fitoflagellati di acque dolci; la presenza di questi ultimi sottolineava la presenza di acque dolci immesse in mare. Le acque si manifestavano poco trasparenti e sempre con una caratteristica colorazione verdastra.

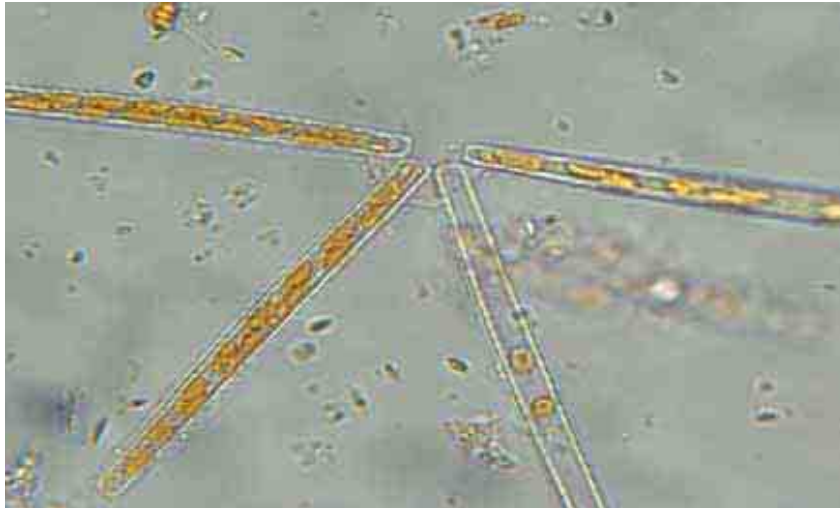


Figura 16 – *Thalassionema nitzschioides* fotografia al microscopio ottico

Tale condizione ha subito un miglioramento grazie alle mareggiate che si sono manifestate nei primi giorni di agosto e allo spirare di venti di Libeccio, che hanno favorito il trasferimento verso costa di acque di fondo ad alta salinità e basse temperature (fenomeno *upwelling*). Tali effetti hanno manifestato la loro efficacia per un breve periodo in quanto il sistema, sensibile all'andamento delle portate fluviali, risulta influenzato ancora da importati immissioni in ambiente marino di notevoli quantità di acque dolci.

Nelle zone costiere più settentrionali il focolaio eutrofico è sempre presente, per generare situazioni ipossiche/anossiche per la concomitante presenza di stasi idrodinamica e alte temperature delle acque.

Come si vede dal grafico di Figura 31 in agosto le portate del Po sono state cospicue raggiungendo in media i 1280.7 mc/sec; da evidenziare il massimo di 2968 mc/sec il giorno 18 agosto, che ha contribuito ad innescare a fine mese lo sviluppo abnorme di fitoplancton, composto in prevalenza da Diatomee, nella zona più settentrionale (Figura 17).

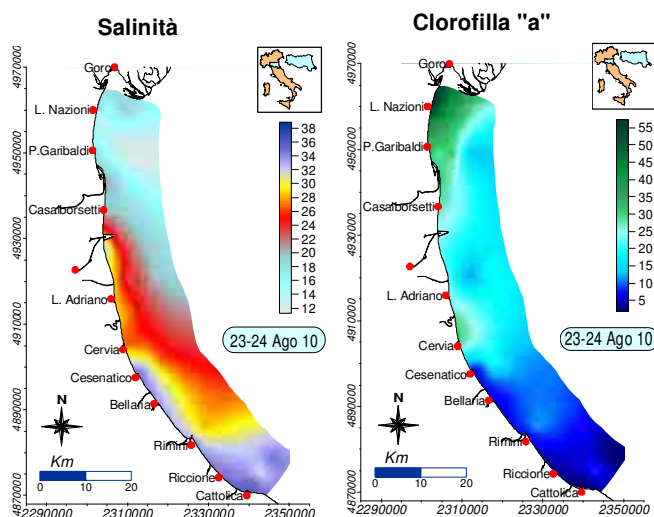


Figura 17 - Mappe di distribuzione della salinità (psu) e della clorofilla "a" ($\mu\text{g/l}$) rilevate il 23/24 agosto da costa fino a 10 km al largo in superficie

La situazione è andata migliorando in settembre; i controlli eseguiti segnalavano in diminuzione sia gli indici trofici sia le condizioni di criticità sul fondo per quanto riguarda i valori di ossigeno. In ottobre si ripete la situazione altalenante osservata per tutto l'anno; per una ripresa degli apporti fluviali si è manifestata una intensa fioritura microalgale di Diatomee appartenenti al genere *Pseudonitzschia* spp. (Figura 18), che ha colorato le acque di verde-marrone. Il ridotto idrodinamismo e marcata stratificazione ialina della colonna d'acqua, hanno determinato l'instaurarsi di condizioni ipossiche/anossiche nelle aree settentrionali, centrali e in una limitata area a 3 km antistante Cattolica.



Figura 18 –*Pseudonitzschia* spp. fotografia al microscopio ottico

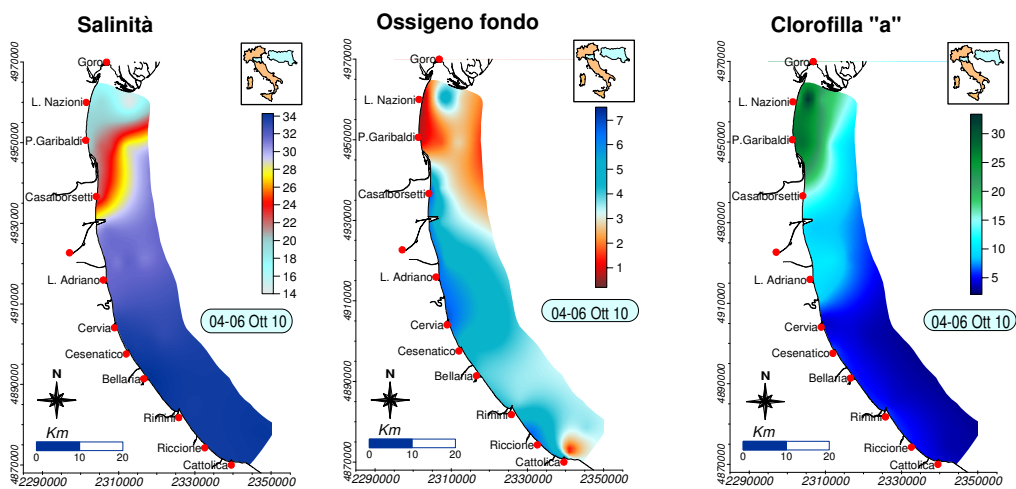


Figura 19 - Mappe di distribuzione della salinità (psu), dell'ossigeno di fondo (mg/l) e della clorofilla "a" (µg/l) rilevate il 04/06 ottobre da costa fino a 10 km al largo in superficie

A novembre rimangono ancora bassi i valori di salinità che alimentano e sostengono la componente microalgale che si sviluppa in fioriture (Diatomee) estese anche alle zone al largo (6-10 km).

Questa condizione si mantiene fino alla fine dell'anno; infatti i controlli di dicembre indicano un ambiente marino-costiero ancora eutrofizzato sia nella zona settentrionale sia in quella più meridionale anche se i parametri rimangono più contenuti (Figura 21). Continuano le immissioni di acque dolci che mantengono diluite le acque superficiali abbassando i valori di salinità rispetto alle medie climatologiche del periodo (Figura 20).

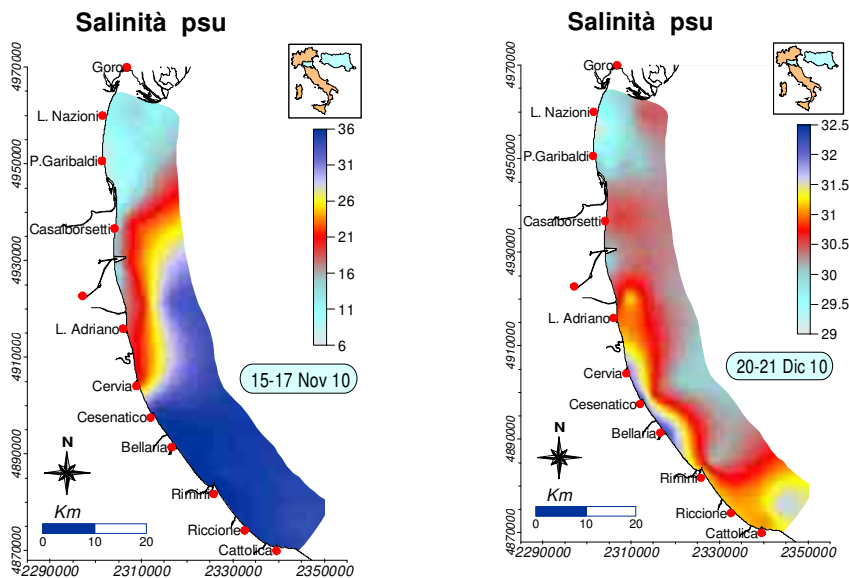


Figura 20 - Mappe di distribuzione della salinità, rilevate il 15/17 novembre e il 20-21 dicembre da costa fino a 10 km al largo in superficie

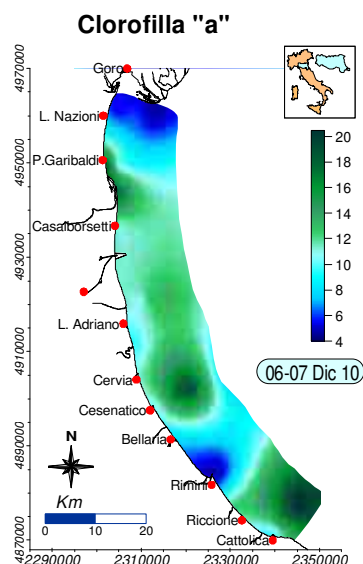


Figura 21 - Mappe di distribuzione della clorofilla "a" (µg/l) rilevate il 06/07 dicembre da costa fino a 10 km al largo in superficie

4.3 ELABORAZIONE BOLLETTINO

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

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

- breve commento con le osservazioni più rilevanti registrate e osservate;
- 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.

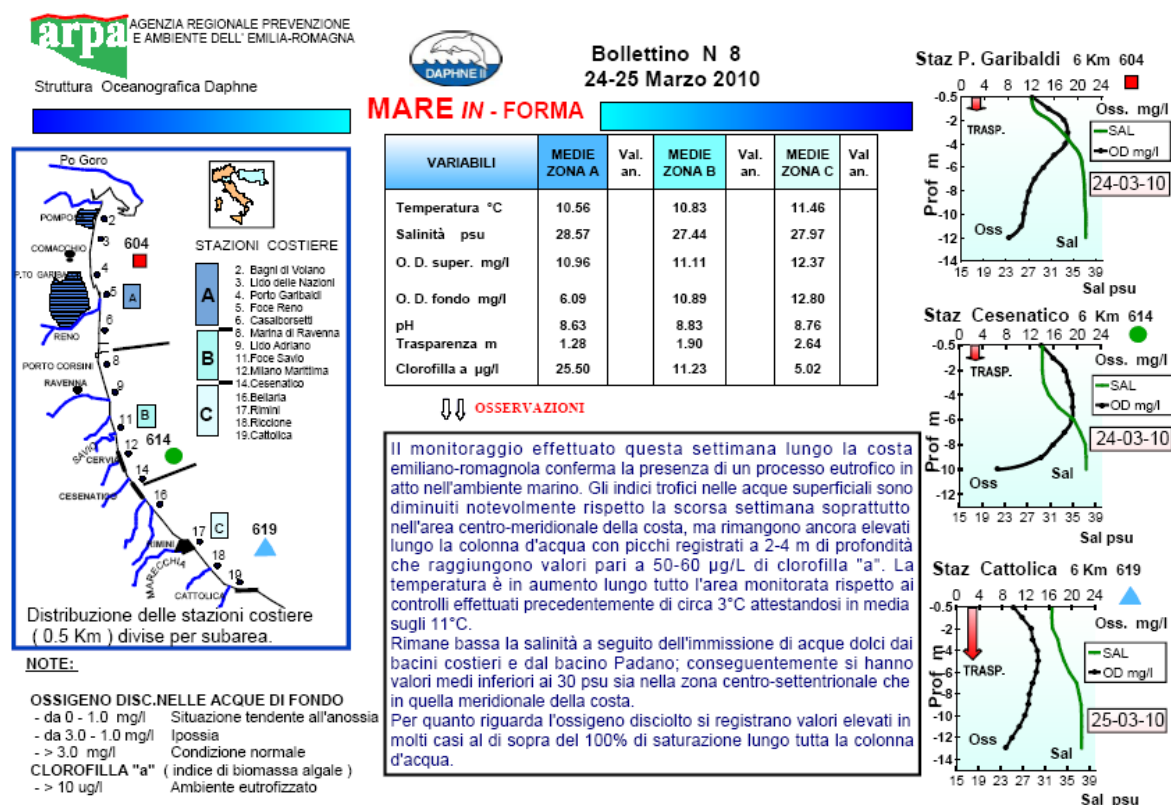


Figura 22 - Esempio di bollettino realizzato a conclusione di un monitoraggio

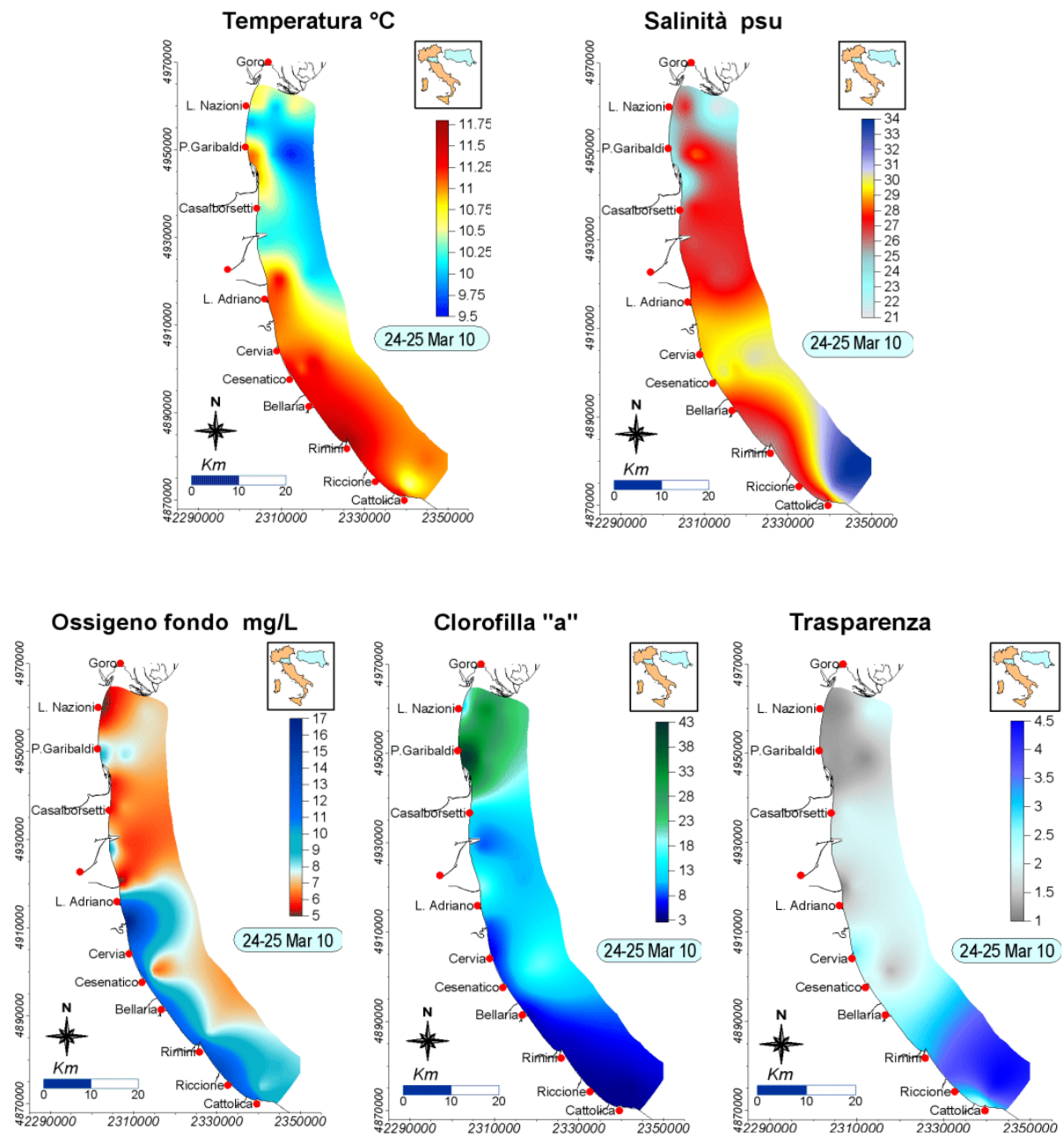


Figura 23 - Esempio di mappe tematiche allegate al bollettino realizzato a conclusione di un monitoraggio

4.4 MONITORAGGIO E RISULTATI

Nei paragrafi che seguono si effettua una analisi e una valutazione dei risultati emersi nel corso dell'attività di monitoraggio per la definizione dello stato trofico effettuata nel 2010. 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, nel 2010, mostra un tipico andamento sinusoidale con valori minimi nei mesi invernali che aumentano raggiungendo i massimi nel periodo estivo. I valori di fondo generalmente mantengono un andamento più lineare con un'attenuazione dei valori estremi sia minimi che massimi soprattutto nelle stazioni al largo (Figura 24).

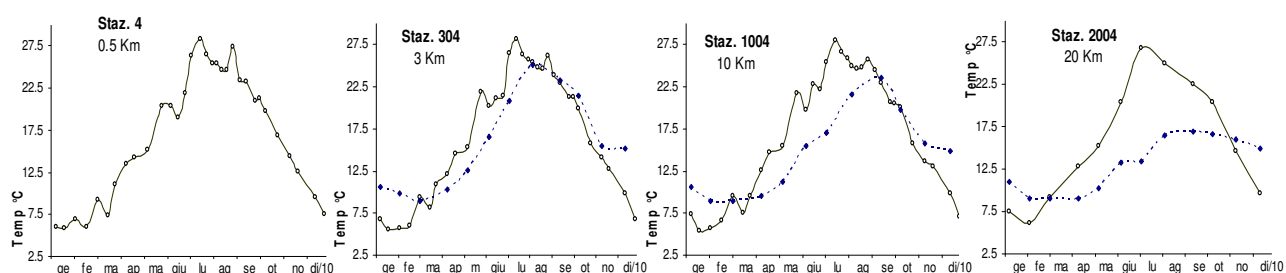


Figura 24 - Andamenti temporali della temperatura in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni lungo il transetto di Porto Garibaldi a 0,5, 3, 10 e 20 km dalla costa

Le medie stagionali calcolate a 0,5 e 3 km rappresentate graficamente nella Figura 25 sottolineano questa tendenza sia nelle stazioni settentrionali sia in quelle centro-meridionali.

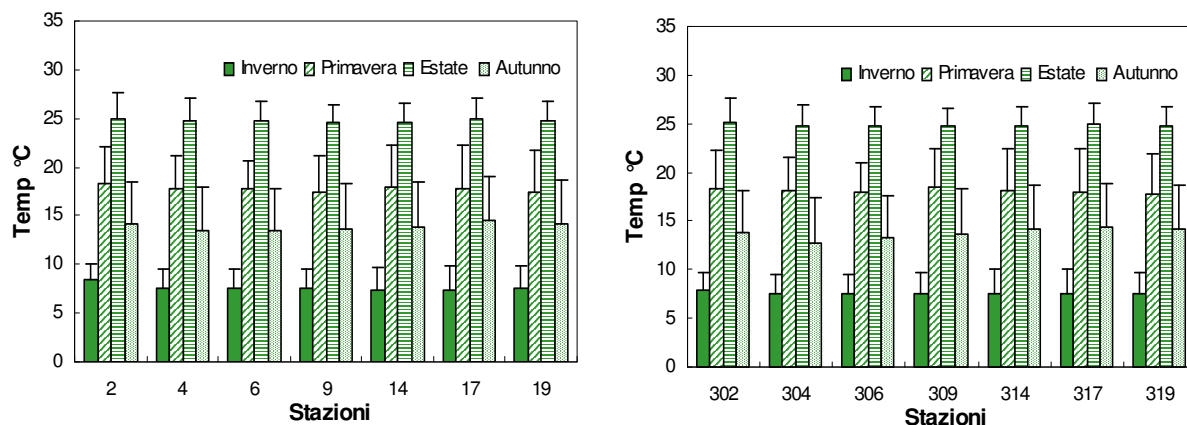


Figura 25 - Valori medi stagionali e deviazioni standard della temperatura nelle acque superficiali calcolate per le stazioni a 0,5 e 3 km dalla costa

Sostanziale omogeneità anche nei valori medi annuali di temperatura.

Variazioni su piccola scala temporale delle acque superficiali sono per lo più dovute ad apporti fluviali, incrementi di biomassa microalgale in sospensione che determinano in estate un maggior assorbimento della radiazione solare, oppure a moto ondoso o particolari situazioni idrodinamiche come *upwelling* e spostamenti laminari di masse d'acqua.

Il valore più basso registrato è stato di 4.5°C nella stazione 8 (Marina di Ravenna) il 2 febbraio mentre il valore più elevato pari a 29.1°C è stato registrato il 12 luglio a Lido delle Nazioni.

Nei mesi di gennaio e febbraio del 2010 i valori di temperatura delle acque hanno manifestato una anomalia presentando per un periodo prolungato valori bassi, inferiori alla media climatologica del periodo (Figura 26 e Figura 27). Tale situazione ha causato una diffusa moria di alacce e sofferenza a tartarughe marine (vedi paragrafo 7.1).

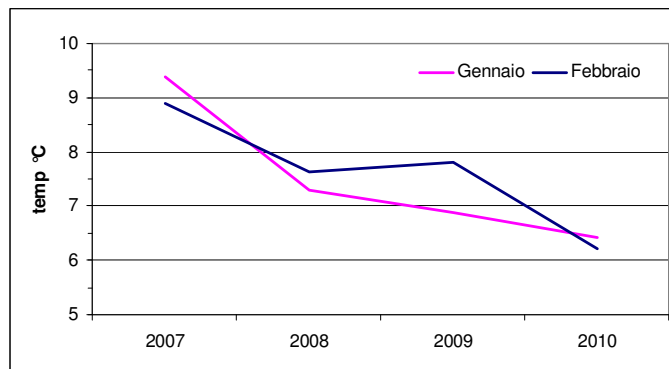


Figura 26 - Andamento della temperatura (media annuale) delle acque superficiali nei mesi di gennaio e febbraio dal 2007 al 2010

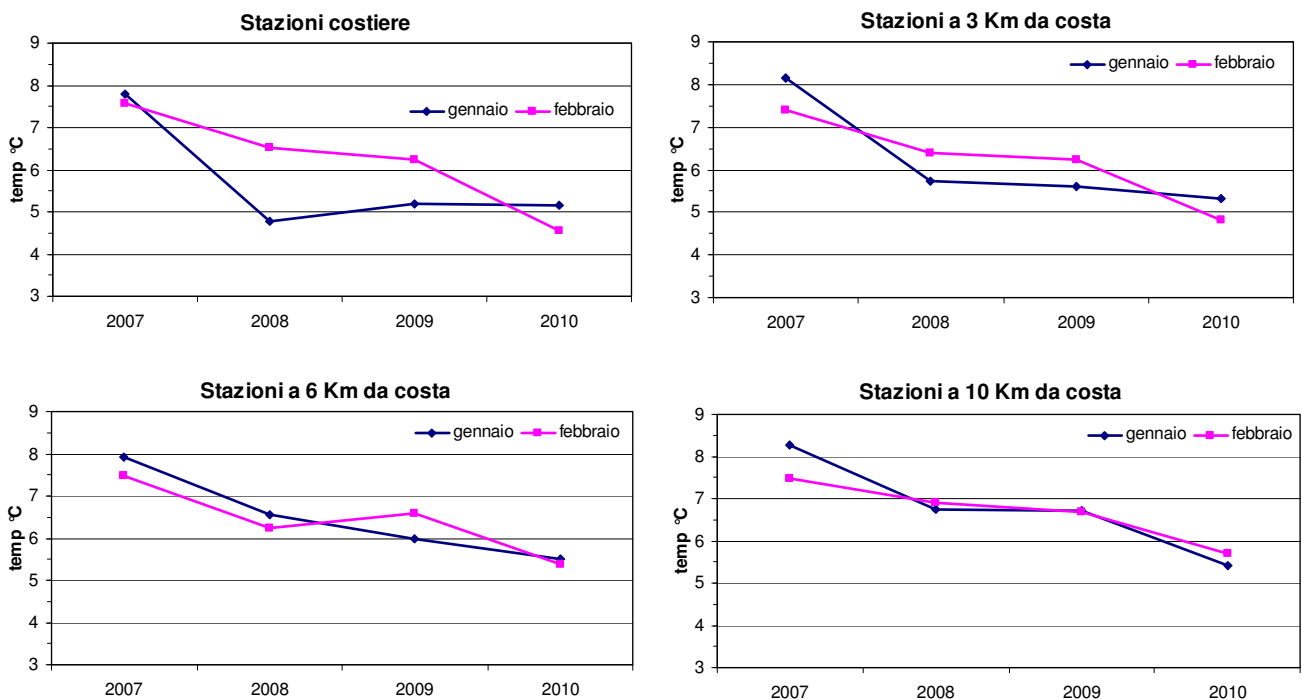


Figura 27 - Andamento dei minimi di temperatura nelle acque superficiali in gennaio e febbraio dal 2007 al 2010

Il riscaldamento delle acque superficiali durante l'estate contribuisce alla formazione di termoclini più o meno marcati che comportano variabilità elevata del parametro tra gli strati superficiali e di fondo. In luglio ad esempio si sono registrate stratificazioni importanti lungo la colonna, in particolare nelle stazioni al largo (Figura 28), con escursioni termiche anche di 12-13°C. Marcati termoclini si sono verificati non solo nel periodo estivo ma anche nel periodo invernale, con andamenti ovviamente inversi e differenze più contenute. Figura 29.

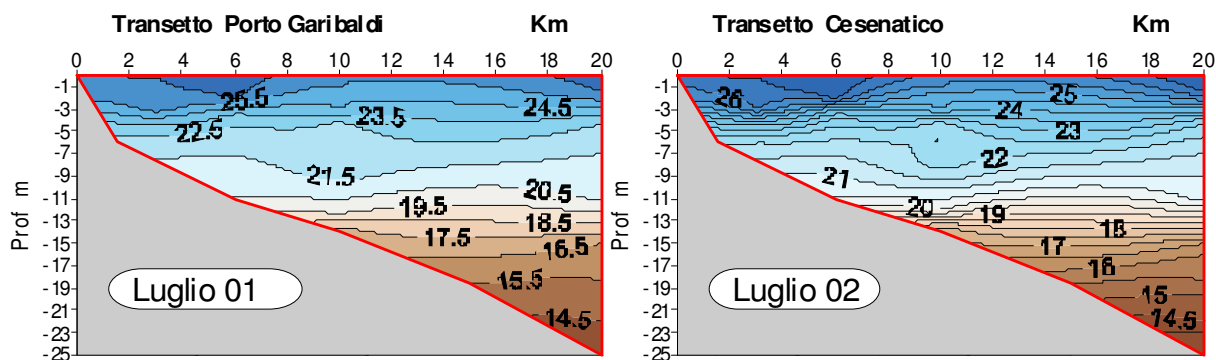


Figura 28 - Isolinee della temperatura lungo la sezione di Porto Garibaldi e Cesenatico

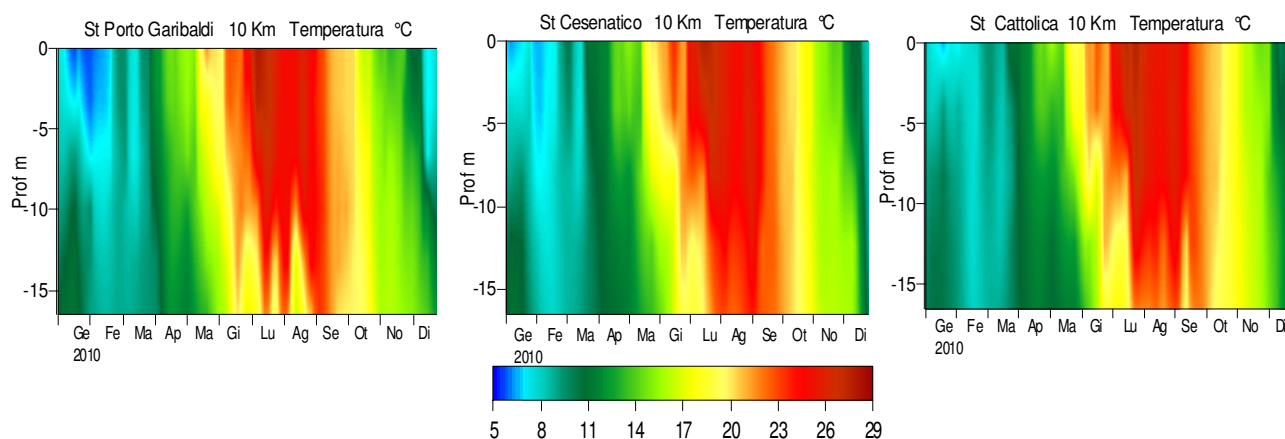


Figura 29 - Isolinee della temperatura rilevate nelle stazioni a 10 km al largo di Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica, dalla superficie al fondo

4.4.1.b Salinità

Il 2010 è stato un anno durante il quale le immissioni di acque dolci frequenti ed elevate per quantità, dai bacini costieri e in particolare da quello padano, hanno contribuito ad un andamento estremamente variabile della salinità lungo tutta la costa. Tale variabilità è da sempre correlata ai regimi di portata fluviale, con particolare riferimento al fiume Po, all'azione di miscelamento operata dal moto ondoso e da situazioni idrodinamiche particolari come processi di *upwelling* che, in occasione di venti spiranti da terra richiamano in costa acque di fondo con caratteristiche idrologiche diverse e che contribuiscono, in poco tempo, a modificare le condizioni ambientali dell'ecosistema marino.

Nella Figura 30 sono rappresentate le portate annuali del Po rilevate rispettivamente nel 2009 e nel 2010. In Figura 31 sono rappresentate le medie annuali sul lungo periodo (1982-2010)

rilevate a Pontelagoscuro (FE). Le portate relative al 2009 mostrano i cospicui apporti di fine dicembre 2009 che hanno innescato fioriture microalgali già nei primi giorni di gennaio 2010. I valori di portata del 2010 mostrano apporti in mare contenuti nei primi mesi invernali che divengono più importanti nei mesi di maggio, giugno e a fine anno. Il picco massimo di portata si è avuto il 9 maggio con 6195 mc/sec mentre il più basso di 674 mc/sec il 23 luglio.

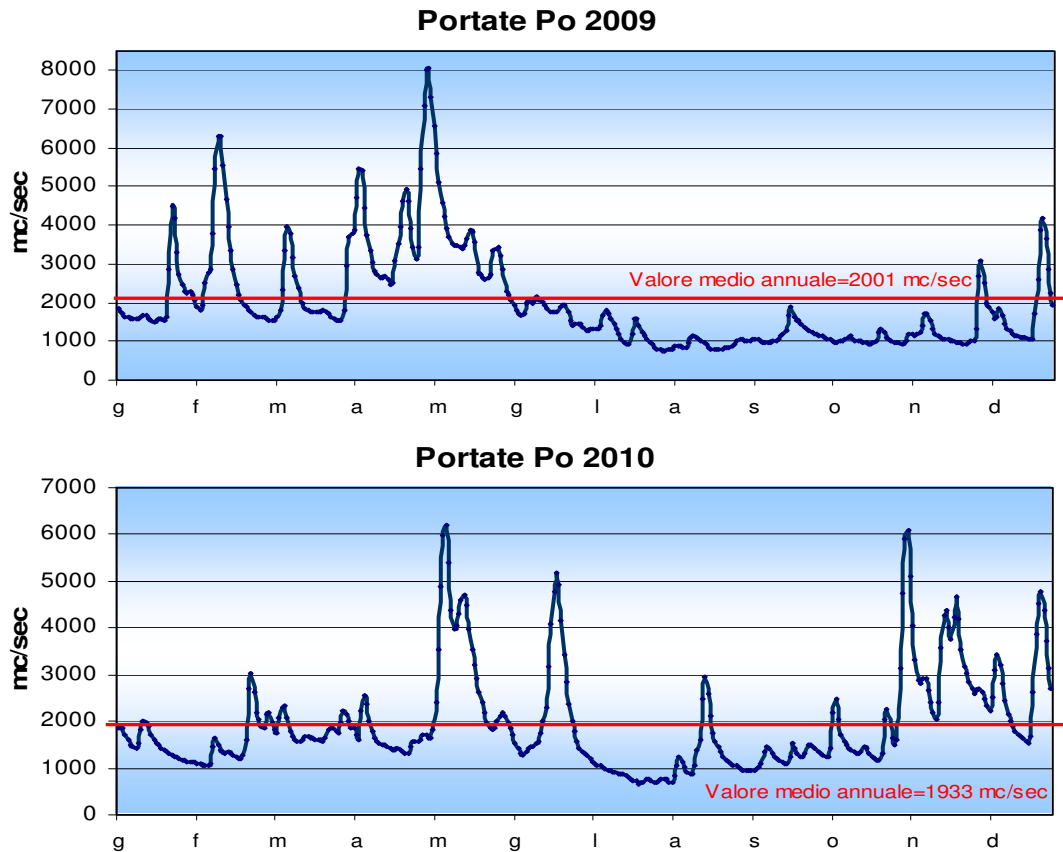


Figura 30 - Portate fiume Po rilevate a Pontelagoscuro (FE) nel 2009 e nel 2010. Fonte: Arpa SIMC

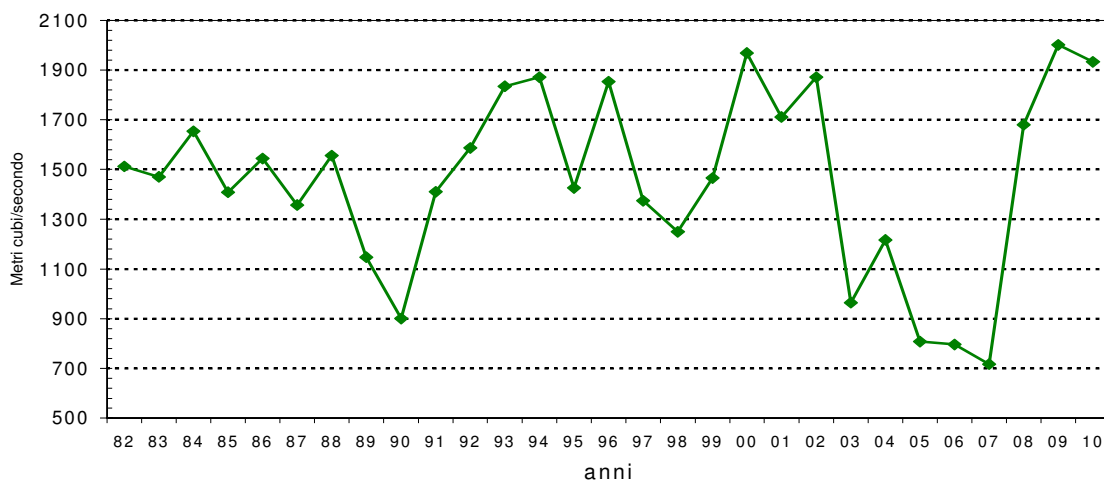


Figura 31 – Medie annuali portata Po periodo 1982-2010

L'immissione di importanti masse d'acque dolci in mare ha portato diluizioni sensibili non solo in superficie ma anche più in profondità; questa situazione si è presentata in diverse occasioni durante l'anno non solo in costa ma anche nelle stazioni più al largo. Nella Figura 32 sono rappresentate le isolinee di salinità rilevate settimanalmente nelle stazioni a 10 km nei transesti antistanti Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica. Nella stazione più settentrionale si osservano bassi valori di salinità intorno ai 4-5 metri di profondità. Sempre in questa stazione si sono rilevati valori di salinità molto bassi pari a 9.3 psu il 5 novembre e 11 psu il 23 agosto.

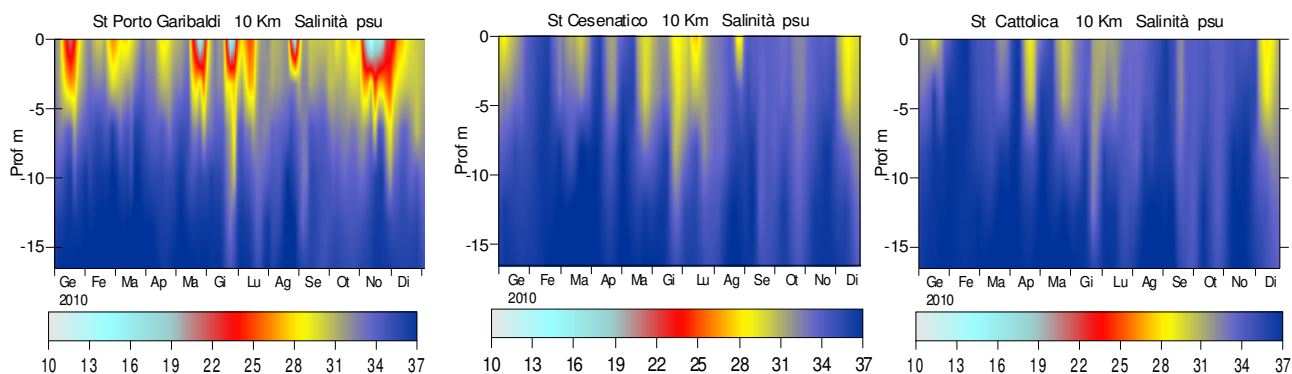


Figura 32 - Isolinee della salinità rilevate nei monitoraggi settimanali nelle stazioni a 10 km dalla superficie al fondo al largo di Cesenatico, Porto Garibaldi e Cattolica

La salinità è un elemento importante nel definire i campi di densità e stratificazione ed è un ottimo tracciante per analizzare la distribuzione degli inquinanti veicolati dai bacini. I grafici della Figura 33 evidenziano in particolare le stratificazioni verificatesi nei transesti di Porto Garibaldi e Cesenatico fino a 20 km al largo a giugno (04/07), a luglio (01/02), a novembre (05) e a dicembre (06).

In questi periodi lungo tutti i transesti si sono evidenziati livelli bassi di salinità in superficie fino a 20 km al largo e quindi una marcata stratificazione ialina lungo la colonna d'acqua.

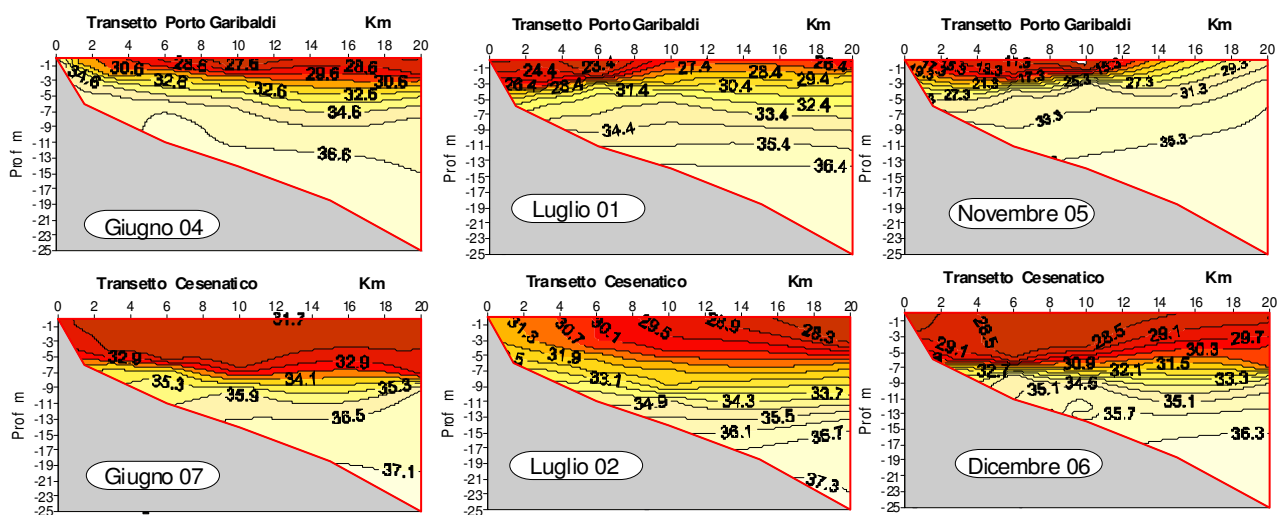


Figura 33 – Isolinee di concentrazione della salinità (psu) lungo le sezioni dei transesti di Porto Garibaldi e Cesenatico fino a 20 km al largo

Gli andamenti temporali della salinità rappresentati in Figura 34 evidenziano le marcate escursioni del parametro negli strati superficiali e la stabilità negli strati profondi.

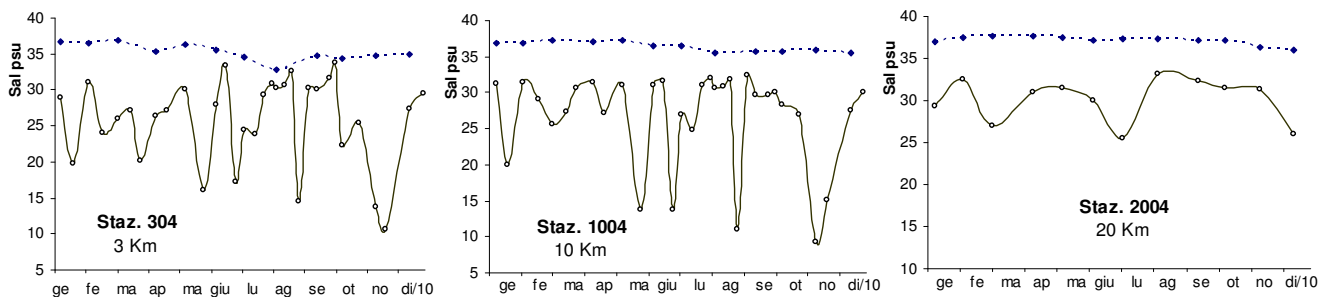


Figura 34 – Andamenti temporali della salinità in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 3, 10 e 20 km antistanti Porto Garibaldi

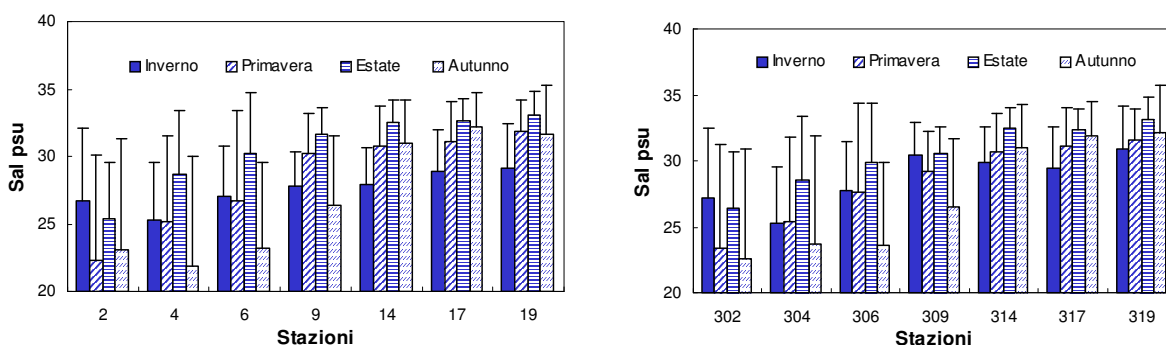


Figura 35 - Valori medi stagionali e deviazioni standard della salinità nelle acque superficiali calcolate per le stazioni a 0.5 e 3 km da costa

Le medie stagionali presentano valori più elevati nel periodo estivo in tutte le stazioni con un netto gradiente da nord a sud (Figura 35).

Il valore più basso di salinità in superficie è stato registrato nella stazione a 0.5 km antistante Porto Garibaldi pari a 7.9 psu mentre il valore più elevato di 36.5 psu nella stazione più al largo lungo il transetto di Cattolica (st. 1019).

Nella Figura 37A viene rappresentato l'andamento temporale delle stazioni costiere (0.5 km da costa); evidente la marcata variabilità del parametro nelle stazioni più settentrionali direttamente investite dal bacino padano. Tale andamento è confermato in Figura 37B con marcato gradiente nord-sud.

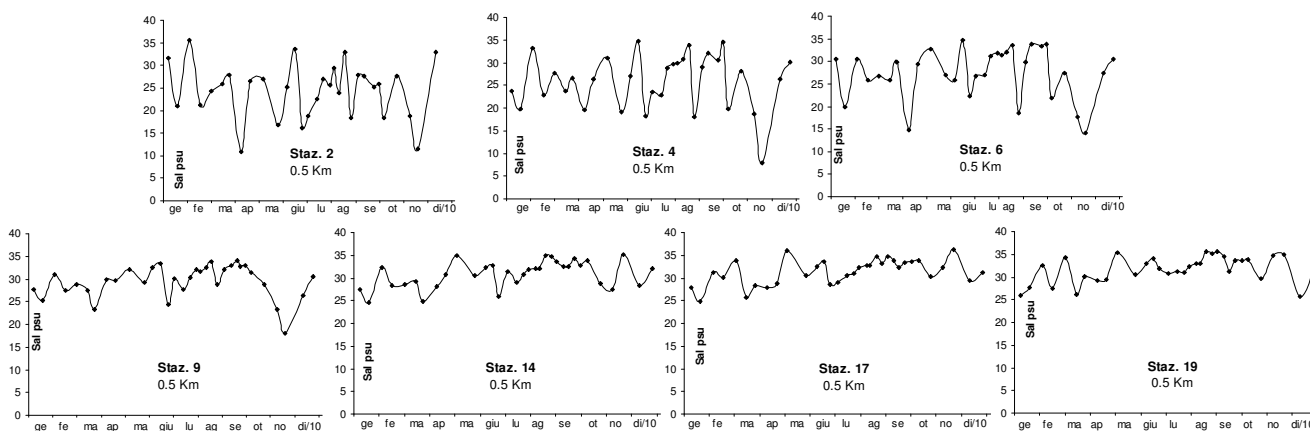


Figura 36 - Andamenti temporali della salinità in superficie nelle stazioni costiere

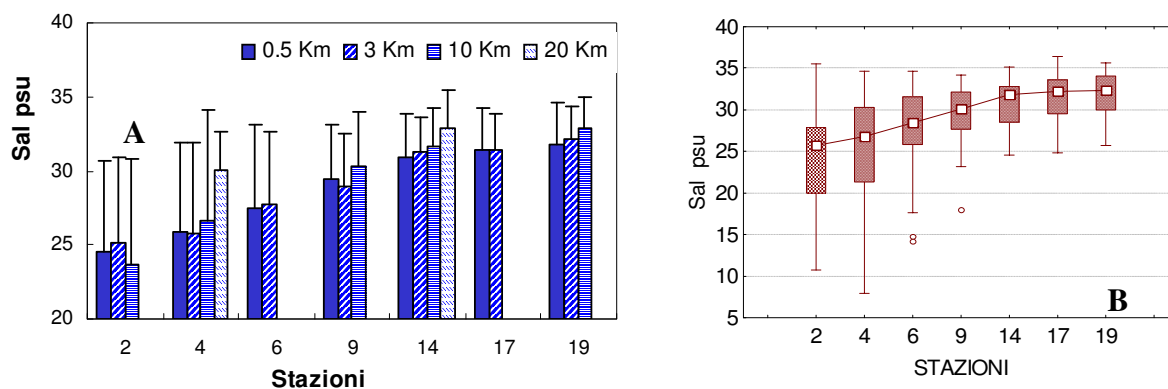


Figura 37 - A) Valori medi annuali e deviazioni standard nelle acque superficiali calcolati per le stazioni a 0,5, 3, 10 e 20 km dalla costa B) Diagrammi multipli di Box & Whiskers della salinità nelle singole stazioni costiere

4.4.1.c Ossigeno disciolto

L'ossigeno disciolto rappresenta un importante indicatore dello stato trofico di un ecosistema marino in quanto il suo andamento è strettamente correlato alla biomassa autotrofa presente. Le fluttuazioni attorno al valore di saturazione sono in genere conseguenti all'apporto di ossigeno proveniente dai processi fotosintetici. Nelle acque di fondo i valori più bassi, tendenti al contrario alla sottosaturazione, sono dovuti alla domanda di ossigeno nei processi ossidativi legati alla degradazione della sostanza organica (Figura 38).

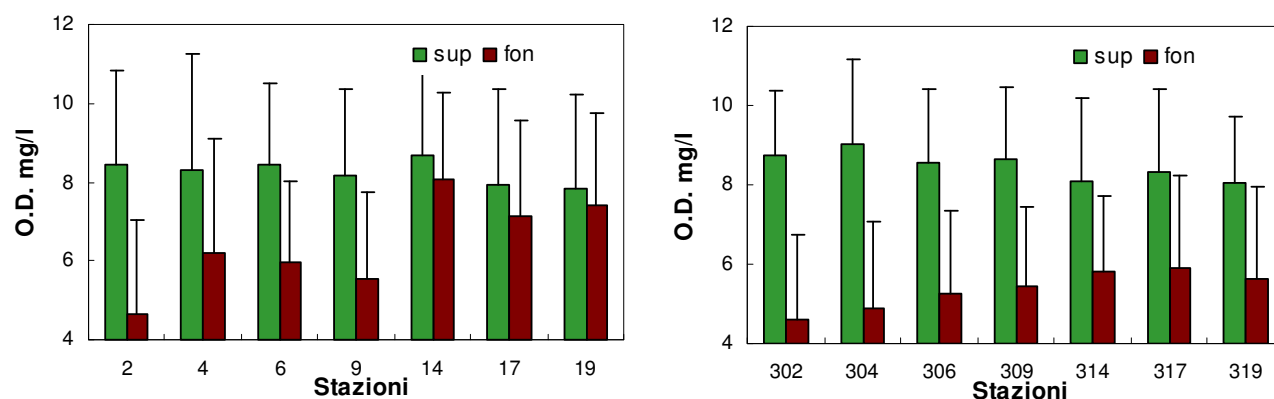


Figura 38 - Valori medi annuali e deviazioni standard di ossigeno disciolto nelle acque superficiali e di fondo nelle stazioni a 0,5 e 3 km da costa

Le medie stagionali nelle acque superficiali confermano in generale valori più elevati nel periodo invernale e più bassi durante la stagione estiva dovuti sia alla presenza di fenomeni eutrofici sia alle diverse temperature dei periodi (Figura 39).

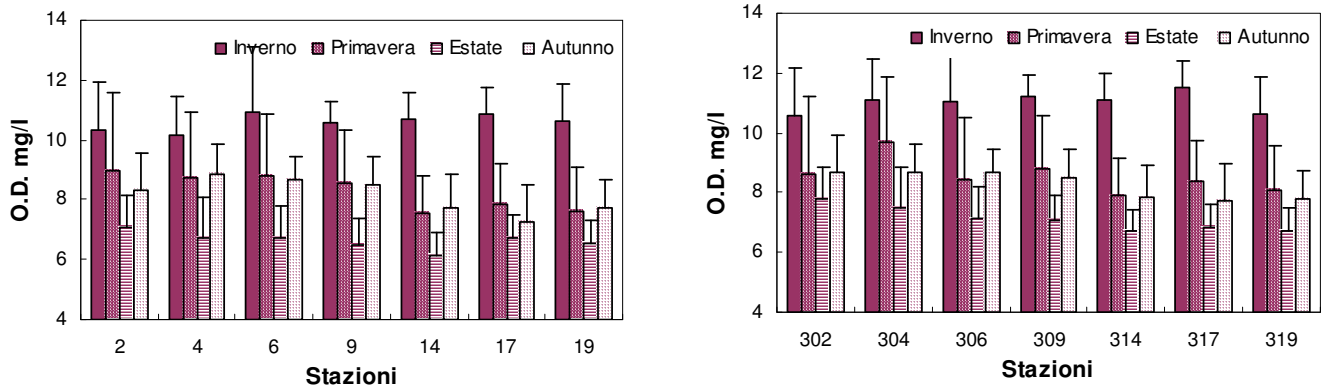


Figura 39 - Valori medi stagionali e deviazioni standard di ossigeno disciolto nelle acque superficiali a 0.5 e 3 km da costa

Nel corso del 2010 l'andamento dell'ossigeno sul fondo ha fatto registrare momenti di criticità lungo la costa durante il periodo estivo non solo nell'area settentrionale, generalmente più sensibile al fenomeno, ma anche nelle aree centrali e meridionali. I fattori che concorrono a creare condizioni ipossiche/anossiche degli strati di fondo sono: l'innalzamento delle temperature, la presenza di materiale organico generato da fioriture microalgali, stasi idrodinamica e stratificazione termica che limita gli scambi tra gli strati superficiali e di fondo.

In Figura 40 sono state elaborate le isolinee di concentrazioni dell'ossigeno disciolto rilevate nel 2010 in 3 stazioni site a 10 km dalla costa.

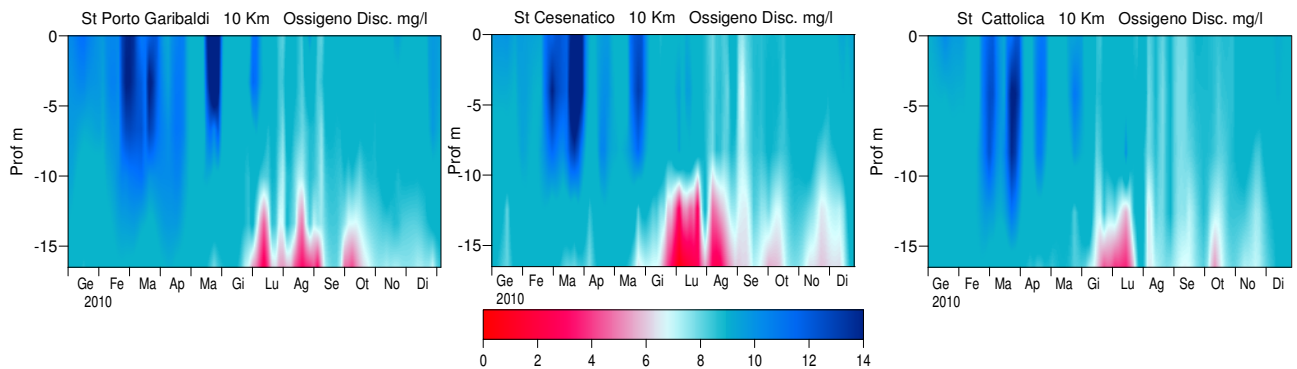


Figura 40 – Isolinee si concentrazione dell'ossigeno disciolto rilevate a 10 km al largo di Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica

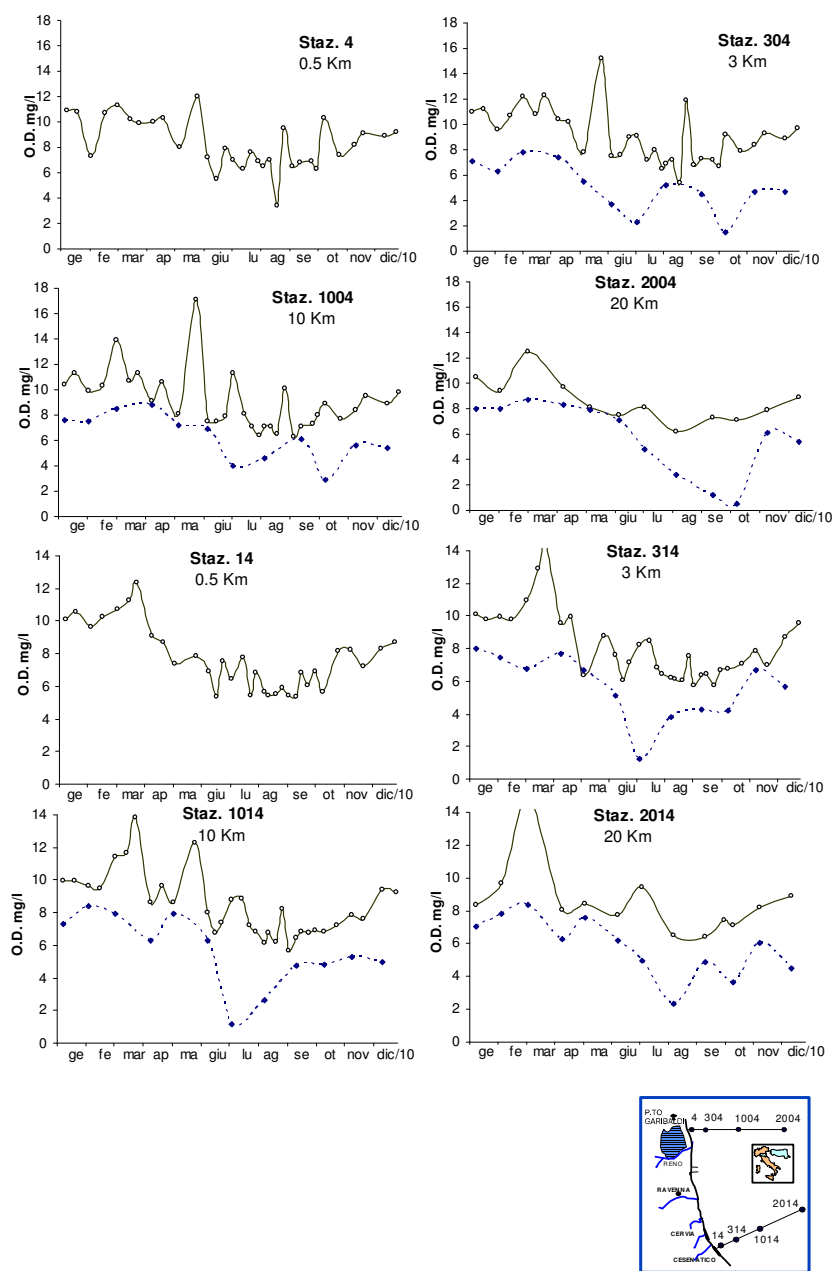


Figura 41 – Andamenti temporali dell’ossigeno disciolto in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nei transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico

A partire dal mese di luglio fino a settembre-ottobre si sono osservate situazioni ipossiche/anossiche in gran parte dell’area marina emiliano-romagnola (Figura 42 e Figura 43). Il fenomeno ha avuto una evoluzione più anomala rispetto agli anni precedenti perché si è verificato in più occasioni anche nelle stazioni più meridionali generalmente meno interessate al fenomeno (Figura 44).

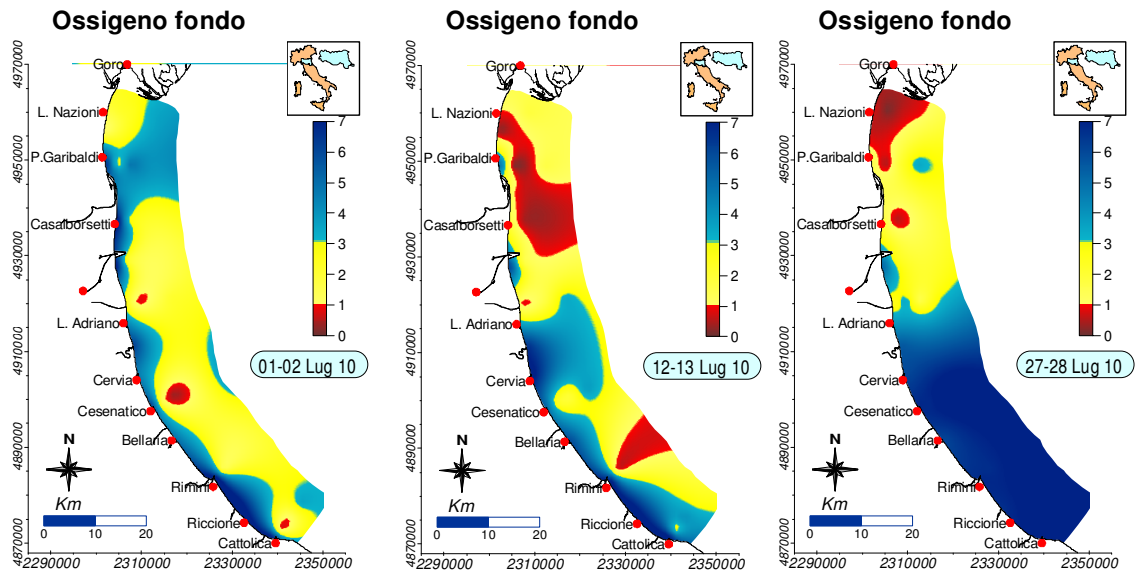


Figura 42 - Mappe di distribuzione dell'ossigeno disciolto sul fondo in luglio

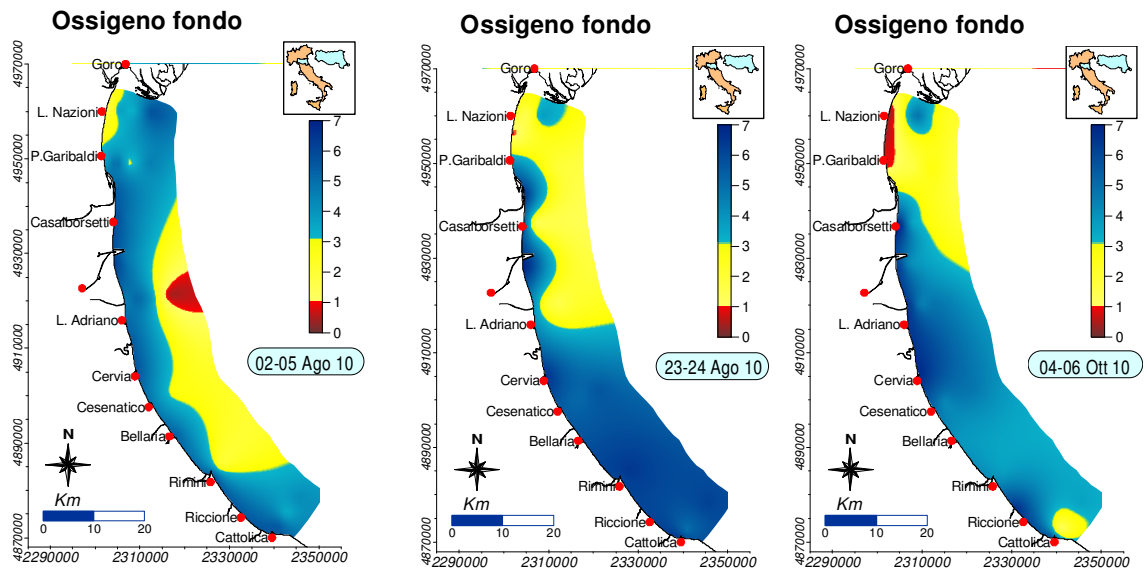


Figura 43 – Mappe di distribuzione dell'ossigeno disciolto sul fondo in agosto e ottobre

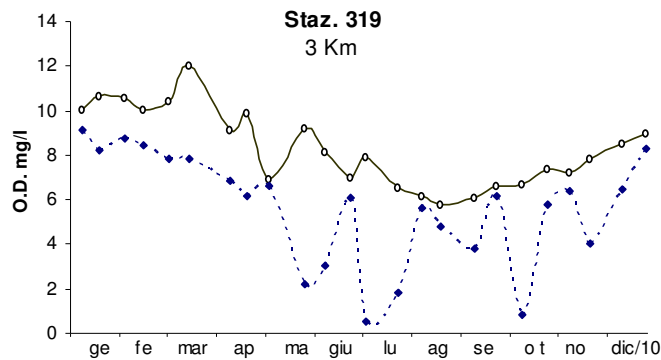


Figura 44 - Andamento temporale dell'ossigeno disciolto in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nella stazione a 3 km davanti a Cattolica

4.4.1.d Clorofilla "a"

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

Nella Figura 45 e Figura 46 sono rappresentati gli andamenti temporali della clorofilla "a" rilevata nelle stazioni dei due transetti di P. Garibaldi e Cesenatico; il parametro mostra ampie fluttuazioni soprattutto nelle stazioni più settentrionali con un picco prevalente in tutte le stazioni nei mesi di febbraio-marzo. Un trend in diminuzione costa-largo è rappresentato in Figura 47.

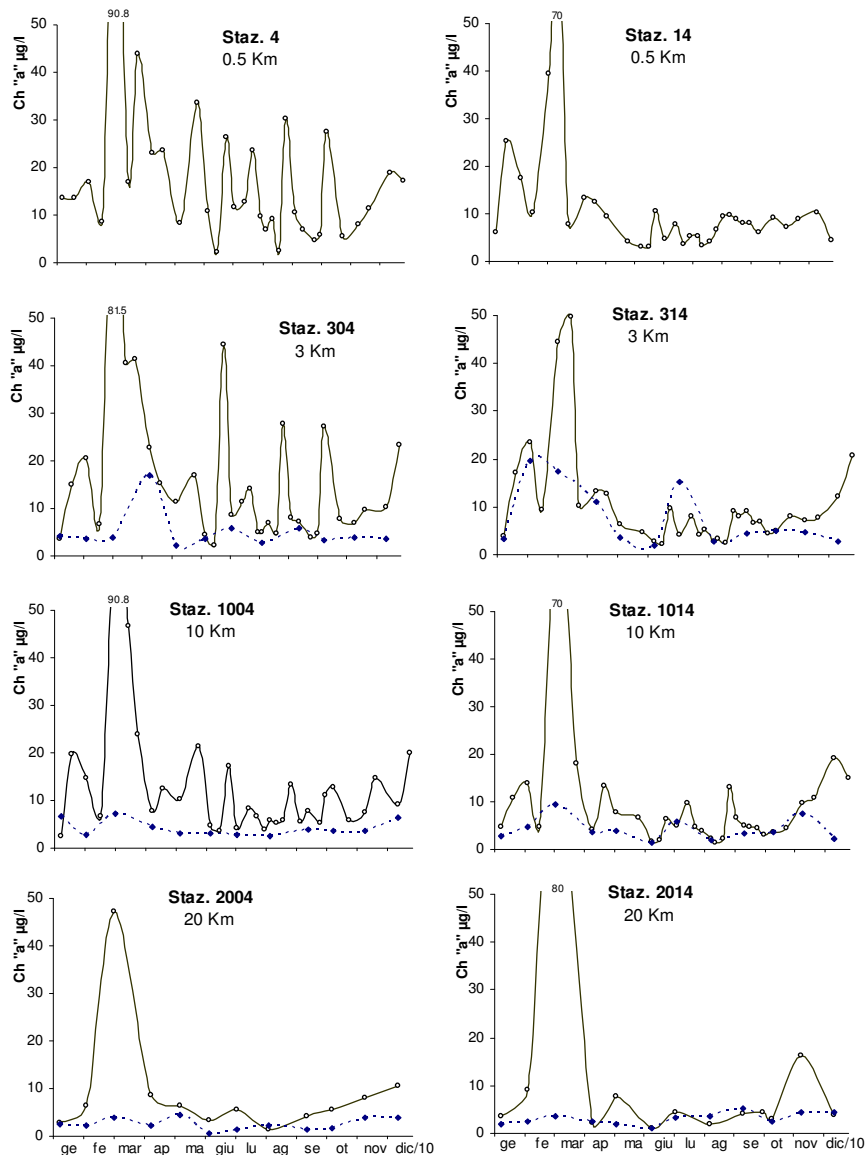


Figura 45 Andamenti temporali della clorofilla "a" in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nei transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico

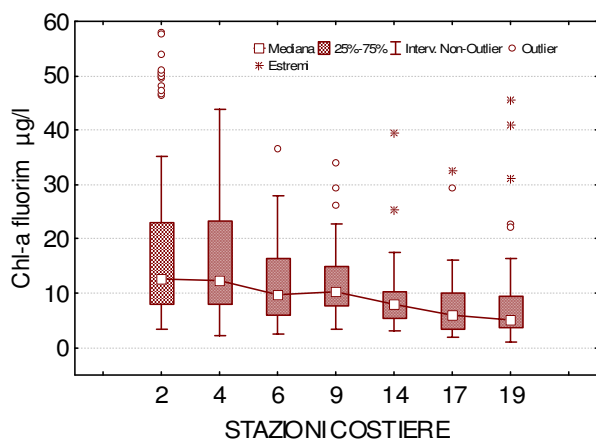


Figura 46- Diagrammi multipli di Box e Whiskers di distribuzione della clorofilla “a” nelle stazioni costiere

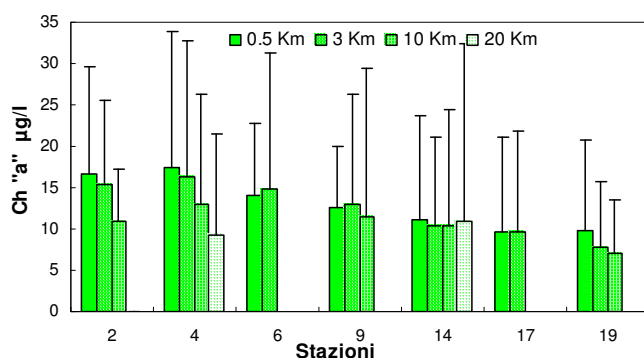


Figura 47 - Valori medi annuali e deviazioni standard della clorofilla “a” in superficie nelle stazioni a 0,5, 3, 10 e 20 km dalla costa

Generalmente elevate concentrazioni di clorofilla “a” determinano una riduzione della trasparenza delle acque, le quali assumono un’anomala colorazione verde, marrone a secondo del genere di microalga che sostiene la fioritura (Figura 48).

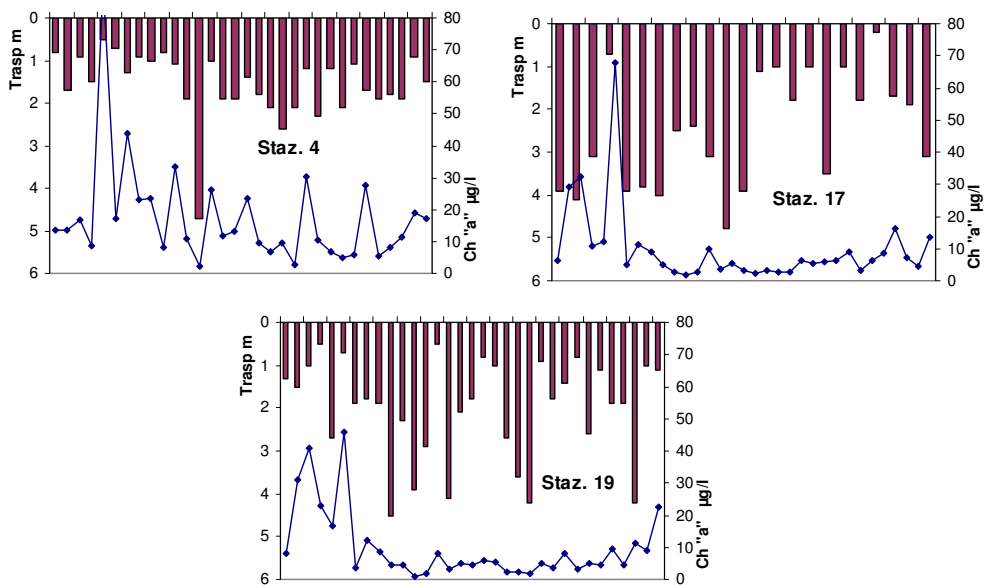


Figura 48 - Andamenti temporali della clorofilla "a" (linea continua) e della trasparenza (barre verticali) in superficie in tre stazioni costiere

Le medie stagionali (Figura 49) di clorofilla "a" delle acque superficiali presentano elevati valori in tutta l'area monitorata in primavera, a seguire in inverno per poi mantenere nelle restanti stagioni valori significativi nell'area più settentrionale.

Il valore più elevato di clorofilla "a" in superficie è stato registrato il 2 marzo nella stazione costiera di P. Garibaldi con 90.8 µg/l.

Considerando la distribuzione del parametro sulla colonna d'acqua, anche se di norma i livelli di clorofilla "a" sono maggiori negli strati superficiali, si evidenziano valori elevati dalla superficie fino al termocline (Figura 50).

Per avere un quadro conoscitivo degli andamenti del parametro clorofilla "a", sono stati elaborati nel lungo periodo (1982-2010) i valori medi annuali e le relative deviazioni standard nelle stazioni a 0.5 e 3 km da costa. I grafici di Figura 51 mostrano un aumento dei valori medi di clorofilla "a" negli ultimi 3 anni che interessa tutte le aree considerate (Goro-Ravenna, Ravenna-Cesenatico, Cesenatico-Cattolica).

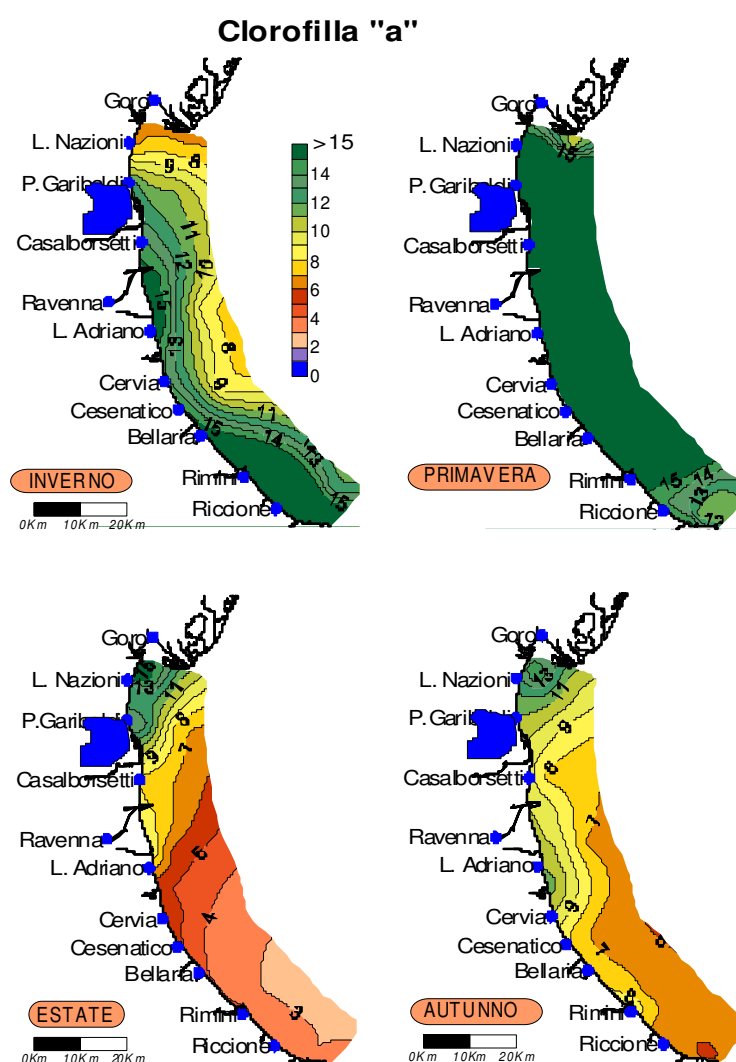


Figura 49 - Mappe di distribuzione delle medie stagionali della clorofilla "a" (µg/l) nelle acque superficiali da costa a 10 km al largo

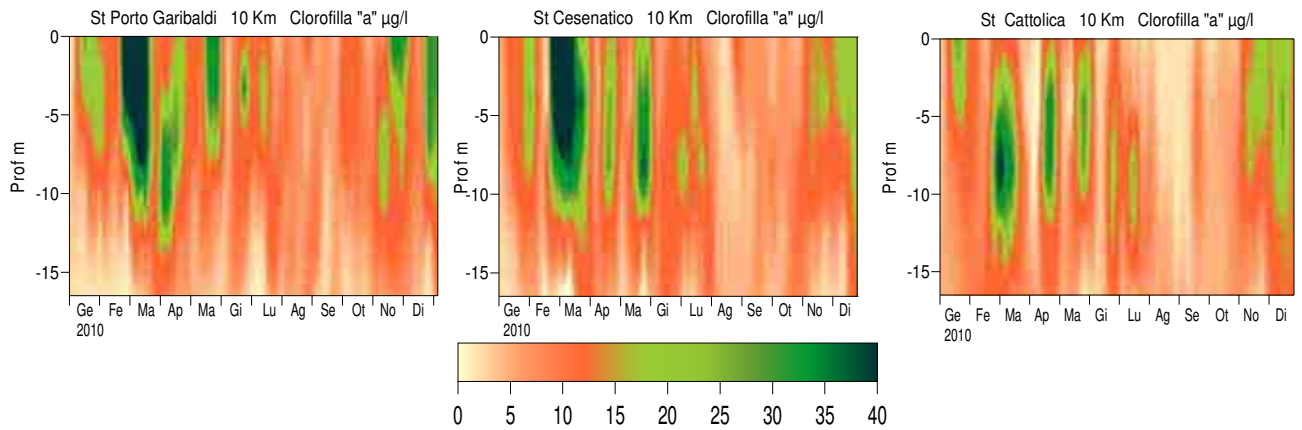
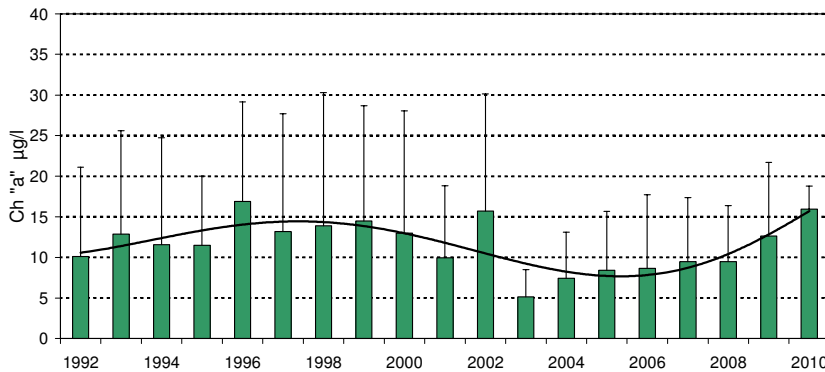
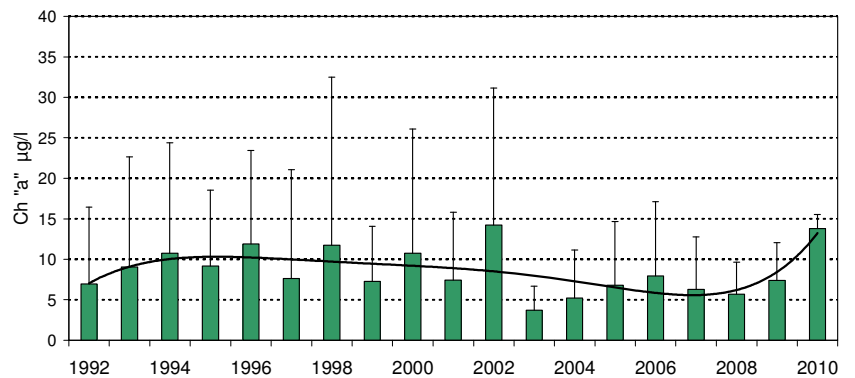


Figura 50 - Isolinee di concentrazione della clorofilla "a" rilevate a 10 km al largo di Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica dalla superficie al fondo

zona Goro - Ravenna



zona Ravenna - Cesenatico



zona Cesenatico - Cattolica

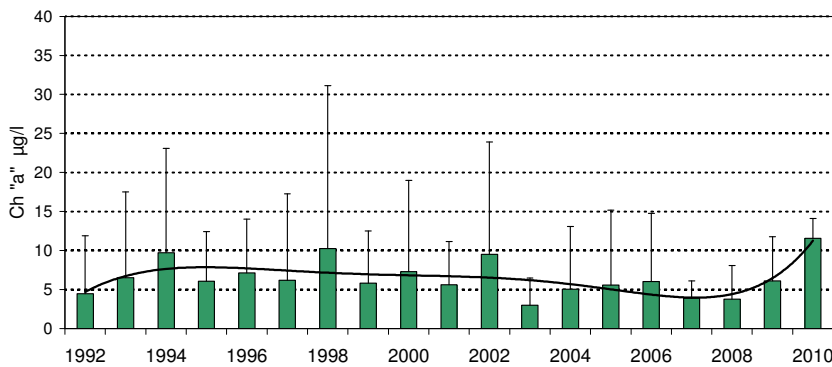


Figura 51 – Andamenti dei valori medi annuali di clorofilla "a" dal 1992 al 2010 nelle stazioni costiere e a 3 Km suddivise in tre aree

4.4.2 Elementi nutritivi

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

L'azoto nitrico è una delle componenti solubili dell'azoto che mostra un andamento strettamente correlato con le portate fluviali del Po. Nella Figura 52 i diagrammi multipli di Box e Wiskers rappresentano bene tale condizione, con concentrazioni maggiori e alta variabilità nelle stazioni più settentrionali. Analoga distribuzione è osservabile nella Figura 53 in cui sono rappresentati i valori medi annuali con le relative deviazioni standard anche delle stazioni al largo. Tutte le stazioni presentano un andamento decrescente da costa verso il largo e da nord verso sud ad eccezione del transetto 2 (Lido di Volano), a livello del quale l'influenza del Po è sentita maggiormente nella stazione più al largo.

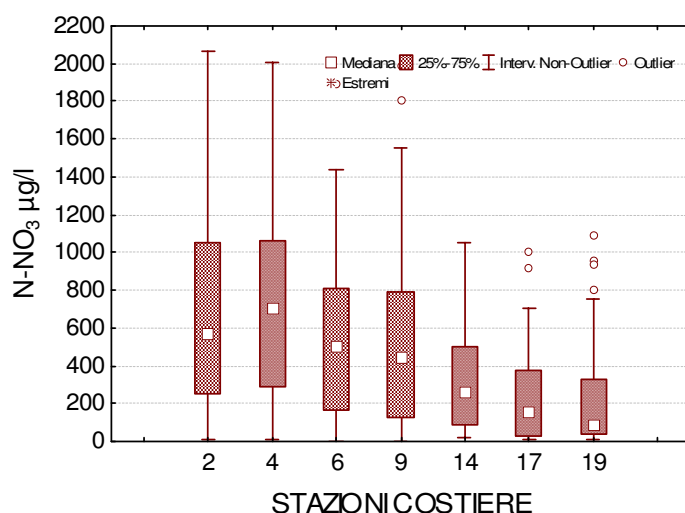


Figura 52 – Diagrammi multipli di Box e Whiskers annuali dell'azoto nitrico nelle stazioni costiere

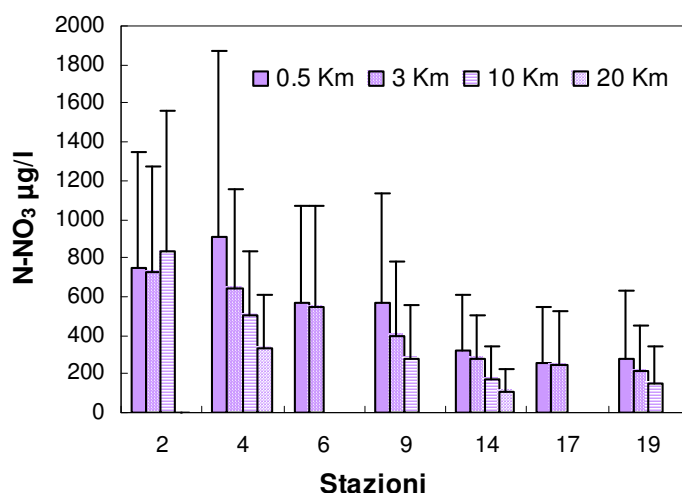


Figura 53 – Valori medi annuali e deviazione standard dell'azoto nitrico in superficie nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

L'andamento sopra descritto è ben evidenziato anche nella Figura 54 che rappresenta le distribuzioni delle concentrazioni di $N-NO_3$ rilevate nelle acque superficiali (linea continua) e

di fondo (linea tratteggiata) delle stazioni dei due transetti perpendicolari a Porto Garibaldi (stt. 4, 304, 1004, 2004) e a Cesenatico (stt. 14, 314, 1014, 2014). Le concentrazioni maggiori si osservano negli strati superficiali della colonna d'acqua, con valori più alti nei primi mesi dell'anno. Il valore di concentrazione massimo è di 4284 $\mu\text{g/l}$ ed è stato registrato il 7 gennaio 2010 nella stazione 4 (Porto Garibaldi). Significativi i picchi registrati in giugno a seguito delle alte portate del Po avvenute nel medesimo periodo. Nella stagione estiva, come di norma avviene, le magre delle portate dei fiumi determinano un marcato abbassamento delle concentrazioni di questo parametro. Le acque degli strati di fondo hanno mantenuto sempre concentrazioni contenute e presentano andamenti più omogenei.

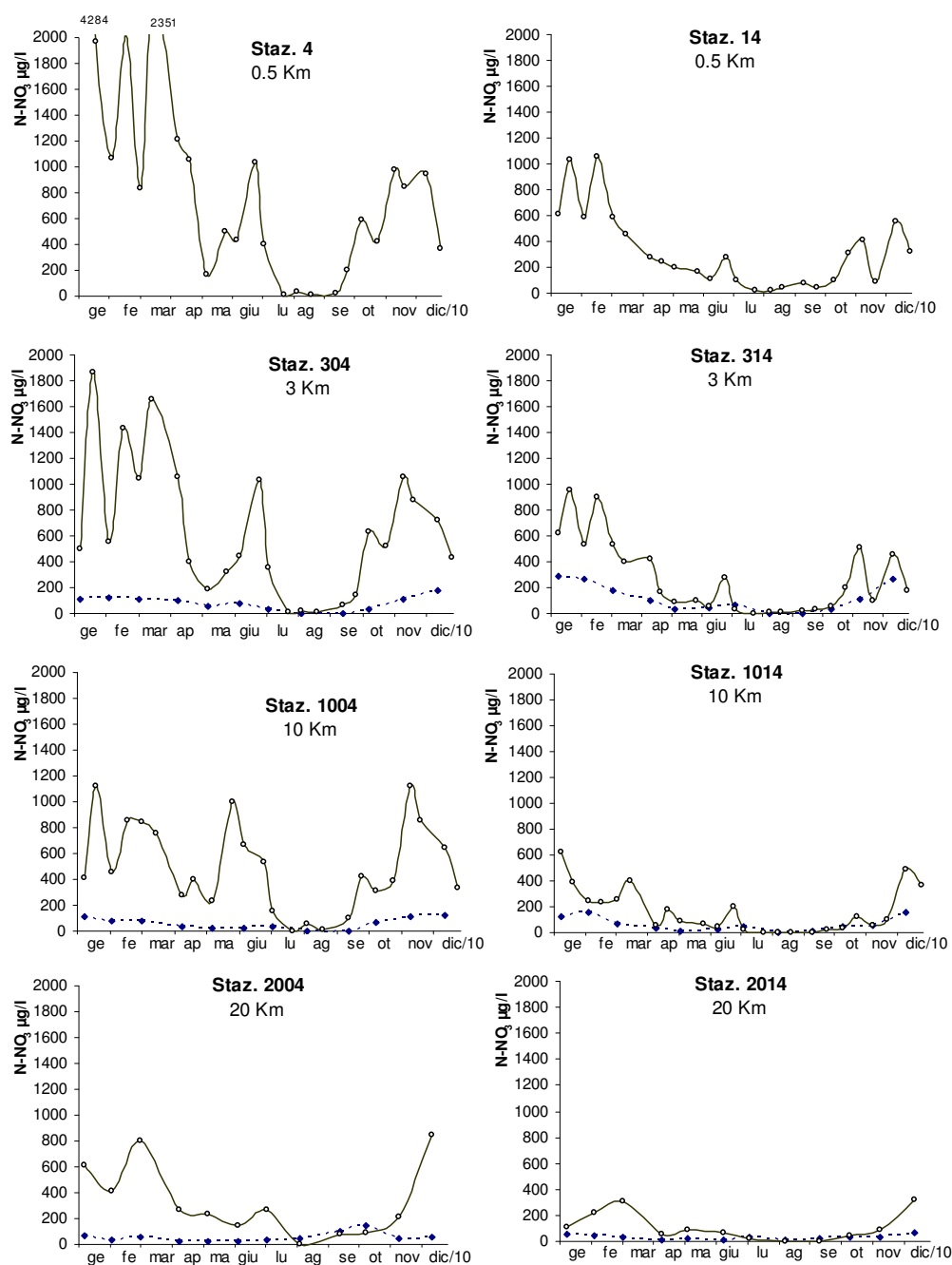


Figura 54 – Andamento temporale dell'azoto nitrico in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle due direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico

Se si esaminano le distribuzioni dei valori medi stagionali (Figura 55), anche nel 2010 le maggiori concentrazioni e variabilità rilevate si sono registrate in inverno, autunno e in primavera in tutte le stazioni, in concomitanza di intense precipitazioni che, dilavando i suoli, hanno immesso in mare attraverso i fiumi tale elemento.

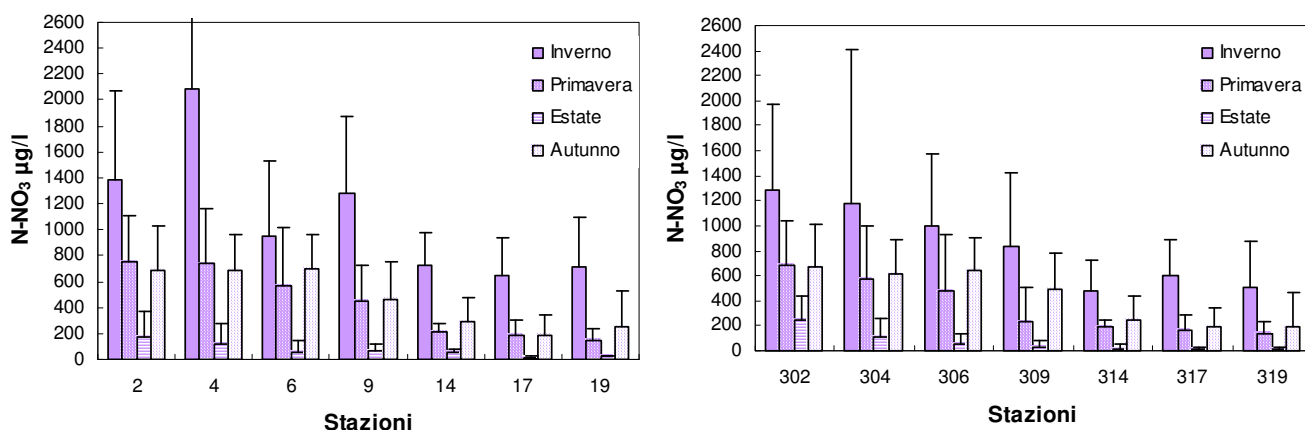


Figura 55 - Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'azoto nitrico in superficie calcolati per le stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

I valori maggiori si rilevano nella parte settentrionale della costa, con un trend in diminuzione da nord verso sud e da costa verso il largo; un esempio di tale distribuzione è osservabile nelle mappe riportate in Figura 56, in cui sono visibili le distribuzioni delle medie stagionali rilevate sull'intera area monitorata fino ad una distanza da costa di km 10. Le concentrazioni maggiori sono sempre evidenziabili nella parte settentrionale della costa, maggiormente influenzate dagli apporti del bacino padano. Anche i restanti bacini costieri fanno sentire la loro incidenza, ma in misura minore, nelle stagioni invernali e primaverili.

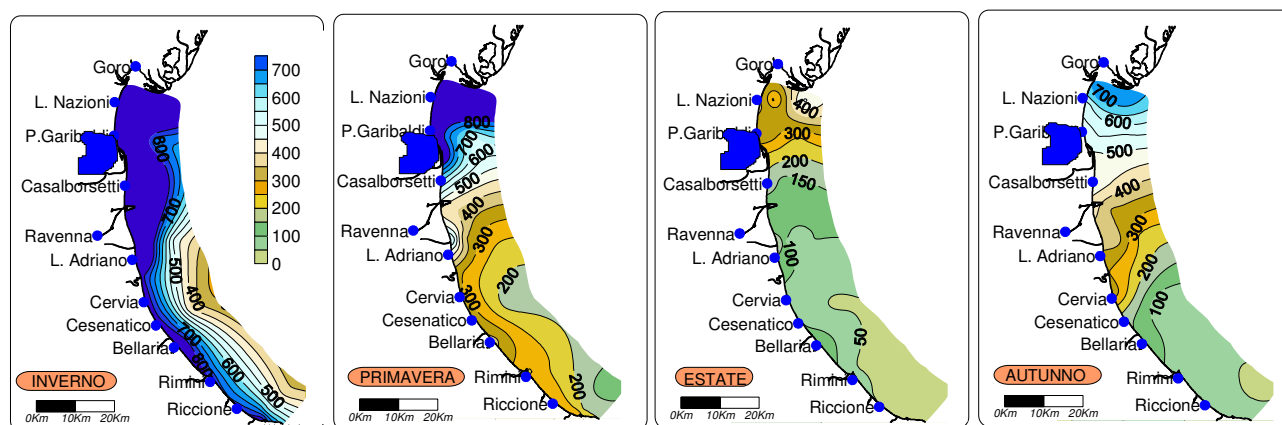


Figura 56 - Mappe di distribuzione delle medie stagionali dei nitrati (µg/l) lungo la costa dell'Emilia-Romagna da costa fino a 10 km

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

Un'altra componente solubile dell'azoto è l'azoto nitroso. L'azoto nitroso presenta fluttuazioni temporali simili a quelle dell'azoto nitrico, con picchi anch'essi ben correlati alle portate fluviali, ma con concentrazioni notevolmente inferiori rispetto al nitrato. Anche per questa componente azotata si osserva un'elevata variabilità delle concentrazioni nello strato superficiale della colonna d'acqua, con valori massimi rilevati nel mese di giugno 2010 (Figura 59). Nelle acque di fondo si hanno in genere concentrazioni più basse rispetto allo strato superficiale salvo alcune eccezioni che si verificano nel periodo autunnale a seguito di processi conseguenti a stati di ipossia/anossia.

I valori medi annuali di concentrazione e relative deviazioni standard sono rappresentati in Figura 57; i valori più elevati interessano le stazioni costiere e presentano marcati trend in diminuzione da nord verso sud e da costa verso il largo.

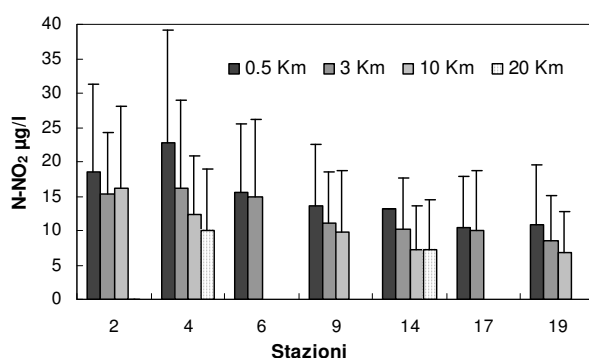


Figura 57 - Valori medi annuali e deviazione standard dell'azoto nitroso in superficie nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

Stagionalmente i valori medi di concentrazione delle stazioni costiere e quelle poste a 3 km al largo (Figura 58) sono più elevati in inverno; a seguire in primavera nelle stazioni poste nell'area centro-settentrionale, mentre nella zona meridionale si evidenziano più elevati in autunno.

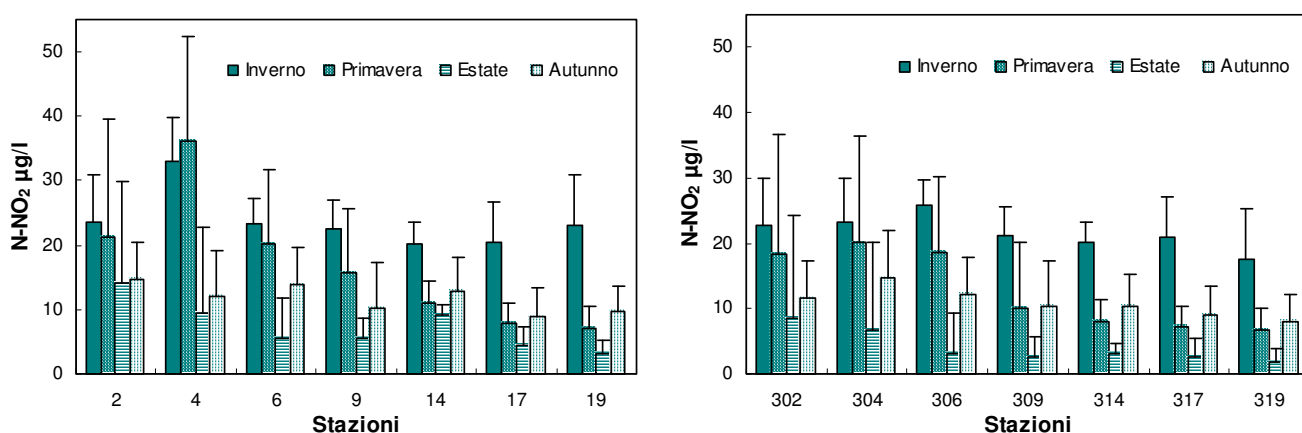


Figura 58 - Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'azoto nitroso nelle acque superficiali delle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

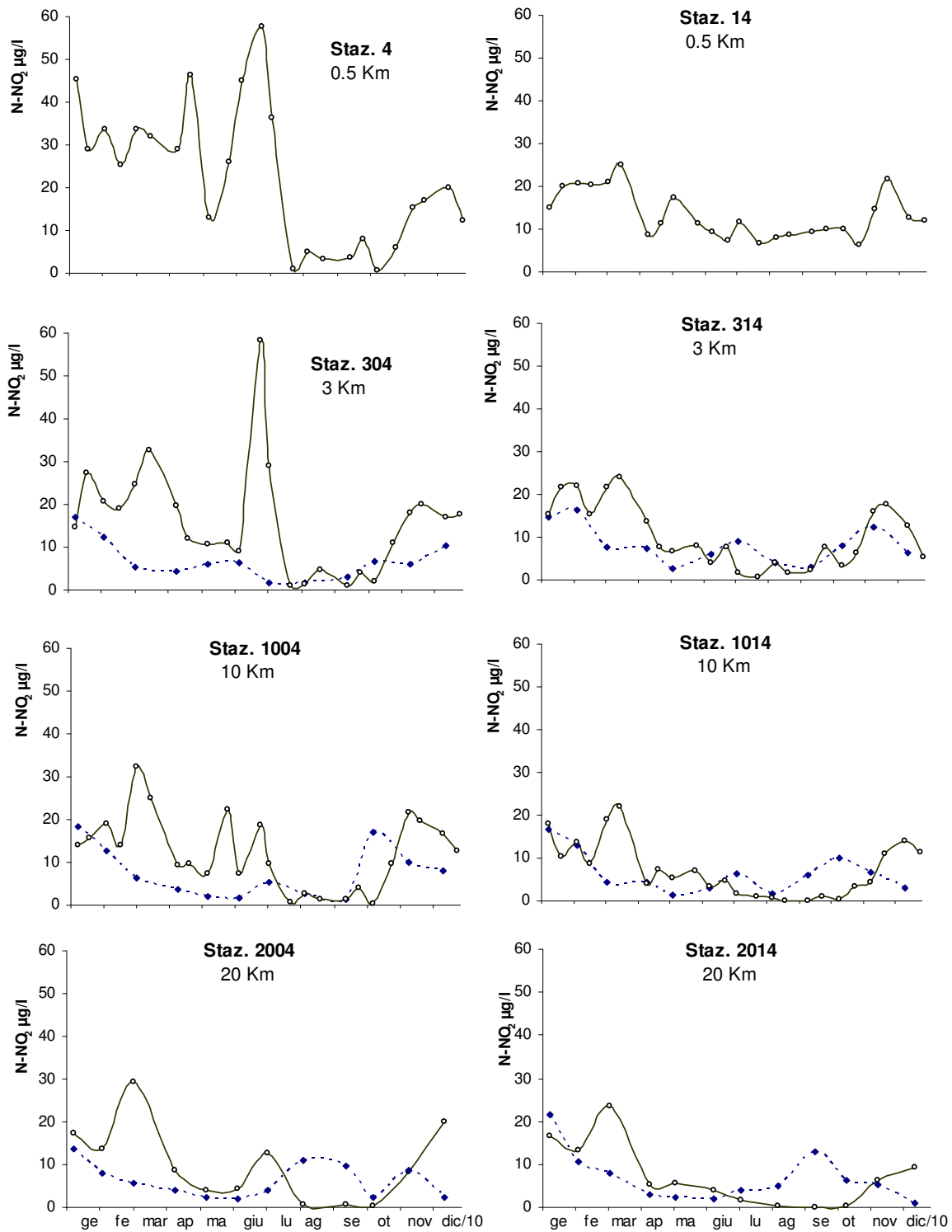


Figura 59 – Andamento temporale dell'azoto nitroso in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle due direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico

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

Altra forma solubile dell'azoto è l'azoto ammoniacale. Le medie annuali e le deviazioni standard (Figura 60) presentano concentrazioni tendenti alla diminuzione passando da nord verso sud e da costa verso il largo. Tale forma azotata è prevalentemente di derivazione fluviale e dagli insediamenti urbani.

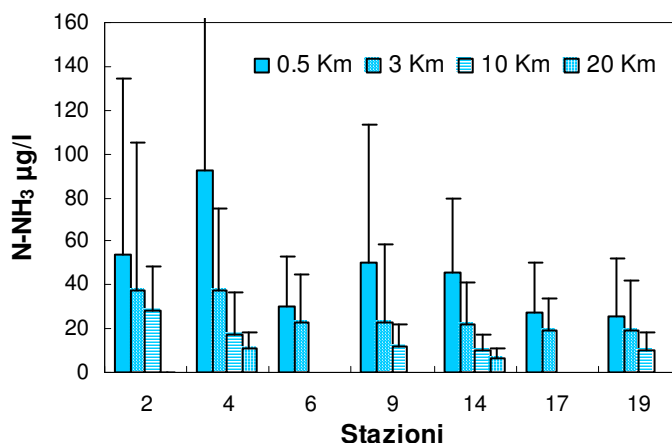


Figura 60 - Valori medi annuali e deviazione standard dell'azoto ammoniacale in superficie nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

I valori medi stagionali nelle acque superficiali delle stazioni costiere e delle stazioni poste a 3 km dalla costa (Figura 61) mostrano i picchi più elevati in inverno nelle stazioni site nell'area settentrionale e ampia variabilità nelle altre stazioni lungo la costa.

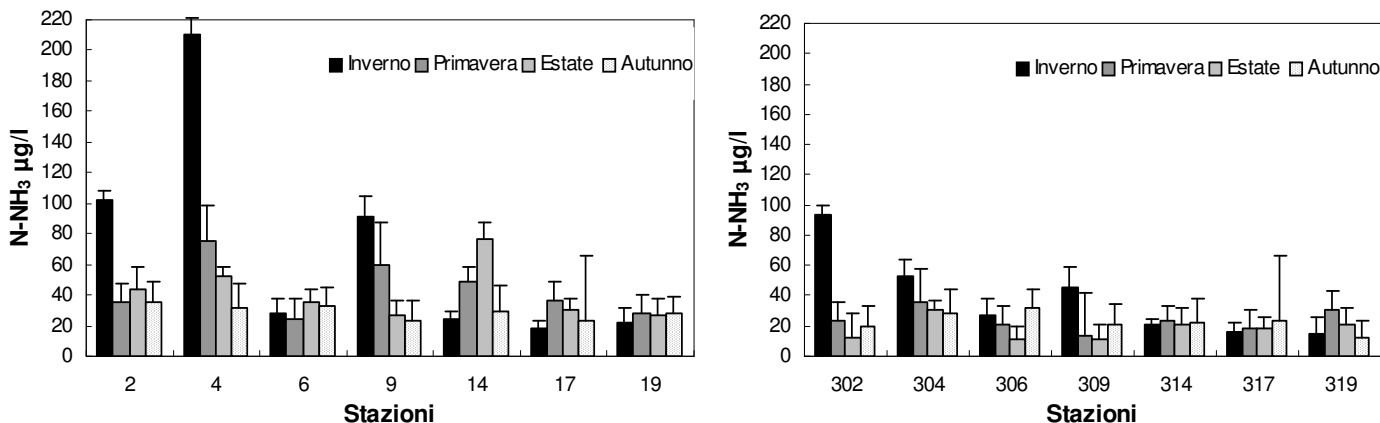


Figura 61 - Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'azoto ammoniacale nelle acque superficiali delle stazioni a 0.5 e 3 Km dalla costa

Tale distribuzione è osservabile anche in Figura 62, in cui sono state elaborate le medie mensili dei primi tre mesi dell'anno, periodo in cui si sono rilevate le maggiori concentrazioni. Sono ben visibili gli apporti costieri di tale elemento.

Azoto ammoniacale $\mu\text{g/l}$

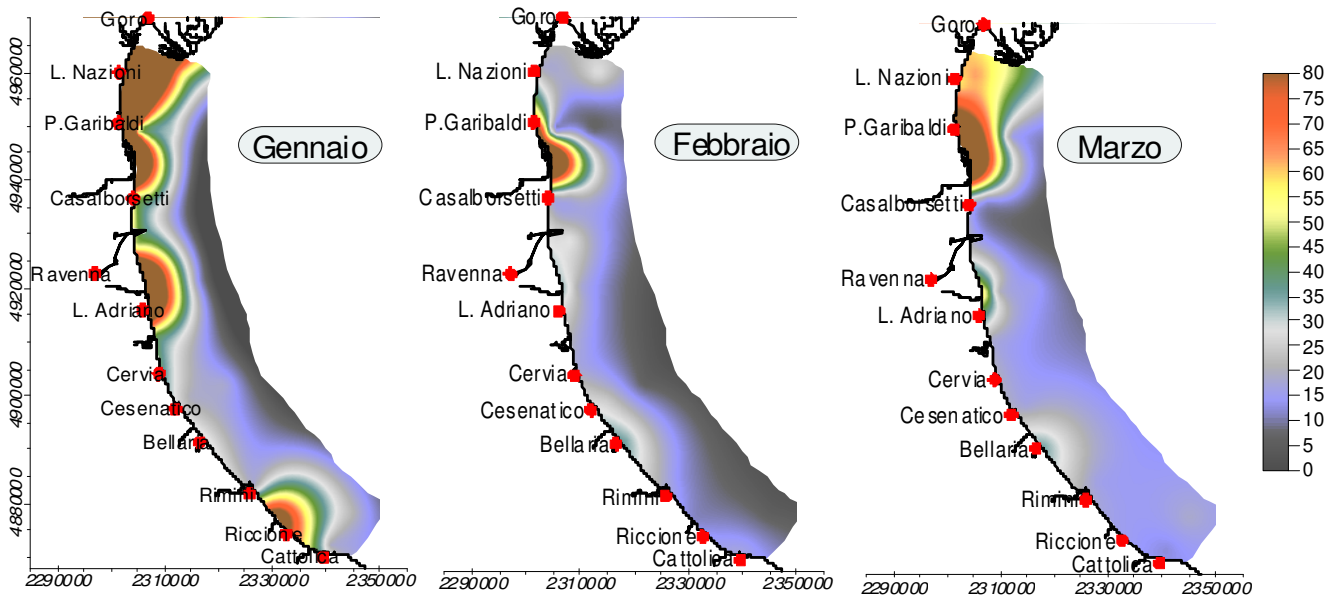


Figura 62 – Distribuzione dell’azoto ammoniacale rilevate nell’area dal delta del Po a Cattolica e da costa fino a 10 km nelle acque superficiali (medie mensili)

Nella Figura 63 si riportano le distribuzioni dell’azoto ammoniacale nelle stazioni posizionate lungo le due direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico, da 0.5 a 20 km dalla costa.

Nello strato superficiale della colonna acqua è evidente l’ampia variabilità dei valori, soprattutto nelle stazioni costiere.

Spostando l’attenzione verso le stazioni più al largo si osserva che si riduce la variabilità del parametro, con un abbassamento dei valori, soprattutto durante i mesi estivi (periodo caratterizzato da precipitazioni ridotte).

Nelle acque di fondo le concentrazioni del parametro tendono a superare quelle rilevate nello strato superficiale; tali condizioni si verificano in concomitanza con eventi ipossici/anossici che generano, a seguito della mineralizzazione della sostanza organica, la solubilizzazione e il rilascio di tale elemento.

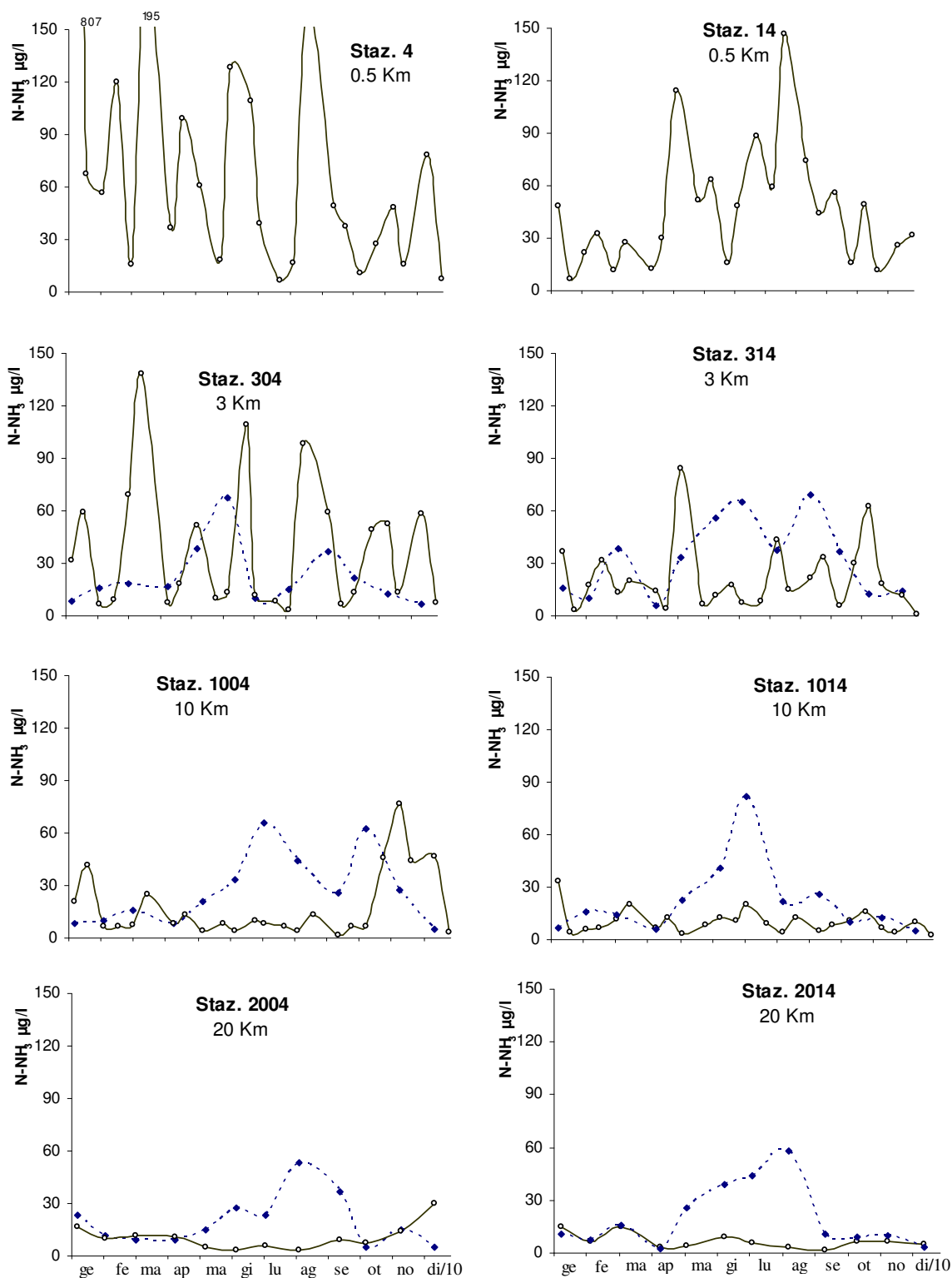


Figura 63 – Andamento temporale dell'azoto ammoniacale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle due direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico

La somma delle concentrazioni delle tre forme azotate solubili ($N-NO_3$, $N-NO_2$, $N-NH_3$) è denominata DIN (azoto inorganico disciolto).

In Figura 65, sono riportate negli istogrammi le variazioni dei valori medi mensili del DIN rilevati nel 2010 in tre stazioni collocate a 3 km dalla costa (P. Garibaldi st. 304, Cesenatico st. 314, Cattolica st. 319), in confronto al valore medio climatologico calcolato nel lungo periodo (1993-2002).

L'approccio metodologico seguito, al fine di valutare gli scostamenti e/o le variazioni dell'anno 2010 rispetto alle concentrazioni dei parametri calcolati nel lungo periodo, è stato quello di rapportare il valore medio mensile con il dato medio dello stesso mese ricavato da un insieme di circa 450 valori rilevati nella stessa stazione dal 1993 al 2002, che rappresentano le condizioni di riferimento e di comparazione. I valori positivi rappresentati nei grafici significano che il parametro, nel corso di ogni singolo mese, ha subito un incremento rispetto alla condizione "normale" rappresentata dalla climatologia delle tre stazioni considerate; al contrario, i valori negativi identificano una diminuzione della variabile.

In tutte e tre le stazioni in esame è evidente un marcato incremento delle concentrazioni del DIN nei primi mesi dell'anno con un valore massimo di 1048 $\mu\text{g/l}$ di incremento nel mese di maggio nella stazione più settentrionale. Anche il mese di giugno segnala valori positivi in tutte le stazioni. Nei restanti mesi dell'anno i valori si mantengono analoghi alla media climatologica del periodo per poi subire un ulteriore incremento in ottobre-novembre sempre nella stazione più settentrionale. La forma azotata che incide maggiormente nella positività dei valori è l'azoto nitrico (N-NO_3), condizione osservabile anche in Figura 64 in cui sono rappresentati i valori delle tre forme azotate rilevate nella stazione 2 nel 2010. Tale situazione conferma che anche nel 2010 sono aumentati gli apporti a mare dell'azoto. Il fattore causale è ascrivibile all'incremento delle precipitazioni atmosferiche e al conseguente incremento dei processi di dilavamento dalle fonti diffuse. Tale andamento è osservabile anche in Figura 66 in cui sono state elaborate le medie geometriche annuali nel lungo periodo (1982-2010), in stazioni costiere rappresentative della costa emiliano-romagnola; visibile il marcato aumento dei valori nel 2010, in tutte le stazioni con una accentuazione nell'area settentrionale della costa.

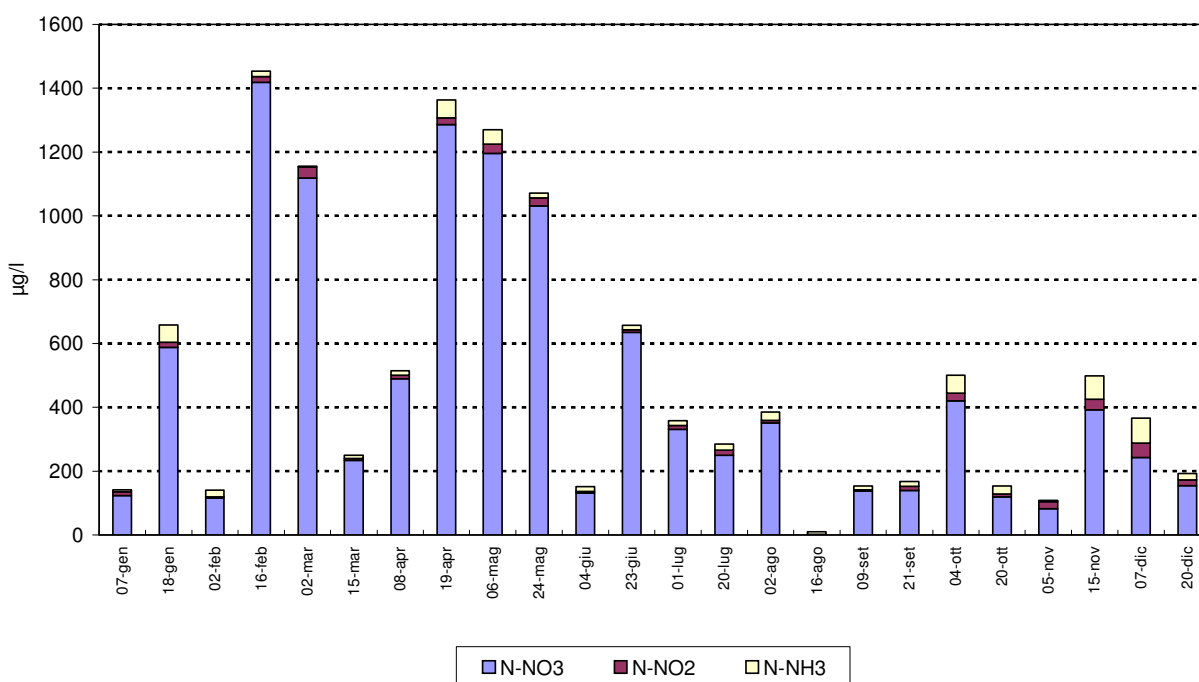


Figura 64 - Istogrammi in pila degli andamenti di nitrati, nitriti, azoto ammoniacale nella stazione 2 nel 2010

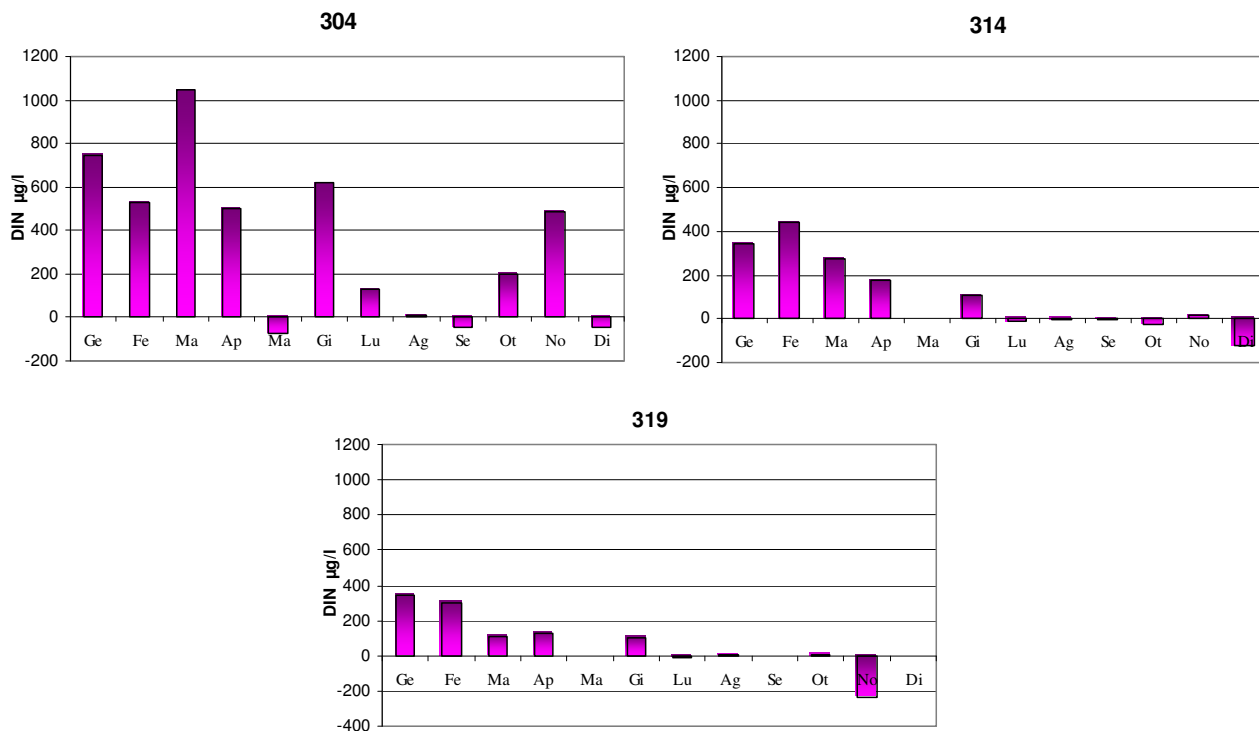


Figura 65 – Variazione dei valori medi mensili del DIN rilevati nel 2010 in tre stazioni a 3 km dalla costa (P. Garibaldi st. 304, Cesenatico st. 314, Cattolica st. 319) in confronto al valore medio climatologico

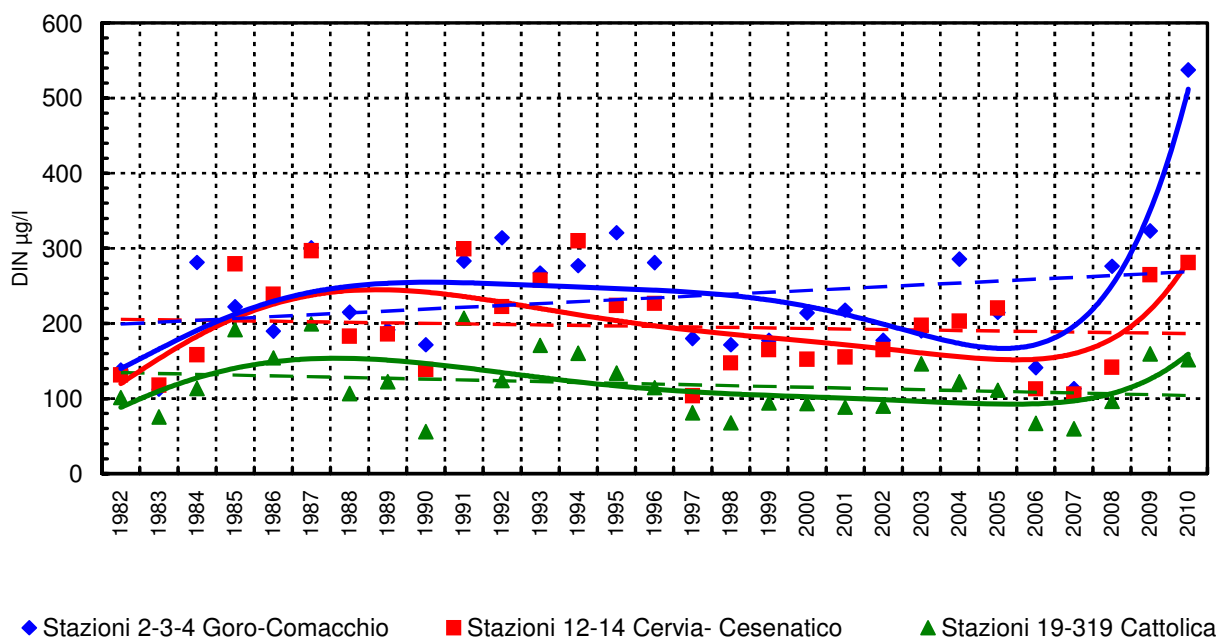


Figura 66 – Medie geometriche annuali per trend evolutivo del DIN in tre aree della costa emiliano-romagnola (periodo 1982-2010)

4.4.2.d Azoto totale (N Tot)

L'andamento di questo parametro ha una forte analogia con le altre componenti azotate; infatti mostra una spiccata correlazione con le portate fluviali (vedi Figura 30 pag. 40) e ampia variabilità, ben visibile nelle elaborazioni in Figura 67, in cui le stazioni settentrionali presentano le concentrazioni maggiori.

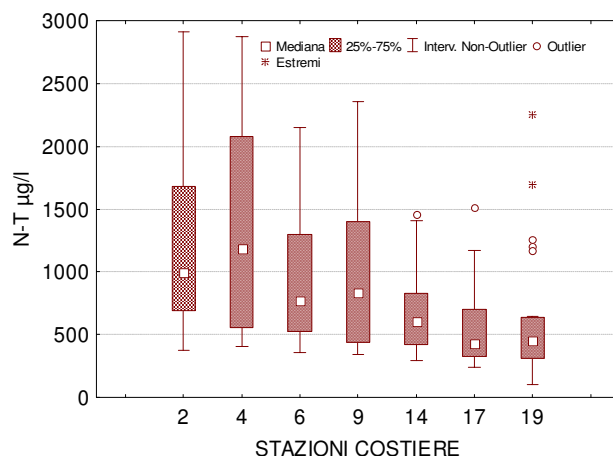


Figura 67 - Diagrammi multipli di Box e Whiskers valori annuali dell'azoto totale nelle stazioni costiere

I valori medi annuali maggiori si registrano nelle stazioni costiere e mostrano in generale un trend in diminuzione passando da costa verso largo e da nord verso sud (Figura 68).

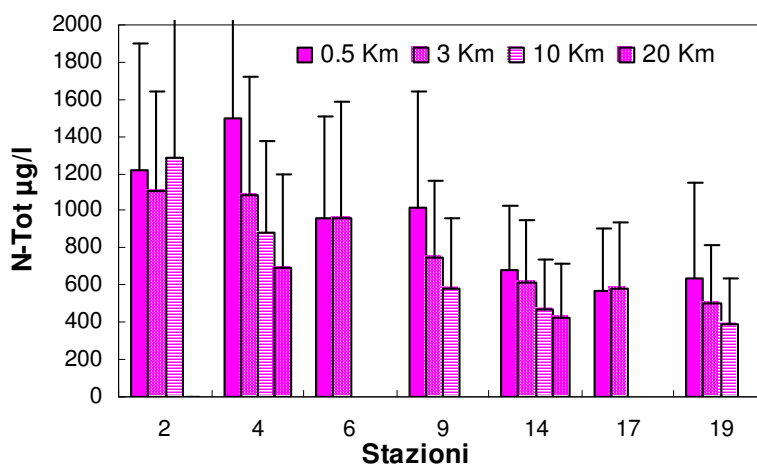


Figura 68 - Valori medi annuali e deviazione standard dell'azoto totale delle acque superficiali nelle stazioni a 0,5, 3, 10 e 20 km dalla costa

Stagionalmente i valori più elevati si rilevano nel periodo invernale e autunnale; a seguire sono significative anche le medie primaverili per assistere nella stagione estiva ad una importante flessione (Figura 69).

In Figura 70 sono riportate negli istogrammi le variazioni dei valori medi mensili dell'azoto totale rilevati nel 2010 in tre stazioni collocate a 3 km dalla costa (P. Garibaldi st. 304, Cesenatico st. 314, Cattolica st. 319), in confronto al valore medio climatologico calcolato nel lungo periodo (1993-2002).

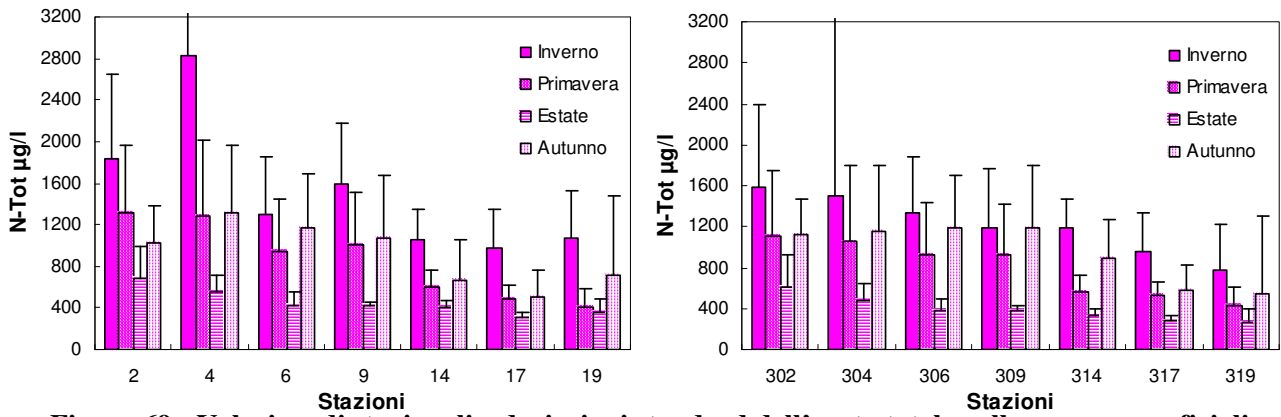


Figura 69 - Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'azoto totale nelle acque superficiali delle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

L'approccio metodologico seguito, al fine di valutare gli scostamenti e/o le variazioni dell'anno 2010 rispetto alle concentrazioni dei parametri calcolate nel lungo periodo, è stato quello di riportare il valore medio mensile con il dato medio dello stesso mese ricavato da un significativo insieme di valori rilevati nella stessa stazione dal 1993 al 2002, che rappresentano le condizioni di riferimento e di comparazione. Valori positivi rappresentati nei grafici significano che il parametro, nel corso di ogni singolo mese, ha subito un incremento rispetto alla condizione "normale" rappresentata dalla climatologia delle tre stazioni considerate; al contrario valori negativi identificano una riduzione della variabile. In tutte e tre le stazioni in esame è evidente un incremento delle concentrazioni dell'azoto totale nei primi mesi dell'anno, più marcato in quella più settentrionale. Anche i mesi di giugno, ottobre, novembre e dicembre, soprattutto nella stazione più settentrionale, si evidenziano valori positivi. Nei restanti mesi dell'anno i valori si mantengono analoghi alla media climatologica del periodo.

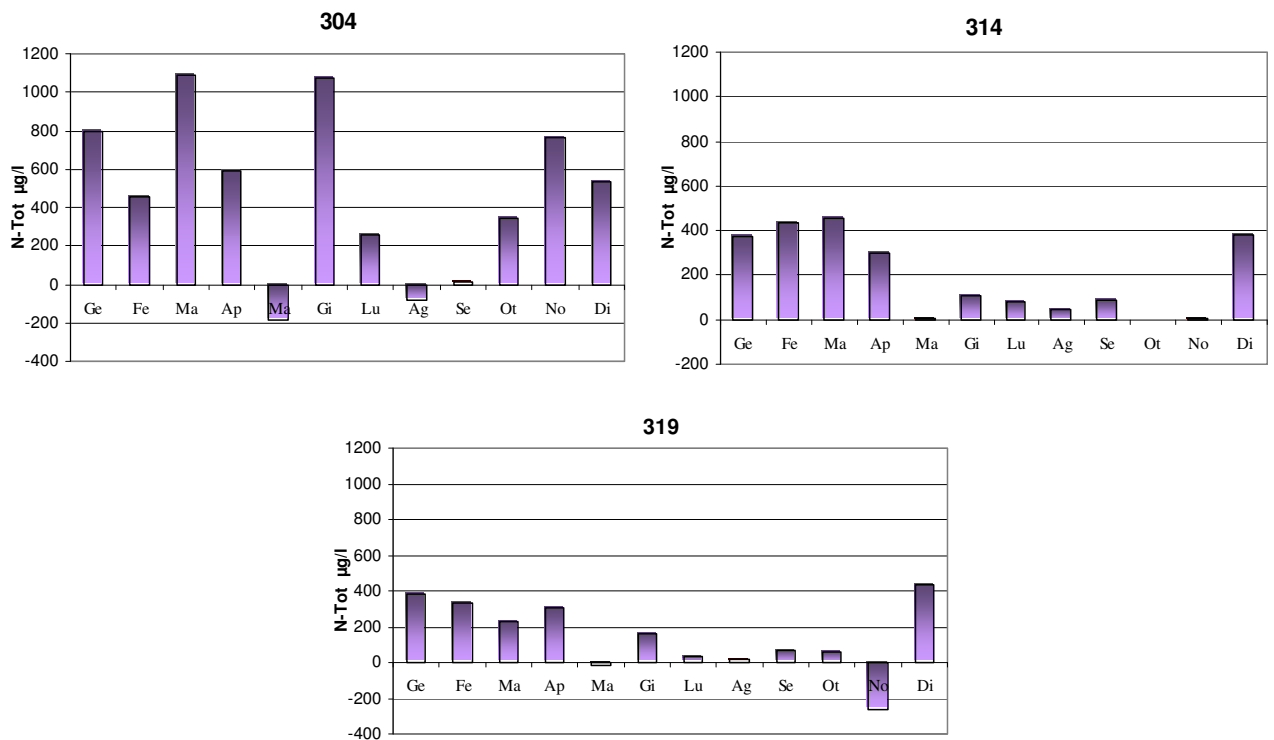


Figura 70 – Variazione dei valori medi mensili di azoto totale rilevati nel 2010 in tre stazioni a 3 km dalla costa (P. Garibaldi st. 304, Cesenatico st. 314, Cattolica st. 319) in confronto al valore medio climatologico

4.4.2.e Fosforo reattivo (P-PO₄)

Per quanto riguarda il fosforo reattivo si rileva un'alta variabilità del parametro soprattutto nelle stazioni costiere in quanto risentono molto dei contributi locali (Figura 71, Figura 72, Figura 73). Nelle stazioni più al largo l'ortofosfato tende a uniformarsi su concentrazioni più basse. Fanno eccezione le stazioni al largo dell'area settentrionale perché direttamente investite dagli apporti padani. Analogamente ad altri nutrienti anche per il fosforo reattivo si rileva un marcato trend in diminuzione da costa verso largo e da nord a sud. Nei diagrammi Box e Whiskers il parametro si mantiene a concentrazioni più contenute e con una ridotta variabilità nelle stazioni meridionali.

Le concentrazioni medie stagionali mostrano i valori maggiori in inverno e autunno (Figura 74), i più bassi in estate.

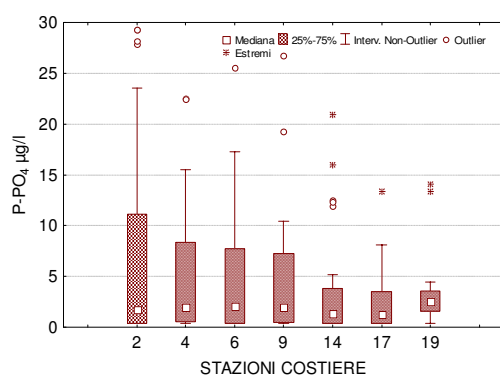


Figura 71 - Diagrammi multipli di Box e Whiskers annuali riferiti al P-PO₄ nelle stazioni costiere

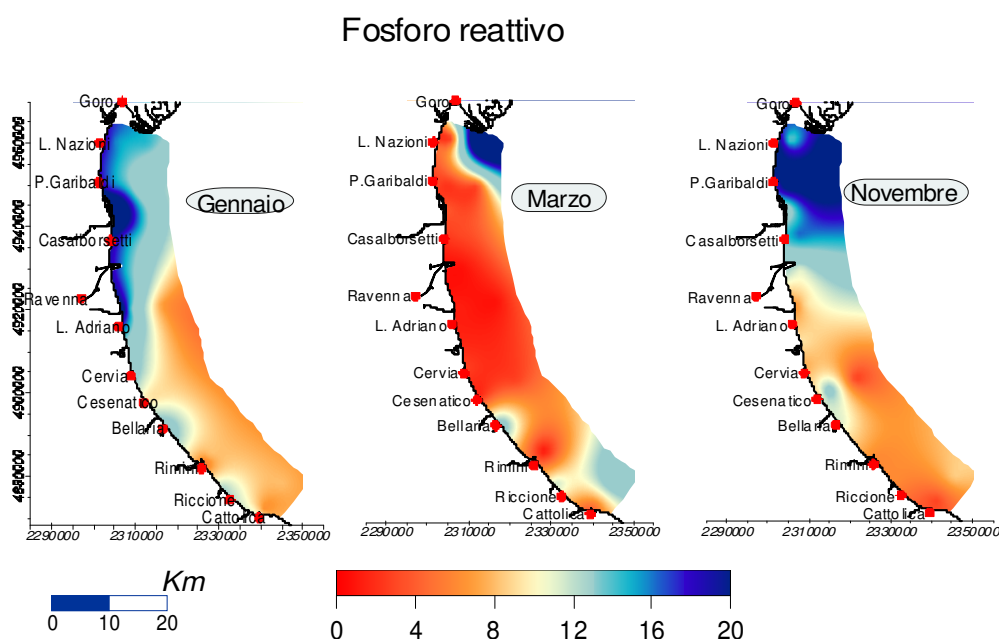


Figura 72 - Distribuzioni del fosforo reattivo (µg/l) rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e da costa fino a 10 km nelle acque superficiali (medie mensili)

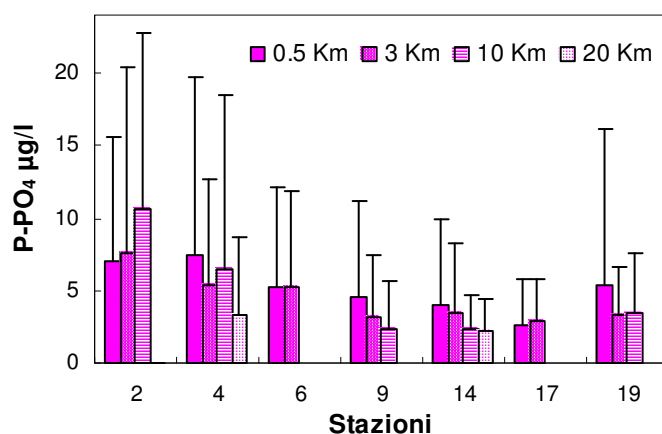


Figura 73 – Valori medi annuali e deviazione standard del P-PO₄ delle acque superficiali nelle stazioni a 0,5, 3, 10 e 20 km dalla costa

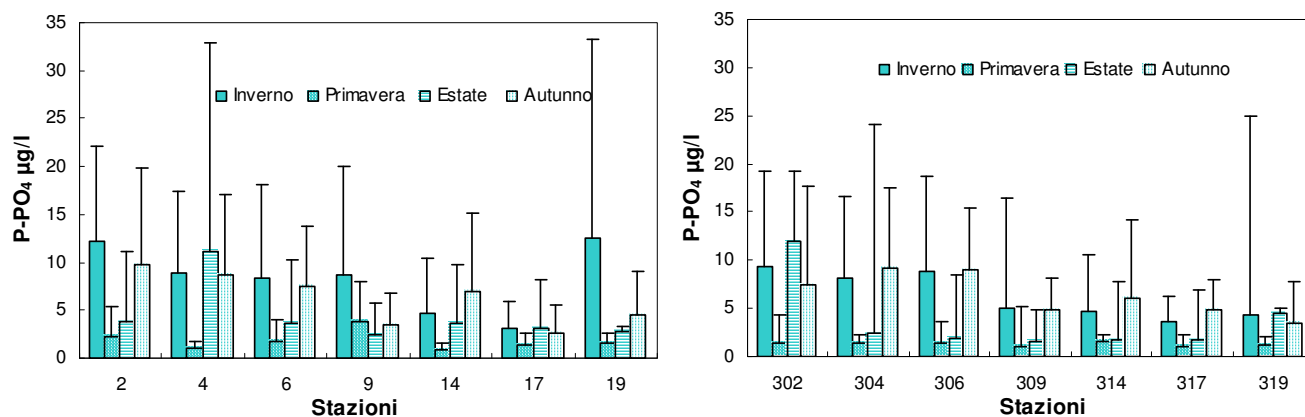


Figura 74 - Valori medi stagionali e deviazioni standard del P-PO₄ nelle acque superficiali delle stazioni a 0,5 e 3 km dalla costa

Negli istogrammi di Figura 75 sono riportate le variazioni dei valori medi mensili del fosforo reattivo rilevati nel 2010 in tre stazioni collocate a 3 km dalla costa (P. Garibaldi st. 304, Cesenatico st. 314, Cattolica st. 319), in confronto al valore medio climatologico calcolato nel lungo periodo (1993-2002).

L’approccio metodologico seguito, al fine di valutare gli scostamenti e/o le variazioni dell’anno 2010 rispetto alle concentrazioni dei parametri calcolate nel lungo periodo, è stato quello di riportare il valore medio mensile con il dato medio dello stesso mese ricavato da un insieme di valori rilevati nella stessa stazione dal 1993 al 2002, che rappresentano le condizioni di riferimento e di comparazione. Valori positivi rappresentati nei grafici significano che il parametro, nel corso di ogni singolo mese, ha subito un incremento rispetto alla condizione “normale” rappresentata dalla climatologia delle tre stazioni considerate; al contrario valori negativi identificano una diminuzione della variabile.

In tutte e tre le stazioni in esame, in generale, i valori si mantengono analoghi alla media climatologica del periodo; è evidente un marcato incremento delle concentrazioni del fosforo reattivo nei primi mesi dell’anno nella sola stazione settentrionale e valori elevati nel mese di novembre solo nelle due stazioni più settentrionali.

Lo sviluppo dei fenomeni eutrofici è dipendente dagli apporti di nutrienti veicolati a mare dai bacini costieri adriatici, soprattutto dal Po. Conoscere quindi anche le concentrazioni di azoto in mare permette di valutare e controllare il fenomeno eutrofico. Al fine di ridurre i fenomeni eutrofici, e quindi di migliorare lo stato qualitativo delle acque costiere, è necessario rimuovere e controllare i carichi di nutrienti generati e liberati dai bacini, in modo da abbassare sostanzialmente le concentrazioni di nutrienti a mare, oltre che di fosforo anche di azoto. La componente DIN viene utilizzata con il P-PO₄ nel calcolo del rapporto N/P. Nelle acque costiere emiliano-romagnole il fosforo è sempre stato l'elemento chiave che limita e controlla i fenomeni eutrofici, mentre l'azoto riveste un ruolo non limitante. Il processo alla base di questa considerazione è legato al meccanismo secondo il quale il fitoplancton assume i nutrienti in soluzione secondo lo stesso rapporto molare che questi elementi hanno all'interno della biomassa algale, cioè N/P elementare = 16, riferito al peso atomico N/P = 7,2. Se il rapporto nell'acqua di mare supera il valore N/P di 7,2 si afferma che il fosforo è il fattore limitante la crescita algale e l'azoto in eccesso presente nelle acque non può essere utilizzato dalle alghe. Questo significa che gli interventi di risanamento per migliorare lo stato qualitativo delle acque eutrofiche devono prevedere prevalentemente una riduzione degli apporti di fosforo. In genere la fosforo-limitazione è il fattore che caratterizza acque costiere con livelli trofici mediamente elevati, l'azoto-limitazione è invece riscontrabile nelle acque costiere in cui il rischio eutrofico è molto limitato se non assente.

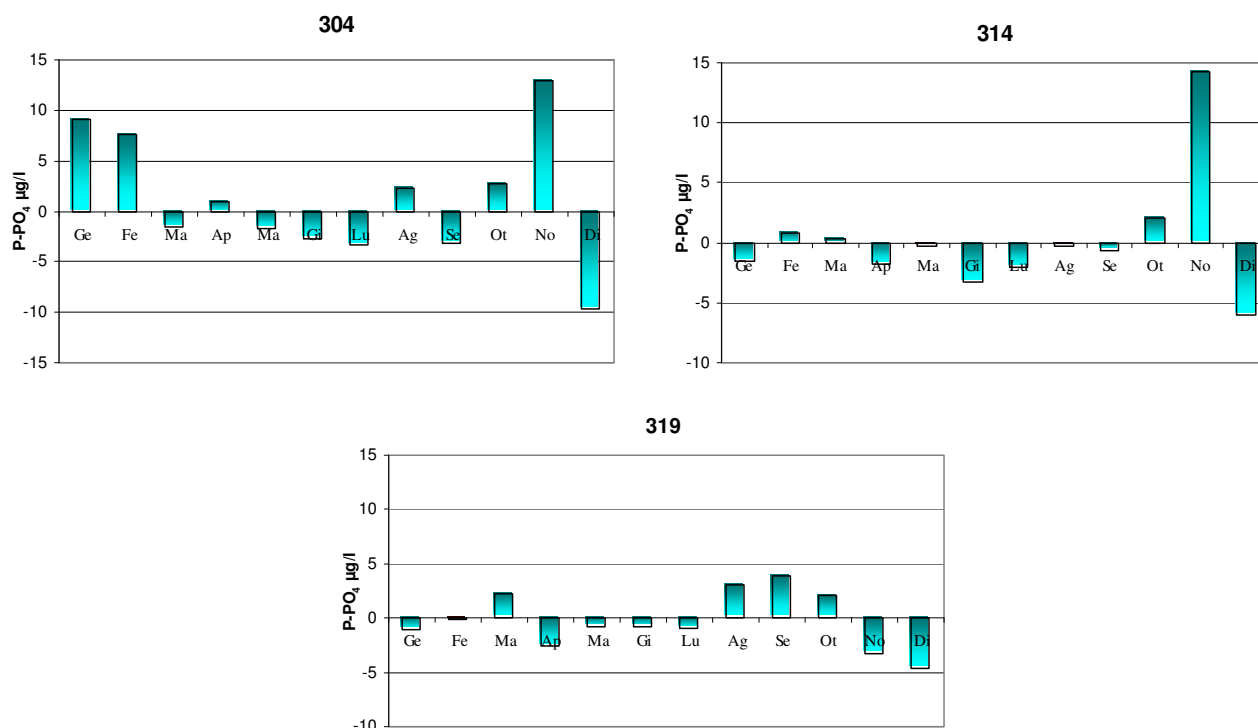


Figura 75 - Variazione dei valori medi mensili di fosforo reattivo rilevati nel 2010 in tre stazioni a 3 km dalla costa (P. Garibaldi st. 304, Cesenatico st. 314, Cattolica st. 319) in confronto al valore medio climatologico

Nella Figura 76 sono stati elaborati i trend evolutivi del fosforo reattivo dove i valori riportati rappresentano le medie geometriche annuali calcolate in tre aree costiere. Le stazioni di Goro e Comacchio delimitano l'area più settentrionale che risente degli apporti del Po e presenta elevati livelli trofici per molti mesi dell'anno, le stazioni di Cattolica delimitano l'area più

meridionale che risente in misura minore degli apporti padani e presenta bassi livelli trofici ed infine le stazioni costiere centrali della costa emiliano-romagnola, ubicate a Cervia e Cesenatico, in cui si rileva una situazione trofica intermedia caratterizzata anche dagli apporti dei bacini locali, soprattutto nel periodo estivo. In tutte e tre le aree esaminate si è verificata, nel lungo periodo, una diminuzione delle concentrazioni del fosforo reattivo, corrispondente ad una diminuzione dei carichi dai bacini. Nei diagrammi sono rappresentate le tendenze di tipo lineare (rette tratteggiate), che mostrano in termini assoluti l'evoluzione complessiva dei sistemi, e quelle di ordine superiore (linee continue), che consentono di evidenziare eventuali fenomeni di ciclicità interannuale. La tendenza di ordine superiore evidenzia due cicli di circa 10 anni, ciascuno con i massimi raggiunti rispettivamente nel 1985 e 1995.

Nelle acque costiere emiliano-romagnole, e in generale in tutto l'Adriatico settentrionale, il fosforo è il fattore limitante la crescita algale, pertanto rimane l'elemento su cui maggiormente devono essere concentrati gli sforzi per contrastare l'eutrofizzazione costiera.

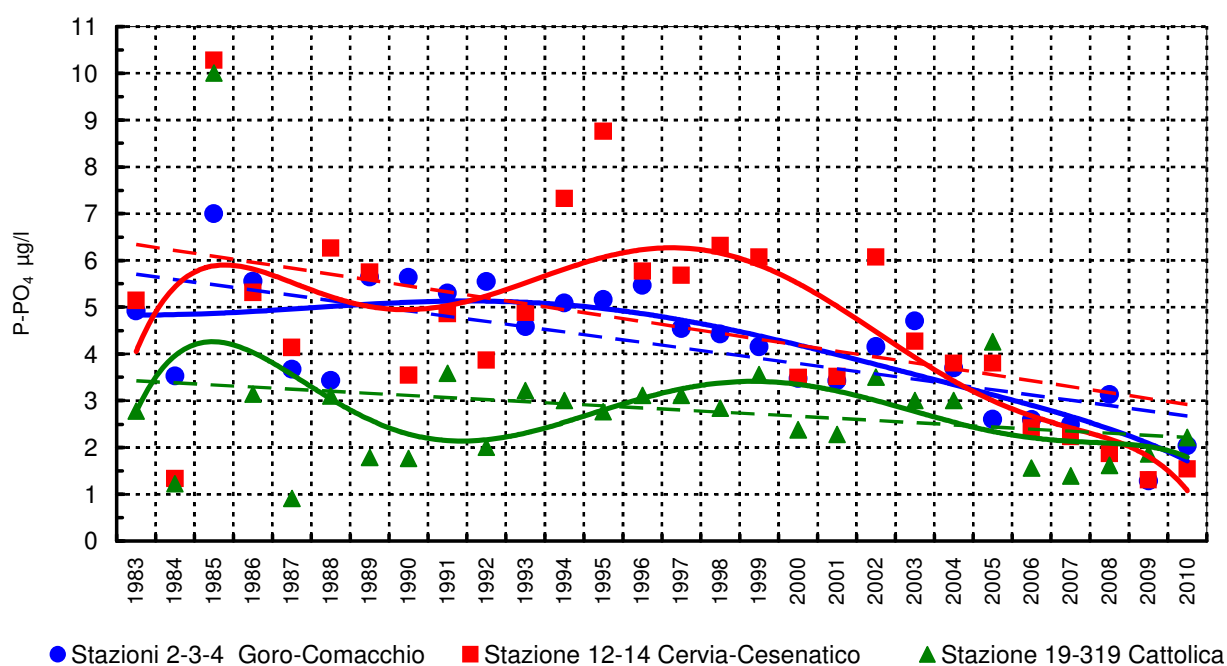


Figura 76 - Medie geometriche annuali per il trend di P-PO₄ in tre aree della costa emiliano-romagnola (periodo 1983-2010)

4.4.2.f Fosforo totale (P Tot)

Anche gli andamenti del fosforo totale presentano ampia variabilità (Figura 77, Figura 78), particolarmente accentuata nelle stazioni costiere e settentrionali. Nelle acque di fondo le concentrazioni del fosforo totale sono in genere prossime a quelle rilevate negli strati superficiali con alcuni casi di superamento.

Le medie annuali presentano un trend in diminuzione passando da costa verso il largo e da nord verso sud (Figura 77).

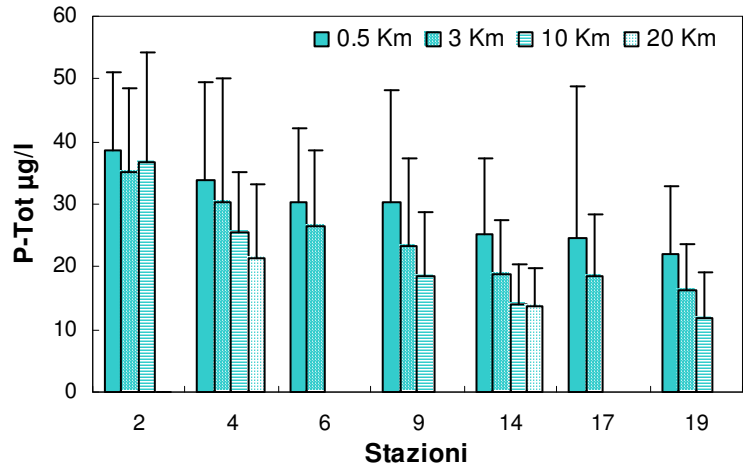


Figura 77 - Valori medi annuali e deviazione standard del fosforo totale in superficie nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

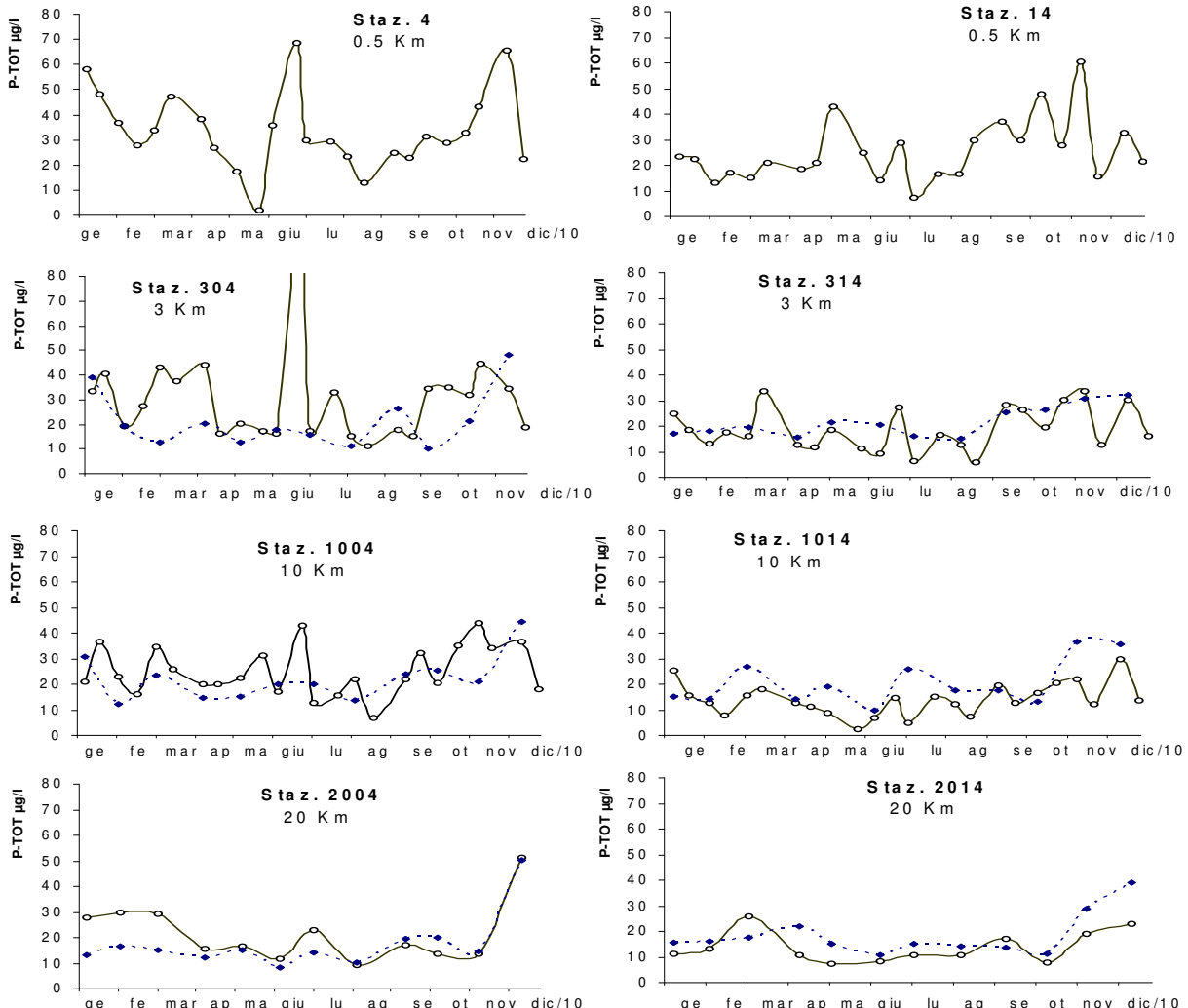


Figura 78 - Andamento temporale del fosforo totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle due direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico

I valori medi stagionali e le deviazioni standard calcolate nelle stazioni costiere (0.5 km) e a 3 km da costa mostrano anch'essi una distribuzione molto variabile con una prevalenza dei valori maggiori in autunno e primavera (Figura 79).

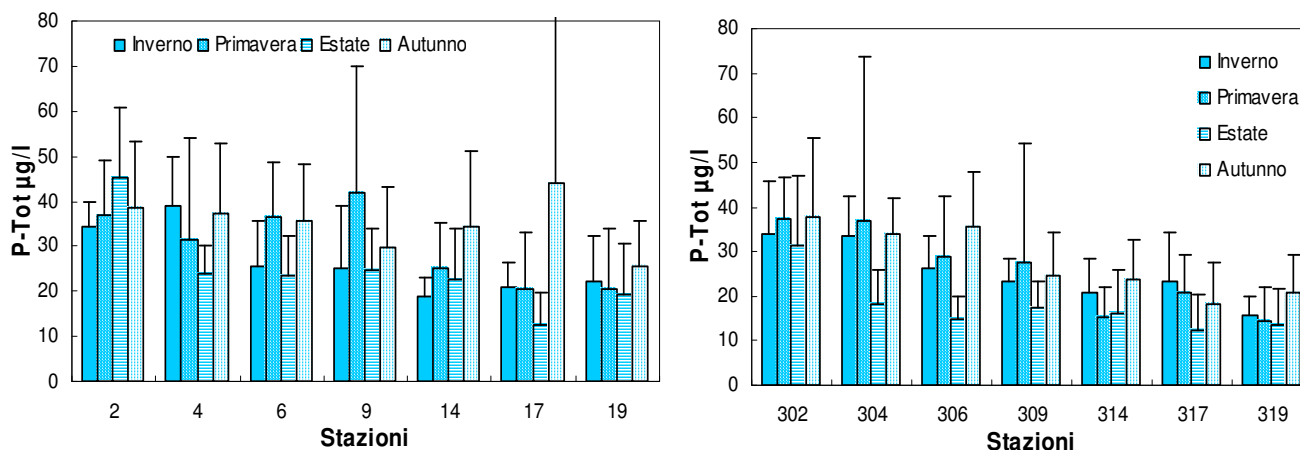


Figura 79 - Valori medi stagionali e deviazioni standard del fosforo totale nelle acque superficiali calcolate per le stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

In Figura 80 sono riportate negli istogrammi le variazioni dei valori medi mensili del fosforo totale rilevati nel 2010 in 3 stazioni collocate a 3 km dalla costa (P. Garibaldi st. 304, Cesenatico st. 314, Cattolica st. 319), in confronto al valore medio climatologico calcolato nel lungo periodo (1993-2002).

L'approccio metodologico seguito, al fine di valutare gli scostamenti e/o le variazioni dell'anno 2010 rispetto alle concentrazioni dei parametri calcolate nel lungo periodo, è stato quello di riportare il valore medio mensile con il dato medio dello stesso mese ricavato da un insieme significativo di valori rilevati nella stessa stazione dal 1993 al 2002, che rappresentano le condizioni di riferimento e di comparazione. Valori positivi rappresentati nei grafici significano che il parametro, nel corso di ogni singolo mese, ha subito un incremento rispetto alla condizione "normale" rappresentata dalla climatologia delle tre stazioni considerate; al contrario valori negativi identificano una riduzione della variabile.

Mentre nelle stazioni 314 e 319 in generale i valori si mantengono analoghi alla media climatologica del periodo, è evidente una marcata fluttuazione delle concentrazioni del fosforo totale nella stazione più settentrionale, che risente maggiormente degli apporti padani, con un valore massimo registrato in giugno.

I valori riportati in Figura 81 sono le medie geometriche annuali calcolate in tre aree costiere. Le stazioni di Goro e Comacchio delimitano l'area più settentrionale che risente degli apporti del Po e presenta elevati livelli trofici per molti mesi dell'anno, le stazioni di Cattolica delimitano l'area più meridionale che risente in misura minore degli apporti padani e presenta bassi livelli trofici ed infine le stazioni costiere centrali della costa emiliano-romagnola, ubicate a Cervia e Cesenatico, in cui si rileva una situazione trofica intermedia caratterizzata anche dagli apporti dei bacini locali, soprattutto nel periodo estivo. In tutte e tre le aree esaminate si è verificata, nel lungo periodo, una diminuzione delle concentrazioni del fosforo totale, corrispondente ad una diminuzione dei carichi di circa il 30%. Nei diagrammi sono rappresentate le tendenze di tipo lineare (rette tratteggiate), che mostrano in termini assoluti l'evoluzione complessiva dei sistemi, e quelle di ordine superiore (linee continue), che consentono di evidenziare eventuali fenomeni di ciclicità interannuale. La tendenza di ordine

superiore evidenza due cicli di circa 10 anni, ciascuno con i massimi raggiunti nel 1985, e nel 2004. Rispetto al 2007, si osserva una lieve diminuzione nei valori medi nelle stazioni centro-settentrionali della costa emiliano-romagnola; nelle altre stazioni costiere si osserva un lieve aumento.

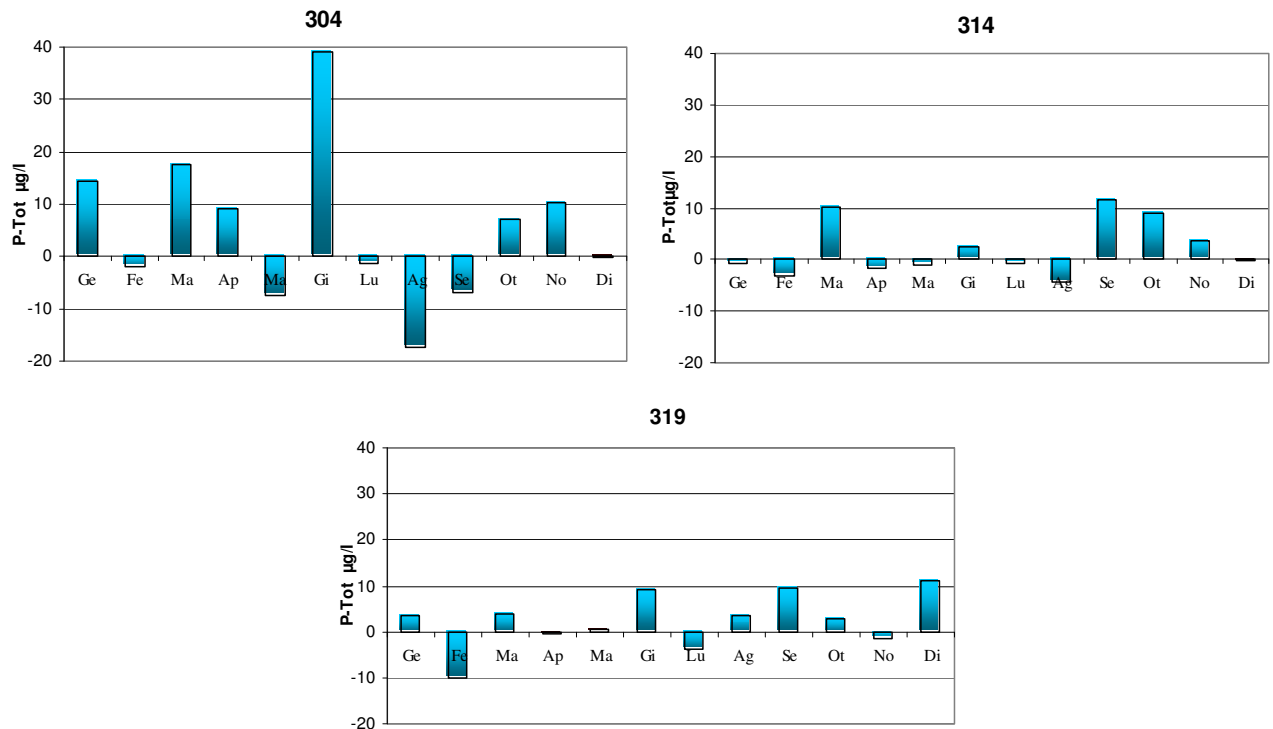


Figura 80 - Variazione dei valori medi mensili del fosforo totale rilevati nel 2010 in tre stazioni a 3 km dalla costa (P. Garibaldi st. 304, Cesenatico st. 314, Cattolica st. 319), in confronto al valore medio climatologico

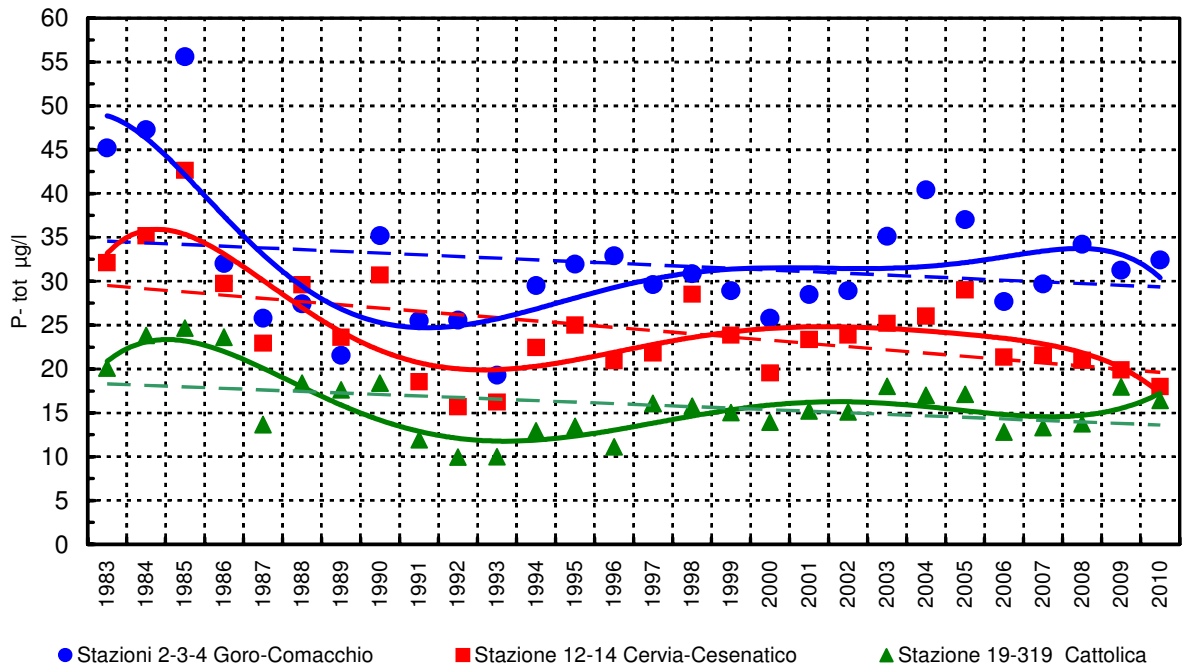


Figura 81 - Medie geometriche annuali per il trend del fosforo totale in tre aree della costa emiliano-romagnola (periodo 1983-2010)

La Figura 82 mostra gli andamenti temporali del fosforo ortofosfato e fosforo totale nel 2010 nella stazione 2 (Lido di Volano).

La figura evidenzia la notevole differenza di concentrazione dei due parametri, con accentuata prevalenza della componente totale, soprattutto nei mesi primaverili ed estivi. Ciò è dovuto al fatto che in tali periodi, caratterizzati da ridotti apporti, la componente ortofosfatica è la forma che viene immediatamente assimilata e che di conseguenza non presenta concentrazioni apprezzabili nell'acqua.

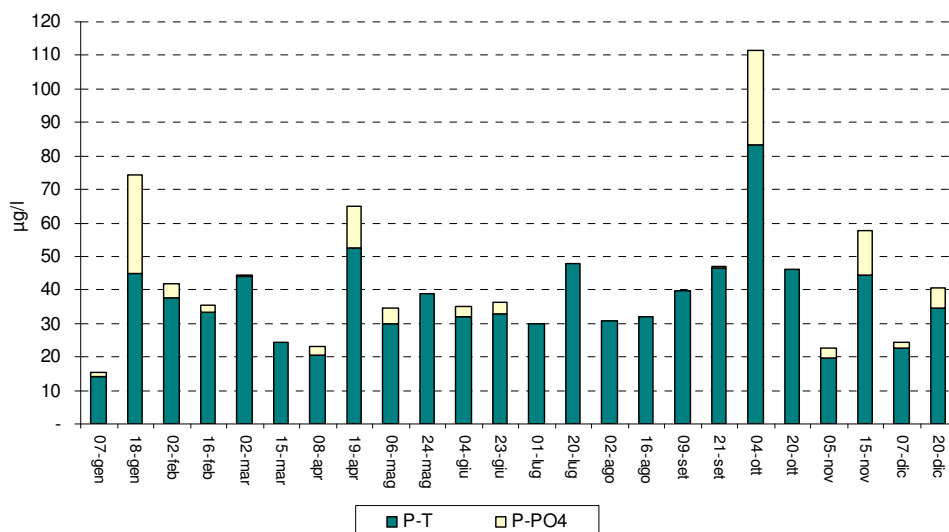


Figura 82 – Istogrammi in pila relativi agli andamenti temporali del fosforo ortofosfato e fosforo totale nel 2010 nella stazione 2 (Lido di Volano)

4.4.2.g Silice reattiva (Si-SiO₂)

La silice reattiva è sempre in stretta correlazione con le portate fluviali, del Po in particolare. Tale condizione è particolarmente evidente nelle stazioni settentrionali e costiere ove si riscontra, tra l'altro, la maggiore variabilità (Figura 83, Figura 84, Figura 85). Stagionalmente si rilevano le maggiori concentrazioni in inverno e autunno (Figura 86), le più basse in estate a seguito delle magre fluviali estive.

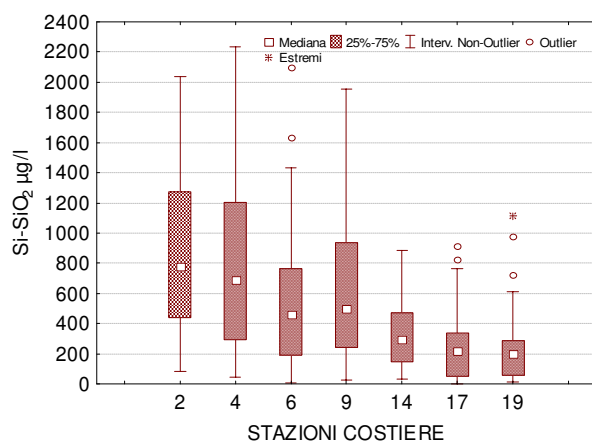


Figura 83 - Diagrammi multipli di Box e Whiskers annuali riferiti alla Si-SiO₂ nelle stazioni costiere

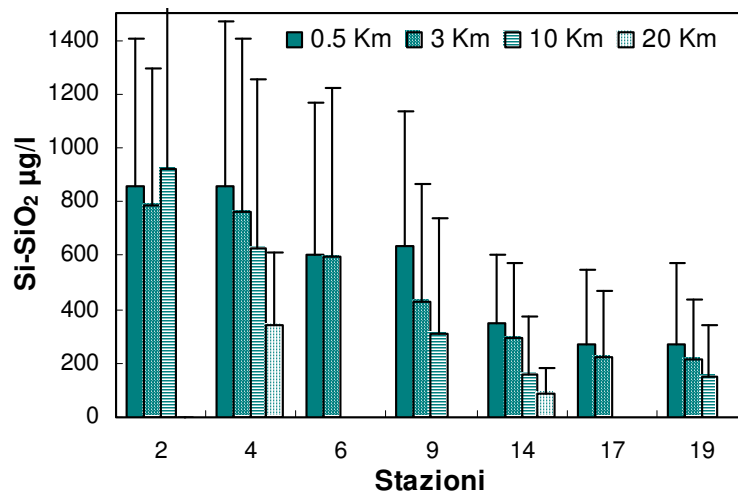


Figura 84 - Valori medi annuali e deviazione standard della silice reattiva in superficie nelle stazioni a 0,5, 3, 10 e 20 km dalla costa

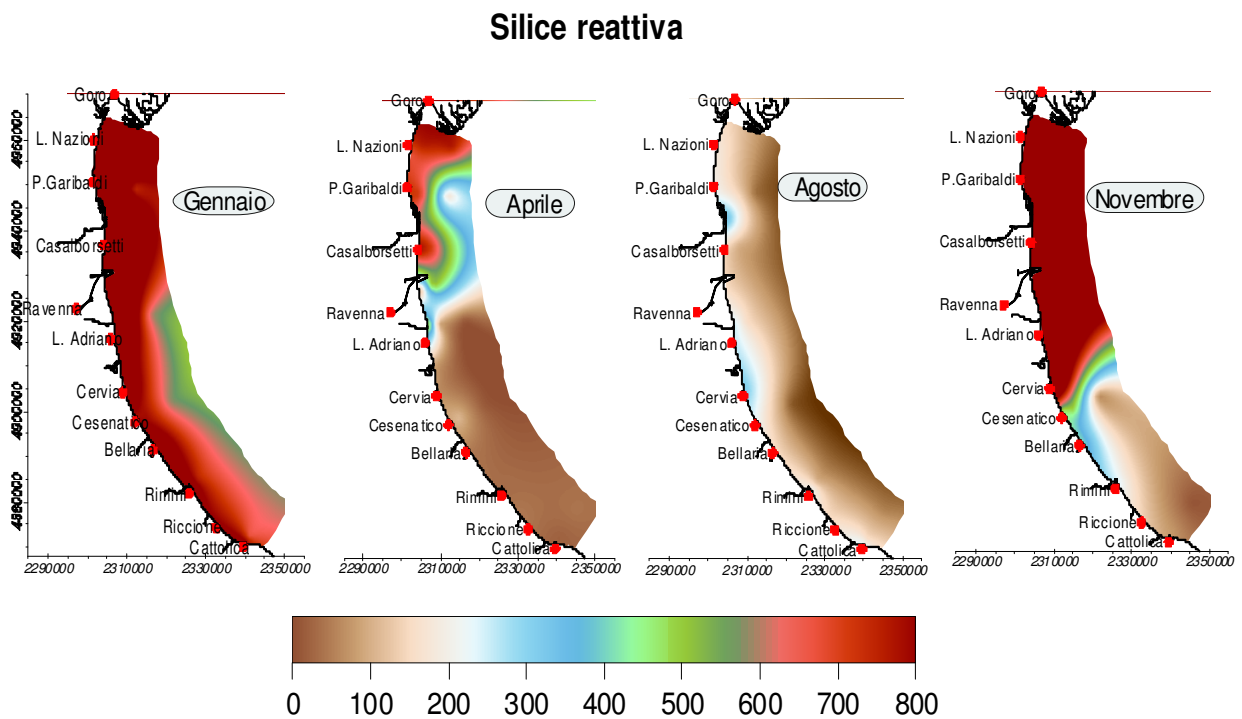


Figura 85 - Distribuzione della Si-SiO₂ (µg/l) rilevate nell'area dal delta del Po a Cattolica e da costa fino a 10 km nelle acque superficiali (medie mensili)

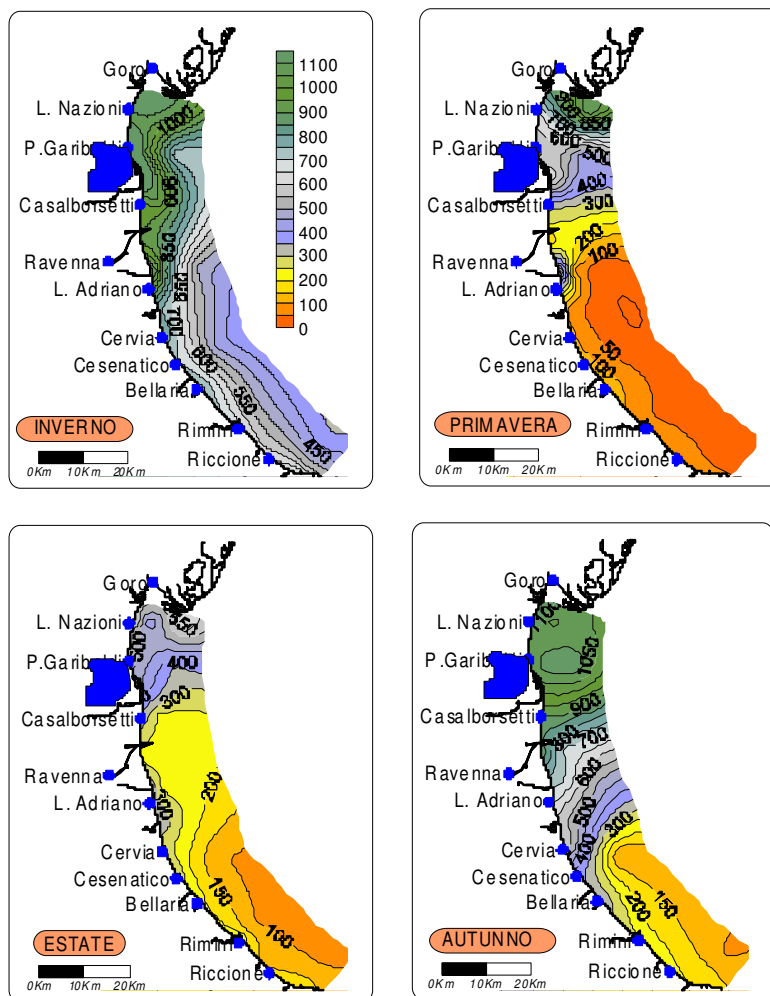


Figura 86 – Mappe di distribuzione delle medie stagionali della silice ($\mu\text{g/l}$) lungo la costa dell'Emilia Romagna da costa al largo (10 km)

4.4.2.h 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-PO₄ nel calcolo del rapporto N/P. Nelle acque costiere emiliano-romagnole il fosforo è sempre stato l'elemento chiave che limita e controlla i fenomeni eutrofici, mentre l'azoto riveste un ruolo non limitante. Il processo alla base di questa considerazione è legato al meccanismo secondo il quale il fitoplancton assume i nutrienti in soluzione secondo lo stesso rapporto molare che questi elementi hanno all'interno della biomassa algale, cioè N/P elementare = 16, riferito al peso atomico N/P = 7,2. Se il rapporto nell'acqua di mare supera il valore N/P di 7,2 si afferma che il fosforo è il fattore limitante la crescita algale e l'azoto in eccesso presente nelle acque non può essere utilizzato dalle alghe. Questo significa che gli interventi di risanamento per migliorare lo stato

qualitativo delle acque eutrofiche devono prevedere una riduzione degli apporti di fosforo. In genere la fosforo limitazione è il fattore che caratterizza le acque costiere con livelli trofici mediamente elevati, l'azoto limitazione è invece riscontrabile nelle acque costiere in cui il rischio eutrofico è molto limitato se non assente.

La distribuzione dei valori del rapporto N/P in alcune stazioni campione (Figura 87), in particolare nelle due stazioni più settentrionali (stt. 2 e 302) e due più meridionali (stt. 19 e 319), evidenzia una notevole variabilità (considerare la scala logaritmica riportata nella grafica) ed una tendenza sinusoidale con i minimi nel periodo estivo. Presenza di alcune condizioni di azoto limitazione nel periodo estivo, anche se permane lo stato di fosforo-limitazione nella quasi totalità dei casi. La variabilità tende a ridursi nelle stazioni meridionali.

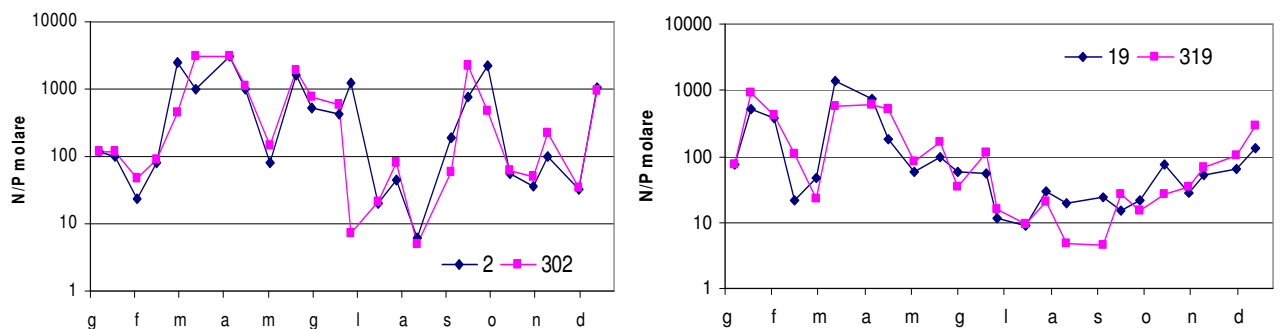


Figura 87 - Andamento del rapporto N/P in alcune stazioni campione; la linea blu è relativa alle stazioni più costiere (2 e 19), la linea fucsia a quelle a 3 km dalla costa (302 e 319)

In Figura 88 emerge un discreto aumento dei valori negli ultimi anni nell'analisi del trend su lungo periodo dei valori di N/P.

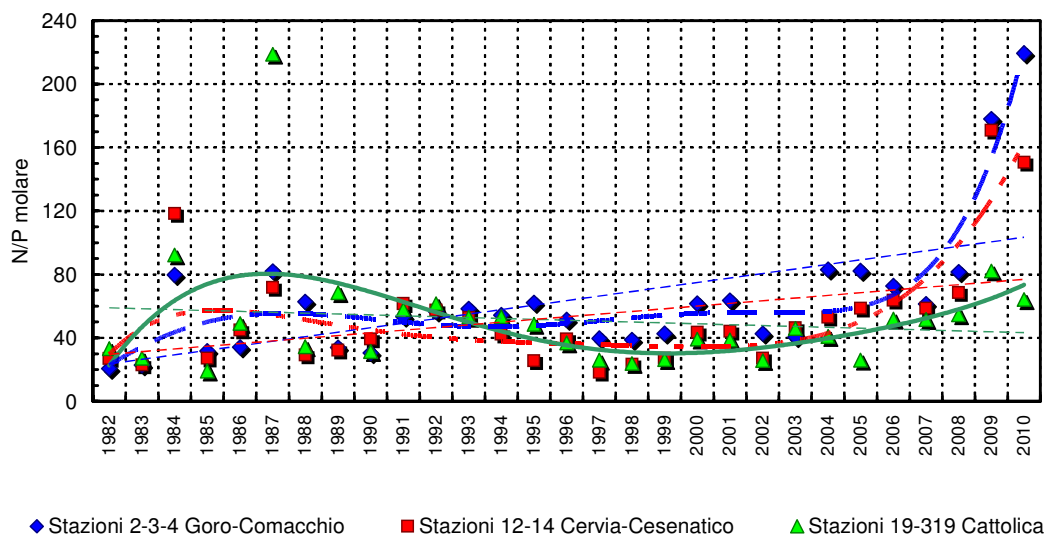


Figura 88 - Medie geometriche annuali per trend evolutivo del rapporto N/P in tre aree della costa emiliano-romagnola (periodo 1982-2010)

4.4.2.i Evoluzione trofo-dinamica del sistema in termini di limitazione-efficienza

Dall'analisi delle distribuzioni normali bi-variate dei rapporti clorofilla/nutrienti, è possibile rappresentare le fluttuazioni stagionali dei principali parametri di sistema in diagrammi come quelli riportati nella Figura 89. Differenti aree costiere possono essere collocate in questi diagrammi in funzione dei rapporti molari medi N/P e dei corrispondenti rapporti $ChA/(DIN \times PO_4)^{1/2}$, essendo questi ultimi una stima del grado di utilizzazione dei nutrienti.

In generale, con un ciclo annuale completo di dati, le distribuzioni bi-variate di $\text{Log}(ChA/PO_4)$ e $\text{Log}(ChA/DIN)$ risulteranno molto prossime alla normalità. Se la pendenza della retta di regressione ortogonale:

$$\text{Log}(ChA/PO_4) = \text{Log } b + k \text{Log}(ChA/DIN),$$

tende a $k=1$, il sistema raggiunge condizioni di isometria lungo le rette a 45° . Possiamo quindi sostituire i logaritmi con i numeri, ottenendo:

$$(ChA/PO_4) = b (ChA/DIN)^k.$$

Ma se $k=1$, allora sarà:

$$ChA/PO_4 \times DIN/ChA = DIN/PO_4 = N/P = b.$$

In maniera analoga, lungo le rette a -45° (con $k=-1$), avremo:

$$(ChA)^2 = b (DIN \times PO_4), \text{ da cui: } ChA/(DIN \times PO_4)^{1/2} = \text{costante}.$$

L'efficienza di un sistema costiero nella produzione di nuova biomassa (i.e. le variazioni del rapporto $ChA/(DIN \times PO_4)^{1/2}$ rispetto al rapporto N/P), può essere seguita mese dopo mese, osservando le sue oscillazioni intorno ad un centro di gravità rappresentato dalla media annuale dei due rapporti.

I diagrammi riportati nella Figura 89, si riferiscono all'andamento mensile dei rapporti elementari clorofilla/nutrienti rilevati in due aree rappresentative della fascia costiera emiliano-romagnola, in un intero ciclo annuale. Nella Figura 89 sono riportati i diagrammi di riferimento per lo stato trofico dei sistemi costieri nell'area Goro-Casalborsetti e nella zona Rimini-Cattolica e le variazioni delle medie mensili dei parametri di sistema. I rapporti N/P sono costanti lungo le linee punteggiate a 45° , viceversa i valori della quantità $ChA/(DIN \times PO_4)^{1/2}$ sono costanti lungo le linee punteggiate a -45° . Il corrispondente valore della media annuale è rappresentato dall'intersezione delle rette in grassetto, ed è evidenziato dal punto in colore verde.

Si rimarca l'importanza di questi diagrammi nel rappresentare il sistema costiero nei suoi aspetti essenziali, di tipo trofo-dinamico. Attraverso questa rappresentazione grafica, possono essere descritte le proprietà dinamiche del sistema, utilizzando i tre parametri: clorofilla, azoto inorganico disciolto (DIN) e ortofosfato solubile, che possono ben definirsi parametri fondamentali di stato trofico.

Ricorrendo al logaritmo dei loro rapporti è possibile infatti ricavare:

1) l'andamento del rapporto elementare N/P, che ci consente di individuare il nutriente che potenzialmente inibisce la crescita algale, cioè il fattore limitante;

2) le variazioni dell'efficienza del sistema a produrre biomassa, a seconda dei nutrienti biodisponibili, in pratica il valore assunto dal rapporto $ChA/(N*P)^{0.5}$. Nel piano cartesiano, queste due proprietà possono essere lette sugli assi posti a 45° (N/P) e a -45° (efficienza).

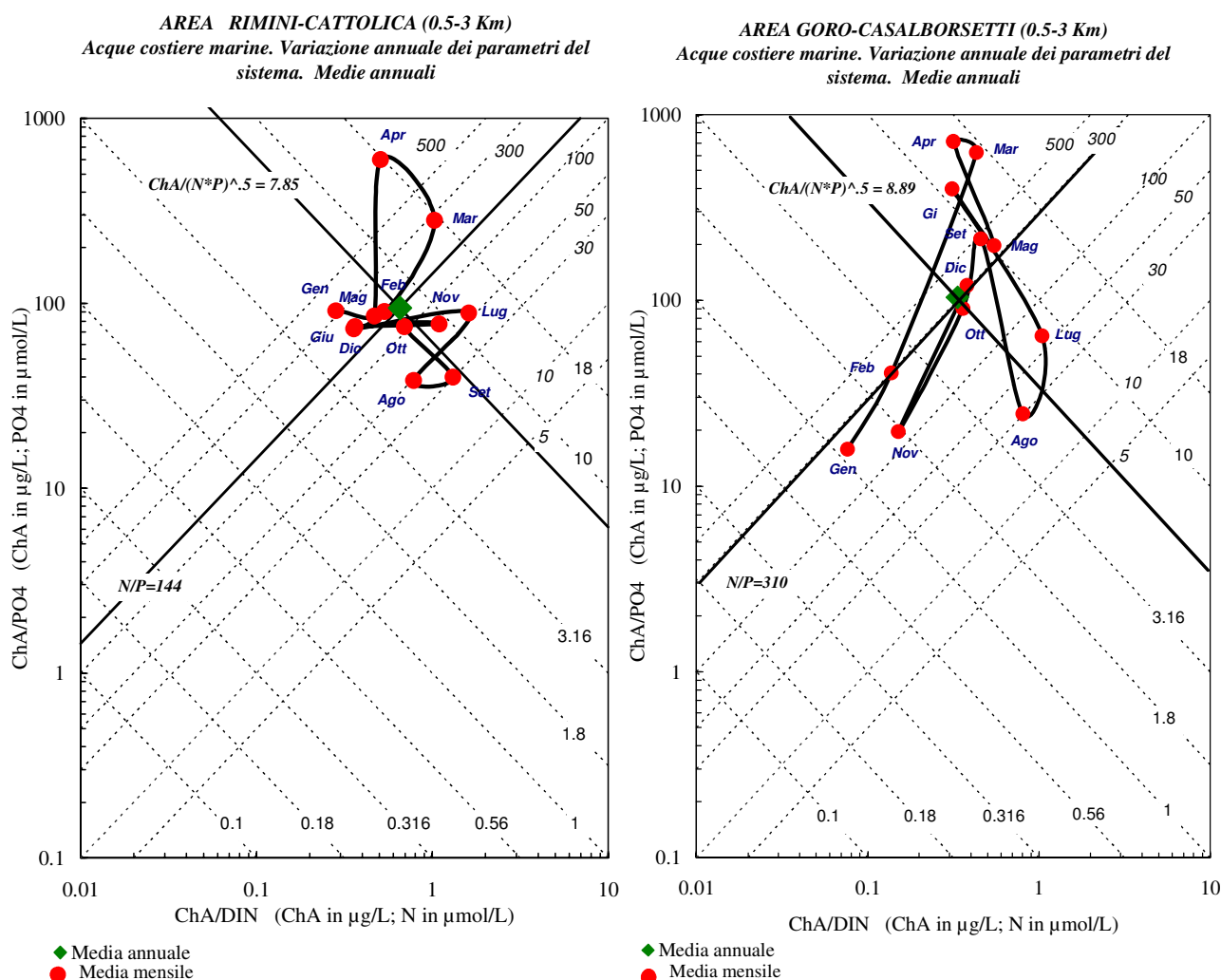


Figura 89 - Diagrammi di riferimento per lo stato trofico dei sistemi costieri nell'area Goro-Casalborsetti e nella zona Rimini-Cattolica

Per un intero ciclo annuale, l'evoluzione del sistema è perciò rappresentata in termini di limitazione-efficienza e di oscillazione dei punti (i.e. medie mensili), intorno al centroide rappresentato dalla media annuale. Disponendo dei dati prodotti dal monitoraggio di routine, in numero statisticamente significativo, è possibile quindi caratterizzare ogni area costiera e operare confronti nello spazio e nel tempo.

Nel caso del sistema Po-Adriatico, le variazioni annuali dei parametri di sistema sono rappresentate nella Figura 89, relativa alla zona nord (area di Goro-Casalborsetti) e alla zona sud (area di Rimini-Cattolica) rispettivamente.

Secondo la chiave di lettura illustrata sopra, nel corso del 2010, nell'area Goro-Casalborsetti riprende efficienza nei mesi di gennaio, novembre e agosto, in corrispondenza dei massimi apporti padani, sia in termini di portata che di afflusso di nutrienti. Nei mesi primaverili l'efficienza tende a diminuire per riprendere nei successivi mesi estivi, con i massimi annuali nel mese di luglio. È interessante notare che in questo caso i massimi valori di efficienza coincidono con i minimi valori del rapporto N/P, a riprova del fatto che, a bassi valori di

questo rapporto corrispondono scarsi apporti di acque dolci padane, e quindi di azoto. Infatti il valore estivo del rapporto N/P risulta compreso tra 30 e 100, contro valori che superano 300 nei restanti mesi, quando il regime del Po è caratterizzato da portate molto più elevate.

Nell'area costiera posta più a sud, (area Rimini-Cattolica), le variazioni annuali dei parametri del sistema sono meno marcate, pur con qualche sostanziale differenza rispetto all'area costiera più a ridosso del Po. Nella zona più settentrionale i massimi di efficienza sono raggiunti nei mesi tardo estivi - autunnali, da agosto a novembre, quando la scarsità di nutrienti biodisponibili nella colonna d'acqua obbliga il sistema a utilizzare le risorse con il massimo rendimento.

Infine, i valori delle medie annuali dei parametri del sistema, consentono di fissare il suo comportamento complessivo per il 2010 e di valutare la sua variabilità interannuale attraverso il confronto con gli analoghi valori registrati per gli anni precedenti.

4.5 DEFINIZIONE DELLO STATO TROFICO

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

Per la classificazione dello stato ambientale delle acque costiere marine l'Indice Trofico TRIX, unitamente alla relativa scala trofica, è considerato un elemento importante per definire e classificare lo stato qualitativo dell'ecosistema costiero, ripreso anche dalla recente normativa D. 260/10 recanti 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 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 della relativa scala trofica 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" 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 $\mu\text{g}/\text{L}$
- DIN azoto minerale disciolto ($\text{N-NO}_3 + \text{N-NO}_2 + \text{N-NH}_3$) in $\mu\text{g}/\text{L}$

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 (Log_{10}), la struttura base dell'Indice TRIX diventa:

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

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

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

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

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

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

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

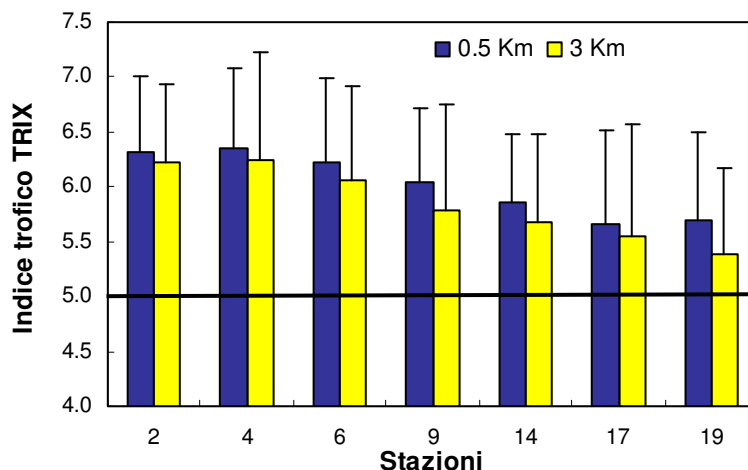


Figura 90 - Medie annuali del TRIX nel 2010 nelle stazioni a 0,5 e 3 km dalla costa.

In Figura 90 e Figura 91 sono riportate le medie annuali del TRIX nelle stazioni site a 0.5 e 3 km dalla costa e le distribuzioni in diagrammi multipli nelle solo stazioni costiere; tutte le stazioni presentano un superamento del valore di 5, che rappresenta il limite di classe TRIX Buono/Sufficiente, mantenendo alta la variabilità del parametro e un trend in diminuzione da Nord verso Sud e da costa verso il largo.

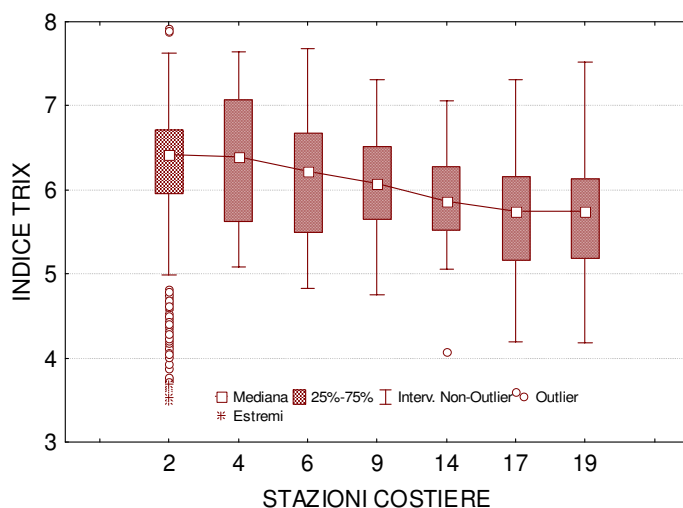


Figura 91 - Diagramma multiplo Box e Whiskers del TRIX nelle stazioni costiere

In riferimento ai corpi idrici individuati in applicazione del D.Lgs 152/06 (vedi Paragrafo 2.2.4), il valore medio annuale delle stazioni dei due corpi idrici individuati presentano per il corpo idrico CD1 il valore di 6.23, mentre per il corpo idrico CD2 il valore medio annuale di 5.47 (Figura 92). Tali valori identificano una situazione di acque molto produttive, livello di eutrofia elevato, scarsa trasparenza, anomale colorazioni delle acque, ipossie ed occasionali anossie delle acque bentiche, stati di sofferenza a livello dell'ecosistema bentonico.

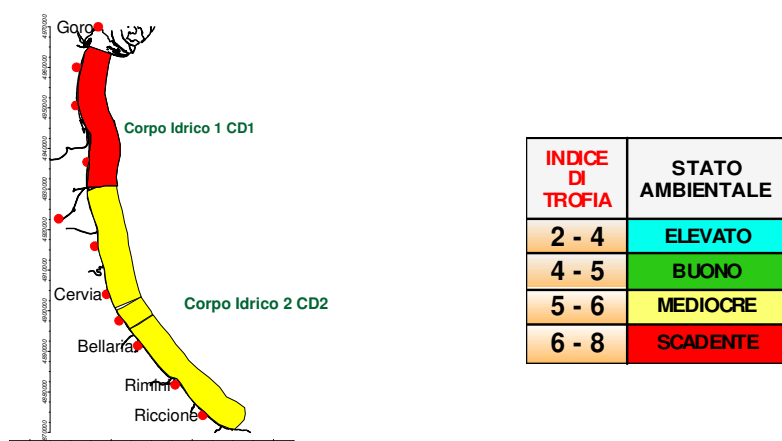


Figura 92 - Valori medi annuali di TRIX nei due corpi idrici

Comparando i valori medi annuali di TRIX riscontrati nel periodo 1996-2010 (vedi Figura 93), si evince un gradiente in diminuzione dell'Indice Trofico da nord verso sud ed un peggioramento nel 2010 di tutte le stazioni sia costiere che di quelle al largo, ad eccezione della stazione più settentrionale, rispetto ai 6 anni precedenti.

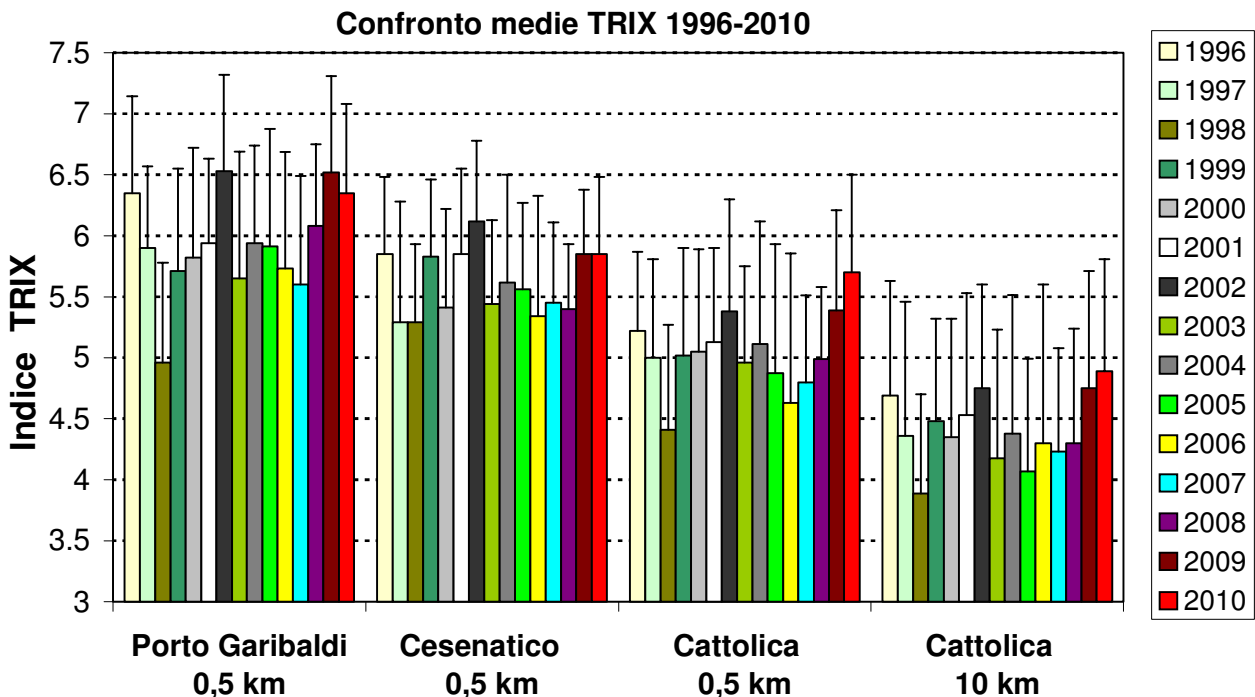


Figura 93 - Confronto tra il valore medio del TRIX rilevato dal 1996 al 2010 nelle stazioni costiere a 0.5 Km di Porto Garibaldi (st 4), Cesenatico (st 14), Cattolica (st 19) e nella stazione al largo 10 Km di Cattolica (st 1019)

In un quadro di sintesi spazio-temporale, si è voluto rappresentare la distribuzione dell'Indice Trofico nel territorio monitorato (1200 km²) e mediato per stagione nelle singole stazioni della rete di controllo sull'eutrofizzazione (vedi Figura 94).

In primavera si presentano i valori maggiori dell'indice in tutta l'area monitorata, a seguito sia dei cospicui apporti che di carichi di nutrienti. I valori si riducono nella stagione primaverile e autunnale presentando poi i minimi nella stagione estiva, a seguito della riduzione delle portate dei fiumi, del carico dei nutrienti e conseguentemente della biomassa microalgale.

Nel 2010, il valore medio del TRIX della costa emiliano-romagnola da 0,5 a 3 km al largo calcolato su un set di dati di monitoraggio rilevati a frequenza quindicinale (e non bimensile come richiesto dal D. 56/09) è di 5,98.

Nel D. 260/10 relativo ai sistemi di classificazione dello stato ecologico e chimico, tra gli elementi di qualità chimico-fisica ed i relativi limiti di classe, l'Indice TRIX viene utilizzato non solo ai fini della valutazione del rischio eutrofico ma anche per segnalare scostamenti da condizioni di trofia tipiche di aree naturali a basso livello trofico.

Nella procedura di classificazione dello stato ecologico il giudizio espresso per ciascun EQB deve essere congruo con i limiti di classe del TRIX tra lo stato "Buono" e "Sufficiente" che per l'Alta Stabilità della fascia costiera derivata dal processo di tipizzazione equivale a 5 unità di TRIX come media annuale.

Indice Trofico TRIX

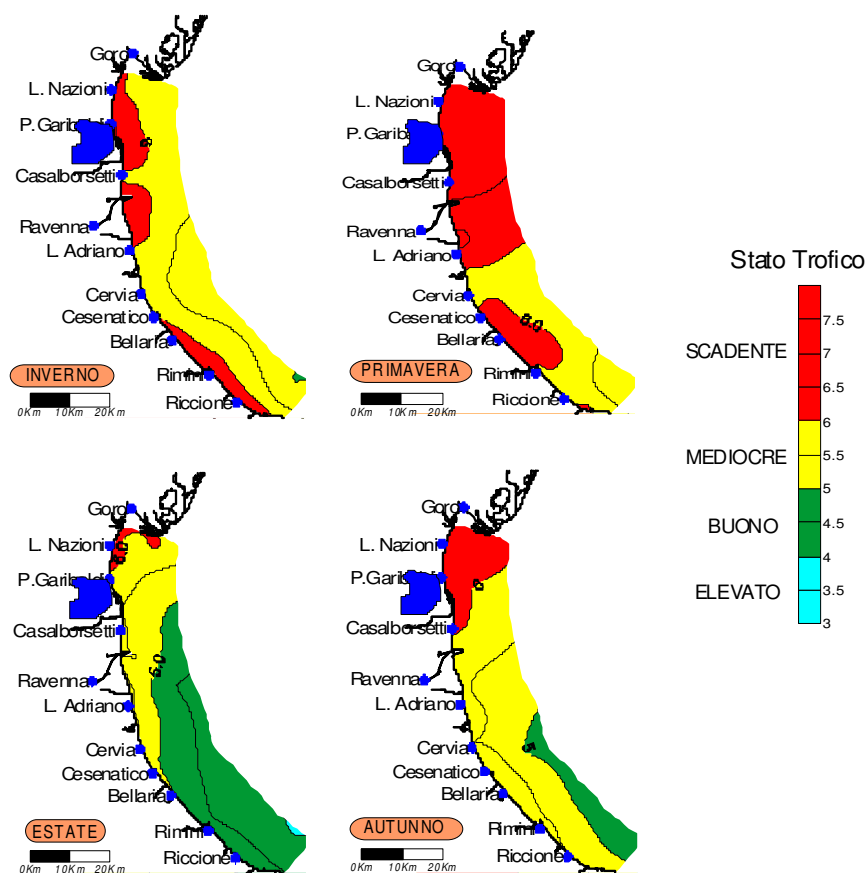


Figura 94 - Mappe di distribuzione dell'Indice TRIX lungo la costa emiliano romagnola da costa fino 10 km al largo (medie stagionali)

4.5.2 Indice di Torbidità (TRBIX)

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

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

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

L'analisi degli andamenti del TRIX in rapporto al TRBIX mostra una situazione di variabilità in funzione delle stazioni costiere e della stagionalità integrate con eventi eutrofici, apporti fluviali e risospensione del sedimento a seguito di mareggiate.

Nelle stazioni costiere (esempio St 4 Porto Garibaldi Figura 95) collocate nella parte settentrionale (Ravenna-Delta Po), gli alti valori di indice trofico sono correlati ad alti livelli di clorofilla “a” (a conferma di una zona interessata da fioriture microalgali).

Le stazioni centrali e meridionali (esempio St.19 Cattolica Figura 95) della costa situate a 0.5 km evidenziano sia per il TRIX che per il TRBIX una spiccata variabilità con valori di indice trofico che tendono a diminuire durante il periodo estivo, mentre il TRBIX si mantiene variabile attorno al valore di 2. Anche per quest'anno si evidenzia come, nella determinazione della torbidità, per tali stazioni la componente inorganica particellata aumenta e diventa predominante rispetto alla biomassa microalgale.

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

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

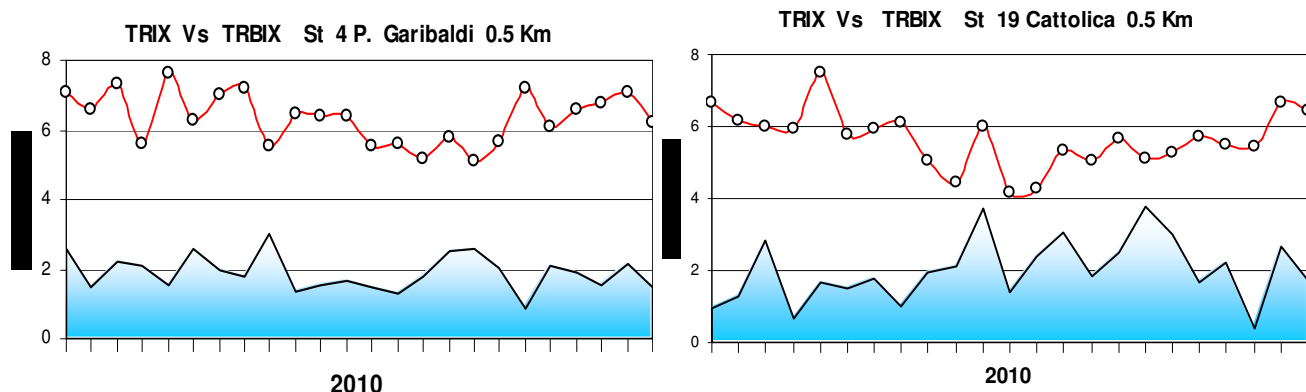
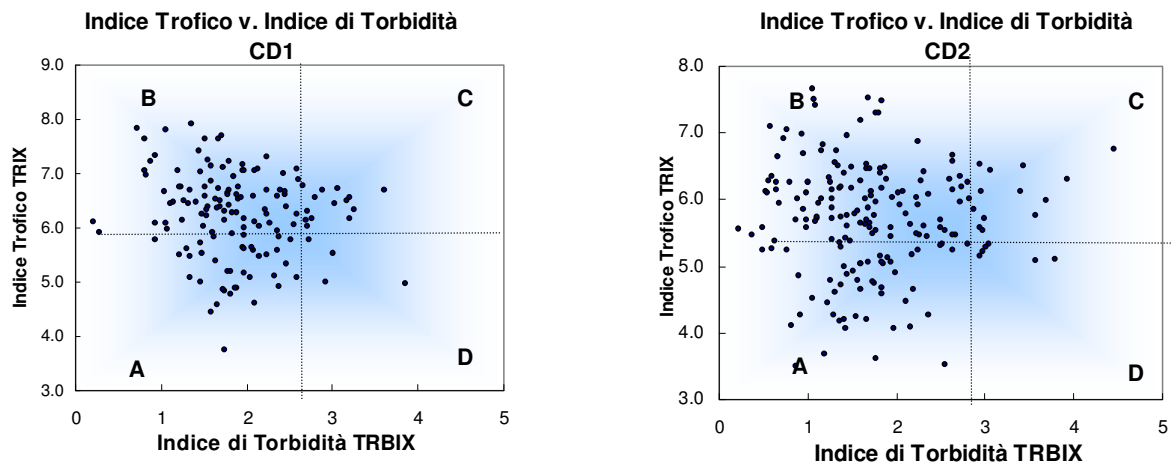


Figura 95 - Confronto tra l'andamento dell'indice trofico TRIX e l'indice di torbidità TRBIX nelle stazioni costiere di Porto Garibaldi e Cattolica

Il confronto tra le subaree della costa mostra che per il CD1, quindi da Lido di Volano a Casalborsetti, la maggior parte dei valori si distribuiscono sul quadrante B che identifica, in termini di TRBIX, acque colorate da sviluppo di fitoplancton con bassi valori di trasparenza; da sottolineare anche valori che si posizionano nel quadrante A che sottende acque poco o

scarsamente colorate con presenza di torbidità dovuta anche alla componente minerale. Questa peculiare distribuzione generale dei dati nell'area centro-settentrionale, sottolinea la forte variabilità riscontrata, con periodi di elevata concentrazione di biomassa microalgale e situazioni di medio/alta trasparenza.

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



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

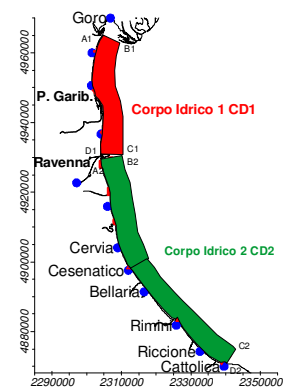


Figura 96 - Diagrammi di “Scatter plot” tra l’indice di torbidità TRBX e l’indice trofico TRIX; individuazione dei quadranti e relativa tabella di interpretazione

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 processi di eutrofizzazione. Per tale motivo i corpi idrici individuati e riportati al Paragrafo 2.2.4 (CD1 E CD2) sono corpi idrici a rischio ai quali viene applicato il monitoraggio operativo come previsto dal D.56/09.

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

Gli elementi che contribuiscono alla definizione dello Stato Ecologico sono:

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

Nella costa emiliano-romagnola vengono monitorati solo i primi 2 elementi biologi sopra elencati.
- ◆ Elementi idromorfologici a sostegno degli elementi biologici
 - Profondità, morfologia del fondale, caratteristiche del sedimento (sostanza organica e granulometria), regime correntometrico.
- ◆ Elementi fisico-chimici a sostegno degli elementi biologici
 - Trasparenza, Temperatura, Salinità, Ossigeno disciolto, Nutrienti, Clorofilla "a".
- ◆ Inquinanti specifici a sostegno degli elementi biologici
 - Sostanze non appartenenti all'elenco di priorità, ricercate nell'acqua e nel sedimento, di cui è stato accertato lo scarico nel corpo idrico in quantità significative (tab. 1/B e 3/B D.56/09)

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

5.1 RETE DI MONITORAGGIO

La rete di monitoraggio delle acque costiere della regione Emilia-Romagna istituita ai sensi del D.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 5 si riporta l'anagrafica delle stazioni di campionamento e in Figura 97 la rappresentazione cartografica della rete di monitoraggio.

L'attività di monitoraggio effettuata nel 2010 è schematizzata in Tabella 6. Nello schema si riportano le stazioni di campionamento monitorate, gli elementi qualitativi utili alla definizione dello Stato Ecologico e dello Stato Chimico e relativa frequenza di indagine.

L'attività di monitoraggio nel 2010 è stata svolta in conformità a quanto previsto in tab. 3.7 del D.56/09 anche se con alcune variazioni che verranno descritte di seguito.

Tabella 5 - Rete di monitoraggio delle acque marino costiere della regione Emilia-Romagna istituita ai sensi del D.Lgs 152/06 e s.m.ei.

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

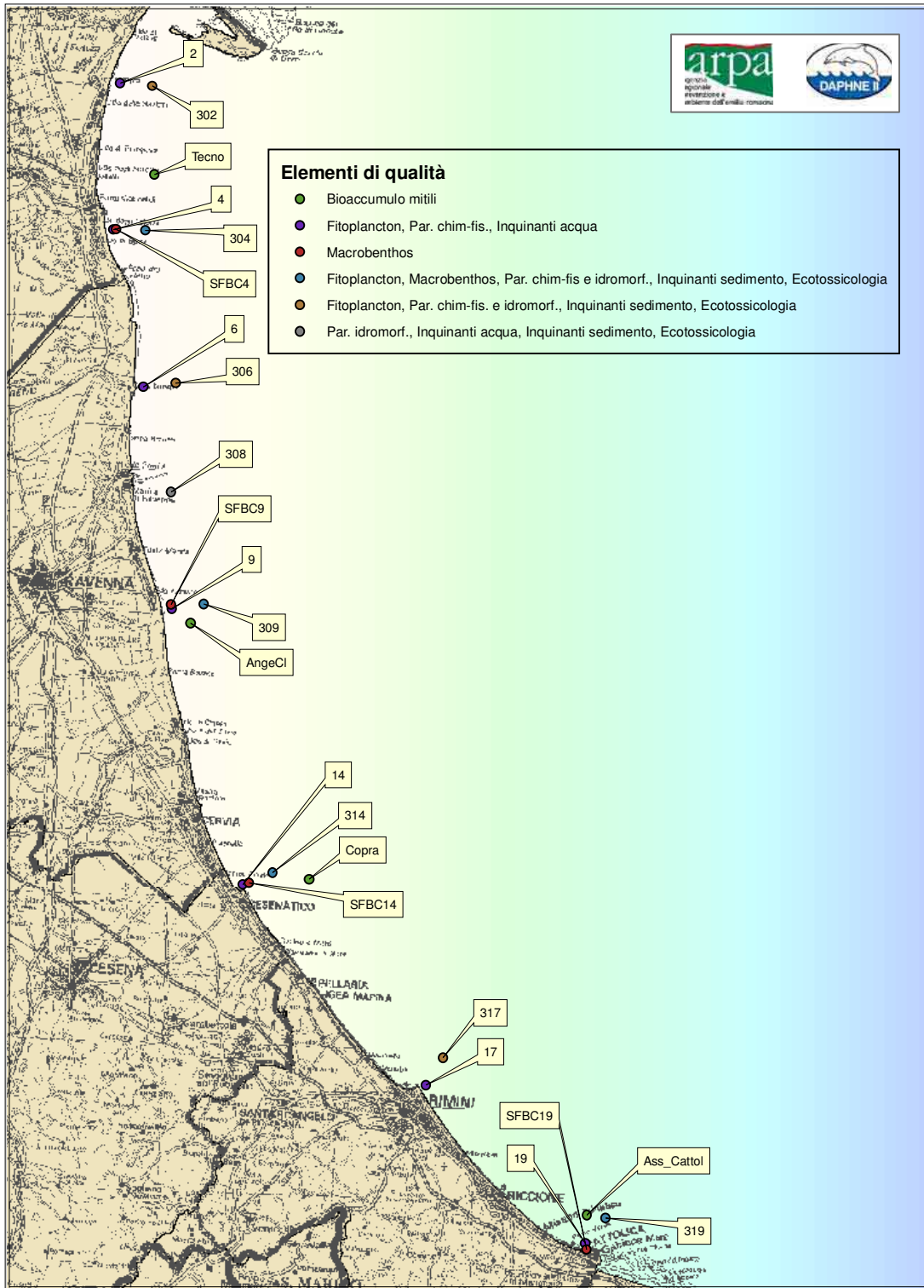


Figura 97 - Rappresentazione cartografica della rete di monitoraggio delle acque marine costiere della regione Emilia-Romagna istituita ai sensi del D.Lgs 152/06

Tabella 6 - Rappresentazione schematica dell'attività di monitoraggio eseguita ai sensi del D.Lgs 152/06 - Anno 2010

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

5.2 ANALISI DEI RISULTATI

5.2.1 Elementi di Qualità Biologica (EQB)

Lungo la fascia costiera dell'Emilia-Romagna non sono presenti macroalghe su substrati naturali né fanerogame marine. Il monitoraggio degli Elementi Qualitativi Biologici (EQB) è limitato quindi alla determinazione quali-quantitativa del fitoplancton e dei macroinvertebrati bentonici.

5.2.1.a *Fitoplancton*

Le stazioni della rete di monitoraggio per la determinazione quali-quantitativa del fitoplancton sono 14 dislocate su 7 transetti perpendicolari alla costa (Lido di Volano, P. Garibaldi, Casalborsetti, Lido Adriano, Cesenatico, Rimini e Cattolica) e distanti 0.5 e 3 km dalla linea di riva (vedi Tabella 6).

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

La frequenza di indagine del fitoplancton è quindicinale (vedi Tabella 6) e non bimestrale come richiesto dalla nuova normativa (D.56/09).

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

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

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

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

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

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

L'analisi qualitativa ha contemplato i principali gruppi tassonomici, Diatomee e Dinofitee, all'interno dei quali esistono specie che possono essere responsabili di "fioriture". Sono state inoltre prese in considerazione sotto la voce "altri fitoflagellati" il fitoplancton marino appartenente alle classi delle Clorofitee, Euglenofitee, Criptofitee, Crisofitee, Rafidofitee, Prasinofitee, Primmesiofitee, Dictiocofitee che rappresentano una frazione elevata della

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

Nel 2010 le quantità di biomassa fitoplanctonica sono superiori rispetto al 2009 confermando il dato di clorofilla "a" (vedi paragrafo 4.4.1.d). Analizzando gli andamenti annuali delle abbondanze riferite alle Diatomee nelle stazioni sottocosta (Figura 98), si osserva una similitudine costante in tutte le stazioni sia settentrionali che meridionali ad eccezione di poche campagne: il 2 febbraio nella stazione 2 (Lido di Volano) si registra un minimo a differenza di tutte le altre stazioni; lo stesso dicasi per il 17 novembre nella stazione 17 (Rimini) mentre nella campagna del 1 luglio le stazioni 2 (Lido di Volano), 4 (Porto Garibaldi), 6 (Casalborsetti) presentano dei minimi mentre le restanti stazioni hanno tutte valori in crescita tra la campagna antecedente e quella seguente.

A nord come a sud, in inverno e inizio primavera, il sistema sostiene abbondanze elevate in particolare tra gennaio e la seconda metà di aprile. Fa eccezione il minimo registrato il 2 febbraio nella stazione 2.

In maggio e giugno si assiste ad un'improvvisa diminuzione rispettivamente a nord e sud. Nella restante parte dell'anno fino a dicembre gli andamenti assumeranno una discontinuità con tendenza a diminuire nei mesi estivi ed ad incrementare tra ottobre e dicembre. A nord, in estate, la diminuzione risulta più graduale tra luglio e settembre rispetto alle stazioni meridionali. I taxa più rappresentativi sono *Skeletonema costatum*, *Pseudonitzschia* spp., *Chaetoceros* spp., il primo domina in primavera mentre gli altri tra primavera e l'estate. Gli eventi più importanti si registrano il 15 marzo nella stazione 317 (Rimini) con 44×10^6 cell/l di *Skeletonema costatum* il 24 maggio nella stazione 306 (Casalborsetti) con 12×10^6 cell/l di *Chaetoceros* spp. e il 19 aprile nella stazione 9 (Lido Adriano) con 6×10^6 cell/l di *Pseudonitzschia* spp.

Altri taxa maggiormente rappresentativi e ricorrenti di questa classe, che però raramente sviluppano fioriture, sono: *Cyclotella* sp. (valore massimo registrato l'8 aprile st. 306-Casalborsetti con 2.3×10^6 cell/l) e *Thalassionema* sp. (valore massimo registrato il 20 luglio st. 4-Porto Garibaldi con 1.8×10^6 cell/l).

Per quanto riguarda la classe delle Dinoficee nel 2010, se si considerano le medie stagionali, si registrano valori simili all'anno passato ad eccezione del valore estivo per le stazioni costiere meridionali che risulta inferiore.

Le fioriture di Dinoficee con conseguente colorazione dell'acqua (assumendo come valore di riferimento 1×10^6 cell/l) anche nel 2010 non sono state rilevanti; su un totale di 335 rilevazioni solo nella stazione 304 (Porto Garibaldi) il 4 maggio si registrano 1.4×10^6 cell/l di *Prorocentrum minimum*. Confrontando sia gli andamenti nelle singole stazioni (Figura 99), sia le medie stagionali (Figura 100), si nota come le stazioni settentrionali presentano abbondanze maggiori rispetto a quelle meridionali in primavera, estate e autunno; in particolare la stazione 4 fa registrare le abbondanze maggiori. In inverno invece, a nord, le abbondanze risultano inferiori di un ordine di grandezza rispetto a quelle rilevate a sud. Come specificato sopra, *P. minimum* è la specie che compare con abbondanze più elevate ed è responsabile di tutti gli eventi di fioriture di Dinoficee registrati nel 2010.

Tra gli altri taxa degni di nota *Oxytoxum* sp. ha fatto registrare solo in un caso abbondanze superiori a 100.000 cell/l (st. 306-Casalborsetti, valore massimo di 107.000 cell/l il 4 ottobre).

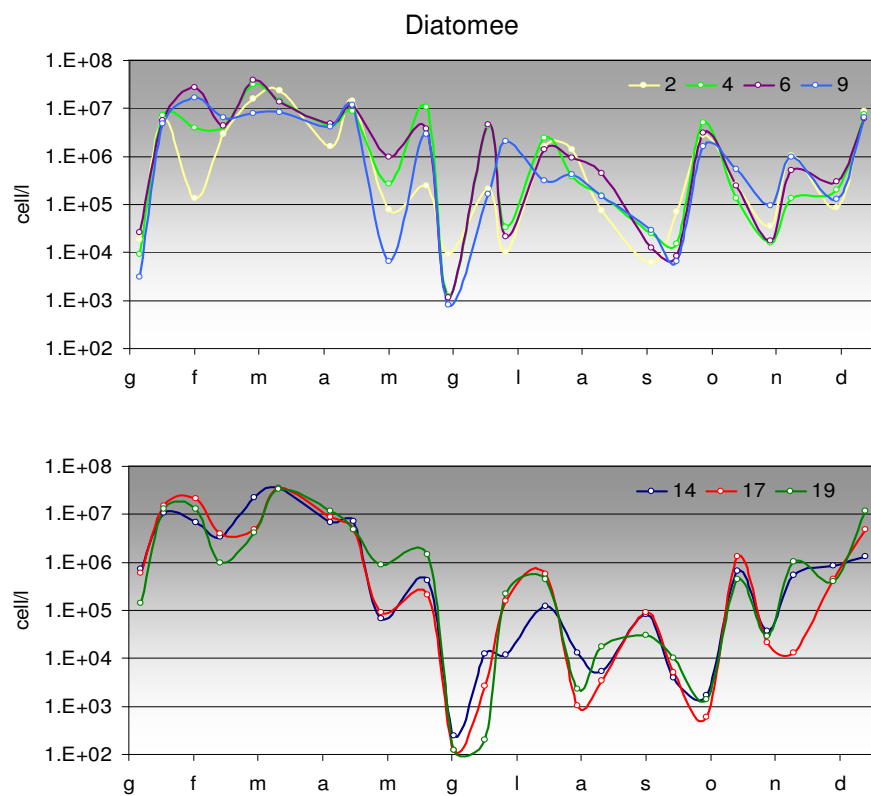


Figura 98 - Andamento annuale delle abbondanze delle Diatomee nelle stazioni settentrionali (2, 4, 6, 9) e meridionali (14, 17, 19)

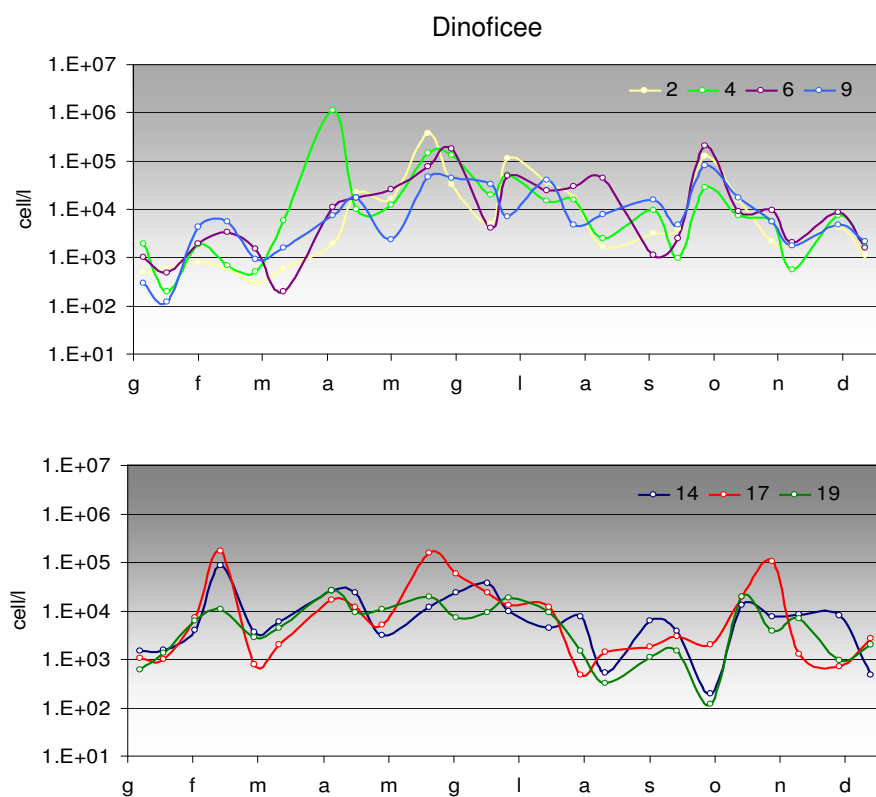


Figura 99 - Andamento annuale delle abbondanze delle Dinoficee nelle stazioni settentrionali (2, 4, 6, 9) e meridionali (14, 17, 19)

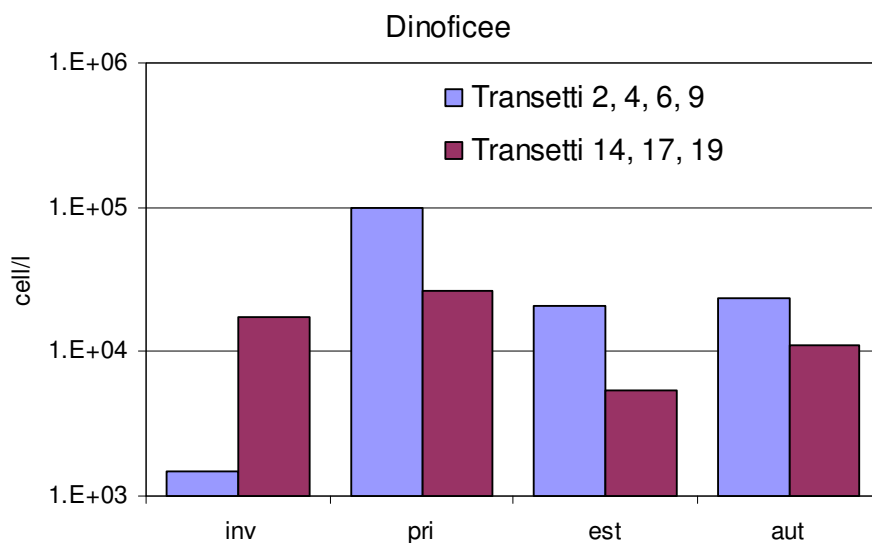


Figura 100 - Andamento delle medie stagionali delle abbondanze delle Dinoficee nelle stazioni settentrionali (2, 4, 6, 9) e meridionali (14, 17, 19)

Considerando gli andamenti di altri fitoflagellati, in Figura 101 si vede che, durante tutto l'anno, le abbondanze sono comunque elevate ($> 1 \times 10^6$ cell/l); si hanno solo tre eccezioni in cui i valori sono inferiori a 500.000 cell/l: il 2 luglio nella stazione 19 (Cattolica) (18.000 cell/l), il 5 novembre nelle stazioni 2 (466.000 cell/l) e 4 (300.000 cell/l). Le stazioni 2 (Lido di Volano) e 3 (Lido delle Nazioni) sono quelle che, oltre a presentare meno discontinuità negli andamenti, fanno registrare anche i valori medi annuali più elevati (Figura 102). Sempre considerando le medie annuali si vede come dalla stazione 4 (Porto Garibaldi) alla stazione 14 (Cesenatico) i valori si dispongano secondo un gradiente negativo da nord a sud mentre le stazioni 17 (Rimini) e 19 (Cattolica) si distaccano da questo trend presentando valori simili a quelli settentrionali. Questo è dovuto soprattutto ad eventi che, seppur sporadicamente, hanno fatto registrare elevate abbondanze invernali/primaverili e ad alcuni episodi di giugno e novembre. Inoltre le stazioni 17 e 19 sono quelle in cui si sono registrati i valori massimi assoluti: 38×10^6 cell/l il 15 febbraio nella stazione 19 e 58×10^6 cell/l il 4 novembre nella stazione 17.

In Tabella 7 si riporta la lista floristica dei taxa prevalenti riscontrati durante le campagne di monitoraggio in tutte le stazioni monitorate nel 2010.

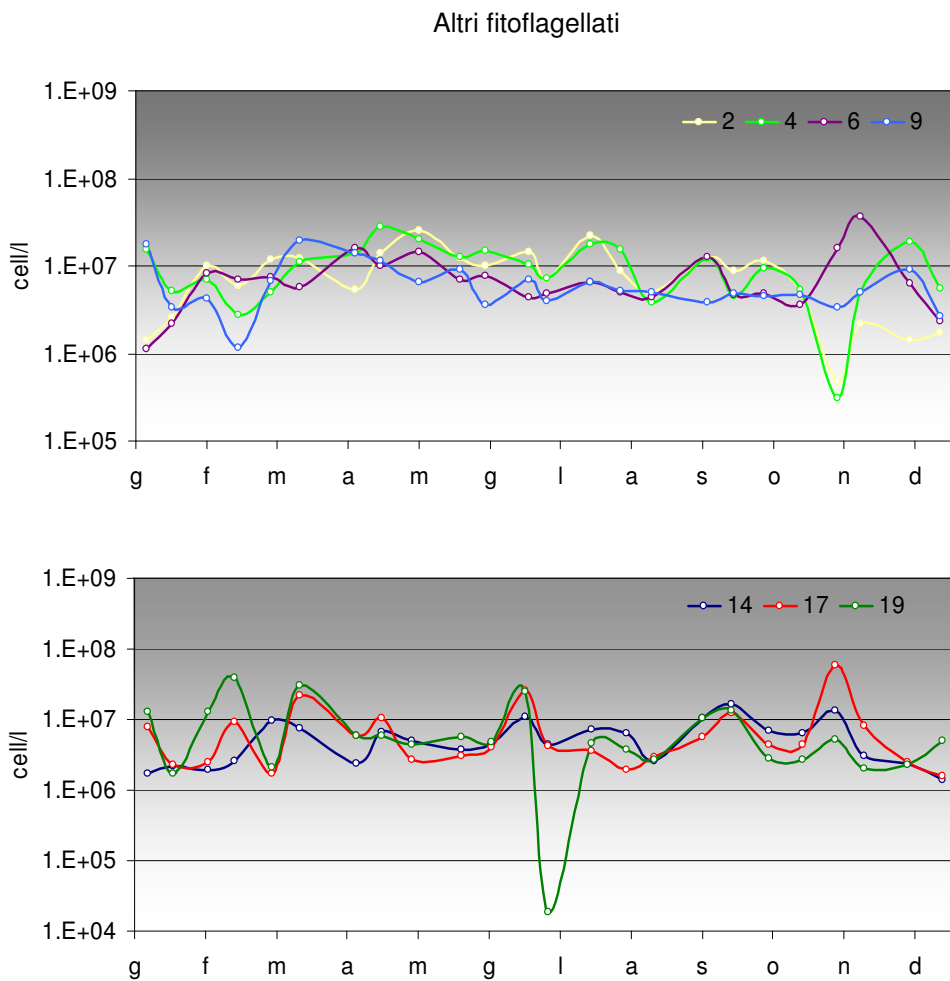


Figura 101 - Andamento annuale delle abbondanze degli altri fitoflagellati nelle stazioni settentrionali (2, 4, 6, 9) e meridionali (14, 17, 19)

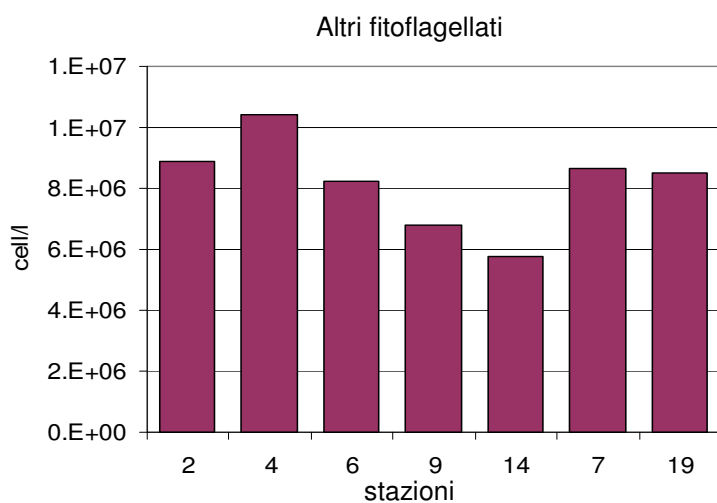


Figura 102 - Medie annuali delle abbondanze degli altri fitoflagellati nelle stazioni a 500 m

Tabella 7 - Lista floristica dei taxa prevalenti riscontrati nel 2010

Classe	Taxa
Bacillariophyceae	<i>Asterionella gracillima</i>
Bacillariophyceae	<i>Aulacoseira</i> sp.
Bacillariophyceae	<i>Cerataulina pelagica</i>
Bacillariophyceae	<i>Chaetoceros</i> spp.
Bacillariophyceae	<i>Cyclotella</i> sp.
Bacillariophyceae	<i>Cylindrotheca closterium</i>
Bacillariophyceae	<i>Leptocylindrus danicus</i>
Bacillariophyceae	<i>Pleurosigma</i> sp.
Bacillariophyceae	<i>Proboscia alata</i>
Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.
Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. del <i>Nitzschia delicatissima</i> complex
Bacillariophyceae	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. del <i>Nitzschia seriata</i> complex
Bacillariophyceae	<i>Skeletonema costatum</i>
Bacillariophyceae	<i>Thalassionema nitzschioides</i>
Bacillariophyceae	<i>Thalassionema</i> spp.
Bacillariophyceae	<i>Thalassiosira</i> sp.
Dinophyceae	<i>Alexandrium minutum</i>
Dinophyceae	<i>Ceratium furca</i>
Dinophyceae	<i>Ceratium fusus</i>
Dinophyceae	<i>Dinophysis acuminata</i>
Dinophyceae	<i>Dinophysis tripos</i>
Dinophyceae	<i>Diplosalis</i> group
Dinophyceae	<i>Gymnodinium</i> spp.
Dinophyceae	<i>Gyrodinium</i> spp.
Dinophyceae	<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>
Dinophyceae	<i>Oxytoxum</i> sp.
Dinophyceae	<i>Polykrikos</i> sp.
Dinophyceae	<i>Prorocentrum micans</i>
Dinophyceae	<i>Prorocentrum minimum</i>
Dinophyceae	<i>Prorocentrum triestinum</i>
Dinophyceae	<i>Proto-peridinium diabolium</i>
Dinophyceae	<i>Proto-peridinium</i> spp.
Dinophyceae	<i>Pselodinium</i> sp.
Dinophyceae	<i>Scrippsiella</i> sp.
Dinophyceae	<i>Torodinium</i> sp.

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

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

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

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

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

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

Considerando la scala temporale e confrontando le medie geometriche stagionali delle concentrazioni di clorofilla “a” dei due corpi idrici (CD1 e CD2) (Figura 103), si nota che le concentrazioni maggiori si registrano in inverno; complice l’apporto di acqua dolce che interessa questa stagione. Diversamente dal trend annuale, in inverno, CD2 presenta concentrazioni di clorofilla “a” maggiori rispetto a CD1. Come per il 2009 in entrambi i corpi idrici le concentrazioni di clorofilla “a” dai massimi invernali diminuiscono progressivamente fino all’estate per poi risalire in autunno. I quantitativi medi di fitoplancton invece per quanto riguarda CD1 presentano alcune lievi discordanze, infatti l’aumento autunnale non viene evidenziato dal dato quantitativo di fitoplancton che si mantiene in diminuzione. Questo si deve al fatto che il dato quantitativo di fitoplancton è influenzato in gran parte dall’apporto del gruppo “altri fitoflagellati” (Figura 104 a) mentre, scorporando “altri fitoflagellati” dal totale si vede invece come il dato di clorofilla “a” segua l’andamento di Diatomee e Dinoficee (Figura 104 b).

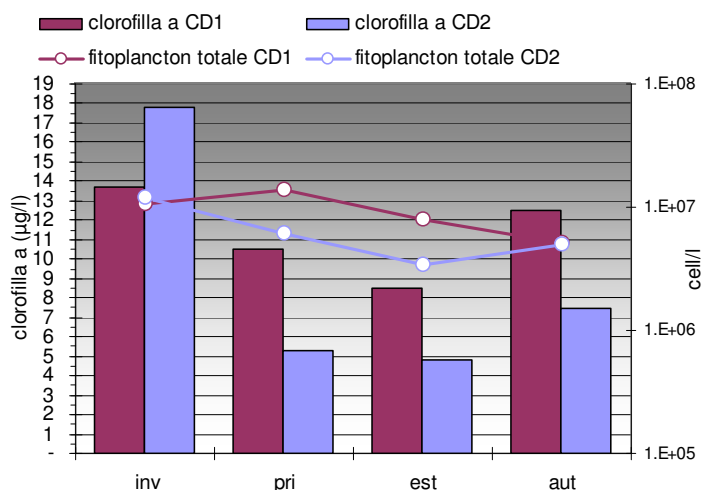


Figura 103 - Andamento stagionale delle medie geometriche di clorofilla “a” e di fitoplancton nei corpi idrici CD1 e CD2

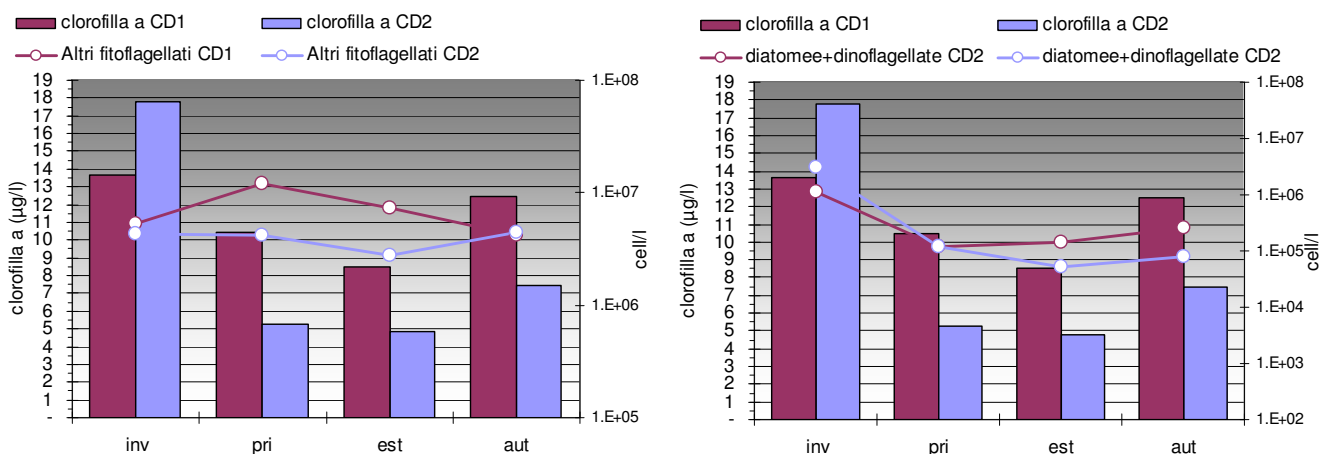


Figura 104 - Andamento stagionale delle medie geometriche di clorofilla “a” confrontati con a) altri fitoflagellati b) Diatomee+Dinoficee nei corpi idrici CD1 e CD2

Osservando le medie geometriche annuali di clorofilla “a” calcolate sui dati rilevati a frequenza quindicinale nel 2010, si può affermare che non si raggiunge il valore soglia di 3,5 $\mu\text{g/l}$ sia effettuando una valutazione a livello di corpi idrici (Figura 105), che valutando le singole stazioni (Figura 106).

Rispetto ai valori rilevati nel 2009, si registra un peggioramento complessivo con valori medi annuali che si inseriscono tra il minimo di 6,7 $\mu\text{g/l}$ (stazione 319 - Cattolica) ed un massimo di 13,5 $\mu\text{g/l}$ (stazione 4 - Porto Garibaldi).

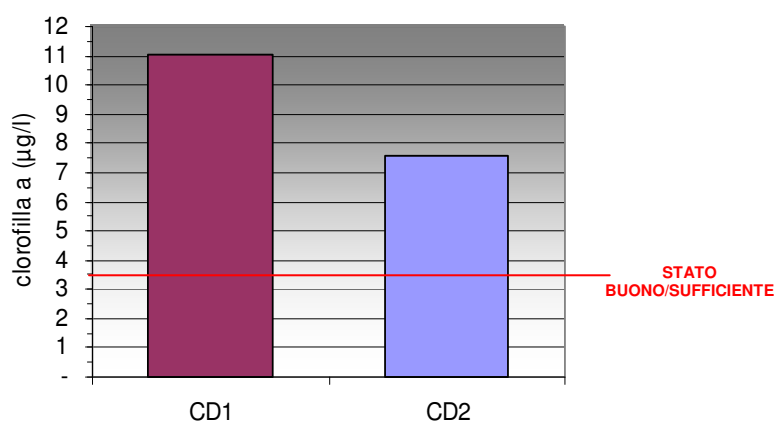


Figura 105 - Medie geometriche annuali di clorofilla “a” nei corpi idrici calcolate sui dati rilevati a frequenza quindicinale

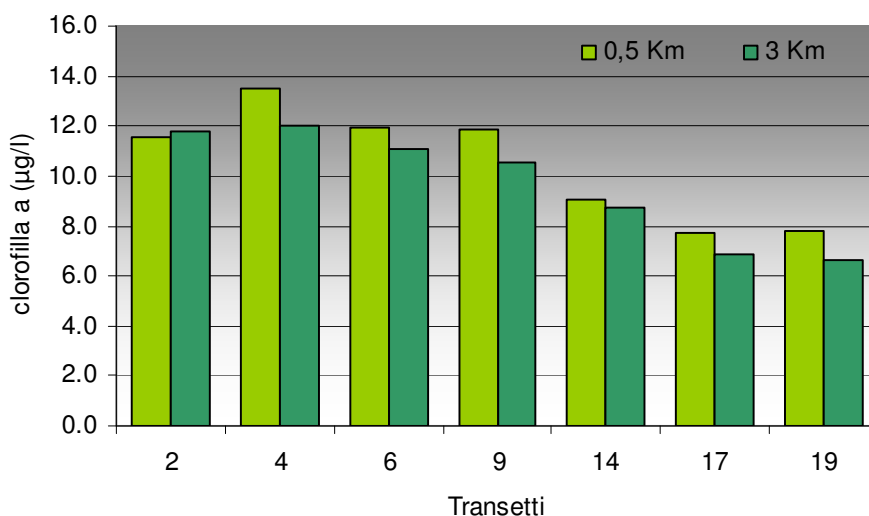


Figura 106 - Medie geometriche annuali di clorofilla “a” nelle stazioni a 0,5 e 3 km dalla costa calcolate sui dati rilevati a frequenza quindicinale

In Figura 107 vengono riportate le medie mensili di clorofilla “a” per ogni stazione costiera. Tra le stazioni costiere appartenenti a CD1 la 4 (Porto Garibaldi) è quella che fa registrare le concentrazioni maggiori di clorofilla “a”. La stazione 2 (Lido di Volano) non subisce l’effetto degli apporti di marzo e pur mantenendo sempre concentrazioni elevate durante tutto l’anno si caratterizza per la minor variabilità del parametro. Fa eccezione il mese di luglio in cui a causa di alti quantitativi di “altri fitoflagellati” si registrano concentrazioni superiori fino oltre il 50% rispetto alle altre stazioni.

Tra le stazioni costiere appartenenti a CD2 invece, le stazioni 17 (Rimini) e 19 (Cattolica) mostrano concentrazioni elevate nonostante siano quelle meno influenzate dagli apporti padani. In queste stazioni le concentrazioni medie risultano superiori di circa il 30% rispetto a quelle rilevate nel 2009. Tra i massimi registrati si possono evidenziare le rilevazioni del 2 marzo nella stazione 4 (Porto Garibaldi) con 90.8 µg/l e nella stazione 306 (Casalborsetti) con 85.5 µg/l; questi valori sono riconducibili ad una fioritura di *Skeletonema costatum*.

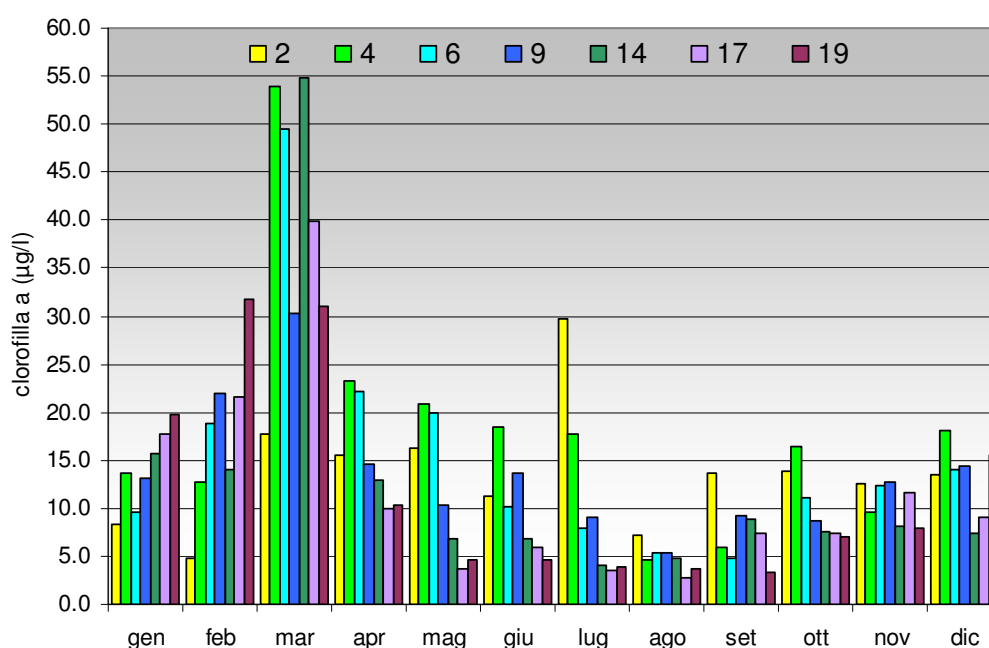


Figura 107 - Medie mensili di clorofilla “a” nelle stazioni costiere

5.2.1.b Macrozoobenthos

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

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

Vengono di seguito riportati i risultati riguardanti due biocenosi: quelle delle SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate, dal francese *Sables Fins Bien Calibrés*) e quella dei VTC (Fanghi Terrigeni Costieri, dal francese *Vases Terrigènes 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 5).

La frequenza di campionamento è trimestrale o stagionale: febbraio, maggio, agosto, novembre per le stazioni posizionate a 1 km dalla costa e, semestrale (aprile, novembre) per le stazioni ubicate a 3 km dalla costa (vedi Tabella 6).

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

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

Per ciascuna stazione è previsto il campionamento in 3 repliche di sedimento mediante benna Van Veen (0.112 m²) e conseguente:

- setacciatura del sedimento in campo con setacci da maglie di 1.0 mm;

- preparazione dei campioni e fissazione;
- *sorting* dei campioni in laboratorio.

L'indagine consiste nella:

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

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	21	22	23	28	18	23	23	31
Arthropoda	13	7	8	7	9	3	8	7
Cnidaria	2	0	1	0	0	1	0	0
Echinoderma	0	0	0	4	0	0	0	3
Idroidomeduse	0	0	1	0	0	0	1	0
Mollusca	19	18	20	28	17	20	16	26
Phoronida	1	0	1	0	0	0	0	0
Sipuncula	0	1	0	1	1	1	1	2
Totale	56	48	54	68	45	48	49	69

Tabella 9 - Presenza specie nelle stazioni considerate per le VTC

Phylum	Famiglia	Specie	Autore	304	309	314	319
ANELLIDA	Ampharetidae	<i>Ampharete acutifrons</i>	Hessle, 1917	X	X	X	X
		<i>Melinna palmata</i>	Grube, 1869	X	X	X	X
	Capitellidae	<i>Capitella capitata</i>	(Fabricius, 1780)	X	X	X	
		<i>Capitellidae</i> indet.	Blainville, 1828			X	
		<i>Heteromastus filiformis</i>	(Claparède, 1864)		X		X
		<i>Mediomastus capensis</i>	Day, 1869			X	
		<i>Notomastus aberans</i>	Day, 1963				X
		<i>Notomastus</i> sp.	M.Sars, 1850				X
	Eunicidae	<i>Eumida sanguinea</i>	Berthold, 1827			X	
	Flabelligeridae	<i>Pherusa monilifera</i>	(Delle Chiaje, 1841)				X
		<i>Pherusa plumosa</i>	(Muller, 1776)			X	
	Glyceridae	<i>Glycera capitata</i>	Oersted, 1843		X	X	X
		<i>Glycera rouxii</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833	X			X
	Hesionidae	<i>Ophiodromus</i> sp.		X			
	Lumbrineridae	<i>Lumbrineris gracilis</i>	(Ehlers, 1868)	X	X	X	X
		<i>Lumbrineris latreilli</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1834	X	X		X
	Magelonidae	<i>Magelona alleni</i>	Wilson, 1958	X	X		X
		<i>Magelona johnstoni</i>	Fiege, Licher & Mackie, 2000	X		X	X
	Maldanidae	<i>Euclymene oerstedii</i>	Claparède, 1863		X	X	X
		<i>Euclymene palermitana</i>	(Grube, 1840)		X		X
		<i>Maldane sarsi</i>	Malmgren, 1865	X		X	X
	Nephtyidae	<i>Nephtys hombergi</i>	Savigny, 1818	X	X	X	X
	Nereididae	<i>Neanthes succinea</i>	(Frev & Leuchart, 1847)		X		X
	Onuphidae	<i>Diopatra neapolitana</i>	Auouin & Milne-Edwards, 1833	X	X	X	X
		<i>Onuphis eremita</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833		X	X	
	Orbiniidae	<i>Orbinia cuvieri</i>	(Audouin & Milne-Edwards, 1833)			X	X
		<i>Scoloplos armiger</i>	(O.F.Muller, 1776)				X
	Owenidae	<i>Owenia fusiformis</i>	Delle Chiaje, 1841	X	X	X	X
	Paraonidae	<i>Aricidea assimilis</i>	Tebble, 1959	X	X	X	X
		<i>Levinsenia gracilis</i>	(Tauber, 1879)				X
	Pectinariidae	<i>Pectinaria koreni</i>	(Malmgren, 1866)	X	X		X
	Phyllodocidae	<i>Eteone picta</i>	Quatrefages, 1865	X		X	X
		<i>Phyllodoce</i> indet.	Savigny, 1818		X		
		<i>Phyllodoce lineata</i>	(Claparède, 1870)		X	X	X

Phylum	Famiglia	Specie	Autore	304	309	314	319	
ANELLIDA	Poecilochaetidae	<i>Poecilochaetus fauchaldi</i>	Pilato & Cantone, 1976				X	
		<i>Poecilochaetus</i> sp.			X		X	
	Spionidae	<i>Laonice cirrata</i>	(M.Sars, 1851)					X
		<i>Prionospio caspersi</i>	Laubier, 1962		X	X		
		<i>Prionospio cirrifer</i>	Wiren, 1883		X	X	X	
		<i>Prionospio malmgreni</i>	Claparède, 1870				X	
		<i>Spio filicornis</i>	(Müller, 1776)		X			
Sternapsidae	<i>Sternaspis scutata</i>	(Renier, 1807)	X			X		
Chaetopteridae	<i>Phyllochaetopterus socialis</i>	Claparède, 1868	X					
ARTHROPODA	Ampeliscidae	<i>Ampelisca diadema</i>	Costa, 1853	X	X	X	X	
	Apeudidae	<i>Apeudes latreillii</i>	(Milne Edwards, 1828)			X	X	
	Bodotriidae	<i>Bodotria</i> sp.				X		
		<i>Iphinoe serrata</i>	Norman, 1867	X		X		
		<i>Iphinoe tenella</i>	J.O.Sars, 1878	X		X	X	
	Caprellidae	<i>Pariambus typicus</i>	(Kroyer, 1844)	X		X	X	
	Gammaridae	<i>Gammaridae</i> indet.				X		
	Grapsidae	<i>Brachynotus gemmellari</i>	(Rizza, 1827)	X	X		X	
	Leucothoidae	<i>Leucothoe incisa</i>	(vuoto)	X		X	X	
	Portunidae	<i>Liocarcinus depurator</i>	(Linnaeus, 1758)		X		X	
	Upogebiidae	<i>Upogebia tipica</i>	(Nardo, 1869)	X				
		<i>Amphipoda</i> indet.		X				
		<i>Malacostraca</i> indet.		X				
	CNIDARIA		<i>Hydrozoa</i> indet.		X			
ECHINODERMA	Amphiuridae	<i>Amphiura chiajei</i>	Forbes, 1843				X	
		<i>Amphiura mediterranea</i>	Lyman, 1882				X	
	Cucumariidae	<i>Trachythone elongata</i>	Duben-Koren, 1844				X	
IDROIDOMEDUSE	Tubulariidae	<i>Ectopleura crocea</i>	(L. Agassiz, 1862)			X		
MOLLUSCA	Acteonidae	<i>Acteon tornatilis</i>	(Linné, 1758)				X	
	Arcidae	<i>Anadara inaequivalvis</i>	(Bruguière, 1789)	X	X			
		<i>Anadara transversa</i>	Say, 1822	X	X	X	X	
	Corbulidae	<i>Corbula gibba</i>	(Olivi, 1792)	X	X	X	X	
		<i>Lentidium mediterraneum</i>	(Costa O.G, 1829)		X		X	
	Cylichnidae	<i>Cylichna cylindracea</i>	(Pennant, 1777)	X	X	X	X	
	Dentaliidae	<i>Antalis inaequicostata</i>	(Dautzenberg 1891)				X	
	Eulimidae	<i>Eulima glabra</i>	(Da Costa, 1778)		X		X	
	Iravadiidae	<i>Hyala vitrea</i>	(Montagu, 1803)	X	X	X	X	
	Mactridae	<i>Mactra stultorum</i>	(Linné, 1758)			X	X	
		<i>Spisula subtruncata</i>	(Da Costa, 1778)		X			
	Montacutidae	<i>Mysella bidentata</i>	(Montagu, 1803)	X	X	X	X	
	Muricidae	<i>Bolinus brandaris</i>	(Linné, 1758)		X			
	Mytilidae	<i>Musculista senhousia</i>	(Benson in Cantor, 1842)	X				
	Nassariidae	<i>Nassarius mutabilis</i>	(Linné, 1758)		X	X		
		<i>Nassarius nitidus</i>	(Jeffreys, 1867)				X	
		<i>Nassarius pygmaeus</i>	(Lamarck, 1822)	X			X	
	Naticidae	<i>Euspira macilenta</i>	(Philippi, 1844)				X	
	Nucilidae	<i>Nucula nitidosa</i>	(Winckworth, 1930)	X	X	X	X	
	Nuculanudae	<i>Nuculana pella</i>	(Linné, 1758)	X	X		X	
	Pharidae	<i>Phaxas adriaticus</i>	(Coen, 1993)	X		X		
	Philinidae	<i>Philine scabra</i>	(Müller, 1784)	X				
	Psammobiidae	<i>Gari fervensis</i>	(Gmelin, 1791)			X		
	Semelidae	<i>Abra alba</i>	(Wood W., 1802)	X	X	X	X	
		<i>Abra nitida</i>	(Müller O.F, 1784)		X		X	
		<i>Abra prismatica</i>	(Montagu, 1808)			X	X	
	Tellinidae	<i>Tellina distorta</i>	(Poli, 1795)	X	X		X	
		<i>Tellina fabula</i>	(Gmelin, 1791)		X			
		<i>Tellina nitida</i>	(Poli, 1795)	X	X	X	X	
	Thraciidae	<i>Thracia papyracea</i>	(Poli, 1795)			X		
	Veneridae	<i>Chamelea gallina</i>	(Linné, 1758)	X	X	X	X	
		<i>Dosinia lupinus</i>	(Linné, 1758)			X	X	
		<i>Paphia aurea</i>	(Gmelin, 1791)				X	
		<i>Paphia rhomboides</i>	(Pennant, 1777)		X		X	
		<i>Pitar rudis</i>	(Poli, 1795)	X			X	
		<i>Tapes rhomboides</i>	(Pennant, 1777)				X	
	SIPUNCULA	Golfingiidae	<i>Golfingia</i> sp.				X	
Sipunculidae		<i>Sipunculus nudus</i>	Linnaeus, 1766	X	X	X	X	

Tabella 10 - Presenza specie nelle stazioni considerate per le SFBC

Phylum	Famiglia	Specie	Autore	4	9	14	19
ANELLIDA	Ampharetidae	<i>Ampharete acutifrons</i>	Hessle, 1917		X		X
		<i>Melinna palmata</i>	Grube, 1869		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	X	
		<i>Notomastus</i> sp.	M.Sars, 1850			X	
	Eunicidae	<i>Pseudoleiocapitella fauveli</i>	Harmelin, 1964			X	
		<i>Eumida sanguinea</i>	Berthold, 1827			X	
	Flabelligeridae	<i>Marphysa bellii</i>	(Audouin & Milne-Edwards, 1833)		X		X
		<i>Pherusa monilifera</i>	(Delle Chiaje, 1841)	X	X	X	X
	Glyceridae	<i>Pherusa plumosa</i>	(Muller, 1776)		X	X	X
		<i>Glycera capitata</i>	Oersted, 1843	X	X		X
	Hesionidae	<i>Glycera rouxii</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833	X	X		X
		<i>Glycera tridactyla</i>	Schmarda, 1861		X		X
	Lumbrineridae	<i>Ophiodromus</i> sp.				X	
		<i>Lumbrineris fragilis</i>	(O.F.Muller, 1776)				X
		<i>Lumbrineris gracilis</i>	(Ehlers, 1868)				X
	Magelonidae	<i>Lumbrineris latreilli</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1834				X
		<i>Magelona alleni</i>	Wilson, 1958	X	X		X
	Maldanidae	<i>Magelona johnstoni</i>	Fiege, Licher & Mackie, 2000	X		X	X
		<i>Euclymene oerstedii</i>	Claparède, 1863	X			X
		<i>Euclymene palermitana</i>	(Grube, 1840)	X			X
	Nephtyidae	<i>Maldane sarsi</i>	Malmgren, 1865		X		
		<i>Nephtys hombergi</i>	Savigny, 1818	X	X	X	X
	Nereididae	<i>Neanthes succinea</i>	(Frev & Leuchart, 1847)		X		X
	Onuphidae	<i>Diopatra neapolitana</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833	X	X	X	X
		<i>Onuphis eremita</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833	X		X	X
	Orbiniidae	<i>Orbinia cuvieri</i>	(Audouin & Milne-Edwards, 1833)	X		X	
		<i>Scoloplos armiger</i>	(O.F.Muller, 1776)	X	X	X	
	Owenidae	<i>Owenia fusiformis</i>	Delle Chiaje, 1841	X	X	X	X
	Paraonidae	<i>Aricidea assimilis</i>	Tebble, 1959	X	X	X	X
	Pectinariidae	<i>Pectinaria koreni</i>	(Malmgren, 1866)	X	X	X	X
		<i>Phyllodoce picta</i>	Quatrefages, 1865	X		X	X
	Phyllodoceidae	<i>Phyllodoce lineata</i>	(Claparède, 1870)			X	
		<i>Poecilochaetus fauchaldi</i>	Pilato & Cantone, 1976				X
	Sabellidae	<i>Chone</i> sp.					X
	Spionidae	<i>Laonice cirrata</i>	(M.Sars, 1851)	X			
		<i>Prionospio caspersi</i>	Laubier, 1962	X	X	X	X
		<i>Prionospio cirrifera</i>	Wiren, 1883		X		
		<i>Prionospio malmgreni</i>	Claparède, 1870	X		X	X
<i>Streblospio shrubsolii</i>		Webster, 1879			X		
Chaetopteridae	<i>Phyllochaetopterus socialis</i>	Claparède, 1868		X	X	X	
ARTHROPODA	Ampeliscidae	<i>Ampelisca diadema</i>	Costa, 1853	X	X	X	X
	Amphithoidae	<i>Amphithoe ferox</i>	(Chevreux, 1902)	X			
	Apseudidae	<i>Apseudes latreillii</i>	(Milne Edwards, 1828)			X	
	Bodotriidae	<i>Bodotria</i> sp.		X	X	X	
		<i>Iphinoe serrata</i>	Norman, 1867	X	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
	Diogenidae	<i>Diogenes pugilator</i>	(Roux, 1829)	X		X	
	Grapsidae	<i>Brachynotus gemmellari</i>	(Rizza, 1827)	X	X		
	Leucothoidae	<i>Leucothoe incisa</i>	(vuoto)	X	X	X	X
	Portunidae	<i>Carcinus aestuarii</i>	Nardo, 1847	X			
		<i>Liocarcinus depurator</i>	(Linnaeus, 1758)	X			
	Upogebiidae	<i>Upogebia tipica</i>	(Nardo, 1869)	X			X
		<i>Amphipoda</i> indet.		X			
		<i>Malacostraca</i> indet.			X		X
	CNIDARIA	Actinaria	<i>Anthozoa</i> indet.	X			
		Hormathiidae	<i>Calliactis parasitica</i>	(Couch, 1838)	X		
ECHINODERMA	Amphiuridae	<i>Hydrozoa</i> indet.			X		
		<i>Amphiura chiajei</i>	Forbes, 1843			X	
		<i>Amphiura mediterranea</i>	Lyman, 1882			X	
	<i>Ophiura</i> indet.				X		
Cucumariidae	<i>Trachythione elongata</i>	Duben-Koren, 1844				X	
IDROIDOMEDUSE	Tubulariidae	<i>Ectopleura crocea</i>	(L. Agassiz, 1862)			X	

Phylum	Famiglia	Specie	Autore	4	9	14	19
MOLLUSCA	Acteonidae	<i>Acteon tornatilis</i>	(Linné, 1758)	X	X		
	Arcidae	<i>Anadara inaequivalvis</i>	(Bruguière, 1789)	X	X		
		<i>Anadara transversa</i>	Say, 1822	X	X	X	X
	Cardiidae	<i>Cerastoderma glaucum</i>	(Poirer, 1789)	X			X
		<i>Parvicardium minimum</i>	(Philippi, 1836)	X			
	Corbulidae	<i>Corbula gibba</i>	(Olivier, 1792)	X	X	X	X
		<i>Lentidium mediterraneum</i>	(Costa O.G, 1829)	X	X	X	X
	Cylichnidae	<i>Cylichna cylindracea</i>	(Pennant, 1777)		X	X	X
	Donacidae	<i>Donax semistriatus</i>	(Poli, 1795)	X		X	
	Eulimidae	<i>Eulima glabra</i>	(Da Costa, 1778)				X
	Iravadiidae	<i>Hyala vitrea</i>	(Montagu, 1803)				X
	Lucinidae	<i>Loripes lacteus</i>	(Linnaeus, 1758)			X	X
		<i>Lucinella divaricata</i>	(Linnaeus, 1758)	X			X
	Mactridae	<i>Mactra stultorum</i>	(Linné, 1758)	X			
		<i>Spisula subtruncata</i>	(Da Costa, 1778)				X
	Montacutidae	<i>Mysella bidentata</i>	(Montagu, 1803)		X		X
	Mytilidae	<i>Musculista senhousia</i>	(Benson in Cantor, 1842)	X			X
	Nassariidae	<i>Cyclope neritea</i>	(Linné, 1758)	X			
		<i>Nassarius mutabilis</i>	(Linné, 1758)			X	
		<i>Nassarius nitidus</i>	(Jeffreys, 1867)		X	X	X
		<i>Nassarius pygmaeus</i>	(Lamarck, 1822)			X	
	Naticidae	<i>Euspira macilenta</i>	(Philippi, 1844)				X
	Nucilidae	<i>Nucula nitidosa</i>	(Winckworth, 1930)				X
	Nuculanudae	<i>Nuculana pella</i>	(Linné, 1758)				X
		Pharidae	<i>Pharus legumen</i>	(Linné, 1767)	X	X	X
	<i>Phaxas adriaticus</i>		(Coen, 1993)		X	X	X
	Philinidae	<i>Philine scabra</i>	(Müller, 1784)			X	X
	Retusidae	<i>Volvulella acuminata</i>	(Bruguière, 1792)				X
	Semelidae	<i>Abra alba</i>	(Wood W., 1802)	X	X	X	X
		<i>Abra nitida</i>	(Müller O.F, 1784)		X		X
		<i>Abra prismatica</i>	(Montagu, 1808)		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	X	X	
	Thraciidae	<i>Thracia papyracea</i>	(Poli, 1795)			X	X
	Veneridae	<i>Chamelea gallina</i>	(Linné, 1758)	X	X	X	X
		<i>Dosinia lupinus</i>	(Linné, 1758)	X	X	X	X
		<i>Paphia aurea</i>	(Gmelin, 1791)			X	
		<i>Paphia rhomboides</i>	(Pennant, 1777)			X	
		<i>Pitar rudis</i>	(Poli, 1795)				X
PHORONYDA	Phoronidae	<i>Phoronis psammophila</i>	Cori, 1889	X		X	
SIPUNCULA	Sipunculidae	<i>Sipunculus nudus</i>	Linnaeus, 1766		X		X

In generale la biocenosi delle SFBC ha mostrato un numero maggiore di specie rispetto a quella delle VTC (Tabella 8) per le stazioni di Porto Garibaldi e di Cesenatico o pressoché simile (Lido Adriano e Cattolica). Le due stazioni di Cattolica hanno mostrato il numero maggiore di specie (68 per le SFBC e 69 per le VTC).

Nel Phylum degli Anellida si sono rinvenute 50 specie in particolare 42 specie per le SFBC e 42 per le VTC. Il polichete *Owenia fusiformis* è risultato essere presente in tutte le stazioni di entrambe le biocenosi. Il polichete più abbondante è stato *Prionospio caspersi* con abbondanze in autunno di 4000 ind/m² nella st.14, di 4432 ind/m² nella st.314.

Nel Phylum degli Arthropoda classe Crustacea si sono rinvenuti un totale di 16 taxon di cui 13 nelle SFBC e 15 nelle VTC. L'anfipode *Ampelisca diadema* è risultato essere presente in tutte le stazioni delle SFBC e delle VTC anche se in queste ultime si rinviene con abbondanze maggiori essendo queste più ricche di sedimento fine.

Nel Phylum degli Cnidari si sono rinvenuti tre taxon *Calliactis parasitica*, Anthozoa indet., Hydrozoa indet., nelle stazioni delle SFBC (Tabella 10) e Hydrozoa indet. anche nella st. 309 delle VTC (Tabella 9). Il ritrovamento di organismi appartenenti a questo Phylum nelle biocenosi dei fondi mobili è piuttosto limitato essendo questi bisognosi di vivere adesi ad un substrato duro; pertanto si rinvengono epifiti su altri organismi (spesso conchiglie vuote sia di Bivalvi che di Gasteropodi).

Nel Phylum degli Echinoderma sono state classificate un totale di 3 specie (Tabella 8). Fra gli Ofiuroidei sono stati ritrovati esemplari appartenenti al genere *Ofiura* e le specie *Amphiura chiajei* e *Amphiura mediterranea*. Il ritrovamento di queste specie si è avuto solo nelle stazioni più a sud della costa (st. 19 e st. 319).

Nel Phylum delle Idroidomeduse è stata ritrovata solo una specie *Ectopleura crocea* nella st. 319 per le VTC e la st. 14 per le SFBC.

Nel Phylum dei Molluschi sono stati classificati 41 taxon. In particolare nelle stazioni delle SFBC sono state trovate 18 specie (Tabella 10) e nelle stazioni dei VTC 35 specie (Tabella 9). 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 Phylum Phoronidea è stato ritrovato solo nelle biocenosi delle SFBC (st. 4 e st. 14) con *Phoronis psammophyla* specie sabulicola.

Il Phylum dei Sipuncula è stato ritrovato nelle st. 9 e 19 delle SFBC e in tutte le stazioni dei VTC: i taxon ritrovati sono stati *Golfingia* sp., *Sipunculus nudus*.

Applicazione dell'Indice M-AMBI e AMBI

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

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

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

Tabella 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).

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 2010 con i relativi valori di ricchezza specifica (S) e diversità (H).

Ad oggi sono state pubblicate nel Decreto 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 108 e Figura 109.

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

Staz	Stagione	H	S	Ambi
4	INV	2.60	17	1.41
4	PRI	2.90	28	1.08
4	EST	2.56	29	1.18
4	AUT	2.76	24	2.5
9	INV	3.62	22	2.91
9	PRI	3.05	17	1.28
9	EST	3.12	25	2.18
9	AUT	2.91	27	1.55
14	INV	2.42	16	1.43
14	PRI	2.65	25	1.67
14	EST	3.07	32	1.57
14	AUT	2.64	32	3.10
19	INV	3.68	42	1.71
19	PRI	2.49	28	2.00
19	EST	1.87	42	3.13
19	AUT	2.17	31	3.08
304	PRI	2.69	24	3.00
304	AUT	3.23	38	1.97
309	PRI	2.89	29	2.95
309	AUT	2.09	37	2.53
314	PRI	2.54	28	2.3
314	AUT	2.28	39	3.28
319	PRI	3.20	50	2.48
319	AUT	1.89	45	3.70

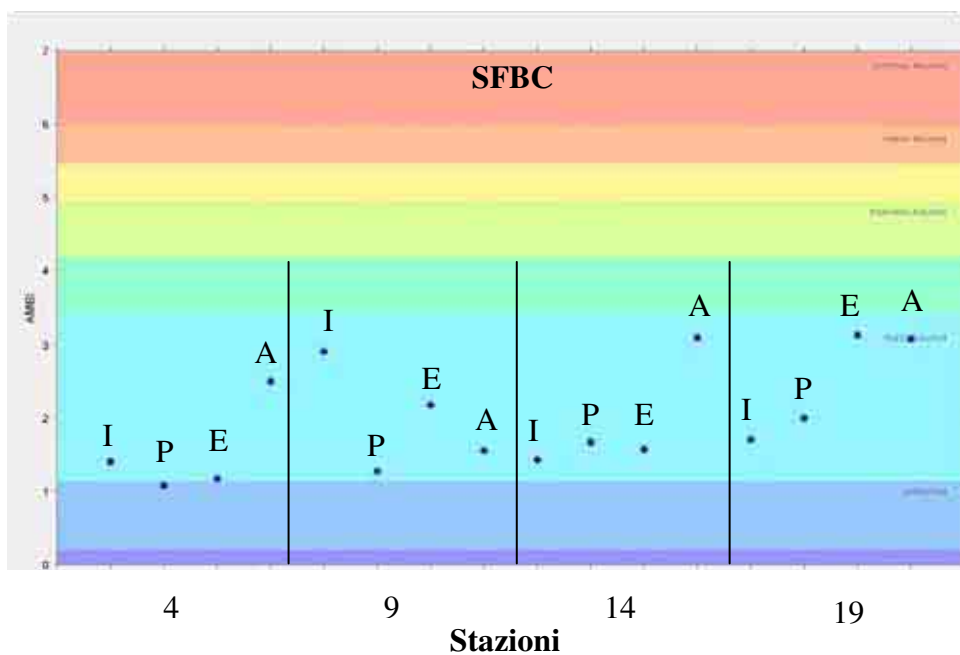


Figura 108 - Valori stagionali dell'indice AMBI per le stazioni 4, 9, 14, 19 delle biocenosi SFBC (I= Inverno, P= Primavera, E= Estate, A= Autunno)

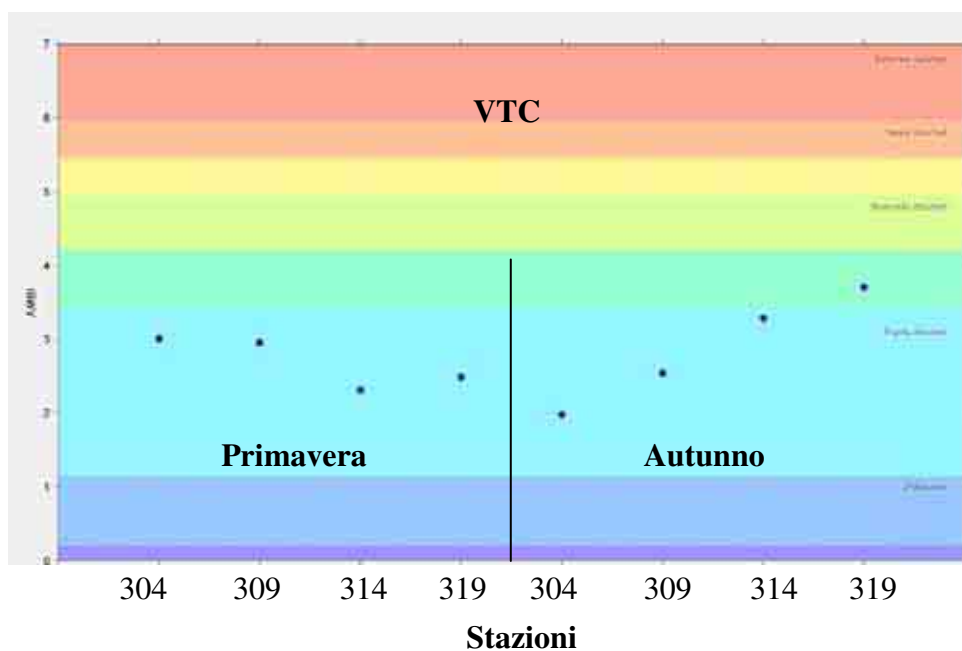


Figura 109 - Valori dell'indice AMBI per le stazioni 304, 309, 314, 319 delle biocenosi VTC in Primavera ed in Autunno

Analisi multivariata

Per le biocenosi delle SFBC, l'analisi multivariata (*MultiDimensional Scaling* MDS) (Figura 110) evidenzia come le stazioni mostrino dei cluster piuttosto aperti a livello di stagione, mentre a livello di stazione siano meglio definiti i cluster delle stazioni 9 (lido Adriano) 19 (Cattolica), un po' meno quelli delle stazioni 4 (Porto Garibaldi) e 14 (Cesenatico).

Per le biocenosi delle VTC, l'analisi multivariata (Figura 111) evidenzia cluster molto aperti sia sul fattore stagione che su quello stazione, con una generale separazione della stagione primaverile sul lato superiore del grafico e di quella autunnale sul lato inferiore. La stazione 319 (Cattolica) del campionamento primaverile si colloca in mezzo a quelle autunnali.

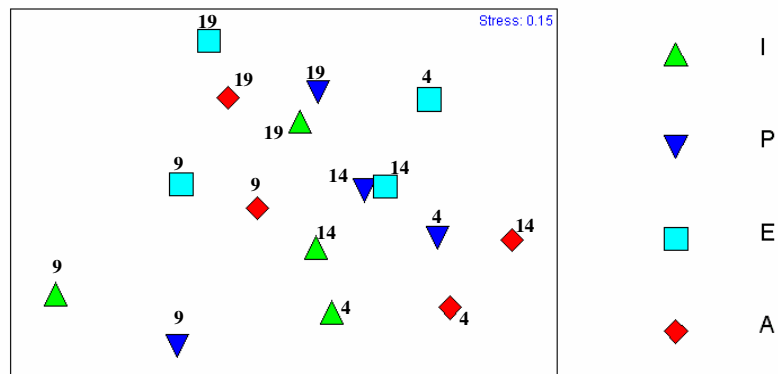


Figura 110 - MDS Biocenosi delle SFBC

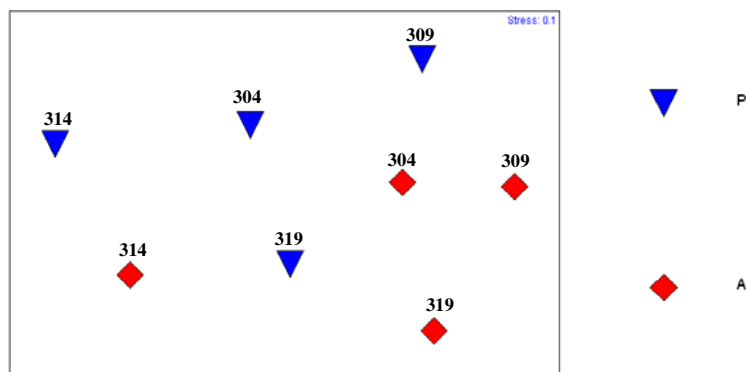


Figura 111 - MDS Biocenosi delle VTC

5.2.2 Elementi di qualità chimico-fisica e idromorfologici

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

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

5.2.2.a Elementi di qualità chimico-fisica

Le stazioni della rete di monitoraggio per gli elementi chimico-fisici sono 14 dislocate su 7 transetti perpendicolari alla costa (Figura 97). Su ogni transetto sono collocate 2 stazioni rispettivamente a 0.5 e 3 km dalla costa. L’anagrafica di ogni stazione è riportata in Tabella 5. La frequenza di campionamento e di misure in situ è quindicinale per tutto l’anno nella prima e terza settimana del mese (vedi Tabella 6).

Gli elementi di qualità chimico-fisici a sostegno degli EQB come richiesto dal D.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

Elementi chimico-fisici	U.M.
Profondità	m
Temperatura	°C
Salinità	psu
Ossigeno	mg/l-%
Trasparenza	m
Clorofilla "a"	µg/l
pH	
Torbidità	ftu
Ortofosfato P-PO₄	µg/l
Fosforo Totale	µg/l
Azoto Nitrico N-NO₃	µg/l
Azoto ammoniac. N-NH₃	µg/l
Azoto Nitrico N-NO₂	µg/l
Azoto Totale	µg/l
Silice reattiva Si-SiO ₂	µg/l

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

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

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

Tutti i parametri sopra riportati sono stati ampiamente discussi nel Capitolo 4 del presente rapporto. A integrazione di quanto già discusso, di seguito si riporta la statistica descrittiva

relativa ai principali parametri idrologici e agli elementi nutritivi delle stazioni della rete di monitoraggio istituita ai sensi del D.Lgs 152/06 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 D.260/10 definisce il limite di classe tra lo stato buono e quello sufficiente per il TRIX (espresso come valore medio annuo). Per il Macrotipo 1 (Alta stabilità) che corrisponde a quello della costa emiliano-romagnola, il limite di classe è 5.0; in pratica per raggiungere la classe Buono è necessario ottenere un valore di TRIX inferiore a 5. Poiché il monitoraggio degli elementi fisico-chimici è annuale, alla fine del ciclo di monitoraggio operativo (3 anni) si ottengono tre valori di TRIX. Il valore di TRIX da attribuire ad ogni sito, è la media dei valori di TRIX ottenuti per ciascuno dei 3 anni di campionamento.

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 a frequenza quindicinale e non bimensile come richiesto dal D. 56/09, è di 5,98, condizione di stato che identifica una situazione di acque molto produttive, livello di eutrofia elevato, scarsa trasparenza, anomale colorazioni delle acque, ipossie ed occasionali anossie delle acque bentiche, stati di sofferenza a livello dell'ecosistema bentonico.

Tabella 14 - Elementi di statistica descrittiva. Stazione 2 (Lido di Volano) e stazione 4 (Porto Garibaldi)

Stazione cod. 2 Lido di Volano 0.5 km dalla costa															
Statistica descrittiva 2010															
	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
		°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l		
Media	8.37	16.26	24.22	8.64	1.22	13.72	749.56	18.44	53.92	1213.02	38.72	7.02	859.95	678.57	33.01
Errore standard	0.03	1.42	1.36	0.42	0.08	1.64	122.14	2.60	16.40	140.18	2.54	1.76	111.86	180.47	3.64
Mediana	8.33	15.47	25.47	7.93	1.10	12.15	573.77	16.29	25.31	993.94	37.36	1.72	778.24	152.27	30.05
Moda	8.25				1.10	23.10						0.44			
Deviazione standard	0.15	6.97	6.65	2.05	0.41	8.02	598.36	12.75	80.37	686.76	12.42	8.63	548.00	884.13	17.82
Varianza campionaria	0.02	48.59	44.27	4.20	0.17	64.32	358037.07	162.60	6458.59	471635.96	154.32	74.48	300302.82	781682.63	317.60
Curtosi	3.78	-1.28	-0.45	0.81	-0.80	0.38	-0.30	2.67	13.82	0.16	-0.57	0.23	-0.66	1.43	-0.76
Asimmetria	1.50	0.11	-0.40	0.56	0.42	0.87	0.74	1.35	3.42	0.89	0.33	1.18	0.34	1.48	0.58
Intervallo	0.69	21.76	24.77	9.59	1.50	31.50	2052.32	56.15	386.71	2538.45	45.89	27.45	1951.77	3078.17	63.13
Minimo	8.17	6.22	10.73	4.48	0.50	3.30	12.95	0.88	2.72	371.07	18.78	0.44	85.43	6.22	6.00
Massimo	8.86	27.98	35.49	14.07	2.00	34.80	2065.27	57.03	389.43	2909.52	64.67	27.89	2037.20	3084.39	69.13
Conteggio	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Livello di confidenza(95.0%)	0.06	2.94	2.81	0.87	0.17	3.39	252.67	5.38	33.94	289.99	5.25	3.64	231.40	373.33	7.53

Stazione cod. 4 Porto Garibaldi 0.5 km dalla costa															
Statistica descrittiva 2010															
	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
		°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l		
Media	8.38	15.61	25.08	8.67	1.39	17.96	906.01	22.68	92.49	1493.29	33.69	7.44	797.63	565.26	50.97
Errore standard	0.03	1.47	1.24	0.41	0.10	3.58	197.21	3.34	32.78	267.99	3.19	2.50	125.89	149.72	11.35
Mediana	8.35	14.80	26.34	8.55	1.45	13.70	707.37	22.69	48.84	1184.68	30.45	2.01	687.43	290.57	36.75
Moda					1.90	13.70						0.44			
Deviazione standard	0.15	7.18	6.10	1.99	0.51	17.52	966.12	16.37	160.58	1312.86	15.64	12.22	616.71	733.49	55.59
Varianza campionaria	0.02	51.58	37.16	3.96	0.26	307.13	933391.73	267.98	25785.00	1723607.25	244.66	149.41	380335.43	538007.13	3090.55
Curtosi	1.83	-1.44	1.08	0.45	-1.47	13.57	5.68	-0.82	18.73	9.39	0.60	10.07	-0.33	2.48	16.57
Asimmetria	0.94	0.05	-0.85	-0.48	-0.06	3.33	2.10	0.36	4.14	2.66	0.56	2.92	0.70	1.77	3.87
Intervallo	0.68	20.58	25.85	8.62	1.60	88.30	4278.67	56.75	800.17	6161.33	66.55	54.77	2192.95	2725.72	275.65
Minimo	8.11	5.86	7.92	3.43	0.50	2.50	5.74	0.76	6.73	402.96	1.93	0.44	41.61	8.62	16.13
Massimo	8.79	26.44	33.76	12.05	2.10	90.80	4284.41	57.51	806.90	6564.29	68.48	55.21	2234.56	2734.34	291.78
Conteggio	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Livello di confidenza(95.0%)	0.06	3.03	2.57	0.84	0.22	7.40	407.96	6.91	67.81	554.37	6.60	5.16	260.41	309.73	23.47

Tabella 15 - Elementi di statistica descrittiva. Stazione 302 (Lido di Volano) e stazione 304 (Porto Garibaldi)

Stazione cod. 302 Lido di Volano 3 km dalla costa																
Statistica descrittiva 2010																
	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
		°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l			
Media	8.41	16.07	24.91	8.72	1.60	14.29	722.66	15.26	37.14	1101.75	35.09	7.57	783.89	649.32	32.82	6.22
Errore standard	0.03	1.47	1.21	0.28	0.13	1.81	112.61	1.82	13.92	109.70	2.72	2.61	104.08	193.46	3.23	0.15
Mediana	8.37	15.24	26.75	8.51	1.55	10.75	599.69	14.79	15.16	1052.06	36.47	2.08	757.79	131.74	26.93	6.31
Moda	8.30				1.90							0.44				
Deviazione standard	0.15	7.18	5.93	1.38	0.64	8.86	551.68	8.93	68.21	537.43	13.32	12.80	509.90	947.76	15.80	0.72
Varianza campionaria	0.02	51.62	35.19	1.91	0.41	78.45	304355.81	79.77	4652.31	288827.08	177.48	163.84	260002.41	898254.72	249.72	0.51
Curtosi	1.82	-1.25	-0.74	-0.23	0.01	-0.43	-0.44	-0.95	16.05	-0.35	-0.66	12.83	-0.74	1.98	0.76	0.04
Asimmetria	1.33	0.12	-0.42	-0.14	0.62	0.78	0.58	0.03	3.81	0.41	0.19	3.29	0.38	1.73	1.12	-0.78
Intervallo	0.60	22.58	22.21	5.59	2.30	30.90	1884.95	29.86	330.24	2059.70	47.93	59.74	1682.40	3089.83	60.13	2.73
Minimo	8.24	5.90	12.41	5.51	0.70	4.10	1.40	0.97	0.42	201.19	11.69	0.44	130.37	4.90	10.76	4.60
Massimo	8.83	28.48	34.62	11.10	3.00	35.00	1886.35	30.83	330.66	2260.89	59.62	60.18	1812.77	3094.73	70.89	7.32
Conteggio	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Livello di confidenza(95.0%)	0.06	3.03	2.50	0.58	0.27	3.74	232.96	3.77	28.80	226.93	5.63	5.40	215.31	400.20	6.67	0.30

Stazione cod. 304 Porto Garibaldi 3 km dalla costa																
Statistica descrittiva 2010																
	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
		°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l			
Media	8.44	15.54	25.37	9.29	1.77	17.16	639.56	16.11	37.78	1080.26	30.47	5.35	761.92	524.22	36.11	6.24
Errore standard	0.03	1.48	1.21	0.42	0.14	3.58	106.01	2.62	7.62	131.00	4.02	1.50	131.04	135.97	2.51	0.20
Mediana	8.40	14.97	27.17	9.15	1.75	10.90	514.86	15.82	15.81	856.62	29.55	1.46	592.73	235.81	33.47	6.40
Moda	8.36				1.90							0.44				
Deviazione standard	0.16	7.24	5.92	2.05	0.67	17.53	519.35	12.85	37.33	641.77	19.71	7.35	641.96	666.12	12.30	0.97
Varianza campionaria	0.03	52.41	35.10	4.20	0.45	307.22	269723.05	165.08	1393.30	411868.15	388.63	54.02	412117.76	443721.74	151.34	0.95
Curtosi	2.10	-1.45	0.54	1.95	-0.74	7.45	0.09	3.88	0.99	-0.61	10.49	1.29	0.90	3.95	-0.80	0.65
Asimmetria	1.12	0.05	-1.14	0.84	0.36	2.51	0.84	1.50	1.26	0.70	2.78	1.56	1.22	1.88	0.37	-0.52
Intervallo	0.74	20.87	21.99	9.81	2.40	77.80	1854.39	57.33	134.67	2209.01	96.99	23.50	2399.14	2710.05	44.65	4.17
Minimo	8.18	5.55	10.60	5.44	0.60	3.70	12.58	0.97	3.65	272.18	11.30	0.44	37.26	11.88	15.00	3.76
Massimo	8.92	26.42	32.59	15.25	3.00	81.50	1866.97	58.30	138.32	2481.19	108.29	23.94	2436.40	2721.93	59.65	7.93
Conteggio	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	3.06	2.50	0.86	0.28	7.40	219.30	5.43	15.76	271.00	8.32	3.10	271.08	281.28	5.19	0.41

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

Stazione cod. 6 Casalborsetti 0.5 km dalla costa																
Statistica descrittiva 2010																
	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
	°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	15.65	26.69	8.85	1.36	15.48	570.13	15.63	30.43	961.73	30.34	5.31	605.50	521.70	34.03	6.22
Errore standard	0.03	1.46	1.16	0.47	0.11	2.68	100.88	2.01	4.65	111.50	2.40	1.41	114.80	166.30	4.24	0.16
Mediana	8.39	15.00	27.14	8.66	1.45	11.30	501.74	16.63	24.69	774.03	26.56	2.07	461.54	195.01	30.42	6.23
Moda					1.60	4.70	1.40					0.44				
Deviazione standard	0.14	7.16	5.69	2.32	0.56	13.12	494.21	9.86	22.77	546.21	11.74	6.90	562.39	797.53	20.78	0.77
Varianza campionaria	0.02	51.31	32.40	5.37	0.31	172.06	244244.01	97.27	518.36	298348.75	137.75	47.55	316284.98	636052.17	431.91	0.60
Curtosi	0.61	-1.37	0.06	2.06	-1.54	6.52	0.80	-0.52	2.01	-0.27	-0.99	1.93	0.77	4.28	6.11	-0.39
Asimmetria	0.71	0.02	-0.86	0.90	0.12	2.29	0.99	0.31	1.35	0.86	0.50	1.61	1.20	2.19	2.02	0.07
Intervallo	0.61	20.92	19.67	10.89	1.70	59.10	1891.18	35.72	94.26	1788.57	37.92	25.10	2084.57	2956.99	97.93	2.85
Minimo	8.13	5.23	14.11	4.82	0.60	3.40	1.40	0.41	3.79	360.52	15.38	0.44	8.13	7.65	10.03	4.84
Massimo	8.73	26.15	33.78	15.71	2.30	62.50	1892.58	36.13	98.05	2149.09	53.30	25.54	2092.70	2964.64	107.96	7.69
Conteggio	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	23	24	23
Livello di confidenza(95)	0.06	3.02	2.40	0.98	0.24	5.54	208.69	4.16	9.61	230.65	4.96	2.91	237.48	344.88	8.78	0.33

Stazione cod. 306 Casalborsetti 3 km dalla costa																
Statistica descrittiva 2010																
	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
	°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	15.48	27.28	8.82	1.79	16.28	545.31	14.88	22.85	956.95	26.39	5.31	594.54	310.53	36.78	6.06
Errore standard	0.03	1.46	1.03	0.37	0.18	3.80	107.44	2.31	4.41	127.56	2.47	1.35	128.01	75.97	3.70	0.18
Mediana	8.43	15.01	28.27	8.54	1.85	10.80	444.99	13.59	13.15	711.87	22.73	2.18	332.45	131.22	31.12	6.24
Moda				8.25	1.90	17.20	1.40					0.44				
Deviazione standard	0.13	7.17	5.07	1.81	0.86	18.61	526.32	11.31	21.63	624.92	12.10	6.61	627.14	364.34	18.14	0.85
Varianza campionaria	0.02	51.47	25.67	3.28	0.74	346.29	277015.01	127.88	467.75	390524.43	146.31	43.63	393305.34	132744.73	329.12	0.73
Curtosi	1.53	-1.31	1.83	1.36	1.41	8.85	1.88	-0.66	0.94	-0.38	-1.05	1.41	0.39	1.75	3.37	-0.31
Asimmetria	0.80	0.09	-1.28	0.85	1.19	2.86	1.45	0.43	1.48	0.93	0.28	1.48	1.21	1.56	1.62	-0.29
Intervallo	0.55	21.80	21.61	8.05	3.40	82.50	1970.72	39.13	70.40	2001.54	42.36	22.85	2137.27	1337.60	81.07	3.38
Minimo	8.24	5.30	12.36	5.90	0.70	3.00	1.40	0.16	2.91	228.35	7.81	0.44	3.69	5.74	13.38	4.44
Massimo	8.79	27.10	33.97	13.95	4.10	85.50	1972.12	39.29	73.31	2229.89	50.17	23.29	2140.96	1343.34	94.45	7.82
Conteggio	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	23	24	23
Livello di confidenza(95)	0.05	3.03	2.14	0.76	0.36	7.86	222.25	4.78	9.13	263.88	5.11	2.79	264.82	157.55	7.66	0.37

Tabella 17 - Elementi di statistica descrittiva. Stazione 9 (Lido Adriano) e stazione 14 (Cesenatico)

Stazione cod. 9 Lido Adriano 0.5 km dalla costa																
Statistica descrittiva 2010																
	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
		°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l			
Media	8.40	15.46	29.00	8.61	1.42	13.59	565.87	13.54	50.24	1020.34	30.31	4.62	632.41	400.90	41.57	6.05
Errore standard	0.02	1.47	0.74	0.37	0.14	1.55	115.11	1.84	12.81	127.08	3.68	1.33	103.31	113.76	7.12	0.14
Mediana	8.41	14.68	29.79	8.37	1.50	11.60	439.95	12.13	33.40	835.65	27.19	1.97	495.85	141.31	35.05	6.08
Moda	8.30				1.70	14.80						0.44				
Deviazione standard	0.11	7.19	3.62	1.84	0.67	7.60	563.91	9.03	62.78	622.57	18.01	6.51	506.11	557.33	34.87	0.66
Varianza campionaria	0.01	51.63	13.14	3.37	0.45	57.76	317998.82	81.50	3941.14	387593.87	324.22	42.40	256150.96	310615.36	1215.75	0.44
Curtosi	-0.48	-1.44	2.49	-1.12	0.05	1.49	1.02	-0.12	12.95	-0.57	2.19	5.62	0.59	4.11	5.82	-0.35
Asimmetria	-0.31	0.05	-1.35	-0.04	0.20	1.34	1.29	0.67	3.31	0.73	1.37	2.32	1.07	2.13	2.39	-0.02
Intervallo	0.42	21.74	15.86	6.80	2.90	30.00	1981.83	35.05	304.06	2011.97	73.04	26.27	1928.92	2079.64	135.77	2.56
Minimo	8.17	4.84	17.93	5.27	0.10	4.10	4.76	0.29	4.53	344.98	8.71	0.44	26.85	4.98	11.39	4.75
Massimo	8.59	26.58	33.79	12.07	3.00	34.10	1986.59	35.34	308.59	2356.95	81.75	26.71	1955.77	2084.61	147.16	7.31
Conteggio	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Livello di confidenza(95%)	0.05	3.03	1.53	0.78	0.28	3.21	238.12	3.81	26.51	262.89	7.60	2.75	213.71	235.34	14.72	0.28

Stazione cod. 14 Cesenatico 0.5 km dalla costa																
Statistica descrittiva 2010																
	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
		°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l			
Media	8.32	15.47	30.63	7.95	1.73	12.66	320.73	13.30	45.35	685.80	25.20	4.04	345.29	365.51	32.36	5.85
Errore standard	0.03	1.47	0.60	0.38	0.15	2.98	60.04	1.12	6.98	69.08	2.49	1.21	52.29	82.17	4.06	0.13
Mediana	8.31	15.06	30.75	7.98	1.80	9.05	261.73	11.58	38.39	608.50	22.19	1.33	296.09	207.52	24.41	5.87
Moda	8.33		32.37		1.90	10.30						0.44				
Deviazione standard	0.14	7.21	2.96	1.84	0.72	14.58	294.12	5.48	34.21	338.41	12.20	5.91	256.15	402.53	19.89	0.63
Varianza campionaria	0.02	52.00	8.73	3.39	0.52	212.72	86504.91	30.04	1170.47	114520.54	148.80	34.88	65611.92	162030.77	395.68	0.40
Curtosi	2.90	-1.34	-0.78	-1.10	-0.69	10.79	1.16	-0.80	2.41	0.66	1.97	1.98	-0.26	2.25	0.30	1.65
Asimmetria	0.75	0.01	-0.16	0.16	0.30	3.13	1.26	0.67	1.47	1.16	1.31	1.75	0.81	1.63	1.03	-0.64
Intervallo	0.71	22.26	10.57	5.87	2.50	66.90	1030.98	18.68	140.03	1168.12	53.39	20.47	854.05	1425.16	73.91	2.98
Minimo	8.02	5.31	24.56	5.37	0.50	3.10	22.24	6.31	6.93	291.07	7.18	0.44	30.86	7.73	9.17	4.07
Massimo	8.73	27.57	35.13	11.24	3.00	70.00	1053.22	24.99	146.96	1459.19	60.57	20.91	884.91	1432.89	83.08	7.05
Conteggio	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Livello di confidenza(95%)	0.06	3.05	1.25	0.78	0.30	6.16	124.19	2.31	14.45	142.90	5.15	2.49	108.16	169.97	8.40	0.27

Tabella 18 - Elementi di statistica descrittiva. Stazione 309 (Lido Adriano) e stazione 314 (Cesenatico)

Stazione cod. 309 Lido Adriano 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2010																	
	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		
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l					
Media	8.44	15.66	28.90	8.92	2.16	14.60	395.72	11.03	22.61	743.96	23.15	3.12	427.31	396.62	35.77	5.78	
Errore standard	0.02	1.46	0.72	0.37	0.18	3.02	77.59	1.54	7.41	84.44	2.91	0.87	89.81	96.95	3.85	0.20	
Mediana	8.45	15.26	29.57	8.90	1.95	10.40	299.39	10.79	13.16	628.07	20.27	1.18	247.70	123.97	34.60	5.93	
Moda					1.90	10.30	1.40					0.44					
Deviazione standard	0.10	7.15	3.54	1.83	0.88	14.81	380.12	7.52	36.30	413.67	14.27	4.26	439.99	464.94	18.86	0.96	
Varianza campionaria	0.01	51.13	12.50	3.34	0.77	219.32	144493.35	56.62	1317.99	171121.50	203.61	18.14	193588.63	216172.55	355.63	0.93	
Curtosi	-0.71	-1.42	1.35	-0.65	-0.31	6.52	0.55	-1.17	19.81	-0.72	11.58	3.65	1.35	0.49	1.18	-0.69	
Asimmetria	-0.18	0.03	-1.25	0.35	0.38	2.51	1.08	0.14	4.30	0.68	2.96	2.02	1.46	1.25	1.02	-0.05	
Intervallo	0.39	21.90	13.25	6.64	3.40	61.80	1396.57	23.61	182.33	1438.47	72.30	15.91	1640.68	1475.70	79.52	3.41	
Minimo	8.23	5.36	19.62	6.13	0.50	3.60	1.40	0.13	3.75	218.78	8.19	0.44	1.90	8.05	9.15	4.08	
Massimo	8.62	27.26	32.86	12.77	3.90	65.40	1397.97	23.74	186.08	1657.25	80.49	16.35	1642.58	1483.75	88.67	7.50	
Conteggio	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	23	24	23	
Livello di confidenza(95%)	0.04	3.02	1.49	0.77	0.37	6.25	160.51	3.18	15.33	174.68	6.03	1.80	185.79	201.06	7.96	0.42	

Stazione cod. 314 Cesenatico 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2010																	
	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		
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l					
Media	8.42	15.74	30.97	8.31	2.50	12.00	277.66	10.30	21.57	612.39	18.91	3.50	294.19	230.31	35.05	5.68	
Errore standard	0.02	1.46	0.51	0.38	0.33	2.48	57.94	1.51	4.02	69.58	1.72	0.98	56.08	63.73	3.30	0.16	
Mediana	8.41	14.87	30.82	8.05	1.85	7.75	172.07	7.61	16.12	495.17	17.11	1.41	207.14	103.97	34.70	5.72	
Moda					0.90	4.20						0.44					
Deviazione standard	0.12	7.16	2.49	1.84	1.63	12.16	283.87	7.41	19.70	340.88	8.45	4.78	274.72	312.19	16.18	0.80	
Varianza campionaria	0.01	51.24	6.20	3.39	2.66	147.98	80581.09	54.91	388.15	116198.39	71.32	22.84	75471.00	97461.50	261.74	0.63	
Curtosi	-0.12	-1.39	-0.56	-0.20	-0.14	4.85	0.27	-1.08	3.67	0.11	-1.03	7.65	-0.04	5.94	-1.04	0.32	
Asimmetria	-0.17	0.02	-0.13	0.58	0.93	2.24	1.04	0.50	1.81	0.94	0.36	2.55	1.06	2.36	0.29	-0.18	
Intervallo	0.49	21.83	9.26	7.09	5.60	47.40	956.65	23.49	83.50	1244.65	27.76	20.74	864.06	1293.44	54.98	3.35	
Minimo	8.15	5.68	25.79	5.79	0.90	2.40	2.57	0.61	0.61	233.27	5.95	0.44	8.30	6.01	10.87	4.07	
Massimo	8.64	27.51	35.05	12.88	6.50	49.80	959.22	24.10	84.11	1477.92	33.71	21.18	872.36	1299.45	65.86	7.41	
Conteggio	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	
Livello di confidenza(95%)	0.05	3.02	1.05	0.78	0.69	5.14	119.87	3.13	8.32	143.94	3.57	2.02	116.00	131.83	6.83	0.34	

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

Stazione cod. 17 Rimini 0.5 km dalla costa																
Statistica descrittiva 2010																
	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
	°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	15.77	31.11	8.17	2.17	11.72	257.79	10.43	27.17	566.67	24.47	2.59	271.75	261.66	31.85	5.66
Errore standard	0.03	1.49	0.61	0.39	0.26	2.90	58.67	1.50	4.73	68.98	4.99	0.64	56.07	70.23	3.88	0.17
Mediana	8.39	15.84	31.10	7.67	1.90	7.95	152.39	9.42	23.19	426.22	20.52	1.28	218.13	125.51	26.07	5.75
Moda					1.90	8.90						0.44				
Deviazione standard	0.14	7.32	3.01	1.90	1.28	14.20	287.43	7.35	23.16	337.93	24.44	3.16	274.67	344.06	19.03	0.86
Varianza campionaria	0.02	53.63	9.04	3.63	1.63	201.68	82613.95	53.95	536.37	114194.83	597.18	9.96	75443.81	118374.49	362.09	0.73
Curtosi	-0.18	-1.31	-0.40	-0.92	-0.73	10.85	1.35	0.58	5.18	1.42	15.88	5.24	0.54	3.83	-0.62	0.30
Asimmetria	-0.08	0.00	-0.19	0.51	0.49	3.08	1.41	1.03	1.98	1.38	3.71	2.19	1.25	2.04	0.61	-0.46
Intervallo	0.55	22.68	11.53	6.35	4.60	66.10	999.05	26.71	103.83	1276.71	124.42	12.95	907.73	1321.92	62.78	3.71
Minimo	8.10	4.96	24.84	5.51	0.20	1.80	7.16	1.00	3.03	235.99	4.99	0.44	1.20	5.68	3.10	3.60
Massimo	8.65	27.64	36.37	11.86	4.80	67.90	1006.21	27.71	106.86	1512.70	129.41	13.39	908.93	1327.59	65.88	7.31
Conteggio	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Livello di confidenza(95.	0.06	3.09	1.27	0.80	0.54	6.00	121.37	3.10	9.78	142.69	10.32	1.33	115.98	145.28	8.04	0.36

Stazione cod. 19 Cattolica 0.5 km dalla costa																
Statistica descrittiva 2010																
	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
	°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	15.66	31.33	8.08	1.95	11.98	281.90	10.78	25.93	635.74	21.89	5.38	271.95	170.91	34.86	5.70
Errore standard	0.03	1.47	0.63	0.40	0.25	2.48	70.85	1.81	5.31	105.58	2.21	2.21	60.70	64.53	7.42	0.16
Mediana	8.39	15.40	31.52	7.63	1.80	8.30	90.26	9.38	19.16	453.82	18.50	2.56	199.55	56.77	22.82	5.74
Moda					1.00	8.30						3.55				
Deviazione standard	0.15	7.19	3.11	1.98	1.24	12.15	347.10	8.86	26.04	517.22	10.82	10.82	297.36	316.15	36.35	0.80
Varianza campionaria	0.02	51.68	9.68	3.93	1.54	147.51	120479.77	78.45	677.96	267521.60	117.05	117.07	88420.08	99949.85	1321.47	0.63
Curtosi	0.28	-1.33	-0.96	0.20	-0.38	2.27	0.37	0.85	3.38	3.33	-0.70	18.92	2.59	10.28	14.17	0.24
Asimmetria	0.23	0.09	-0.42	0.70	0.90	1.72	1.34	1.24	1.77	1.87	0.40	4.21	1.74	3.08	3.45	-0.03
Intervallo	0.62	22.16	9.97	8.05	4.00	44.60	1078.12	30.94	105.83	2143.97	39.00	53.17	1105.88	1395.07	177.27	3.34
Minimo	8.13	5.64	25.71	5.11	0.50	1.10	8.37	0.98	3.79	104.36	4.51	0.44	10.11	8.79	10.10	4.18
Massimo	8.74	27.80	35.68	13.16	4.50	45.70	1086.49	31.92	109.62	2248.33	43.51	53.61	1115.99	1403.85	187.37	7.52
Conteggio	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Livello di confidenza(95.	0.06	3.04	1.31	0.84	0.52	5.13	146.57	3.74	10.99	218.40	4.57	4.57	125.56	133.50	15.35	0.34

Tabella 20 - Elementi di statistica descrittiva. Stazione 317 (Rimini) stazione 314 (Cattolica)

Stazione cod. 317 Rimini 3 km dalla costa																
Statistica descrittiva 2010																
	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
	°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	15.82	31.13	8.59	3.08	11.47	242.63	9.99	19.13	584.78	18.63	2.84	222.17	264.68	38.16	5.55
Errore standard	0.03	1.47	0.55	0.43	0.40	2.83	57.92	1.77	3.09	72.79	1.97	0.60	50.10	85.83	5.40	0.21
Mediana	8.41	15.04	31.50	8.07	2.55	7.05	134.70	9.49	13.96	416.29	18.97	1.72	142.16	61.52	33.21	5.58
Moda				6.16	1.90	7.50		3.14	9.51			0.44				
Deviazione standard	0.13	7.21	2.68	2.10	1.96	13.85	283.75	8.67	15.16	356.61	9.64	2.94	245.46	411.62	26.44	1.02
Varianza campionaria	0.02	51.97	7.17	4.42	3.83	191.81	80511.31	75.20	229.79	127168.28	93.02	8.66	60249.96	169428.37	698.82	1.04
Curtosi	-0.43	-1.35	-0.73	0.10	-0.37	6.22	3.01	0.65	2.64	0.52	-0.76	0.46	1.91	4.97	3.07	0.12
Asimmetria	0.55	0.04	-0.32	0.84	0.88	2.39	1.66	1.01	1.62	1.15	0.30	1.25	1.49	2.23	1.75	-0.10
Intervallo	0.47	21.76	9.71	7.77	6.10	59.70	1132.27	31.84	60.70	1311.11	33.80	9.64	938.20	1626.85	103.76	4.17
Minimo	8.22	5.47	25.62	6.10	0.90	0.80	1.40	0.11	4.80	198.09	2.42	0.44	3.16	5.02	12.68	3.49
Massimo	8.69	27.24	35.34	13.87	7.00	60.50	1133.67	31.95	65.50	1509.20	36.22	10.08	941.36	1631.86	116.45	7.66
Conteggio	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	23	24	23
Livello di confidenza(95.	0.06	3.04	1.13	0.89	0.83	5.85	119.81	3.66	6.40	150.58	4.07	1.24	103.65	178.00	11.16	0.44

Stazione cod. 319 Cattolica 3 km dalla costa																
Statistica descrittiva 2010																
	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
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l			
Media	8.42	15.69	31.79	8.33	2.68	9.47	211.43	8.55	19.64	503.25	16.12	3.35	214.12	175.49	36.31	5.39
Errore standard	0.03	1.45	0.47	0.36	0.36	1.77	48.14	1.35	4.63	64.64	1.52	0.66	44.96	49.49	5.53	0.16
Mediana	8.41	15.18	31.01	8.02	2.20	6.20	117.75	8.40	11.73	452.71	15.21	1.71	133.79	72.10	28.24	5.40
Moda	8.41				2.80	4.40						0.44				
Deviazione standard	0.12	7.13	2.29	1.74	1.75	8.66	235.84	6.59	22.67	316.65	7.45	3.24	220.24	242.43	27.09	0.78
Varianza campionaria	0.02	50.78	5.25	3.04	3.07	75.05	55618.76	43.47	514.06	100268.91	55.56	10.49	48503.52	58774.42	733.74	0.61
Curtosi	-0.06	-1.34	-1.33	-0.94	2.90	2.38	1.29	-0.24	8.92	1.27	1.75	-0.42	0.17	2.21	3.63	0.10
Asimmetria	-0.35	0.04	0.06	0.35	1.65	1.71	1.38	0.71	2.70	1.23	0.79	1.09	1.12	1.72	1.92	-0.48
Intervallo	0.46	21.97	7.52	6.22	7.30	33.20	837.45	21.68	103.91	1256.86	35.33	9.79	698.48	887.74	106.78	3.22
Minimo	8.15	5.54	27.96	5.80	0.70	0.70	1.51	0.42	2.17	102.24	1.82	0.44	8.64	4.53	13.45	3.52
Massimo	8.62	27.51	35.48	12.02	8.00	33.90	838.96	22.10	106.08	1359.10	37.15	10.23	707.12	892.27	120.24	6.74
Conteggio	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Livello di confidenza(95.	0.05	3.01	0.97	0.74	0.74	3.66	99.58	2.78	9.57	133.71	3.15	1.37	93.00	102.37	11.44	0.33

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

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

Fra gli elementi idromorfologici rilevati, di seguito si riportano i risultati dell'analisi granulometrica e del carbonio organico totale relativi a 8 stazioni ubicate a circa 3 km di distanza dalla costa (vedi in Tabella 5 e Tabella 6):

La frequenza di campionamento è semestrale per la granulometria e annuale per il carbonio organico totale.

La distribuzione superficiale delle tre principali componenti granulometriche dei sedimenti campionati in primavera e in autunno del 2010 evidenzia che (Figura 112):

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

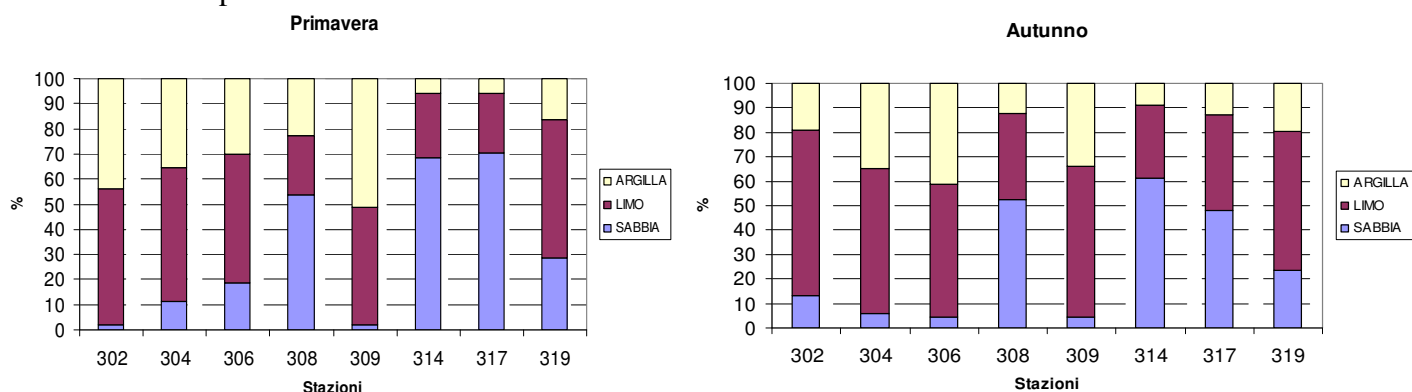


Figura 112 - Distribuzione delle principali frazioni granulometriche rilevate nel 2010 nelle 8 stazioni

Le percentuali di TOC (carbonio organico totale) nei sedimenti superficiali (Figura 113) variano tra 0.4 e 1.9% (media 1.04%), con valori più elevati nelle stazioni settentrionali, in particolare nelle stazioni prossime alle foci del Po. Si tratta di zone a basso idrodinamismo del moto ondoso in cui si accumula materiale organico fresco e reattivo sia di provenienza autoctona che di origine fluviale.

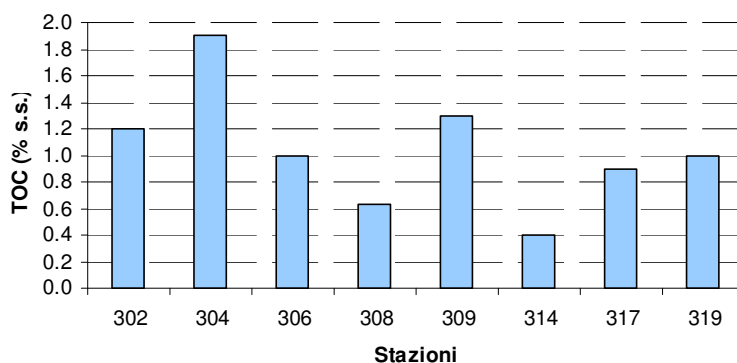


Figura 113 - Contenuto di carbonio organico totale nel sedimento

5.2.3 Inquinanti specifici non appartenenti all'elenco di priorità

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

Le stazioni di campionamento interessate alla ricerca degli inquinanti nel sedimento sono 8 e sono ubicate a circa 3 km di distanza dalla costa. La frequenza di campionamento è semestrale (vedi Tabella 6).

5.2.3.a Sostanze ricercate nei sedimenti

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

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

Metalli: arsenico, cromo totale e cromo VI

Nella Figura 114 si riporta la media annuale della concentrazione dei metalli determinati sul sedimento.

Nel 2010 i campionamenti sono stati effettuati in primavera e in autunno.

Per il cromo totale è noto, ed è stato già dimostrato in altri lavori, che le concentrazioni elevate di questo metallo (come anche per il nichel e lo zinco), non sono di origine antropica ma costituiscono il fondo naturale nei sedimenti di queste aree. Quindi i valori di cromo totale riportati in Figura 114 che superano lo SQA riportato in tab. 3/B D.56/09 (SQA-Valore Medio Anno = 50 mg/kg ss più uno scostamento del 20%), non sono da annoverare tra gli inquinanti di origine antropica. I valori di cromo totale e di cromo VI tendono a diminuire da nord verso sud lungo la costa emiliano-romagnola (Figura 114).

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

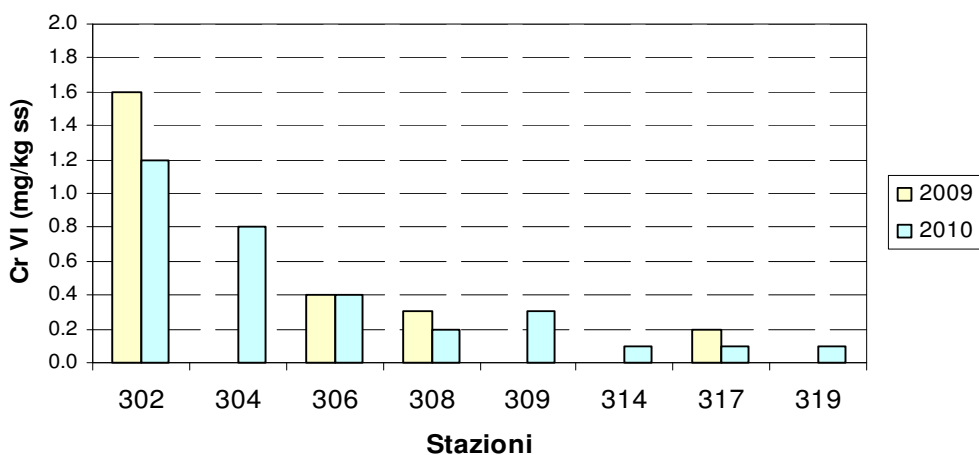
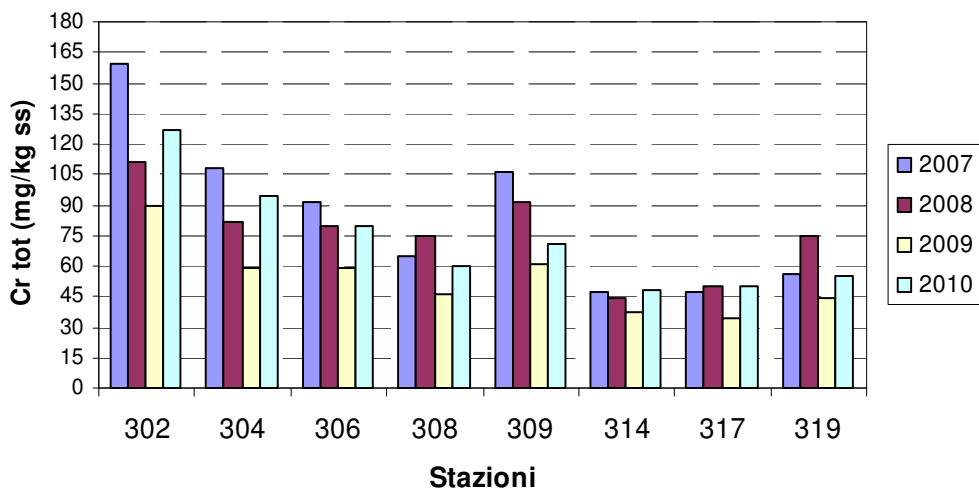
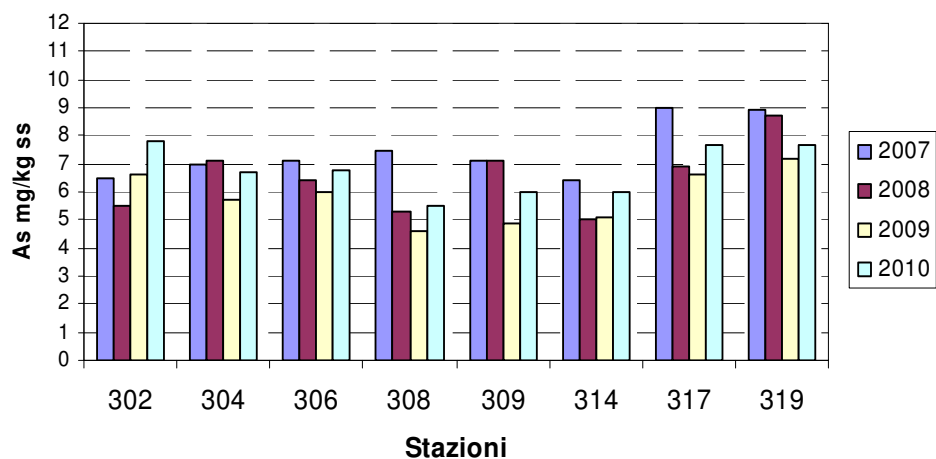


Figura 114 - Medie annuali delle concentrazioni di arsenico, cromo totale e cromo VI

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

Nella Figura 115 si riportano le medie annuali della somma delle concentrazioni degli IPA e dei PCB determinati sul sedimento nelle stazioni delle acque marino costiere.

Per gli IPA non si evidenziano valori che superano lo SQA di cui alla tab. 3/B del D.56/2009 (somma IPA = 800 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ss).

Nel 2010 si osserva, in quasi tutte le stazioni, una lieve diminuzione dei valori medi rispetto all'anno precedente.

Per i PCB il D.56/09 alla tab.3/B definisce i congeneri più significativi da monitorare e lo standard di qualità da applicare ai sedimenti. Nel 2010 si osserva una significativa diminuzione dei valori medi rispetto all'anno precedente in tutte le stazioni; tali valori sono tutti inferiori allo SQA.

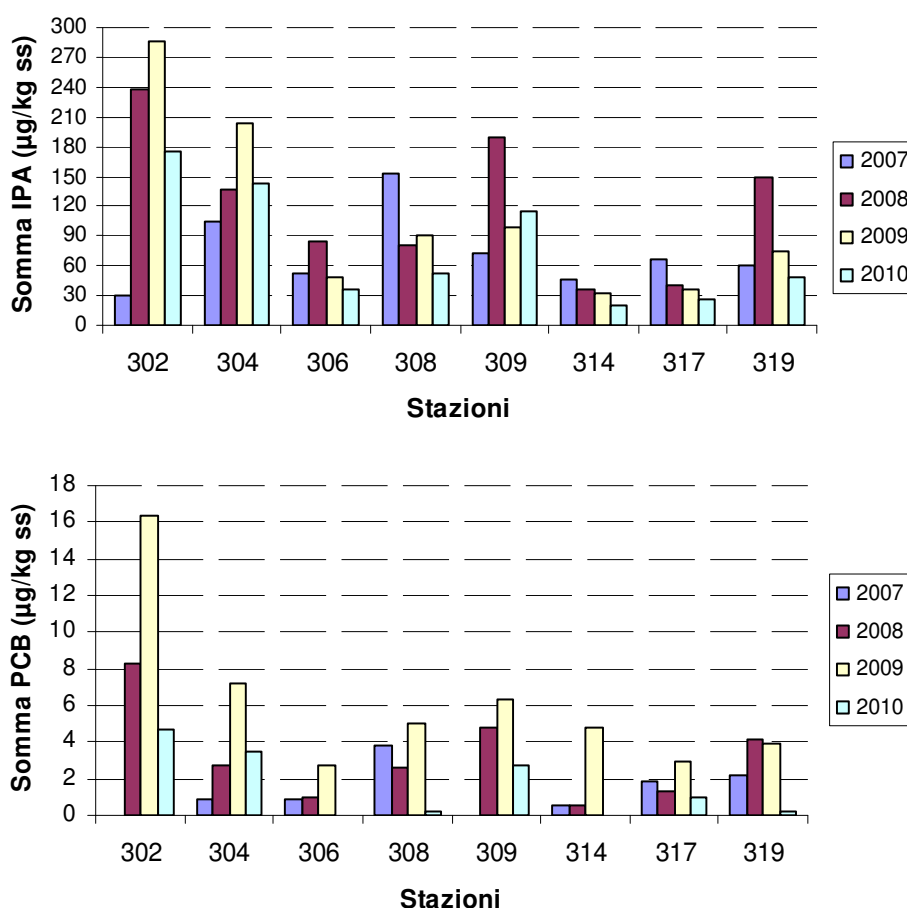


Figura 115 - Medie annuali della somma delle concentrazioni di IPA e PCB determinati sui sedimenti marini ($\mu\text{g}/\text{kg}$ ss)

Diossine, Furani e PCB diossin like

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

In Figura 116 sono riportati i valori medi/anno della Tossicità Equivalente (TE) delle Diossine (CDD) e dei Furani (CDF).

In Figura 117 si riporta la media annuale della Tossicità Equivalente (TE) dei Policloro Bifenili (PCB) dioxin like.

Nella Figura 118 sono riportati i valori medi/annui della somma della Tossicità Equivalente (TE) delle Diossine (CDD) e dei Furani (CDF) + PCB dioxin like di ciascuna stazione indagata. Tali valori mostrano che non vi è stato superamento dell'SQA previsto dal D.56/09 (2 ng/kg ss).

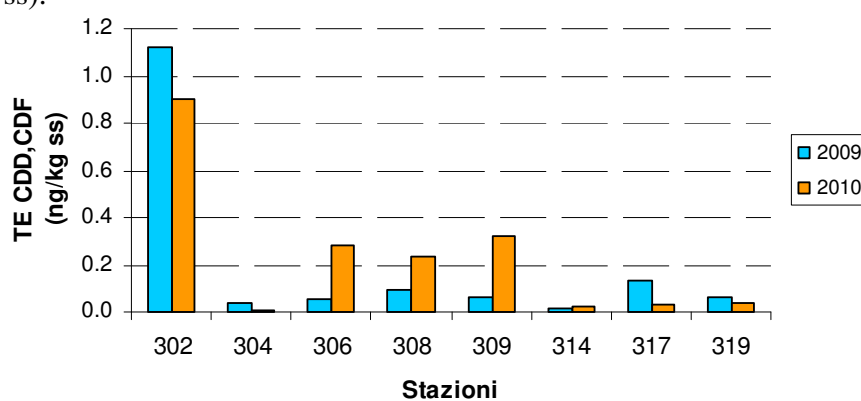


Figura 116 - Media annuale del TE di CDD, CDF determinati sui sedimenti marini

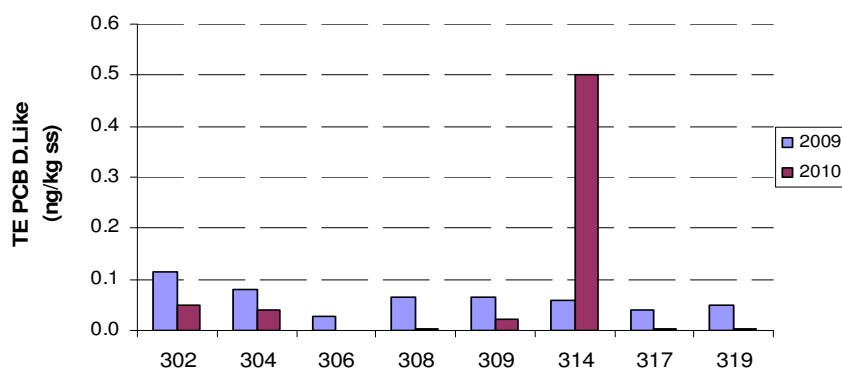


Figura 117 - Media annuale del TE dei PCB dioxin like determinati sui sedimenti marini

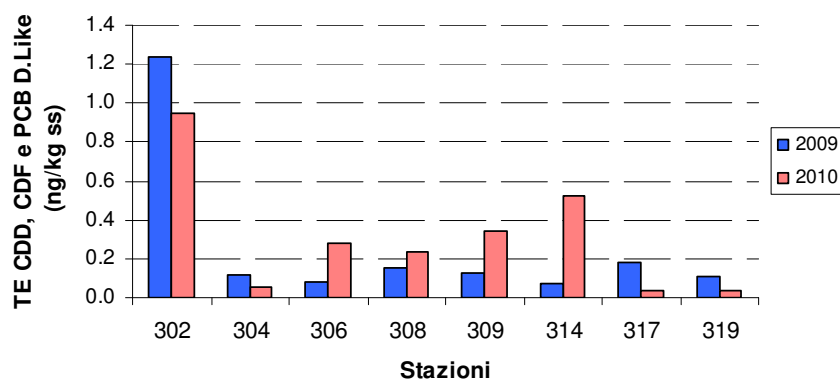


Figura 118 - Media annuale della somma del TE di CDD, CDF e PCB dioxin like determinati sui sedimenti marini

5.2.4 Inquinanti specifici appartenenti all'elenco di priorità

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

5.2.4.a Sostanze ricercate nel sedimento

Gli inquinanti specifici ricercati nel sedimento per la definizione dello Stato Chimico sono quelli riportati in tabella 2/A del D.56/09. Le stazioni di campionamento interessate alla ricerca degli inquinanti sono 8 e sono ubicate a 3 km di distanza dalla costa. La frequenza di campionamento è semestrale (vedi Tabella 6 e Tabella 5).

Nei paragrafi che seguono si riportano le concentrazioni rilevate e la media annuale della concentrazione degli inquinanti determinati sul sedimento.

Metalli: cadmio, nichel, piombo

Nella Figura 119 si riporta la media annuale della concentrazione di alcuni metalli determinati sul sedimento. La serie storica di dati è di quattro anni consecutivi (dal 2007 al 2010).

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

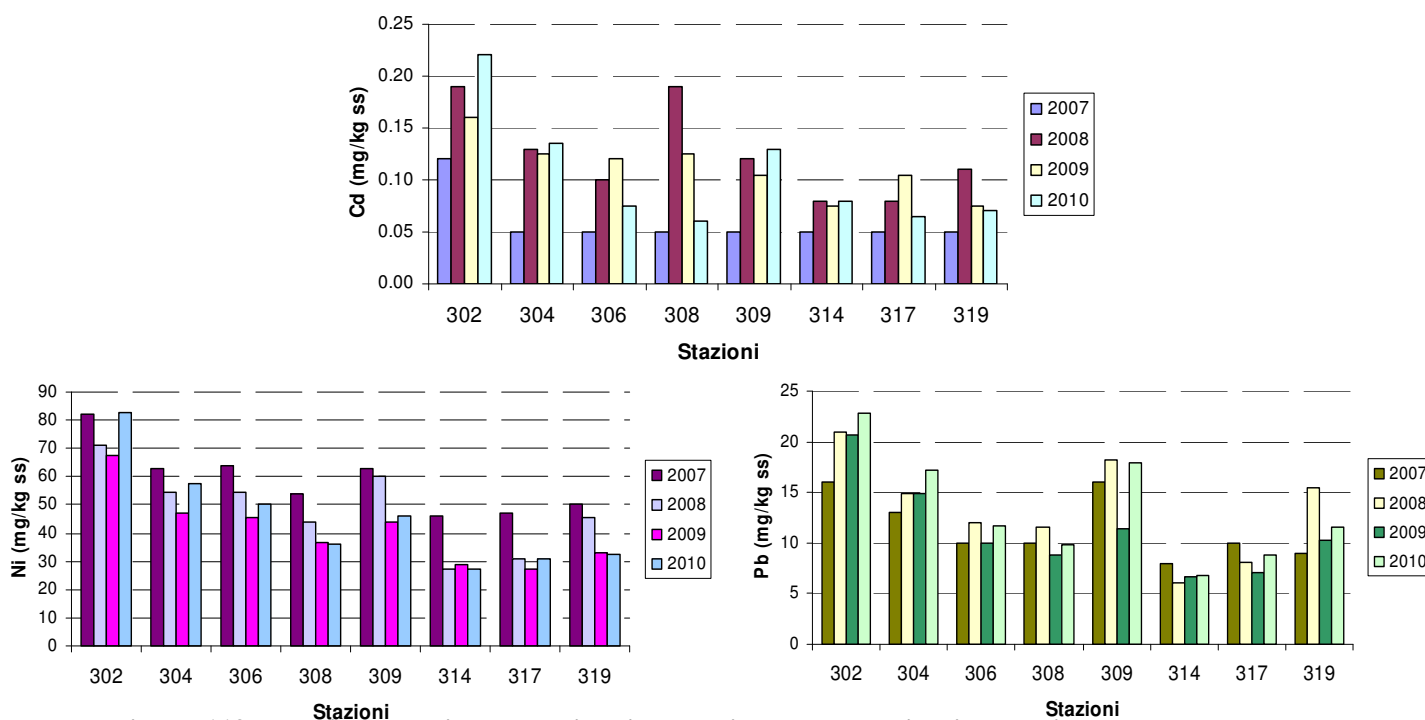


Figura 119 - Medie annuali del cadmio, nichel e piombo determinati sul sedimento

Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA): Alcuni parametri significativi

Nella Figura 120 si riportano le medie annuali delle concentrazioni degli IPA (tab. 2/A del D.56/2009). Nella figura non si riporta il grafico relativo al naftalene in quanto i valori medi/annui di concentrazione sono tutti inferiori al limite di rilevabilità strumentale e quindi abbondantemente al di sotto dello SQA definito dal D.56/09.

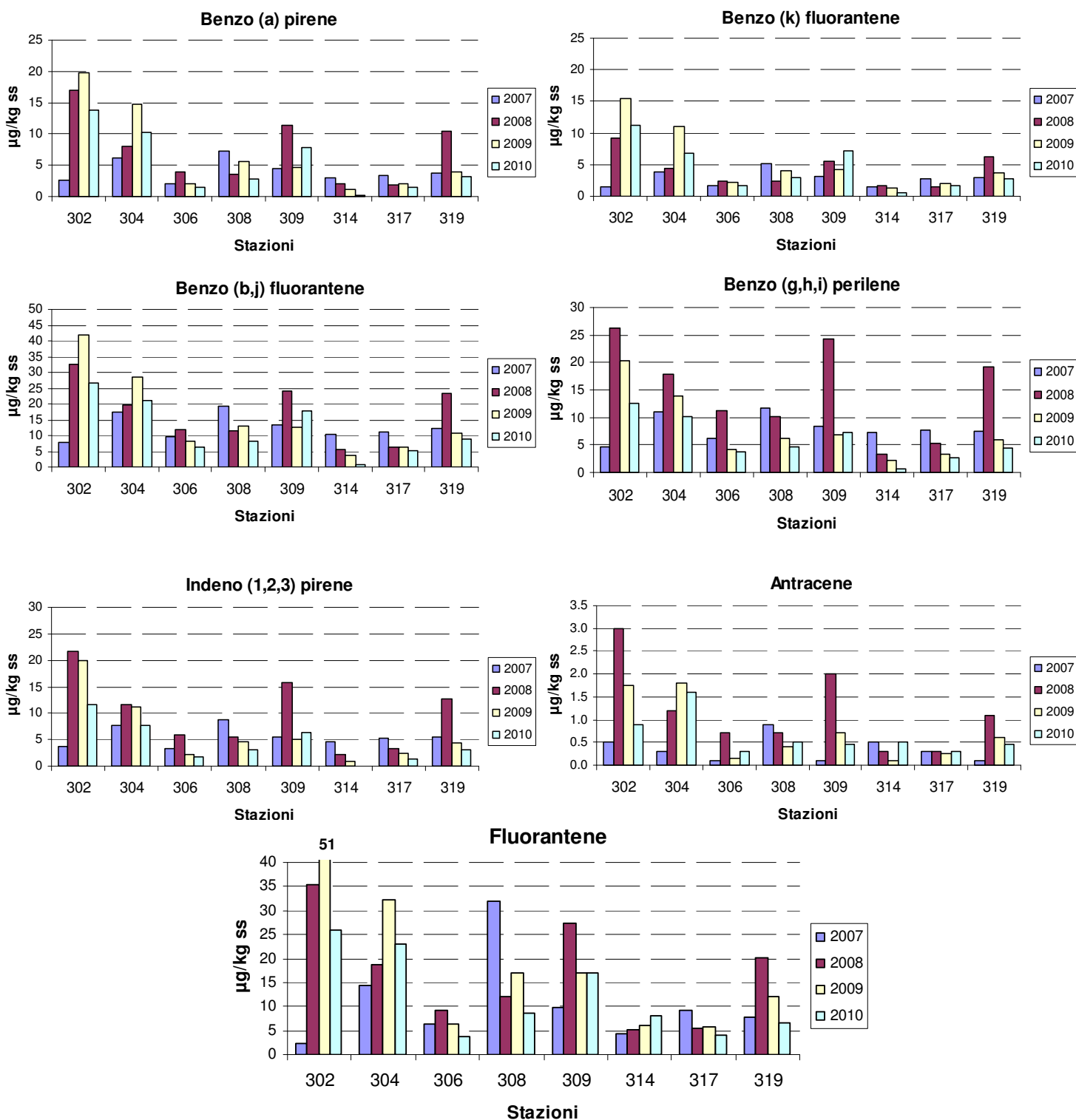


Figura 120 - Media annuale delle concentrazioni dei Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) più significativi determinati sui sedimenti marini

5.2.4.b Sostanze ricercate nel biota

Gli inquinanti specifici ricercati nel biota delle acque marino costiere per la definizione dello Stato Chimico sono quelli riportati in tab. 3/A del D.56/09 (Tabella 21). L'organismo di riferimento per le acque marino-costiere è il Mitile (*Mytilus galloprovincialis*, Lamark, 1819). Le stazioni di campionamento interessate alla ricerca degli inquinanti di cui alla Tabella 21 sono 4 e sono ubicate a circa 3 km di distanza dalla costa. La frequenza di campionamento è annuale (vedi Tabella 6 e Tabella 5).

In base al D. 56/09 le indagini sul biota sono indicate come analisi supplementari che si possono eseguire al fine di acquisire ulteriori elementi conoscitivi utili a determinare cause di degrado del corpo idrico e fenomeni di bioaccumulo.

Tabella 21 - Inquinanti specifici ricercati nel *Mytilus galloprovincialis*

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

Gli Standard di Qualità nel mitile si applicano ai tessuti e si riferiscono al peso umido. Le concentrazioni rilevate sono inferiori ai Limiti di Rilevabilità strumentali (LR).

5.2.5 Test ecotossicologici

Le indagini ecotossicologiche interessano 8 stazioni a circa 3 km di distanza dalla costa con frequenza annuale (vedi Tabella 6 e Tabella 5).

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

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

Per le acque marino costiere della regione Emilia-Romagna si è ritenuto opportuno eseguire le indagini ecotossicologiche mediante i seguenti test:

- *Vibrio fischeri* su sedimento privo di acqua interstiziale e su elutriato.
- *Ampelisca diadema* su sedimento tal quale
- *Paracentrotus lividus* su elutriato

In Tabella 22 si riportano le caratteristiche dei test ecotossicologici effettuati.

Tabella 22 - Caratteristiche dei test ecotossicologici effettuati sui sedimenti.

SPECIE	MATRICE	STADIO VITALE	ESPOSIZ.	END-POINT	ESPRESSIONE DATO
Gruppo: Batteri					
<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)
Gruppo: Crostacei					
<i>Ampelisca diadema</i>	sedimento tal quale	individui giovani-adulti	10gg	Mortalità	Δ mortalità (corretto con Abbott)
Gruppo: Echinodermi					
<i>Paracentrotus lividus</i>	elutriato	gamete maschile	1h	Inibizione fecondazione uova	EC20 e EC50 (corretto con Abbott)

La valutazione dei risultati dei test ecotossicologici, effettuata in conformità a quanto riportato nel “Manuale per la movimentazione di sedimenti marini” ICRAM–APAT anno 2007, mostra che la tossicità dei sedimenti è assente.

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.

A questo si aggiunge l'evoluzione degli addetti della pesca dal ruolo di raccoglitori a quello di allevatori che genera con una certa velocità nuovi impianti di allevamenti.

In attuazione alla direttiva 79/923/CEE la Regione Emilia-Romagna ha provveduto con Delibera n.5210 del 18 ottobre del '94 alla " prima designazione delle acque destinate all'allevamento e/o alla raccolta di molluschi bivalvi e gasteropodi sulla base del D.Lgs131/92, individuando le aree dove sono presenti sia allevamenti di molluschi bivalvi (mitili), sia le aree sedi di banchi e popolazioni naturali di molluschi bivalvi e gasteropodi, e si è avvalsa nell'ambito del piano di sorveglianza regionale delle attività di monitoraggio, alle quali la Struttura Oceanografica Daphne di Arpa ha finora contribuito, per illustrare il quadro sullo stato qualitativo delle acque costiere designate e gli eventuali interventi mirati alla tutela e miglioramento.

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

Infine con L.R. 3/99, l'azione svolta dall'Amministrazione Regionale nell'esercizio della funzione di cui sopra al D. Lgs 131/92, ora abrogato e sostituito dal D.Lgs 152/06, è stata delegata alle Amministrazioni Provinciali.

Per quanto riguarda la Struttura Oceanografica Daphne in riferimento all'All. 2 Sez C del D.Lgs 152/06, le stazioni individuate nella rete di controllo, corrispondono in gran parte a quelle monitorate per la classificazione trofica delle acque costiere marine (rete di monitoraggio eutrofizzazione) e pertanto sarà garantito il flusso di dati con la frequenza prevista dal Decreto relativa a: pH, temperatura, salinità, ossigeno disciolto lungo tutta la colonna e gli idrocarburi eventualmente presenti in superficie.

Per quanto concerne gli altri parametri quali: colorazione, materiale in sospensione, sostanze organiche alogenate, metalli pesanti, coliformi fecali, sostanze che influiscono sul sapore e biotossine, ogni amministrazione provinciale si rapporta autonomamente con le AUSL, le Arpa provinciali ed altri Enti per rispondere compiutamente a quanto previsto dal D. Lgs 152/06.

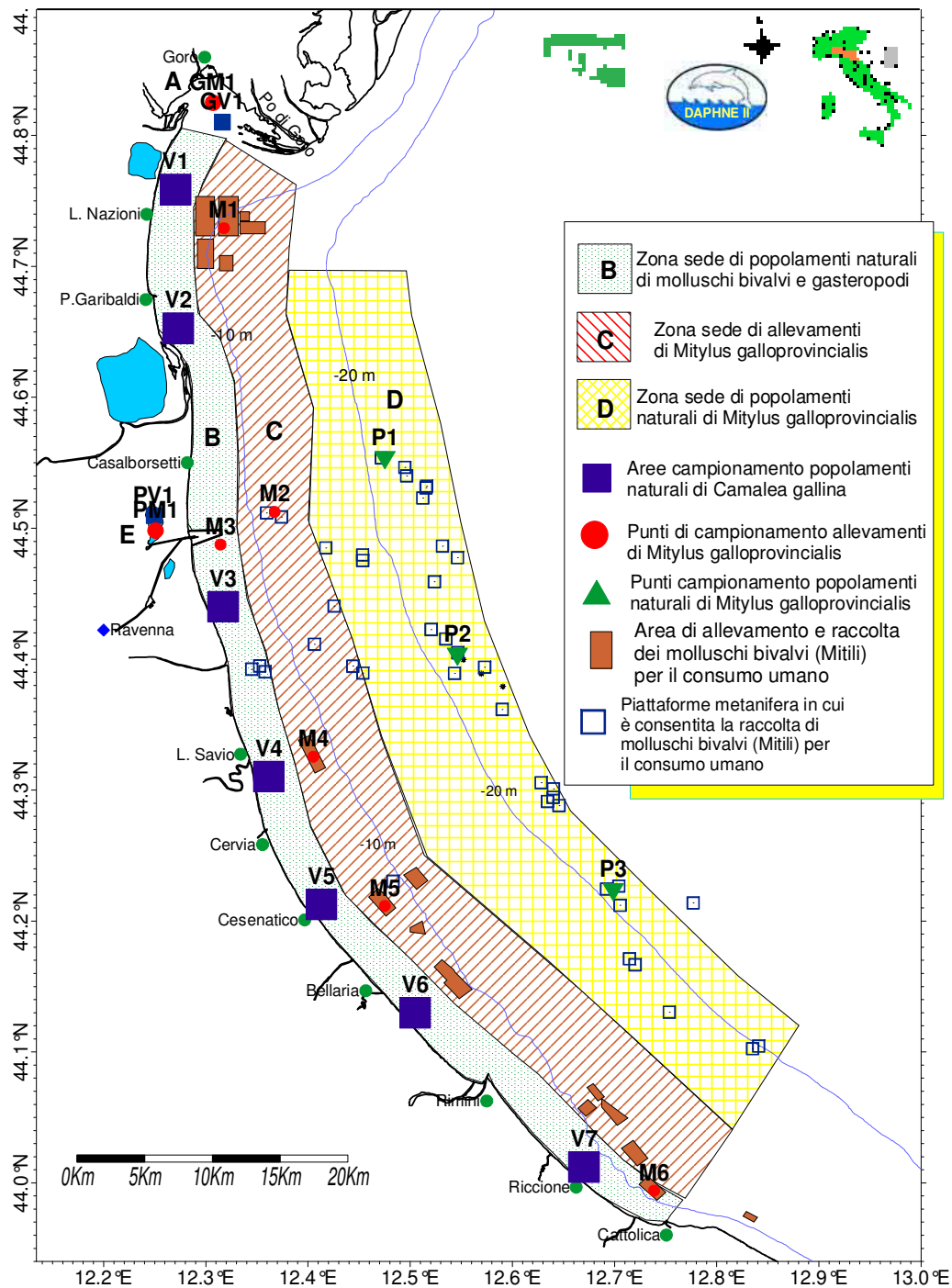


Figura 121 - Rete di monitoraggio per il rilevamento delle caratteristiche qualitative per la conformità delle acque destinate alla vita dei molluschi

7 EMERGENZE E ANOMALIE AMBIENTALI

7.1 SPIAGGIAMENTO DI ALACCE E TARTARUGHE

Dalla terza settimana di gennaio 2010 si è verificata una diffusa moria di alacce o aringa mediterranea (*Sardinella aurita* appartenente alla famiglia delle Clupeiformi). Le prime osservazioni del fenomeno risalgono al 24 - 25 gennaio, ad una distanza compresa tra 6 e 10 km dalla costa, dove sono stati osservati molti esemplari di *Sardinella aurita* in fase preagonica e in parte già morti. Le condizioni di mare mosso del 6 e 7 febbraio hanno favorito poi lo spiaggiamento (Figura 122) degli organismi lungo il tratto di costa centro-meridionale dell'Emilia Romagna. Il fenomeno si era manifestato anche nel 2002.

Questa specie, di recente intrusione nell'alto Adriatico, negli ultimi 15 anni è migrata nei bacini settentrionali del Mediterraneo favorita dall'innalzamento termico delle acque (fenomeno denominato "meridionalizzazione"). Si tratta pertanto di una specie abituata ad acque caldo-temperate che mal tollera basse temperature. In inverni particolarmente rigidi, ove le acque del bacino centro-settentrionale dell'Adriatico sono interessate da temperature inferiori ai 6°C, tendono a morire in massa. La temperatura delle acque superficiali dell'Adriatico nord-occidentale rilevata in mare con la strumentazione installata sul Battello Oceanografico Daphne nei giorni dell'evento era compresa tra 5.01 e 5.32 °C.



Figura 122 - Spiaggiamento di *Sardinella aurita* (Cesenatico)

Il problema di questa specie è che non è attrezzata geneticamente e fisiologicamente a resistere a repentini abbassamenti termici, le temperature giocano un ruolo determinante sul loro benessere; la nostra esperienza ci ha evidenziato che alle temperature di 14-15°C hanno ancora una buona vitalità, mentre intorno ai 10°C evidenziano segni di scarsa vitalità, per poi arrivare alla morte in massa al di sotto dei 6°C.

Da una stima del quantitativo ponderale di alacce spiaggiate nel tratto più interessato dal fenomeno, quello compreso tra Marina di Ravenna e Cattolica (ca 65 km lineari di costa), si arriva a circa 65 tonnellate, 1 ton/km. A questi andrebbero sommati i quantitativi finiti sul

fondo dell'Adriatico nord-occidentale e quelli mangiati dai gabbiani; valori difficilmente stimabili per la oggettiva difficoltà nel reperire dati attendibili.

L'abbassamento anomalo delle temperature sopra evidenziato ha determinato anche stati di sofferenza per ipotermia di tartarughe marine del genere *Caretta caretta* (Figura 123).



Figura 123 - Esempio di *Caretta caretta* spiaggiato

7.2 PROLIFERAZIONE DELLA MACROALGA *ENTEROMORPHA MULTIRAMOSA*

Come nel 2009 anche nei mesi estivi del 2010 si sono manifestate proliferazioni della Clorofita *Enteromorpha multiramosa*. Si tratta di una macroalga verde il cui tallo (corpo) è formato da esili filamenti. L'alga, non avendo un apparato "radicale" in grado di ancorarla al substrato, tende ad essere trasportata dalle correnti e dal moto ondoso. Anche a tale condizione sono dovuti i consistenti accumuli nei pressi delle infrastrutture portuali, e degli arenili verificatisi nel tratto Cervia-Cesenatico a fine luglio e nella prima quindicina di agosto (Figura 124). La sua anomala proliferazione è stata probabilmente favorita dai consistenti apporti di acqua dolce. Il Po in particolare (ma non solo) ha manifestato picchi di portata tardivi agli inizi di maggio, nella terza decade di giugno e in agosto; questi tardivi apporti hanno veicolato a mare un consistente quantitativo di acque dolci che ha determinato condizioni di bassa salinità sull'intero tratto di costa della nostra Regione, in particolare nell'area compresa tra Bellaria e Goro. Tali condizioni hanno favorito la crescita delle Clorofitee che trovano, nelle acque a bassa salinità e con significative presenze di nitrati (le Clorofitee sono nitrofile), la condizione ideale per proliferare.



Figura 124 - Spiaggiamento macroalga *Enteromorpha multiramosa* a Cesenatico

7.3 SPIAGGIAMENTO *LENTIDIUM MEDITERRANEUM*

Nel mese di maggio-giugno su alcuni tratti di spiaggia della costa, in particolare a Rimini e Cesenatico, sono state osservati accumuli in grande quantità di un mollusco bivalve, il *Lentidium mediterraneum* (Costa O.G.,1829) (vedi Figura 125). Il mollusco è dotato di una piccolissima conchiglia che si rinviene facilmente sulla battigia. È leggera e translucida, di forma piuttosto equilaterale con la valva destra più grande e convessa della sinistra. La conchiglia presenta un colore giallastro più o meno rosato. Tale fenomeno è stato segnalato dagli operatori degli stabilimenti balneari perché, a seguito della decomposizione della polpa del mollusco, il materiale spiaggiato emanava sgradevoli odori. Preme sottolineare che tale fenomeno rientra nel normale ciclo di formazione delle sabbie andando ad incrementare, con i frammenti stessi dei gusci, la sua naturale composizione. Come valore medio nei litorali sabbiosi nell'adriatico nord-occidentale si è stimato un contributo indotto dal capulerio attorno al 6-7%.



Figura 125 - Spiaggiamento a Rimini di *Lentidium mediterraneum*

7.4 PRESENZA MEDUSE

Nel periodo maggio-giugno si è rilevata la presenza massiva della medusa *Aurelia aurita*, specie non urticante. Questa medusa, nota anche come “medusa quadrifoglio”, è infatti facilmente riconoscibile dalla forma perfettamente sferica del suo ombrello, bianco diafano e trasparente, e soprattutto dalla presenza, sulla sommità dello stesso, di quattro strutture circolari (le gonadi) che formano una geometria a quadrifoglio. Possiede inoltre dei corti e sottili tentacoli; è tra le meduse più note e diffuse. Nei mesi di agosto-settembre sono ricomparse, in quantità però non rilevanti, sciamature di meduse *Carybdea marsupialis*, cubomedusa appartenente ai generi urticanti. Questa specie è dotata di ombrella a forma di cubo, trasparente. Dagli angoli del margine inferiore aperto si dipartono quattro tentacoli, lunghi il doppio del corpo. I tentacoli possono raggiungere i 50 cm di lunghezza.



Figura 126 - Affioramento di un banco di *Aurelia aurita*

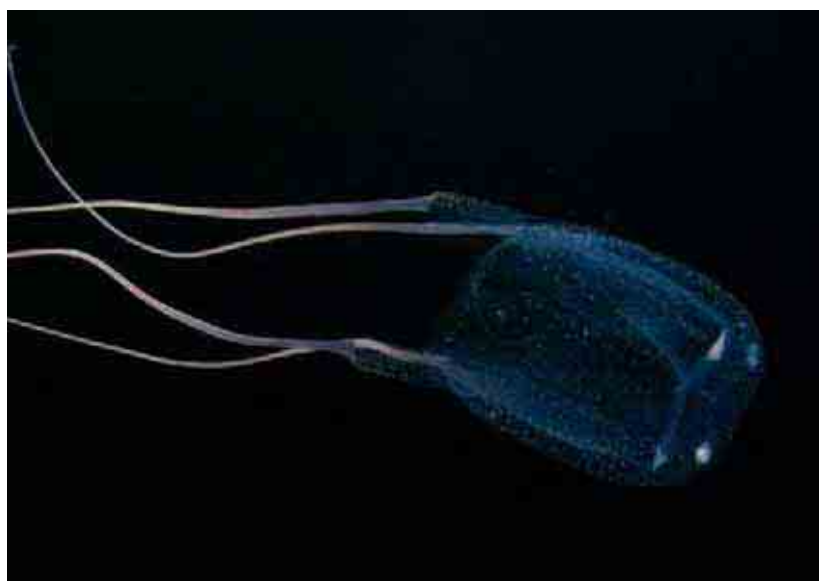


Figura 127 - *Carybdea marsupialis*

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

STRUTTURA OCEANOGRAFICA DAPHNE

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

Tel. 0547 83941 Fax 0547 82136

E-mail: daphne@arpa.emr.it

