



Regione Emilia-Romagna

Assessorato a difesa del suolo e della costa, protezione civile, politiche
ambientali e della montagna



Arpae

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

Qualità ambientale delle acque marine in Emilia-Romagna

Rapporto annuale 2017



SOMMARIO

1	QUADRO NORMATIVO.....	4
2	QUADRO CONOSCITIVO	6
2.1	Il mare Adriatico: caratteristiche generali	6
2.2	La fascia costiera emiliano-romagnola	7
2.2.1	Le pressioni	7
2.2.2	La qualità delle acque marino costiere.....	8
2.2.3	La circolazione geostrofica e le discontinuità strutturali della fascia litoranea.....	9
2.2.4	I corpi idrici	11
3	METODICHE DI CAMPIONAMENTO E DI ANALISI.....	13
3.1	Metodi di campionamento.....	13
3.1.1	Prelievo acqua.....	13
3.1.1.a	Prelievo dei campioni per l'analisi quali-quantitativa del fitoplancton	13
3.1.1.b	Raccolta e trattamento dei campioni per la determinazione dei sali nutritivi	13
3.1.1.c	Prelievo dei campioni per le indagini chimiche.....	13
3.1.2	Prelievo sedimento.....	14
3.1.2.a	Prelievo per l'analisi quali-quantitativa del macrozoobenthos	14
3.1.2.b	Prelievo per le indagini chimiche e chimico fisiche	14
3.1.3	Determinazioni parametri chimico-fisici e biologici colonna d'acqua	15
3.2	Metodi analitici	16
3.2.1	Matrice acqua.....	16
3.2.1.a	Ricerca microinquinanti organici e inorganici.....	16
3.2.1.b	Determinazione dei sali nutritivi	17
3.2.1.c	Analisi quali-quantitativa del Fitoplancton	17
3.2.2	Matrice sedimento.....	18
3.2.2.a	Indagini chimico/fisiche	18
3.2.2.b	Ricerca microinquinanti organici e inorganici.....	18
1.1.1.a	Indagini ecotossicologiche	19
1.1.1.b	Analisi quali-quantitativa del macrozoobenthos.....	20
1.1.2	Indagini meteo-marine	20
2	LO STATO TROFICO	21
2.1	Rete di monitoraggio	21
2.1.1	Parametri e frequenza di campionamento	24
2.2	Rassegna degli eventi eutrofici del litorale emiliano-romagnolo	26
2.3	Elaborazione bollettino.....	36
2.3.1	Parametri idrologici	38
2.3.1.a	Temperatura.....	38
2.3.1.b	Salinità.....	42
2.3.1.c	Clorofilla "a"	51
2.3.2	Elementi nutritivi	56
2.3.2.a	Azoto nitrico (N-NO ₃)	56
2.3.2.b	Azoto nitroso (N-NO ₂)	60
2.3.2.c	Azoto ammoniacale (N-NH ₃)	63
2.3.2.d	Azoto inorganico disciolto (DIN).....	66
2.3.2.e	Azoto totale (N tot).....	68
2.3.2.f	Fosforo reattivo (P-PO ₄).....	70

2.3.2.g	Fosforo totale (P tot).....	73
2.3.2.h	Silice reattiva (Si-SiO ₂).....	77
2.3.2.i	Rapporto N/P (frazione solubile).....	79
2.4	Definizione dello Stato Trofico	81
2.4.1	Approccio metodologico di sviluppo e applicazione dell'Indice Trofico (TRIX).....	81
2.4.2	Indice di Torbidità (TRBIX).....	85
3	LO STATO DI QUALITÀ AMBIENTALE	87
3.1	Rete di monitoraggio	87
3.2	Analisi dei risultati.....	92
3.2.1	Elementi di Qualità Biologica (EQB)	92
3.2.1.a	Fitoplancton.....	92
3.2.1.b	Macrozoobenthos	108
3.2.2	Elementi di qualità chimico-fisica e idromorfologica.....	120
3.2.2.a	Elementi di qualità chimico-fisica.....	120
3.2.2.b	Elementi di qualità idromorfologica e fisico-chimica nei sedimenti	130
	Granulometria.....	130
	Carbonio Organico Totale (TOC).....	131
3.2.3	Inquinanti specifici non appartenenti all'elenco di priorità (tab. 1/B D.Lgs. 172/15).....	132
3.2.4	Inquinanti specifici appartenenti all'elenco di priorità.....	133
3.2.4.a	Sostanze ricercate nell'acqua (tab. 1/A D.Lgs. 172/15)	133
3.2.4.b	Sostanze ricercate nel sedimento (tab. 2/A D.Lgs. 172/15).....	133
3.2.4.c	Elementi per l'analisi della tendenza a lungo termine	135
3.2.5	Test ecotossicologici	138
3.2.6	Direzione e altezza onde	139
3.2.7	Direzione e velocità delle correnti marine	141
3.3	Lo Stato Ecologico	144
3.4	Lo Stato Chimico	146
3.5	Lo Stato Ambientale	148
4	RETE DI MONITORAGGIO VITA MOLLUSCHI	149
5	EMERGENZE E ANOMALIE AMBIENTALI	151
5.1	meduse	151
5.2	avvistamenti di <i>mnemiopsis leidyi</i>	152
5.3	fioriture di <i>fibrocapsa japonica</i>	153

HANNO CONTRIBUITO:

Parametri chimico-fisici delle acque:

Margherita Benzi
Cristina Mazziotti
Enza Bertaccini
Maurizio Pascucci
Francesco Ortali

Determinazione della biomassa fitoplanctonica:

Maurizio Pascucci
Cristina Mazziotti
Claudio Silvestri

Determinazione macrozoobenthos:

Cristina Mazziotti
Francesco Ortali

Analisi dei nutrienti e granulometria:

Paola Martini
Enza Bertaccini
Rita Pellegrino

Indagini ecotossicologiche:

Cristina Mazziotti
Paola Martini

Determinazione dei microinquinanti

Laboratori integrati delle Sezioni Provinciali Arpa di Ferrara e Ravenna

Stesura testo, elaborazione grafica e statistica:

Margherita Benzi
Cristina Mazziotti
Marco Elementi
Carla Rita Ferrari
Claudio Silvestri
Silvia Pigozzi
Elena Riccardi

Segreteria organizzativa:

Alessandra Tinti

Struttura Oceanografica Daphne

Arpae - Emilia-Romagna

V.le Vespucci, 2 - 47042 Cesenatico FC

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

Si ringraziano per la collaborazione il Comandante Ferdinando Valerio ed il Motorista Papperini Marco del Battello Oceanografico "Daphne II".

1 QUADRO NORMATIVO

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

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

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

Il D.Lgs. 152/99 e ss.mm.ii. è stato abrogato dal successivo D.Lgs. 152/06.

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

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

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

Con il D.M. 56/09, sono definiti i criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del D.Lgs. 152/06, art.75, comma 3. Il D.M. 56/09 all'All.1 definisce le modalità per il monitoraggio dei corpi idrici individuando gli elementi qualitativi per la classificazione dello stato ecologico e dello stato chimico inoltre, abroga e sostituisce quanto riportato nel D.M. 367/03 alla tab.2 e all' All.1 del D.Lgs. 152/06.

Un altro decreto attuativo del D.Lgs. 152/06, precedente al D.M. 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 Deliberazione di Giunta n. 350 dell'8 febbraio 2010 ha approvato le attività svolte per l'implementazione della Direttiva 2000/60/CE ai fini dell'adozione dei Piani di Gestione dei Distretti idrografici Padano, Appennino settentrionale e Appennino centrale, approvando le procedure, i criteri metodologici e le risultanze dell'attività di tipizzazione, di individuazione e caratterizzazione dei corpi idrici e di definizione della rete di monitoraggio di prima individuazione ed i relativi programmi di monitoraggio. Le procedure così definite sono state successivamente aggiornate e riesaminate con Deliberazione di Giunta n. 2067 del 14 dicembre 2015 "Attuazione della Direttiva 2000/60/CE: contributo della Regione Emilia-Romagna ai fini dell'aggiornamento/riesame dei Piani di Gestione Distrettuali 2015-2021".

La Legge n. 221 del 28 dicembre 2015 "Disposizioni in materia ambientale per promuovere misure di green economy e per il contenimento dell'uso eccessivo di risorse naturali", con

l'art. 51, è intervenuta nella modifica sia dell'art. 63 (Autorità di bacino distrettuale) che dell'art. 64 (Distretti idrografici) del D.Lgs. 152/06. In particolare, con la modifica di quest'ultimo articolo, viene definito un nuovo assetto territoriale per i Distretti Idrografici. Con tale assetto tutta la costa emiliano romagnola risulta compresa nel Distretto Idrografico del Fiume Po.

Con il D.M. 260/10, pubblicato sulla G.U. il 7 febbraio 2011, recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali sempre predisposto ai sensi del D.Lgs. 152/06, art.75, comma 3, sono definite le modalità per la classificazione dei corpi idrici da effettuare al termine del ciclo di monitoraggio.

In G.U. del 20 dicembre 2010 è stato pubblicato il D.Lgs. 219/10, attuazione delle direttive 2008/105/CE relativa a standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque e 2009/90/CE sulle specifiche tecniche per l'analisi chimica e il monitoraggio dello stato delle acque, che modifica la parte terza del D.Lgs. 152/06 e introduce nuovi obiettivi in materia di qualità delle acque superficiali, abrogando inoltre il precedente D.M. 367/03.

Successivamente, sulla G.U. del 27 ottobre 2015, è stato pubblicato il D.Lgs. 172/15, decreto attuativo della direttiva 2013/39/UE, la quale ha modificato la Direttiva madre 2000/60/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque. Esso modifica gli artt.74 e seguenti del D.Lgs. 152/06, in modo particolare l'art.78 in materia di standard di qualità ambientale per le acque superficiali ai fini della determinazione del buono stato chimico.

La Direttiva 2008/56/CE (Marine Strategy), recepita in Italia con il D.Lgs. 190/2010, istituisce un quadro all'interno del quale gli Stati membri adottano le misure necessarie per conseguire o mantenere un buono stato ecologico dell'ambiente marino entro il 2020.

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

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

2 QUADRO CONOSCITIVO

2.1 IL MARE ADRIATICO: CARATTERISTICHE GENERALI

L'Adriatico ha un'estensione di 132.000 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 acqueea 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 nord in corrispondenza del Golfo di Trieste ed aperto verso sud, che comunica con il Mar Ionio attraverso il Canale d'Otranto largo appena 74 km. L'Adriatico presenta scarse profondità nella parte settentrionale, sul transetto Rimini-Pola (Croazia) si raggiungono a malapena i 50 m, più a sud, al traverso di Pescara, si trova una depressione, la Fossa di Pomo, che raggiunge i 238 m. La profondità massima di 1200 m si rileva però nella parte meridionale del bacino al largo di Bari. La pendenza dei fondali prospicienti l'Emilia-Romagna è molto lieve, soprattutto se si considera che la profondità oltre ad 1 km dalla costa aumenta di un metro ogni chilometro.

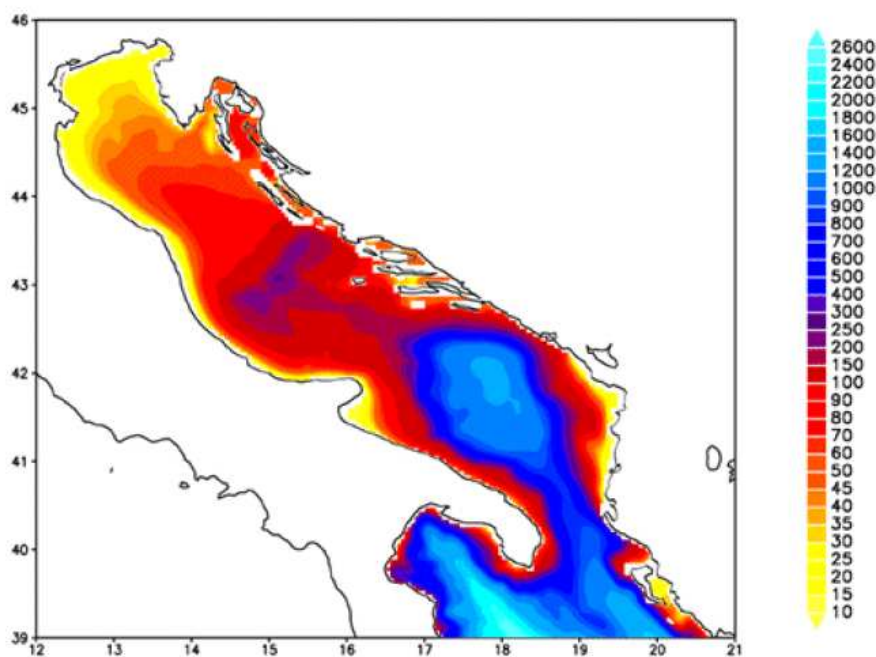


Figura 1 - Rappresentazione morfologica e batimetrica del mare Adriatico

Nella parte alta del bacino si riversano importanti fiumi che nel loro insieme rappresentano il reticolo drenante del Bacino Padano; una vasta valle compresa tra le Alpi a nord e la Catena Appenninica a sud. Nell'arco di costa nord-occidentale troviamo infatti le foci dell'Isonzo, del Tagliamento, del Piave, del Brenta, dell'Adige, del Po e del Reno. Il Po, il primo fiume italiano per lunghezza e portata (675 km di lunghezza e con portata media annuale di circa 1500 m³/sec), termina la sua corsa verso il mare in un delta formato da 5 diramazioni

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

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

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

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

2.2 LA FASCIA COSTIERA EMILIANO-ROMAGNOLA

2.2.1 Le pressioni

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

Le zone prospicienti al delta del Po e la costa emiliano romagnola, essendo investite direttamente dagli apporti del bacino idrografico padano nonché dagli apporti dei bacini costieri, sono maggiormente interessate da fenomeni di eutrofizzazione. L'influenza e l'effetto dell'apporto veicolato dal fiume Po sull'area costiera, si evidenziano considerando anche il valore di salinità che si abbassa notevolmente lungo la fascia costiera rispetto al mare aperto; inoltre la grande massa di acqua dolce immessa dal fiume Po (1500 m³/sec come media annuale nel lungo periodo: 1917-2017), rappresenta il motore e l'elemento caratterizzante del bacino dell'Adriatico nord-occidentale, in grado di determinare e condizionare gran parte dei processi trofici e distrofici nell'ecosistema costiero (Figura 2).

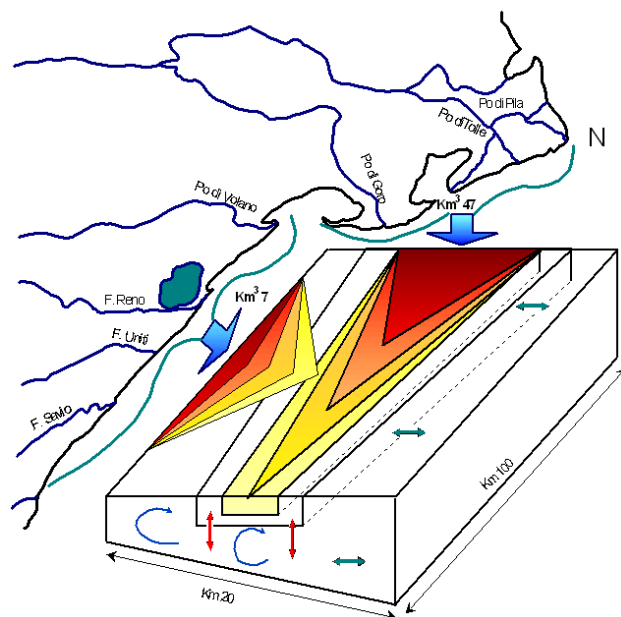


Figura 2 - Modello di distribuzione del gradiente degli inquinanti e dei fattori nutritivi veicolati dal bacino Padano e dai bacini costieri

2.2.2 La qualità delle acque marino costiere

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

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

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

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

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

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

2.2.3 La circolazione geostrofica e le discontinuità strutturali della fascia litoranea

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

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

La circolazione a Nord di Ravenna è caratterizzata da un campo di velocità diretto verso il largo sotto la foce del Po (nella zona antistante il Lido di Volano e il Lido delle Nazioni) che si richiude a nord di Ravenna con correnti verso costa. Queste due correnti opposte sono generalmente disconnesse ma ci sono mesi, quali quelli di aprile, maggio, giugno, dove si può chiaramente vedere che le correnti verso il largo e verso costa si connettono, quasi chiudendosi ad anello, producendo lungo la batimetria dei 10-20 metri una corrente verso sud. Questo anello è comunemente chiamato in oceanografia vortice ed in particolare in questo caso, vortice anticiclonico; non è sempre presente e la circolazione mostra cambiamenti repentini di direzione nei vari mesi. Tra febbraio e marzo la corrente in questa area ha direzioni opposte, indicando ancora una volta un regime idrodinamico assai variabile ed instabile. Data l'importanza che questo tipo di circolazione può avere sui fenomeni eutrofici della zona costiera è necessario concentrarsi sulla circolazione dei mesi estivi di luglio, agosto e settembre. A luglio e settembre le correnti sono generalmente prossime alla costa e limitano, verso costa, una zona di alta temperatura e bassa salinità che può condurre a fenomeni distrofici, non rari in queste aree. Questa circolazione può essere vista come il bordo del vortice che è però così accostato che non riesce a chiudersi lungo la costa e tende a confinare le acque calde e poco salate; la circolazione in agosto è leggermente più "aperta" ovvero di scambio tra la costa ed il mare aperto anche se persiste una condizione di confinamento delle acque di tipo fluviale e ad alta temperatura verso la costa. Nella zona a sud di Ravenna e Lido Adriano le correnti sono generalmente verso sud e dell'ordine di 5-10 cm/sec tutto l'anno. È questo un segmento della famosa corrente del nord Adriatico (WACC), che persiste tutto l'anno raggiungendo la massima intensità tra novembre e gennaio. Questo segmento di corrente è disconnesso dalla circolazione a nord di Ravenna eccetto che in novembre, settembre, agosto, giugno e febbraio, dove sembra formare una unica struttura a curve alternanti (o meandri), occludendo da un certo punto di vista la zona costiera dagli scambi con il mare aperto. Nella stessa area a sud di Ravenna vi sono mesi dove la componente della corrente lungo costa è decisamente molto debole (marzo e luglio) mentre la componente perpendicolare alla costa è molto forte come nel caso di maggio, luglio, agosto e settembre.

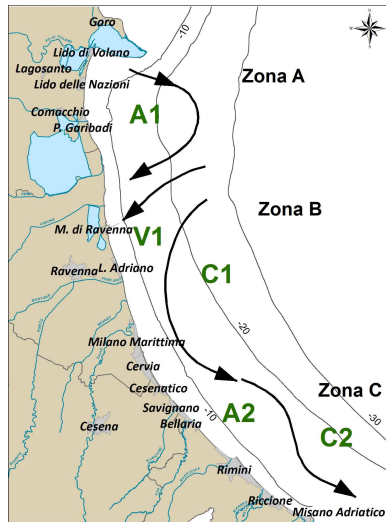


Figura 3 - Schema della circolazione climatologica dell'Emilia Romagna alla superficie

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

In conclusione, lo schema riportato in Figura 3 mette in rilievo chiaramente che la zona costiera dell'Emilia Romagna è caratterizzata da tre aree, una a nord di Ravenna (area A), l'altra attorno a Ravenna fino a Lido Adriano (zona B) e la terza a sud di Lido Adriano (area C). Nella zona A esiste un vortice anticiclonico (chiamato A1 nella Figura 3) 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 3), 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 4).



Figura 4 - Estensione delle dighe foranee del Porto Canale di Ravenna

2.2.4 I corpi idrici

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

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

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

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

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

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

La loro corretta identificazione è di particolare importanza, in quanto gli obiettivi ambientali e le misure necessarie per raggiungerli si applicano in base alle caratteristiche e alle criticità dei singoli "corpi idrici". L'identificazione deve permettere un'accurata descrizione dello stato degli ecosistemi acquatici per consentire l'applicazione corretta degli obiettivi ambientali ed il loro perseguimento e raggiungimento come previsto dal D.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 5). Il primo corpo idrico (CD1) si estende da Goro (delta Po) a Ravenna con una superficie di circa 96 km^2 ed è influenzato dagli apporti sversati dal bacino padano e da quello del fiume Reno. Il secondo corpo idrico (CD2) si estende da Ravenna a Cattolica con una superficie pari a 202 km^2 e riceve il contributo dei bacini idrografici dei Fiumi Uniti, Savio e del Conca e Marecchia.



Vertice CD1 Goro-Ravenna	X_ETRS89 fuso 32	Y_ETRS89 fuso 32
CD1_1	761889.994044	4965278.17367
CD1_2	759109.277163	4966564.63804
CD1_3	761229.113886	4932406.67196
CD1_4	764227.611390	4932539.84731
Vertice CD1 Ravenna-Cattolica	X_ETRS89 fuso 32	Y_ETRS89 fuso 32
CD2_1	764227.611390	4932539.84731
CD2_2	761288.985354	4931149.81382
CD2_3	801401.735291	4875222.41584
CD2_4	802799.480646	4877787.23361

Figura 5 - Rappresentazione cartografica dei corpi idrici delle acque costiere marine dell'Emilia-Romagna

3 METODICHE DI CAMPIONAMENTO E DI ANALISI

3.1 METODI DI CAMPIONAMENTO

3.1.1 Prelievo acqua

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

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

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

Per indagini di tipo qualitativo lungo tutta o parte della colonna d'acqua viene utilizzato un retino di Nylon (lunghezza rete conica filtrante 100 cm) con diametro di apertura di 40 cm e maglia da 20 µm.

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

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

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

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

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

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

3.1.1.c Prelievo dei campioni per le indagini chimiche

Per i prelievi delle diverse aliquote per le determinazioni delle sostanze richieste dalle tabelle 1/A e 1/B del D.Lgs. 172/15 vengono adottati i seguenti criteri:

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

3.1.2 Prelievo sedimento

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

Il prelievo dei campioni è effettuato mediante l'utilizzo della benna di Van Veen di 0.112 m². In ogni stazione vengono eseguite 3 repliche. Il campione rimosso dalla benna è posto in una bacinella di plastica di dimensioni appropriate a cui è aggiunta acqua di mare al fine di sciogliere meglio i piccoli noduli di sedimento argilloso eventualmente presenti. I campioni sono poi sottoposti a setacciatura allo scopo di eliminare l'acqua, il sedimento e quanto altro non necessario per la ricerca in questione; tale operazione di vagliatura è effettuata con un setaccio in acciaio inossidabile con maglie di 1 mm. I campioni sono quindi trasferiti in barattoli di plastica di forma circolare opportunamente etichettati, successivamente fissati per 48 ore con una soluzione tamponata di formaldeide al 5%; trascorso tale intervallo di tempo gli organismi sono estratti e riposti in una soluzione conservante finale costituita da etanolo al 70%.

3.1.2.b Prelievo per le indagini chimiche e chimico fisiche

Le attività di campionamento dei sedimenti litoranei è svolta in condizioni meteo-marine stabili, 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:

- vengono eseguite 3 bennate con benna Van Veen (0.112 m² di superficie di campionamento e capacità 22 litri);
- per ogni bennata vengono prelevati i primi 5 cm circa di strato superficiale;
- gli strati superficiali vengono poi omogeneizzati in un unico contenitore e il campione così ottenuto è suddiviso in aliquote;
- ciascuna aliquota è raccolta in contenitore apposito ed identificata con codice della stazione di campionamento e tipologia di indagine al quale è destinato il campione.

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

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

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

Caratteristiche della sonda multiparametrica:

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

3.2 METODI ANALITICI

3.2.1 Matrice acqua

3.2.1.a Ricerca microinquinanti organici e inorganici

Parametro	Metodo analitico	
Pesticidi		
2,4'-DDT	<p>- Procedura Arpae m/P/AC/007/FE: <i>Metodo per la determinazione dei residui di prodotti fitosanitari in acque superficiali, di transizione e marino-costiere mediante estrazione in fase solida (SPE) e analisi in cromatografia liquida e gassosa abbinate a spettrometri di massa.</i> (riferimento APAT IRSA CNR Metodi analitici per le acque - Manuali e linee guida n° 29/2003: <i>Metodo 5060. Prodotti fitosanitari (Antiparassitari, pesticidi)</i>)</p> <p>- Metodo EPA8081a. Organochlorine pesticides by gas chromatography</p> <p>- Metodo EPA8270c. Semivolatile organic compounds by gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS)</p>	
4,4'-DDT		
2,4'-DDE		
4,4'-DDE		
2,4'-DDD		
4,4'-DDD		
HCH Alfa		
HCH Beta		
HCH Delta		
Lindano (HCH Gamma)		
Alaclor		
Aldrin		
Dieldrin		
Endrin		
Isodrin		
Esaclorobenzene		
Atrazina		
Trifluralin		
Clorfenvinfos		
Clorpirifos (Clorpirifos etile)		
Simazina		
Pentaclorobenzene		
Endosulfan (somma)		
Diuron		
Isoproturon		
Azoxystrobin		
Chloridazon		
Metalaxyl		
Metolachlor		
Oxadiazon		
Boscalid		
Propyzamide		
Thiamethoxam		
Solventi organici		
Benzene	<p>- Metodo EPA 5030c/2003</p> <p>- Metodo EPA 8260c/2006 - Purge and trap e GC/MS</p>	
1,2-Dicloroetano		
Diclorometano		
Esaclorobutadiene		
Tetracloruro di carbonio		
Tetracloroetilene		
Tricloroetilene		
1,2,4-Triclorobenzene		
1,2,3-Triclorobenzene		
1,3,5-Triclorobenzene		
Triclorometano		
Ftalati		
Di (2-etilesil) ftalato (DHEP)		<p>- Metodo EPA 3510c/1996</p> <p>- Metodo EPA 8270d/2014</p>
Alchilfenoli		
4- Nonilfenolo	<p>- Metodo UNI EN 18857-1/2006</p>	
Ottilfenolo 4-(1,1',3,3'-tetrametilbutil-fenolo)		
Clorofenoli		

Parametro	Metodo analitico
Pentaclorofenolo	- APAT IRSA CNR Metodi analitici per le acque - Manuali e linee guida n° 29/2003: <i>Metodo 5070</i> .
Difenileteri Polibromurati (PBDE)	
Difeniletero bromato (sommatoria congeneri 28, 47, 99,100, 153 e 154)	- Metodo EPA 1614/2007
Politiclici Aromatici	
Fluorantene	
Antracene	
Benzo(a)pirene	- Metodo EPA 3510c/1996
Benzo(b)fluorantene	- Metodo EPA 3630c/1996
Benzo(k)fluorantene	- Metodo EPA 8270d/2014
Benzo(g,h,i)perilene	
Indeno(1,2,3-cd)pirene	
Naftalene	
Cloroalcani	
Alcani, C10-C13 (Cl 51,5)	- M/C/MO/004/LM (HPLC/MS)
Metalli	
Mercurio e composti	- APAT IRSA CNR Metodi analitici per le acque - Manuali e linee guida n° 29/2003: <i>Metodo 3200 A1</i>
Cadmio	
Nichel	- Metodo UNI EN ISO 17294-2/2016
Piombo	
Organometalli	
Tributilstagno (composti) (tributilstagno-catione)	- Metodo UNI EN ISO 17353-2/2006

3.2.1.b Determinazione dei sali nutritivi

Parametro	Metodo analitico
Fosforo e azoto totali e totali solubili	Methods of Seawater Analysis, Grasshoff K, M. Ehrhardt, K. Kremling Eds, Verlag Chemie, Weinheim, 1983. Valderrama J.C., 1981. Mar.Chem.,10 SEAL Analytical Q-031-04 Rev.2 (multitest MT3A) SEAL Analytical Q-035-04 Rev.7 (Multitest MT3B, 3C)
Fosforo reattivo	SEAL Analytical Q-031-04 Rev.2 (multitest MT3A)
Azoto ammoniacale	SEAL Analytical Q-080-06 Rev. 2
Azoto nitroso	SEAL Analytical Q-030-04 Rev 3 (Multitest MT3A)
Silicati	Bran+Luebbe N° G-177-96-Rev.1 (Multitest MT19)
Azoto nitrico	SEAL Analytical Q-035-04 Rev.7 (Multitest MT3B, 3C)

3.2.1.c Analisi quali-quantitativa del Fitoplancton

Il campionamento e l'analisi del fitoplancton è stato eseguito secondo i criteri definiti nelle "Metodologie di studio del plancton marino" (ISPRA Manuali e Linee Guida 56/2010). L'analisi quali-quantitativa è stata effettuata utilizzando un microscopio rovesciato Nikon Ti-eclipse con i seguenti ingrandimenti: 1000x, 600x, 400x, 300x, 200x, 100x. L'analisi qualitativa e quantitativa del campione viene eseguita secondo la metodologia riportata nella norma UNI EN 15204: 2006.

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

3.2.2 Matrice sedimento

3.2.2.a Indagini chimico/fisiche

Determinazione	Metodo analitico
Analisi granulometrica	- “Metodologie analitiche di riferimento-Programma di monitoraggio per il controllo dell’ambiente marino-costiero (triennio 2001-2003)”, Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio Servizio Difesa Mare e ICRAM, p. 84. - ASTM E11 - 09e1 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves. - ISO 3310-1:2000 Test sieves - Technical requirements and testing - Part 1: Test sieves of metal wire cloth. - ISO 13317-3:2001 Determination of particle size distribution by gravitational liquid sedimentation methods - Part 3: X-ray gravitational technique.
Carbonio organico (TOC)	Ossidazione ad anidride carbonica del carbonio organico e inorganico e determinazione fotometrica – IR

3.2.2.b Ricerca microinquinanti organici e inorganici

Sostanza	Metodo analitico
Metalli	
Mercurio	- UNI EN ISO 13657/2004
Cadmio	- EPA 6020b/2014
Nichel	
Piombo	
Arsenico	
Cromo totale	
Cromo esavalente (Cr VI)	- G.U. N 116 del 21/05/2003 D.L. 08/05/2003
Organometalli	
Tributilstagno	- Metodo interno-Estrazione con metilene cloruro, digestione in acido nitrico e determinazione in ICP-MS
Pesticidi	
Aldrin	- Metodo Arpae M/P/Am/003/LM: <i>Metodo per la determinazione di composti organoclorurati nei campioni di sabbia e sedimento mediante estrazione Quechers e analisi in cromatografia gassosa abbinata a spettrometri di massa-massa.</i> - Pesticidi Organoclorurati. Quad.Ist.Ric.Acque,64. Metodi analitici fanghi Vol.3. Gennaio 1988 - Metodo EPA8081a. Organochlorine pesticides by gas chromatography. - Metodo EPA8270c. Semivolatile organic compounds by gaschromatography/mass spectrometry (GC/MS)
Alfa esaclorocicloesano	
Beta esaclorocicloesano	
Gamma esaclorocicloesano lindano	
DDT	
DDD	
DDE	
Dieldrin	
Esaclorobenzene	
Policiclici Aromatici	
Naftalene	- Metodo EPA 3545A 2007
Acenaftilene	- Metodo EPA 3630C 1996
Acenaftene	- Metodo EPA 8270D 2014
Fluorene	

Sostanza	Metodo analitico	
Fenantrene		
Antracene		
Fluorantene		
Pirene		
Benzo(a)antracene		
Crisene		
Benzo(b)+(j)fluorantene		
Benzo(k)fluorantene		
Benzo(a)pirene		
Indeno(1,2,3,c,d)pirene		
Dibenzo(ac)+(ah)antracene		
Benzo(ghi)perilene		
Diossine e Furani		- Metodo EPA 1613B 1994 (G.C.+MASSA-MASSA)
2.3.7.8-T4CDD		
1.2.3.7.8-P5CDD		
1.2.3.4.7.8-H6CDD		
1.2.3.6.7.8-H6CDD		
1.2.3.7.8.9-H6CDD		
1.2.3.4.6.7.8-H7CDD		
O8CDD		
2.3.7.8-T4CDF		
1.2.3.7.8-P5CDF		
2.3.4.7.8-P5CDF		
1.2.3.4.7.8-H6CDF		
1.2.3.6.7.8-H6CDF		
2.3.4.6.7.8-H6CDF		
1.2.3.7.8.9-H6CDF		
1.2.3.4.6.7.8-H7CDF		
1.2.3.4.7.8.9-H7CDF		
O8CDF		
PCB	- M/C/MO/002/LM rev.6 2016 (G.C.+MASSA-MASSA)	
T3CB- 31+28		
T4CB-52		
P5CB-101		
T4CB-81		
T4CB-77		
P5CB-123		
P5CB-118		
P5CB-114		
H6CB-153+168		
P5CB-105		
H6CB-138		
P5CB-126		
H6CB-128+167		
H6CB-156		
H6CB-157		
H7CB-180+193		
H6CB-169		
H7CB-170		
H7CB-189		

1.1.1.a Indagini ecotossicologiche

Specie	Matrice testata	Stadio vitale	Esposiz..	End-Point	Espressione dato
<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)

Determinazione	Metodo analitico
Saggio ecotossicologico con batteri bioluminescenti- <i>Vibrio fischeri</i>	<p>Determinazione della tossicità acuta end point - inibizione della bioluminescenza</p> <ul style="list-style-type: none"> - Metodi analitici per le acque, - APAT – CNR - IRSA, 29/2003 Vol. 3° pp 1003-1012 - ISO/CD 11348-3 “Water quality - Determination of the inhibitory effect of water samples on the light emission of <i>Vibrio fischeri</i> (Luminescent bacteria test) -- Part 3: Method using freeze-dried bacteria - Azur Environmental, 1995¹ modificato secondo Onorati e Mecozzi, 2004² <p>¹ Azur Environmental, 1995. Microtox® Acute Toxicity Solid-Phase Test, 20 pp ² ONORATI F., MECOZZI M., 2004. Effects of two diluents in the Microtox® toxicity bioassay with marine sediments. Chemosphere, 54: 679 – 687</p>

1.1.1.b Analisi quali-quantitativa del macrozoobentos

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

Per ciascuna stazione è previsto il campionamento in 3 repliche di sedimento mediante benna Van Veen (0.112 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 e del numero di individui (composizione e abbondanza dei macroinvertebrati bentonici);
- segnalazione dei taxa sensibili;
- elaborazione della matrice quantitativa dei dati su cui calcolare: l'Indice di Diversità specifica (H Shannon) e gli Indici specificati nella normativa quali AMBI, M-AMBI.

1.1.2 Indagini meteo-marine

Determinazione	Strumentazione - Località
Precipitazioni atmosferiche	Stazione meteorologica Cesenatico-Pluviografo (SIAP)
Altezza dell'onda	Boa ondometrica Mod. Datawel MKIII (coordinate WGS84 12.3669°E 44.5101°N) gestita da Arpa-SIMC
Portate fiume Po	Fornite dal Servizio IdroMeteoclima di Arpa
Correnti marine	Correntometro Aanderaa, modello RCM9 (coordinate WGS84 12.28309°E 44.12743°N)

2 LO STATO TROFICO

2.1 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 35 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 6 viene rappresentata la rete di monitoraggio. L'attività di controllo e di studio del fenomeno "Eutrofizzazione" che interessa questa zona dell'Adriatico nord-occidentale ha come obiettivo non solo quello di tenere monitorate costantemente le diverse matrici che compongono l'ecosistema marino ma anche ricercare e studiare i fattori causali del processo e attuare le migliori strategie di prevenzione e protezione della qualità ambientale. Le finalità delle misure e dei prelievi previsti dal piano di monitoraggio indicato possono essere così sintetizzati:

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

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

Codice Stazione	Località	Prof. metri	Dist. km	LAT WGS84 (gg.ppdddd)	LON WGS84 (gg.ppdddd)
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
13	Zadina	3.0	0.5	44.13621	12.23442
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

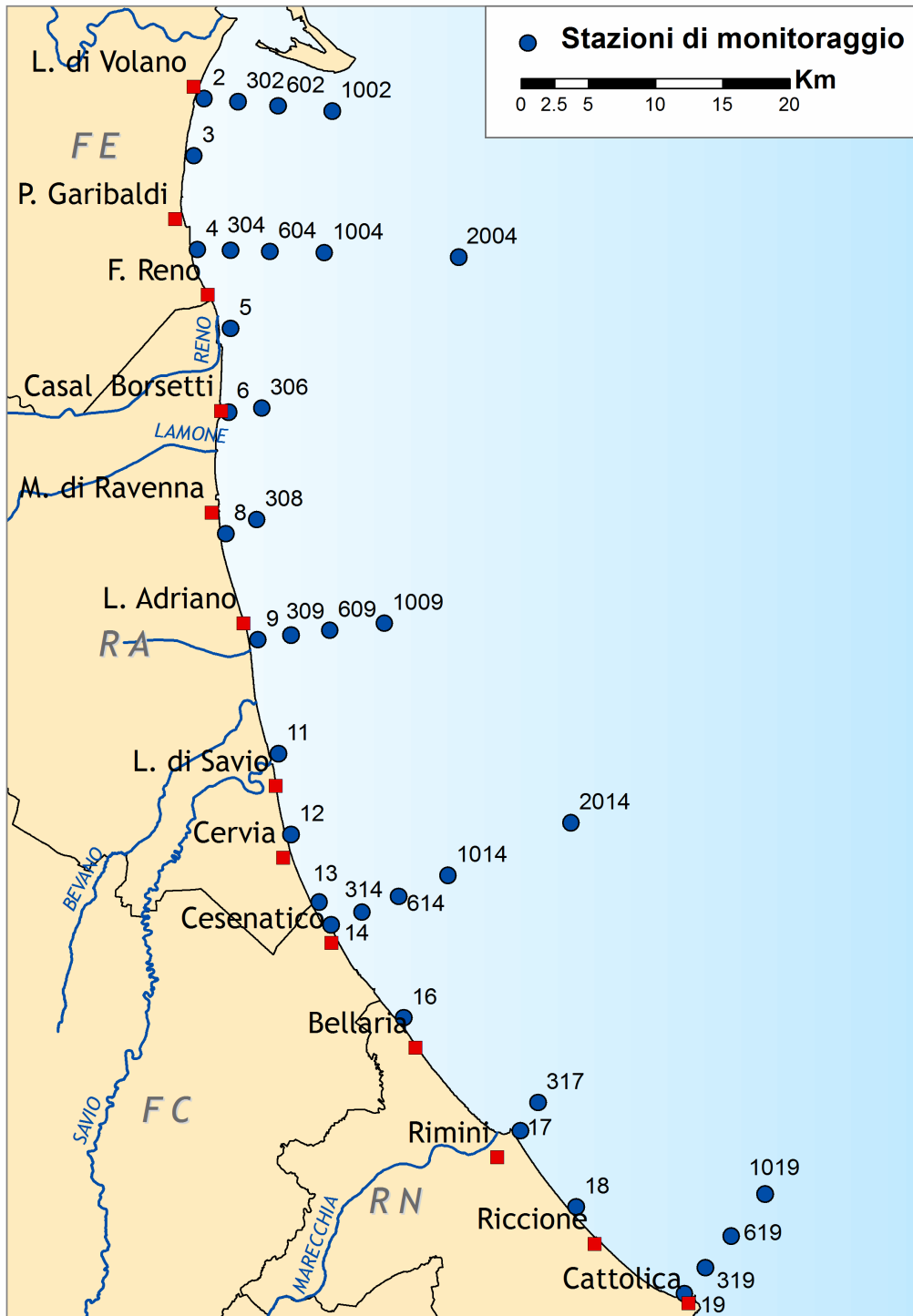


Figura 6 – Rete di monitoraggio per il controllo dell'eutrofizzazione (L.R.39/78, L.R.3/99 e L.R.44/95)

2.1.1 Parametri e frequenza di campionamento

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

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

Il monitoraggio quindicinale viene effettuato, condizioni meteo-marine favorevoli, generalmente la 1° e la 3° settimana del mese. Per quanto riguarda i nutrienti il campionamento viene eseguito su tutte le stazioni ad esclusione di quelle situate a 6 km di distanza dalla costa. Per temperatura, salinità, ossigeno disciolto e pH viene fornito il profilo verticale registrato con la sonda multiparametrica mediato ad ogni metro di profondità al fine di individuare gli stati di stabilità ed instabilità della colonna d'acqua, le stratificazioni termiche (termoclini) e saline (aloclini), nonché gli stati anossici e/o ipossici che si possono verificare a livello del fondale.

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

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

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

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

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

CODICE STAZIONE	FITOPLANCTON	NUTRIENTI		PROFILI (CTD)	
	MENSILE	QUINDICINALE	MENSILE	QUINDICINALE* SETTIMANALE**	MENSILE
2					
3					
4					
5					
6					
8					
9					
11					
12					
13					
14					
16					
17					
18					
19					
302					
304			fondo		
306					
308					
309					
314			fondo		
317					
319					
602					
604					
609					
614					
619					
1002					
1004			fondo		
1009					
1014			fondo		
1019					
2004			sup/fon		
2014			sup/fon		

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

(**) Settimanale da giugno a settembre

2.2 RASSEGNA DEGLI EVENTI EUTROFICI DEL LITORALE EMILIANO-ROMAGNOLO

Nel 2017 l'ecosistema marino lungo la costa emiliano romagnola si è caratterizzato in generale per una buona qualità ambientale con limitati fenomeni eutrofici prolungati nel tempo e nello spazio ed attenuazione degli episodi di ipossia e anossia sul fondo.

Anche questo anno eventi meteo-marini particolarmente intensi e apporti intermittenti di acque dolci, a volte molto consistenti dai bacini costieri e in particolare da quello padano, hanno condizionato in alcuni momenti la qualità dell'ambiente marino sia in costa che al largo.

L'area settentrionale si conferma ancora essere quella più influenzata dagli apporti di acque dolci soprattutto dal bacino padano; detti apporti portano direttamente a diluizioni più persistenti in superficie con frequenti fioriture microalgali sostenute e alimentate proprio dai nutrienti veicolati dalle acque fluviali.

Il mese di gennaio si è caratterizzato per condizioni di mare molto mosso, a sua volta innescato da venti forti provenienti prevalentemente da NE e NW che hanno contribuito a innescare forti mareggiate lungo il litorale (Figura 7). In particolare, la boa Nausicaa posizionata a 8 km al largo di Cesenatico, ha registrato onde con una altezza media superiore ai 3 metri per molte ore soprattutto il giorno 17 con un picco massimo pari a 4.18 m alle ore 6:30 della mattina (Figura 7 B).

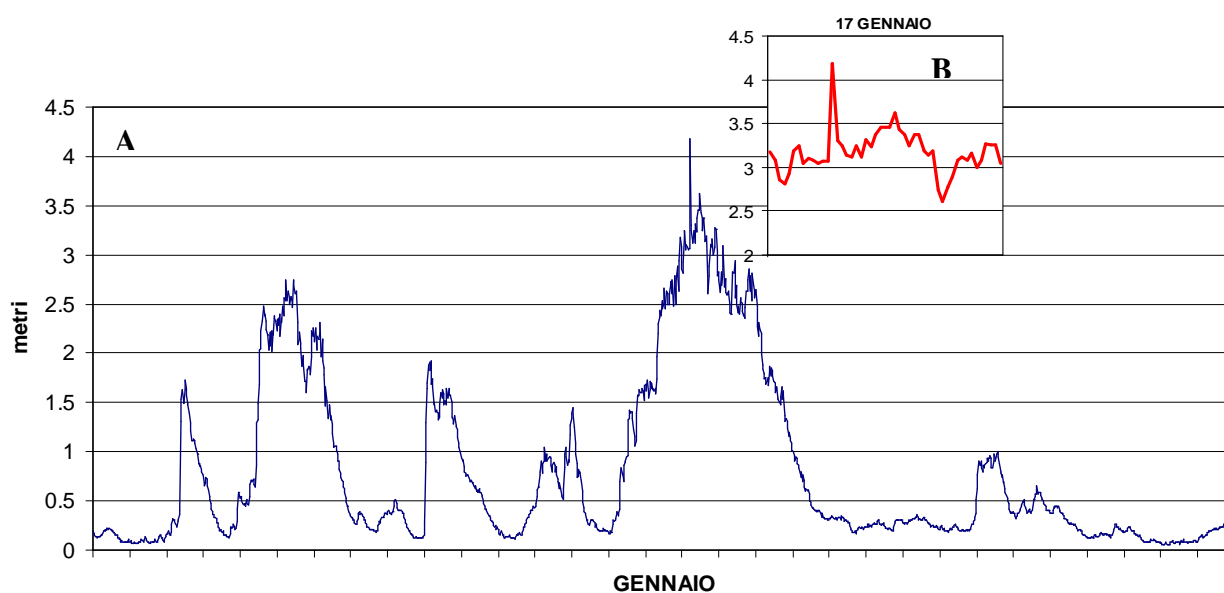


Figura 7 –A)Altezza dell’onda a gennaio 2017; B) Altezza onda il giorno 17 (dati SIMC)

Il monitoraggio eseguito a fine mese ha rilevato un forte rimescolamento lungo tutta la colonna d’acqua da superficie a fondo con omogeneizzazione dei parametri idrologici. Le acque in superficie rimanevano con salinità medie intorno ai 32 psu e concentrazioni di clorofilla “a” su valori medio bassi.

Le temperature in superficie si sono mantenute basse in costa in media intorno ai 4.5 °C.

Durante il mese di febbraio si è rilevata una diminuzione di salinità lungo tutta la costa a seguito di fenomeni di precipitazioni intense ed estese che hanno interessato tutta la regione (Figura 9). Immissione di acque dolci dai fiumi costieri e dal bacino padano hanno contribuito a diluire le acque marine in superficie con forti abbassamenti dei valori di salinità in particolare nei primi chilometri dalla costa anche nell'area più meridionale (Figura 11, Figura 12).

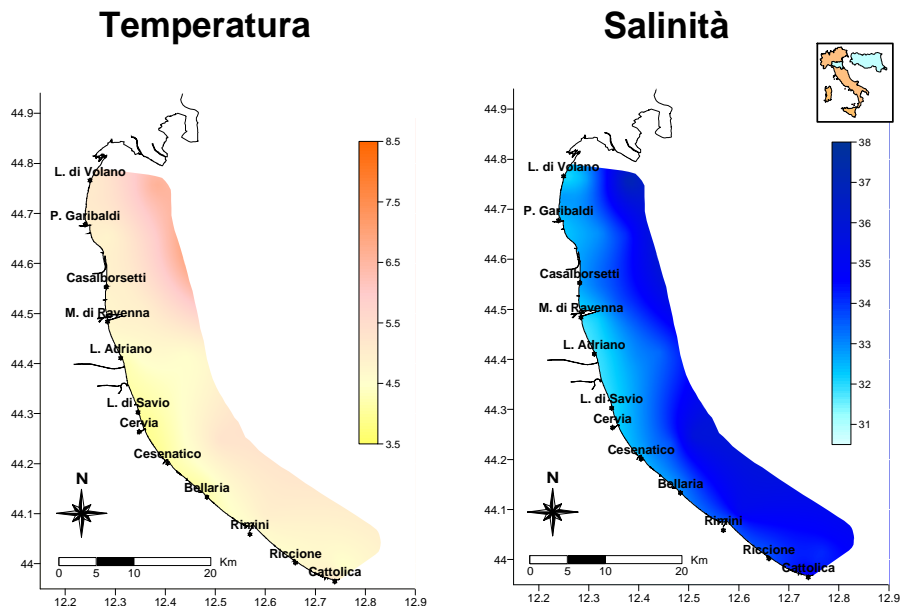


Figura 8 – Mappe di distribuzione di temperatura (°C) e salinità (psu) in superficie rilevata da costa fino a 10 km al largo il 27-30 gennaio 2017

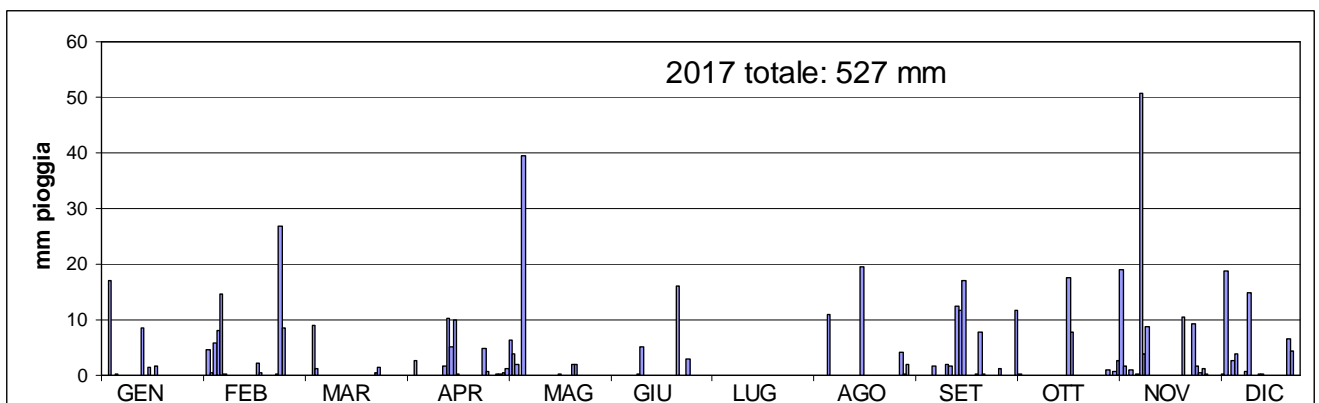


Figura 9 – Andamento annuale delle precipitazioni rilevate nella stazione di Cesenatico presso la Struttura Oceanografica Daphne

L'immissione di acque fluviali ha incrementato anche le concentrazioni di elementi eutrofizzanti quali fosforo e azoto che alimentano e sostengono la componente microalgale

marina. Si osservava infatti un aumento delle concentrazioni di clorofilla “a” nei primi 3 km della costa da nord a sud (Figura 12) prodotta in particolare da microalghe appartenenti al gruppo delle Diatomee quali *Skeletonema* spp. e *Thalassiosira* spp.

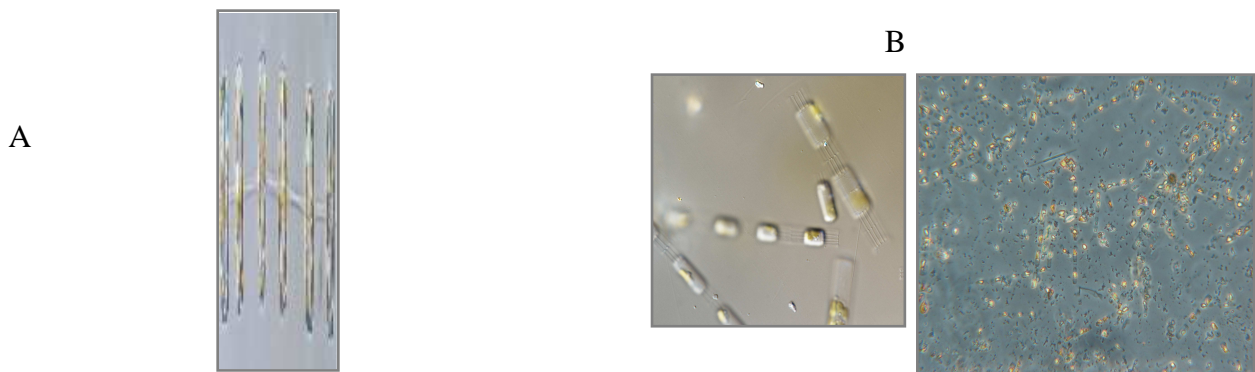


Figura 10 – A *Thalassiosira* spp.; B) *Skeletonema* spp. Fotografie al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

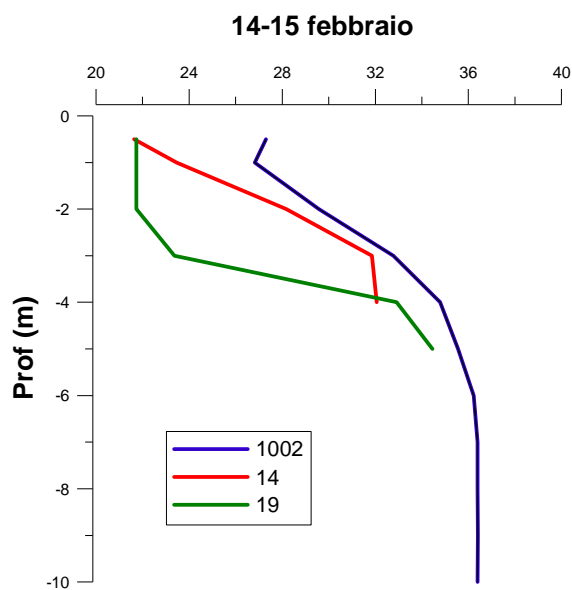


Figura 11 – Profili verticali di salinità (psu) nelle stazioni 1002, 14 e 19 rilevate nel monitoraggio del 14-15 febbraio 2017

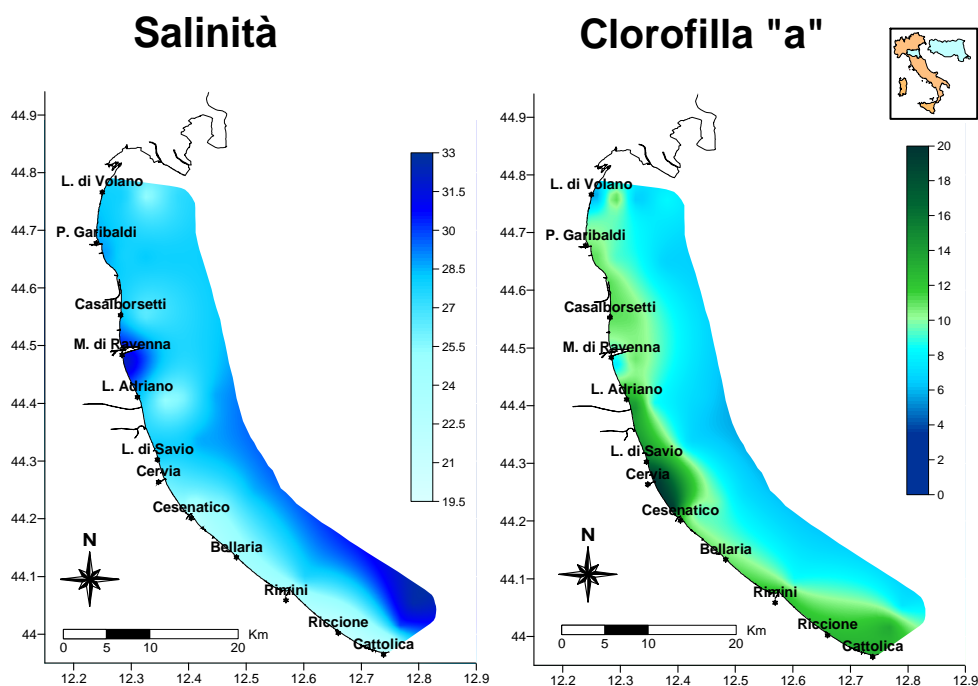


Figura 12 - Mappe di distribuzione della salinità (psu) e clorofilla “a” ($\mu\text{g/l}$) in superficie rilevata da costa fino a 10 km al largo il 14-15 febbraio 2017

L’area settentrionale compresa tra Casalborgretti e Lido di Volano nei controlli di marzo si distingueva dal resto della costa per avere alti valori di clorofilla “a”, superiori a $10 \mu\text{g/l}$, per la presenza di elevate concentrazioni di Diatomee, caratteristiche del periodo, appartenenti in particolare ai generi *Skeletonema* spp. e *Chaetoceros* spp.

La presenza di abbondante fitoplancton in concomitanza con la presenza di materiale inorganico particellato in sospensione hanno portato ad una maggior torbidità delle acque e ad una diminuzione della trasparenza (Figura 13).

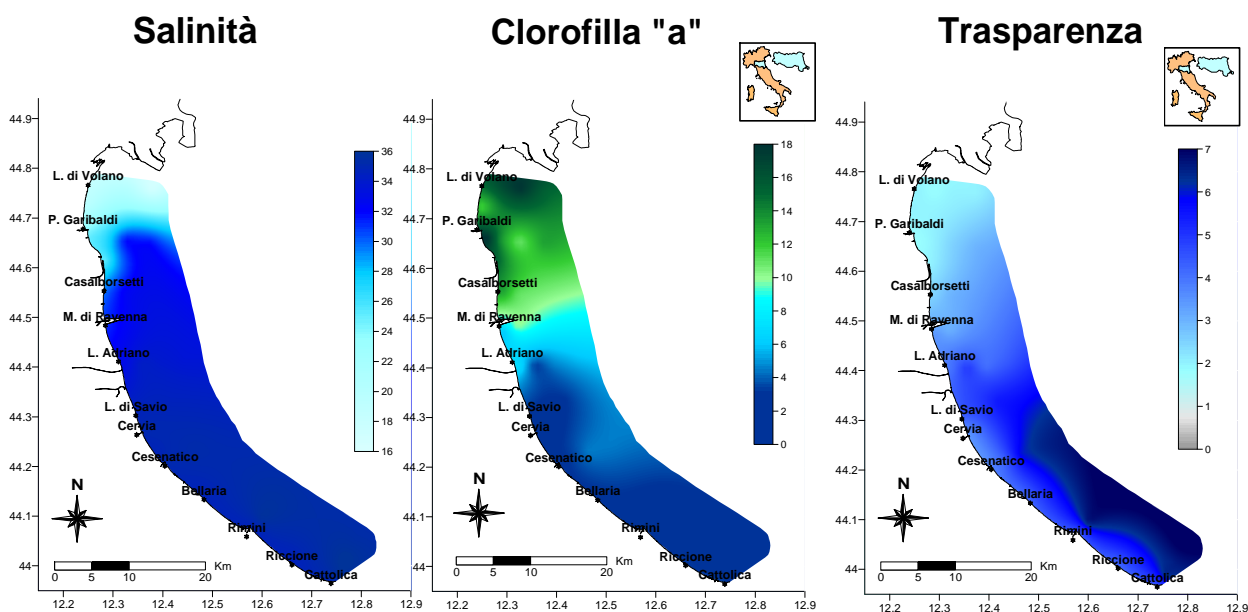


Figura 13 - Mappe di distribuzione della salinità (psu), clorofilla “a” ($\mu\text{g/l}$) e trasparenza (m) in superficie rilevata da costa fino a 10 km al largo il 20-21 marzo 2017

Una condizione di elevata trofia veniva rilevata anche nei controlli di inizio aprile con un aumento dell'estensione dell'area eutrofizzata da costa fino ai 20 km al largo e da Lido di Volano fino a Cesenatico (Figura 14). La presenza di fioriture di *Chaetoceros* spp. identificate e quantificate in laboratorio, conferiva alle acque una colorazione verde marrone caratteristica diminuendone la trasparenza.

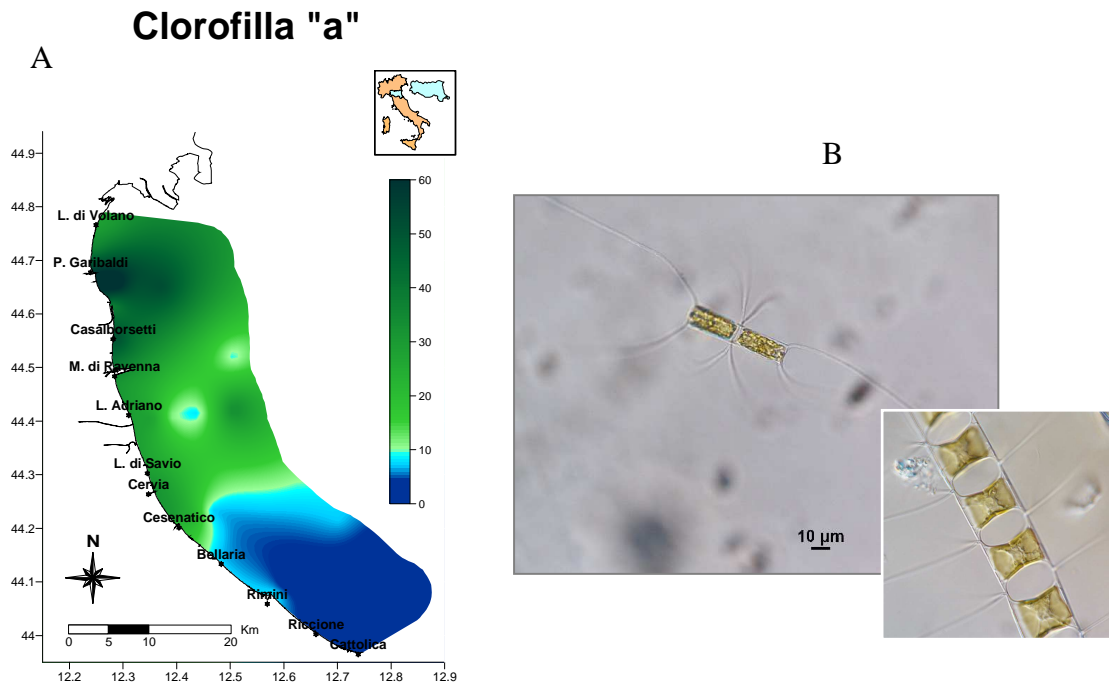


Figura 14 – A) Mappe di distribuzione della clorofilla “a” ($\mu\text{g/l}$) in superficie rilevata da costa fino a 10 km al largo il 4-5-6 aprile 2017; B) *Chaetoceros* spp. fotografie al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

A partire da metà del mese si sono instaurate condizioni meteo marine di forte instabilità che hanno apportato un miglioramento della qualità ambientale lungo tutta la costa. L'aumento dell'intensità del vento in costa ha prodotto un incremento del moto ondoso contribuendo così ad un forte rimescolamento delle masse d'acqua ed alla dispersione delle fioriture microalgali (Figura 15).

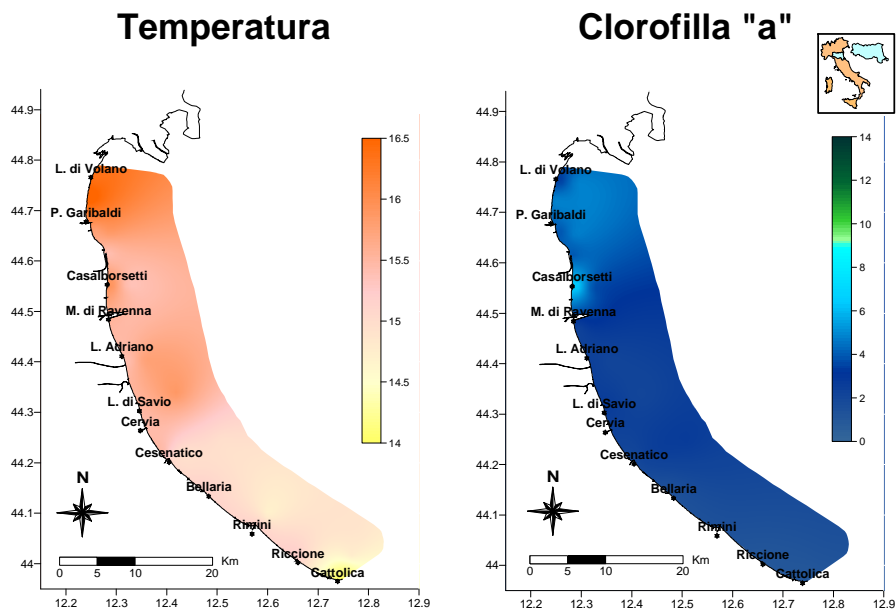


Figura 15 - Mappe di distribuzione della temperatura (°C) e della clorofilla "a" (µg/l) in superficie rilevata da costa fino a 10 km al largo il 3-5 maggio 2017

Durante il mese di maggio si osservava inoltre un innalzamento graduale delle temperature delle acque di superficie fino ad attestarsi in media intorno ai 20 °C.

Questa situazione si protraeva anche a giugno (Figura 16) accompagnata da una buona condizione ambientale con concentrazioni di clorofilla "a" medio basse, valori di salinità buoni e ossigeno disciolto nella norma lungo tutta la colonna.

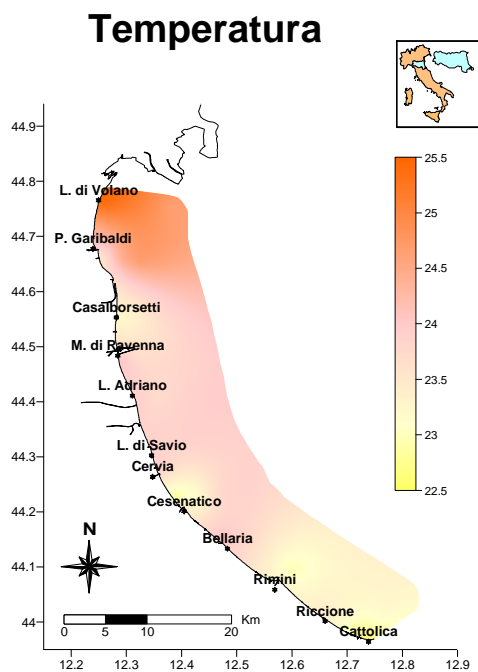


Figura 16 - Mappe di distribuzione della temperatura (°C) in superficie rilevata da costa fino a 10 km al largo il 13-15 giugno 2017

L'aumento di portate registrate a Pontelagoscuro a inizio luglio, con picchi massimi di 1720 mc/sec nei giorni 2-3 (Figura 34), ed il conseguente aumento di acque dolci immesse in ambiente marino, determinavano una diminuzione della salinità in superficie nell'area più settentrionale della costa. Questa condizione innescava un aumento della produttività dell'ecosistema con incremento della concentrazione di clorofilla "a" sostenuto da fitoplancton in particolare di *Thalassiosira* spp. (gruppo Diatomee) nell'area compresa tra Porto Garibaldi e Lido di Volano (Figura 17).

L'area centro meridionale al contrario manteneva una buona qualità ambientale con bassi valori di clorofilla "a", elevata trasparenza sia in costa che al largo e valori di salinità medio alti.

A partire dal monitoraggio del 18-19 luglio si rilevava una diminuzione di concentrazione dell'ossigeno disciolto a livello del fondale in alcune stazioni a ridosso della costa con valori tendenti all'ipossia (Figura 18). Questa sofferenza a livello di fondale si è mantenuta più o meno estesa, anche se in maniera discontinua, fino ad ottobre.

Sempre in questo periodo venivano avvistate le meduse appartenenti alla specie *Carybdea marsupialis*.

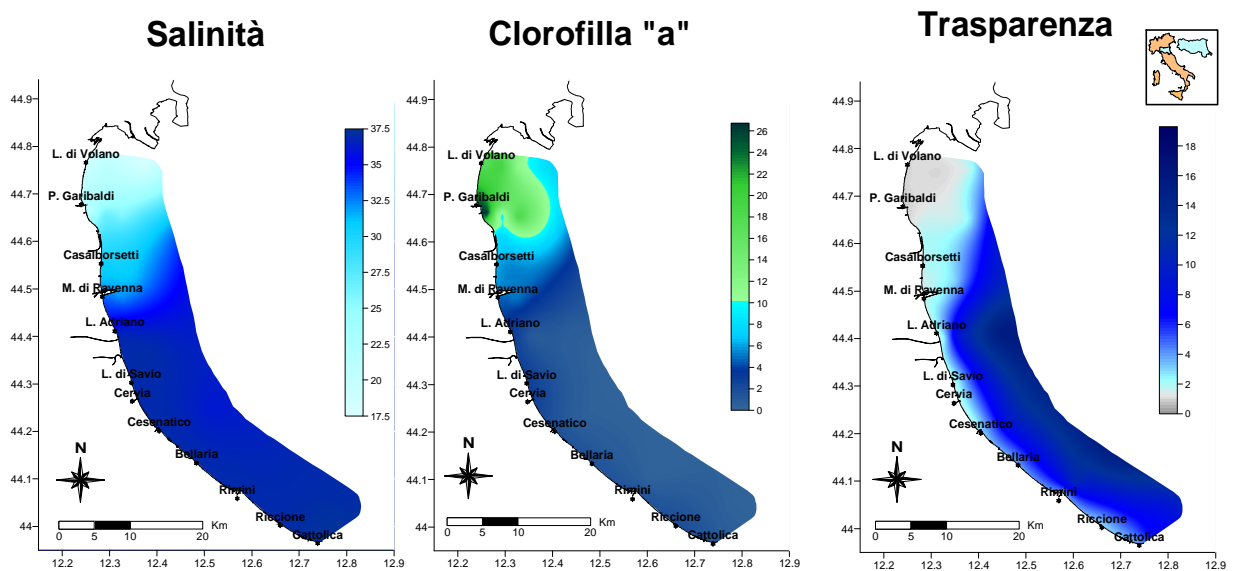


Figura 17 - Mappe di distribuzione della salinità (psu), della clorofilla "a" ($\mu\text{g/l}$) e trasparenza (m) in superficie rilevata da costa fino a 10 km al largo il 05-06 luglio 2017

In seguito, durante i controlli sia al largo che sotto costa sono state avvistate altre specie di meduse quali *Rhizostoma pulmo* e *Cothyloriza tuberculata*, specie non urticanti che possono raggiungere anche dimensioni di 50-60 cm di diametro. Spiaggiamenti di individui adulti sono stati segnalati spesso lungo la battigia. A fine luglio venti da scirocco hanno condizionato la qualità ambientale dell'ecosistema marino in particolare nell'area più settentrionale (Figura 19). Nell'area più a nord i venti spiranti da Sud Est hanno portato ad un confinamento delle acque impedendone il rimescolamento ed il conseguente ricambio. Questa situazione caratterizzata da alte concentrazioni di clorofilla "a" (Figura 20) insieme ad una stabilità meteo marina ed a temperature elevate ha portato ad un graduale abbassamento delle concentrazioni di ossigeno disciolto a livello del fondale.

Ossigeno di fondo

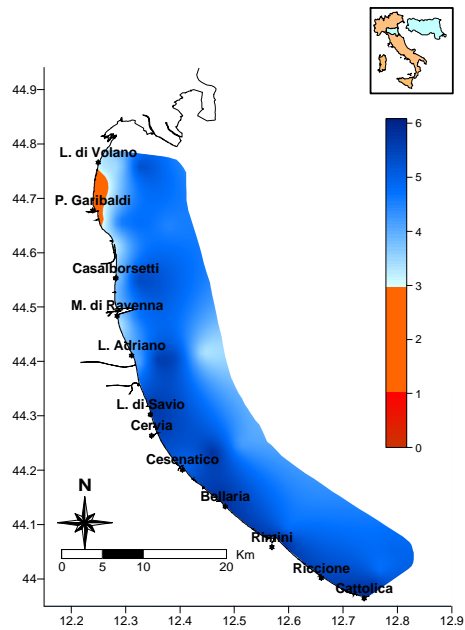


Figura 18 - Mappe di distribuzione dell'ossigeno disciolto sul fondo ($\mu\text{g/l}$) rilevato da costa fino a 10 km al largo il 18-19 luglio 2017

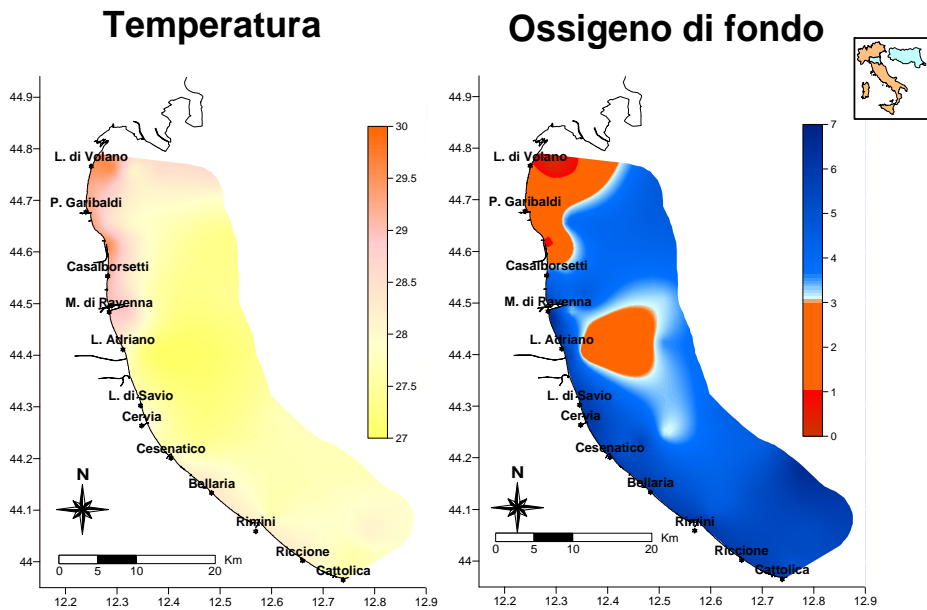


Figura 19 - Mappe di distribuzione della temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e dell'ossigeno disciolto sul fondo ($\mu\text{g/l}$) rilevati da costa fino a 10 km al largo il 01-02 agosto 2017

Nel mese di agosto si è iniziato ad osservare in maniera sempre più abbondante la presenza di individui gelatinosi simili a meduse appartenenti al Phylum degli Ctenofori. Si trattava della specie non indigena *Mnemiopsis leidyi* nota anche con il nome comune di “noce di mare” per la sua forma; priva di cellule urticanti ha il corpo percorso da costole lungo le quali sono presenti una serie di ciglia vibranti dotate di organelli adesivi con cui catturano l'alimento, in particolare lo zooplancton.

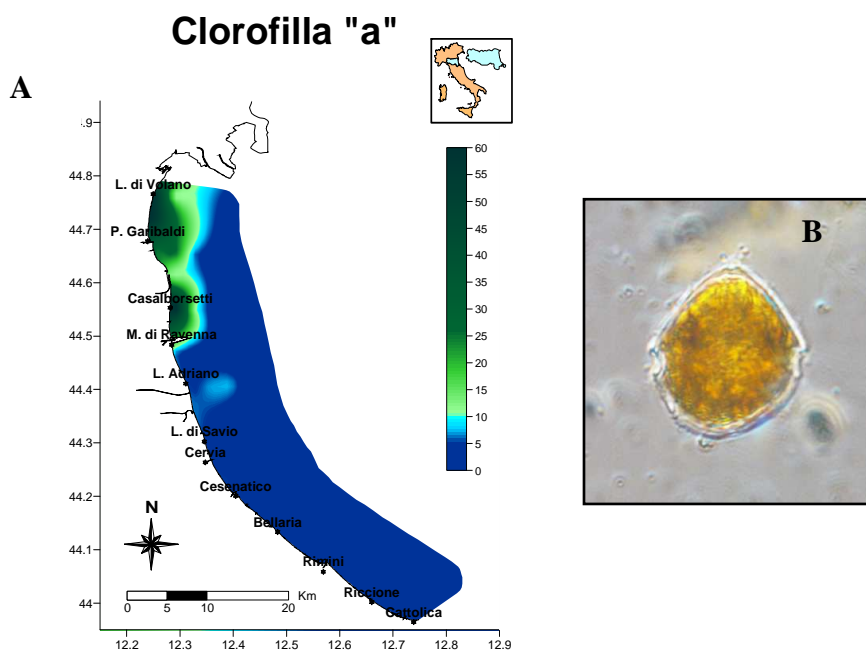


Figura 20 – A) Mappe di distribuzione della clorofilla “a” ($\mu\text{g/l}$) rilevata da costa fino a 10 km al largo il 01-02 agosto 2017; B) *Scripsiella* spp. fotografia al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

Durante il monitoraggio dell’8-10 agosto si è presentata una intensa fioritura di *Scripsiella* spp., microalga appartenente al gruppo delle Dinoflagellate, in un’area dai 0.5 a 3 km al largo da Casalborgorsetti a Lido di Volano.

A settembre condizioni di mare mosso e precipitazioni a tratti intense hanno caratterizzato diverse giornate del mese contribuendo ad un abbassamento delle temperature delle acque marine in superficie. Durante i controlli in alcune aree più settentrionali in costa si sono sviluppate ridotte fioriture di fitoflagellate *Pyramimonas* spp., (18-22 settembre) e diatomee appartenenti in particolare al genere *Lioloma* spp. (27-28 settembre) (Figura 21)

Le piogge e quindi l’aumento delle portate dai fiumi costieri e dal bacino del Po, contribuivano ad immettere in ambiente marino elementi nutritivi che mantenevano alta la componente fitoplanctonica marina favorendo l’incremento di concentrazione un po’ lungo tutta la costa. Questo portava di conseguenza ad un aumento dei valori di clorofilla “a” sia in costa che al largo con l’innesco di fenomeni eutrofici estesi da nord a sud nel primo monitoraggio di ottobre (Figura 22).

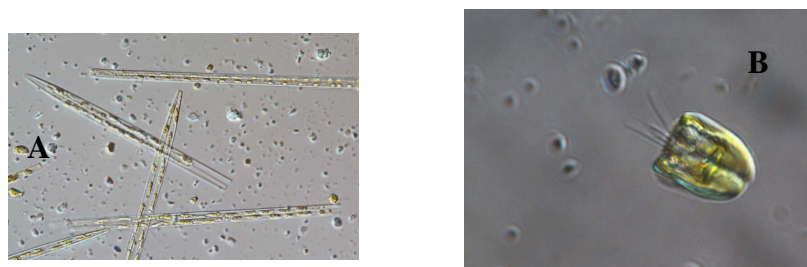


Figura 21 – A) *Lioloma* spp.; B) *Pyramimonas* spp. Fotografie al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

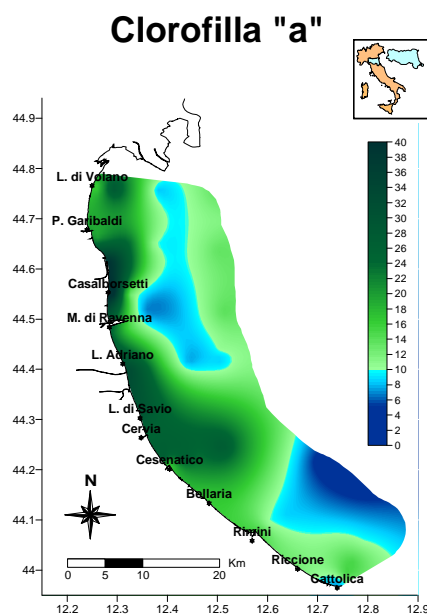


Figura 22 - Mappe di distribuzione della clorofilla "a" ($\mu\text{g/l}$) rilevata da costa fino a 10 km al largo il 02-03 ottobre 2017

A novembre si sono verificate diverse situazioni meteo marine instabili che hanno ostacolato il regolare svolgimento delle attività di monitoraggio ma al tempo stesso hanno contribuito ad un forte rimescolamento delle masse d'acqua apportando un miglioramento della qualità ambientale dell'ecosistema costiero. Intense e prolungate mareggiate, innescate da forti venti provenienti da Nord Est e Nord Ovest, hanno disperso l'abbondante componente microalgale sviluppata il mese precedente permettendo inoltre una buona riossigenazione lungo tutta la colonna d'acqua, soprattutto a livello di fondale. In questo periodo si osservava anche un abbassamento delle temperature superficiali che durante l'ultimo monitoraggio del mese si attestavano in media intorno ai 12°C . I valori di temperatura sono andati diminuendo anche a dicembre in concomitanza di giornate con vento forte e precipitazioni diffuse (Figura 23). Gli ultimi controlli di dicembre hanno rilevato in generale una buona qualità dell'ambiente marino con valori di salinità medio alti (Figura 23) e basse concentrazioni di clorofilla "a".

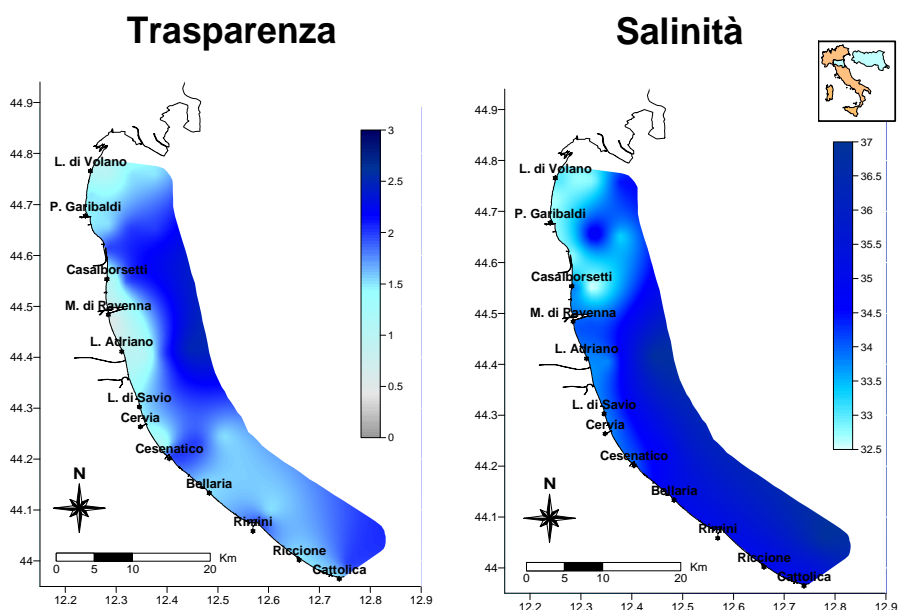


Figura 23 - Mappe di distribuzione della trasparenza (m) e della salinità (psu) rilevate da costa fino a 10 km al largo il 05-06 dicembre 2017

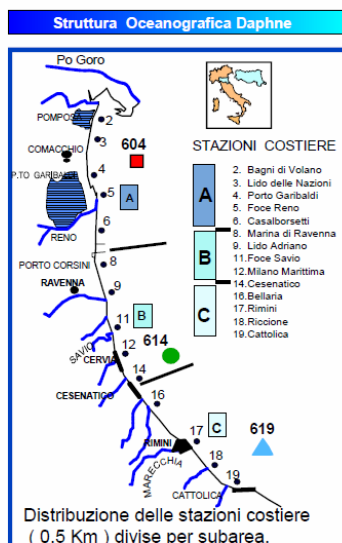
2.3 ELABORAZIONE BOLLETTINO

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 del Bollettino MARE IN-FORMA (Figura 24) pubblicato in Internet e disponibile al seguente indirizzo: www.arpa.emr.it/daphne/ per la consultazione.

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

- breve commento dei dati rilevati e delle condizioni osservate in mare;
- valori medi suddivisi per zona (A, B e C) delle variabili idrologiche: temperatura, salinità, ossigeno disciolto (in superficie e sul fondo), trasparenza e clorofilla "a";
- profili di ossigeno, salinità e trasparenza in tre stazioni a 6 km rappresentative di ciascuna zona (Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica); elaborazione di mappe tematiche di distribuzione su tutta la costa di: temperatura, clorofilla "a", salinità, trasparenza e ossigeno disciolto sul fondo (Figura 25).

arpa
agenzia
previdenza
ambiente energia
emilia-romagna



NOTE:

OSSIGENO DISC. NELLE ACQUE DI FONDO
 - da 0 - 1.0 mg/l Situazione tendente all'anossia
 - da 1.0 - 3.0 mg/l Ipossia
 - > 3.0 mg/l Condizione normale

CLOROFILLA "a" (indice di biomassa algale)
 - > 10 ug/l Ambiente eutrofizzato

Bollettino N° 25
dal 02 al 03 Ottobre 2017

MARE IN - FORMA

VARIABILI	MEDIE ZONA A	Val. an.	MEDIE ZONA B	Val. an.	MEDIE ZONA C	Val. an.
Temperatura °C	20.36		19.51		19.55	
Salinità psu	26.64		28.94		30.84	
O. D. super. mg/l	10.57		9.96		9.42	
O. D. fondo mg/l	2.16		5.25		6.15	
pH	8.75		8.82		8.72	
Trasparenza m	1.10		1.38		2.10	
Clorofilla a µg/l	27.52		27.48		13.20	

OSSERVAZIONI

I controlli sono stati eseguiti con la M/n Daphne II da 500 m dalla costa fino a 20 km al largo da Cattolica a Lido di Volano. Si rileva lungo tutta l'area monitorata un aumento delle concentrazioni di clorofilla "a" sia in costa che al largo con valori in media superiori ai 10 µg/l. Apporti dai bacini costieri oltre ad immettere acque dolci in mare e diminuirne la salinità in superficie, hanno determinato anche l'immissione di elementi eutrofizzanti (fosforo e azoto) alimentando e sostenendo la componente fitoplanctonica marina con conseguente aumento di densità. In molte stazioni si è rilevata la presenza di fioriture di Chaetoceros spp. microalga appartenente al gruppo delle Diatomee. Le fioriture microalgali in atto determinano una colorazione giallo-verde delle acque in superficie con aumento della torbidità e diminuzione della trasparenza. I valori di ossigeno lungo la colonna d'acqua rientrano nella norma ad eccezione di alcune aree nell'area settentrionale da costa fino a 3 km al largo dove le concentrazioni diminuiscono a livello del fondale tendendo all'ipossia/anossia.

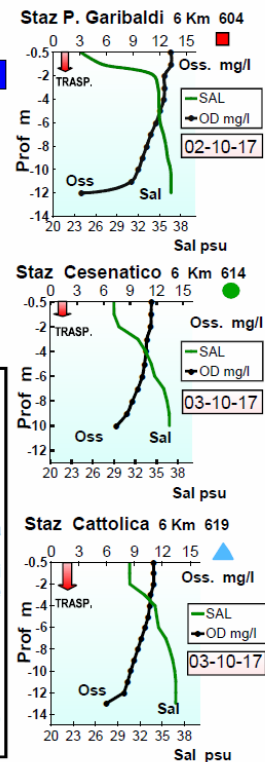


Figura 24 – Esempio di bollettino realizzato a conclusione di un monitoraggio

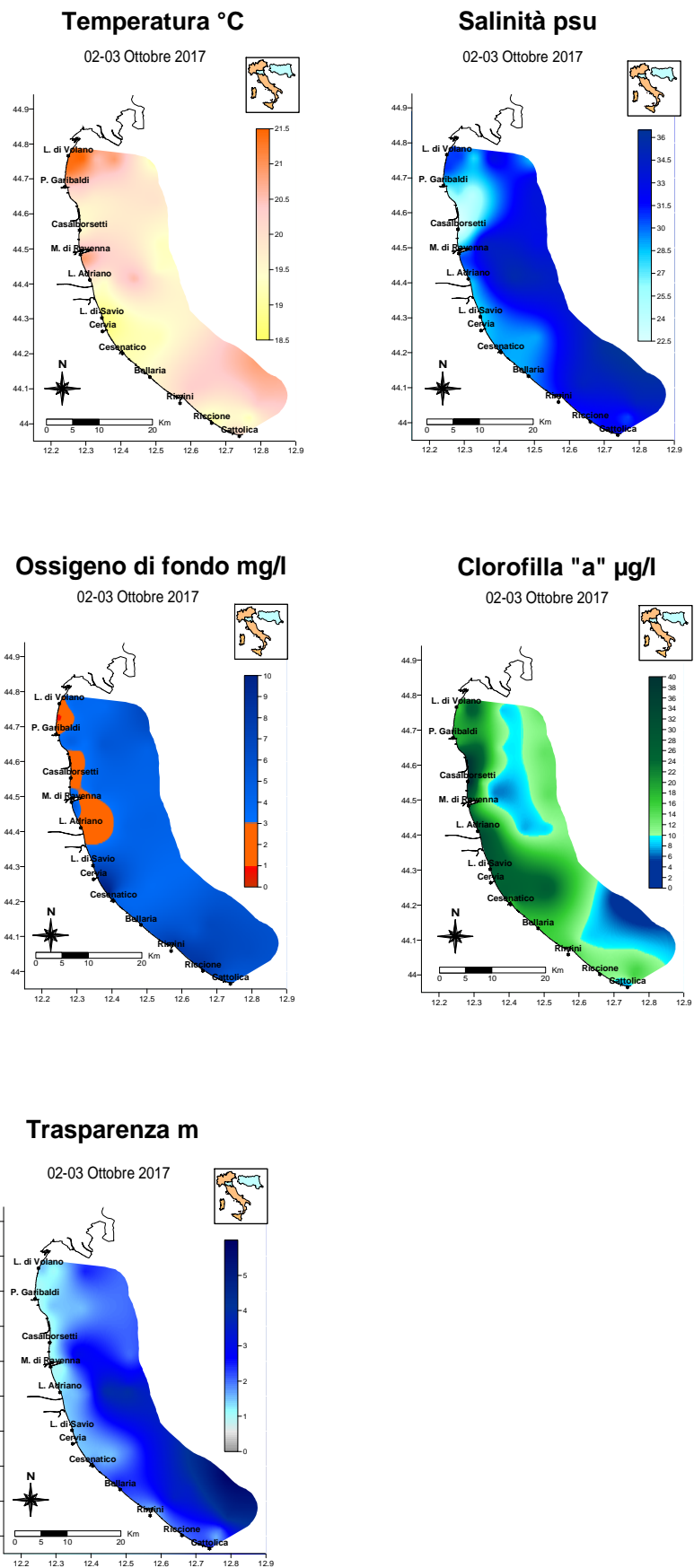


Figura 25 – Esempio di mappe tematiche allegate al bollettino realizzato a conclusione di un monitoraggio

Monitoraggio e risultati

I paragrafi che seguono contengono analisi e valutazioni dei risultati emersi nel corso dell'attività di monitoraggio per la definizione dello stato trofico nel 2017.

In particolare si esaminano i risultati relativi ai parametri idrologici ed agli elementi nutritivi.

2.3.1 Parametri idrologici

2.3.1.a Temperatura

Il comportamento delle temperature lungo la costa dell'Emilia Romagna conferma il tipico andamento sinusoidale con bassi valori a inizio anno che tendono ad aumentare in primavera raggiungendo i massimi in estate, per poi diminuire gradualmente ancora in autunno fino agli ultimi controlli di dicembre (Figura 26).

Forti venti da Nord Est e Nord Ovest a Gennaio hanno innescato intense mareggiate contribuendo così ad abbassare le temperature in superficie in tutte le stazioni monitorate (Figura 29). Durante i controlli del 27-30 gennaio si sono rilevate infatti le temperature più basse del 2017, nella stazione 12 (0.5 km, Milano Marittima) in particolare il minimo è stato pari a 3.9°C.

Il valore più elevato di 29.66°C è stato invece registrato durante il monitoraggio del 1 agosto nella stazione 302 a 3 km al largo di Lido di Volano.

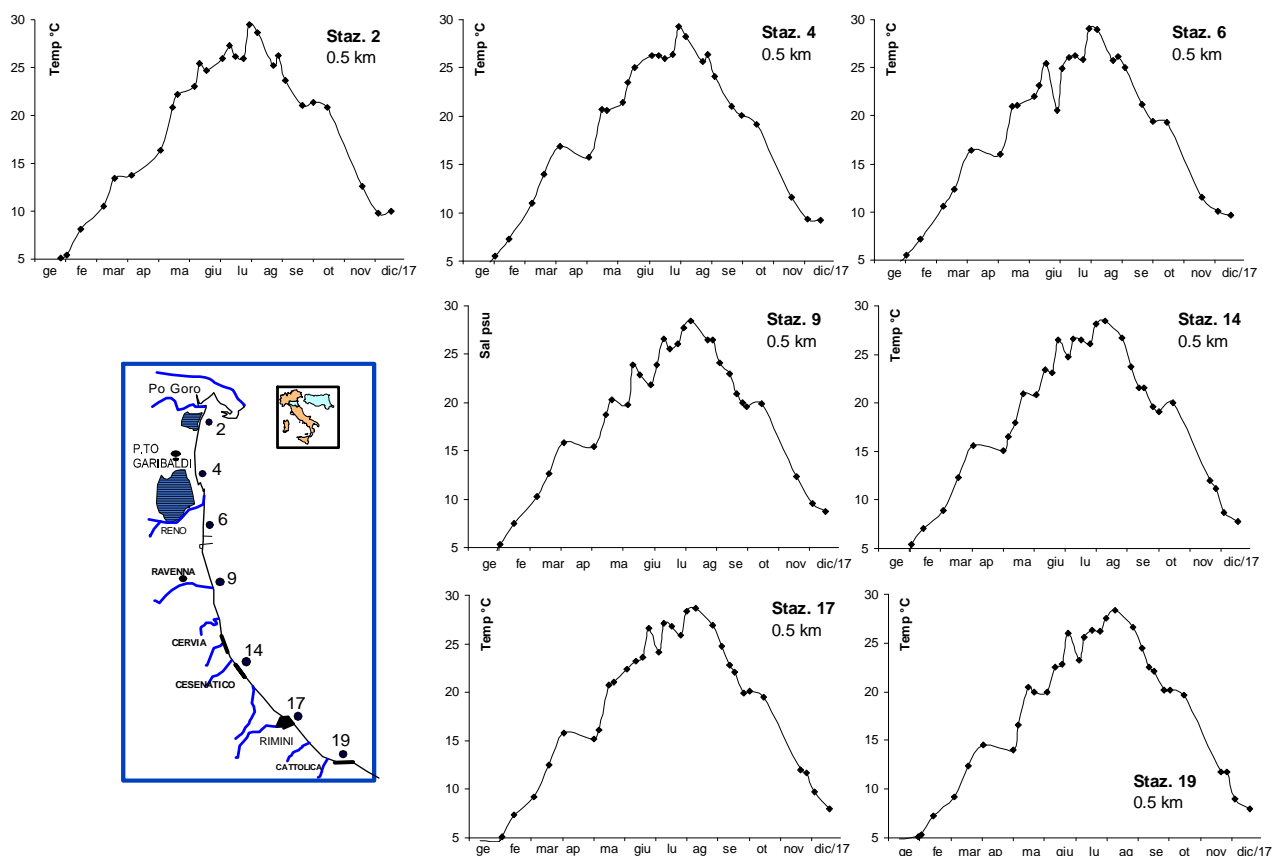


Figura 26 – Andamenti temporali della temperatura in superficie in alcune stazioni a 0.5 km dalla costa

I valori medi annuali mostrano comportamenti simili in tutta l'area monitorata, le stazioni che si discostano un po' di più sono quelle poste a 20 km dalla costa lungo i transetti di Porto Garibaldi (17°C) e Cesenatico (16.8°C).

Elaborando i dati per stagione (Figura 27) si evidenzia come gli andamenti siano molto simili sia lungo la costa da nord a sud, sia nelle stazioni posizionate sui transetti da costa a largo. Confrontando i dati del 2017 con il 2016 nella stazione 2 (Lido di Volano) posizionata a nord, le medie sono molto simili a quelli calcolati nel 2016 ad eccezione degli ultimi 3 mesi. In autunno le medie del 2017 sono state di 14.9°C rispetto ai 12.5°C del 2016. Nella stazione più meridionale antistante Cattolica (st. 19) in inverno le temperature risultano più basse rispetto al 2016 (7.36°C contro 9.0°C) e più alte in primavera di circa 1°C (19.6°C contro 18.8°C).

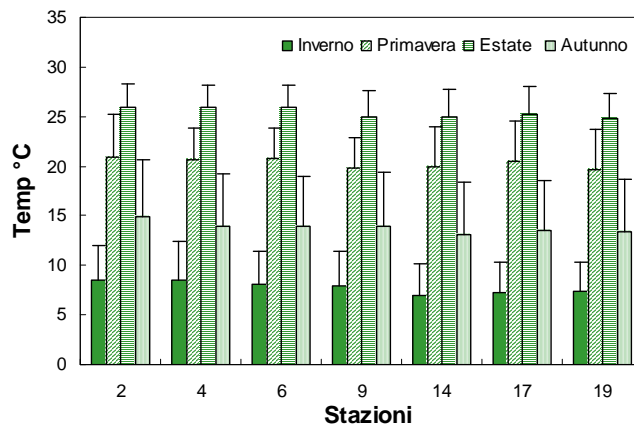


Figura 27 - Valori medi stagionali e deviazioni standard della temperatura nelle acque superficiali calcolate nei transetti a 0,5, 3,10 e 20 km dalla costa

Sul fondo l'andamento del parametro rispecchia quello di superficie anche se in modo più lineare soprattutto nelle stazioni più al largo (Figura 28).

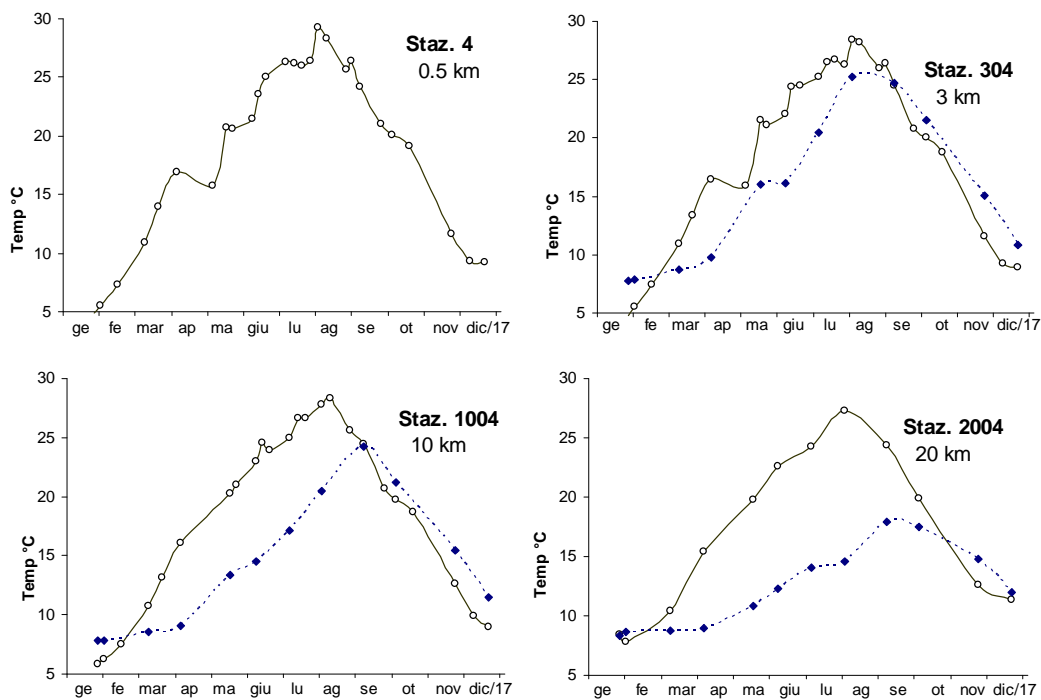


Figura 28 – Andamenti temporali della temperatura in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 0,5, 3, 10 e 20 km

Anche durante il 2017 lungo la colonna d'acqua si sono formati termoclini più o meno netti con escursioni tra superficie e fondo di diversi gradi. Le isolinee rappresentate in Figura 29 fotografano la situazione rilevata nelle tre stazioni posizionate a 10 km dalla costa antistante Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica da superficie a fondo evidenziando sia l'andamento annuale sia la presenza o meno di stratificazioni termiche.

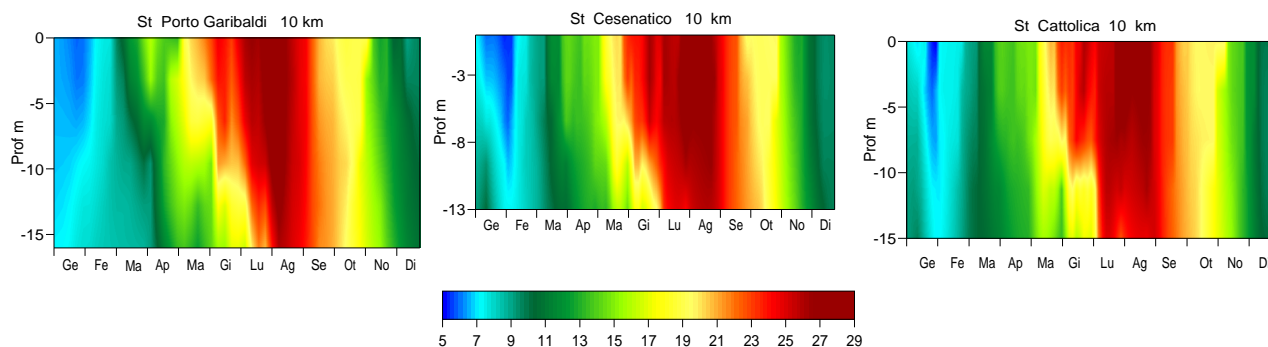


Figura 29 – Isolinee di temperatura (°C) rilevate nelle stazioni a 10 km al largo di Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica

I termoclini più marcati si sono formati durante l'estate a partire dal mese di giugno in corrispondenza dell'aumento delle temperature atmosferiche. Le isolinee di Figura 30 evidenziano in particolare la situazione rilevata ad inizio agosto, nei due transetti di Cesenatico e Porto Garibaldi che mostrano, come anche nel 2017, per le elevate e prolungate temperature esterne e condizioni di mare calmo, la presenza di temperature alte non solo in superficie ma anche nei primi metri della colonna d'acqua.

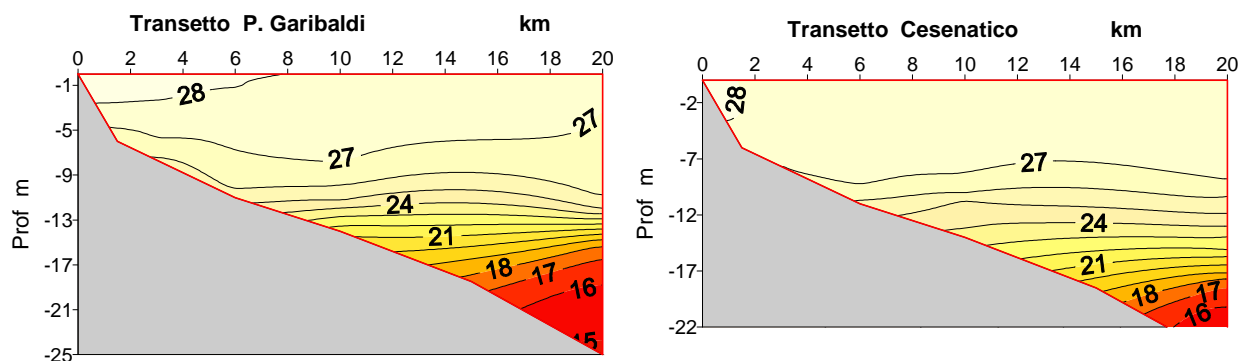


Figura 30 – Isolinee di temperatura (°C) lungo i transetti di Cesenatico e Porto Garibaldi rilevate durante il monitoraggio del 01-02 agosto

I profili verticali eseguiti con la sonda multiparametrica nelle stazioni a 20 km in Figura 31 evidenziano le stratificazioni rilevate in giugno e ad agosto confrontate con i dati di dicembre che oltre a sottolineare le differenze di valori evidenzia come in seguito a eventi di intenso mare mosso il rimescolamento delle masse d'acqua porti ad una omogeneizzazione dei valori da superficie a fondo.

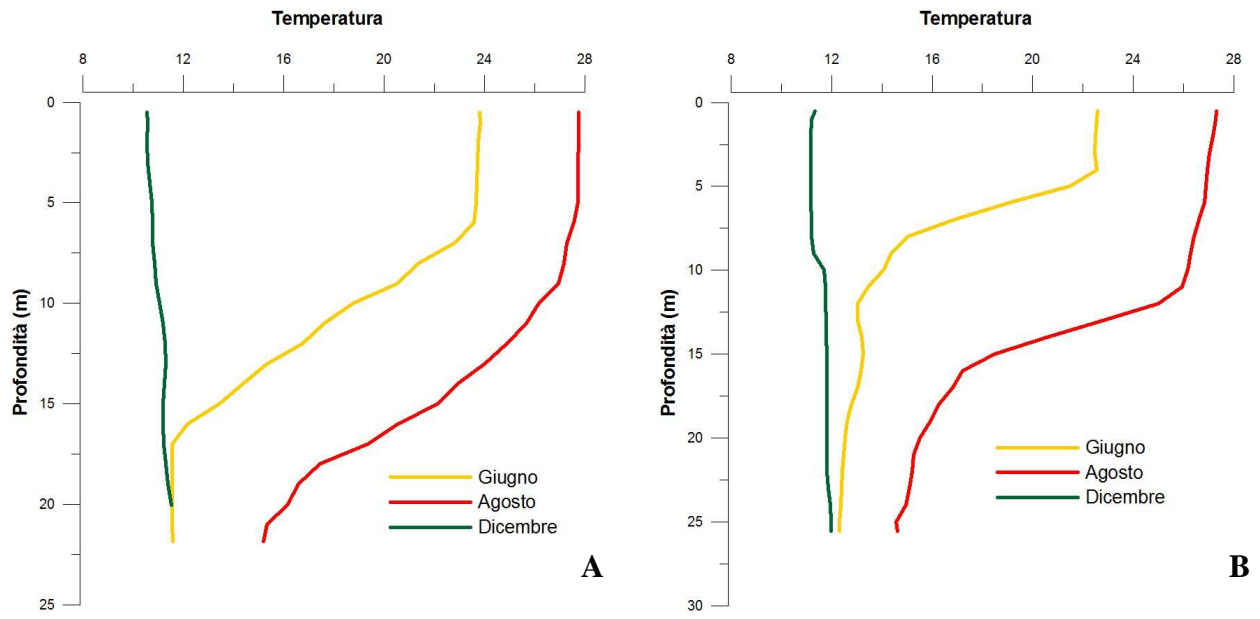


Figura 31 – Profili verticali di temperatura nelle stazioni 2014 (A) e 2004 (B) nei monitoraggi di giugno, agosto e dicembre

2.3.1.b Salinità

Gli apporti di acque dolci dai bacini costieri e da quello padano insieme a eventi meteo marini particolarmente intensi, contribuiscono in molte occasioni a modificare la salinità delle acque marine contribuendo a mantenere un'alta variabilità lungo tutta la costa soprattutto in superficie. La salinità è un elemento importante nel definire i campi di densità e stratificazione ed è un ottimo tracciante per analizzare la distribuzione di eventuali inquinanti e nutrienti veicolati dai fiumi.

Nel 2017 i valori di salinità rilevati durante le attività di controllo hanno evidenziato fluttuazioni più o meno marcate sia in costa che al largo, non solo nelle stazioni settentrionali ma anche che in quelle più meridionali. In Figura 32 sono rappresentati gli andamenti annuali in superficie di alcune stazioni posizionate a 0.5 km dalla costa che sottolineano una più marcata variabilità a nord lungo la costa (Staz. 2-4-6) rispetto a quella rilevata nelle stazioni più meridionali (Staz. 17-19).

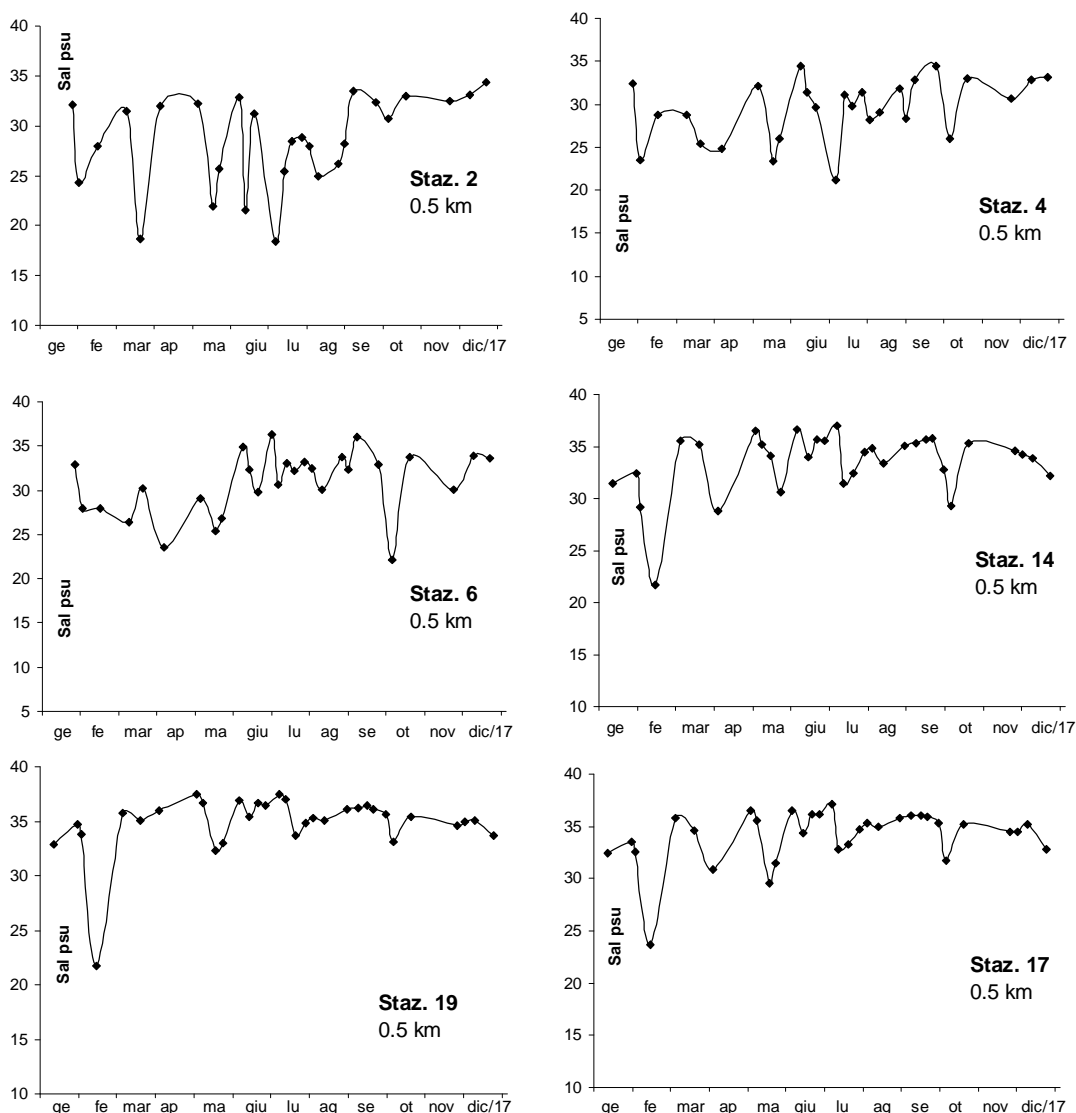


Figura 32 – Andamenti temporali della salinità in superficie nelle stazioni costiere

Infatti le stazioni settentrionali risentono in modo diretto ed in tempi brevi dell'immissione di acque dolci dal bacino padano con conseguenti episodi di forti diluizioni delle acque marine di superficie.

A conferma di ciò, l'elaborazione delle medie di Figura 33 evidenzia il netto trend nord sud non solo in costa ma anche al largo. Il transetto più settentrionale lungo la costa davanti a Lido di Volano rimane quello con i valori medi annuali più bassi in tutte le stazioni da 0.5 a 10 km al largo: il minimo in assoluto si è calcolato nella stazione più vicino a costa pari a 28.5 psu.

Lungo la direttrice 4 antistante Porto Garibaldi si evidenzia il trend più marcato tra costa e largo. I massimi valori medi si sono calcolati nelle stazioni 2014 (20 km antistante Cesenatico) e 1019 (10 km antistante Cattolica) rispettivamente con 35.7 e 35.6 psu.

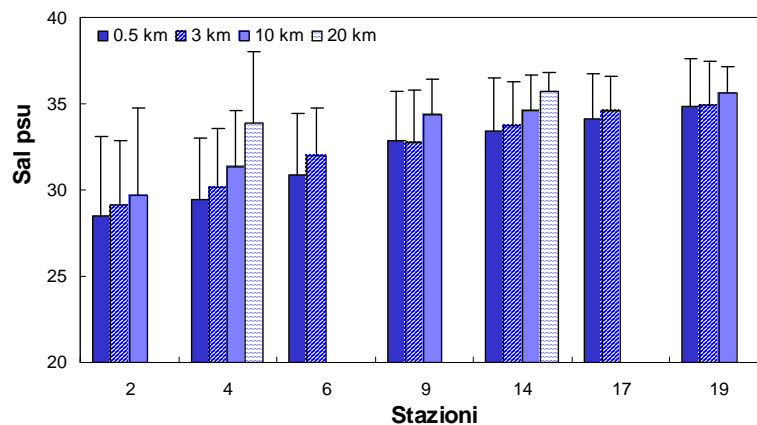


Figura 33 – Valori medi annuali e deviazioni standard della salinità nelle acque superficiali calcolate nei transetti a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

Anche quando le portate sono in media basse, l'influenza diretta sull'ambiente marino degli apporti del Po è sempre rilevabile ed evidente. Analizzando le portate all'altezza di Pontelagoscuro si osserva, rispetto all'anno precedente, una netta diminuzione della media annuale pari a 875.5 mc/sec contro 1165 mc/sec del 2016. Il grafico mostra un picco importante a febbraio pari a 1845 mc/sec, uno a luglio di 1719 mc/sec ed un ultimo, il più elevato, a dicembre 2388 mc/sec.

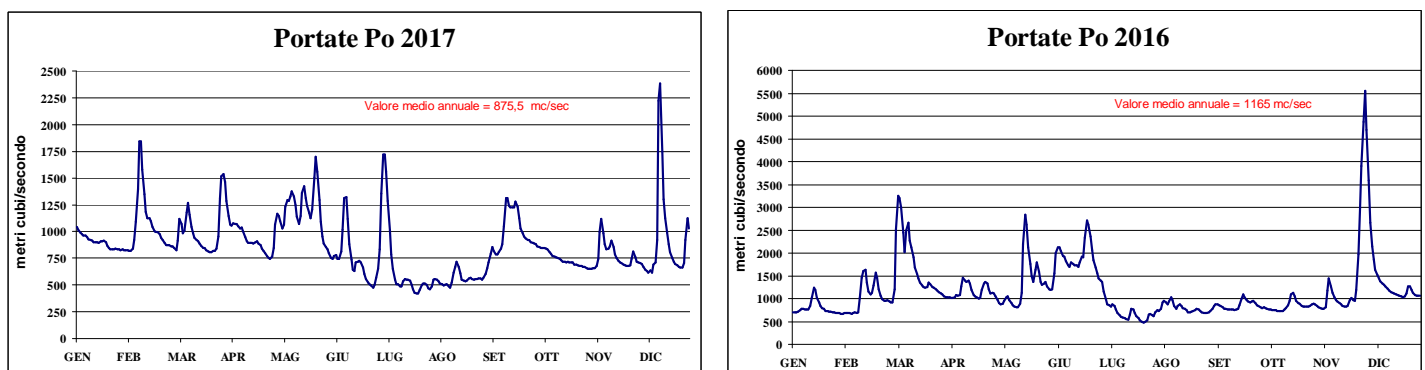


Figura 34 - Portate fiume Po rilevate a Pontelagoscuro (FE) nel 2016 e 2017 (Fonte: Arpaes SIMC)

L'andamento dei valori medi annuali calcolati dal 1982 al 2017, rilevati a Pontelagoscuro e riportati nel grafico di Figura 35, conferma la tendenza riscontrata negli ultimi anni ad una generale diminuzione.

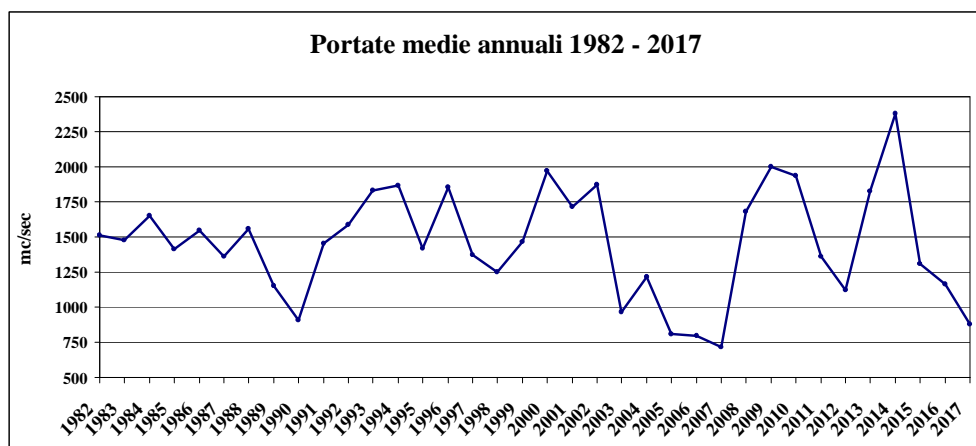


Figura 35 – Valori medi portate del Po dal 1982 al 2017

Confrontando le medie mensili dell'anno con le medie calcolate nel lungo periodo 1917-2016 si osserva un andamento abbastanza simile da gennaio a settembre anche se con una marcata diminuzione dei valori; da ottobre a dicembre invece si registra uno scostamento dall'andamento medio non solo per i valori più bassi ma anche per la mancanza di grandi picchi tra ottobre e novembre (Figura 36).

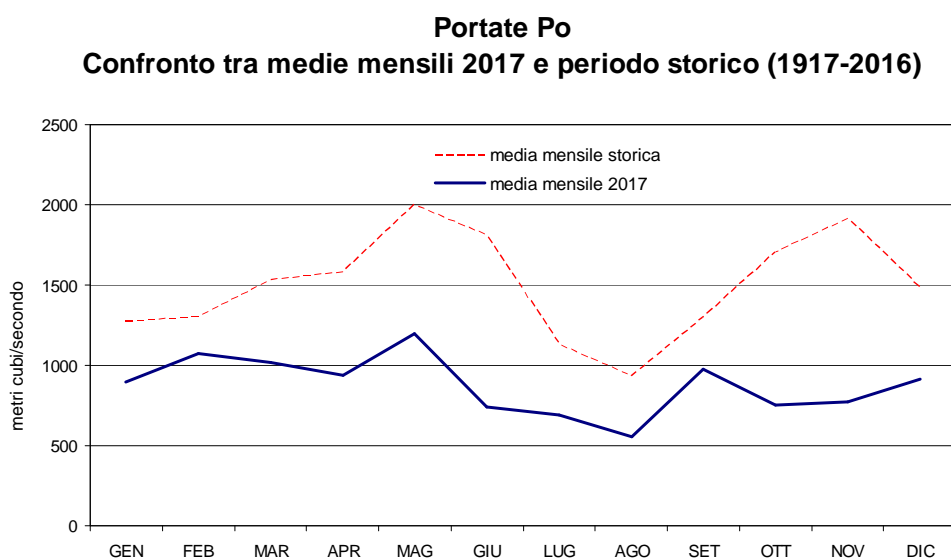


Figura 36 – Confronto tra le medie mensili delle portate del Po nel 2017 con le medie calcolate nel periodo storico dal 1917 al 2016

Tornando ad analizzare i dati di salinità rilevati durante il 2017, l'elaborazione stagionale rileva in generale un trend in aumento nord a sud fino all'estate con dati medi più bassi nelle stazioni settentrionali da Lido di Volano a Porto Garibaldi inferiori a 30 psu (minimo st. 2 con 26,92 psu). In generale una marcata differenza nord sud si mantiene da gennaio a settembre, mentre in autunno le medie risultano più omogenee ad eccezione delle stazioni 4 e 6 (Porto Garibaldi e Casalboretto) con valori leggermente inferiori (31.12 psu e 30.70 psu).

L'elaborazione con diagrammi multipli di Box e Whiskers (Figura 38) sottolinea l'elevata variabilità della salinità in superficie nelle stazioni più settentrionali a confronto con quelle poste più a sud, non solo in costa ma anche al largo confermando come l'effetto diluizione in certi momenti coinvolga aree estese fino al largo soprattutto in corrispondenza di eventi di massima portata.

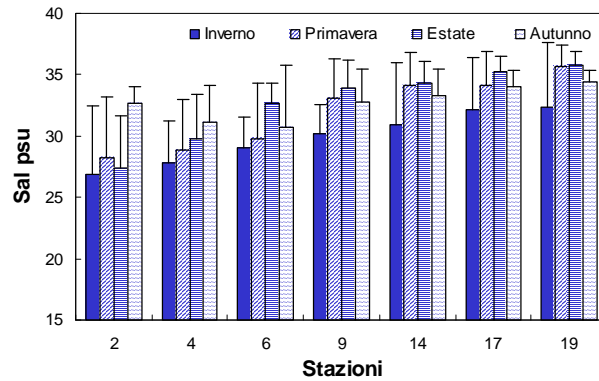


Figura 37 – Valori medi stagionali e deviazioni standard della salinità nelle acque superficiali nelle stazioni a 0.5 km dalla costa

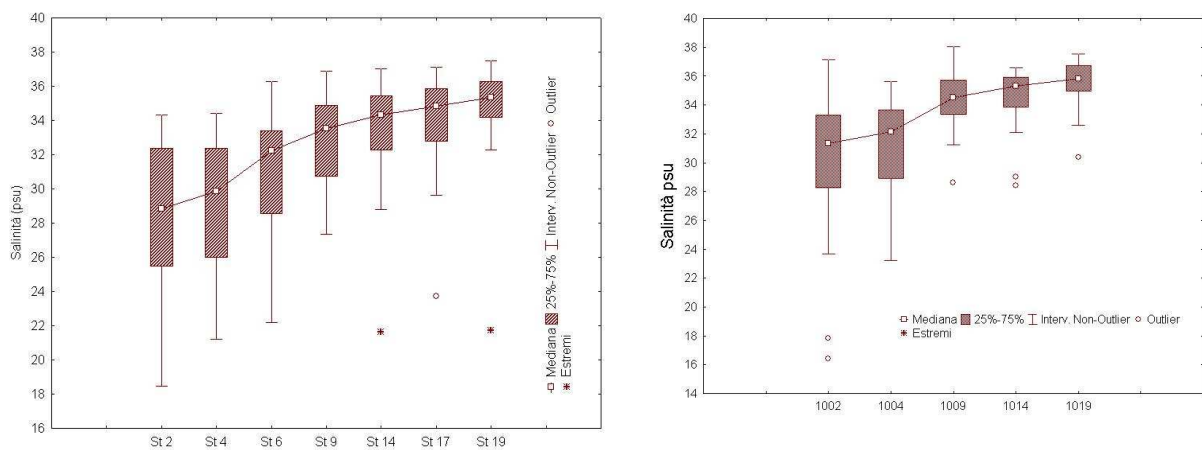


Figura 38 – Diagrammi multipli di Box e Whiskers delle salinità nelle stazioni a 0.5 e 10 km dalla costa

L'immissione di abbondanti quantità di acque dolci in ambiente marino porta anche alla formazione di marcate stratificazioni ialine nei primi 3-4 metri lungo la colonna. Le isolinee di Figura 39 mostrano questa condizione molto frequente nella stazione 1002, a confronto con quella più a sud di fronte a Cattolica (1009).

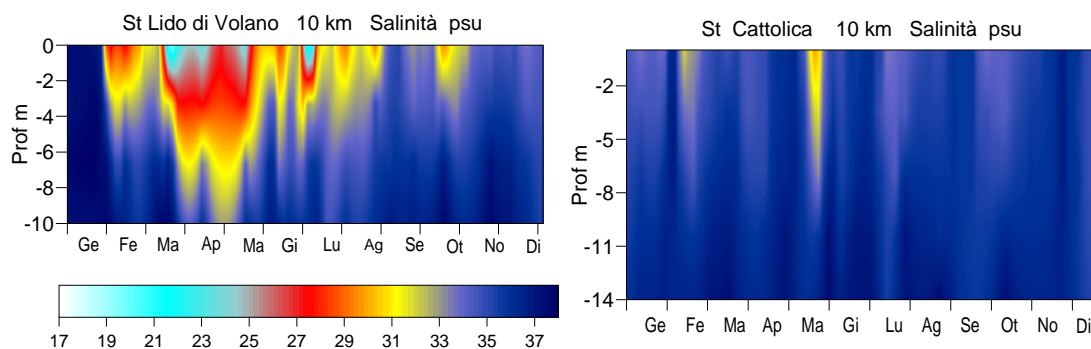


Figura 39 – Isolinee della salinità rilevate nelle stazioni a 10 km al largo di Lido di Volano e Cattolica

Durante i controlli effettuati con la motonave Daphne si è rilevata la presenza, lungo il transetto di Lido di Volano, di marcate stratificazioni che hanno coinvolto i primi metri della colonna da costa al largo come ad esempio il 21 marzo e il 05 luglio, rappresentati in Figura 40, poco dopo l'aumento di portata registrato dal bacino padano.

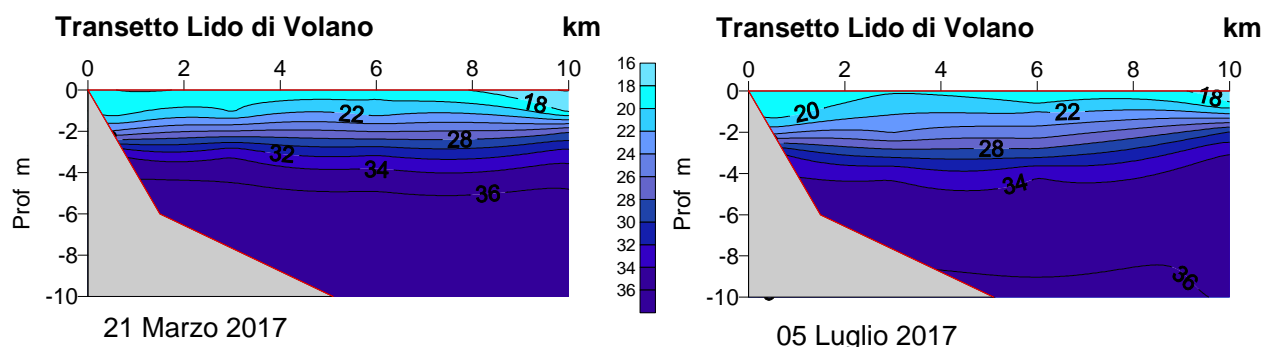


Figura 40 – Isolinee di salinità lungo il transetto di Lido di Volano rilevate durante i controlli del 21 marzo e 05 luglio

A marzo proprio nella stazione 1002 si è registrato il valore più basso in assoluto del 2017 pari a 16.45 psu ed il profilo di Figura 41 eseguito con la sonda evidenzia nel dettaglio il picnoclino lungo la colonna.

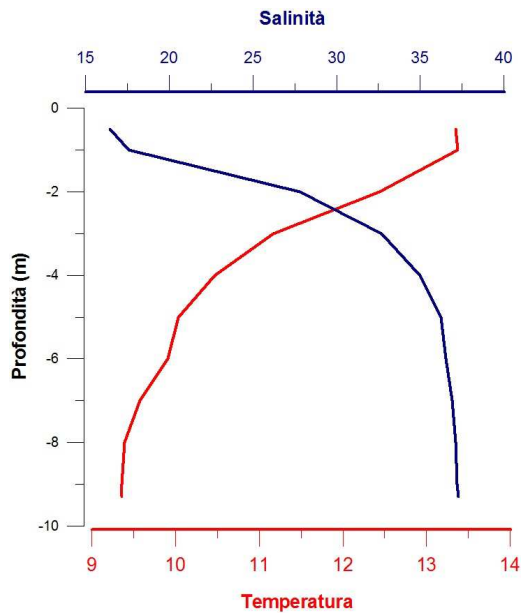


Figura 41 – Profilo verticale di salinità (PSU) e temperatura (°C) nella stazione 1002 il 21 marzo 2017

Lungo l'area meridionale si rilevano valori bassi di salinità più frequentemente nelle stazioni prossime alla costa dopo eventi meteorologici di pioggia che contribuiscono ad aumentare le portate dei fiumi costieri. In Figura 42 si evidenzia la condizione lungo il transetto di Cattolica il 14 febbraio con aumento progressivo della salinità da costa a largo.

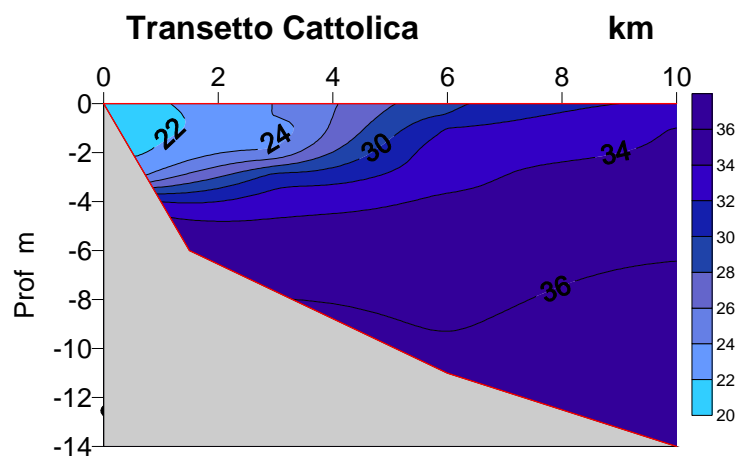


Figura 42 – Isolinee di salinità (psu) lungo il transetto di Cattolica rilevate durante i controlli del 14 febbraio

Ossigeno disciolto

I valori di ossigeno disciolto in mare e le sue fluttuazioni sono elementi fondamentali per controllare lo stato ambientale dell'ecosistema marino costiero.

Da sempre il tratto antistante l'Emilia Romagna viene considerato un ambiente eutrofico, ossia molto produttivo, strettamente correlato alla presenza frequente di fioriture microalgali.

Quando si instaurano condizioni di eutrofizzazione prolungate nel tempo in concomitanza a situazioni meteo marine favorevoli come stasi idrodinamica e temperature elevate, l'ecosistema marino può entrare in una fase di criticità per l'insorgere a livello di fondale di stati di ipossia/anossia. Le diminuzioni di ossigeno disciolto negli ultimi metri della colonna, se prolungate nel tempo ed estese in termini spaziali, possono portare ad una sofferenza della comunità bentonica che popola il fondale marino con ripercussioni in seguito anche sui comparti trofici superiori.

Nel 2017 si sono verificati limitati episodi di criticità sul fondo che hanno interessato quasi esclusivamente l'area centro settentrionale. Questa condizione è stata strettamente correlata alla presenza di maggiori abbondanze microalgali a nord rispetto a quelle rilevate a sud della costa.

L'elaborazione delle medie annuali di Figura 43 mostra valori più elevati in superficie rispetto al fondo sia nelle stazioni a 0.5 km dalla costa sia in quelle a 3 km.

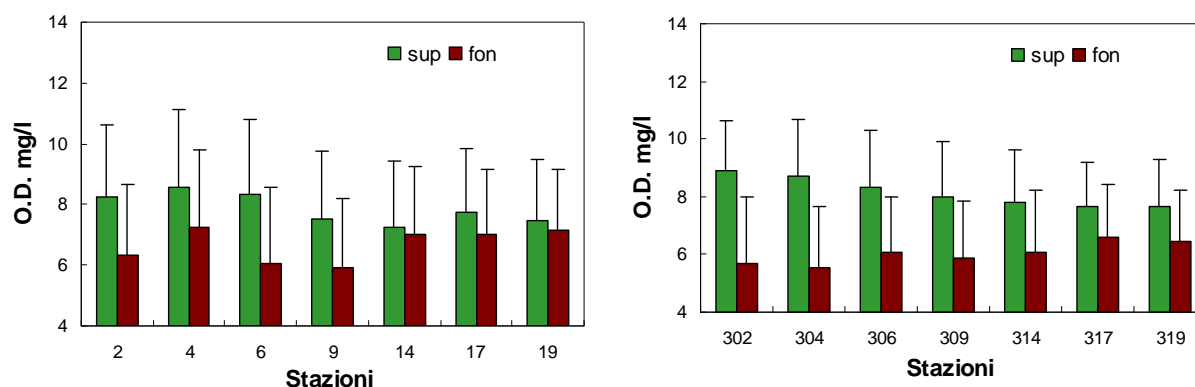


Figura 43 – Valori medi annuali e deviazioni standard di ossigeno disciolto nelle acque di superficie e sul fondo nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

In superficie si osserva sempre una maggior fluttuazione dell'ossigeno rispetto al fondo (Figura 44); la presenza di elevate concentrazioni di fitoplancton e quindi l'incremento del loro metabolismo autotrofo, comporta un aumento della concentrazione dell'ossigeno disciolto che raggiunge a volte valori anche al di sopra del limite di saturazione. A fine ciclo vitale la componente microalgale si deposita sul fondo attivando i microrganismi eterotrofi che vivono a contatto con il sedimento. I detritivori, degradando la componente organica depositata, consumano ossigeno in prossimità del fondo e poi, se il fenomeno si protrae nel tempo, anche lungo la colonna.

Il valore più basso registrato è stato pari a 0.22 mg/l nella stazione 302 durante i controlli del 01-02 agosto. Le mappe rappresentate in Figura 45 mostrano la distribuzione delle concentrazioni di ossigeno disciolto sul fondo durante i controlli ad inizio agosto ed a ottobre. In queste occasioni si sono rilevate le situazioni più critiche del 2017 confermando come l'area centro settentrionale sia più sensibile a decrementi di ossigeno sul fondo rispetto a quella meridionale.

Il monitoraggio del 16-17 ottobre è risultato essere quello più problematico con una forte anossia riscontrata in alcune aree localizzate in costa tra Porto Garibaldi e Casalborgorsetti ed a 3

km davanti a Lido di Volano; in seguito, condizioni di mare mosso hanno contribuito a ripristinare velocemente condizioni migliori sul fondo. Non si sono infatti riscontrate situazioni di sofferenza sulle biocenosi bentoniche che vivono a stretto contatto con il sedimento marino.

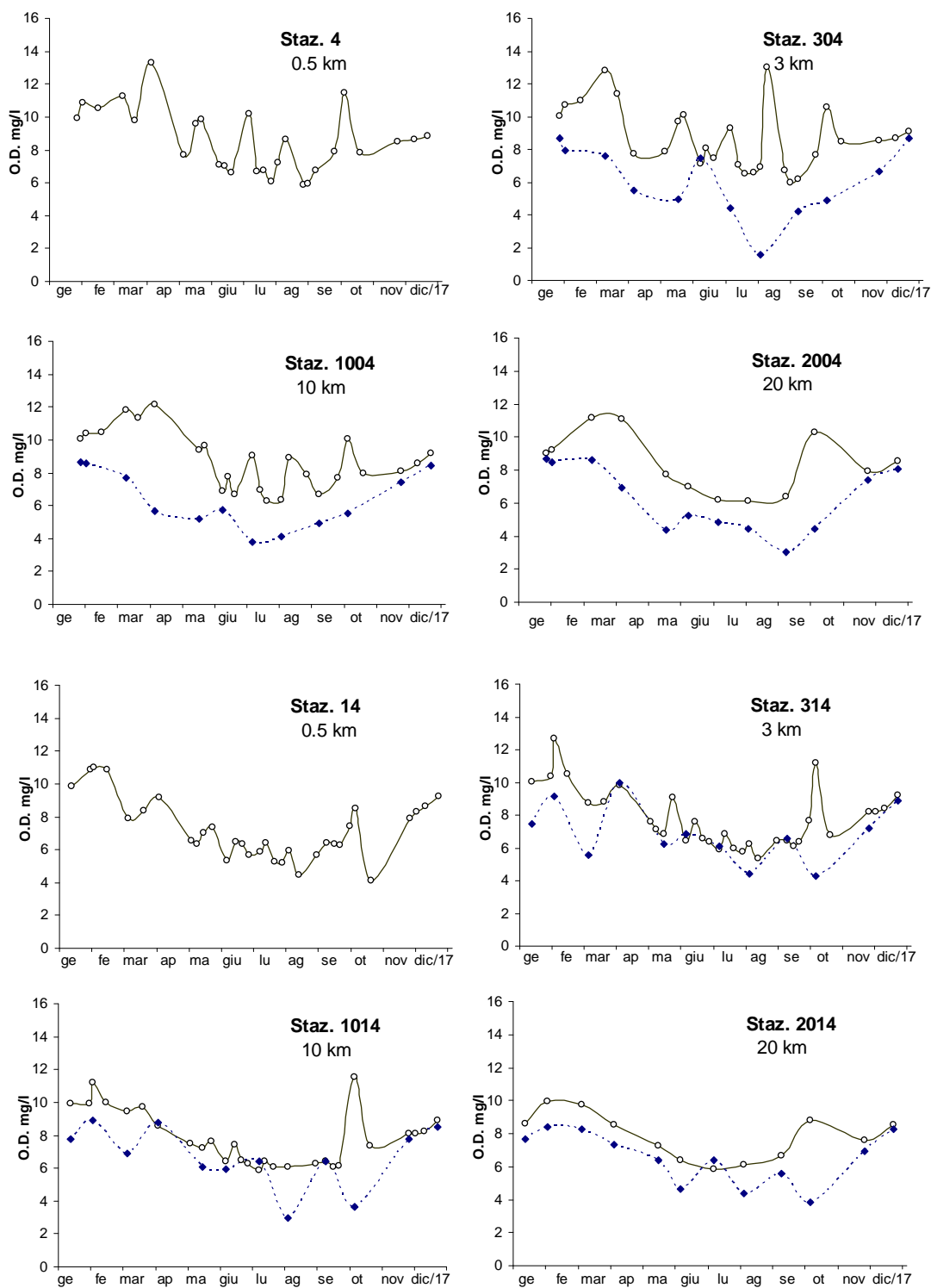


Figura 44 – Andamento temporale dell’ossigeno disciolto in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nei transesti di Porto Garibaldi e Cesenatico

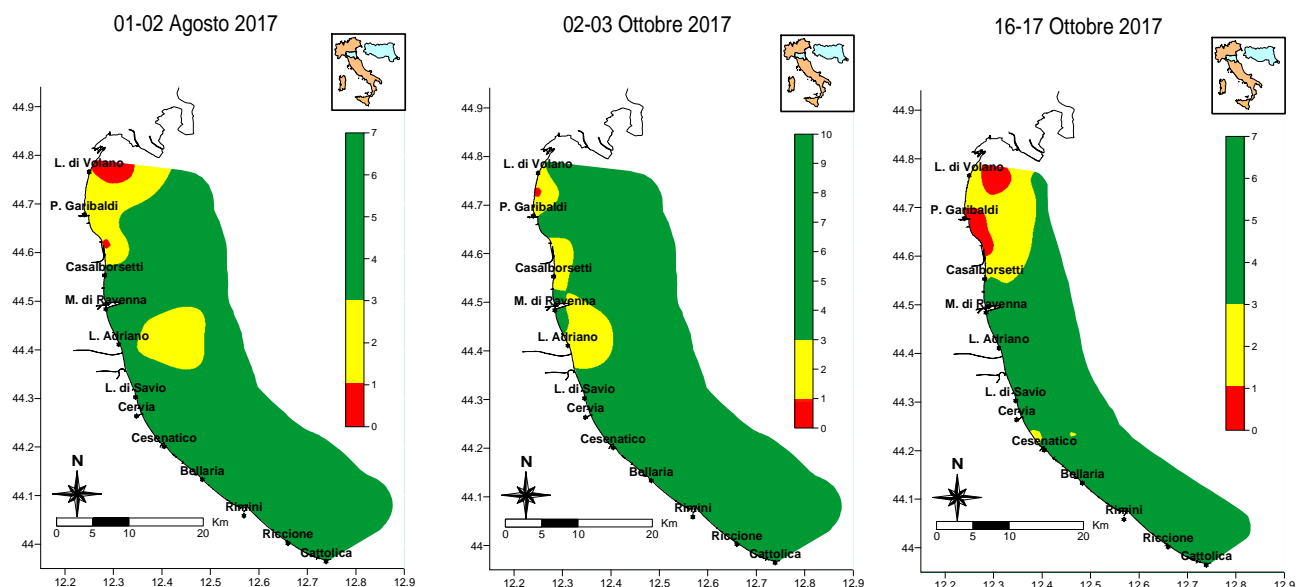


Figura 45 – Mappe di distribuzione dell'ossigeno disciolto sul fondo lungo la costa in alcuni controlli di agosto e ottobre

2.3.1.c Clorofilla “a”

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

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

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

La frequenza di indagine è quindicinale (1^a e 3^a settimana di ogni mese) e non bimestrale come prevede il D.M. 260/10. La maggior frequenza deriva dalla necessità di tenere più frequentemente monitorate le diverse fasi eutrofiche essendo l’eutrofizzazione 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.M. 260/10.

Nella

Figura 46, si riportano gli andamenti della clorofilla “a” nel 2017 nelle varie stazioni di campionamento. Osservando i grafici si nota che, come già osservato in passato, le stazioni più settentrionali presentano concentrazioni maggiori di clorofilla “a” soprattutto nei mesi primaverili (marzo-aprile), mentre i valori più bassi si rilevano durante il periodo estivo.

Le stazioni ubicate più a nord sono caratterizzate in genere da una variabilità maggiore rispetto a quelle più meridionali e tale variabilità ha una elevata corrispondenza con le portate fluviali in particolare del Po (Figura 34).

Infine, un secondo picco di clorofilla “a”, sebbene di minore intensità, è stato osservato durante il mese di ottobre in tutte le stazioni costiere.

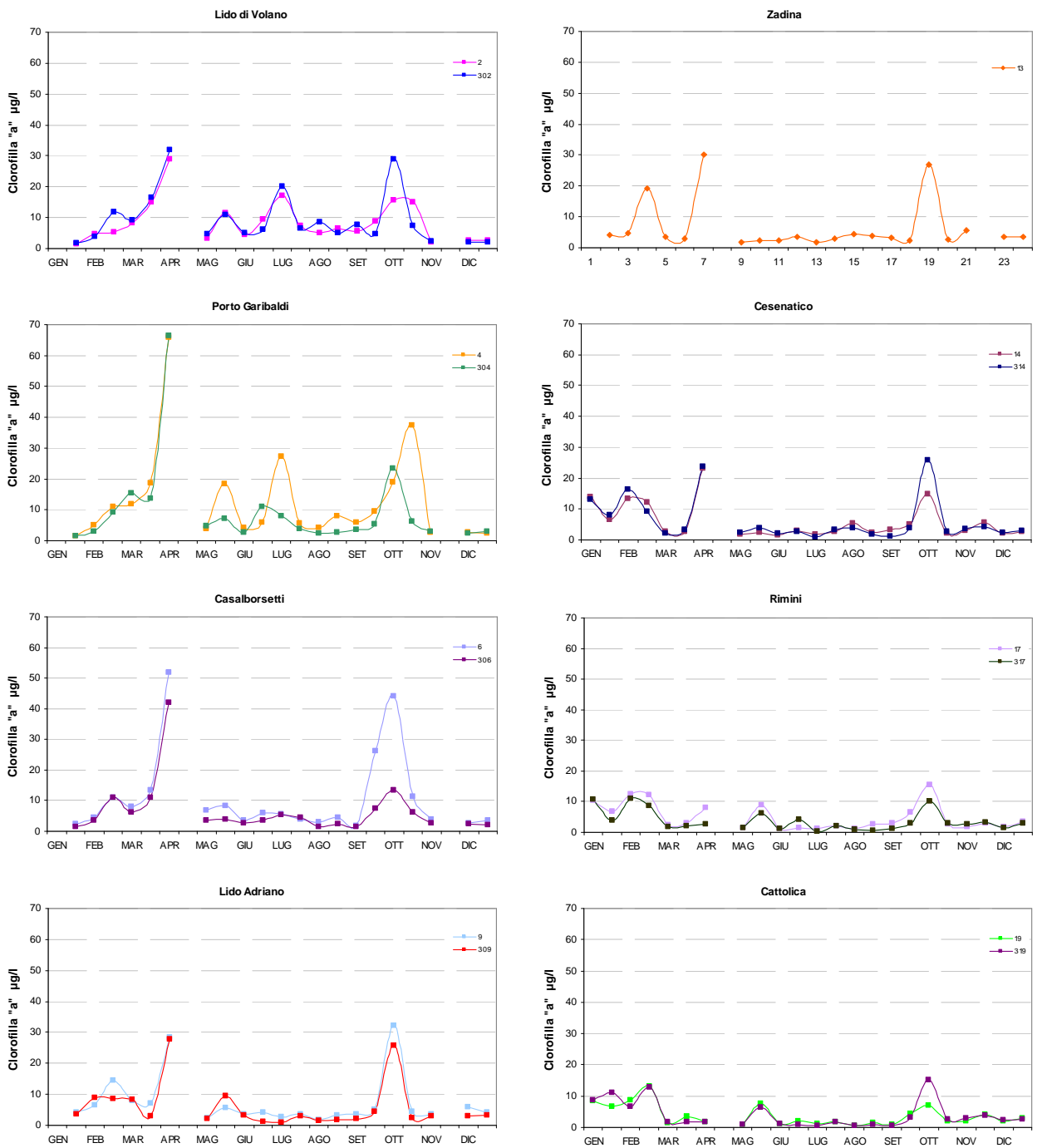


Figura 46 – Andamenti temporali della clorofilla “a” in superficie nelle stazioni a 0.5 e 3 km di distanza dalla costa nei corpi idrici CD1 (stazioni 2, 302, 4, 304, 6, 306) e CD2 (stazioni 9, 309, 13, 14, 314, 17, 317, 19, 319): anno 2017

Ai fini della valutazione dello Stato di Qualità Ambientale, si seguono le metriche proposte nel D.M. 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 o $\mu\text{g}/\text{l}$) di concentrazione di clorofilla “a”.

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

Per l’EQB fitoplancton il D.M. 260/10 riporta come modalità di calcolo, condizioni di riferimento e limiti di classe per il macrotipo 1 i seguenti criteri:

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

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

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

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

La Tabella 3 riporta le medie geometriche/anno di clorofilla “a” per ciascuna stazione e lo stato di qualità dei corpi idrici CD1 e CD2 per il 2017. La situazione rilevata evidenzia come l’EQB Fitoplancton sia un elemento significativo a rimarcare la condizione eutrofica di tale area e presenti ampie fluttuazioni condizionate prevalentemente dalle condizioni meteorologiche che si verificano. Nella Tabella 3 risulta evidente un trend decrescente nord-sud dei valori di clorofilla “a” che attribuiscono al corpo idrico CD1 (Goro-Ravenna) valori di medie geometriche/anno più alti rispetto al CD2 (Ravenna-Cattolica).

In Figura 47 si riportano le mappe di distribuzione delle medie stagionali di clorofilla “a”.

Per il periodo considerato lo stato di qualità dei corpi idrici per l’EQB Fitoplancton (Tabella 3) è “Sufficiente” per entrambi i corpi idrici.

Tabella 3 – Medie geometriche annuali per stazione della clorofilla “a” (µg/l) e stato di qualità dei corpi idrici per l’EQB Fitoplancton

Corpo idrico	Stazione	2017	
CD1 Goro-Ravenna	2	6,59	6.35 Sufficiente
	302	6,74	
	4	7,96	
	304	5,67	
	6	6,71	
	306	4,41	
CD2 Ravenna-Cattolica	9	5,27	3.64 Sufficiente
	309	3,82	
	13	4,24	
	14	4,13	
	314	4,11	
	17	3,48	
	317	2,61	
	19	2,61	
319	2,45		

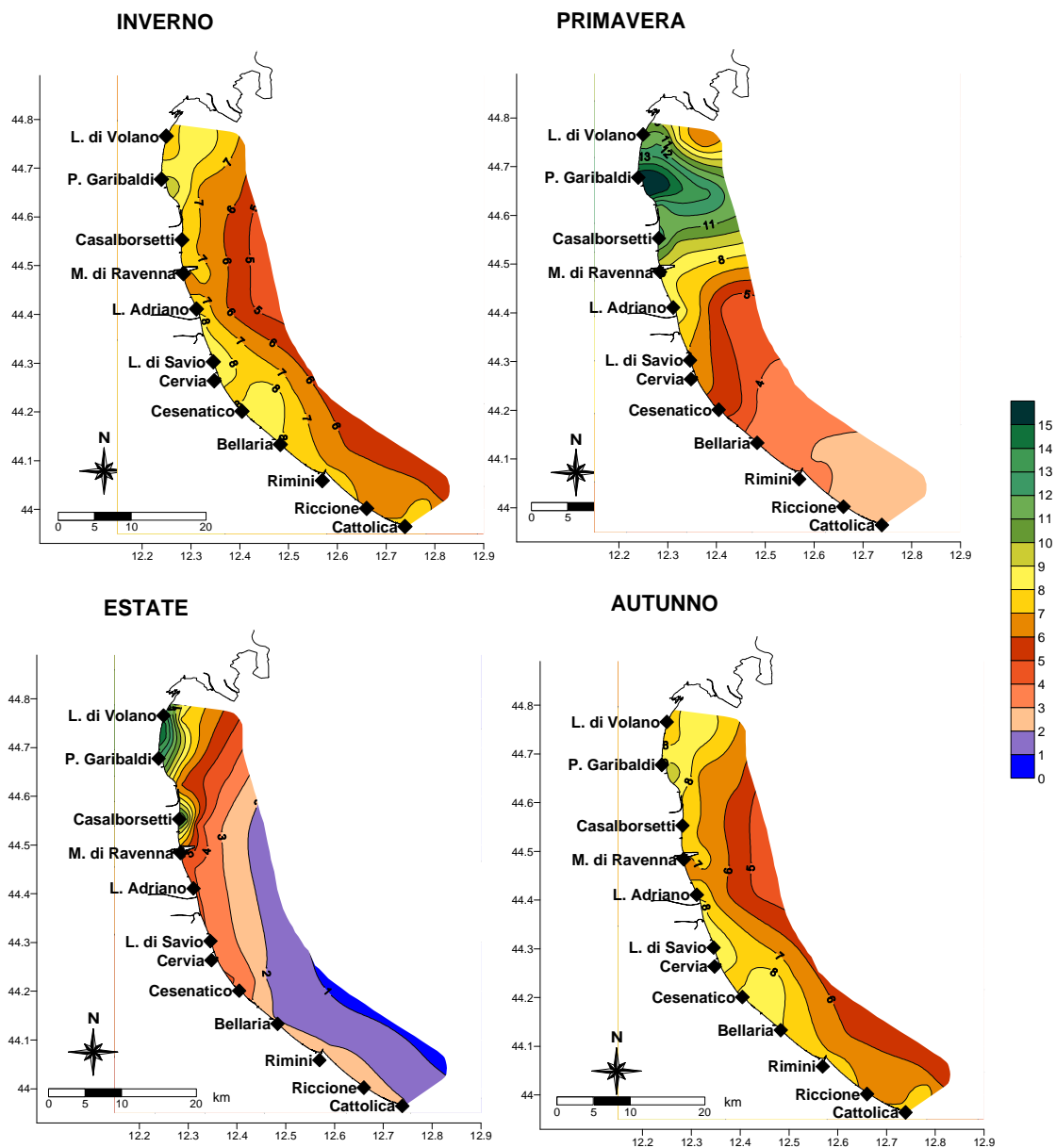


Figura 47 – Mappe di distribuzione della clorofilla “a” ($\mu\text{g/l}$) da costa a 10 km al largo in superficie (medie stagionali)

2.3.2 Elementi nutritivi

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

L'azoto nitrico è una componente solubile dell'azoto ed il suo andamento durante l'anno è strettamente correlato alle portate dei fiumi che sfociano lungo le coste dell'Emilia Romagna e del Po.

L'elaborazione per stagione dei dati rilevati durante i controlli nel 2017 ha confermato concentrazioni maggiori in inverno e minime in estate in corrispondenza di basse portate, e soprattutto una tendenza ad una diminuzione da nord a sud (Figura 48). Fa eccezione la stazione 6 posizionata a 0.5 km antistante Casalboretto che ha mostrato in media le concentrazioni più alte pari a 951 $\mu\text{g/l}$ in autunno.

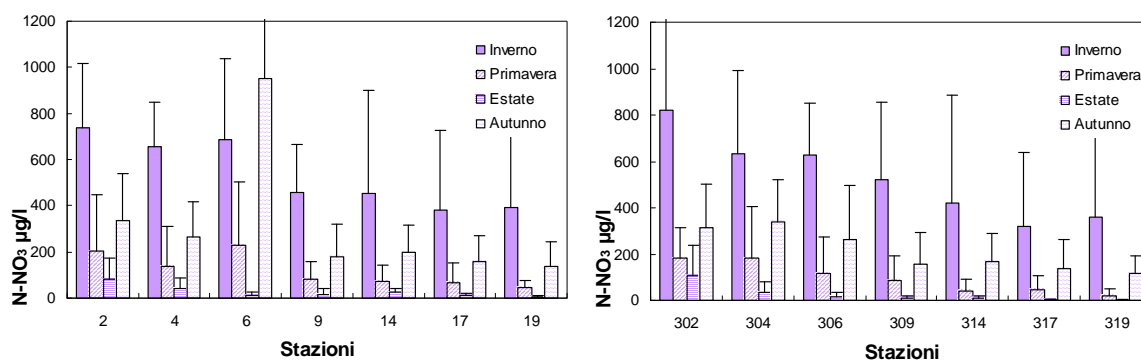


Figura 48 – Valori medi stagionali con deviazione standard dell'azoto nitrico nelle acque in superficie a 0.5 e 3 km dalla costa

Analizzando i dati rilevati lungo transetti elaborati in Figura 49 si evidenzia una distribuzione delle medie annuali con netti gradienti di concentrazione decrescenti da costa verso il largo nelle stazioni centro meridionali; questo andamento indica l'influenza diretta dei bacini costieri in ambiente marino e la diluizione progressiva delle acque dolci immesse che avviene man mano ci si allontana dalla costa. I transetti di Lido di Volano e Porto Garibaldi si discostano da questo andamento essendo maggiormente soggetti a variazioni di carichi; in particolare la stazione 2 mostra valori maggiori al largo sia per le basse profondità sia per effetto di una minore circolazione delle masse d'acqua che non disperde verso sud le acque di provenienza fluviale.

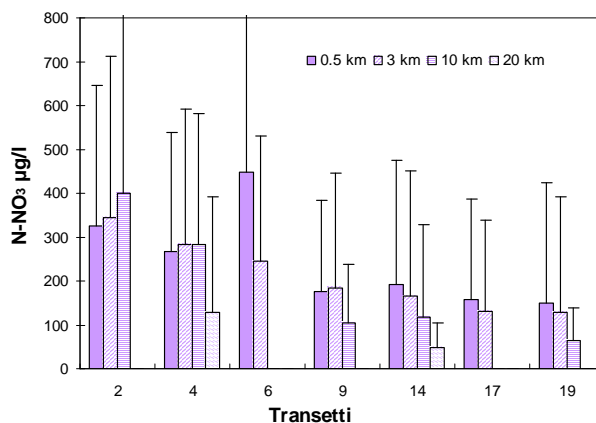


Figura 49 – Valori medi annuali e deviazione standard dell'azoto nitrico in superficie calcolate nelle stazioni lungo transetti a 0.5, 3, 6, 10 20 dalla costa

A conferma del diverso confinamento delle acque nelle stazioni più settentrionali, nei diagrammi multipli di Box e Whiskers in Figura 50 si sottolinea la maggior variabilità del parametro da Lido di Volano a Casalborsetti rispetto alle altre stazioni posizionate più a sud.

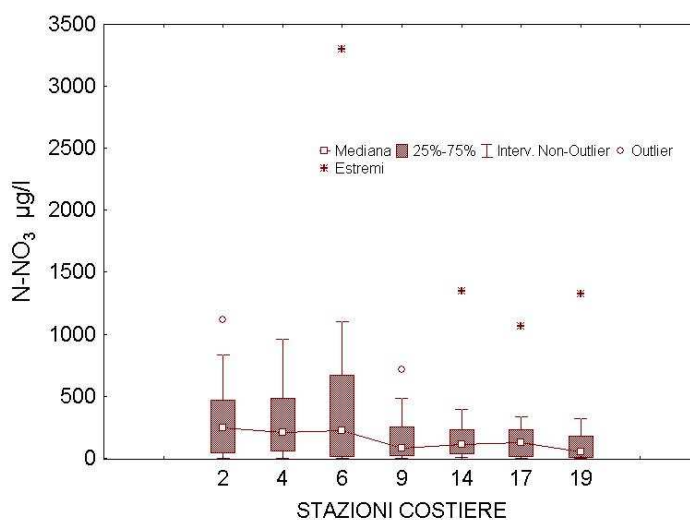


Figura 50 - Diagrammi multipli di Box e Whiskers dell'azoto nitrico in alcune stazioni a 0.5 km dalla costa

Analizzando l'andamento temporale dell'azoto nitrico rilevato nella stazione 6 (Figura 51) si rilevano concentrazioni variabili da maggio a giugno, basse in estate in concomitanza a limitate immissioni dai bacini costieri e un picco importante a novembre. Durante il monitoraggio del 21 novembre si è rilevato infatti il valore più elevato pari a 3302.7 µg/l in superficie, il massimo in assoluto in tutto il 2017.

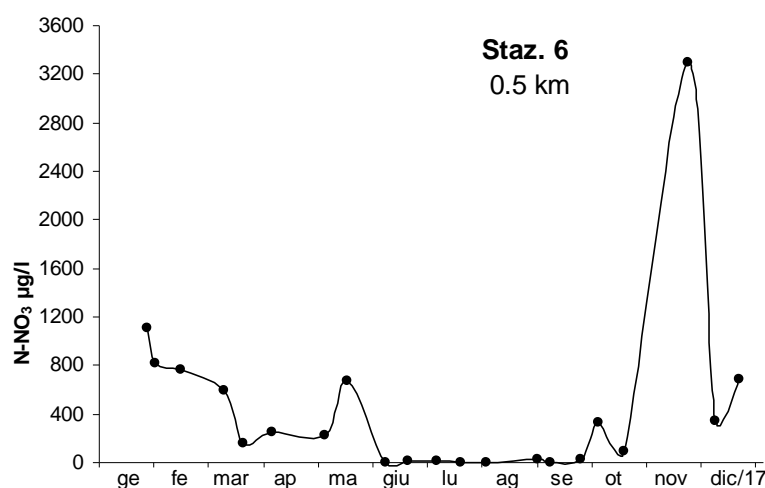


Figura 51 – Andamento temporale dell'azoto nitrico in superficie nella stazione a Casalborsetti a 0.5 km dalla costa

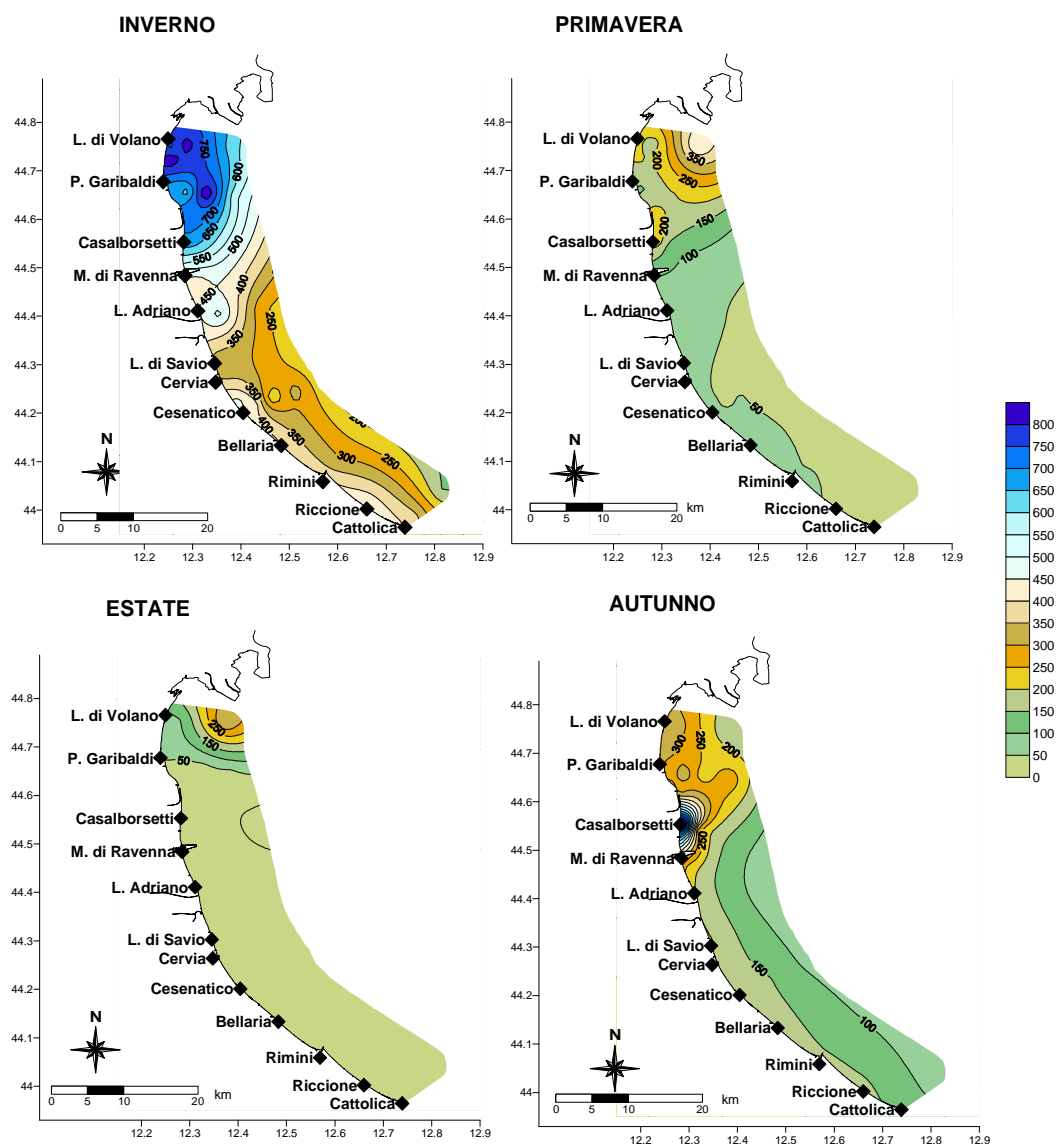


Figura 52 – Mappe di distribuzione delle medie stagionali dei nitrati in superficie ($\mu\text{g/l}$)

La distribuzione stagionale rappresentata nelle mappe di Figura 52 fotografa la situazione rilevata in superficie lungo tutta la costa fino a 10 km al largo.

In Figura 53 sono rappresentate le distribuzioni dell’azoto nitrico da gennaio a dicembre nelle stazioni lungo i transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico da 0.5 a 20 km al largo, in superficie e sul fondo. In superficie in entrambi i casi il parametro mostra maggiori fluttuazioni rispetto ai dati di fondo più lineari ed omogenei.

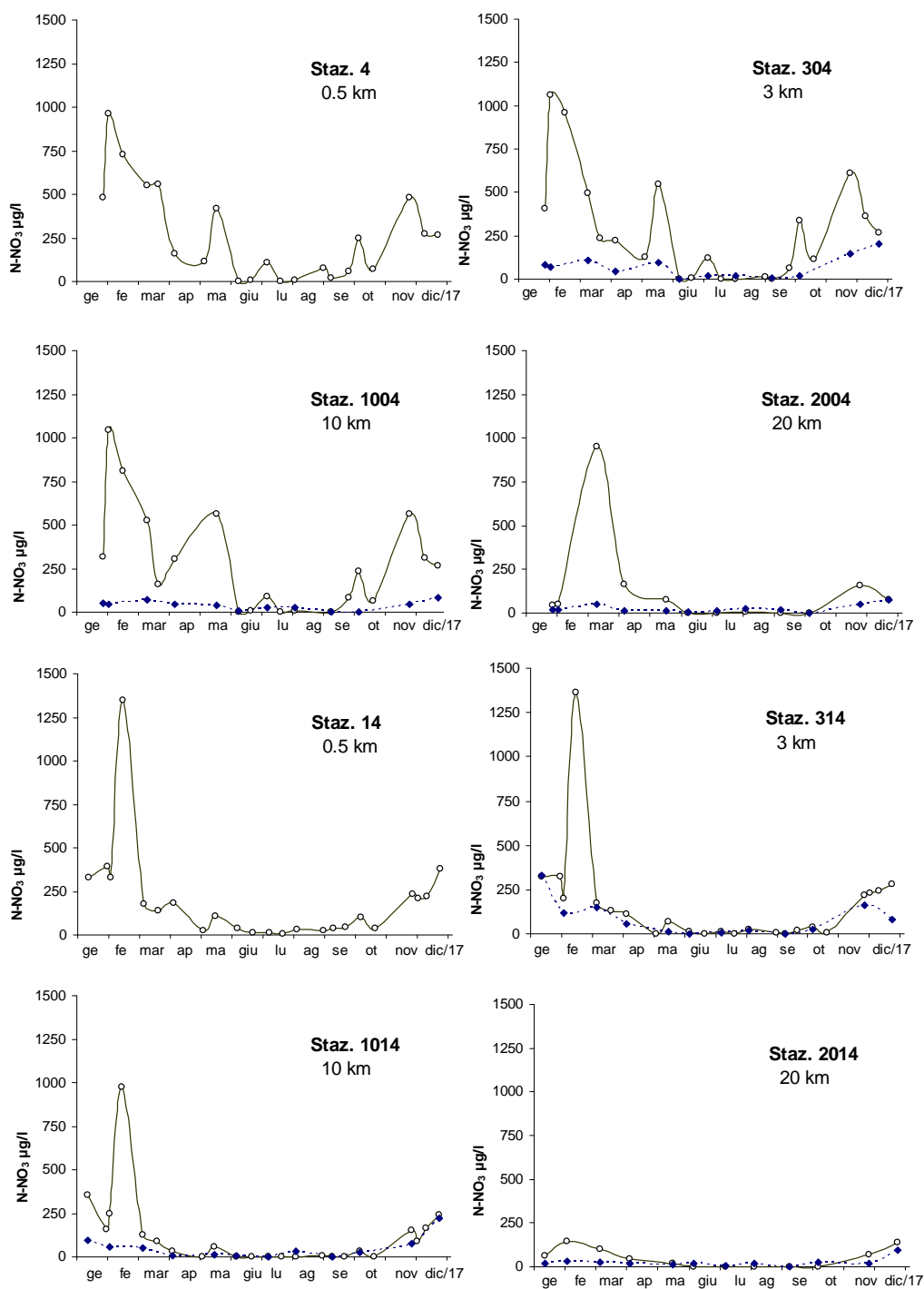


Figura 53 – Andamenti temporali dell’azoto nitrico in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo i due transetti di Cesenatico e Porto Garibaldi

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

Un'altra componente dell'azoto solubile è l'azoto nitroso che durante l'anno mostra un andamento molto simile a quello rilevato per l' $N-NO_3$, anche se con concentrazioni inferiori (Figura 54), con variazioni strettamente correlate alle portate dei fiumi.

Analizzando le concentrazioni rilevate in superficie si evidenziano fluttuazioni maggiori del parametro nelle stazioni settentrionali, a ridosso del delta padano, rispetto a quelle più meridionali che tendono ad essere più contenute ed omogenee.

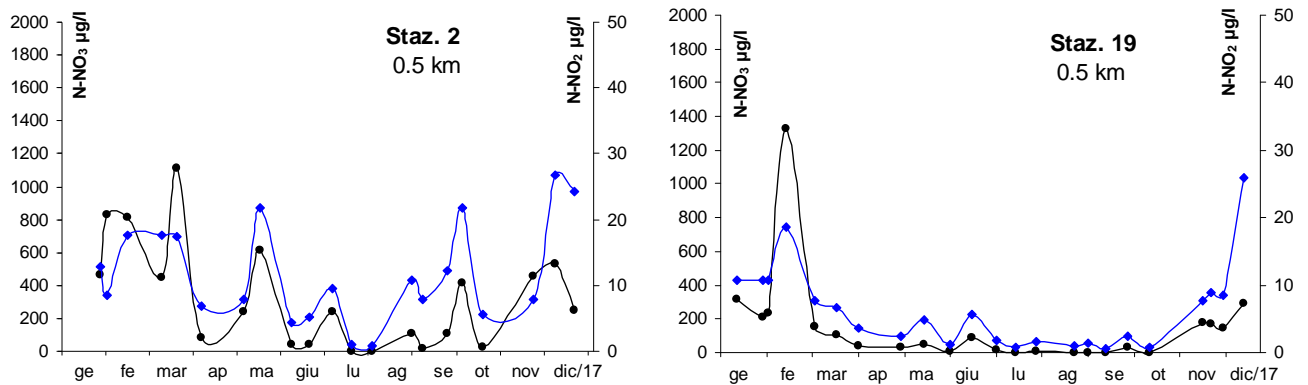


Figura 54 – Andamenti temporali dell'azoto nitrico (linea nera) e dell'azoto nitroso (linea blu) nelle stazioni a 0.5 km dalla costa antistante Lido di Volano e Cattolica

Anche nelle stazioni posizionate a 3 km dalla costa la variabilità è più accentuata nell'area nord rispetto a quella centro sud (Figura 55) nei periodi caratterizzati da un maggior apporto immesso dai fiumi.

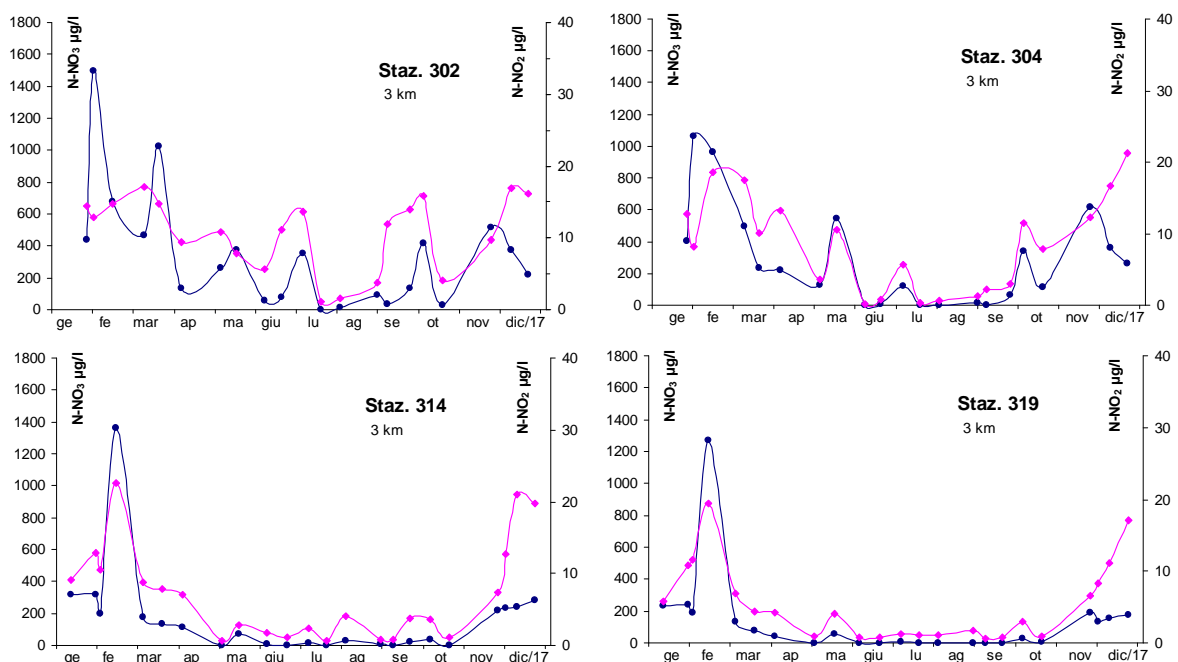


Figura 55 – Andamenti temporali dell'azoto nitrico (linea blu) e dell'azoto nitroso (linea fucsia) in superficie nelle stazioni a 3 km da costa davanti a L. di Volano, P. Garibaldi, Cesenatico e Cattolica

Le medie annuali e le relative deviazioni standard di Figura 56 mostrano un generale trend nord e sud e da costa a largo più marcato nelle stazioni più settentrionali.

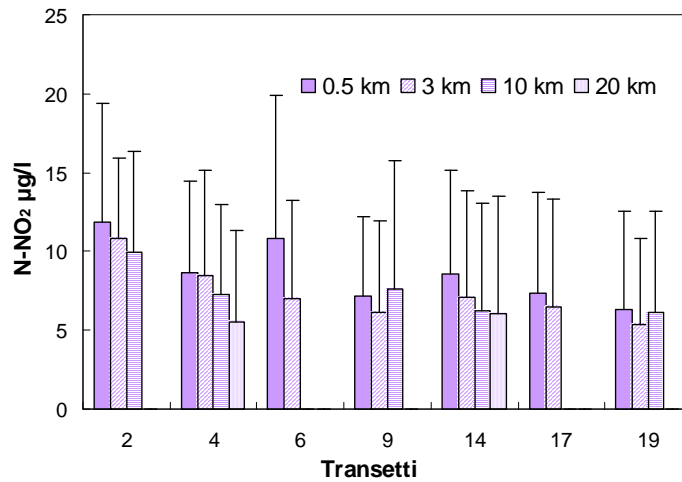


Figura 56 – Valori medi annuali e deviazioni standard dell’azoto nitroso in superficie calcolati nelle stazioni a 0,5, 3,10 e 20 km dalla costa

L’elaborazione delle medie stagionali sottolinea valori più elevati in tutte le stazioni in inverno ed in autunno in concomitanza a portate maggiori immesse dai fiumi costieri. In estate invece i valori sono più bassi anche se si osserva un gradiente più netto nord sud (Figura 57).

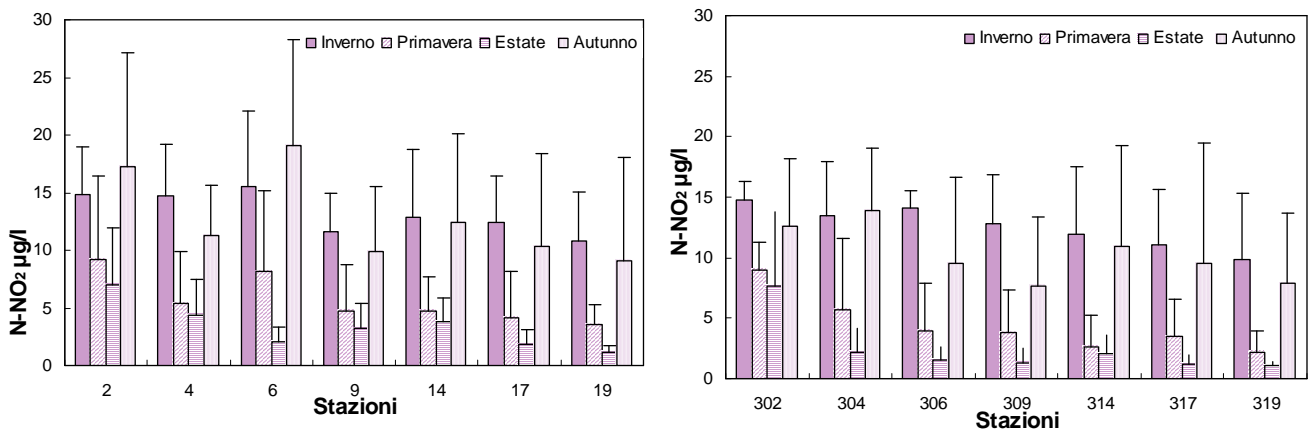


Figura 57 - Valori medi stagionali e deviazioni standard dell’azoto nitroso in superficie calcolati nelle stazioni a 0,5 e 3 km dalla costa

I valori massimi nel 2017 si sono registrati durante i controlli a dicembre nelle stazioni più costiere; nella stazione 18 a 0.5 km davanti a Riccione si è registrato il valori massimo in assoluto pari a 30 µg/l.

La distribuzione annuale in superficie e sul fondo nelle stazioni posizionate lungo la direttrice di Porto Garibaldi (Figura 58) evidenziano una maggior variabilità dell’N-NO₂ in superficie rispetto al fondo e più in costa rispetto al largo.

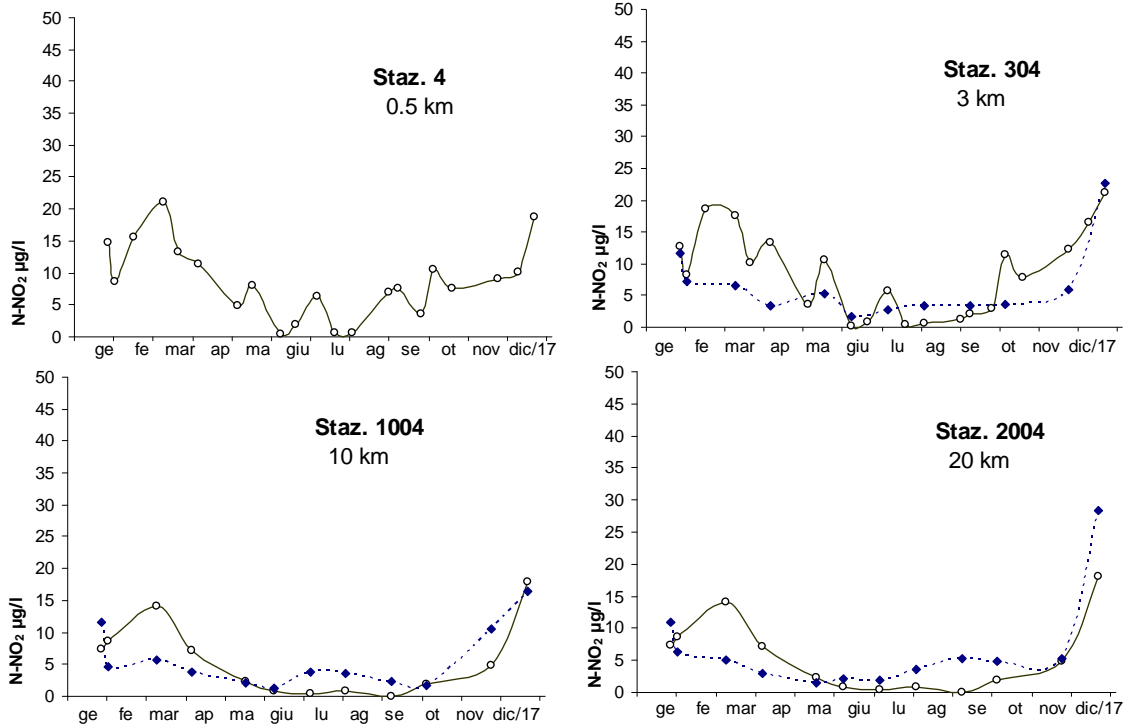


Figura 58 – Andamento temporale dell'azoto nitroso in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni lungo la direttrice di Porto Garibaldi

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

La presenza di azoto ammoniacale è per la maggior parte strettamente legata all'immissione di reflui generati dagli insediamenti urbani. I controlli effettuati durante l'anno hanno evidenziato concentrazioni maggiori nelle acque marine più vicino a costa rispetto a quelle posizionate più al largo. L'elaborazione delle medie annuali di Figura 59 conferma questo andamento più accentuato nelle stazioni situate nell'area centro settentrionale da Lido di Volano a Cesenatico.

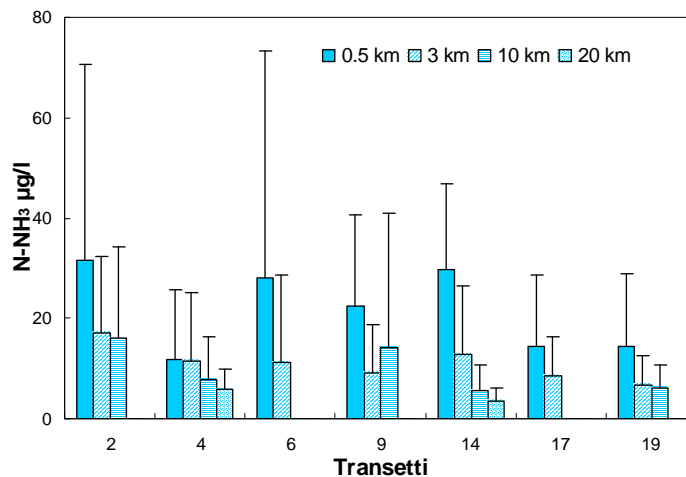


Figura 59 – Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto ammoniacale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

L'elaborazione con i diagrammi multipli di Box e Whiskers riporta inoltre la maggior variabilità nelle stazioni comprese tra L. di Volano e Cesenatico rispetto a quelle più meridionali, Rimini e Cattolica (Figura 60).

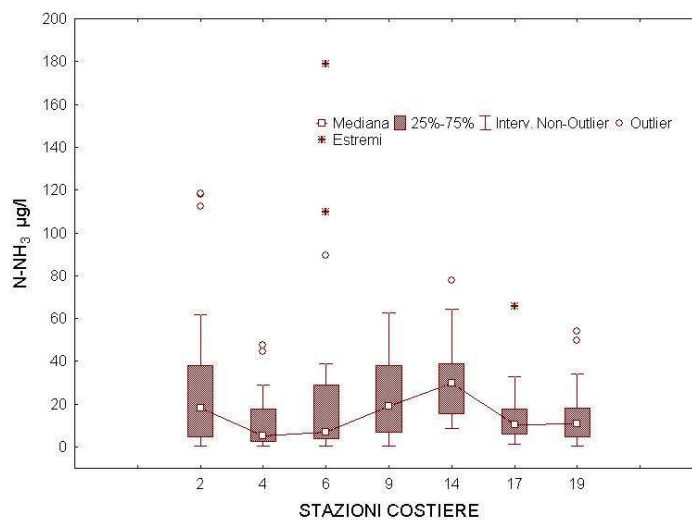


Figura 60 - Diagrammi multipli di Box e Whiskers dell'azoto nitrico in alcune stazioni a 0.5 km dalla costa

I dati medi stagionali confermano in generale la presenza di maggiori concentrazioni di $N-NH_3$ nelle acque strettamente più costiere, condizione più marcata in inverno ed in autunno (Figura 61).

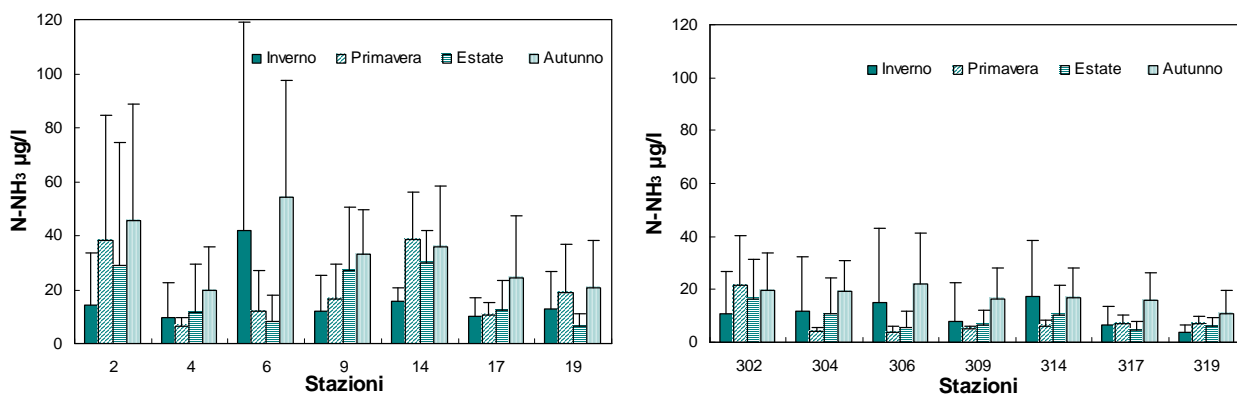


Figura 61 - Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'azoto ammoniacale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

L'andamento temporale in superficie dell'azoto ammoniacale lungo il transetto di Cesenatico mostra una diminuzione delle fluttuazioni man mano che ci si allontana dalla costa mentre sul fondo, da 3 ai 20 km, le concentrazioni rimangono più o meno simili (Figura 62). A livello di fondale la presenza di concentrazioni più alte rispetto a quelle rilevate in superficie sono dovute alla mineralizzazione della componente organica presente nel sedimento che rende solubile l'elemento rilasciandolo lungo la colonna. Il valore più alto registrato sul fondo è stato di 73.65 µg/l il 2 agosto nella stazione 1014 (10 km da costa).

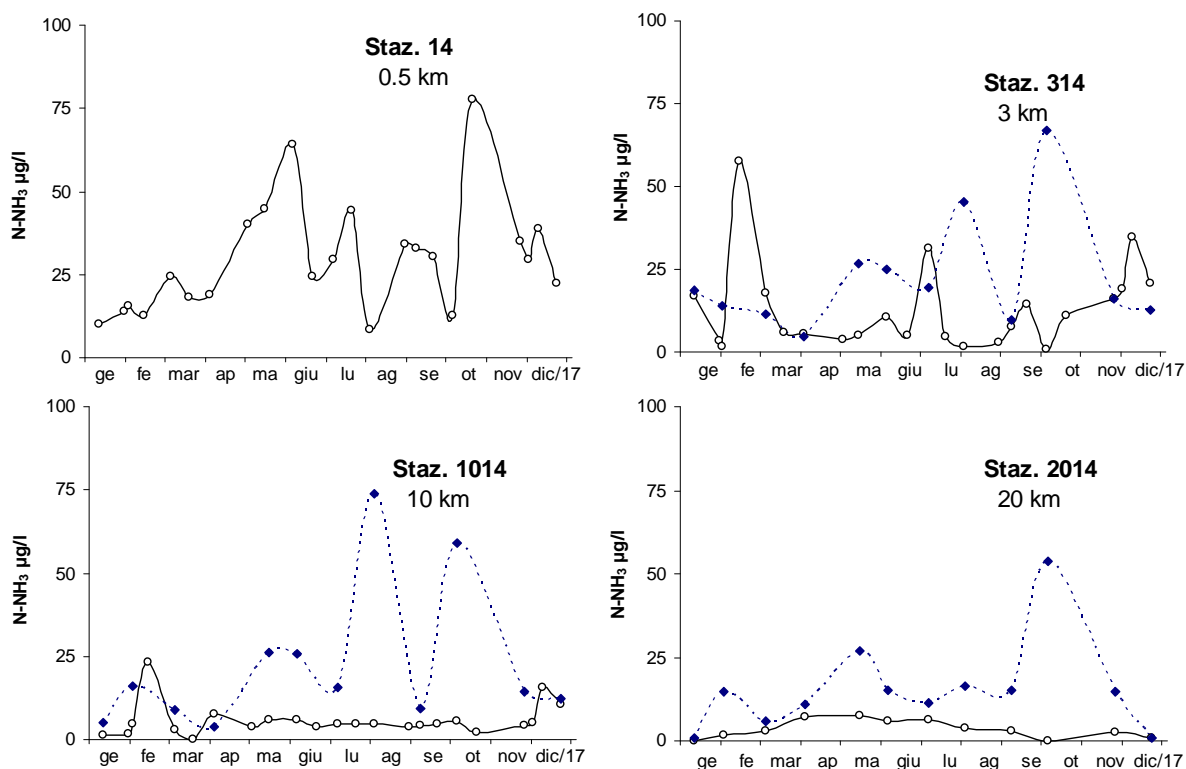


Figura 62 - Andamenti temporali dell'azoto ammoniacale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo il transetto di Cesenatico a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

In superficie il valore massimo registrato nel 2017 è stato di 178.96 $\mu\text{g/l}$ nella stazione a 0.5 km antistante Casalborsetti a fine gennaio.

La mappa di Figura 63 rappresenta la distribuzione dell' N-NH_3 in superficie durante il monitoraggio del 27-30 gennaio evidenziando valori alti proprio davanti a Casalborsetti (staz. 6) rispetto a tutta l'area controllata.

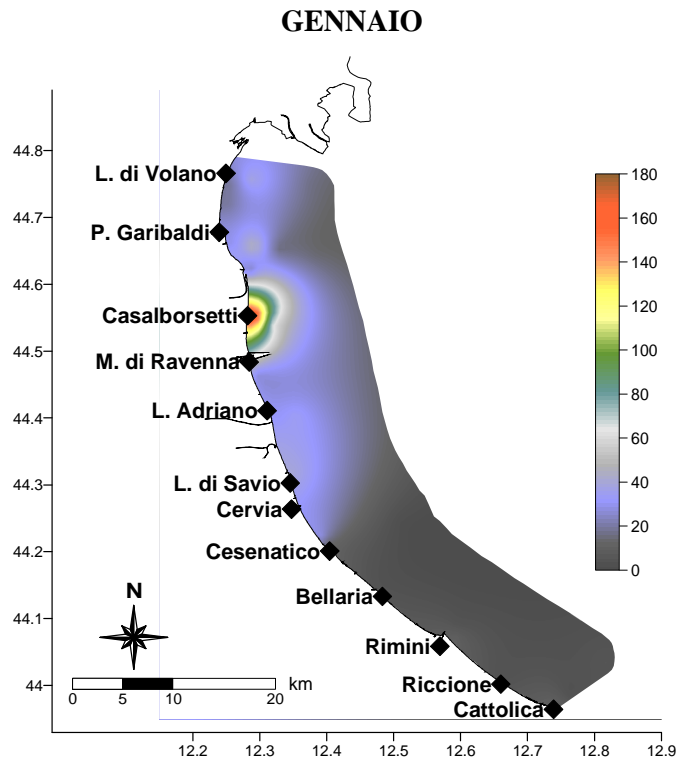


Figura 63 – Mappa di distribuzione in superficie dell'azoto ammoniacale da costa fino a 10 km al largo rilevato a gennaio

2.3.2.d Azoto inorganico disciolto (DIN)

L'azoto inorganico disciolto denominato anche DIN è determinato dalla somma delle concentrazioni analizzate delle tre forme azotate solubili considerate fino ad ora cioè N-NO₃, N-NO₂ e N-NH₃.

Anche nel 2017 la forma azotata predominante nelle acque analizzate è l'azoto nitrico.

La Figura 64 indica la distribuzione delle tre componenti azotate disciolte nella stazione 2, che dista 0.5 km da Lido di Volano. Solo nei controlli del 19 giugno e 29 agosto si rileva un contributo uguale o maggiore dell'azoto ammoniacale.

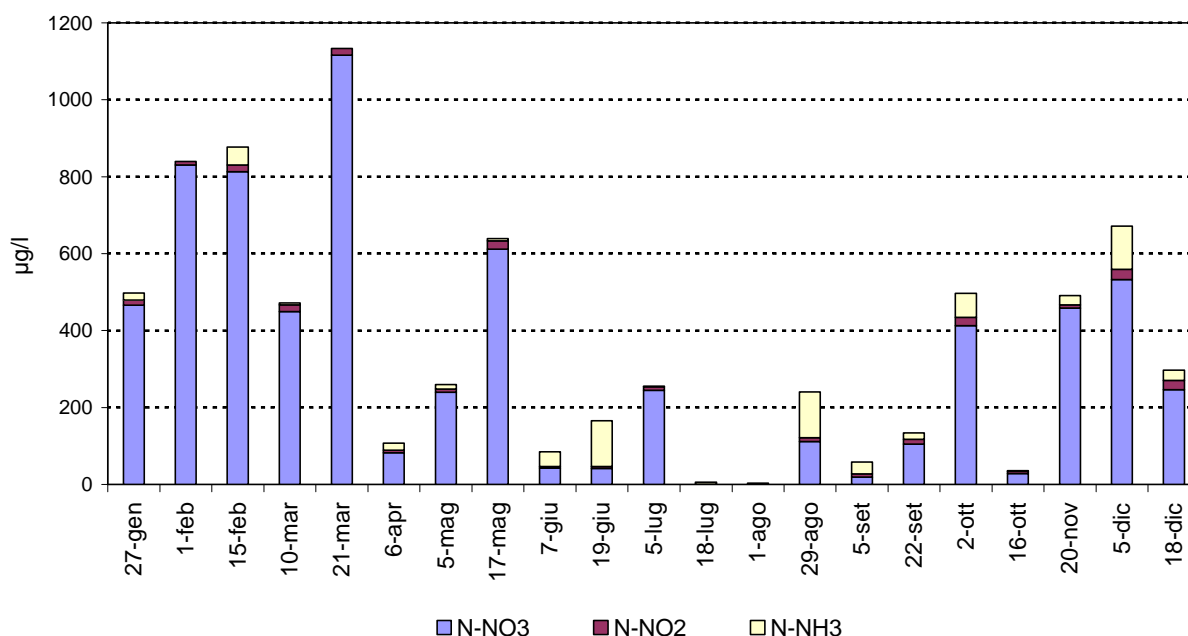


Figura 64 – Istogrammi in pila degli andamenti di nitrati, nitriti e azoto ammoniacale nella stazione di Lido di Volano a 0.5 km dalla costa

L'elaborazione delle medie mensili calcolate nel 2017 confrontate con il valore medio climatologico elaborato per il lungo periodo 1993-2002 ci permette di seguire il comportamento del DIN e verificarne eventuali variazioni e/o scostamenti. Il grafico di Figura 65 mette in evidenza le variazioni riscontrate in tre stazioni posizionate a 3 km dalla costa antistanti Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica. Si è riscontrato un abbassamento delle concentrazioni di DIN più marcato a giugno ed a dicembre nella stazione 304 ed a gennaio per le altre due stazioni la 314 e la 319. Per tutte queste stazioni si osserva un incremento importante a febbraio che si discosta nettamente dal valore di riferimento calcolato per la media climatologica. Un lieve incremento rispetto alla condizione "normale" di riferimento rappresentata dalla climatologia si è rilevato a Porto Garibaldi nel mese di novembre.

In Figura 66 è possibile osservare la variazione di concentrazione medie geometriche annuali delle forme solubili per un lungo periodo che parte dal 1983 fino al 2017. Le curve polinomiali di terzo grado (linee continue) consentono di valutare la variabilità interannuale più pronunciata nell'area settentrionale direttamente interessata dalle acque dolci padane, più stabile da Cesenatico a Cattolica. Le linee rette tratteggiate (trend lineare) invece mostrano in termini assoluti l'evoluzione complessiva del sistema evidenziando un aumento della

componente azotata nelle stazioni più settentrionali mentre nelle restanti stazioni si mantiene una certa stabilità.

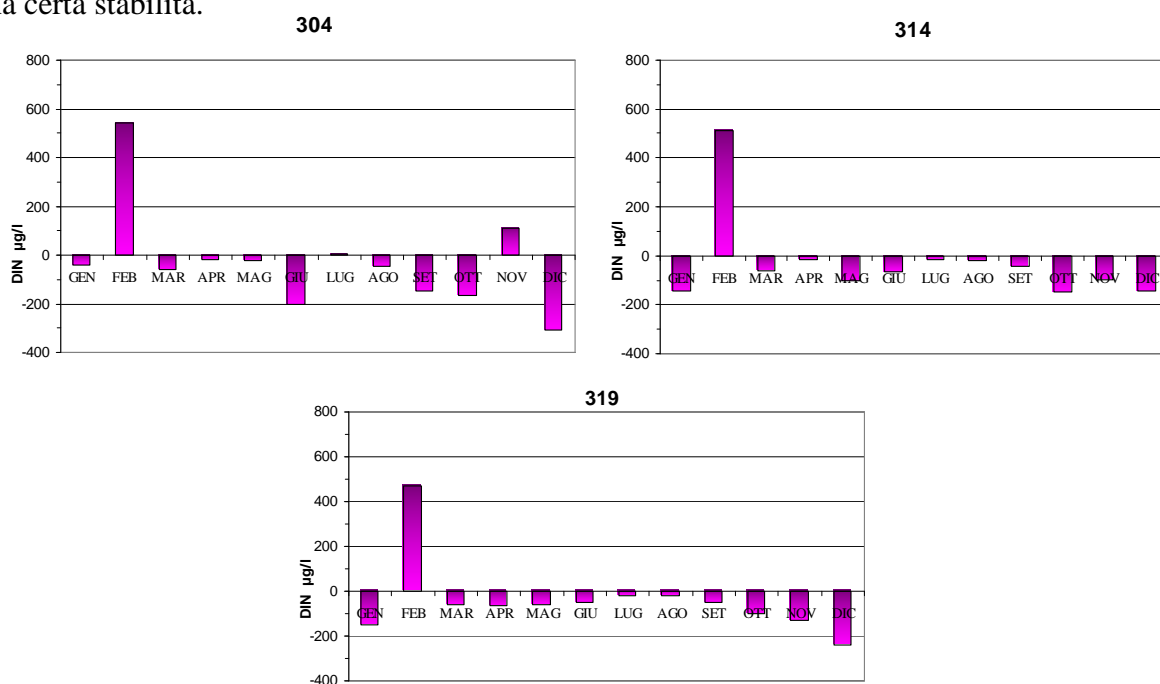


Figura 65 - Variazione dei valori medi mensili del DIN nelle stazioni a 3 km dalla costa antistante Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica a confronto con il valore medio climatologico

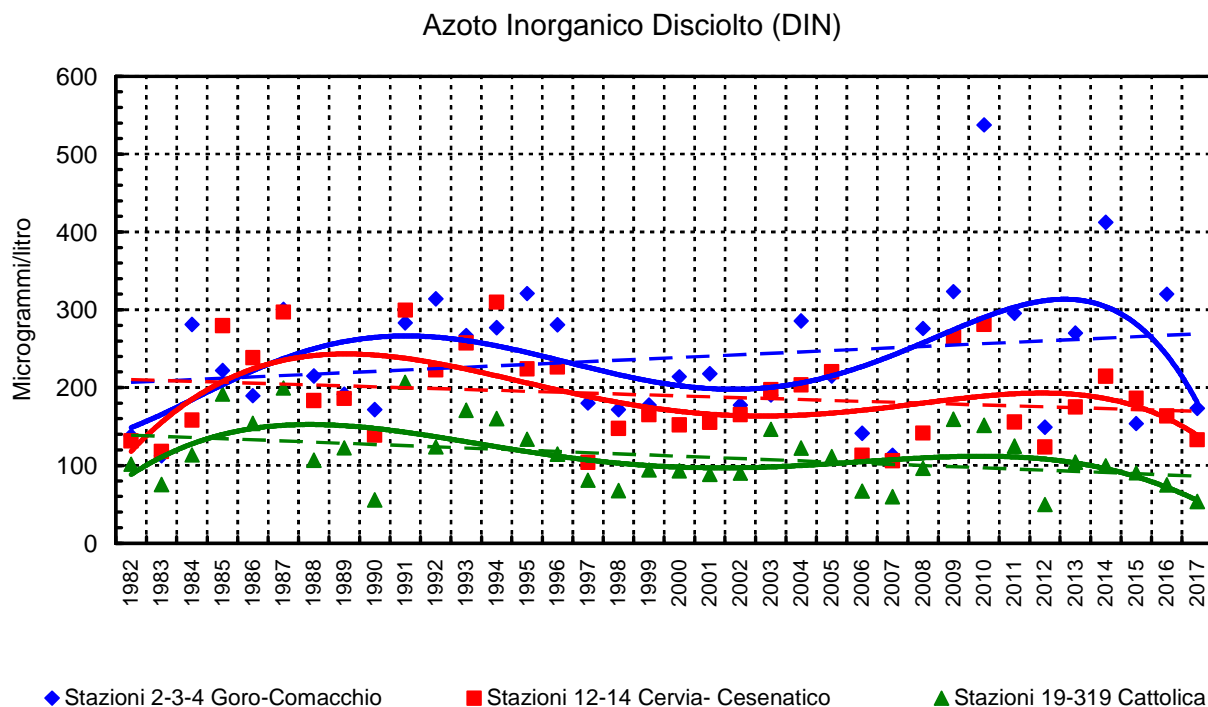


Figura 66 – Medie geometriche annuali per trend evolutivo del DIN in tre aree lungo la costa emiliano romagnola (periodo 1983-2017)

2.3.2.e Azoto totale (N tot)

L'andamento dell'azoto totale nel 2017 mostra come per le altre forme azotate delle similitudini con valori medi in diminuzione da nord a sud e da costa a largo anche se meno pronunciati in particolare nei transetti estremi lungo la costa, Lido di Volano a nord e Cattolica a sud (Figura 67). Questa condizione conferma l'influenza diretta degli apporti dal bacino padano in tutta l'area settentrionale.

Fa eccezione ancora la stazione 6 davanti Casalboretto con il valore medio più alto pari a 918.9 µg/l.

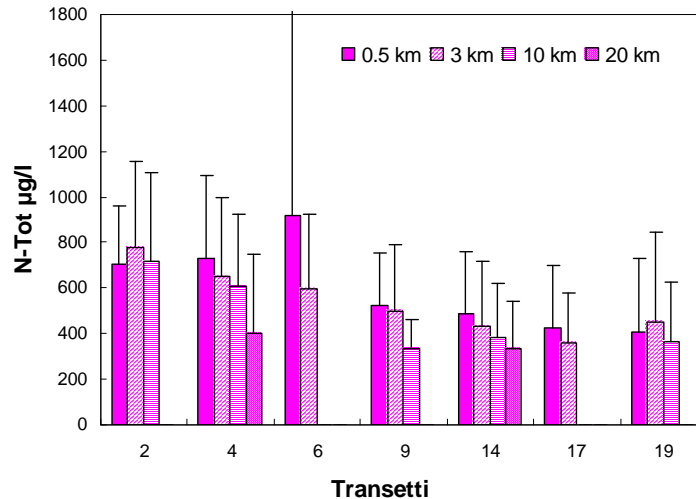


Figura 67 - Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto totale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

Il calcolo delle medie stagionali (Figura 68) conferma per tutte le stazioni concentrazioni maggiori in inverno rispetto alle altre stagioni. Fa eccezione sempre la stazione 6 con il valore più alto in autunno (1718.4 µg/l).

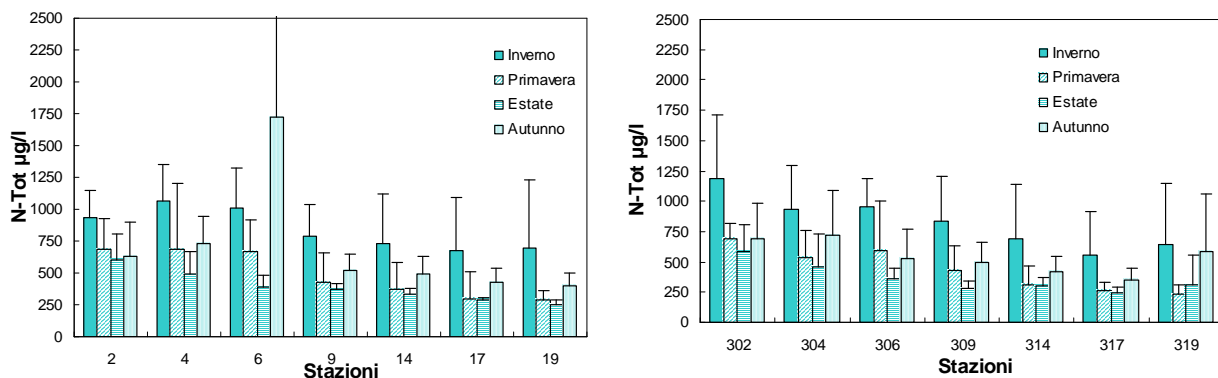


Figura 68 - Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'azoto totale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

Anche per l'azoto totale si sono confrontate le medie mensili del 2017 con quelle di riferimento calcolate su un lungo periodo (1993-2002) nelle tre stazioni a 3 km davanti a Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica (Figura 69). In queste stazioni si osserva una diminuzione di concentrazione più marcata nelle stazioni 304 e 314 rispetto alla 319. Porto

Garibaldi è risultata quella con maggior variabilità, ma per tutte si sono osservati valori positivi rispetto al valore normale di riferimento calcolato nel mese di febbraio. Nella stazione più meridionale (st. 319) si nota un aumento di concentrazione rispetto alla media climatologica nel mese di dicembre.

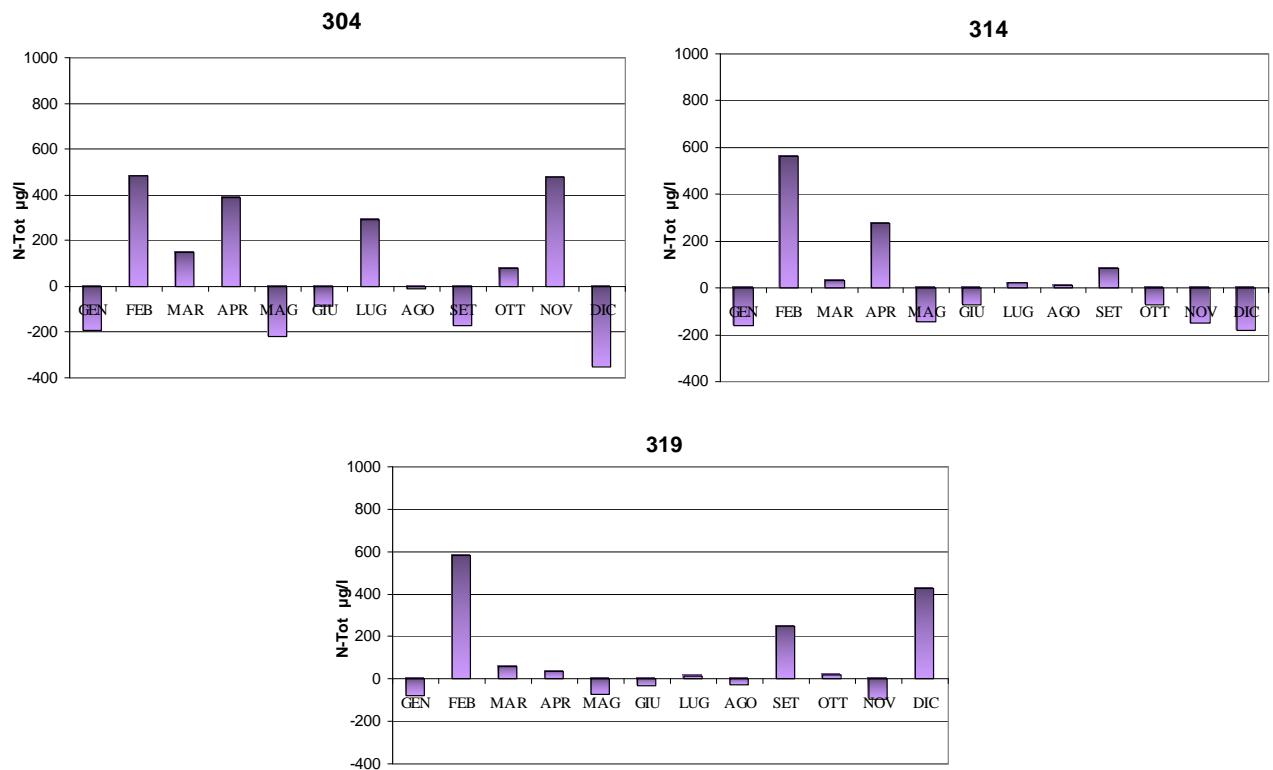


Figura 69 - Variazione dei valori medi mensili dell'azoto totale nelle stazioni a 3 km dalla costa antistante Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica a confronto con il valore medio climatologico

2.3.2.f Fosforo reattivo (P-PO₄)

Le portate dai bacini costieri ed in particolare dal bacino padano contribuiscono anche ad aumentare la variabilità delle concentrazioni di fosforo reattivo in ambiente marino. L'immissione di elevate quantità di acque dolci in mare porta conseguentemente ad un aumento della concentrazione di P-PO₄ soprattutto in superficie. L'elaborazione delle medie stagionali nelle stazioni a 0.5 e a 3 km da costa evidenziano in generale concentrazioni maggiori in inverno ed in autunno, minime in estate in concomitanza a portate minime (Figura 70). Nelle stazioni a 3 km si osserva un trend nord sud meno netto nelle stazioni più vicine alla costa. Nella stazione 6 i valori medi risultano molto elevati rispetto alle altre stazioni sia in inverno che in autunno rispettivamente pari a 9.45 µg/l e 12.59 µg/l.

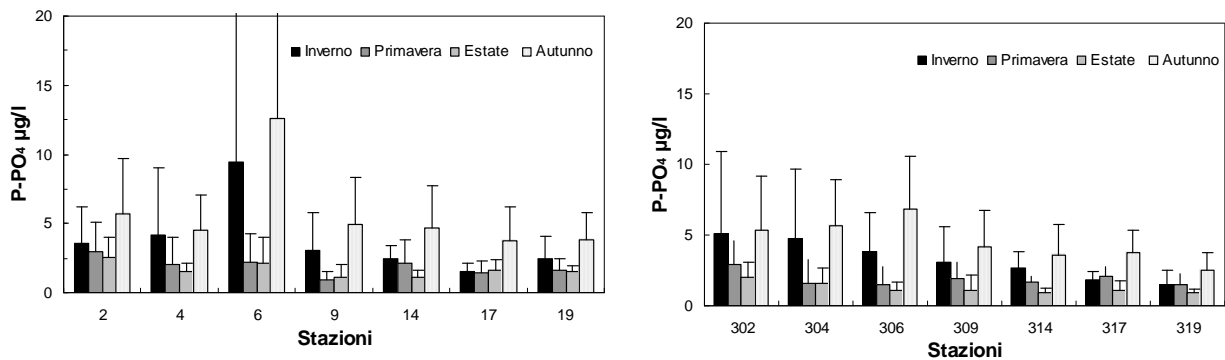


Figura 70 - Valori medi annuali e deviazioni standard del fosforo reattivo in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

L'elaborazione della media annuale conferma concentrazioni più alte a Casalborsetti in costa, ed una certa variabilità lungo i transetti con una tendenza più o meno pronunciata diminuire da costa verso largo (Figura 71). Fa eccezione il transetto di Lido di Volano con una situazione opposta, valori più alti a 10 km rispetto a quelli a 0.5 km, a conferma della importante influenza del Po su tutta l'area più settentrionale.

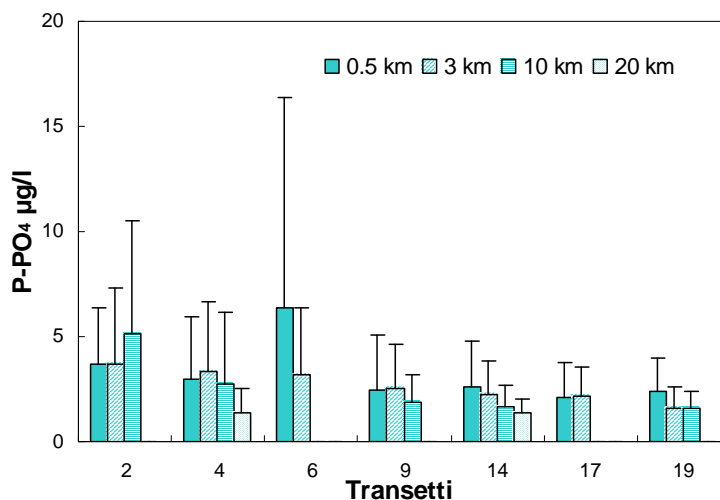


Figura 71 - Valori medi annuali e deviazioni standard del fosforo reattivo in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

La mappa di Figura 72 fotografa la condizione rilevata durante il mese di maggio con concentrazioni massime rilevate proprio nelle stazioni al largo nell'area più a nord in corrispondenza ad un periodo di portate dal bacino padano superiori in media a 1000 mc/sec con picchi di circa 1600 mc/sec.

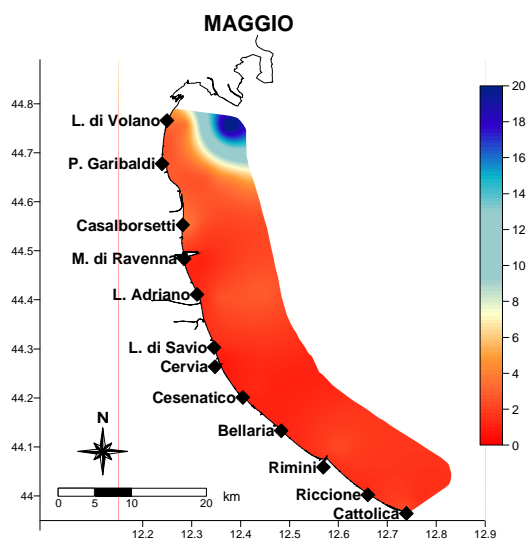


Figura 72 – Mappa di distribuzione dell’ortofosfato da costa a 10 km al largo nelle acque superficiali a maggio (medie mensili)

L’elaborazione delle medie mensili nelle tre stazioni a 3 km dalla costa (Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica) messe a confronto con le medie calcolate sul lungo periodo evidenzia una diminuzione delle concentrazioni rispetto alla condizione “normale” di riferimento durante tutto l’anno (Figura 73). L’unico valore leggermente positivo è nella stazione 304 nel mese di febbraio.

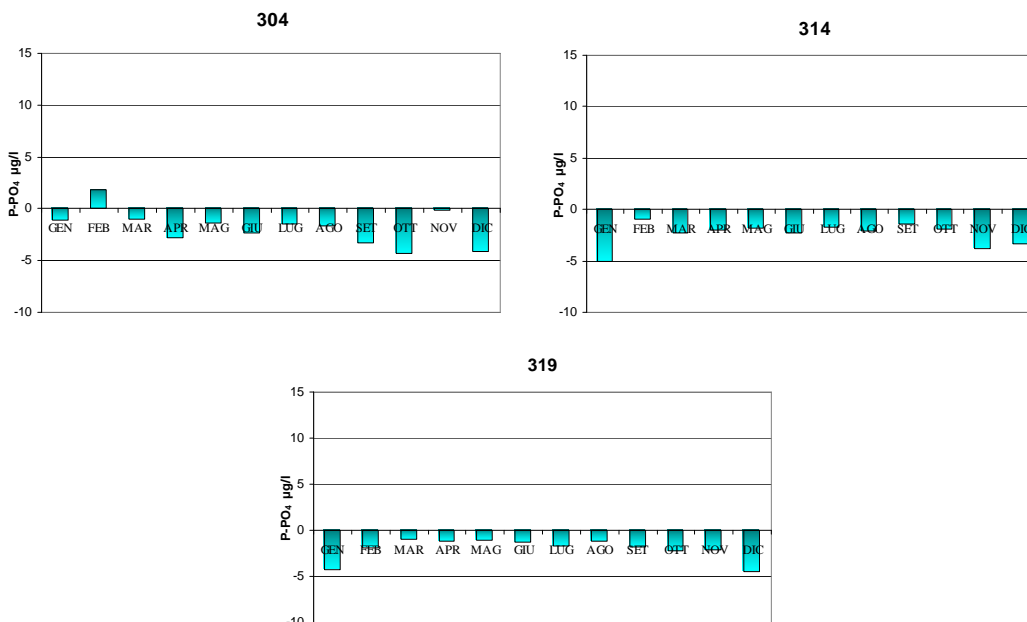


Figura 73 - Variazione dei valori medi mensili del fosforo reattivo nelle stazioni a 3 km dalla costa antistante Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica a confronto con il valore medio climatologico

L'elaborazione dei dati rilevati durante l'anno attraverso i diagrammi multipli di Box e Whiskers mostra la maggior variabilità del fosforo reattivo nelle acque superficiali nell'area settentrionale rispetto a quella centro meridionale (Figura 74).

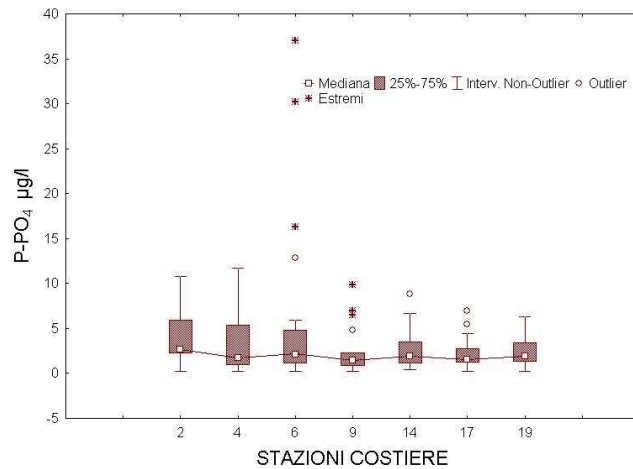


Figura 74 – Diagrammi multipli di Box e Whiskers del fosforo reattivo in alcune stazioni costiere

In Figura 75 è possibile osservare la variazione di concentrazione media geometrica annuale del fosforo reattivo per un lungo periodo che parte dal 1983 fino al 2017 in alcune stazioni che rappresentano tre aree lungo la costa. E' evidente la tendenza alla diminuzione concentrazioni. Le curve polinomiali di terzo grado (linee continue) consentono di valutare la variabilità interannuale che risulta più pronunciata nell'area settentrionale direttamente interessata dalle acque dolci padane e più stabile da Cesenatico a Cattolica. Le linee rette tratteggiate (trend lineare) invece mostrano in termini assoluti l'evoluzione complessiva del sistema evidenziando una generale tendenza alla diminuzione, più pronunciata nelle due aree centro settentrionali.

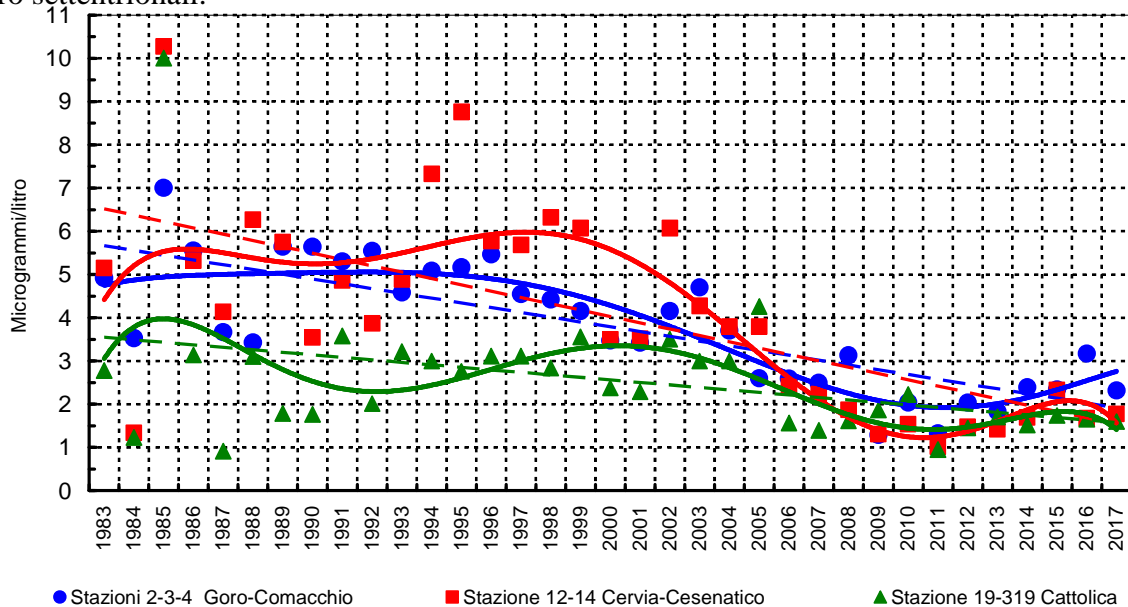


Figura 75 - Medie geometriche annuali per trend evolutivo del fosforo reattivo in tre aree lungo la costa emiliano romagnola (periodo 1983-2017)

2.3.2.g Fosforo totale (P tot)

Anche l'andamento del fosforo totale mostra una certa variabilità durante l'anno più accentuata nelle stazioni settentrionali rispetto a quelle più meridionali e più marcata se confrontata con quella del fosforo reattivo (Figura 76).

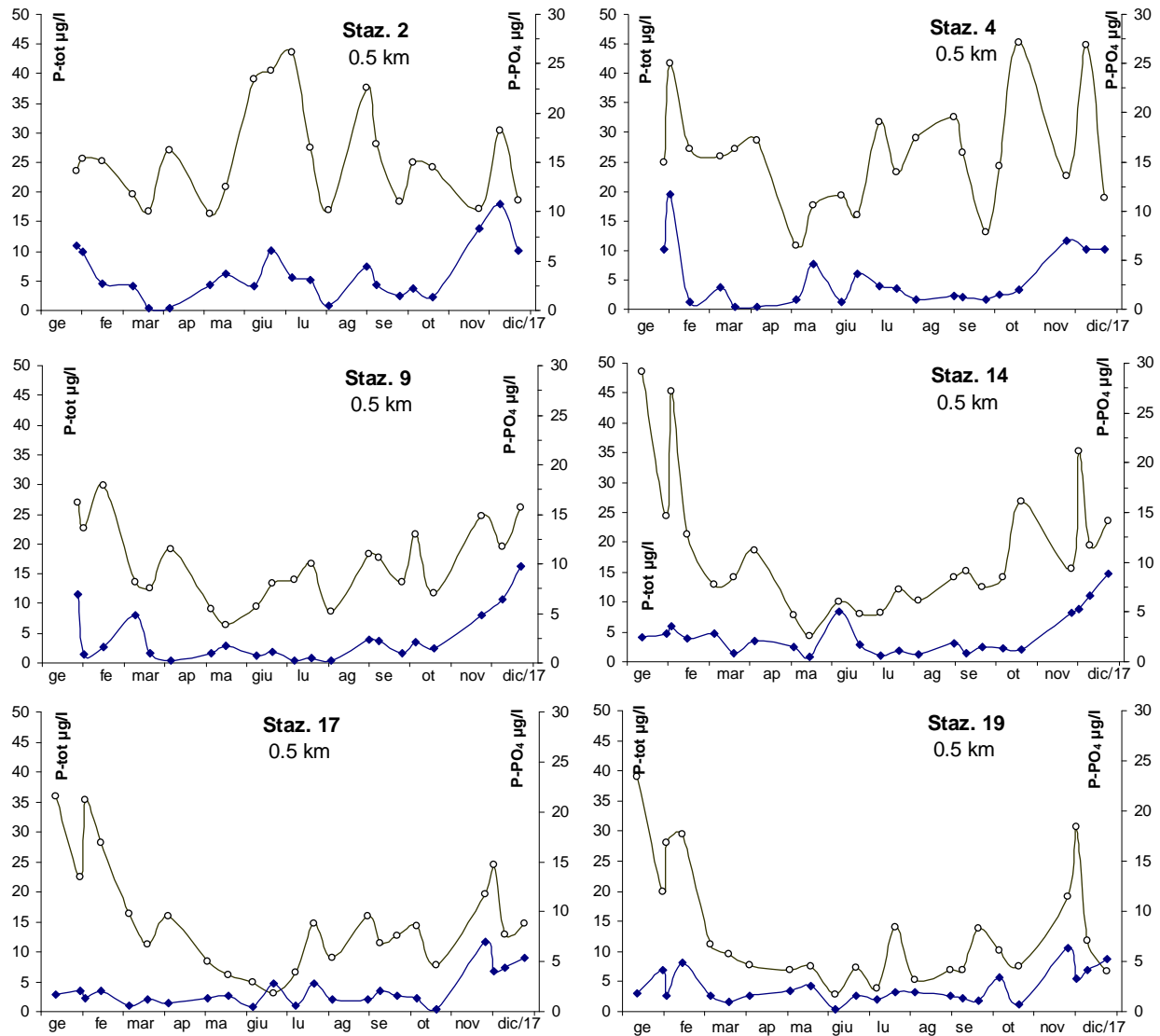


Figura 76 – Andamento temporale del fosforo totale (linea nera) e del fosforo reattivo (linea blu) in alcune stazioni a 0.5 km dalla costa

La variabilità annuale è direttamente legata alla portata dei fiumi, in particolare i picchi di fosforo totale che si verificano in corrispondenza a piene rilevate durante l'anno. Analizzando l'andamento in superficie e sul fondo lungo il transetto di Porto Garibaldi si osserva una diminuzione di concentrazione man mano che ci si allontana da costa ed una minor variabilità sul fondo rispetto ai valori di superficie, essendo il comparto di fondo meno soggetto a cambiamenti (Figura 77).

Il valore più alto rilevato durante i monitoraggi nel 2017 è stato 74.91 µg/l nella stazione 6 a 0.5 km antistante Casalborgorsetti durante i controlli del 27 gennaio.

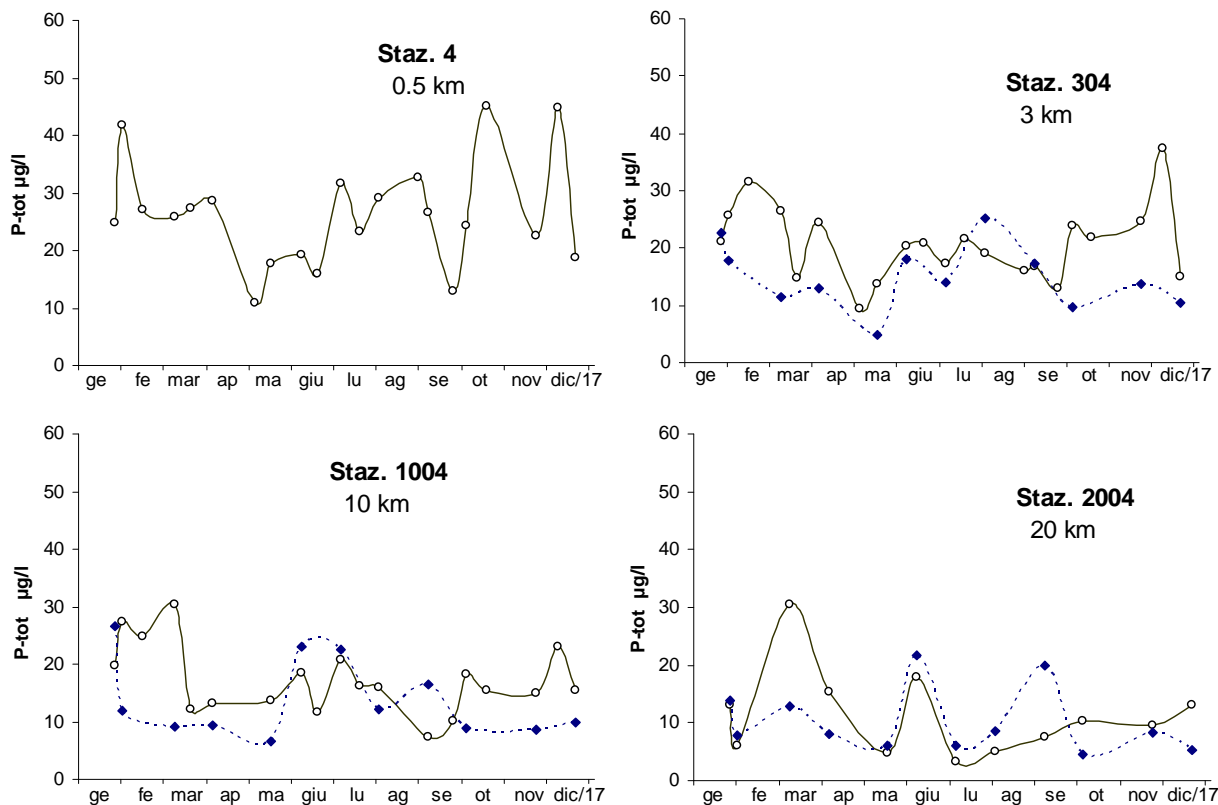


Figura 77 – Andamento temporale del fosforo totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni lungo il transetto di Porto Garibaldi

Elaborando i dati come medie annuali si osservano gradienti di concentrazione decrescenti da nord a sud e da costa verso il largo (Figura 78).

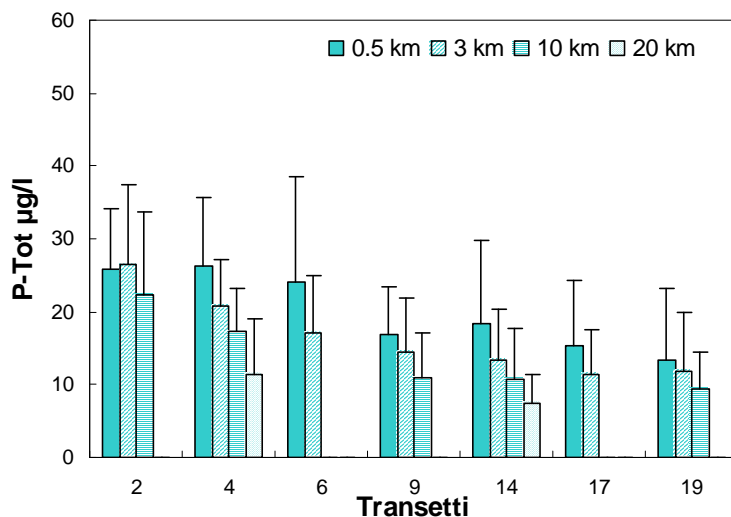


Figura 78 – Valori medi annuali e deviazione standard del fosforo totale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km da costa

L'andamento stagionale in Figura 79 rileva valori medi più elevati che si presentano in inverno ed autunno e valori più bassi in primavera ed in estate. Si discostano le stazioni 2 e 302 più settentrionali, con concentrazioni medie alte in primavera ed estate.

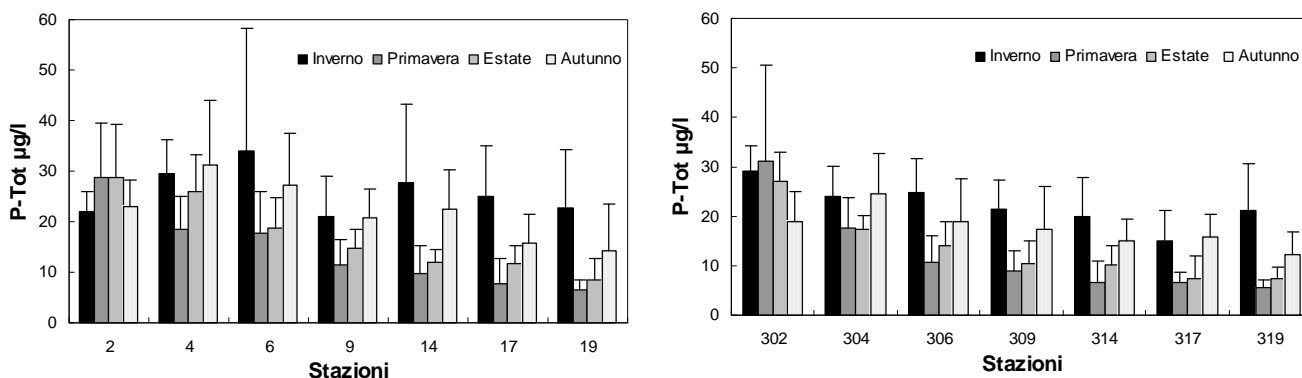


Figura 79 – Andamenti stagionali e deviazione standard del fosforo totale in stazioni posizionate a 0.5 e 3 km da costa

L'elaborazione delle medie mensili nelle tre stazioni a 3 km dalla costa (Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica) messe a confronto con le medie climatologiche calcolate sul lungo periodo evidenzia come già visto per il fosforo reattivo, una diminuzione delle concentrazioni rispetto alla condizione di riferimento durante la maggior parte dell'anno (Figura 80).

Valori leggermente positivi che sottolineano la tendenza ad un aumento di concentrazione di fosforo totale si evidenziano nella stazione 304 a febbraio ed a marzo, nella stazione 314 a febbraio e nella stazione 319 a gennaio.

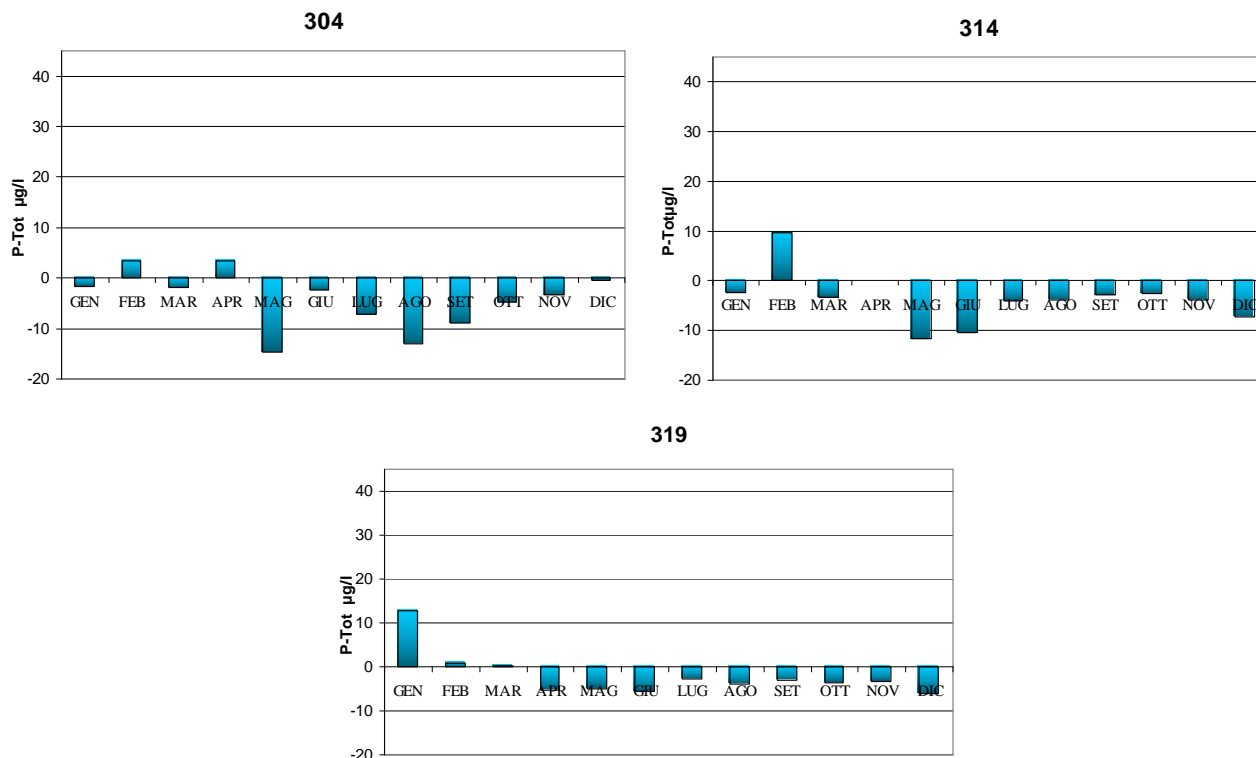


Figura 80 Variazione dei valori medi mensili del fosforo totale nelle stazioni a 3 km dalla costa antistanti Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica a confronto con il valore medio climatologico

In Figura 81 sono messi a confronto le due componenti rilevate durante l'anno nella stazione a 0.5 km davanti a Lido di Volano con evidenza netta della predominanza del fosforo totale rispetto alla componente solubile P-PO₄ in tutti i controlli eseguiti.

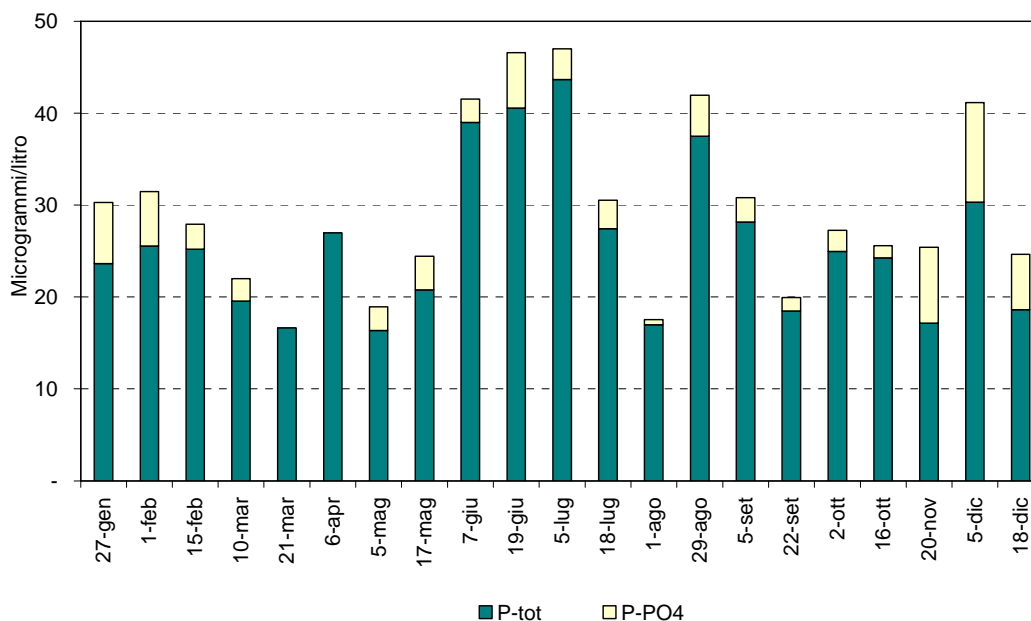


Figura 81 – Istogrammi in pila relativi agli andamenti temporali del fosforo totale e dell’ortofosfato nella stazione 2 (Lido di Volano)

L’analisi del trend evolutivo del fosforo totale in tre aree lungo la costa mostrato in Figura 81 conferma la tendenza, anche se minima, ad una diminuzione di concentrazione del fosforo totale sia a nord che a sud ed una variabilità interannuale in linea con quella rilevata negli ultimi anni.

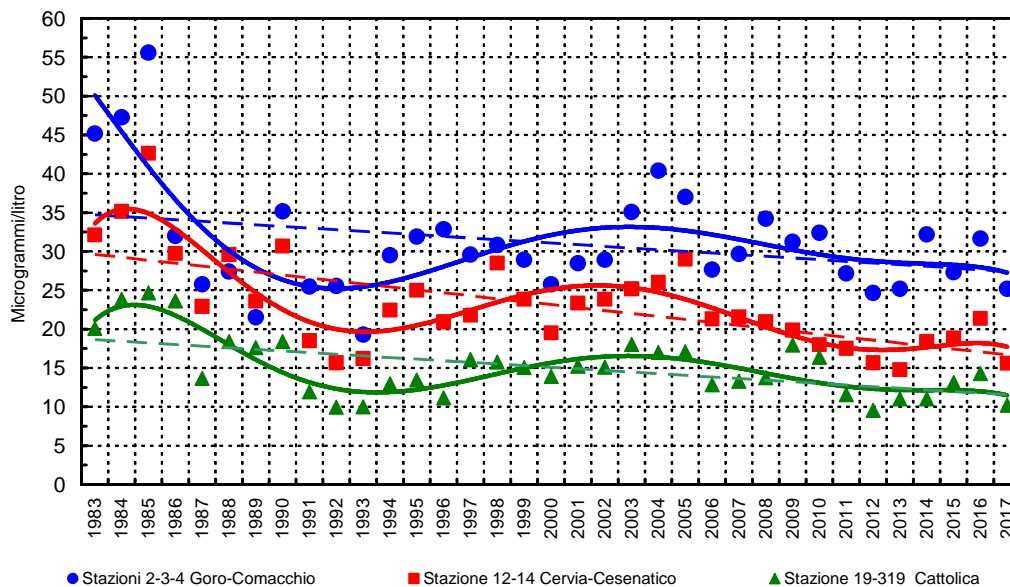


Figura 81 - Medie geometriche annuali per trend evolutivo del fosforo totale in tre aree lungo la costa emiliano romagnola (periodo 1983-2017)

2.3.2.h Silice reattiva ($Si-SiO_2$)

L'andamento della silice reattiva nelle acque marine di superficie anche nel 2017 si mantiene in linea con quello rilevato per gli altri nutrienti fin qui trattati. L'elaborazione delle medie annuali in Figura 82 infatti mostra un netto gradiente nord sud ed una diminuzione di concentrazione anche da costa a largo in particolare nelle stazioni centro meridionali.

Il transetto di Lido di Volano anche per questo parametro evidenzia un comportamento diverso confermando come gli apporti fluviali dal bacino padano influenzino direttamente tutta questa area da costa al largo.

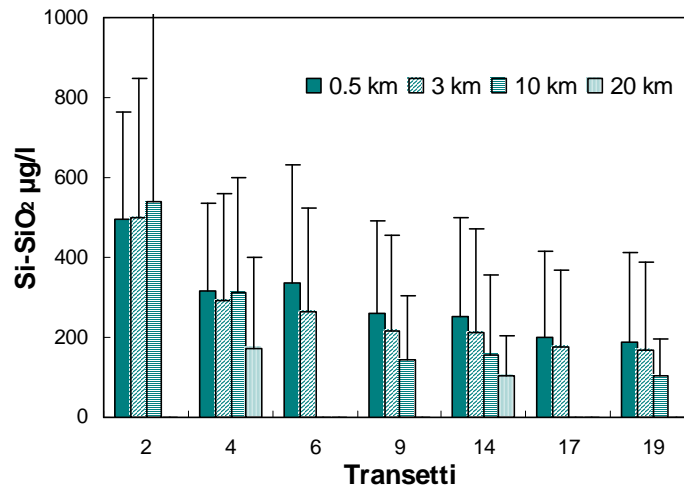


Figura 82 – Valori medi annuali e deviazioni standard della silice reattiva nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km al largo dalla costa

A causa della maggior influenza del bacino padano, le stazioni più settentrionali presentano oltre a concentrazioni maggiori di silice reattiva anche una maggior variabilità. In Figura 83 sono messi a confronto gli andamenti temporali rilevati durante l'anno nelle stazioni 2 e 19 posizionate agli estremi nord e sud della rete di monitoraggio che confermano questa situazione con maggiori concentrazioni e fluttuazioni a nord rispetto a quelle registrate a sud. Il valore più alto nel 2017 è stato di 1754.18 µg/l nella stazione 5 a 0.5 km davanti alla foce del Reno il 1 febbraio.

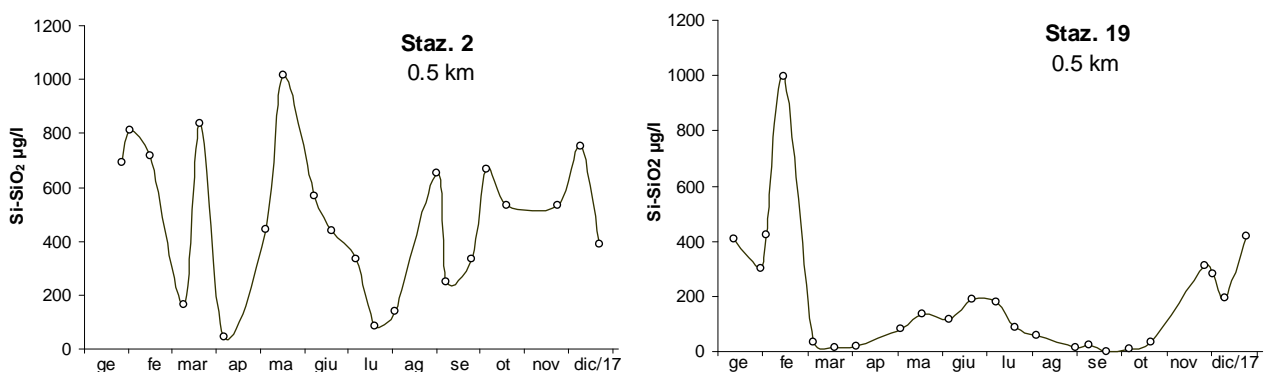


Figura 83 – Andamento annuale della silice reattiva nelle stazioni a 0.5 km davanti a Lido di Volano e Cattolica

Le mappe stagionali di distribuzione della Si-SiO₂ in superficie (Figura 84) evidenziano come l'area settentrionale sia sempre quella con le più alte concentrazioni soprattutto in inverno.

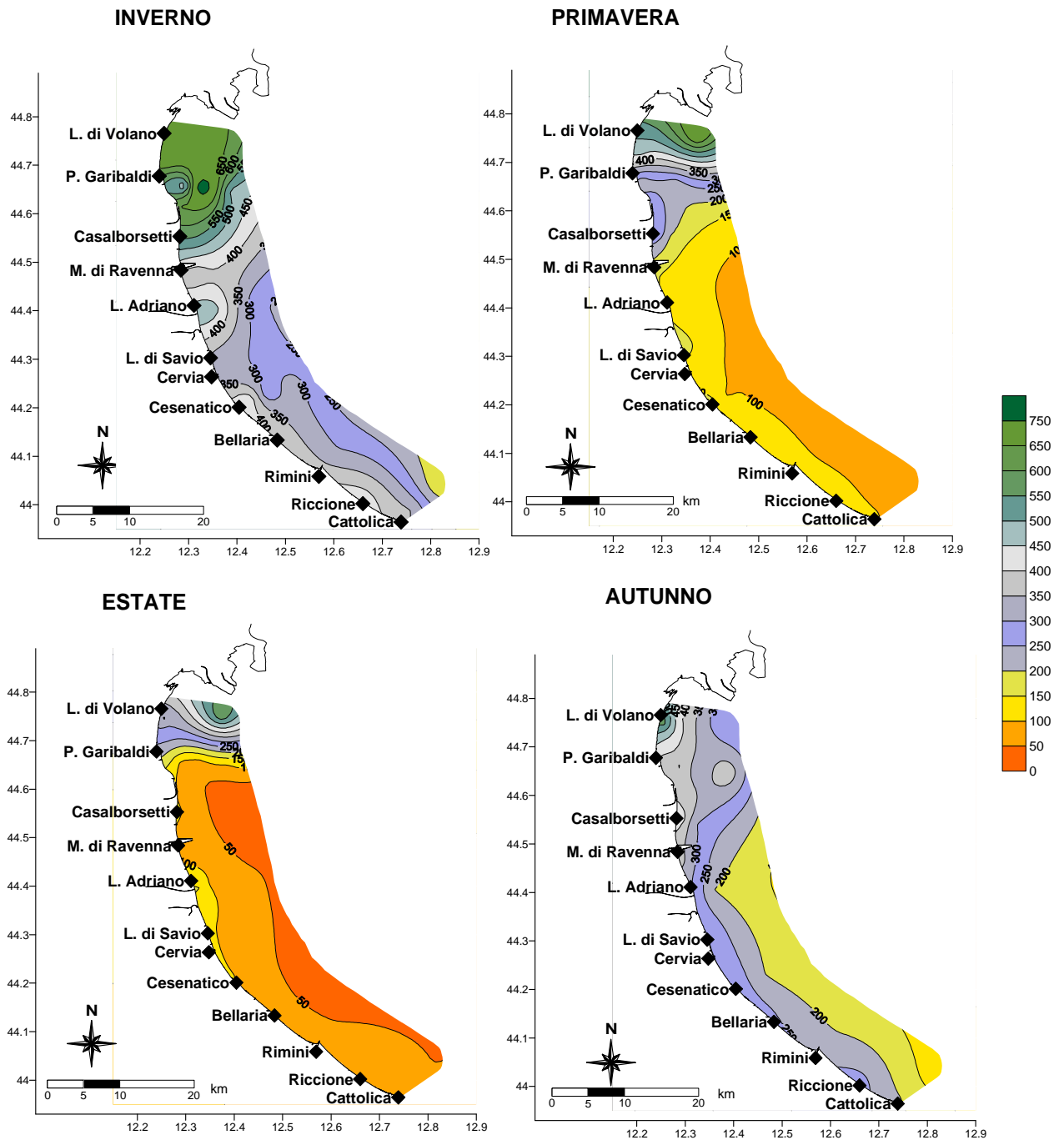


Figura 84 – Mappe di distribuzione della silice reattiva (µg/l) in superficie da costa fino a 10 km al largo

2.3.2.i Rapporto N/P (frazione solubile)

Il rapporto N/P scaturisce dalla seguente equazione:

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

La componente DIN viene utilizzata con il P-PO₄ nel calcolo del rapporto N/P. Nelle acque costiere emiliano romagnole il fosforo è il fattore limitante, 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 85) posizionate rispettivamente nella zona più settentrionale (stazioni 2 e 302 di L. di Volano), centrale (stazioni 14 e 314 di Cesenatico) e meridionale (stazioni 19 e 319 di Cattolica), evidenzia un'ampia variabilità (considerare la scala logaritmica riportata nella grafica), con i minimi generalmente nel periodo estivo, soprattutto nel mese di luglio. Anche nel 2017 prevale lo stato di fosforo-limitazione con qualche eccezione durante i mesi di luglio e agosto. L'andamento variabile del rapporto N/P è sempre più marcato nelle stazioni settentrionali e tende a ridursi in quelle centralie e meridionali.

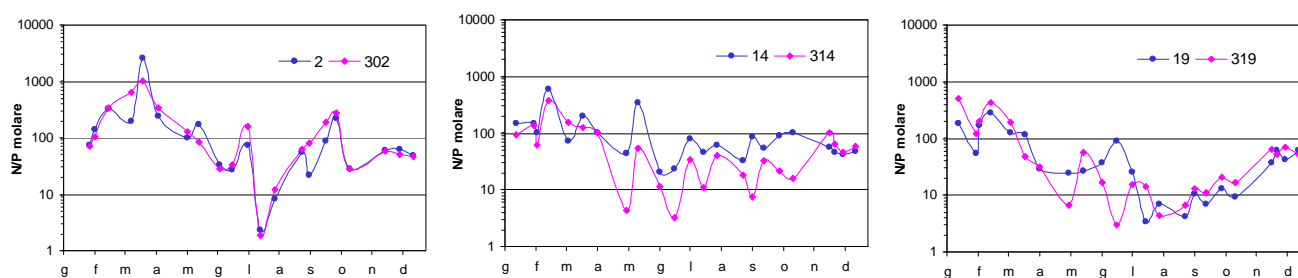


Figura 85 – Andamento del rapporto N/P in alcune stazioni; linea blu per le stazioni a 0.5 km (2, 14, 19), linea viola per quelle a 3 km dalla costa (302, 314 e 319)

Anche per quanto riguarda il rapporto N/P si rappresenta di seguito il trend dei valori nelle tre aree costiere considerando il lungo periodo 1982-2017. Il calcolo delle medie geometriche annuali mostra nel 2017 una tendenza all'aumento in tutte le aree (Figura 86).

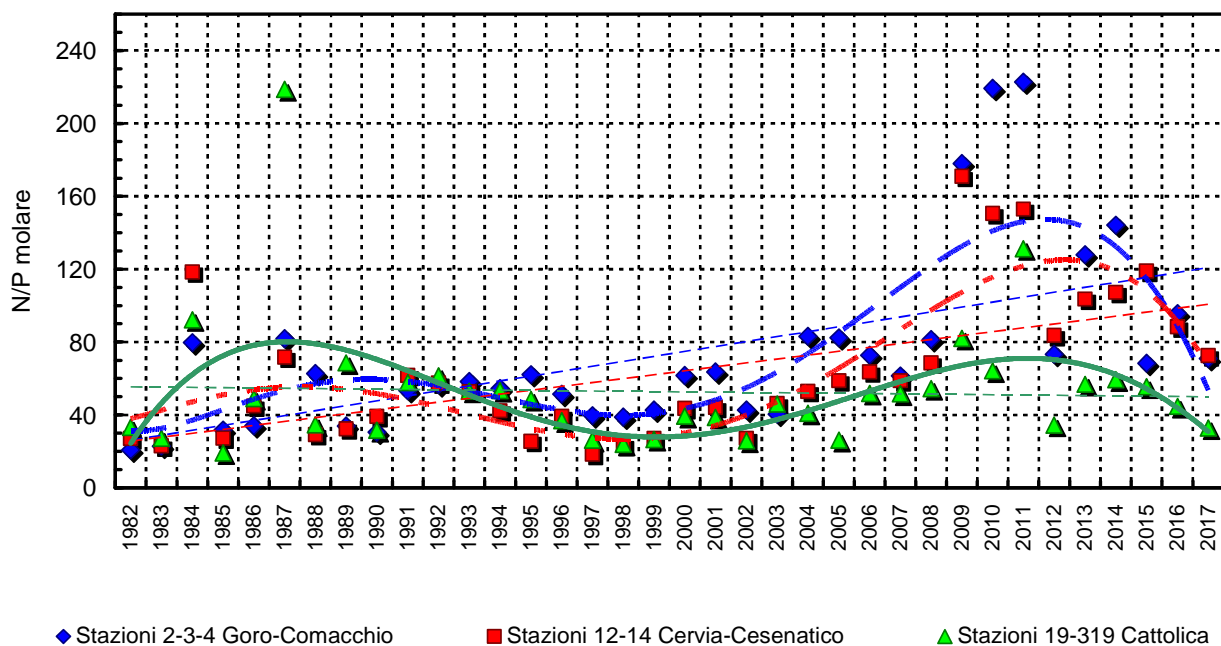


Figura 86 – Medie geometriche annuali per trend evolutivo del rapporto N/P in tre aree della costa emiliano romagnola (periodo 1982-2017)

2.4 DEFINIZIONE DELLO STATO TROFICO

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

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

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

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

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

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

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

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

a) Fattori che sono espressione diretta di produttività:

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

b) Fattori nutrizionali:

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

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

Ricorrendo dunque ai logaritmi (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).

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

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

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

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

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

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

L'andamento medio del TRIX nel 2017 mostra nelle stazioni a 500 metri un trend di diminuzione passando da nord a sud; solo la stazione di Cesenatico mostra valori maggiori di 5 (indicato in Figura con linea nera) (Figura 87). In particolare, le stazioni più meridionali, la 17 e la 19 hanno un valore medio annuale inferiore a 5 sia a 500 metri che a 3 km. Diminuzione da nord a sud dei valori di TRIX anche nelle stazioni a 3 km con valori superiori a 5 da Lido di Volano a Casalborsetti, mentre da Lido Adriano i valori medi rimangono inferiori al valore limite sottolineando una qualità ambientale migliore.

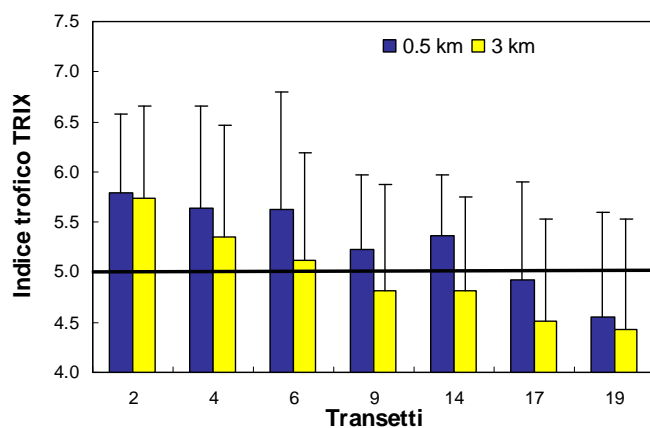


Figura 87 – Medie annuali del TRIX nel 2017 nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

In riferimento ai corpi idrici individuati in applicazione del D.Lgs152/06, nel 2017 si rileva una leggera diminuzione rispetto al 2016, con un valore medio annuale nelle stazioni appartenenti al corpo idrico CD1 di 5.5 e di 4.9 nelle stazioni del corpo idrico CD2 (Figura 88). Tali valori identificano per il corpo idrico 1 (CD1) una condizione ambientale "Sufficiente" mentre il corpo idrico 2 (CD2) raggiunge, anche se di poco, lo stato "Buono".

Lo stato trofico “Sufficiente” caratterizza ambienti con acque molto produttive e livelli di eutrofia elevati, scarsa trasparenza ed ipossie/anossie occasionali delle acque di fondo che possono innescare stati di sofferenza nel comparto bentonico.

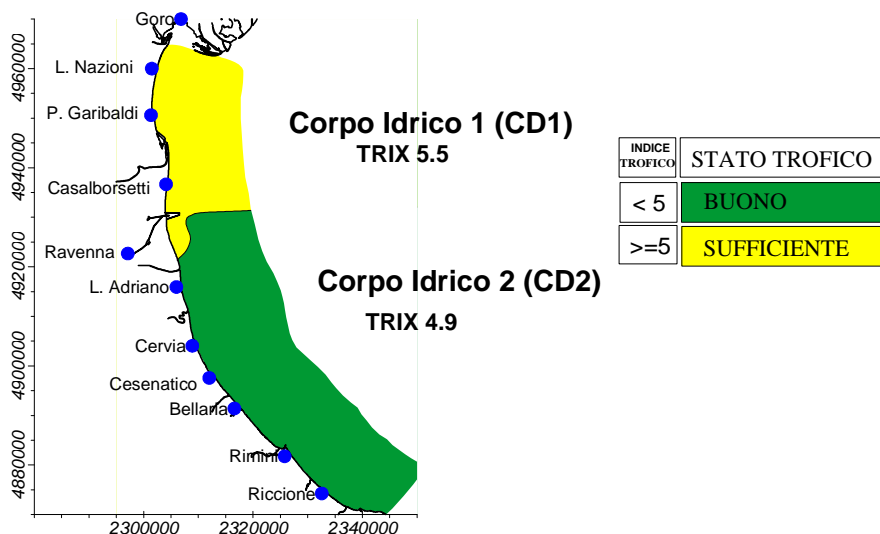


Figura 88 – Valori medi annuali 2017 di TRIX nei due corpi idrici

Confrontando i valori medi annuali dell’Indice Trofico nel periodo 1997-2017 (Figura 89) nella stazione 19 i dati confermano uno stato “Buono” con una diminuzione rispetto agli anni precedenti; anche per la stazione 4 si osserva una diminuzione anche se il valore rimane superiore al limite di 5. A Cesenatico invece il valore rimane maggiore di 5 come nel 2016. Analizzando i dati medi per stagione da costa fino 10 km al largo (Figura 90) i valori di TRIX, corrispondenti ad una condizione “Sufficiente” uguali o superiori a 5 si rilevano lungo quasi tutta la costa in inverno, in primavera fino a Cesenatico in costa, ed in autunno da nord a sud sotto costa. L’area settentrionale anche in estate mantiene uno stato “Sufficiente” quando si rilevano valori medi inferiori a 5 in tutte le stazioni.

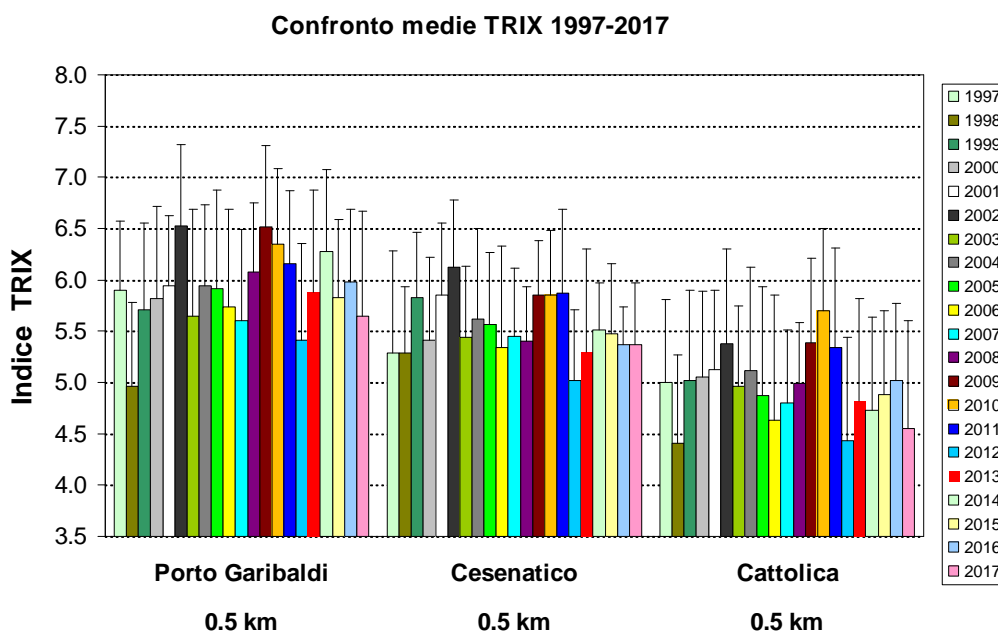


Figura 89 – Confronto tra il valore medio del TRIX rilevato dal 1997 al 2017 nelle stazioni costiere a 0.5 km di Porto Garibaldi (stazione 4), Cesenatico (stazione 14), Cattolica (stazione 19)

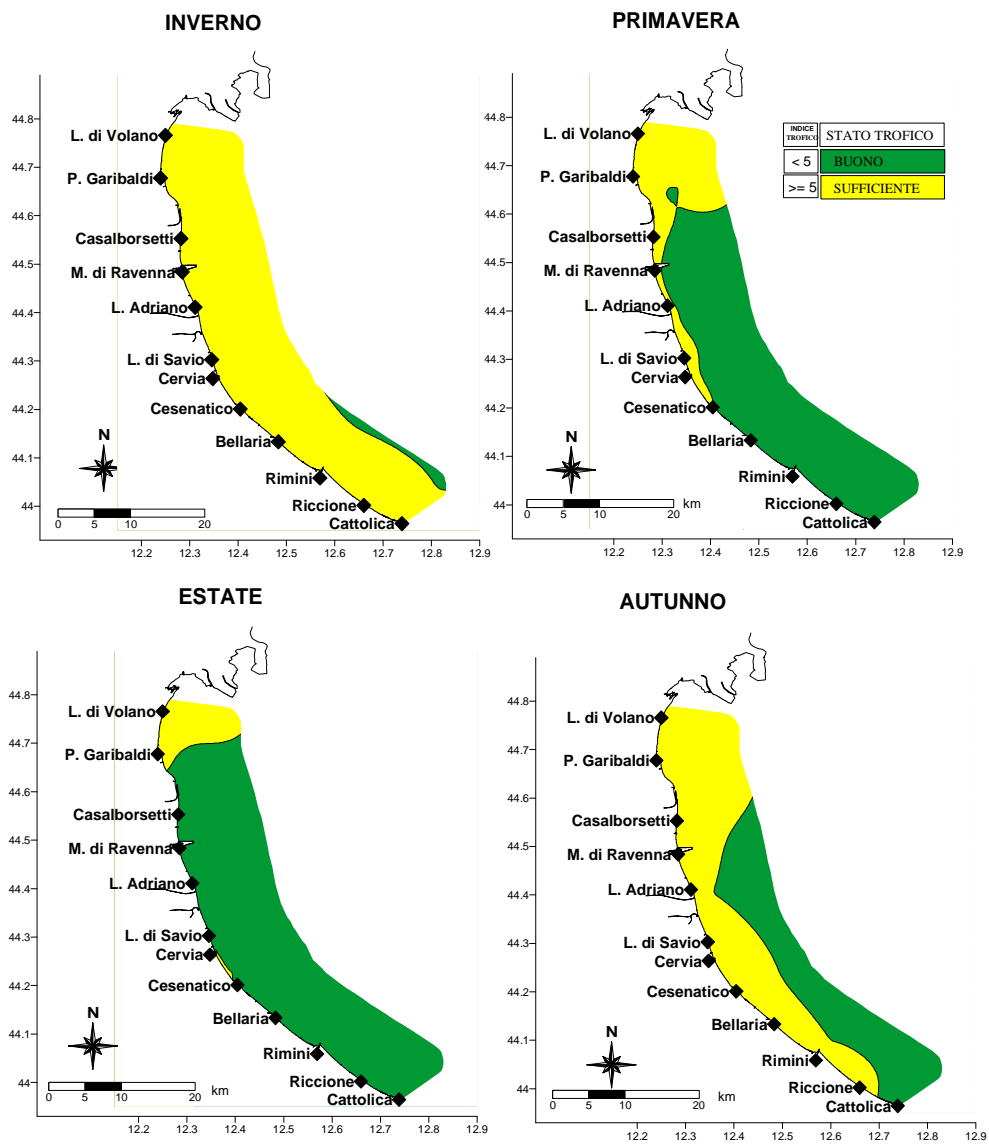


Figura 90 – Mappe di distribuzione dell’Indice TRIX lungo la costa emiliano romagnola da costa fino 10 km al largo (medie stagionali)

2.4.2 Indice di Torbidità (TRBIX)

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

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

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

Si può assumere che, eccetto particolari situazioni, le sostanze organiche disciolte non contribuiscono, a breve scala temporale, alla variabilità della trasparenza nelle acque marine; questa è determinata essenzialmente dalla biomassa fitoplanctonica e dal particolato inorganico minerale in sospensione.

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

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

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

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

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

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

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

In Figura 91 sono riportati gli andamenti del TRIX in rapporto al TRBIX nella stazione settentrionale (4) a confronto con quella meridionale (19).

In generale, valori elevati di TRIX corrispondono a valori di TRBIX intorno a 1 quindi correlati ad alti valori di clorofilla "a". Questo si evidenzia nei grafici sia nella stazione 4 sia nella stazione 19 dove a valori di TRIX più elevati si osservano più bassi valori di TRBIX.

Nel corso del 2017 il superamento del valore 2 appare soprattutto nella stazione di Cattolica sia in termini di frequenza del superamento nonchè del valore raggiunto; essendo il TRBIX inverso rispetto al TRIX, valori più bassi si hanno nei periodi invernali. I dati dell'andamento annuale vengono ripresi in modo sintetico nella Figura 92 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 alla Figura 92.

3 LO STATO DI QUALITÀ AMBIENTALE

La fascia costiera della regione Emilia-Romagna è dichiarata area sensibile (art. 91, D.Lgs. 152/06) in quanto soggetta a fenomeni di eutrofizzazione. Per tale motivo i corpi idrici individuati (CD1 e CD2) sono stati inizialmente identificati come corpi idrici a rischio ai quali è stato applicato il monitoraggio operativo come previsto dal D.M. 260/10.

L'attività di monitoraggio è finalizzata alla valutazione dello stato di qualità ambientale delle acque marino costiere; tale valutazione si basa sull'analisi di elementi che definiscono lo stato ecologico e lo stato chimico.

Gli elementi che contribuiscono alla definizione dello **stato ecologico** sono:

- ✓ Elementi di Qualità Biologica (EQB);
- ✓ Elementi idromorfologici e fisico-chimici a sostegno degli EQB;
- ✓ Elementi chimico-fisici a sostegno degli EQB;
- ✓ Inquinanti specifici non appartenenti all'elenco di priorità a sostegno degli EQB (tab. 1/B D.Lgs. 172/15).

Gli elementi che contribuiscono alla definizione dello **stato chimico** sono gli inquinanti specifici appartenenti all'elenco di priorità ricercati nell'acqua e/o nel biota (tab. 1/A D.Lgs. 172/15), e nel sedimento (tab. 2/A D.Lgs. 172/15). Per la definizione dello stato chimico, il D.Lgs. 172/15 introduce inoltre l'analisi della tendenza a lungo termine delle concentrazioni di alcune delle sostanze dell'elenco di priorità (tab. 1/A D.Lgs. 172/15), che tendono ad accumularsi nei sedimenti e/o nel biota.

3.1 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 24 stazioni di indagine ubicate da Lido di Volano a Cattolica a varie distanze dalla costa (da 500 m fino 5 km). Nella Tabella 4 si riporta l'anagrafica delle stazioni di campionamento ed in Figura 93 la rappresentazione cartografica della rete di monitoraggio.

L'attività di monitoraggio programmata per il triennio 2017-2019 è schematizzata in Tabella 5. Nello schema si riportano le stazioni di campionamento monitorate, gli elementi qualitativi utili alla definizione dello stato ecologico e dello stato chimico e la relativa frequenza di indagine. Eventuali modifiche o specificazioni, in particolare quelle riguardanti l'anno 2017, sono riportate nelle note alla Tabella 5.

Tabella 4 – Rete di monitoraggio delle acque marino costiere della regione Emilia-Romagna istituita ai sensi del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii.

Codice Stazione	Località	Corpo idrico	Distretto idrografico L. 221/15	Lat WGS84 (gg.ppdddd)	Lon WGS84 (gg.ppdddd)	Distanza costa (km)	Prof (m)
2	Lido di Volano	CD1	Fiume Po	44.457656	12.155128	0.5	3.9
302	Lido di Volano	CD1	Fiume Po	44.456876	12.174088	3	6.7
4	Porto Garibaldi	CD1	Fiume Po	44.396873	12.154228	0.5	3.7
SFBC4	Porto Garibaldi	CD1	Fiume Po	44.387070	12.155680	1	3.8
304	Porto Garibaldi	CD1	Fiume Po	44.396934	12.172888	3	9.1
Tecno	Porto Garibaldi	CD1	Fiume Po	44.420335	12.177028	4.3	10.5
6	Casalborsetti	CD1	Fiume Po	44.332012	12.174568	0.5	5.2
306	Casalborsetti	CD1	Fiume Po	44.334052	12.193348	3	10.2
308	Marina di Ravenna	CD2	Fiume Po	44.288990	12.192627	3	8.1
9	Lido Adriano	CD2	Fiume Po	44.240749	12.195387	0.5	5.4
SFBC9	Lido Adriano	CD2	Fiume Po	44.243270	12.197130	1	6
309	Lido Adriano	CD2	Fiume Po	44.243089	12.213866	3	9.4
AngeCI	Lido Adriano	CD2	Fiume Po	44.234869	12.206426	1.95	7.5
13	Zadina	CD2	Fiume Po	44.136210	12.234420	0.5	3
14	Cesenatico	CD2	Fiume Po	44.127226	12.241524	0.5	3.1
SFBC14	Cesenatico	CD2	Fiume Po	44.128120	12.244910	1	3
314	Cesenatico	CD2	Fiume Po	44.132626	12.258444	3	8.3
Copra	Cesenatico	CD2	Fiume Po	44.130347	12.279503	4.9	9.5
17	Rimini	CD2	Fiume Po	44.046585	12.350548	0.5	4.3
317	Rimini	CD2	Fiume Po	44.058165	12.359907	3	9.9
19	Cattolica	CD2	Fiume Po	43.582924	12.444691	0.5	4.1
SFBC19	Cattolica	CD2	Fiume Po	43.590290	12.444320	2	3.5
319	Cattolica	CD2	Fiume Po	43.593664	12.455912	3	11
Ass Cattol	Cattolica	CD2	Fiume Po	43.594684	12.445172	2.7	10.5

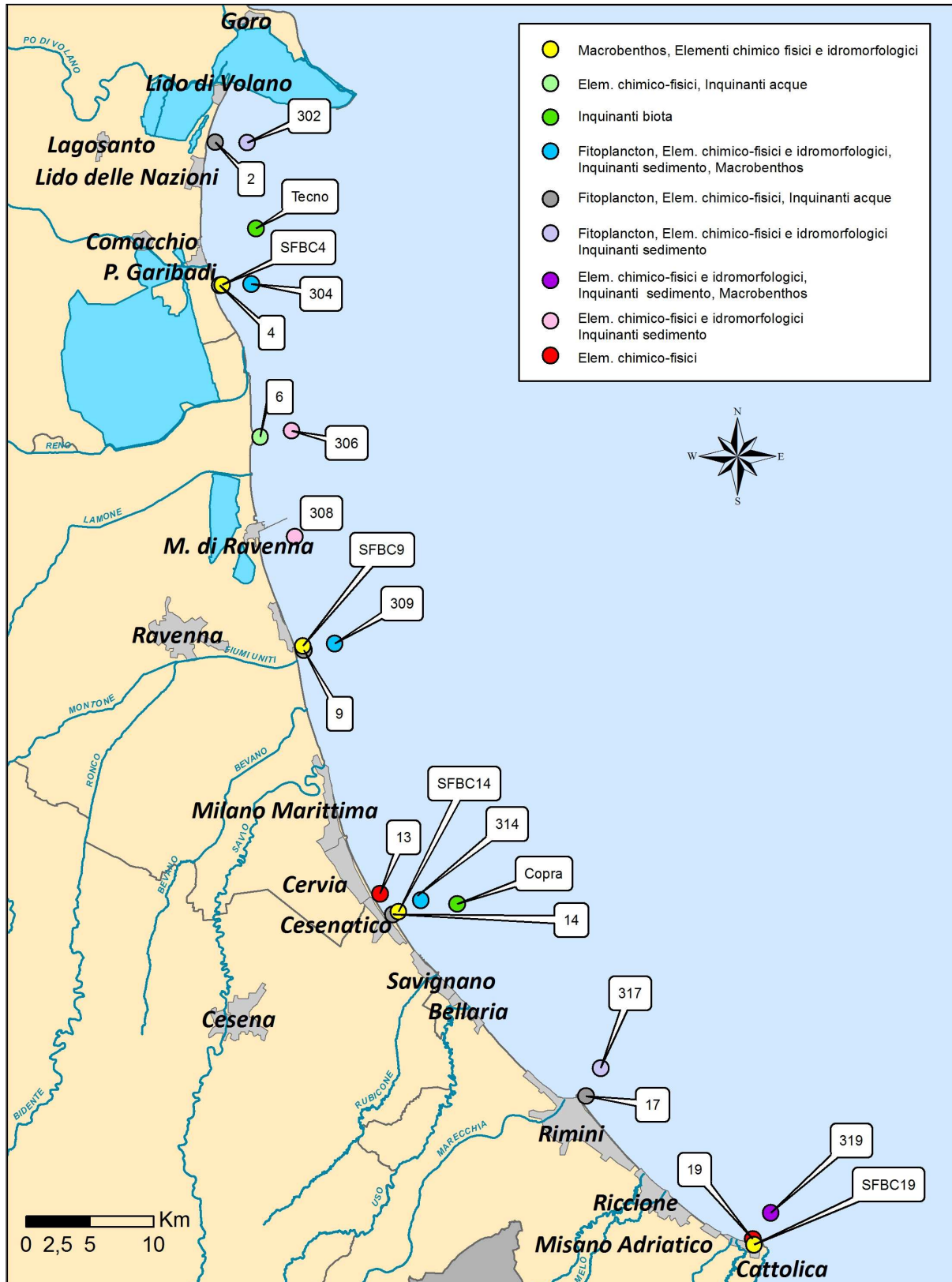


Figura 93 – Rappresentazione cartografica della rete di monitoraggio delle acque marine costiere della regione Emilia-Romagna istituita ai sensi del D.Lgs. 152/06

Tabella 5 – Rappresentazione schematica dell'attività di monitoraggio operativo programmata ai sensi del D.Lgs. 152/06, D.M. 260/10 e D.Lgs. 172/15: triennio 2017-2019

		Elementi per lo stato ecologico					Elementi per lo stato chimico			Elementi per l'analisi di tendenza	Elementi opzionali
		Elementi di Qualità Biologica (EQB)		Elementi chimico-fisici	Elementi idromorfologici e fisico-chimici		Inquinanti specifici NON appartenenti all'elenco di priorità			Sostanze di cui alle Tab. 3/A e 3/B D.Lgs. 172/15 (*****)	Saggi ecotossicologici
		Fitoplancton	Macro zoobenthos	(*)	(**)	Granulometria TOC	Tab. 1/B D.Lgs. 172/15	Tab. 1/A D.Lgs. 172/15			
Matrice/ Frequenza di indagine	Mensile	Semestrale	ACQUA	ACQUA	SEDIMENTO	ACQUA	ACQUA(***)	BIOTA(****)	SEDIMENTO	SEDIMENTO	
			Quindicinale	In continuo	Semestrale	Mensile	Mensile	Annuale	Semestrale	Semestrale	Annuale
Codice stazione di indagine	2										
	302										
	4										
	SFBC4										
	304										
	Tecno										
	6										
	306										
	308										
	9										
	SFBC9										
	309										
	AngeCl										
	13										
	14										
	SFBC14										
	314										
	Copra										
	17										
	317										
19											
SFBC19											
319											
Ass Cattol											

Note alla Tabella 5

(*) Nutrienti, ossigeno disciolto, clorofilla “a”, temperatura, salinità, trasparenza.

(**) Direzione e altezza onde; direzione e velocità delle correnti marine.

(***) Dal 01/01/2017 parametri n. 1-33 tab. 1/A D.Lgs. 172/15. Dal 22/12/2018 si aggiungono i parametri n. 34-45 tab. 1/A D.Lgs. 172/15.

(****) Dal 01/01/2017 parametri n. 5, 21 (Difenileteribromurati e Mercurio e composti) tab. 1/A D.Lgs. 172/15. Dal 22/12/2018 si aggiunge il parametro n. 37 (diossine e composti diossina simili) tab. 1/A D.Lgs. 172/15. Se non altrimenti indicato, lo SQA per il biota è riferito ai pesci. Si può monitorare un altro taxon del biota alternativo purchè lo SQA applicato garantisca un livello equivalente di protezione.

(*****) Previa verifica di fattibilità analitica, nel 2019 saranno ricercati nel sedimento, con frequenza semestrale, anche i parametri tab. 1/A D.Lgs. 172/15 n.: 7, 12, 17, 26, 34, 35, 36, 43, 44 (cloroalcani C10-13, di(2-etilesil) ftalato (DEHP), esaclorobutadiene, pentaclorobenzene, dicofol, acido perfluorottansolfonico e derivati (PFOS), chinossifen, esabromociclododecano (HBCDD), eptacloro ed eptacloro epossido.

3.2 ANALISI DEI RISULTATI

3.2.1 Elementi di Qualità Biologica (EQB)

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

3.2.1.a *Fitoplancton*

Nel 2017 i transetti della rete di monitoraggio per la determinazione quali-quantitativa del fitoplancton sono stati ridotti da 7 a 5 (Lido di Volano, P. Garibaldi, Lido Adriano, Cesenatico, Rimini).

La frequenza di indagine del fitoplancton è stata mensile per tutte le stazioni (Tabella 5).

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

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.M. 260/10.

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

- Abbondanza (cell/l) e composizione di Diatomee;
- Abbondanza (cell/l) e composizione di Dinoflagellate;
- Abbondanza (cell/l) e composizione di Altro fitoplancton;

Sono inoltre segnalati, se presenti, gli eventi di fioriture di specie potenzialmente tossiche o nocive. Le analisi quantitative dei popolamenti fitoplanctonici nelle acque marine permettono di integrare il dato della clorofilla "a" per valutare la produttività primaria del sistema. Questo dato fornisce un elemento importante nella valutazione dello stato qualitativo dell'ecosistema, perché le abbondanze di fitoplancton influiscono sia 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 (phylum Bacillariophyta) e Dinoficee (phylum Dinophyta), all'interno dei quali esistono specie che possono essere responsabili di "fioriture". Viene inoltre preso in considerazione sotto la voce "Altro fitoplancton" il fitoplancton marino (fitoflagellati e non) appartenente ai phyla Charophyta, Chlorophyta, Cryptophyta, Cyanobacteria, Euglenozoa, Haptophyta, Heterokontophyta, Ochrophyta, e alcuni taxa appartenenti a Protozoa incertae sedis. L'"Altro fitoplancton" è composto principalmente da organismi appartenenti alla classe dimensionale del nano-fitoplancton (2-20µm) spesso può rappresentare una frazione elevata della popolazione microalgale totale e in determinate occasioni possono generare blooms, con conseguente alterazione delle caratteristiche delle acque.

Le Diatomee dominano la biomassa del micro-fitoplancton in entrambi i corpi idrici. Analizzando gli andamenti annuali di questo gruppo nelle stazioni sottocosta (Figura 94) si nota quanto segue: le stazioni settentrionali del CD1 mostrano lo stesso andamento con valori elevati in primavera ed autunno (superiori o uguali a 1×10^6 cell/l in marzo/aprile); la stazione 2, essendo direttamente influenzata dagli apporti padani, presenta abbondanze elevate anche nei mesi estivi tra giugno e luglio. Andamenti simili si riscontrano anche nelle stazioni meridionali del CD2 anche se con abbondanze leggermente inferiori. In particolare la stazione 17 presenta abbondanze inferiori in inverno ed in primavera in quanto l'influenza degli apporti padani è minore e non riesce a sostenere elevati carichi di biomassa fitoplanctonica come invece accade nelle altre stazioni sottocosta.

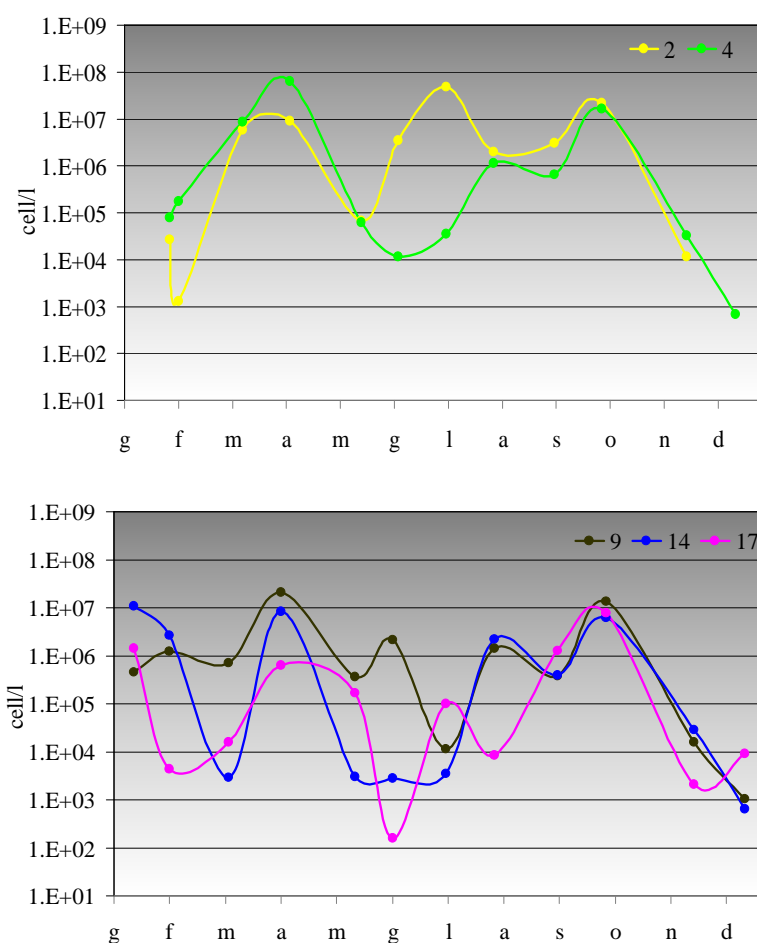


Figura 94 - Andamento annuale delle abbondanze delle Diatomee nelle stazioni sottocosta

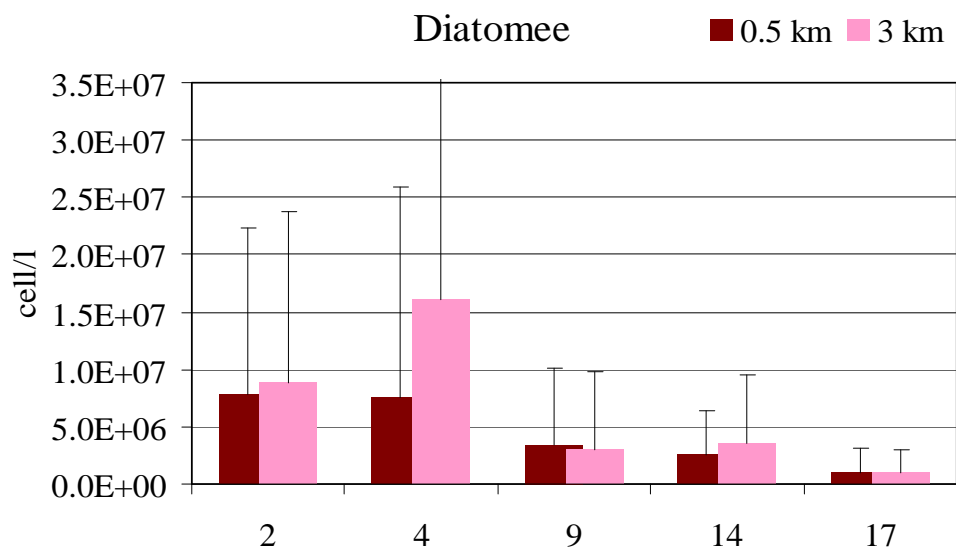


Figura 95 - Medie annuali e deviazioni standard delle abbondanze delle Diatomee nelle stazioni a 0.5 e 3 km

In Figura 95 si riportano le medie annuali per stazione a 0,5 km e 3 km di distanza dalla costa. Le abbondanze registrate sottocosta mostrano un gradiente negativo procedendo da nord verso sud. Se confrontiamo le abbondanze registrate sottocosta e al largo notiamo come rimangono all'interno dello stesso ordine di grandezza fatta eccezione per il transetto 4 dove le abbondanze medie al largo sono maggiori di un ordine di grandezza. Questa situazione si verifica in quanto spesso nel transetto 4 gli apporti di acqua dolce si estendono oltre la zona prettamente costiera, riuscendo a mantenere livelli eutrofici alti anche al largo.

In Figura 96 vengono riportate le medie stagionali per corpo idrico. CD1 presenta sempre valori più elevati rispetto al CD2 con massimi in autunno seguiti da quelli primaverili.

Inoltre si osserva come le deviazioni standard siano elevate nelle stazioni più settentrionali (st 2 e 4) (Figura 2) e nelle stagioni primavera ed autunno (Figura 3) a prova del fatto che l'area più settentrionale è sotto l'influenza degli apporti padani che ad intermittenza convogliano a mare elevate masse d'acqua dolce ricca di nutrienti e che detti apporti sono inferiori in estate ed inverno.

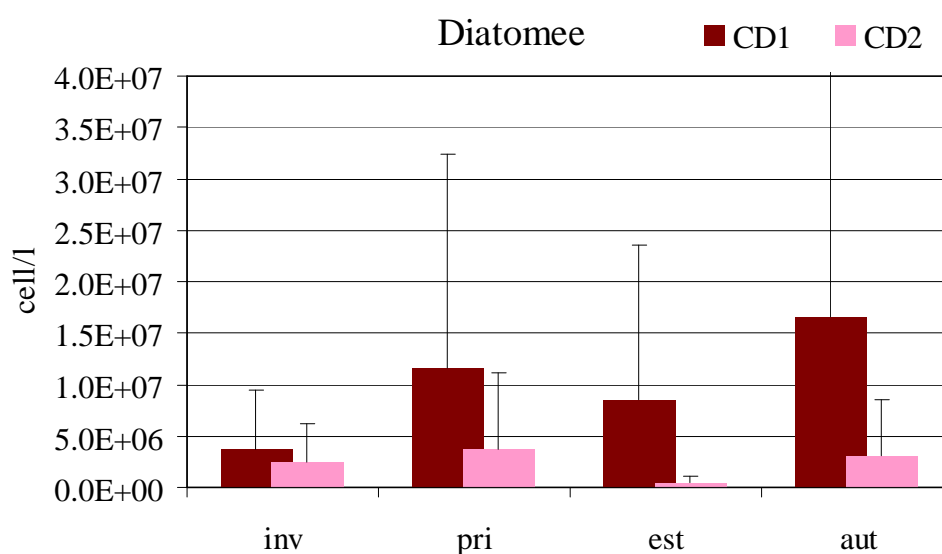


Figura 96 - Andamento delle medie stagionali e deviazioni standard delle abbondanze delle Diatomee nei corpi idrici CD1 e CD2

I taxa più rappresentativi in termini di frequenza di rilevamento (Figura 97) sono rispettivamente *Chaetoceros* spp., *Skeletonema* spp., *Thalassionema* spp., *Thalassiosira* spp., *Pseudo-nitzschia* spp. del *Nitzschia delicatissima* complex. Invece se consideriamo l'abbondanza media annuale sempre in Figura 97, i taxa più rappresentativi sono rispettivamente *Chaetoceros* spp., *Chaetoceros* cf. *affinis*, *Skeletonema* spp.. Anche la diatomea *Chaetoceros socialis* presenta una media annuale elevata ma è da ricondursi ad un'unico episodio di fioritura (1×10^8 cell/L) registrato il 2/10/2017 nella stazione 304.

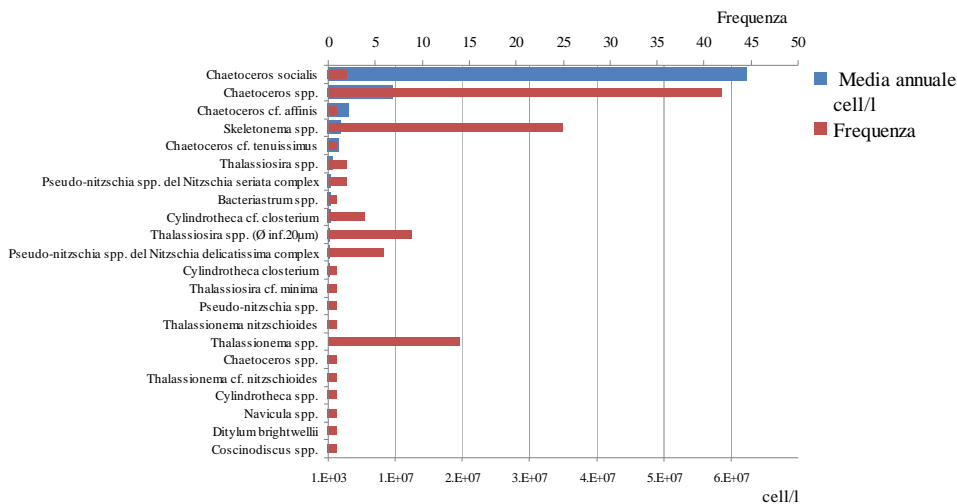


Figura 97 - Frequenze e abbondanze annuali dei taxa dominanti (Diatomee)

Le Dinoficee compongono solo 1% dell'abbondanza totale del fitoplancton ed inoltre le loro abbondanze sono di diversi ordini di grandezza inferiori rispetto alle Diatomee. Analizzando gli andamenti annuali delle abbondanze nelle stazioni sottocosta (Figura 98) si nota un andamento “a campana aperta” con i valori massimi in maggio, agosto e ottobre in tutte le stazioni, ad eccezione della stazione 17 (meno eutrofizzata delle altre) che presenta un minimo in agosto. In Figura 99 le medie annuali delle abbondanze fra stazioni risultano sempre maggiori i valori della stazione costiera ad eccezione della stazione 2 particolarmente influenzata dalla plume padana in cui i valori sono maggiori nella stazione a 3 km. Sempre presente il gradiente decrescente nord-sud per le abbondanze con l’eccezione della stazione 17 che mostra concentrazioni maggiori anche rispetto la stazione più settentrionale di Porto Garibaldi. Le medie stagionali per corpo idrico (Figura 100) confermano la loro tipica stagionalità con presenze più elevate in primavera ed estate in CD1 e solamente in primavera in CD2. Per quanto riguarda la classe delle Dinoficee, i taxa più rappresentativi (Figura 101) in ordine di frequenza sono rispettivamente, *Prorocentrum micans*, *Gymnodiniales* indet. (Ø inf.20µm), *Diplopsalis* group. Invece se si considera l'abbondanza media annuale i taxa più rappresentativi sono rispettivamente *Prorocentraceae* indet. *Gymnodiniales* indet. (Ø inf.20µm), *Prorocentrum micans*, *Micracanthodinium* spp., *Gymnodiniales* indet. (Ø sup.20µm).

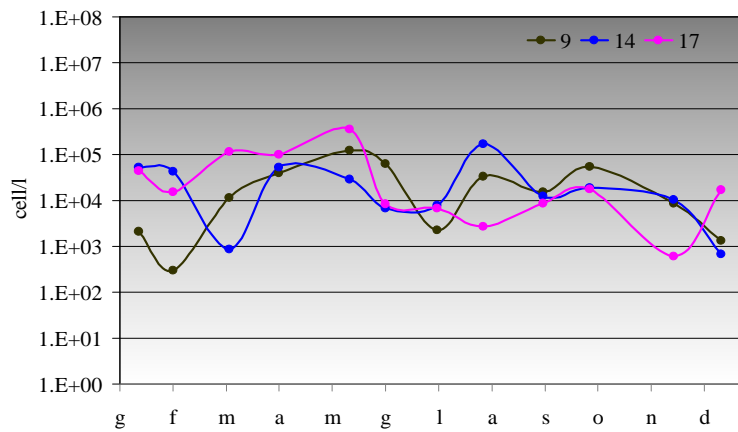
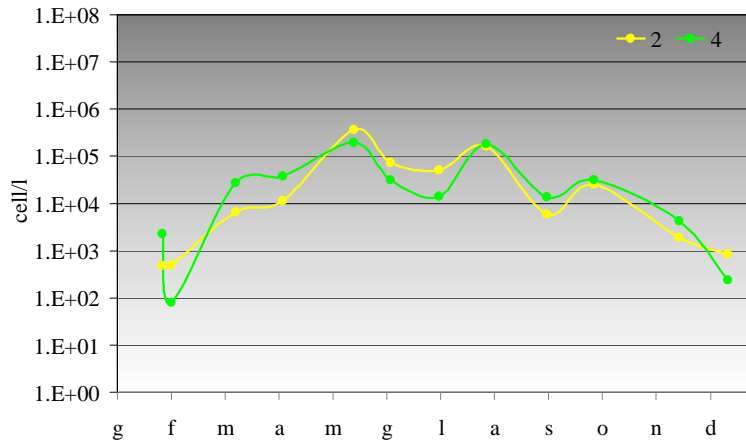


Figura 98 - Andamento annuale delle abbondanze delle Dinoflagellate nelle stazioni sottocosta

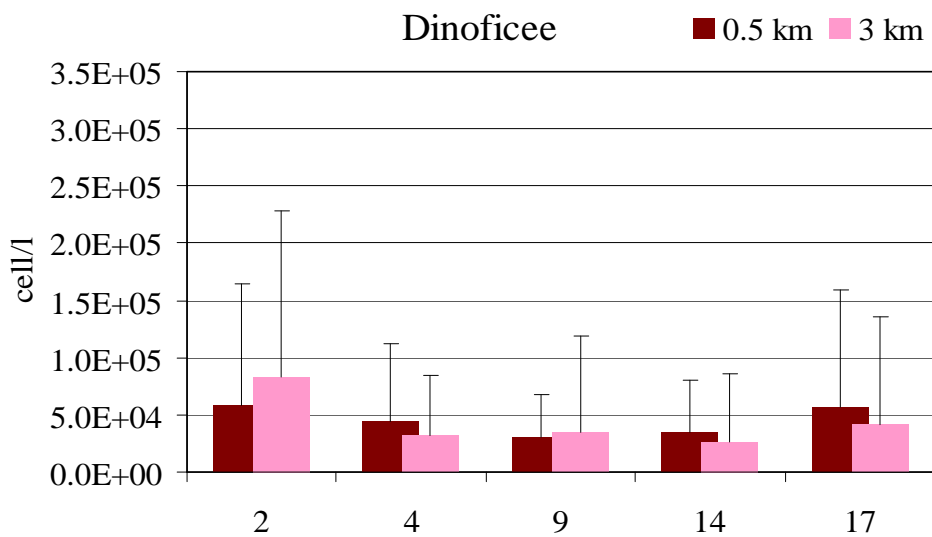


Figura 99 - Medie annuali e deviazioni standard delle abbondanze delle Dinoflagellate nelle stazioni a 0.5 e 3 km

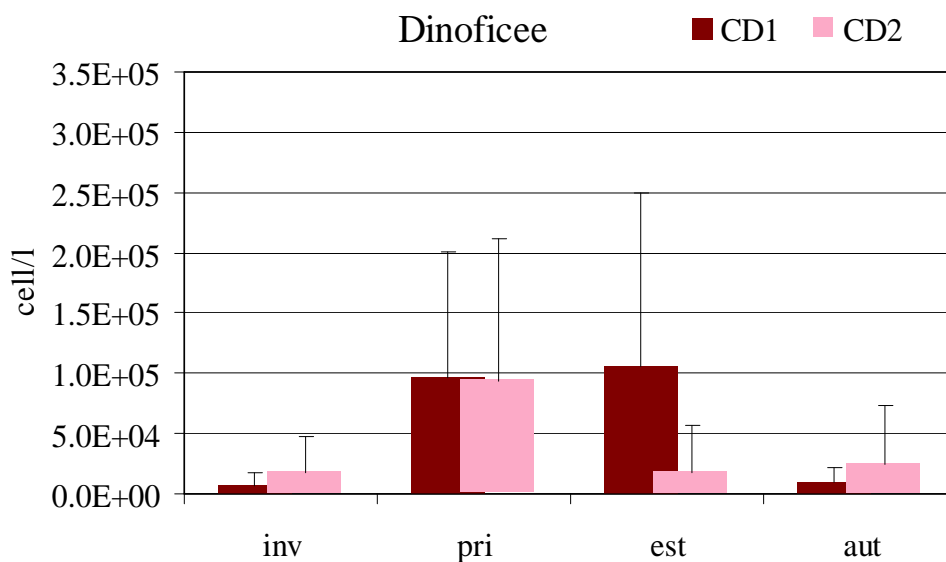


Figura 100 - Andamento delle medie stagionali e deviazioni standard delle abbondanze delle Dinoficee nei corpi idrici CD1 e CD2

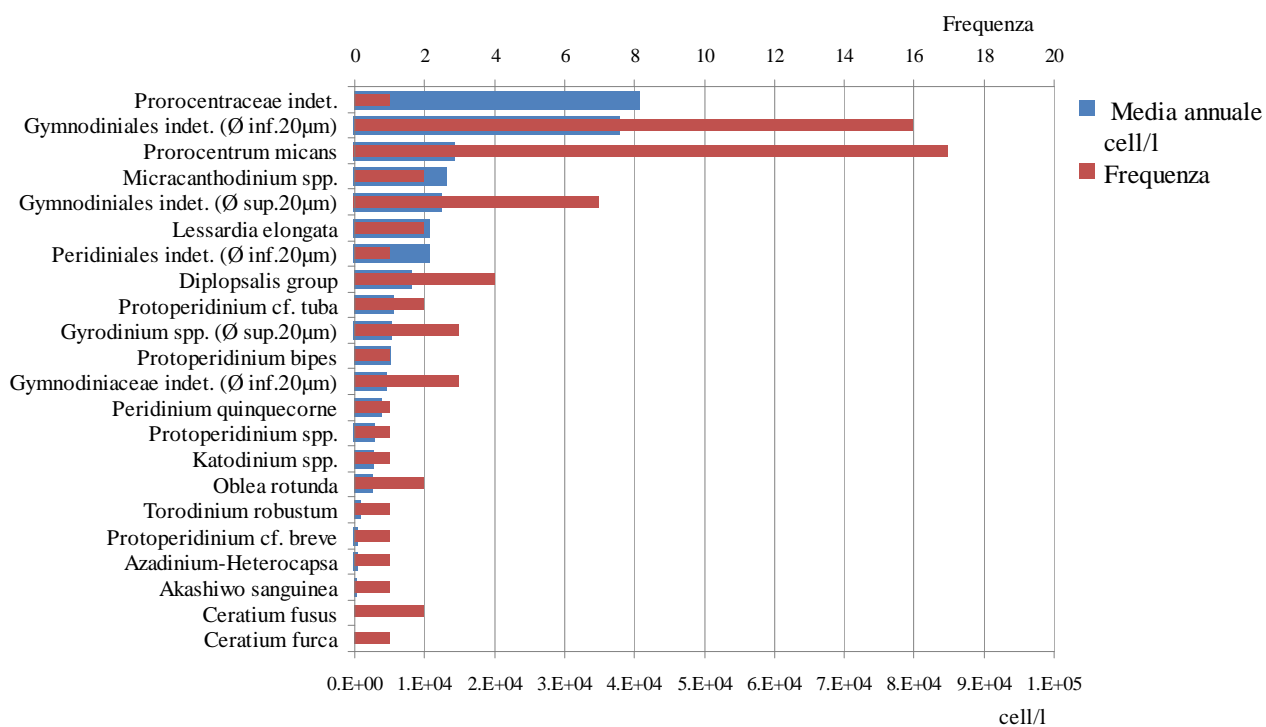


Figura 101 - Frequenze e abbondanze annuali dei taxa dominanti (Dinoficee)

In Figura 102 si riportano gli andamenti delle abbondanze dell'Altro fitoplancton (in particolare fitoflagellati del nano-fitoplancton) rilevate nelle stazioni sottocosta.

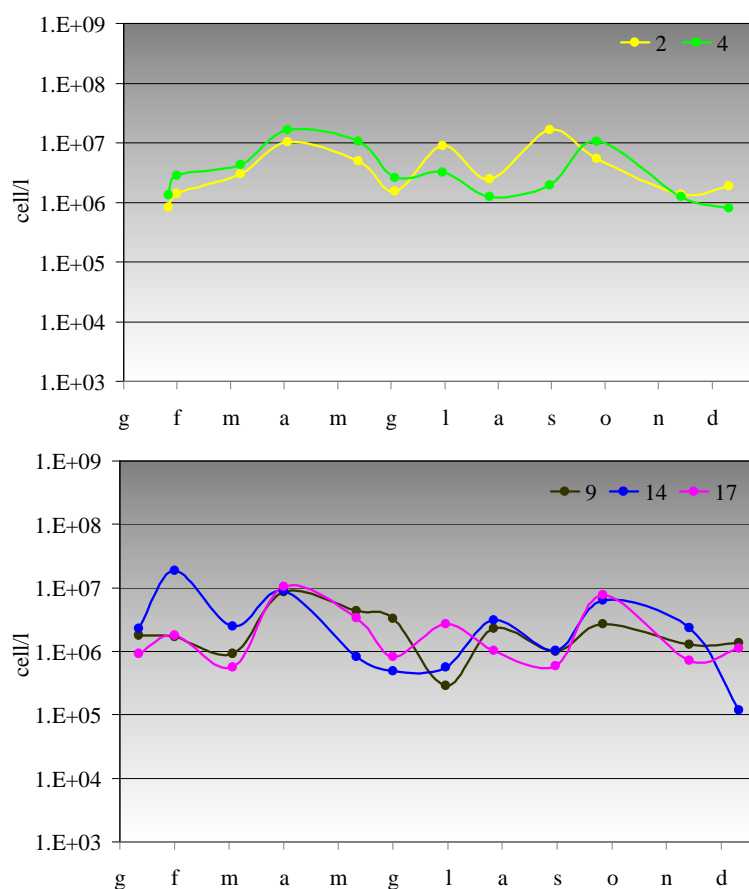


Figura 102 - Andamento annuale delle abbondanze dell'Altro fitoplancton nelle stazioni sottocosta

Questo Gruppo, essendo composto principalmente da fitoflagellati di acqua dolce, è strettamente legato agli apporti fluviali in mare. La zona settentrionale, maggiormente influenzata da tali apporti, presenta valori maggiori e più uniformi rispetto al CD2. Conseguentemente anche le medie annuali nelle stazioni a 0,5 e 3 km (Figura 103) evidenziano i valori più elevati nei transetti più settentrionali 2 e 4.

Inoltre dal confronto delle abbondanze registrate sottocosta e al largo notiamo come rimangono all'interno dello stesso ordine di grandezza fatta eccezione per il transetto 4 dove le abbondanze medie al largo sono maggiori rispetto a quelle in costa.

Analizzando le abbondanze stagionali (Figura 104) si osserva come questa componente fitoplanctonica sia prevalente in primavera ed in estate in CD1. In estate il divario tra le abbondanze dei due corpi idrici aumenta ulteriormente a favore del corpo idrico più settentrionale CD1.

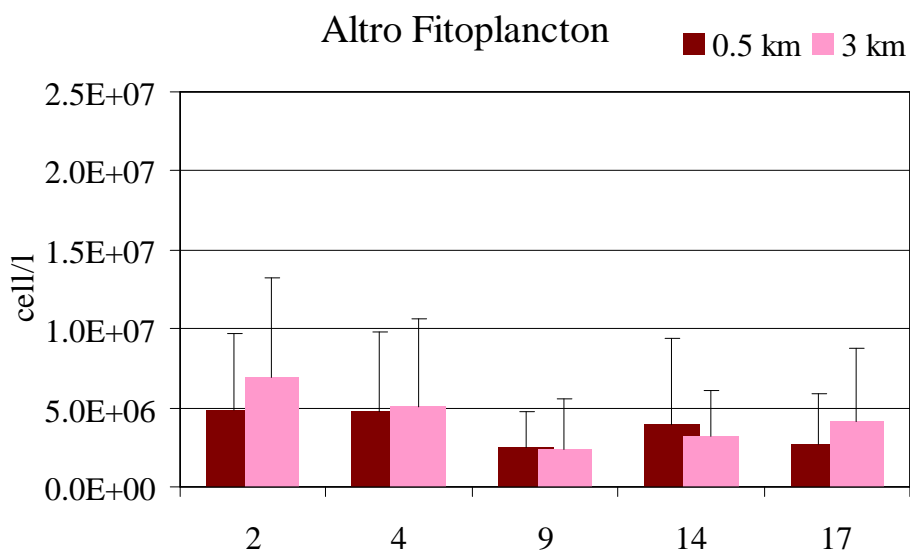


Figura 103 - Medie annuali e deviazioni standard delle abbondanze dell'Altro fitoplancton nelle stazioni a 0.5 e 3 km

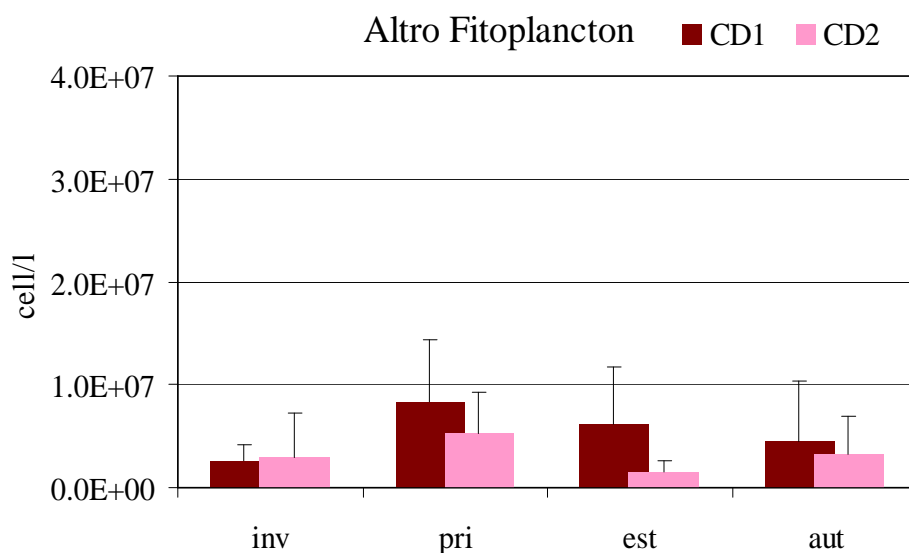


Figura 104 - Andamento delle medie stagionali e deviazioni standard dell'Altro fitoplancton nei corpi idrici CD1 e CD2

In Tabella 6 si riporta la lista floristica dei taxa prevalenti identificati nel 2017 durante le campagne di monitoraggio in tutte le stazioni, mentre in Tabella 7 si riporta la lista di tutti i taxa identificati.

Tabella 6 – Lista floristica dei taxa prevalenti riscontrati nel 2017

Phylum	Taxon	Autore
Bacillariophyta	<i>Bacteriastrum</i> spp.	Shadbolt, 1854
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros affinis</i>	Lauder, 1864
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros tenuissimus</i>	Meunier, 1913
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros socialis</i>	H.S.Lauder, 1864
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros</i> spp. (Ø inf.20µm)	Ehrenberg, 1844
Bacillariophyta	<i>Coscinodiscus</i> spp.	Ehrenberg, 1839
Bacillariophyta	<i>Cylindrotheca closterium</i>	(Ehrenberg) Reimann & j. C. Lewin, 1964
Bacillariophyta	<i>Cylindrotheca</i> spp.	Rabenhorst, 1859
Bacillariophyta	<i>Ditylum brightwellii</i>	(T. West) Grunow, 1885
Bacillariophyta	<i>Navicula</i> spp.	Bory de Saint - Vincent, 1822
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. del <i>Nitzschia delicatissima</i> complex	Hasle, 1964
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. del <i>Nitzschia seriata</i> complex	Hasle, 1965
Bacillariophyta	<i>Skeletonema</i> spp.	Greville, 1865
Bacillariophyta	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	(Grunow) Mereschkowsky, 1902
Bacillariophyta	<i>Thalassionema</i> spp.	Grunow ex Mereschkowsky, 1902
Bacillariophyta	<i>Thalassiosira</i> cf. <i>minima</i>	Gaarder, 1951
Bacillariophyta	<i>Thalassiosira</i> spp.	Cleve, 1873
Bacillariophyta	<i>Thalassiosira</i> spp. (Ø inf.20µm)	Cleve, 1873
Dinophyta	<i>Akashiwo sanguinea</i>	(K. Hirasaka) G. Hansen & Ø. Moestrup, 2000
Dinophyta	<i>Azadinium-Heterocapsa</i> ⁺	
Dinophyta	<i>Ceratium furca</i>	(Ehrenberg) Claparède & Lachmann, 1859
Dinophyta	<i>Ceratium fusus</i>	(Ehrenberg) Dujardin, 1841
Dinophyta	<i>Dinophyceae</i> indet. (Ø inf.20µm)	F.E.Fritsch in G.S.West & F.E.Fritsch, 1927
Dinophyta	<i>Dinophyceae</i> indet. (Ø sup.20µm)	F.E.Fritsch in G.S.West & F.E.Fritsch, 1927
Dinophyta	<i>Diplopsalis</i> group	Dodge, 1985
Dinophyta	<i>Gymnodiniaceae</i> indet. (Ø inf.20µm)	Lankester, 1885
Dinophyta	<i>Gymnodiniales</i> indet. (Ø inf.20µm)	Apstein, 1909
Dinophyta	<i>Gymnodiniales</i> indet. (Ø sup.20µm)	Apstein, 1909
Dinophyta	<i>Gyrodinium</i> spp. (Ø sup.20µm)	Stein, 1878
Dinophyta	<i>Katodinium</i> spp.	B.Fott, 1957
Dinophyta	<i>Lessardia elongata</i>	J.F.Saldarriaga & F.J.R.Taylor, 2003
Dinophyta	<i>Micracanthodinium</i> spp.	Deflandre, 1937
Dinophyta	<i>Oblea rotunda</i>	(Lebour) Balech ex Sournia, 1973
Dinophyta	<i>Peridinales</i> indet.	Haeckel, 1894
Dinophyta	<i>Peridinales</i> indet. (Ø inf.20µm)	Haeckel, 1894
Dinophyta	<i>Peridiniella</i> spp.	Kofoid & Michener, 1911
Dinophyta	<i>Peridinium quinquecorne</i>	Abè, 1927
Dinophyta	<i>Prorocentraceae</i> indet.	F.Stein, 1883
Dinophyta	<i>Prorocentrum cordatum</i>	(Ostenfeld) J.D.Dodge 1975
Dinophyta	<i>Prorocentrum micans</i>	Ehrenberg, 1834
Dinophyta	<i>Proto-peridinium bipes</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Proto-peridinium brevipes</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Proto-peridinium tuba</i>	(Schiller) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Proto-peridinium</i> spp.	Bergh, 1882
Dinophyta	<i>Scrippsiella</i> group*	
Dinophyta	<i>Torodinium robustum</i>	Kofoid & Swezy, 1921

* morfotipo identificato afferente ai generi *Proto-peridinium*, *Scrippsiella*, *Enciculifera*, *Pentapharsodinium*

+ morfotipo identificato afferente ai generi *Heterocapsa* e *Azadinium*

Tabella 7 - Lista floristica di tutti i taxa identificati nel 2017

Phylum	Specie	Autore
Bacillariophyta	<i>Amphora</i> spp.	Ehrenberg ex Kützing, 1844
Bacillariophyta	<i>Asterionella formosa</i>	Hassal, 1850
Bacillariophyta	<i>Asterionella gracillima</i>	(Hantzsch) Heiberg, 1863
Bacillariophyta	<i>Asterionella</i> spp.	Hassal, 1850
Bacillariophyta	<i>Asterionellopsis glacialis</i>	(Castracane) Round, 1990
Bacillariophyta	<i>Asteromphalus</i> spp.	Ehrenberg, 1844
Bacillariophyta	<i>Aulacoseira</i> cf. <i>granulata</i>	(Ehrenberg) Simonsen, 1979
Bacillariophyta	<i>Aulacoseira</i> spp.	Thwaites, 1848
Bacillariophyta	<i>Bacillaria</i> spp.	J. F. Gmelin, 1791
Bacillariophyta	<i>Bacteriastrum mediterraneum</i>	J.Pavillard, 1916
Bacillariophyta	<i>Bacteriastrum</i> spp.	Shadbolt, 1854
Bacillariophyta	<i>Biddulphia</i> spp.	S. F. Gray, 1821
Bacillariophyta	<i>Cerataulina pelagica</i>	(Cleve) Hendey, 1937
Bacillariophyta	<i>Cerataulina</i> spp.	H.Peragallo ex F.Schütt, 1896
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros affinis</i>	Lauder, 1864
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros</i> cf. <i>brevis</i>	F.Schütt, 1895
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros</i> cf. <i>constrictus</i>	Gran, 1897
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros</i> cf. <i>curvisetus</i>	Cleve, 1889
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros</i> cf. <i>lacinosus</i>	F. Schütt, 1895
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros curvisetus</i>	Cleve, 1889
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros danicus</i>	Cleve, 1889
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros decipiens</i>	Cleve, 1873
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros densus</i>	Cleve, 1899
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros didymus</i>	Ehrenberg, 1845
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros diversus</i>	Cleve, 1873
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	Grunow, 1863
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros rostratus</i>	Ralfs in Lauder, 1864
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros similis</i>	Cleve, 1896
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros simplex</i>	Ostenfeld, 1902
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros socialis</i>	H.S.Lauder, 1864
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros</i> spp.	Ehrenberg, 1844
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros</i> spp. (Ø inf.20µm)	Ehrenberg, 1844
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros</i> spp. (Ø sup.20µm)	Ehrenberg, 1844
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros tenuissimus</i>	Meunier,1913
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros teres</i>	Cleve in Aurivillius, 1896
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros tortissimus</i>	H.H.Gran
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros wighamii</i>	Brightwell, 1856
Bacillariophyta	<i>Cocconeis</i> spp.	Ehrenberg, 1837
Bacillariophyta	<i>Coscinodiscophyceae</i> indet.	Round R.M.Crawford & D.G.Mann, 1990
Bacillariophyta	<i>Coscinodiscus granii</i>	Ehrenberg, 1839
Bacillariophyta	<i>Coscinodiscus</i> spp.	Ehrenberg, 1839
Bacillariophyta	<i>Cyclotella</i> spp.	(Kützing) Brebisson, 1838
Bacillariophyta	<i>Cylindrotheca closterium</i>	(Ehrenberg) Reimann & j. C. Lewin, 1964
Bacillariophyta	<i>Cylindrotheca</i> spp.	Rabenhorst, 1859
Bacillariophyta	<i>Cymbella</i> spp.	C. Agardh, 1830
Bacillariophyta	<i>Dactyliosolen blavyanus</i>	(H.Peragallo) Hasle, 1975
Bacillariophyta	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	(Bergon) Hasle, 1996
Bacillariophyta	<i>Dactyliosolen phuketensis</i>	(B.G.Sundström) G.R.Hasle, 1996
Bacillariophyta	<i>Diploneis</i> spp.	Ehrenberg ex Cleve, 1894

Phylum	Specie	Autore
Bacillariophyta	<i>Ditylum brightwellii</i>	(T. West) Grunow, 1885
Bacillariophyta	<i>Entomoneis</i> spp.	Ehrenberg, 1845
Bacillariophyta	<i>Eucampia cornuta</i>	(Cleve) Grunow, 1883
Bacillariophyta	<i>Eucampia</i> spp.	Ehrenberg, 1839
Bacillariophyta	<i>Eucampia zodiacus</i>	Ehrenberg, 1839
Bacillariophyta	<i>Fragilaria crotonensis</i>	Kitton, 1869
Bacillariophyta	<i>Fragilaria</i> spp.	Lyngbye, 1819
Bacillariophyta	<i>Fragilariaceae</i> indet.	Greville, 1833
Bacillariophyta	<i>Gomphonema</i> spp.	Ehrenberg, 1832
Bacillariophyta	<i>Guinardia flaccida</i>	(Castracane) H. Peragallo, 1892
Bacillariophyta	<i>Guinardia striata</i>	(Stolterfoth) Hasle, 1996
Bacillariophyta	<i>Gyrosigma fasciola</i>	(Ehrenberg) J.W.Griffith & Henfrey 1856
Bacillariophyta	<i>Hemiaulus</i> cf. <i>sinensis</i>	Greville, 1865
Bacillariophyta	<i>Hemiaulus hauckii</i>	Grunow ex Van Heurck, 1882
Bacillariophyta	<i>Hemiaulus</i> spp.	Heiberg, 1863
Bacillariophyta	<i>Lauderia annulata</i>	Cleve, 1873
Bacillariophyta	<i>Lauderia borealis</i>	Gran, 1900
Bacillariophyta	<i>Lauderia</i> spp.	Cleve, 1873
Bacillariophyta	<i>Leptocylindrus danicus</i>	Cleve, 1889
Bacillariophyta	<i>Leptocylindrus minimus</i>	Gran, 1915
Bacillariophyta	<i>Leptocylindrus</i> spp.	Cleve, 1889
Bacillariophyta	<i>Licmophora</i> spp.	C. Agardh, 1827
Bacillariophyta	<i>Lioloma pacificum</i>	(Cupp) Hasle, 1996
Bacillariophyta	<i>Lioloma</i> spp.	Hasle, 1997
Bacillariophyta	<i>Melosira moniliformis</i>	(O. F. Müller) C. Agardh, 18247
Bacillariophyta	<i>Melosira</i> spp.	C. Agardh, 1824
Bacillariophyta	<i>Navicula</i> spp.	Bory de Saint - Vincent, 1822
Bacillariophyta	<i>Naviculaceae</i> indet. (Ø inf.20µm)	Kützing, 1844
Bacillariophyta	<i>Naviculaceae</i> indet. (Ø sup.20µm)	Kützing, 1844
Bacillariophyta	<i>Naviculales</i> indet.	Bessey
Bacillariophyta	<i>Nitzschia longissima</i>	(Brébisson) Ralfs, 1861
Bacillariophyta	<i>Nitzschia reversa</i>	W. Smith
Bacillariophyta	<i>Nitzschia sigma</i>	W.Smith, 1853
Bacillariophyta	<i>Nitzschia</i> spp.	Hassall, 1845
Bacillariophyta	<i>Odontella</i> spp.	C.Agardh, 1832
Bacillariophyta	<i>Paralia sulcata</i>	(Ehrenberg) Cleve, 1873
Bacillariophyta	<i>Pleurosigma</i> spp.	W. Smith, 1852
Bacillariophyta	<i>Pleurosigmataceae</i> indet.	Mereschowsky, 1903
Bacillariophyta	<i>Proboscia alata</i>	(Brightwell) Sundström, 1986
Bacillariophyta	<i>Proboscia indica</i>	(H.Peragallo) Hernández-Becerril 1995
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia galaxiae</i>	n. Lundholm & Ø. Moestrup, 2002
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>	(Takano) Takano, 1995
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	(Grunow ex Cleve) G.R.Hasle, 1993
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.	H. Paragallo, 1900
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. del <i>Nitzschia delicatissima</i> complex	Hasle, 1964
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. del <i>Nitzschia seriata</i> complex	Hasle, 1965
Bacillariophyta	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	(Schultze) B. G. Sundström, 1986
Bacillariophyta	<i>Rhizosolenia</i> cf. <i>hebetata</i>	J. W. Bailey, 1856
Bacillariophyta	<i>Rhizosolenia imbricata</i>	Brightwell, 1858
Bacillariophyta	<i>Rhizosolenia</i> spp.	Brightwell, 1858

Phylum	Specie	Autore
Bacillariophyta	<i>Rhizosolenia styliformis</i>	T. Brightwell, 1858
Bacillariophyta	<i>Rhizosoleniaceae</i> indet.	De Toni, 1890
Bacillariophyta	<i>Rhoicosphenia</i> spp.	Grunow, 1860
Bacillariophyta	<i>Skeletonema</i> spp.	Greville, 1865
Bacillariophyta	<i>Skeletonema tropicum</i>	Cleve, 1900
Bacillariophyta	<i>Synedra</i> spp.	Ehrenberg, 1830
Bacillariophyta	<i>Tabellaria</i> spp.	Ehrenberg ex Kützing, 1844
Bacillariophyta	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	(Grunow) Mereschkowsky, 1902
Bacillariophyta	<i>Thalassionema</i> spp.	Grunow ex Mereschkowsky, 1902
Bacillariophyta	<i>Thalassiosira</i> cf. <i>minima</i>	Gaarder, 1951
Bacillariophyta	<i>Thalassiosira rotula</i>	Meunier, 1910
Bacillariophyta	<i>Thalassiosira</i> spp. (Ø inf.20µm)	Cleve, 1873
Bacillariophyta	<i>Thalassiosira</i> spp. (Ø sup.20µm)	Cleve, 1873
Bacillariophyta	<i>Thalassiosiraceae</i> indet.	Hasle
Bacillariophyta	<i>Thalassiosirales</i> indet.	Glezer & Makarova 1986
Bacillariophyta	<i>Trachyneis</i> spp.	P.T.Cleve, 1894
Charophyta	<i>Cosmarium</i> spp.	Corda ex Ralfs, 1848
Chlorophyta	<i>Actinastrum</i> spp.	Lagerheim, 1882
Chlorophyta	<i>Ankistrodesmus</i> spp.	Corda, 1838
Chlorophyta	<i>Chlorophyceae</i> indet.	Wille in Warming, 1884
Chlorophyta	<i>Chlorophyta</i> indet. (Ø inf.20µm)	Reichenbach, 1834
Chlorophyta	<i>Coelastrum</i> spp.	Nägeli, 1849
Chlorophyta	<i>Crucigenia</i> spp.	Morren, 1830
Chlorophyta	<i>Monoraphidium contortum</i>	(Thuret) Komárková-Legnerová, 1969
Chlorophyta	<i>Monoraphidium</i> spp.	Komárková-Legnerová, 1969
Chlorophyta	<i>Oltmannsiella</i> spp.	W.Zimmermann, 1930
Chlorophyta	<i>Oltmannsiellopsidaceae</i> indet.	T.Nakayama, Shin Watanabe & I.Inouye 1996
Chlorophyta	<i>Pediastrum duplex</i>	Meyen 1829
Chlorophyta	<i>Pediastrum simplex</i>	Meyen 1829
Chlorophyta	<i>Pterosperma</i> spp.	Pouchet, 1893
Chlorophyta	<i>Pyramimonadales</i> indet.	Chadefaud 1950
Chlorophyta	<i>Pyramimonas</i> spp.	Schmarda, 1849
Chlorophyta	<i>Scenedesmaceae</i> indet.	Oltmanns, 1904
Chlorophyta	<i>Scenedesmus</i> spp.	Meyen, 1829
Cryptophyta	<i>Cryptomonadales</i> indet. (Ø inf.20µm)	Pringsheim, 1944
Cryptophyta	<i>Cryptomonas</i> spp.	Ehrenberg, 1831
Cryptophyta	<i>Cryptophyceae</i> indet. (Ø inf.20µm)	F.E.Fritsch, 1927
Cryptophyta	<i>Plagioselmis</i> cf. <i>prolonga</i>	G.Novarino, I.A.N.Lucas, & S.Morrall, 1994
Cryptophyta	<i>Plagioselmis</i> spp.	Butcher ex Novarino, Lucas & Morrall, 1994
Cyanobacteria	<i>Cyanophyceae</i> indet.	Schaffner, 1909
Cyanobacteria	<i>Nostocales</i> indet.	Cavalier-Smith 2002
Cyanobacteria	<i>Oscillatoriales</i> indet.	Cavalier-Smith 2002
Dinophyta	<i>Akashiwo sanguinea</i>	(K. Hirasaka) G. Hansen & Ø. Moestrup, 2000
Dinophyta	<i>Alexandrium concavum</i>	(Gaarder) Balech, 1985
Dinophyta	<i>Alexandrium insuetum</i>	D.M. Anderson, A.W. White & D.G. Baden, 1985
Dinophyta	<i>Alexandrium minutum</i>	Halim, 1960
Dinophyta	<i>Alexandrium pseudogonyaulax</i>	(Biecheler) Horiguchi ex Kita & Fukuyo, 1992

Phylum	Specie	Autore
Dinophyta	<i>Alexandrium</i> spp.	Halim, 1960
Dinophyta	<i>Amphidinium crassum</i>	Lohmann, 1908
Dinophyta	<i>Amphidinium</i> spp.	Claparède & Lachmann, 1859
Dinophyta	<i>Amylax triacantha</i>	(Jørgensen) Sournia, 1984
Dinophyta	<i>Azadinium</i> spp.	M.Elbrächter & U.Tillmann, 2009
Dinophyta	<i>Azadinium-Heterocapsa</i> ⁺	
Dinophyta	<i>Blepharocysta splendor-maris</i>	Ehrenberg, 1873
Dinophyta	<i>Ceratium azoricum</i>	Cleve 1900
Dinophyta	<i>Ceratium candelabrum</i>	(Ehrenberg) Stein, 1883
Dinophyta	<i>Ceratium</i> cf. <i>horridum</i>	(Cleve) Gran, 1902
Dinophyta	<i>Ceratium</i> cf. <i>macroceros</i>	(Ehrenberg) Vanhöffen, 1897
Dinophyta	<i>Ceratium</i> cf. <i>massiliense</i>	(Gourret) Karsten, 1906
Dinophyta	<i>Ceratium</i> cf. <i>tripos</i>	(O. F. Müller) Nitzsch, 1817
Dinophyta	<i>Ceratium furca</i>	(Ehrenberg) Claparède & Lachmann, 1859
Dinophyta	<i>Ceratium fusus</i>	(Ehrenberg) Dujardin, 1841
Dinophyta	<i>Ceratium</i> spp.	Schrank, 1793
Dinophyta	<i>Ceratium trichoceros</i>	(Ehrenberg) W. S. Kent, 1881
Dinophyta	<i>Ceratium tripos</i>	(O. F. Müller) Nitzsch, 1817
Dinophyta	<i>Ceratoperidinium falcatum</i>	(Kofoid & Swezy) Reñé & de Salas, 2013
Dinophyta	<i>Cochlodinium</i> spp.	Schütt, 1896
Dinophyta	<i>Dinophysis acuminata</i>	Claparède & Lachmann, 1859
Dinophyta	<i>Dinophysis bibulbus</i>	Balech, 1971
Dinophyta	<i>Dinophysis caudata</i>	Saville - Kent, 1881
Dinophyta	<i>Dinophysis</i> cf. <i>hastata</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Dinophysis fortii</i>	Pavillard, 1923
Dinophyta	<i>Dinophysis ovum</i>	Schütt, 1895
Dinophyta	<i>Dinophysis rotundata</i>	Claparède & Lachmann, 1859
Dinophyta	<i>Dinophysis sacculus</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Dinophysis</i> spp.	Ehrenberg, 1839
Dinophyta	<i>Dinophysis tripos</i>	Gourret, 1883
Dinophyta	<i>Diplopsalis</i> group	Dodge, 1985
Dinophyta	<i>Gonyaulacaceae</i> indet.	Lindemann, 1928
Dinophyta	<i>Gonyaulacales</i> indet.	F.J.R.Taylor 1980
Dinophyta	<i>Gonyaulax</i> cf. <i>digitale</i>	(Pouchet) Kofoid, 1911
Dinophyta	<i>Gonyaulax fragilis</i>	(Shütt) Kofoid, 1911
Dinophyta	<i>Gonyaulax polygramma</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Gonyaulax spinifera</i>	(Claparède & Lachmann) Diesing, 1866
Dinophyta	<i>Gonyaulax</i> spp.	Diesing, 1866
Dinophyta	<i>Gonyaulax verior</i>	Sournia, 1973
Dinophyta	<i>Gymnodiniaceae</i> indet. (Ø inf.20µm)	Lankester, 1885
Dinophyta	<i>Gymnodiniaceae</i> indet. (Ø sup.20µm)	Lankester, 1885
Dinophyta	<i>Gymnodiniales</i> indet. (Ø inf.20µm)	Apstein, 1909
Dinophyta	<i>Gymnodiniales</i> indet. (Ø sup.20µm)	Apstein, 1909
Dinophyta	<i>Gymnodinium</i> cf. <i>impudicum</i>	(S.Fraga & I.Bravo) G.Hansen & Ø.Moestrup
Dinophyta	<i>Gymnodinium</i> spp. (Ø inf.20µm)	Stein, 1878
Dinophyta	<i>Gymnodinium</i> spp. (Ø sup.20µm)	Stein, 1878
Dinophyta	<i>Gyrodinium</i> cf. <i>spirale</i>	(Berg) Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Gyrodinium fusiforme</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Gyrodinium lachryma</i>	(Meunier) Kofoid & Swezy 1921
Dinophyta	<i>Gyrodinium nasutum</i>	(Wulff) Schiller 1933
Dinophyta	<i>Gyrodinium</i> spp. (Ø inf.20µm)	Kofoid & Swezy, 1921

Phylum	Specie	Autore
Dinophyta	<i>Gyrodinium</i> spp. (Ø sup.20µm)	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Heterocapsa</i> cf. <i>pacifica</i>	Kofoid 1907
Dinophyta	<i>Heterocapsa</i> spp.	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Heterocapsaceae</i> indet.	R.A. Fensome et al. 1980
Dinophyta	<i>Karenia</i> spp.	G. Hansen & Moestrup, 2000
Dinophyta	<i>Kareniaceae</i> indet.	Bergholtz, Daugbjerg, Moestrup & Fernández, 2005
Dinophyta	<i>Katodinium glaucum</i>	(Lebour) Loeblich III, 1965
Dinophyta	<i>Katodinium</i> spp.	B.Fott, 1957
Dinophyta	<i>Kofoidinium</i> spp.	Pavillard, 1929
Dinophyta	<i>Lessardia elongata</i>	J.F.Saldarriaga & F.J.R.Taylor, 2003
Dinophyta	<i>Lingulodinium polyedrum</i>	(F. Stein) J.D. Dodge, 1989
Dinophyta	<i>Mesoporos perforatus</i>	(Gran) Lillick, 1937
Dinophyta	<i>Mesoporos</i> spp.	(Gran) Lillick, 1937
Dinophyta	<i>Micracanthodinium claytonii</i>	(R.W.Holmes) Dodge 1982
Dinophyta	<i>Micracanthodinium setiferum</i>	(Lohmann) Deflandre, 1937
Dinophyta	<i>Micracanthodinium</i> spp.	Deflandre, 1937
Dinophyta	<i>Nematodinium torpedo</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Noctiluca scintillans</i>	(Macartney) Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Noctilucales</i> indet	Haeckel
Dinophyta	<i>Oblea rotunda</i>	(Lebour) Balech ex Sournia, 1973
Dinophyta	<i>Oblea</i> spp.	Balech ex Loeblich jr. & Loeblich III, 1966
Dinophyta	<i>Oxyrrhis marina</i>	Dujardin, 1841
Dinophyta	<i>Oxytoxum adriaticum</i>	Schiller, 1937
Dinophyta	<i>Oxytoxum</i> cf. <i>caudatum</i>	Schiller, 1937
Dinophyta	<i>Oxytoxum</i> cf. <i>laticeps</i>	Schiller 1937
Dinophyta	<i>Oxytoxum</i> cf. <i>longum</i>	Schiller 1937
Dinophyta	<i>Oxytoxum</i> cf. <i>scolopax</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Oxytoxum gladiolus</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Oxytoxum longiceps</i>	Schiller, 1937
Dinophyta	<i>Oxytoxum scolopax</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Oxytoxum</i> spp.	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Peridiniaceae</i> indet. (Ø inf.20µm)	Ehrenberg, 1831
Dinophyta	<i>Peridiniaceae</i> indet. (Ø sup.20µm)	Ehrenberg, 1831
Dinophyta	<i>Peridinales</i> indet. (Ø inf.20µm)	Haeckel, 1894
Dinophyta	<i>Peridinales</i> indet. (Ø sup.20µm)	Haeckel, 1894
Dinophyta	<i>Peridiniella</i> spp.	Kofoid & Michener, 1911
Dinophyta	<i>Peridinium quinquecorne</i>	Abè, 1927
Dinophyta	<i>Phalacroma oxytoxoides</i>	(Kofoid) F.Gomez, P.Lopez-Garcia & D.Moreira, 2011
Dinophyta	<i>Phalacroma rotundatum</i>	(Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener, 1911
Dinophyta	<i>Podolampas palmipes</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Podolampas</i> spp.	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Polykrikos kofoidii</i>	Chatton, 1914
Dinophyta	<i>Polykrikos</i> spp.	Bütshli, 1873
Dinophyta	<i>Pronoctiluca</i> spp.	Fabre Domergue, 1889
Dinophyta	<i>Prorocentraceae</i> indet.	F.Stein, 1883
Dinophyta	<i>Prorocentrum</i> cf. <i>aporum</i>	(Schiller) Dodge, 1975
Dinophyta	<i>Prorocentrum</i> cf. <i>scutellum</i>	Schröderm, 1900
Dinophyta	<i>Prorocentrum compressum</i>	(J.W. Bailey) Abè ex Dodge, 1975
Dinophyta	<i>Prorocentrum cordatum</i>	(Ostenfeld) J.D.Dodge 1975

Phylum	Specie	Autore
Dinophyta	<i>Prorocentrum dactylus</i>	(Stein) Dodge, 1975
Dinophyta	<i>Prorocentrum dentatum</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Prorocentrum micans</i>	Ehrenberg, 1834
Dinophyta	<i>Prorocentrum rhathymum</i>	Loeblich, Sherley & Schmidt, 1979
Dinophyta	<i>Prorocentrum</i> spp.	Ehrenberg, 1834
Dinophyta	<i>Prorocentrum triestinum</i>	J. Schiller, 1918
Dinophyta	<i>Protoceratium reticulatum</i>	(Claparède & Lachmann) Bütschli 1885
Dinophyta	<i>Protoperidinium bipes</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protoperidinium breve</i>	Paulsen
Dinophyta	<i>Protoperidinium brevipes</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protoperidinium</i> cf. <i>bispinum</i>	(Schiller) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protoperidinium</i> cf. <i>claudicans</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protoperidinium</i> cf. <i>globulus</i>	(Stein) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protoperidinium</i> cf. <i>pellucidum</i>	Bergh ex Loeblich Jr. & Loeblich III, 1881
Dinophyta	<i>Protoperidinium conicum</i>	(Gran) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protoperidinium depressum</i>	(Bailey) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protoperidinium diabolus</i>	(Cleve) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protoperidinium divergens</i>	(Ehrenberg) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protoperidinium leonis</i>	(Pavillard) Balech 1974
Dinophyta	<i>Protoperidinium oblongum</i>	(Aurivillius) Parke & Dodge, 1976
Dinophyta	<i>Protoperidinium oceanicum</i>	(VanHöffen) balech, 1974
Dinophyta	<i>Protoperidinium ovum</i>	(Schiller) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protoperidinium pyriforme</i>	(Paulsen) Balech 1974
Dinophyta	<i>Protoperidinium</i> spp.	Bergh, 1882
Dinophyta	<i>Protoperidinium steinii</i>	(Jorgensen) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protoperidinium subinermis</i>	(Paulsen) Loeblich III, 1969
Dinophyta	<i>Protoperidinium thorianum</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protoperidinium tuba</i>	(Schiller) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Pselodinium vaubanii</i>	Sournia 1972
Dinophyta	<i>Pyrocystis lunula</i>	(J. Schütt) J. Schütt, 1896
Dinophyta	<i>Pyrophacus</i> spp.	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Scaphodinium mirabile</i>	Margalef 1963
Dinophyta	<i>Scrippsiella</i> cf. <i>precaria</i>	M. Montresor & A. Zingone, 1988
Dinophyta	<i>Scrippsiella</i> group*	
Dinophyta	<i>Scrippsiella spinifera</i>	G.Honsell & M.Cabrini, 1991
Dinophyta	<i>Scrippsiella</i> spp.	Balech ex A. R. Loeblich III, 1965
Dinophyta	<i>Spatulodinium pseudonoclituca</i>	(Pouchet) J.Cachon & M.Cachon, 1968
Dinophyta	<i>Torodinium robustum</i>	Kofoed & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Torodinium</i> spp.	Kofoed & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Torodinium teredo</i>	(Pouchet) Kofoed & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Warnowia</i> spp.	Lindemann in Engler & Prantl, 1928
Dinophyta	<i>Warnowiaceae</i> indet.	Lindemann, 1928
Euglenozoa	<i>Euglena</i> spp.	Ehrenberg, 1830
Euglenozoa	<i>Euglenales</i> indet.	Bütschli, 1884
Euglenozoa	<i>Euglenophyceae</i> indet.	Schoenichen, 1925
Euglenozoa	<i>Eutreptiaceae</i> indet.	Hollande, 1942
Euglenozoa	<i>Eutreptiella</i> spp.	A. da Cunha, 1914
Haptophyta	<i>Chrysochromulina lanceolata</i>	Chrétiennot-Dinet, Nezan & Puigserver, 2003
Haptophyta	<i>Chrysochromulina parkeae</i>	J.C.Green & Leadbeater, 1972
Haptophyta	<i>Chrysochromulina</i> spp.	Lackey, 1939
Haptophyta	<i>Coccolithophyceae</i> indet.	Rothmaler, 1951

Phylum	Specie	Autore
Haptophyta	<i>Prymnesiales</i> indet.	Papenfuss 1955
Haptophyta	<i>Prymnesiophyceae</i> indet.	Hibberd
Heterokontophyta	<i>Chattonella</i> spp.	B. Biecheler, 1936
Heterokontophyta	<i>Dinobryon</i> spp.	Ehrenberg, 1834
Heterokontophyta	<i>Raphidophyceae</i> indet.	Chadefaud ex P.C.Silva 1980
incertae sedis	<i>Hermesinum adriaticum</i>	O. Zacharias, 1906
incertae sedis	<i>Hermesinum</i> spp.	O. Zacharias, 1906
Incertae sedis	<i>Ebria</i> spp.	Borgert, 1861
incertae sedis	<i>Ebria tripartita</i>	(J. Schumann) Lemmermann, 1899
Katablepharidophyta	<i>Leucocryptos marina</i>	(Braarud) Butcher, 1967
Miozoa	<i>Dissodinium</i> spp.	Klebs, 1916
Ochrophyta	<i>Apedinella radians</i>	(Lohmann) P.H.Campbell, 1973
Ochrophyta	<i>Dictyocha crux</i>	Ehrenberg 1840
Ochrophyta	<i>Dictyocha fibula</i>	Ehrenberg, 1839
Ochrophyta	<i>Dictyocha speculum</i>	Ehrenberg, 1839
Ochrophyta	<i>Dictyocha</i> spp.	Ehrenberg, 1837
Ochrophyta	<i>Dictyocha staurodon</i>	Ehrenberg 1844
Ochrophyta	<i>Meringosphaera</i> spp.	Lohmann, 1903
Ochrophyta	<i>Octactis octonaria</i>	(Ehrenberg) Hovasse, 1946
Ochrophyta	<i>Vicicitus globosus</i>	(Y.Hara & Chihara) F.H.Chang 2012

3.2.1.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 4).

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

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

Phylum	SFBC 4	SFBC 9	SFBC 14	SFBC 19	VTC 304	VTC 309	VTC 314	VTC 319
Anellida	29	26	23	21	40	31	27	25
Arthropoda	13	12	22	18	9	10	16	14
Cnidaria			2	1				
Echinoderma			2	2	4	1	1	4
Mollusca	18	18	25	16	20	22	16	19
Phoronida			1	1				
Sipuncula			1			1	1	
Totale	60	56	76	59	73	65	61	62

Tabella 9 – Presenza specie nelle stazioni considerate per le SFBC

CLASSI	FAMIGLIE	TAXON	AUTORE	Maggio			Novembre				
				4	9	14	4	9	14	19	
ANELLIDA	AMPHARETIDAE	<i>Ampharete lindstroemi</i>	Malmgreen, 1867		2.98			2.98			2.98
		<i>Melinna palmata</i>	Grube, 1869	11.90	202.38			157.74	32.74		
	CAPITELLIDAE	<i>Capitella capitata</i>	(Fabricius, 1780)		89.29						
		<i>Capitella minima</i>	Langerhans, 1881		5.95						
		<i>Mediomastus capensis</i>	Day, 1869				2.98	2.98			
	CIRRATULIDAE	<i>Chaetozone gibber</i>	Woodham & Chambers, 1994					20.83		2.98	2.98
	FLABELLIGERIDAE	<i>Pherusa monilifera</i>	(Delle Chiaje, 1841)					17.86	2.98	11.90	
		<i>Pherusa plumosa</i>	(Müller, 1776)		14.88						
	GLYCERIDAE	<i>Glycera alba</i>	(O.F. Müller, 1776)	2.98				2.98			
		<i>Glycera fallax</i>	Quatrefages, 1850		14.88			17.86			
	LUMBRINERIDAE	<i>Hilbigneris gracilis</i>	(Ehlers, 1868)					2.98			
		<i>Lumbrineris latreilli</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1834		2.98		5.95			2.98	
	MAGELONIDAE	<i>Magelona filiformis</i>	Wilson, 1959	559.52				5.95			41.67
		<i>Magelona johnstoni</i>	Fiege, Licher & Mackie, 2000	23.81		11.90		154.76		56.55	77.38
		<i>Magelona minuta</i>	Eliason, 1962			23.81					113.10
		<i>Magelona sp.</i>	F. Müller, 1858							2.98	
	MALDANIDAE	<i>Maldane sarsi</i>	Malmgren, 1865							23.81	
	NEPHTYIDAE	<i>Micronephthys sphaerocirrata</i>	(Wesenberg-Lund, 1949)	38.69	38.69			35.71		8.93	5.95
		<i>Micronephthys stammeri</i>	(Auger, 1932)	86.31	44.64	68.45	68.45	11.90		65.48	20.83
		<i>Nephtys cirrosa</i>	Ehlers, 1868					20.83			5.95
		<i>Nephtys hombergi</i>	Savigny, 1818	35.71	53.57		20.83	11.90	32.74	17.86	17.86
	NEREIDIDAE	<i>Nereis zonata</i>	Malmgren, 1867					2.98	2.98		
	ONUPHIDAE	<i>Diopatra neapolitana</i>	Delle Chiaje, 1841		5.95			119.05	14.88	2.98	
		<i>Hyalinoecia fauveli</i>	Rioja, 1918					2.98			
		<i>Onuphis eremita</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833					2.98		11.90	2.98
	ORBINIIDAE	<i>Orbinia sertulata</i>	Savigny, 1822			2.98		2.98			
		<i>Phylo foetida</i>	(Claparède, 1870)					5.95	8.93		
	OWENIDAE	<i>Owenia fusiformis</i>	Delle Chiaje, 1841	95.24	473.21	47.62		20.83	14.88	815.48	8.93
	PARAONIDAE	<i>Aricidea (Acmira) assimilis</i>	Tebble, 1959	59.52	369.05	5.95	26.79	23.81		20.83	2.98
		<i>Aricidea (Acmira) catherinae</i>	Laubier, 1967		2.98						
		<i>Aricidea fragilis</i>	Webster, 1879	2.98	2.98						
		<i>Aricidea sp.</i>	Webster, 1879		23.81		5.95	5.95			
	PHYLLODOCIDAE	<i>Mysta picta</i>	(Quatrefages, 1865)		8.93		2.98		2.98	11.90	8.93
	PILARGIDAE	<i>Pilargis verrucosa</i>	Saint Joseph, 1899								2.98
	PILARGIIDAE	<i>Sigambra tentaculata</i>	(Treadwell, 1941)		11.90				5.95		2.98
	SIGALIONIDAE	<i>Sigalion mathildae</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1832			8.93				35.71	20.83
	SPIONIDAE	<i>Polydora ciliata</i>	(Johnston, 1838)						2.98		
		<i>Prionospio caspersi</i>	Laubier, 1962	255.95	107.14	505.95	279.76	1586.31		119.05	318.45
		<i>Prionospio cirrifer</i>	Wiren, 1883		5.95						
		<i>Prionospio multibranchiata</i>	Berkeley, 1926		2.98	2.98					
<i>Prionospio pulchra</i>		Imajima, 1990					5.95				
<i>Spio decoratus</i>		Bobretzky, 1870		11.90						11.90	
<i>Spio filicornis</i>		(Müller, 1776)	2.98								
<i>Spiophanes bombyx</i>		(Claparède, 1870)		2.98				2.98			
	<i>Streblospio shrubsolii</i>	Webster, 1879			193.45	26.79					
SYLLIDAE	<i>Syllidae</i> indet.	Grube, 1850					8.93				

CLASSI	FAMIGLIE	TAXON	AUTORE	Maggio			Novembre					
				4	9	14	19	4	9	14	19	
ARTHROPODA	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca brevicornis</i>	(A. Costa, 1853)			17.86	2.98					
		<i>Ampelisca diadema</i>	Costa, 1853	8.93	47.62	59.52	35.71		2.98	14.88	5.95	
		<i>Orchomenella nana</i>	(Kroyer, 1846)			5.95						
	AMPHILOCHIDAE	<i>Apolochus neapolitanus</i>	(Della Valle, 1893)		2.98		2.98					
	APSEUDIDAE	<i>Apseudes spinosus</i>	(M. Sars, 1858)			104.17						
		<i>Apseudopsis acutifrons</i>	(Sara, 1882)			232.14				151.79	235.12	
		<i>Apseudopsis latreillii</i>	(Milne Edwards, 1828)					14.88				
		<i>Apseudopsis mediterraneus</i>	(Bacescu, 1961)			17.86		80.36		199.40	47.62	
		<i>Apseudopsis</i> sp.	Norman, 1899							77.38		
	ATYLIDAE	<i>Nototropis massiliensis</i>	(Bellan-Santini, 1975)							2.98		
	BODOTRIIDAE	<i>Bodotria arenosa</i>	Goodsir, 1843		2.98				5.95			
		<i>Iphinoe</i> sp.	Bate, 1856		110.12	363.10	65.48	627.98				
	CAPRELLIDAE	<i>Pariambus typicus</i>	(Kroyer, 1844)		2422.62	2880.95	526.79	5303.57		23.81	354.17	
		<i>Phitsica marina</i>	Slabber, 1769		232.14	127.98		136.90			17.86	
COROPHIIDAE	<i>Medicorophium rotundirostre</i>	(Stephensen, 1915)		2.98								
DIASTYLIDAE	<i>Diastylis rugosa</i>	Sars, 1865				59.52	8.93					
DIOGENIDAE	<i>Diogenes pugilator</i>	(Roux, 1829)								2.98		
ISAEIDAE	<i>Microprotopus maculatus</i>	Norman, 1867				5.95						
ISCHYROCERIDAE	<i>Erichthonius</i> sp.	H. Milne Edwards, 1830		2.98								
ARTHROPODA	LEUCOTHOIDAE	<i>Hippomedon massiliensis</i>	Bellan-Santini, 1965			35.71	11.90			2.98	2.98	
		<i>Lepidepcreum longicorne</i>	(Bate & Westwood, 1861)				20.83					
		<i>Leucothoe incisa</i>	(Robertson, 1892)	8.93	5.95	8.93				23.81	11.90	
	OEDICEROTIDAE	<i>Perioculodes longimanus longimanus</i>	(Bate & Westwood, 1868)		2.98	68.45	5.95				17.86	
		<i>Pontocrates altamarinus</i>	(Bate & Westwood, 1862)		8.93					2.98	5.95	
		<i>Pontocrates arenarius</i>	(Bate, 1858)		2.98			2.98		2.98	14.88	
	PAGURIDAE	<i>Pagurus bernhardus</i>	(Linnaeus, 1758)								2.98	
	PHOTIDAE	<i>Photis longicaudata</i>	(Bate & Westwood, 1862)		5.95	14.88	2.98	2.98			2.98	
	PORTUNIDAE	<i>Liocarcinus depurator</i>	(Linnaeus, 1758)							2.98		
	PSEUDOCUMATIDAE	<i>Pseudocuma (Pseudocuma) longicorne</i>	(Bate, 1858)		68.45	8.93	136.90	71.43	8.93		5.95	2.98
UROTHOIDAE	<i>Urothoe poseidonis</i>	Reibisch, 1905						2.98				
CNIDARIA	ACTINARIA	<i>Anthozoa</i> indet.									2.98	
	EDWARDSIIDAE	<i>Edwardsia claparedii</i>	Panceri, 1869								2.98	
	HORMATHIIDAE	<i>Calliactis parasitica</i>	(Couch, 1838)								2.98	
ECHINODERMA	AMPHIURIDAE	<i>Amphiura chiajei</i>	Forbes, 1843								2.98	
		<i>Amphiura filiformis</i>	(O.F. Müller, 1776)				2.98					
SCHIZASTERIDAE	<i>Schizaster canaliferus</i>	(Lamarck, 1816)								2.98	5.95	
MOLLUSCA	ACTEONIDAE	<i>Acteon tornatilis</i>	(Linné, 1758)								2.98	
	ARCIDAE	<i>Anadara kagoshimensis</i>	(Tokunaga, 1906)	2.98	5.95				2.98			
		<i>Anadara transversa</i>	Say, 1822			14.88					261.90	
	CORBULIDAE	<i>Corbula gibba</i>	(Olivi, 1792)		35.71	363.10			77.38	38.69	2.98	
		<i>Lentidium mediterraneum</i>	(O.G. Costa, 1830)		139.88	50.60	2.98		20.83		235.12	29.76
	CYLICHNIDAE	<i>Cylichna cylindracea</i>	(Pennant, 1777)			5.95		5.95	20.83			
	DONACIIDAE	<i>Donax semistriatus</i>	(Poli, 1795)				47.62	104.17		1300.60	23.81	
	LUCINIDAE	<i>Lucinella divaricata</i>	(Linnaeus, 1758)				11.90	2.98			11.90	
	MACTRIDAE	<i>Spisula subtruncata</i>	(Da Costa, 1778)		29.76	8.93	38.69	169.64				
	MONTACUTIDAE	<i>Kurtiella bidentata</i>	(Montagu, 1803)			2.98				65.48	20.83	
	MYTILIDAE	<i>Musculista senhousia</i>	(Benson in Cantor, 1842)			2.98					2.98	
	NASSARIIDAE	<i>Cyclope neritea</i>	(Linné, 1758)						56.55		5.95	17.86
		<i>Nassarius mutabilis</i>	(Linné, 1758)			11.90		2.98			8.93	20.83
		<i>Nassarius nitidus</i>	(Jeffreys, 1867)		2.98	8.93						
		<i>Nassarius pygmaeus</i>	(Lamarck, 1822)								8.93	
	NUCULIDAE	<i>Nucula nitidosa</i>	(Winckworth, 1930)		8.93	44.64		5.95		2.98	2.98	
	PERIPLOMATIDAE	<i>Cochlodesma praetenuae</i>	(Pulteney, 1799)								2.98	
	PHARIDAE	<i>Pharus legumen</i>	(Linné, 1767)			2.98	11.90				2.98	
		<i>Phaxas adriaticus</i>	(Coen, 1993)		14.88	17.86	38.69	8.93				
	SEMELIDAE	<i>Abra alba</i>	(Wood W., 1802)		53.57	38.69	11.90	29.76			53.57	
		<i>Abra nitida</i>	(O.F. Müller, 1776)					26.79			17.86	2.98
	TELLINIDAE	<i>Tellina fabula</i>	(Gmelin, 1791)			35.71	107.14	2.98			65.48	2.98
		<i>Tellina nitida</i>	(Poli, 1795)		2.98	41.67	5.95		44.64	1720.24	14.88	
		<i>Tellina tenuis</i>	(Da Costa, 1778)		17.86				5.95		5.95	
	THRACIIDAE	<i>Thracia papyracea</i>	(Poli, 1795)		2.98		2.98				5.95	
	VENERIDAE	<i>Chamelea gallina</i>	(Linné, 1758)		199.40	702.38	726.19	104.17	8.93		3181.55	446.43
		<i>Dosinia lupinus</i>	(Linné, 1758)		2.98	14.88					14.88	80.36
<i>Pitar rudis</i>		(Poli, 1795)				2.98						
<i>Politapes rhomboides</i>		(Pennant, 1777)		5.95			2.98		11.90	41.67	32.74	
PHORONYDA	PHORONIDAE	<i>Phoronis psammophila</i>	Cori, 1889			2.98	8.93					
SIPUNCULA	ASPIDOSIPHONIDAE	<i>Aspidosiphon muelleri muelleri</i>	Diesing, 1851							2.98		

Tabella 10 – Presenza specie nelle stazioni considerate per le VTC

PHYLUM	FAMIGLIE	TAXON	AUTORE	Maggio				Novembre			
				304	309	314	319	304	309	314	319
ANNELLIDA	AMPHARETIDAE	<i>Ampharete lindstroemi</i>	Malmgreen, 1867			8.93		5.95		2.98	
		<i>Melina palmata</i>	Grube, 1869	413.69	80.36	2.98		235.12	211.31	157.74	83.33
	CAPITELLIDAE	<i>Capitella capitata</i>	(Fabricius, 1780)	32.74	35.71			20.83			2.98
		<i>Capitellidae</i> indet.	Blainville, 1828						2.98		
		<i>Heteromastus filiformis</i>	(Claparède, 1864)			5.95		5.95			
		<i>Mediomastus capensis</i>	Day, 1869					14.88	2.98		
		<i>Notomastus aberans</i>	Day, 1963					2.98			
		<i>Pseudoleiocapitella fauveli</i>	Harmelin, 1964		2.98						
	CIRRATULIDAE	<i>Chaetozone gibber</i>	Woodham & Chambers, 1994	2.98					44.64		2.98
		<i>Monticellina dorsobranchialis</i>	(Kirkegaard, 1959)						2.98		
	FLABELLIGERIDAE	<i>Pherusa monilifera</i>	(Delle Chiaje, 1841)							2.98	
		<i>Pherusa plumosa</i>	(Muller, 1776)	2.98	2.98						2.98
	GLYCERIDAE	<i>Glycera alba</i>	(O.F. Müller, 1776)	17.86	2.98				2.98		2.98
		<i>Glycera fallax</i>	Quatrefages, 1850	5.95	5.95			8.93			
		<i>Glycera tridactyla</i>	Schmarda, 1861		2.98						
		<i>Glycera unicornis</i>	Savigny, 1818					5.95			
	LUMBRINERIDAE	<i>Hilbigneris gracilis</i>	(Ehlers, 1868)					2.98			2.98
		<i>Lumbrineris latreilli</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1834				8.93	32.74		11.90	14.88
	MAGELONIDAE	<i>Magelona filiformis</i>	Wilson, 1959		2.98	2.98					50.60
		<i>Magelona johnstoni</i>	Fiege, Licher & Mackie, 2000						2.98		11.90
		<i>Magelona minuta</i>	Eliason, 1962						2.98		74.40
	MALDANIDAE	<i>Euclymene</i> sp.				14.88					
		<i>Maldane sarsi</i>	Malmgren, 1865		5.95					26.79	11.90
		<i>Maldanidae</i> indet.	Grube, 1860		20.83						
	NEPHTYIDAE	<i>Micronephthys sphaerocirrata</i>	(Wesenberg-Lund, 1949)						26.79		32.74
		<i>Micronephthys stammeri</i>	(Auger, 1932)	101.19	32.74	17.86	20.83	136.90		235.12	119.05
		<i>Nephtys cirrosa</i>	Ehlers, 1868					2.98		26.79	2.98
		<i>Nephtys hombergi</i>	Savigny, 1818	2.98	11.90	20.83	5.95	17.86	2.98	26.79	17.86
	NEREIDIDAE	<i>Nereis zonata</i>	Malmgren, 1867					8.93			2.98
	ONUPHIDAE	<i>Diopatra neapolitana</i>	Delle Chiaje, 1841	47.62	32.74	5.95	2.98	23.81	77.38	35.71	8.93
		<i>Onuphis eremita</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833	2.98						8.93	
	ORBINIIDAE	<i>Orbinia sertulata</i>	Savigny, 1822			14.88					
		<i>Phylo foetida</i>	(Claparède, 1870)					2.98	2.98	2.98	
	OWENIDAE	<i>Owenia fusiformis</i>	Delle Chiaje, 1841	312.50	14.88	116.07		154.76		568.45	2.98
	PARAONIDAE	<i>Aricidea (Acmira) assimilis</i>	Tebble, 1959	312.50	199.40	8.93	41.67	279.76		62.50	71.43
		<i>Aricidea (Acmira) catherinae</i>	Laubier, 1967	20.83	2.98			8.93		5.95	
		<i>Aricidea fragilis</i>	Webster, 1879	35.71	2.98			458.33			
		<i>Aricidea</i> sp.	Webster, 1879	104.17	50.60			59.52			8.93
	PECTINARIIDAE	<i>Pectinaria koreni</i>	(Malmgren, 1866)			5.95					
	PHYLLODOCIDAE	<i>Mysta picta</i>	(Quatrefages, 1865)	23.81	2.98				2.98		23.81
	PILARGIDAE	<i>Pilargis verrucosa</i>	Saint Joseph, 1899	2.98							
	PILARGIIDAE	<i>Sigambra tentaculata</i>	(Treadwell, 1941)			14.88			47.62		
POLYNOIDAE	<i>Harmothoe johnsoni</i>	(McIntosh, 1876)	2.98								
SABELLIDAE	<i>Dialychone arenicola</i>	(Langerhans, 1880)					11.90				
	<i>Dialychone dunerificta</i>	Tovar-Hernández Licciano Giangrande, 2007						2.98		23.81	
	<i>Euchone rosea</i>	Langerhans, 1884					2.98				
SPIONIDAE	<i>Polydora ciliata</i>	(Johnston, 1838)			2.98					2.98	
	<i>Prionospio caspersi</i>	Laubier, 1962	50.60	235.12	282.74	303.57	357.14		1342.26	258.93	
	<i>Prionospio depauperata</i>	Imajima, 1990							14.88	2.98	
	<i>Prionospio multibranchiata</i>	Berkeley, 1926	5.95	56.55	5.95		41.67			5.95	
	<i>Spio decoratus</i>	Bobretzky, 1870	5.95	101.19							
	<i>Spionidae</i> indet.				2.98						
	<i>Spiophanes bombyx</i>	(Claparède, 1870)		2.98	59.52		2.98				
STERNAPSIDAE	<i>Streblospio shrubsolii</i>	Webster, 1879			92.26	11.90	17.86				
	<i>Sternaspis scutata</i>	(Renier, 1807)	2.98								
SYLLIDAE	<i>Syllidae</i> indet.	Grube, 1850					5.95				
AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca brevicornis</i>	(A. Costa, 1853)			2.98	2.98					
	<i>Ampelisca diadema</i>	Costa, 1853	62.50	38.69	92.26	17.86	26.79	23.81	38.69	47.62	
	<i>Orchomenella nana</i>	(Kroyer, 1846)				5.95					
AMPHILOCHIDAE	<i>Apolochus neapolitanus</i>	(Della Valle, 1893)			11.90						
BODOTRIIDAE	<i>Bodotria arenosa</i>	Goodsir, 1843					2.98		2.98		
	<i>Iphinoe</i> sp.	Bate, 1856	47.62	678.57	800.60	258.93	5.95		62.50	35.71	
CAPRELLIDAE	<i>Pariambus typicus</i>	(Kroyer, 1844)	1544.64	866.07	1526.79	1678.57	74.40	17.86	2860.12	190.48	
	<i>Phitsica marina</i>	Slabber, 1769	175.60	80.36	50.60		2.98		14.88		

PHYLUM	FAMIGLIE	TAXON	AUTORE	Maggio				Novembre			
				304	309	314	319	304	309	314	319
ARTHROPODA	COROPHIIDAE	<i>Medicorophium rotundirostre</i>	(Stephensen, 1915)	2.98							
	DIASTYLIDAE	<i>Diastylis rugosa</i>	Sars, 1865			8.93				2.98	
	GRAPSIDAE	<i>Brachynotus gemmellari</i>	(Rizza, 1839)						2.98		
	ISAEIDAE	<i>Microprotopus maculatus</i>	Norman, 1867			26.79					
	LEUCOSIIDAE	<i>Ilia nucleus</i>	Linnaeus, 1758					2.98			
	LEUCOTHOIDAE	<i>Hippomedon massiliensis</i>	Bellan-Santini, 1965			11.90				11.90	2.98
		<i>Lepidepcreum longicorne</i>	(Bate & Westwood, 1861)				2.98			2.98	2.98
		<i>Leucothoe incisa</i>	(Robertson, 1892)			5.95	2.98			8.93	14.88
	OEDICEROTIDAE	<i>Periocolodes longimanus longimanus</i>	(Bate & Westwood, 1868)			47.62	8.93			50.60	23.81
		<i>Pontocrates altamarinus</i>	(Bate & Westwood, 1862)	2.98	11.90		11.90				
<i>Pontocrates arenarius</i>		(Bate, 1858)		2.98	2.98	2.98					
PHOTIDAE	<i>Photis longicaudata</i>	(Bate & Westwood, 1862)		17.86	11.90				2.98		
PHOXOCEPHALIDAE	<i>Harpinia crenulata</i>	(Boeck, 1871)					2.98		2.98	11.90	
PSEUDOCUMATIDAE	<i>Pseudocuma (Pseudocuma) longicorne</i>	(Bate, 1858)	5.95	5.95	169.64	38.69			8.93	8.93	
ECHINODERMA	AMPHIURIDAE	<i>Amphiura chiajei</i>	Forbes, 1843		2.98	11.90		14.88	23.81	14.88	20.83
		<i>Amphiura filiformis</i>	(O.F. Müller, 1776)								2.98
	CUCUMARIIDAE	<i>Trachythone elongata</i>	Duben-Koren, 1844					2.98			2.98
		<i>Trachythone tergestina</i>	(M. Sars, 1857)	2.98							
	OPHIURIDAE	<i>Ophiura albida</i>	Forbes, 1839					2.98			
	<i>Ophiura grubei</i>	Heller, 1863								2.98	
MOLLUSCA	ACTEONIDAE	<i>Acteon tornatilis</i>	(Linné, 1758)					2.98			
	ARCIDAE	<i>Anadara kagoshimensis</i>	(Tokunaga, 1906)	41.67	2.98			17.86			
		<i>Anadara transversa</i>	Say, 1822	20.83	8.93			250.00	327.38	5.95	2.98
	CARDIIDAE	<i>Acanthocardia paucicostata</i>	(Sowerby G.B.II, 1841)			2.98					
	CORBULIDAE	<i>Corbula gibba</i>	(Olivi, 1792)	916.67	854.17	14.88	56.55	565.48	139.88		8.93
		<i>Lentidium mediterraneum</i>	(O.G. Costa, 1830)	11.90	11.90	14.88			2.98	5.95	2.98
	CYLICHNIDAE	<i>Cylichna cylindracea</i>	(Pennant, 1777)	2.98				26.79	17.86		11.90
	DENTALIIDAE	<i>Antalis inaequicostata</i>	(Dautzenberg 1891)								2.98
	MACTRIDAE	<i>Spisula subtruncata</i>	(Da Costa, 1778)	8.93	59.52	458.33	235.12	29.76		11.90	14.88
	MONTACUTIDAE	<i>Kurtiella bidentata</i>	(Montagu, 1803)	8.93	26.79			5.95	5.95		14.88
	MYTILIDAE	<i>Musculista senhousia</i>	(Benson in Cantor, 1842)					5.95			
	NASSARIIDAE	<i>Nassarius mutabilis</i>	(Linné, 1758)		2.98			2.98	2.98	14.88	11.90
		<i>Nassarius nitidus</i>	(Jeffreys, 1867)	8.93	5.95			11.90			
		<i>Nassarius pygmaeus</i>	(Lamarck, 1822)						5.95		
	NATICIDAE	<i>Euspira macilenta</i>	(Philippi, 1844)						2.98		11.90
	NUCULIDAE	<i>Nucula nitidosa</i>	(Winckworth, 1930)	50.60	208.33	11.90	11.90	107.14	5.95	5.95	8.93
		<i>Ensis ensis</i>	(Linnaeus, 1758)							2.98	
	PHARIDAE	<i>Pharus legumen</i>	(Linné, 1767)			5.95	2.98			2.98	
		<i>Phaxas adriaticus</i>	(Coen, 1993)		17.86	11.90	38.69			5.95	2.98
	PHILINIDAE	<i>Philine aperta</i>	(Linné, 1767)	2.98							2.98
	SEMELIDAE	<i>Abra alba</i>	(Wood W., 1802)	14.88	56.55		2.98	5.95		8.93	
		<i>Abra nitida</i>	(O.F. Müller, 1776)		17.86		2.98				8.93
TELLINIDAE	<i>Tellina fabula</i>	(Gmelin, 1791)		5.95	11.90		2.98		29.76		
	<i>Tellina incarnata</i>	Linné, 1761	2.98								
	<i>Tellina nitida</i>	(Poli, 1795)	68.45	26.79			62.50	23.81		17.86	
THRACIIDAE	<i>Thracia papyracea</i>	(Poli, 1795)								2.98	
VENERIDAE	<i>Chamelea gallina</i>	(Linné, 1758)	130.95	104.17	1104.17	26.79	77.38		125.00	5.95	
	<i>Dosinia lupinus</i>	(Linné, 1758)	5.95	2.98		2.98		5.95		56.55	
	<i>Pitar rudis</i>	(Poli, 1795)								2.98	
	<i>Politapes rhomboides</i>	(Pennant, 1777)	2.98	95.24	2.98	2.98	17.86	8.93	38.69		
	<i>Ruditapes decussatus</i>	(Linné, 1758)						5.95			
	<i>Ruditapes philippinarum</i>	(Adams & Reeve, 1850)		2.98							
SIPUNCULA	ASPIDOSIPHONIDAE	<i>Aspidosiphon (Aspidosiphon) muelleri muelleri</i>	Diesing, 1851		2.98					2.98	

Nelle Tabella 9 e Tabella 10 si riportano i risultati dell'analisi quali-quantitativa della comunità macrobentonica relativa alle biocenosi SFBC e VTC per il 2017.

Nella biocenosi delle SFBC (Tabella 8, Tabella 9) la stazione 14 presenta il maggior numero di specie (76 specie) seguita dalla stazione B4 con 60 specie e dalla st. B19 con 59 specie. La stazione B9 possiede il minor numero di specie (56 specie). Nella biocenosi delle VTC

(Tabella 8, Tabella 10) la stazione 304 ha mostrato il maggior numero di specie (73) mentre la stazione 314 il minor numero (61).

Nel Phylum degli **ANELLIDA** sono stati ritrovati i seguenti taxon: *Ampharete lindstroemi*, *Aricidea assimilis*, *Aricidea catherinae*, *Aricidea fragilis*, *Aricidea* sp., *Capitella capitata*, *Capitellidae* indet., *Chaetozone gibber*, *Dialychone arenicola*, *Dialychone dunerificta*, *Diopatra neapolitana*, *Euclymene* sp., *Euchone rosea*, *Glycera alba*, *Glycera fallax*, *Glycera tridactyla*, *Glycera unicornis*, *Harmothoe johnsoni*, *Hyalinoecia fauveli*, *Heteromastus filiformis*, *Hilbigneris gracilis*, *Lumbrineris latreillei*, *Magelona filiformis*, *Magelona johnstoni*, *Magelona minuta*, *Magelona* sp., *Maldane sarsi*, *Maldanidae* indet., *Mediomastus capensis*, *Melinna palmata*, *Micronephtys sphaerocirrata*, *Micronephtys stammeri*, *Mysta picta*, *Monticellina dorsobranchialis*, *Nephtys cirrosa*, *Nephtys hombergi*, *Nereis zonata*, *Notomastus aberans*, *Onuphis eremita*, *Orbinia sertulata*, *Owenia fusiformis*, *Pectinaria koreni*, *Pherusa monilifera*, *Pherusa plumosa*, *Phylo foetida*, *Pilargis verrucosa*, *Polydora ciliata*, *Prionospio caspersi*, *Prionospio cirrifera*, *Prionospio depauperata*, *Prionospio multibranchiata*, *Prionospio pulchra*, *Pseudoleiocapitella fauveli*, *Sigalion mathildae*, *Sigambra tentaculata*, *Spio decoratus*, *Spio filicornis*, *Spiophanes bombyx*, *Spionidae* indet., *Sternaspis scutata*, *Streblospio shrubsolii*, *Syllidae* indet.

Il polichete *Prionospio caspersi* è risultato essere il più abbondante in entrambe le comunità con abbondanze massime pari a 1586 ind/m² ritrovati nella st. 4 in autunno. I policheti più frequenti sono risultati per entrambe le biocenosi: *Nephtys hombergi*, *Owenia fusiformis*, *Melinna palmata*, *Diopatra neapolitana*, *Micronephtys stammeri*, *Magelona johnstoni*.

Nel Phylum degli **ARTHROPODA** classe Crustacea sono state rinvenuti i seguenti taxon: *Ampelisca diadema*, *Ampelisca brevicornis*, *Apolochus neapolitanus*, *Apeudes spinosus*, *Apeudopsis acutifrons*, *Apeudopsis latreillei*, *Apeudopsis mediterraneus*, *Apeudopsis* sp., *Brachynotus gemmellari*, *Bodotria arenosa*, *Diogenes pugilator*, *Diastylis rugosa*, *Harpinia crenulata*, *Hippomedon massiliensis*, *Iphinoe* sp., *Lepidepecreum longicorne*, *Leucothoe incisa*, *Liocarcinus depurator*, *Medicorophium rotundirostre*, *Microprotopus maculatus*, *Pagurus bernhardus*, *Pariambus typicus*, *Perioculodes longimanus longimanus*, *Photis longicaudata*, *Phtisica marina*, *Pontocrates arenarius*, *Pontocrates altamarinus*, *Pseudocuma longicorne longicorne*, *Nototropis massiliensis*, *Orchomenella nana*, *Urothoe poseidonis*. *Pariambus typicus* è risultato essere il più abbondante sia nella comunità delle SFBC che in quella delle VTC, raggiungendo nella staz. 19 5304 ind/m² nel campionamento primaverile.

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

In questo Phylum si è rinvenuto il taxon *Calliactis parasitica* e *Edwardsia claparedii* solo nella st. 14 delle SFBC e nella st. 319 delle VTC. Il taxon Anthozoa indet. è stato ritrovato nella staz. 19 delle SFBC.

Nel Phylum degli **ECHINODERMA** sono state ritrovati 7 taxon *Amphiura chiajei*, *Amphiura filiformis*, *Trachythyone tergestina*, *Trachythyone elongata*, *Ophiura albida*, *Ophiura grubei*, *Schizaster canaliferus*.

Nel Phylum dei **MOLLUSCHI** sono stati ritrovati i seguenti taxon: *Abra alba*, *Abra nitida*, *Acanthocardia paucicostata*, *Acteon tornatilis*, *Anadara kagoshimensis*, *Anadara transversa*, *Antalis inaequicostata*, *Cochlodesma pratenu*, *Chamelea gallina*, *Corbula gibba*, *Cyclope neritea*, *Cylichna cylindracea*, *Donax semistriatus*, *Dosinia lupinus*, *Ensis ensis*, *Euspira macilenta*, *Lentidium mediterraneum*, *Lucinella divaricata*, *Kurtiella bidentata*, *Musculista senhousia*, *Nassarius mutabilis*, *Nassarius nitidus*, *Nassarius pygmaeus*, *Nucula nitidosa*, *Pharus legumen*, *Phaxas adriaticus*, *Philine aperta*, *Pitar rudis*, *Politapes rhomboides*,

Ruditapes decussatus, *Ruditapes philippinarus*, *Spisula subtruncata*, *Tellina fabula*, *Tellina incarnata*, *Tellina nitida*, *Tellina tenuis*, *Thracia papyracea*.

In entrambe le comunità la presenza dei filtratori (Bivalvi) risulta maggiore sia in termini di numero di specie che di individui rispetto a quella dei Gasteropodi. Il Mollusco più abbondante è stato il bivalve *Tellina tenuis* che nella st. 14 ha raggiunto i 1720 ind /m².

Il Phylum **PHORONIDA** è presente solo con il taxon *Phoronis psammophyla* nelle st. 14,19. Il Phylum dei **SIPUNCULA** è stato ritrovato con il taxon *Aspidosiphon muelleri muelleri* nella st. 309 e 314 delle VTC e nella st. 14 delle SFBC.

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:

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

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

In Tabella 12 sono riportati i valori stagionali dell'indice AMBI sulle comunità delle SFBC e dei VTC per il 2016 con i relativi valori di ricchezza specifica (S) e diversità (H).

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

I risultati dell'indice AMBI sono rappresentati in Figura 105 per la biocenosi delle SFBC ed in Figura 106 per la biocenosi delle VTC.

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

Staz	Stagione	H	S	Ambi
4	PRI	2.74	35	2.09
9	PRI	3.16	53	2.13
14	PRI	3.8	40	1.19
19	PRI	1.61	32	2.52
4	AUT	2.35	40	3.43
9	AUT	2.85	15	1.78
14	AUT	3.27	62	0.69
19	AUT	3.65	43	1.68
304	PRI	3.4	46	2.53
309	PRI	3.82	54	2.2
314	PRI	3.13	41	1.42
319	PRI	2.31	35	2.44
304	AUT	4.24	57	2.35
309	AUT	3.06	28	3.14
314	AUT	2.71	49	2.78
319	AUT	4.25	50	2.26

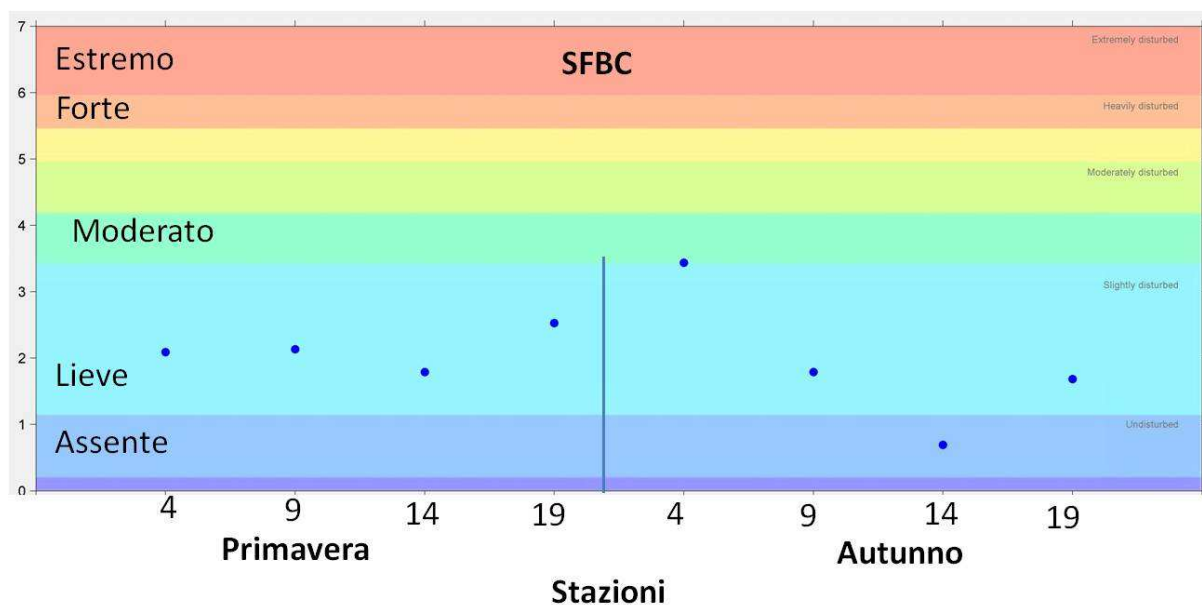


Figura 105 – Valori stagionali dell'indice AMBI per le stazioni 4, 9, 14, 19 delle biocenosi SFBC (P= Primavera, A= Autunno)

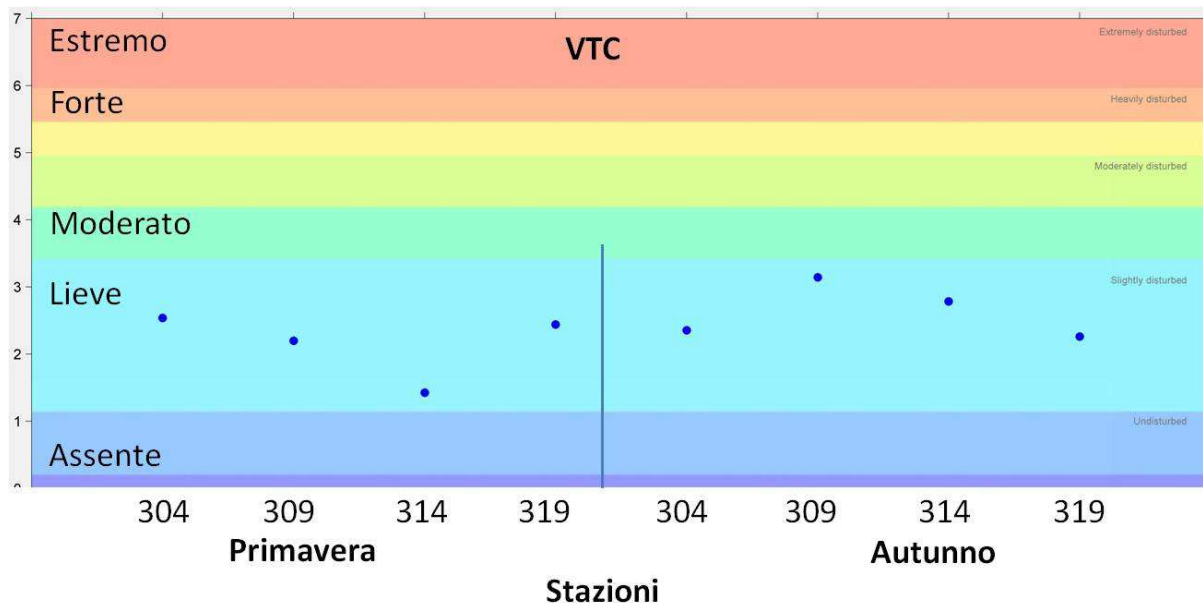


Figura 106 – Valori dell’indice AMBI per le stazioni 304, 309, 314, 319 delle biocenosi VTC in Primavera ed in Autunno

Analisi multivariata

Per le biocenosi delle SFBC, l’analisi multivariata (*Multi Dimensional Scaling* MDS) (Figura 107) evidenzia una separazione tra le due stagioni con la st. 9 in autunno che si distanzia dalle altre SFBC dello stesso campionamento.

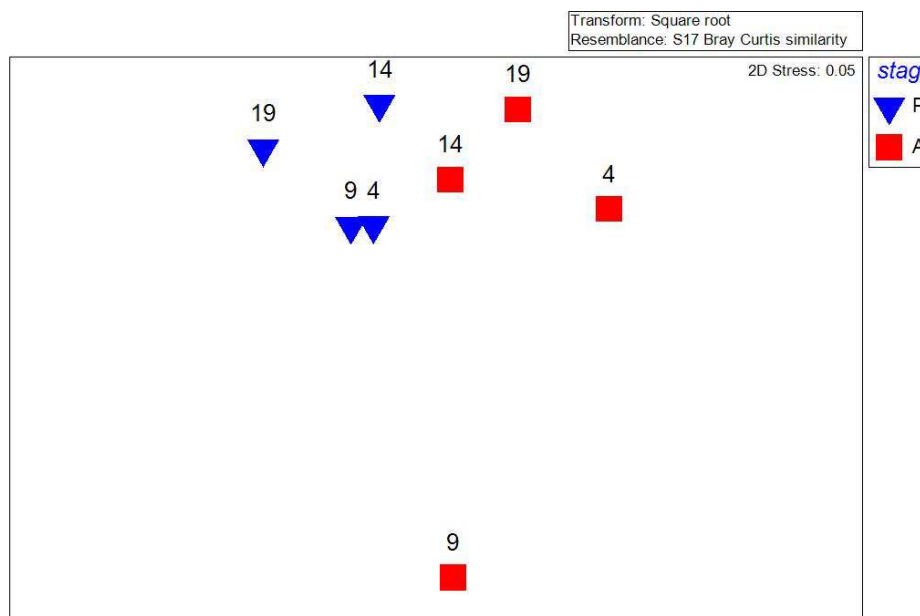


Figura 107 – MDS Biocenosi delle SFBC

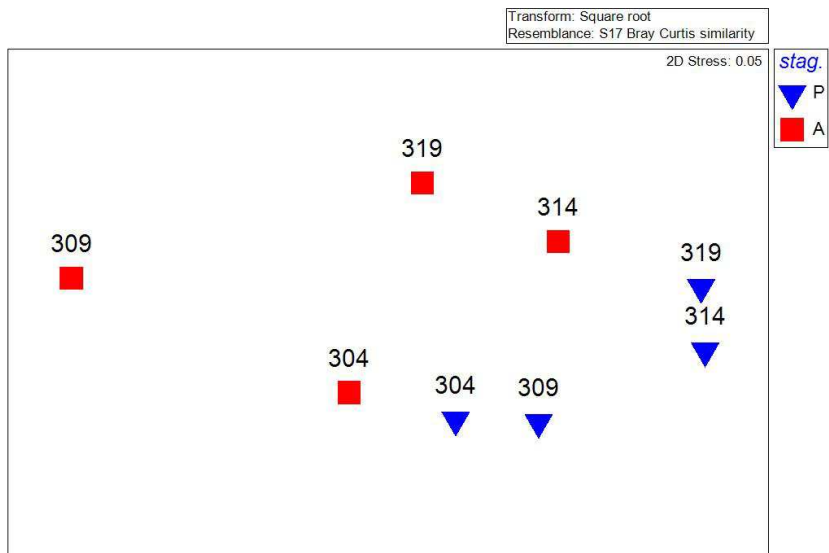


Figura 108 – MDS Biocenosi delle VTC

Per le biocenosi delle VTC, nell'analisi multivariata (Figura 108) le stazioni mostrano una separazione per stagione abbastanza evidente. La stazione 304 evidenzia poca differenza tra la comunità primaverile e quella autunnale.

3.2.2 Elementi di qualità chimico-fisica e idromorfologica

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

- elementi chimico-fisici 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.

3.2.2.a Elementi di qualità chimico-fisica

Le stazioni della rete di monitoraggio per gli elementi chimico-fisici sono 15 dislocate su 8 transetti perpendicolari alla costa (Figura 93). Su ogni transetto sono collocate 2 stazioni rispettivamente a 0.5 e 3 km dalla costa. Un caso particolare è rappresentato dalla stazione 13, dove gli elementi chimico-fisici vengono monitorati a 0.5 km dalla costa. L’anagrafica di ogni stazione è riportata in Tabella 4. La frequenza di campionamento e di misure in situ è quindicinale per tutto l’anno nella prima e terza settimana del mese (Tabella 5).

Gli elementi di qualità chimico-fisici a sostegno degli EQB come richiesto dal D.M. 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 ammoniacale N-NH₃	µg/l
Azoto nitroso 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 2 del presente rapporto. A integrazione di quanto già descritto, 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 (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.M. 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.

Nel 2017 lo stato di qualità per il TRIX è risultato "Sufficiente" per il CD1, con un valore medio annuo pari a 5.5, e "Buono" per il CD2, con un valore medio annuo pari a 4.9.

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

Stazione 2 Lido di Volano 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2017																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO ₃	N-NO ₂	N-NH ₃	N-TOT	P-TOT	P-PO ₄	Si-SiO ₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.55	17.53	29.39	8.48	1.63	8.61	326.37	11.84	31.63	706.13	25.80	3.67	495.20	217.23	29.20	5.79	2.21
Errore standard	0.03	1.65	1.03	0.39	0.10	1.45	69.52	1.65	8.52	55.26	1.81	0.60	58.56	119.48	2.78	0.17	0.14
Mediana	8.54	20.85	31.51	8.06	1.50	6.40	244.75	9.47	18.23	642.12	24.98	2.70	530.72	75.08	26.90	5.78	2.11
Moda				7.88	1.50		0.70		0.21			0.22					
Deviazione standard	0.12	7.56	4.74	1.77	0.46	6.66	318.58	7.57	39.04	253.25	8.31	2.74	268.36	547.52	12.72	0.80	0.66
Varianza campionaria	0.01	57.12	22.46	3.13	0.21	44.38	101494.81	57.37	1524.16	64133.53	68.98	7.50	72016.04	299778.40	161.75	0.64	0.43
Curtosi	-0.25	-1.32	0.87	-0.55	-0.98	2.86	0.29	-0.76	1.20	-1.38	-0.21	0.85	-0.79	19.80	3.50	-0.11	0.38
Asimmetria	0.66	-0.20	-1.36	-0.01	0.02	1.55	0.97	0.49	1.52	0.42	0.85	1.01	-0.02	4.40	1.50	-0.62	0.63
Intervallo	0.45	24.39	15.88	6.58	1.50	27.30	1115.30	25.96	118.16	760.97	27.26	10.58	968.36	2574.58	55.94	2.96	2.50
Minimo	8.36	5.09	18.46	5.16	1.00	1.50	0.70	0.84	0.21	383.14	16.37	0.22	47.00	2.33	12.78	3.96	1.18
Massimo	8.81	29.48	34.34	11.74	2.50	28.80	1116.00	26.80	118.37	1144.11	43.63	10.80	1015.36	2576.91	68.72	6.91	3.68
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.05	3.44	2.16	0.81	0.21	3.03	145.02	3.45	17.77	115.28	3.78	1.25	122.16	249.23	5.79	0.36	0.30

Stazione 4 Porto Garibaldi 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2017																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO ₃	N-NO ₂	N-NH ₃	N-TOT	P-TOT	P-PO ₄	Si-SiO ₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.60	17.38	29.22	8.89	1.74	12.92	265.44	8.69	11.88	731.01	26.24	2.99	314.76	188.14	29.78	5.65	1.97
Errore standard	0.04	1.65	0.86	0.42	0.14	3.33	59.78	1.26	3.02	79.58	2.04	0.64	48.52	71.96	3.58	0.22	0.16
Mediana	8.56	19.16	29.70	8.61	1.80	5.90	160.62	8.10	5.77	644.01	25.86	2.02	261.99	77.67	26.34	5.63	1.97
Moda					2.00	5.90	0.70		0.21			0.22					1.97
Deviazione standard	0.16	7.57	3.93	1.94	0.63	15.24	273.96	5.79	13.83	364.70	9.37	2.92	222.36	329.77	16.42	1.02	0.73
Varianza campionaria	0.03	57.30	15.45	3.75	0.39	232.24	75055.00	33.49	191.23	133006.74	87.81	8.53	49443.68	108745.25	269.58	1.03	0.53
Curtosi	4.44	-1.25	-0.82	-0.44	1.89	6.90	0.43	-0.22	1.92	-0.38	0.16	2.53	0.74	7.13	5.79	-0.80	-0.08
Asimmetria	1.88	-0.19	-0.50	0.46	1.05	2.46	1.05	0.43	1.64	0.70	0.59	1.58	1.05	2.73	1.90	-0.23	0.47
Intervallo	0.73	24.31	13.22	7.31	2.50	64.20	960.17	20.63	47.34	1270.86	34.40	11.48	853.53	1293.36	73.68	3.58	2.82
Minimo	8.40	4.93	21.22	5.97	1.00	1.60	0.70	0.50	0.21	235.55	10.76	0.22	31.50	3.21	11.67	3.75	0.77
Massimo	9.13	29.24	34.44	13.28	3.50	65.80	960.87	21.13	47.55	1506.41	45.16	11.70	885.03	1296.57	85.35	7.33	3.59
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	3.45	1.79	0.88	0.29	6.94	124.71	2.63	6.29	166.01	4.27	1.33	101.22	150.11	7.47	0.46	0.33

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

Stazione 302 Lido di Volano 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2017																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO₃	N-NO₂	N-NH₃	N-TOT	P-TOT	P-PO₄	Si-SiO₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.59	17.49	29.18	8.89	1.84	9.38	342.72	10.84	17.11	777.71	26.56	3.72	501.47	179.01	31.80	5.73	2.02
Errore standard	0.03	1.69	0.86	0.41	0.12	1.83	80.50	1.11	3.31	83.01	2.35	0.79	75.29	53.87	3.06	0.20	0.15
Mediana	8.55	20.13	30.28	8.62	2.00	6.50	260.24	11.91	11.87	633.94	25.89	2.21	512.67	79.38	28.47	5.70	1.82
Moda				6.63	2.00				0.21		31.30						
Deviazione standard	0.16	7.75	3.96	1.87	0.56	8.40	368.91	5.06	15.16	380.39	10.79	3.60	345.01	246.85	14.04	0.93	0.71
Varianza campionaria	0.02	60.06	15.70	3.51	0.32	70.56	136093.93	25.64	229.98	144697.02	116.44	12.96	119032.77	60933.89	197.12	0.86	0.50
Curtosi	2.16	-1.36	0.67	-1.23	-0.85	2.30	4.07	-0.73	-1.53	2.95	2.37	3.06	6.19	6.65	-1.05	-0.96	1.55
Asimmetria	1.24	-0.17	-1.09	-0.03	-0.22	1.69	1.86	-0.67	0.40	1.60	1.10	1.73	1.93	2.50	0.31	-0.14	1.51
Intervallo	0.71	24.32	14.96	6.16	1.80	30.10	1497.20	16.04	42.34	1555.36	45.02	14.37	1629.99	1019.81	48.56	3.04	2.45
Minimo	8.34	5.34	19.66	5.45	1.00	1.70	0.70	1.04	0.21	351.78	12.98	0.22	47.44	1.85	10.87	4.08	1.26
Massimo	9.04	29.66	34.63	11.61	2.80	31.80	1497.90	17.08	42.55	1907.14	58.00	14.59	1677.43	1021.66	59.43	7.12	3.71
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	3.53	1.80	0.85	0.26	3.82	167.93	2.31	6.90	173.15	4.91	1.64	157.05	112.36	6.39	0.42	0.32

Stazione 304 Porto Garibaldi 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2017																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO₃	N-NO₂	N-NH₃	N-TOT	P-TOT	P-PO₄	Si-SiO₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.62	17.29	29.95	8.74	2.34	9.46	283.60	8.48	11.43	651.35	20.70	3.31	291.63	141.91	31.61	5.36	1.86
Errore standard	0.04	1.65	0.78	0.41	0.24	3.09	67.58	1.46	2.97	74.99	1.43	0.73	58.93	47.24	2.82	0.24	0.16
Mediana	8.59	18.74	30.59	8.53	2.00	4.80	222.92	8.21	4.81	513.18	20.78	2.61	154.77	74.14	27.61	5.15	1.75
Moda	8.59				3.00	2.90	0.70		0.21			0.22					
Deviazione standard	0.17	7.56	3.59	1.86	1.10	14.15	309.70	6.68	13.63	343.66	6.53	3.37	270.07	216.49	12.94	1.12	0.74
Varianza campionaria	0.03	57.18	12.86	3.45	1.21	200.24	95916.34	44.68	185.83	118101.44	42.69	11.34	72937.72	46867.22	167.43	1.25	0.54
Curtosi	3.26	-1.33	-0.98	-0.46	5.24	14.42	1.18	-1.10	1.78	-0.95	0.95	1.41	-0.39	6.80	-1.12	-0.42	-0.37
Asimmetria	1.66	-0.21	-0.32	0.43	1.89	3.61	1.29	0.31	1.64	0.78	0.70	1.38	0.94	2.58	0.40	-0.31	0.44
Intervallo	0.74	23.64	12.25	6.88	5.00	65.10	1061.18	21.02	47.42	1014.21	28.16	12.34	880.28	879.05	44.21	4.13	2.89
Minimo	8.41	4.81	23.32	5.96	1.00	1.40	0.70	0.18	0.21	276.86	9.31	0.22	17.92	3.63	13.70	2.87	0.55
Massimo	9.15	28.44	35.57	12.84	6.00	66.50	1061.88	21.20	47.63	1291.07	37.47	12.56	898.20	882.68	57.91	7.01	3.45
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.08	3.44	1.63	0.85	0.50	6.44	140.98	3.04	6.21	156.43	2.97	1.53	122.93	98.54	5.89	0.51	0.34

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

Stazione 6 Casalborsetti 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2017																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO₃	N-NO₂	N-NH₃	N-TOT	P-TOT	P-PO₄	Si-SiO₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.59	17.34	30.39	8.69	2.08	10.80	448.17	10.79	28.13	918.94	24.16	6.39	335.96	135.14	38.29	5.63	1.90
Errore standard	0.04	1.66	0.82	0.51	0.18	2.96	160.39	1.98	9.84	238.36	3.14	2.18	64.98	38.56	6.47	0.26	0.17
Mediana	8.53	19.28	30.58	8.54	2.00	5.70	221.47	10.59	6.91	513.07	19.85	2.15	219.35	48.84	33.55	5.69	1.86
Moda	8.50				3.00	4.40	0.70		0.21			0.22					
Deviazione standard	0.19	7.59	3.74	2.32	0.82	13.55	734.98	9.09	45.10	1092.29	14.37	9.97	297.76	176.70	29.63	1.18	0.78
Varianza campionaria	0.04	57.58	13.99	5.37	0.67	183.60	540191.74	82.66	2033.70	1193106.26	206.55	99.47	88659.19	31222.71	878.07	1.38	0.61
Curtosi	3.15	-1.32	-0.17	-0.34	-1.56	4.80	11.99	-0.52	5.97	16.46	7.35	4.86	-0.78	2.27	13.62	-0.38	-0.38
Asimmetria	1.79	-0.18	-0.69	0.50	-0.23	2.33	3.19	0.63	2.43	3.88	2.25	2.33	0.74	1.67	3.37	-0.53	0.64
Intervallo	0.76	24.18	13.91	8.70	2.20	49.90	3302.01	29.64	178.75	5213.86	66.53	36.82	902.98	600.89	143.91	4.13	2.67
Minimo	8.40	4.89	22.17	5.27	0.80	1.90	0.70	0.32	0.21	232.18	8.38	0.22	11.95	2.86	12.40	3.39	0.85
Massimo	9.16	29.07	36.09	13.97	3.00	51.80	3302.71	29.96	178.96	5446.04	74.91	37.04	914.93	603.75	156.32	7.52	3.52
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.09	3.45	1.70	1.06	0.37	6.17	334.56	4.14	20.53	497.21	6.54	4.54	135.54	80.43	13.49	0.54	0.36

Stazione 306 Casalborsetti 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2017																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO₃	N-NO₂	N-NH₃	N-TOT	P-TOT	P-PO₄	Si-SiO₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.58	17.07	31.93	8.57	2.92	6.65	244.64	6.97	11.37	596.67	17.01	3.21	263.17	114.39	38.12	5.11	1.76
Errore standard	0.03	1.64	0.60	0.43	0.31	1.92	62.64	1.37	3.78	71.79	1.74	0.70	56.93	35.88	5.07	0.23	0.16
Mediana	8.54	19.07	32.35	8.55	3.00	3.70	115.12	4.33	4.33	441.14	15.95	1.57	132.95	45.29	31.62	5.08	1.64
Moda	8.52			10.68	3.00	3.70	0.70		0.21			0.22					1.52
Deviazione standard	0.16	7.51	2.73	1.97	1.40	8.80	287.03	6.29	17.32	329.00	7.98	3.19	260.90	164.42	23.26	1.07	0.72
Varianza campionaria	0.02	56.47	7.45	3.88	1.96	77.36	82388.68	39.60	299.89	108241.71	63.66	10.18	68066.69	27035.15	540.85	1.15	0.52
Curtosi	4.73	-1.39	0.34	-1.13	1.98	14.40	-0.01	-0.81	4.75	-0.52	-0.16	0.62	-0.08	3.71	10.02	-0.76	1.11
Asimmetria	1.86	-0.17	-0.96	0.16	1.19	3.59	1.06	0.63	2.29	0.89	0.81	1.18	1.07	2.11	2.87	-0.18	0.96
Intervallo	0.69	23.35	9.86	6.46	5.80	40.60	901.18	20.47	64.91	1023.80	27.53	11.34	852.60	585.61	107.51	3.73	2.88
Minimo	8.40	4.92	26.02	5.59	1.00	1.50	0.70	0.25	0.21	235.62	5.55	0.22	17.97	1.88	17.68	3.15	0.79
Massimo	9.09	28.28	35.87	12.05	6.80	42.10	901.88	20.72	65.12	1259.42	33.08	11.56	870.57	587.48	125.19	6.88	3.68
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	3.42	1.24	0.90	0.64	4.00	130.66	2.86	7.88	149.76	3.63	1.45	118.76	74.84	10.59	0.49	0.33

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

Stazione 9 Lido Adriano 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2017																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO₃	N-NO₂	N-NH₃	N-TOT	P-TOT	P-PO₄	Si-SiO₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.51	16.73	32.81	7.75	2.32	7.35	175.84	7.15	22.35	520.15	16.93	2.44	260.80	120.03	32.82	5.22	1.95
Errore standard	0.04	1.59	0.66	0.45	0.23	1.78	45.45	1.11	4.01	50.40	1.44	0.57	50.29	31.33	3.04	0.16	0.17
Mediana	8.49	18.72	33.75	7.86	2.00	4.20	79.59	6.22	19.00	460.00	16.65	1.46	176.19	67.61	27.54	5.28	2.08
Moda					2.00	3.40		3.09	0.21			0.22					
Deviazione standard	0.18	7.27	3.02	2.04	1.06	8.15	208.27	5.08	18.40	230.95	6.60	2.61	230.46	143.55	13.95	0.74	0.77
Varianza campionaria	0.03	52.78	9.11	4.16	1.12	66.42	43378.30	25.79	338.44	53337.44	43.60	6.82	53114.05	20607.63	194.57	0.55	0.59
Curtosi	1.39	-1.19	-0.78	-1.17	0.52	5.58	0.71	-0.87	-0.55	0.30	-0.80	2.03	2.86	3.58	4.10	-0.68	-0.79
Asimmetria	1.02	-0.21	-0.57	0.13	0.89	2.50	1.25	0.59	0.70	1.13	0.33	1.62	1.58	2.08	1.78	0.18	0.18
Intervallo	0.71	23.46	9.52	6.70	4.00	30.40	714.79	16.62	62.48	789.04	23.55	9.59	946.54	514.49	58.44	2.59	2.58
Minimo	8.28	4.26	27.37	4.45	1.00	1.90	0.70	0.31	0.21	259.47	6.28	0.22	0.14	11.51	18.77	3.98	0.82
Massimo	8.99	27.71	36.89	11.15	5.00	32.30	715.49	16.93	62.69	1048.51	29.83	9.81	946.68	526.00	77.21	6.57	3.40
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.08	3.31	1.37	0.93	0.48	3.71	94.81	2.31	8.37	105.13	3.01	1.19	104.91	65.34	6.35	0.34	0.35

Stazione 14 Cesenatico 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2017																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO₃	N-NO₂	N-NH₃	N-TOT	P-TOT	P-PO₄	Si-SiO₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.42	15.86	33.34	7.63	2.40	5.83	192.55	8.59	29.73	485.93	18.35	2.63	253.38	111.38	30.76	5.37	2.15
Errore standard	0.03	1.63	0.73	0.41	0.24	1.18	58.62	1.36	3.55	56.85	2.39	0.45	51.20	26.86	3.12	0.12	0.16
Mediana	8.42	15.57	34.60	7.87	2.00	3.00	108.95	7.28	29.61	390.99	14.20	1.88	177.49	74.31	27.33	5.37	1.91
Moda					2.00	2.80											
Deviazione standard	0.14	7.80	3.49	1.96	1.13	5.67	281.12	6.53	17.03	272.67	11.47	2.16	245.57	128.84	14.98	0.60	0.79
Varianza campionaria	0.02	60.80	12.16	3.85	1.28	32.13	79026.20	42.69	289.89	74347.13	131.66	4.67	60304.19	16598.99	224.29	0.36	0.62
Curtosi	2.82	-1.37	4.75	-0.86	-0.59	2.72	13.58	1.53	1.85	7.04	1.82	1.86	4.68	10.01	3.87	-0.98	0.17
Asimmetria	1.44	-0.01	-1.95	0.24	0.16	1.78	3.38	1.37	1.24	2.31	1.47	1.48	1.91	3.01	1.80	0.36	0.91
Intervallo	0.60	24.07	15.37	6.89	4.10	21.60	1338.67	24.90	69.12	1233.53	44.30	8.37	1064.81	582.15	63.86	1.89	2.80
Minimo	8.26	4.12	21.64	4.14	0.40	1.50	7.20	1.24	8.62	236.28	4.25	0.45	10.15	21.02	10.60	4.53	1.21
Massimo	8.85	28.19	37.01	11.03	4.50	23.10	1345.87	26.14	77.74	1469.81	48.55	8.82	1074.96	603.17	74.46	6.42	4.01
Conteggio	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Livello di confidenza(95.0%)	0.06	3.37	1.51	0.85	0.49	2.45	121.56	2.83	7.36	117.91	4.96	0.93	106.19	55.71	6.48	0.26	0.34

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

Stazione 309 Lido Adriano 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2017																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO₃	N-NO₂	N-NH₃	N-TOT	P-TOT	P-PO₄	Si-SiO₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.55	16.85	32.80	8.18	3.28	6.06	183.88	6.17	8.96	501.10	14.40	2.50	214.82	78.45	37.02	4.81	1.78
Errore standard	0.03	1.61	0.69	0.41	0.44	1.61	57.10	1.25	2.15	63.56	1.65	0.47	52.21	28.04	2.98	0.23	0.17
Mediana	8.51	19.29	33.78	8.24	2.80	3.10	65.79	3.92	5.09	491.47	12.76	1.67	104.00	35.58	34.47	5.17	1.82
Moda					2.80	2.10	0.70		0.21		16.91	0.22					2.47
Deviazione standard	0.15	7.38	3.18	1.89	2.04	7.40	261.65	5.73	9.84	291.28	7.56	2.14	239.24	128.49	13.67	1.07	0.77
Varianza campionaria	0.02	54.51	10.13	3.58	4.14	54.76	68459.28	32.82	96.79	84846.54	57.22	4.56	57237.53	16509.60	186.88	1.14	0.59
Curiosi	2.07	-1.30	0.99	-1.33	1.71	5.11	4.14	-1.10	1.10	3.68	-0.10	0.53	1.25	6.17	0.28	-1.02	0.32
Asimmetria	1.25	-0.21	-1.06	0.22	1.35	2.37	1.96	0.62	1.48	1.68	0.78	1.19	1.48	2.63	0.81	-0.08	0.83
Intervallo	0.63	22.63	11.63	5.76	8.00	27.10	1011.07	17.25	34.02	1213.65	25.59	7.24	800.05	464.01	50.86	3.68	2.77
Minimo	8.35	4.51	25.18	5.65	1.00	0.80	0.70	0.34	0.21	198.39	4.84	0.22	4.09	4.74	19.86	3.00	0.73
Massimo	8.99	27.14	36.81	11.41	9.00	27.90	1011.77	17.59	34.23	1412.04	30.43	7.46	804.14	468.75	70.72	6.68	3.49
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	3.36	1.45	0.86	0.93	3.37	119.10	2.61	4.48	132.59	3.44	0.97	108.90	58.49	6.22	0.48	0.35

Stazione 314 Cesenatico 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2017																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO₃	N-NO₂	N-NH₃	N-TOT	P-TOT	P-PO₄	Si-SiO₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.51	16.01	33.83	8.17	3.27	6.25	164.50	7.07	12.97	434.59	13.28	2.22	213.52	68.79	36.01	4.81	1.71
Errore standard	0.03	1.60	0.57	0.40	0.36	1.45	59.41	1.42	2.81	59.57	1.47	0.33	53.80	16.79	2.90	0.20	0.15
Mediana	8.50	15.10	34.69	8.18	3.20	3.40	69.86	4.07	7.59	394.14	13.00	1.41	134.59	45.60	33.23	4.68	1.60
Moda					2.00	2.80	0.70					1.30					1.30
Deviazione standard	0.14	7.66	2.74	1.91	1.70	6.95	284.92	6.82	13.47	285.71	7.05	1.59	258.03	80.53	13.91	0.94	0.72
Varianza campionaria	0.02	58.75	7.51	3.66	2.91	48.26	81179.10	46.46	181.54	81627.94	49.66	2.53	66579.49	6485.22	193.61	0.88	0.52
Curiosi	1.76	-1.42	3.97	-0.34	-0.32	3.09	15.25	0.33	4.69	13.12	0.04	1.38	7.00	9.24	-0.63	-0.84	-0.39
Asimmetria	1.19	-0.02	-1.79	0.70	0.51	1.98	3.63	1.11	1.99	3.28	0.70	1.38	2.30	2.69	0.58	0.25	0.76
Intervallo	0.54	23.22	12.01	6.79	6.40	24.90	1361.22	22.09	57.05	1392.98	25.23	5.93	1144.71	371.44	47.59	3.17	2.52
Minimo	8.32	4.35	25.00	5.92	0.60	1.00	0.70	0.56	0.78	205.34	3.89	0.59	0.14	3.21	17.88	3.38	0.71
Massimo	8.86	27.57	37.01	12.71	7.00	25.90	1361.92	22.65	57.83	1598.32	29.12	6.52	1144.85	374.65	65.47	6.55	3.23
Conteggio	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Livello di confidenza(95.0%)	0.06	3.31	1.18	0.83	0.74	3.00	123.21	2.95	5.83	123.55	3.05	0.69	111.58	34.82	6.02	0.41	0.31

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

Stazione 17 Rimini 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2017																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO₃	N-NO₂	N-NH₃	N-TOT	P-TOT	P-PO₄	Si-SiO₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.52	16.31	33.89	8.20	2.83	4.92	158.00	7.33	14.58	426.12	15.30	2.09	199.38	101.32	30.05	4.92	2.04
Errore standard	0.03	1.64	0.62	0.36	0.32	0.90	47.82	1.35	2.95	57.47	1.86	0.35	44.92	25.01	2.78	0.20	0.15
Mediana	8.49	15.83	34.59	8.25	2.50	2.90	123.69	7.54	10.22	373.71	14.36	1.56	113.35	51.46	30.94	5.10	1.76
Moda					1.50	2.60						1.22	0.14				
Deviazione standard	0.14	7.87	2.96	1.72	1.51	4.30	229.36	6.45	14.14	275.62	8.94	1.67	215.44	119.94	13.33	0.98	0.72
Varianza campionaria	0.02	61.98	8.76	2.95	2.29	18.46	52605.64	41.65	200.00	75968.98	79.96	2.79	46416.34	14386.80	177.77	0.96	0.52
Curtosi	0.12	-1.44	5.41	-0.67	-1.22	0.16	11.23	0.07	7.12	10.38	0.62	2.34	1.87	5.26	2.31	-1.21	-0.67
Asimmetria	0.61	-0.06	-2.02	0.24	0.36	1.16	2.99	0.85	2.37	2.70	1.02	1.59	1.37	2.08	1.22	-0.07	0.32
Intervallo	0.57	23.71	13.37	6.27	4.70	14.30	1063.06	22.83	64.07	1463.87	32.89	6.72	834.77	507.62	59.83	3.14	2.81
Minimo	8.27	4.59	23.74	5.60	0.80	1.10	0.70	0.54	1.51	30.00	3.12	0.22	0.14	3.36	9.62	3.39	0.64
Massimo	8.85	28.31	37.10	11.87	5.50	15.40	1063.76	23.37	65.58	1493.87	36.01	6.94	834.91	510.98	69.45	6.53	3.45
Conteggio	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Livello di confidenza(95.0%)	0.06	3.40	1.28	0.74	0.65	1.86	99.18	2.79	6.12	119.19	3.87	0.72	93.17	51.87	5.77	0.42	0.31

Stazione 19 Cattolica 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2017																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO₃	N-NO₂	N-NH₃	N-TOT	P-TOT	P-PO₄	Si-SiO₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.49	15.94	34.56	7.93	2.99	3.72	148.95	6.28	14.56	410.43	13.32	2.41	188.14	61.74	36.87	4.55	2.18
Errore standard	0.02	1.59	0.65	0.35	0.31	0.69	57.41	1.31	2.99	66.68	2.04	0.33	46.99	14.62	3.52	0.22	0.18
Mediana	8.50	14.52	35.07	7.83	3.00	1.90	50.16	4.81	10.63	337.16	9.49	1.89	116.56	37.41	34.67	4.50	1.99
Moda					1.50	1.90	0.70					4.09					
Deviazione standard	0.10	7.61	3.14	1.67	1.51	3.30	275.31	6.27	14.36	319.79	9.79	1.58	225.37	70.11	16.86	1.05	0.85
Varianza campionaria	0.01	57.88	9.84	2.80	2.28	10.90	75796.44	39.29	206.29	102265.58	95.88	2.49	50792.82	4916.02	284.22	1.10	0.71
Curtosi	-0.70	-1.46	13.38	-1.15	-1.14	1.30	16.51	3.50	2.48	15.78	0.94	0.38	6.68	3.10	-0.04	0.22	0.28
Asimmetria	-0.23	-0.01	-3.29	0.32	0.03	1.37	3.83	1.72	1.66	3.73	1.35	1.04	2.26	1.78	0.82	-0.47	0.92
Intervallo	0.40	22.69	15.75	5.33	5.00	12.50	1324.54	25.41	53.33	1575.14	36.20	6.12	993.86	275.15	58.98	4.19	3.30
Minimo	8.26	4.88	21.73	5.67	0.50	0.50	0.70	0.54	0.57	188.55	2.78	0.22	0.14	3.46	14.06	1.99	0.96
Massimo	8.66	27.57	37.49	11.00	5.50	13.00	1325.24	25.95	53.90	1763.69	38.98	6.34	994.00	278.61	73.04	6.18	4.27
Conteggio	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Livello di confidenza(95.0%)	0.04	3.29	1.36	0.72	0.65	1.43	119.05	2.71	6.21	138.29	4.23	0.68	97.46	30.32	7.29	0.45	0.37

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

Stazione 317 Rimini 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2017																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO₃	N-NO₂	N-NH₃	N-TOT	P-TOT	P-PO₄	Si-SiO₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.52	16.32	34.60	8.05	4.37	3.72	130.00	6.46	8.51	357.46	11.45	2.20	175.67	65.47	35.36	4.52	1.73
Errore standard	0.02	1.61	0.45	0.33	0.63	0.68	43.40	1.43	1.62	45.79	1.28	0.28	40.41	21.54	2.98	0.21	0.19
Mediana	8.50	14.67	35.28	8.20	3.50	2.80	38.78	4.72	7.05	332.73	10.45	2.09	77.02	26.37	31.21	4.57	1.35
Moda				9.10	1.50		0.70		0.21								
Deviazione standard	0.11	7.74	2.17	1.61	3.04	3.27	208.14	6.84	7.78	219.61	6.12	1.36	193.81	103.32	14.28	1.01	0.90
Varianza campionaria	0.01	59.85	4.72	2.58	9.24	10.71	43321.32	46.72	60.48	48230.25	37.40	1.86	37561.53	10674.44	203.82	1.02	0.81
Curtosi	-1.15	-1.53	3.94	-1.12	-0.15	0.58	11.56	3.09	0.60	13.76	-0.57	-0.15	2.23	10.36	-0.16	-0.40	-0.45
Asimmetria	0.31	-0.04	-1.75	0.16	0.95	1.34	3.07	1.64	1.10	3.40	0.54	0.84	1.51	3.03	0.70	-0.46	0.90
Intervallo	0.36	22.61	9.43	5.41	9.50	10.60	955.71	27.37	28.13	1078.28	21.04	4.63	748.38	462.33	52.70	3.81	2.97
Minimo	8.36	4.97	27.56	5.84	1.00	0.40	0.70	0.45	0.21	181.99	3.36	0.57	0.14	2.26	16.90	2.37	0.60
Massimo	8.72	27.58	37.00	11.25	10.50	11.00	956.41	27.82	28.34	1260.27	24.40	5.20	748.52	464.59	69.60	6.18	3.57
Conteggio	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Livello di confidenza(95.0%)	0.05	3.35	0.94	0.69	1.31	1.42	90.01	2.96	3.36	94.97	2.64	0.59	83.81	44.68	6.17	0.44	0.39

Stazione 319 Cattolica 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2017																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO₃	N-NO₂	N-NH₃	N-TOT	P-TOT	P-PO₄	Si-SiO₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
	°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.51	16.23	34.78	8.06	4.36	3.96	128.22	5.37	6.79	452.96	11.86	1.61	167.80	84.41	40.92	4.43	1.73
Errore standard	0.02	1.59	0.58	0.36	0.61	0.87	54.90	1.14	1.19	82.11	1.67	0.21	46.08	27.35	4.33	0.23	0.14
Mediana	8.50	14.21	35.32	8.09	3.80	2.20	41.48	4.05	4.75	357.54	8.76	1.34	100.27	31.29	37.07	4.49	1.57
Moda	8.61				2.00	1.70	0.70				5.16	0.48	0.14				
Deviazione standard	0.11	7.63	2.76	1.72	2.94	4.20	263.30	5.45	5.69	393.77	8.01	1.01	220.97	131.19	20.74	1.10	0.68
Varianza campionaria	0.01	58.25	7.64	2.94	8.67	17.60	69328.98	29.75	32.33	155056.03	64.13	1.01	48828.41	17210.71	430.35	1.21	0.46
Curtosi	-0.18	-1.50	10.06	-1.27	-0.22	1.61	17.79	1.03	2.40	5.70	1.17	-0.50	9.36	5.20	2.70	-0.75	-0.25
Asimmetria	0.35	-0.02	-2.82	0.25	0.92	1.58	4.02	1.30	1.58	2.46	1.39	0.79	2.71	2.37	1.56	0.01	0.64
Intervallo	0.46	23.25	13.38	5.25	9.50	14.80	1270.47	18.94	23.10	1492.64	27.17	3.25	1009.50	494.02	81.65	4.23	2.54
Minimo	8.31	4.39	24.14	5.66	1.00	0.50	0.70	0.57	0.21	171.64	3.97	0.48	0.14	3.04	14.39	2.29	0.76
Massimo	8.77	27.63	37.52	10.91	10.50	15.30	1271.17	19.51	23.31	1664.28	31.14	3.73	1009.64	497.06	96.04	6.53	3.30
Conteggio	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Livello di confidenza(95.0%)	0.05	3.30	1.20	0.74	1.27	1.81	113.86	2.36	2.46	170.28	3.46	0.44	95.56	56.73	8.97	0.48	0.29

Tabella 21– Elementi di statistica descrittiva. Stazione 13 (Zadina)

Stazione 13 Zadina 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2017																	
	pH	TEMP.	SAL.	O.D.	D.SEC.	CL."a"	N-NO ₃	N-NO ₂	N-NH ₃	N-TOT	P-TOT	P-PO ₄	Si-SiO ₂	N/P	NT/Pt	TRIX	TRBIX
		°C	psu	mg/l	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l				
Media	8.44	16.49	33.52	7.57	2.13	6.45	172.32	7.39	30.62	511.86	17.85	3.02	226.49	86.74	29.87	5.43	2.22
Errore standard	0.04	1.61	0.59	0.49	0.20	1.78	51.97	1.32	4.70	58.42	1.71	0.52	41.16	24.64	1.68	0.13	0.16
Mediana	8.41	18.76	34.03	7.42	2.00	3.40	57.79	4.24	27.13	447.64	17.01	2.01	154.45	52.96	30.46	5.30	2.23
Moda				5.44	2.00	3.40			22.44								
Deviazione standard	0.16	7.36	2.71	2.26	0.90	8.15	238.16	6.07	21.55	267.73	7.82	2.39	188.60	112.89	7.69	0.61	0.71
Varianza campionaria	0.03	54.17	7.33	5.12	0.81	66.45	56720.97	36.85	464.31	71679.88	61.20	5.70	35569.00	12744.70	59.09	0.38	0.51
Curtosi	1.76	-1.21	3.53	-0.97	-1.12	4.28	8.50	-0.32	3.57	10.82	0.95	0.42	1.28	12.99	-0.02	1.00	-0.71
Asimmetria	1.14	-0.20	-1.63	0.21	0.38	2.34	2.60	0.99	1.74	2.95	0.94	1.26	1.25	3.40	-0.13	0.96	0.02
Intervallo	0.66	23.52	11.92	8.02	2.70	28.30	1033.70	19.39	91.15	1219.90	29.50	8.45	711.99	520.79	31.10	2.47	2.40
Minimo	8.19	3.99	25.18	3.46	1.00	1.70	4.53	1.03	5.64	310.65	7.75	0.22	7.32	11.34	14.04	4.57	0.98
Massimo	8.85	27.51	37.10	11.48	3.70	30.00	1038.23	20.42	96.79	1530.55	37.25	8.67	719.31	532.13	45.15	7.04	3.38
Conteggio	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Livello di confidenza(95.0%)	0.07	3.35	1.23	1.03	0.41	3.71	108.41	2.76	9.81	121.87	3.56	1.09	85.85	51.39	3.50	0.28	0.32

3.2.2.b Elementi di qualità idromorfologica e fisico-chimica nei sedimenti

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

Granulometria

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi granulometrica relativi a 8 stazioni ubicate a circa 3 km di distanza dalla costa corrispondenti alle biocenosi delle VTC (Fanghi Terrigeni Costieri) ed a 4 stazioni a circa 1-2 km di distanza dalla costa corrispondenti alle biocenosi delle SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate) (Figura 109 Figura 110). La frequenza di campionamento è semestrale (Tabella 5).

La distribuzione superficiale media delle tre principali componenti granulometriche dei sedimenti (Figura 109): nelle stazioni a 3 km dalla costa evidenzia che nelle stazioni 302 (Lido di Volano), 306 (Casalborsetti) e 309 (Lido Adriano) prevale la componente limosa; invece, nelle stazioni 304 (Porto Garibaldi), 308 (Marina di Ravenna), 314 (Cesenatico), 317 (Rimini) e 319 (Cattolica) tende a prevalere la componente sabbiosa con riduzione in percentuale delle altre due componenti.

Nelle stazioni SFBC la distribuzione superficiale media delle tre principali componenti granulometriche dei sedimenti evidenzia la prevalenza della componente sabbiosa in tutte le stazioni ad eccezione di Lido Adriano (Figura 110).

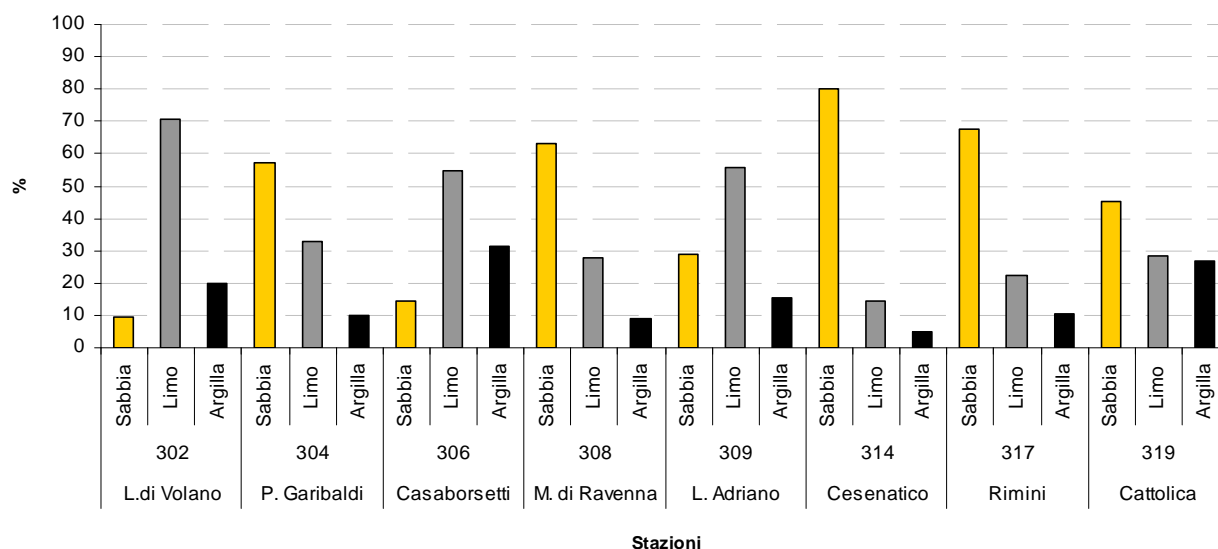


Figura 109 - Distribuzione delle principali frazioni granulometriche (% media/anno) rilevate nelle stazioni a 3 km dalla costa

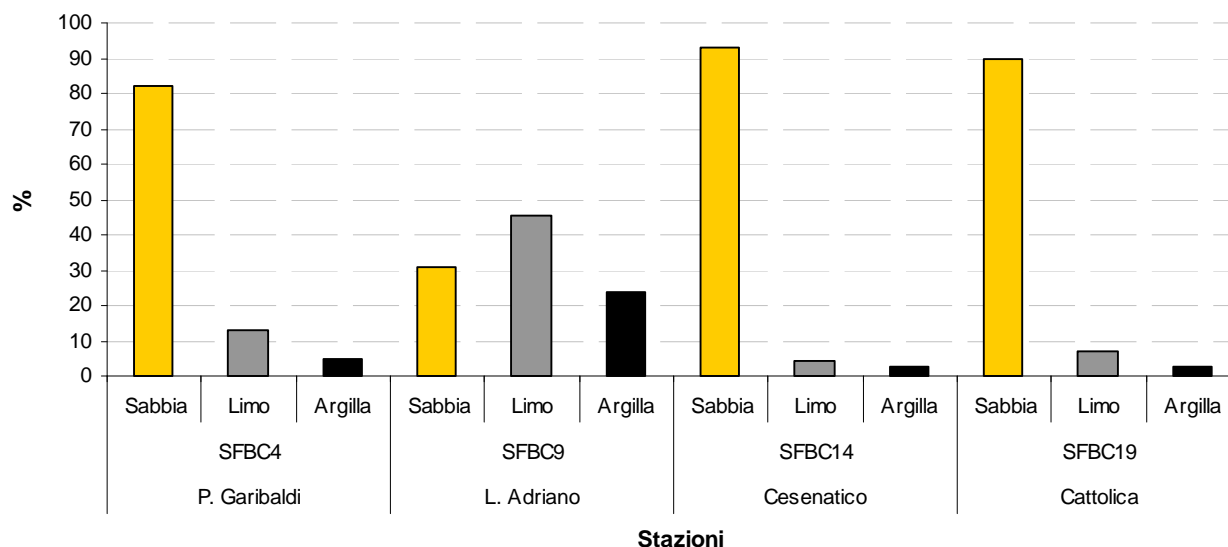


Figura 110 - Distribuzione delle principali frazioni granulometriche (% media/anno) rilevate nelle stazioni SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate) a 1-2 km dalla costa

Carbonio Organico Totale (TOC)

Di seguito si riportano le percentuali medie/anno di Carbonio Organico Totale (TOC) relative a 8 stazioni ubicate a circa 3 km di distanza dalla costa (biocenosi VTC) (Figura 111) ed a 4 stazioni situate a circa 1-2 km di distanza dalla costa (biocenosi SFBC) (Figura 112). La frequenza di campionamento è semestrale (Tabella 5).

Le percentuali medie/anno di carbonio organico totale nei sedimenti superficiali variano lungo la costa tra 0.15 e 0.84%.

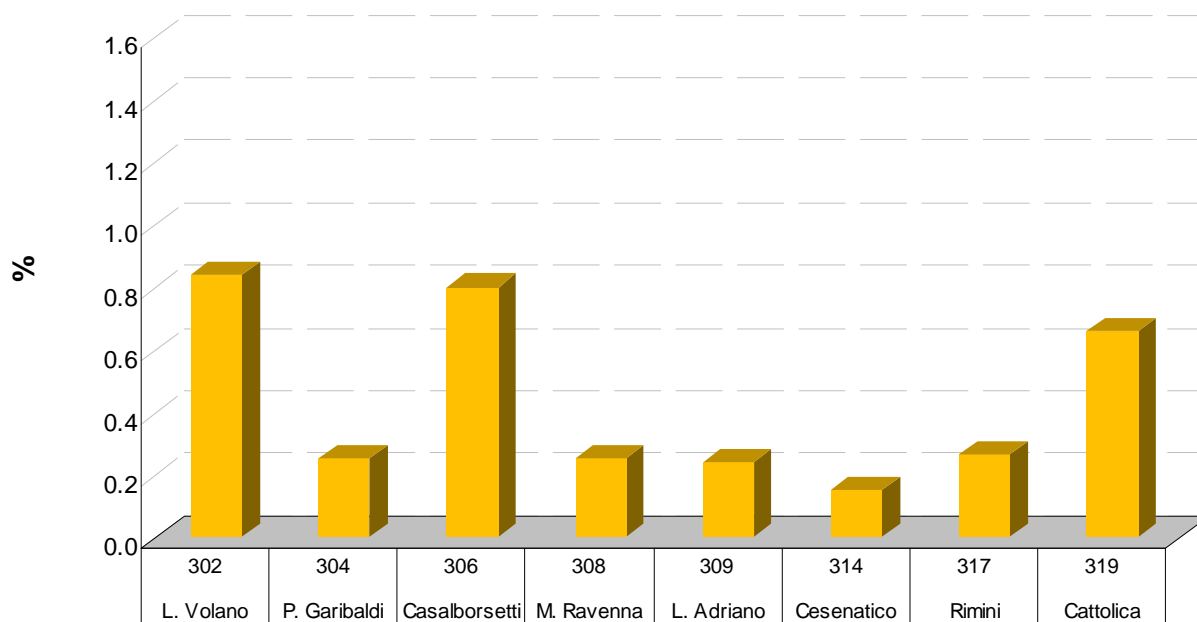


Figura 111 - Distribuzione del contenuto di Carbonio Organico Totale (% media/anno) nelle stazioni a 3 km dalla costa

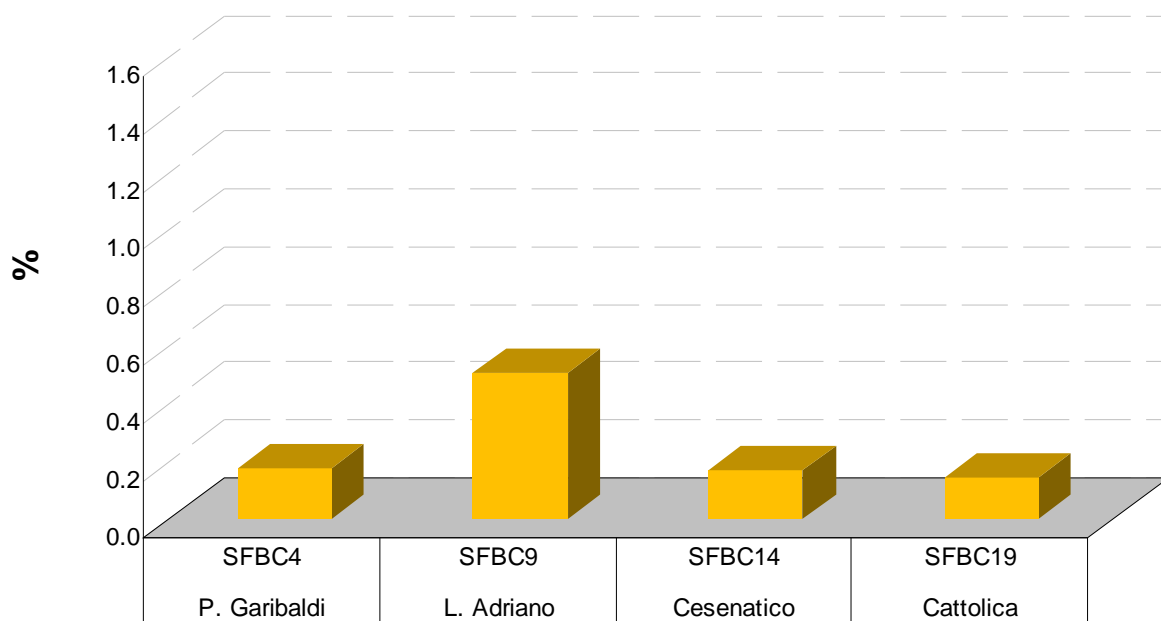


Figura 112 - Distribuzione del contenuto di carbonio organico totale (% media/anno) nelle stazioni SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate) a 1-2 km dalla costa

3.2.3 Inquinanti specifici non appartenenti all'elenco di priorità (tab. 1/B D.Lgs. 172/15)

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.Lgs. 172/15 prevede la ricerca di tali sostanze nella matrice acqua (tab. 1/B D.Lgs. 172/15).

Le stazioni di campionamento interessate dalla ricerca degli inquinanti specifici a sostegno sono 6 ubicate a 0.5 km di distanza dalla costa e la frequenza di campionamento è mensile (Tabella 5).

La scelta dei parametri da ricercare è effettuata ogni anno ed è il risultato di un'attenta analisi dei dati relativi ai punti di campionamento a chiusura di bacino dei fiumi costieri che permettono di valutare eventuali apporti fluviali a mare. I parametri scelti per il 2017, riportati nell'elenco di tab. 1/B del D.Lgs. 172/15 sotto la voce "pesticidi singoli", sono: azoxystrobin, chloridazon, metalaxyl, metolachlor, oxadiazon, boscalid, propyzamide, thiamethoxam.

Nel 2017 tutti i valori medi/anno sono risultati inferiori ai relativi SQA-MA e spesso anche al limite di quantificazione. Lo stato di qualità dei corpi idrici per gli inquinanti specifici a sostegno degli EQB ricercati nell'acqua (tab. 1/B D.Lgs. 172/15) è stato quindi valutato come "Buono" per il corpo idrico CD1 ed "Elevato" per il corpo idrico CD2.

3.2.4 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.Lgs. 172/15 prevede la ricerca di tali sostanze nelle matrici acqua e biota (tab. 1/A) e nella matrice sedimento (tab. 2/A).

Nel 2017 le analisi degli inquinanti specifici appartenenti all'elenco di priorità sulla matrice biota non sono state eseguite in quanto l'applicabilità delle "Linee guida per il monitoraggio delle sostanze prioritarie nel biota (secondo D.Lgs. 172/2015)" di ISPRA è tuttora in corso di verifica.

Per la definizione dello stato chimico, il D.Lgs. 172/15 introduce inoltre l'analisi della tendenza a lungo termine delle concentrazioni di alcune delle sostanze dell'elenco di priorità (tab. 1/A D.Lgs. 172/15), che tendono ad accumularsi nei sedimenti e/o nel biota.

3.2.4.a Sostanze ricercate nell'acqua (tab. 1/A D.Lgs. 172/15)

Nel 2017 la ricerca degli inquinanti specifici nella colonna d'acqua, parametri n° 1-33 di cui alla tab. 1/A del D.Lgs. 172/15, ha seguito una frequenza mensile. Le stazioni di campionamento interessate sono state 6 ubicate a 0.5 km di distanza dalla costa (Tabella 5).

I valori medi e i valori massimi di concentrazione delle sostanze ricercate sono risultati conformi rispetto ai relativi Standard di Qualità Ambientale (SQA). Lo stato di qualità dei due corpi idrici CD1 (Goro-Ravenna) e CD2 (Ravenna-Cattolica) per gli inquinanti specifici prioritari ricercati nell'acqua di cui alla tab. 1/A del D.Lgs. 172/15 è quindi risultato "Buono".

3.2.4.b Sostanze ricercate nel sedimento (tab. 2/A D.Lgs. 172/15)

Gli inquinanti specifici ricercati nel sedimento per la classificazione dello stato chimico sono quelli riportati in tab. 2/A del D.Lgs. 172/15, vale a dire alcuni metalli, organometalli, policiclici aromatici e pesticidi.

Le stazioni di campionamento interessate sono 8 e sono ubicate a 3 km di distanza dalla costa. La frequenza di campionamento è semestrale (Tabella 5).

Per i sedimenti la normativa ammette, ai fini della classificazione del buono stato chimico, uno scostamento pari al 20% del valore del relativo SQA-MA.

Nel 2017 non sono stati riscontrati valori medi/anno non conformi a livello di corpo idrico.

Si conclude che, per gli inquinanti ricercati nel sedimento (tab. 2/A del D.Lgs. 172/15), lo stato chimico per entrambi i corpi idrici CD1 e CD2 è "Buono".

Nelle figure che seguono si riportano le medie annuali delle concentrazioni di alcuni inquinanti ricercati nel sedimento quali cadmio, piombo e TBT (Figura 113), i pesticidi Σ DDT, Σ DDD, Σ DDE (Figura 114), arsenico, cromo totale e cromo VI (Figura 115); alcuni IPA (Figura 116); diossine, furani e PCB (Figura 117).

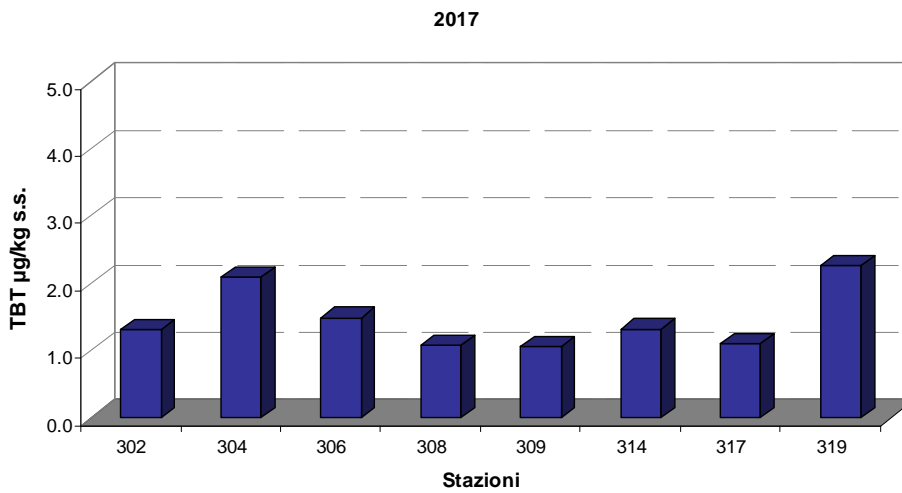
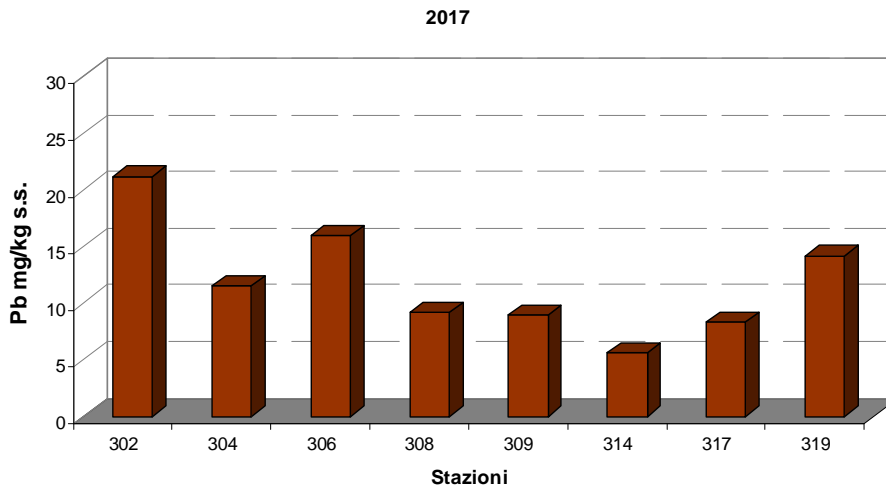
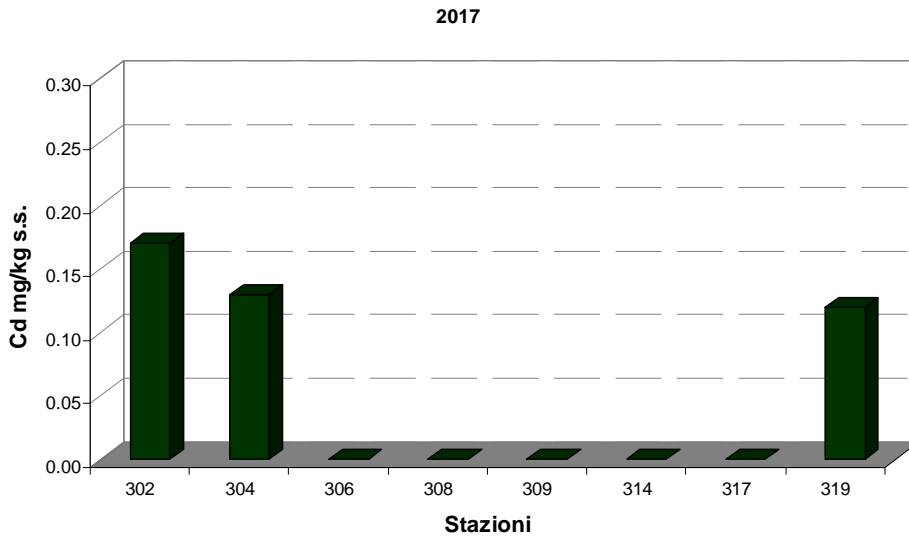


Figura 113 – Medie annuali di cadmio, piombo e tributilstagno determinati nel sedimento

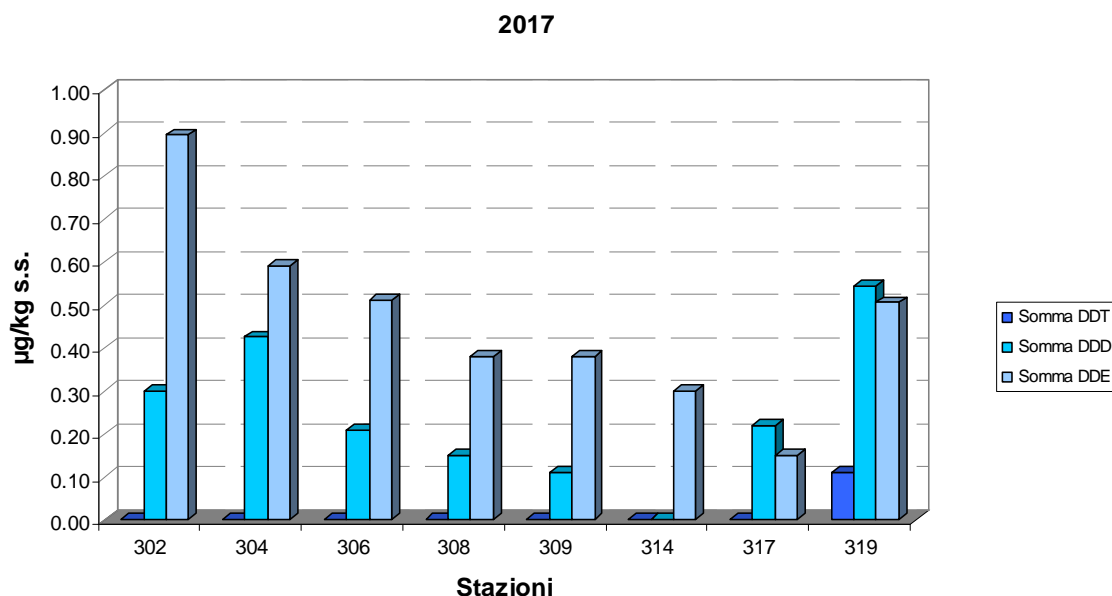


Figura 114 – Medie annuali di pesticidi (somma DDT, somma DDD, somma DDE) determinati nel sedimento

3.2.4.c Elementi per l'analisi della tendenza a lungo termine

Ai fini dell'analisi della tendenza a lungo termine, per l'anno 2017, sono stati ricercati nel sedimento:

- i parametri Antracene, Cadmio e composti, Fluorantene, Esaclorobenzene, Esaclorocicloesano, Piombo e composti, Mercurio e composti, Idrocarburi Policiclici Aromatici, Tributilstagno, Diossine e composti diossina-simili delle tabb. 1/A e 3/A D.Lgs. 172/15;
- i parametri Naftalene, Aldrin, DDT, DDD, DDE, Dieldrin della tab. 3/A D.Lgs. 172/15;
- i parametri Arsenico, Cromo totale, Cromo VI e PCB totali della tab. 3/B D.Lgs. 172/15.

Le stazioni di campionamento interessate dalle indagini sono 8 e sono ubicate a 3 km di distanza dalla costa; la frequenza di campionamento è semestrale (Tabella 5). I risultati delle analisi effettuate durante il 2017 saranno utilizzati ai fini della futura valutazione delle tendenze ascendenti nel sessennio di riferimento (D.Lgs. 219/10).

I valori di Cromo totale, Figura 115, superano l'SQA-MA riportato in tab. 3/B D.Lgs. 172/15 (50 mg/kg s.s.). Tale parametro, tuttavia, costituisce un importante fondo naturale nei sedimenti del litorale emiliano romagnolo.

Nelle figure che seguono si riportano le medie annuali delle concentrazioni di alcuni inquinanti ricercati nel sedimento.

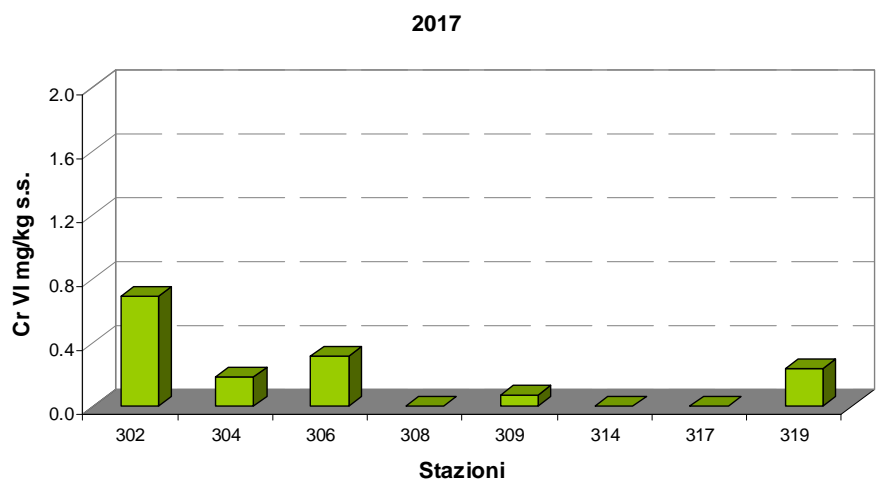
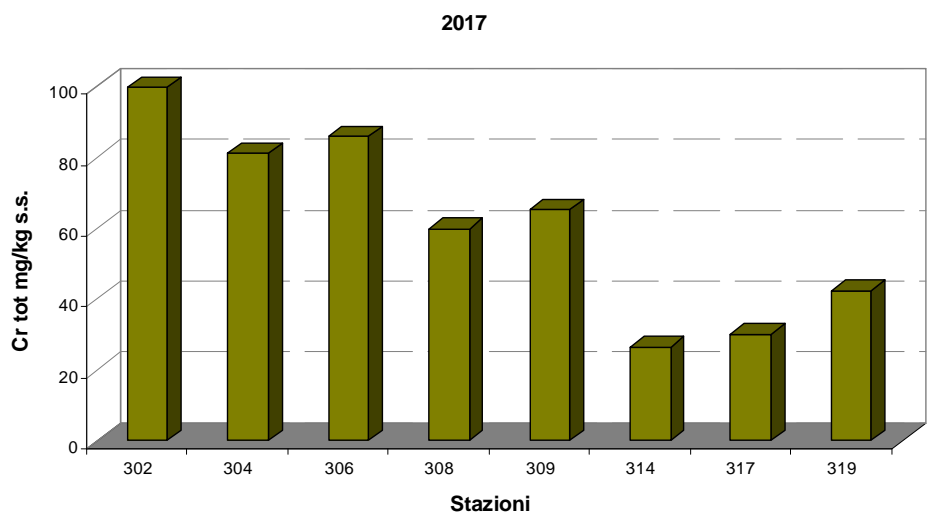
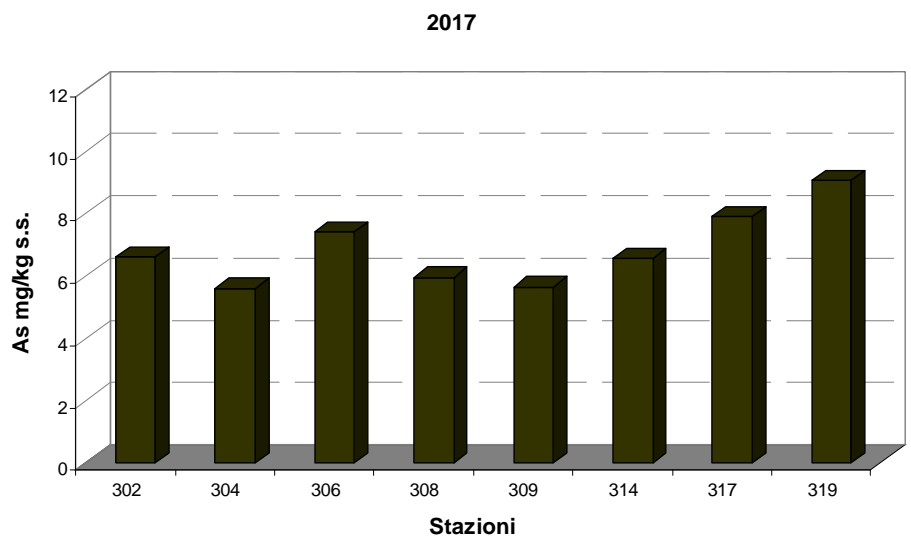


Figura 115 – Medie annuali di arsenico, cromo totale e cromo VI determinati nel sedimento

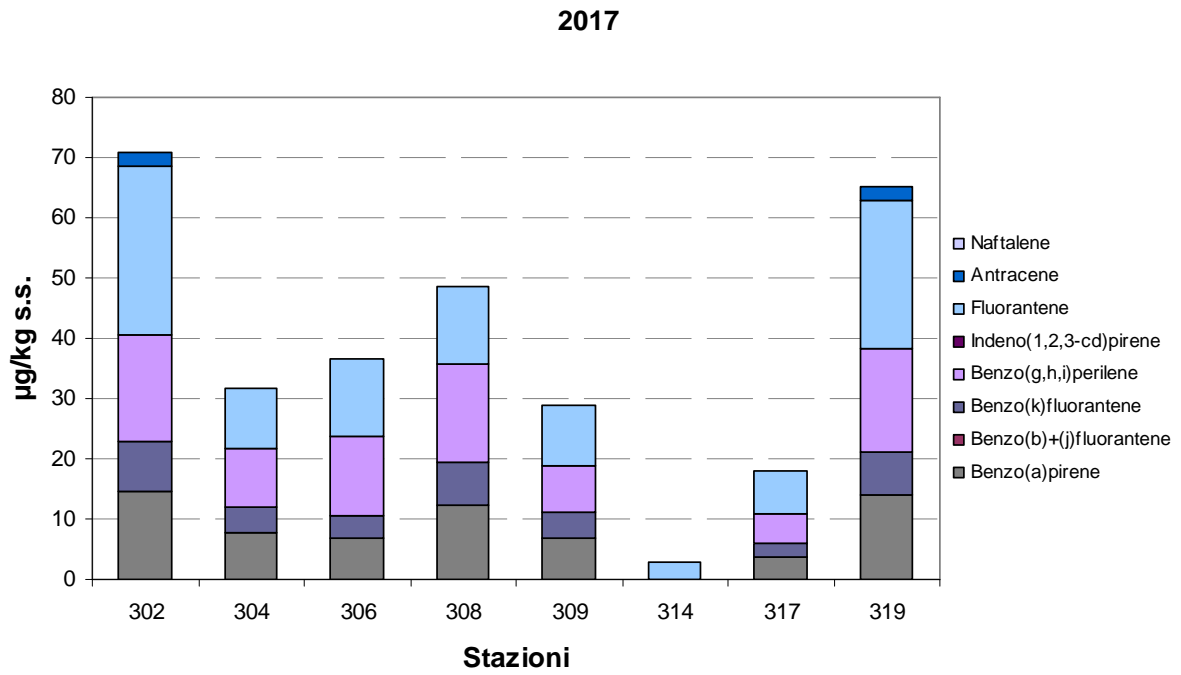


Figura 116 – Medie annuali di idrocarburi policiclici aromatici determinati nel sedimento

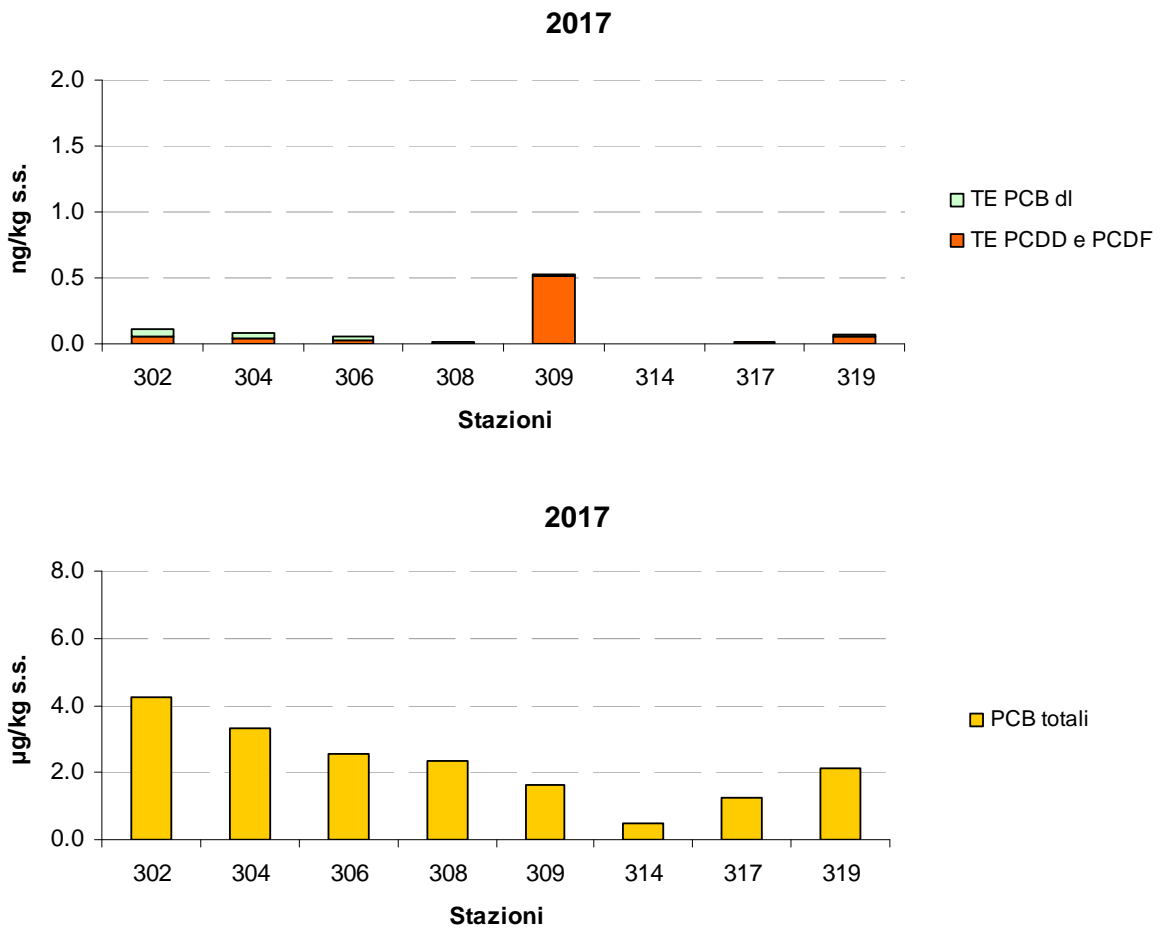


Figura 117 – Medie annuali di diossine, furani e PCB determinati nel sedimento

3.2.5 Test ecotossicologici

Nel 2017, ad integrazione delle indagini chimiche, in 8 stazioni a 3 km di distanza dalla costa sono stati effettuati anche test ecotossicologici con frequenza annuale (Tabella 5).

É stata eseguita l'indagine con *Vibrio fischeri* su sedimento privo di acqua interstiziale e su elutriato.

La valutazione dei risultati dei saggi ecotossicologici, effettuata in conformità ai protocolli metodologici standardizzati riportati nel “Manuale per la movimentazione di sedimenti marini” ICRAM-APAT anno 2007, mostra che nel 2017 la tossicità dei sedimenti è assente per il saggio con *Vibrio fischeri* sia in fase liquida (elutriato) che in fase solida (sedimento privo di acqua interstiziale).

3.2.6 Direzione e altezza onde

La stazione di rilevamento è stata installata da ARPA, ora ARPAE, il 23 maggio 2007 ed è equipaggiata con una boa ondometrica Datawell Directional wave rider MkIII 70 posizionata alle seguenti coordinate: 44.2156°N 12.4766°E - WGS84 (Figura 118). La boa è collocata a circa 8 km al largo di Cesenatico su un fondale di 10 m di profondità in una zona interdetta alla navigazione, all'attracco ed alla pesca. Il sistema ricevente a terra è situato presso la Struttura Oceanografica Daphne a Cesenatico. I dati vengono acquisiti ogni 30' ed archiviati nel data base meteo-marino del Servizio IdroMeteoClima. Il sistema è stato acquisito, su incarico della Regione Emilia-Romagna, nell'ambito del progetto Beachmed-E, sottoprogetto Nausicaa e mantenuto anche grazie al finanziamento derivante dal progetto europeo MICORE (FP7-ENV-2007-1 Cooperation, Grant agreement n. 202798).

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



Figura 118 – Boa Nausicaa posizionata in mare

I dati relativi all'altezza dell'onda, rilevati nel 2017, sono riportati nella Figura 119. Dal 7 luglio 2017 al 26 ottobre 2017 l'ondametro è stato posto in manutenzione e conseguentemente in quel periodo non sono stati acquisiti dati.

I tre picchi maggiori di altezza dell'onda prima del periodo di manutenzione si sono avuti: il 17 gennaio alle ore 13:00 UTC con un valore di altezza dell'onda di 3.62 m ed un valore di direzione di provenienza di 59.1° (Est-Nord Est), il 25 febbraio 2017 alle ore 3:30 UTC con un valore di altezza dell'onda di 2.08 m ed un valore di direzione di provenienza di 52° (Est Nord-Est) ed infine il 18 aprile 2017 alle ore 15:00 UTC con un valore di altezza dell'onda di 2.94 m ed una direzione di provenienza di 30.9° (Nord-Nord Est). Nel periodo successivo a quello di manutenzione si sono registrati ancora picchi elevati di altezza dell'onda, ed in particolare in due intervalli di tempo si è superato il valore di 3 m di altezza, con un picco di 3.68 m il 13 novembre 2017 alle ore 20:00 UTC con una direzione di provenienza di 61° (Est Nord-Est) ed il 26 novembre 2017 con un picco di 3.07 m alle ore 14:30 UTC con una direzione di provenienza di 35° (Nord Nord-Est).

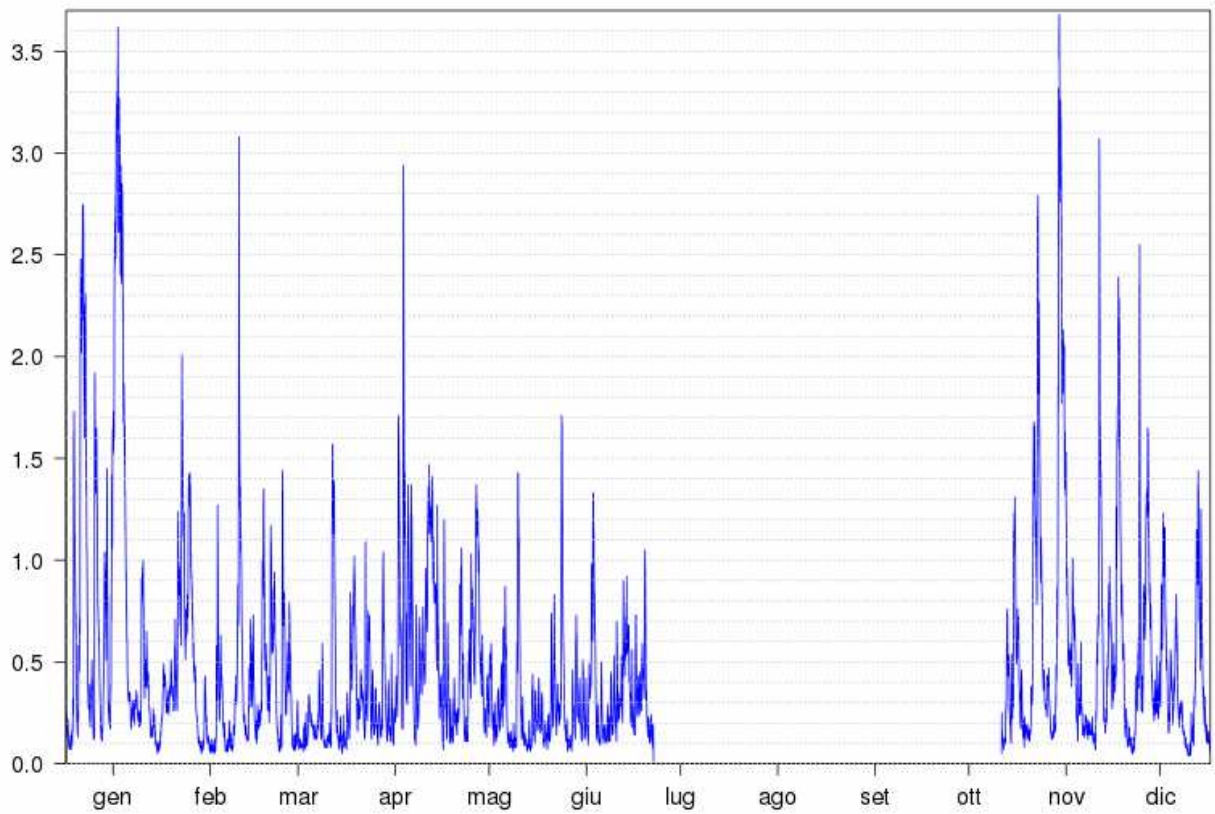


Figura 119 - Altezza delle onde (metri) per l'anno 2017

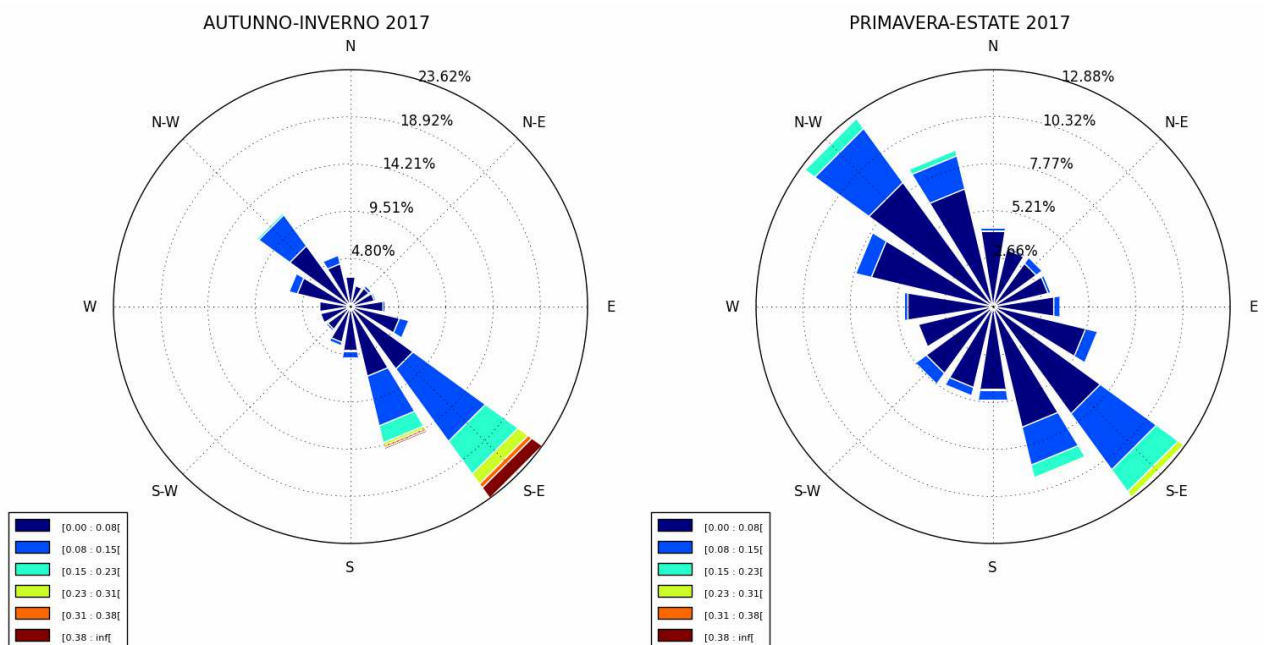


Figura 120 - Distribuzioni direzionali dell'altezza dell'onda per l'anno 2017

3.2.7 Direzione e velocità delle correnti marine

Lo strumento RCM SW dell'Aanderaa (Figura 121) permette di misurare velocità e direzione della corrente ad una profondità nota della colonna d'acqua; lo strumento in questo caso è posizionato al largo di Cesenatico ad una profondità di 4 metri dalla superficie del mare (batimetria 10 m) a circa 3 km dalla costa, vicino ad una zona destinata all'allevamento di mitili ed interdetta alla pesca, alle seguenti coordinate: 44°12.743N 12°28.309E. I dati vengono registrati in una scheda di memoria contenuta all'interno dello strumento.



Figura 121 – Correntometro RCM SW (Aanderaa)

La Figura 122 mostra i valori della velocità di corrente misurati nel corso dell'anno 2017; si osserva che i valori più elevati di intensità di corrente si sono rilevati principalmente verso gli ultimi mesi del 2017, con i tre valori maggiori, pari a 0.61 m/s il 23 ottobre 2017 alle ore 01:45 UTC ad una direzione di 145° (Sud-Ovest), 0.87 m/s il 13 novembre 2017 alle ore 15:45 UTC ad una direzione di 138° (Sud-Ovest) ed infine pari a 0.77 m/s il 26 novembre 2017 alle ore 15:30 UTC ad una direzione di 139° (Sud-Ovest).

VELOCITA' DELLA CORRENTE (m/s) ANNO 2017

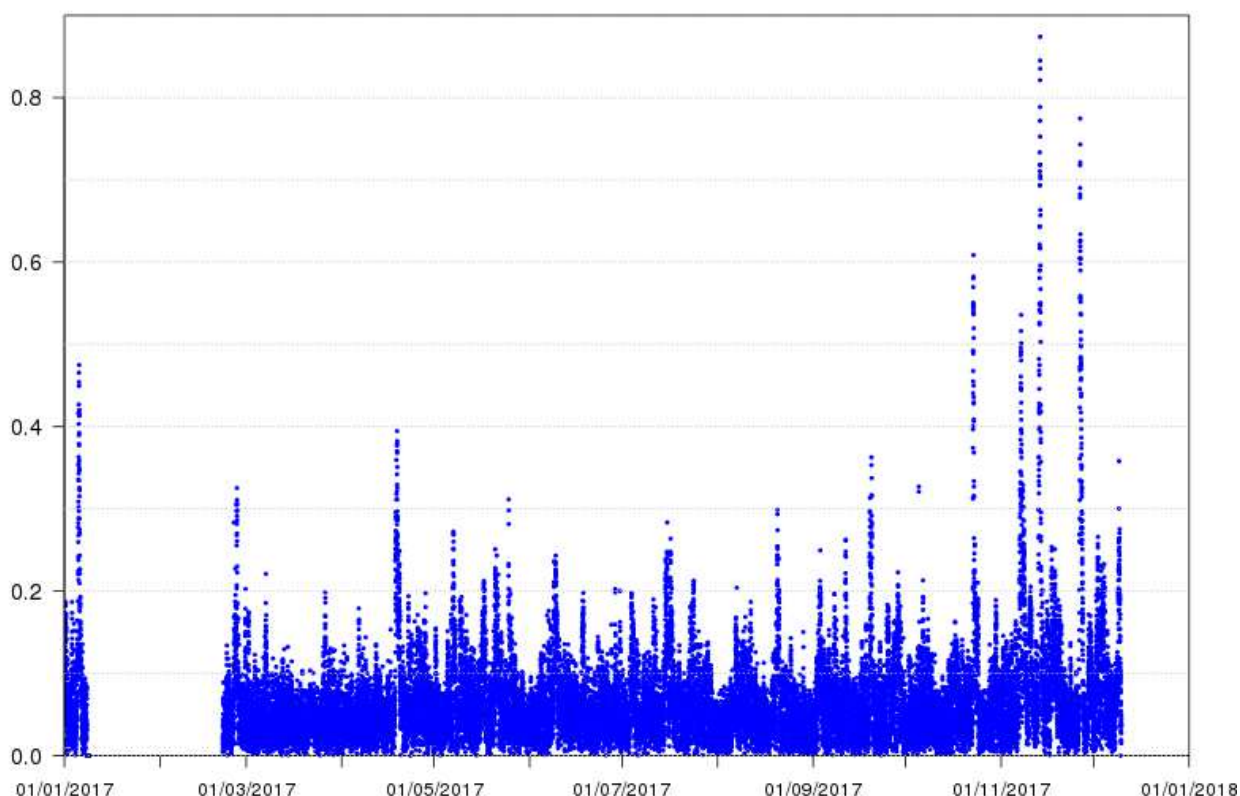


Figura 122 - Velocità della corrente per l'anno 2017

Nei grafici di Figura 123 sono rappresentate le distribuzioni direzionali delle correnti acquisite nel 2017 per due periodi: autunno-inverno e primavera-estate. Si osserva che le direzioni prevalenti della corrente sono Nord-Ovest e Sud-Est; lungo queste direzioni si riscontrano inoltre anche i maggiori valori di velocità della corrente stessa. In particolare nel periodo autunno-inverno prevale la direzione Sud-Est in circa il 24% delle registrazioni, dove inoltre si osserva il massimo valore di corrente; anche nel periodo primavera-estate i massimi di velocità vengono riscontrati nella direzione Sud-Est, con direzione prevalente Sud-Est per circa il 13% dei casi. La velocità della corrente è tendenzialmente minore o uguale a 0.1 m/s, colore blu intenso, mentre solo in rari casi i valori sono superiori a 0.5 m/s.

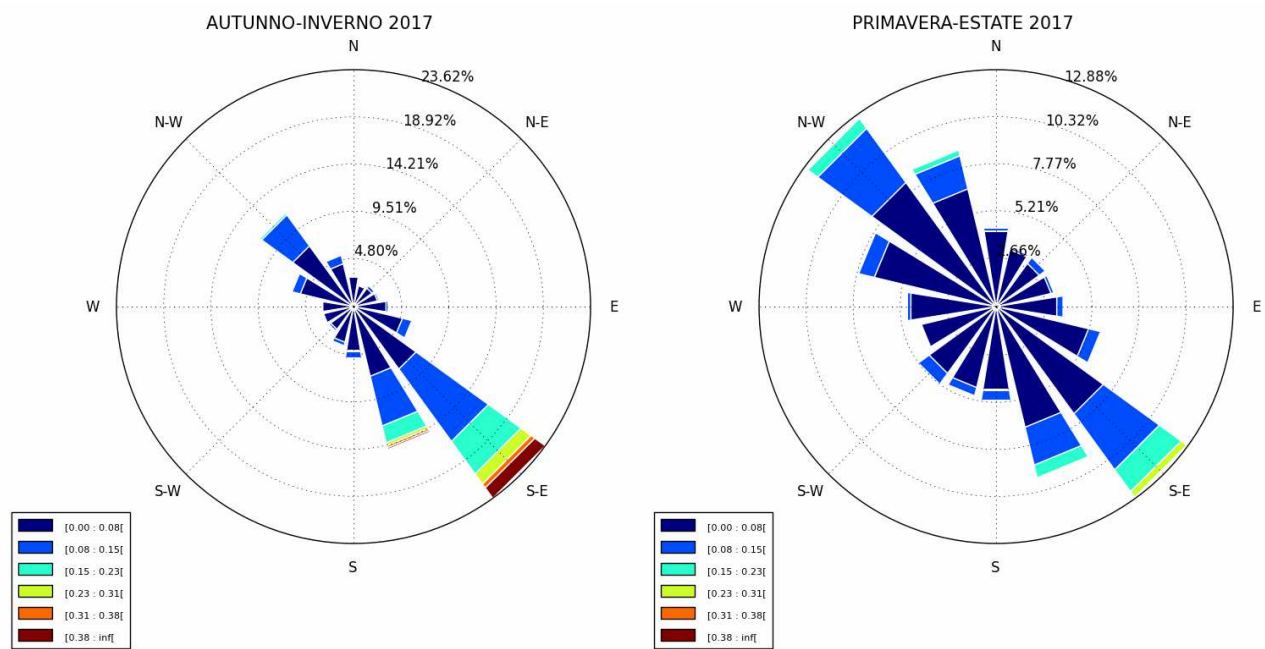


Figura 123 - Distribuzioni direzionali della corrente (m/s) nel 2017

3.3 LO STATO ECOLOGICO

Lo stato ecologico dei corpi idrici è attribuito al termine di un ciclo di monitoraggio di 3 anni (triennio 2017-2019). Di seguito si riporta una prima valutazione dello stato ecologico dei corpi idrici sulla base delle attività di monitoraggio effettuate durante il 2017.

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

- ✓ Elementi di Qualità Biologica (EQB) (Fitoplancton e Macroinvertebrati bentonici);
- ✓ Elementi chimico-fisici a sostegno degli EQB (TRIX);
- ✓ Elementi chimici a sostegno degli EQB (tab.1/B D.Lgs. 172/15).

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

Per l'anno 2017 la Tabella 22 riporta il riepilogo degli elementi qualitativi per la valutazione dello stato ecologico dei corpi idrici CD1 e CD2 del litorale emiliano romagnolo; la Figura 124 riporta lo stato ecologico delle acque marine costiere.

Tabella 22 - Riepilogo degli elementi qualitativi per la valutazione dello stato ecologico nelle acque marine costiere

2017				Elementi di Qualità Biologica		Elementi chimico-fisici	Inquinanti specifici	STATO ECOLOGICO
Distretto idrografico L. 221/15	Corpo idrico	Codice Stazione	Località	Fitoplancton (clorofilla "a")	Macroinv. bentonici (M-AMBI)	TRIX	Matrice acqua Tab.1/B D.Lgs. 172/15	
Fiume Po	CD1 Goro-Ravenna	2	Lido di Volano	Sufficiente	Buono	Sufficiente	Buono	CD1 Sufficiente
		302						
		4	Porto Garibaldi					
		SFBC4						
		304	Casalborsetti					
		6						
	306							
	CD2 Ravenna-Cattolica	9	Lido Adriano	Sufficiente	Buono	Buono	Elevato	CD2 Sufficiente
		SFBC9						
		309						
		13	Zadina					
		14	Cesenatico					
		SFBC14						
		314						
		17	Rimini					
		317						
		19	Cattolica					
SFBC19								
319								

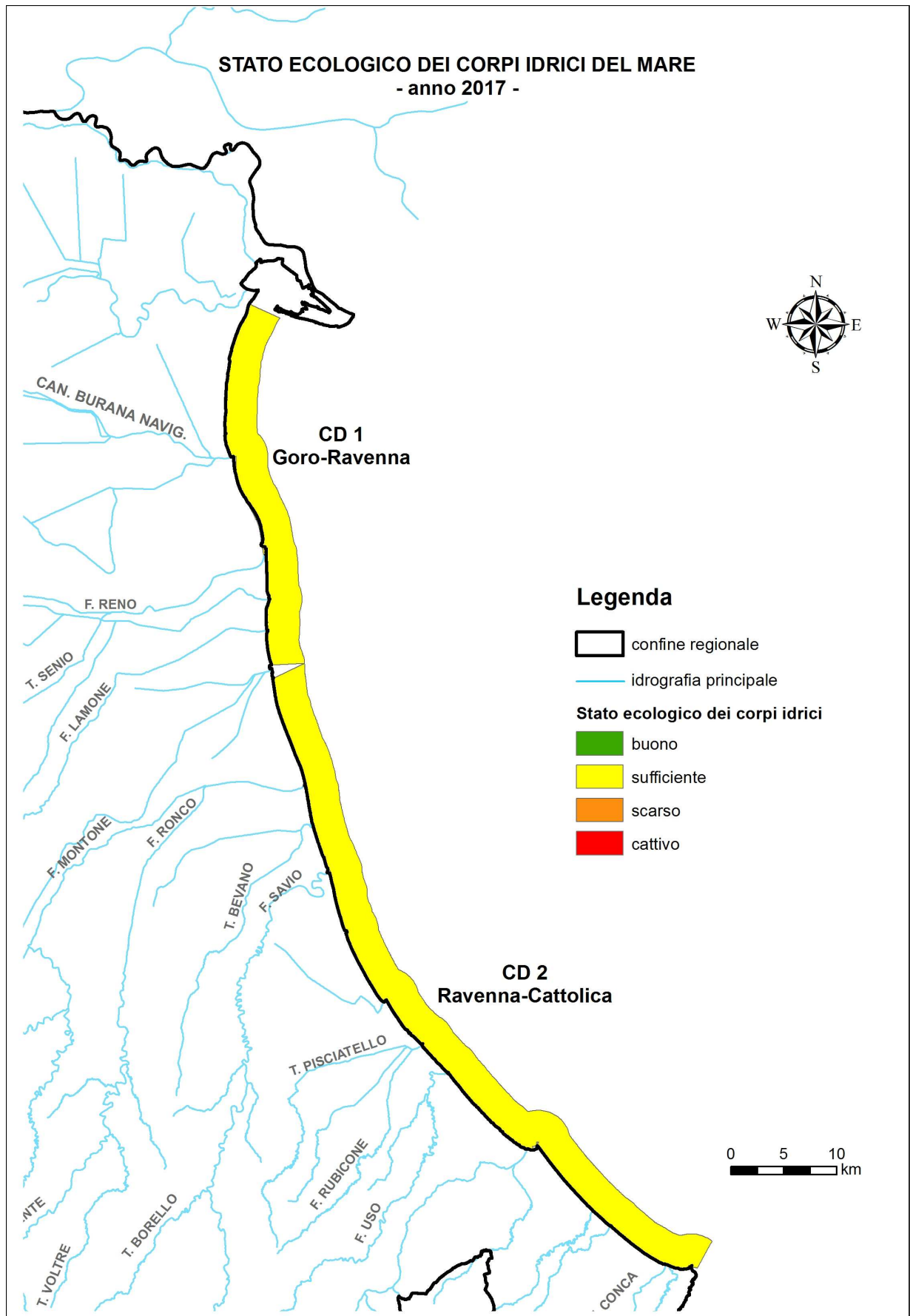


Figura 124 - Stato ecologico delle acque marino costiere: anno 2017

3.4 LO STATO CHIMICO

Lo stato chimico dei corpi idrici è attribuito al termine di un ciclo di monitoraggio di 3 anni (triennio 2017-2019). Di seguito si riporta una prima valutazione dello stato chimico dei corpi idrici sulla base delle attività di monitoraggio effettuate durante il 2017.

Ai fini della determinazione dello stato chimico per i corpi idrici CD1 e CD2 si considerano gli SQA per le sostanze appartenenti all'elenco di priorità ricercate

- nella colonna d'acqua (tab. 1/A D.Lgs. 172/15);
- nel sedimento (tab. 2/A D.Lgs. 172/15)

Di seguito una breve descrizione di come, al termine di un ciclo di monitoraggio di 3 anni, si giunge alla classificazione dello stato chimico dei corpi idrici:

- per ogni stazione di campionamento si esegue la media/anno di ciascun inquinante riportato alla tab. 1/A e tab. 2/A del D.Lgs. 172/15;
- per ogni corpo idrico per i parametri in tab. 1/A D.Lgs. 172/15 la stazione con lo stato peggiore determina lo stato del corpo idrico, mentre per i parametri in tab. 2/A D.Lgs. 172/15 si effettua la media di tutti i valori annuali delle singole stazioni appartenenti allo stesso corpo idrico;
- per corpo idrico al termine del ciclo di monitoraggio (3anni) si utilizza lo stato peggiore di ogni corpo idrico nel triennio considerato.

I corpi idrici delle acque marino costiere CD1 (Goro-Ravenna) e CD2 (Ravenna-Cattolica) hanno conseguito una valutazione dello stato chimico pari a "Buono" per l'anno 2017 (Tabella 23 e Figura 125).

Si conferma così quanto è emerso nella classificazione del periodo precedente 2014-2016.

Tabella 23 - Riepilogo degli elementi qualitativi per la valutazione dello stato chimico nelle acque marino costiere

Distretto idrografico L. 221/15	Corpo idrico	Codice Stazione	Località	Inquinanti specifici		STATO CHIMICO			
				Tab.1/A D.Lgs. 172/15	Tab. 2/A D.Lgs. 172/15				
Fiume Po	CD1 Goro-Ravenna	2	Lido di Volano	Buono	Buono	CD1 Buono			
		302							
		4	Porto Garibaldi						
		304							
		6	Casalborsetti						
		306							
	CD2 Ravenna-Cattolica	308	Marina di Ravenna				Buono	Buono	CD2 Buono
		9	Lido Adriano						
		309							
		14	Cesenatico						
		314							
		17	Rimini						
		317							
		319	Cattolica						

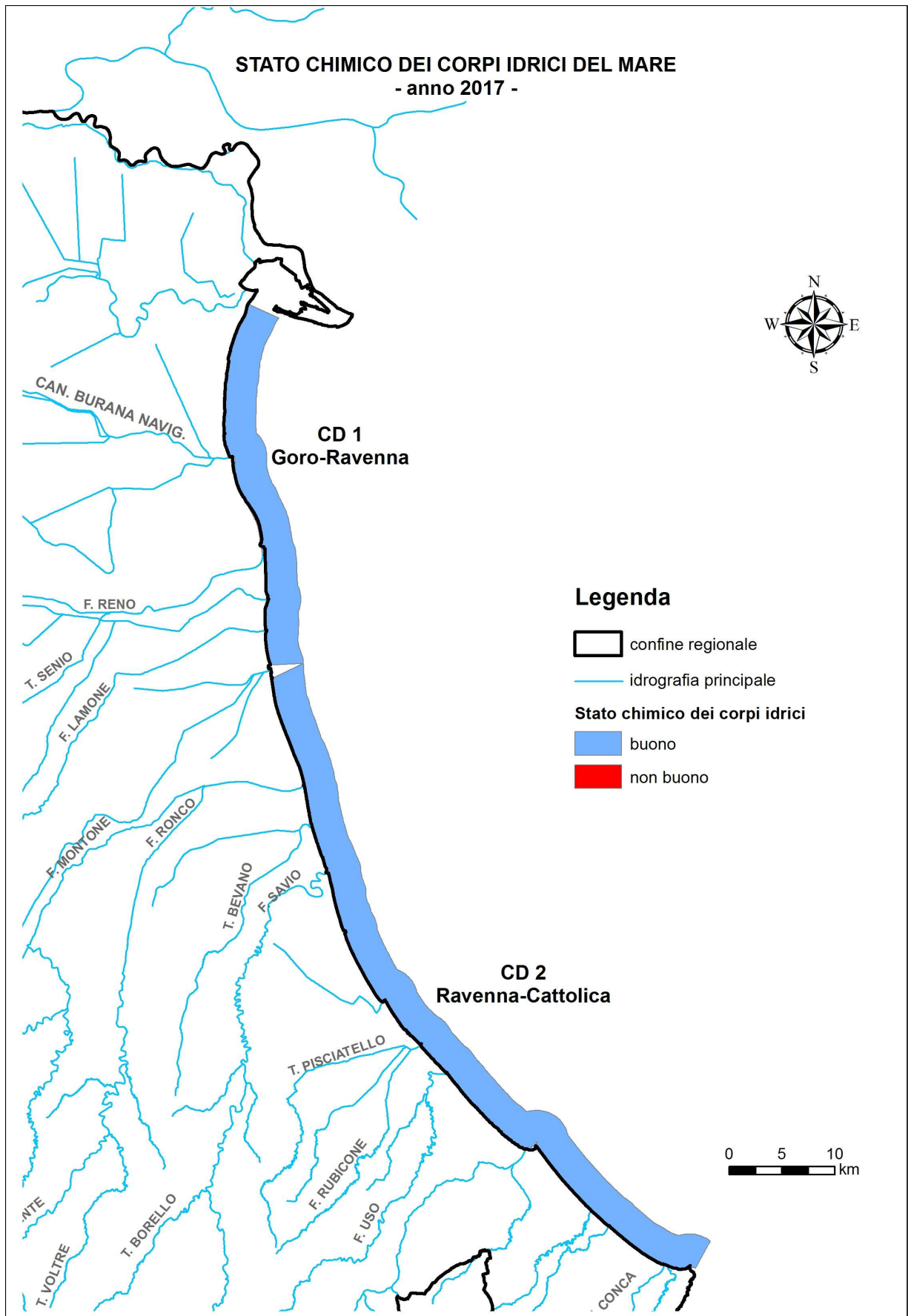


Figura 125 - Stato chimico delle acque marino costiere: anno 2017

3.5 LO STATO AMBIENTALE

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

Lo stato ambientale dei corpi idrici è attribuito al termine di un ciclo di monitoraggio di 3 anni.

La valutazione dello stato ambientale per il 2017 dei due corpi idrici CD1 e CD2 (Tabella 24) rivela una condizione "Sufficiente" determinata in entrambi i casi dagli elementi di qualità che concorrono alle definizioni dello stato ecologico (vedi par. 3.3).

Tabella 24 - Stato di qualità ambientale delle acque marino costiere: anno 2017

Distretto idrografico L. 221/15	Corpo idrico	STATO ECOLOGICO	STATO CHIMICO	STATO QUALITA' AMBIENTALE
Fiume Po	CD1 Goro-Ravenna	CD1 SUFFICIENTE	CD1 BUONO	CD1 SUFFICIENTE
	CD2 Ravenna-Cattolica	CD2 SUFFICIENTE	CD2 BUONO	CD2 SUFFICIENTE

4 RETE DI MONITORAGGIO VITA MOLLUSCHI

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

Con la Delibera di Giunta Regionale del 3 febbraio 2014 la Regione Emilia-Romagna ridefinisce le zone delle acque interne del territorio regionale e delle acque marine antistanti la costa per la produzione in allevamento e la raccolta di molluschi bivalvi vivi e gasteropodi marini (Figura 126).

La rete di monitoraggio per il rilevamento delle caratteristiche qualitative delle acque marine destinate alla vita dei molluschi, ai sensi dell' all. 2 Sez C del D.Lgs.152/06, è riportata in Figura 126. La Struttura Oceanografica Daphne effettua il rilevamento delle caratteristiche qualitative nelle stazioni di monitoraggio della rete di cui sopra. Gran parte delle stazioni corrispondono a quelle monitorate per la classificazione dello stato trofico delle acque costiere marine (rete di monitoraggio per lo stato trofico) garantendo il flusso di dati con la frequenza prevista dal Decreto relativamente a: pH, temperatura, salinità, ossigeno disciolto in percentuale lungo tutta la colonna e gli idrocarburi eventualmente presenti in superficie.

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

Per quanto concerne i restanti parametri quali: sostanze che influiscono sul sapore dei molluschi e sulle biotossine (sassitossina), ARPAE si rapporta con le AUSL per rispondere compiutamente a quanto richiesto dal D.Lgs.152/06.

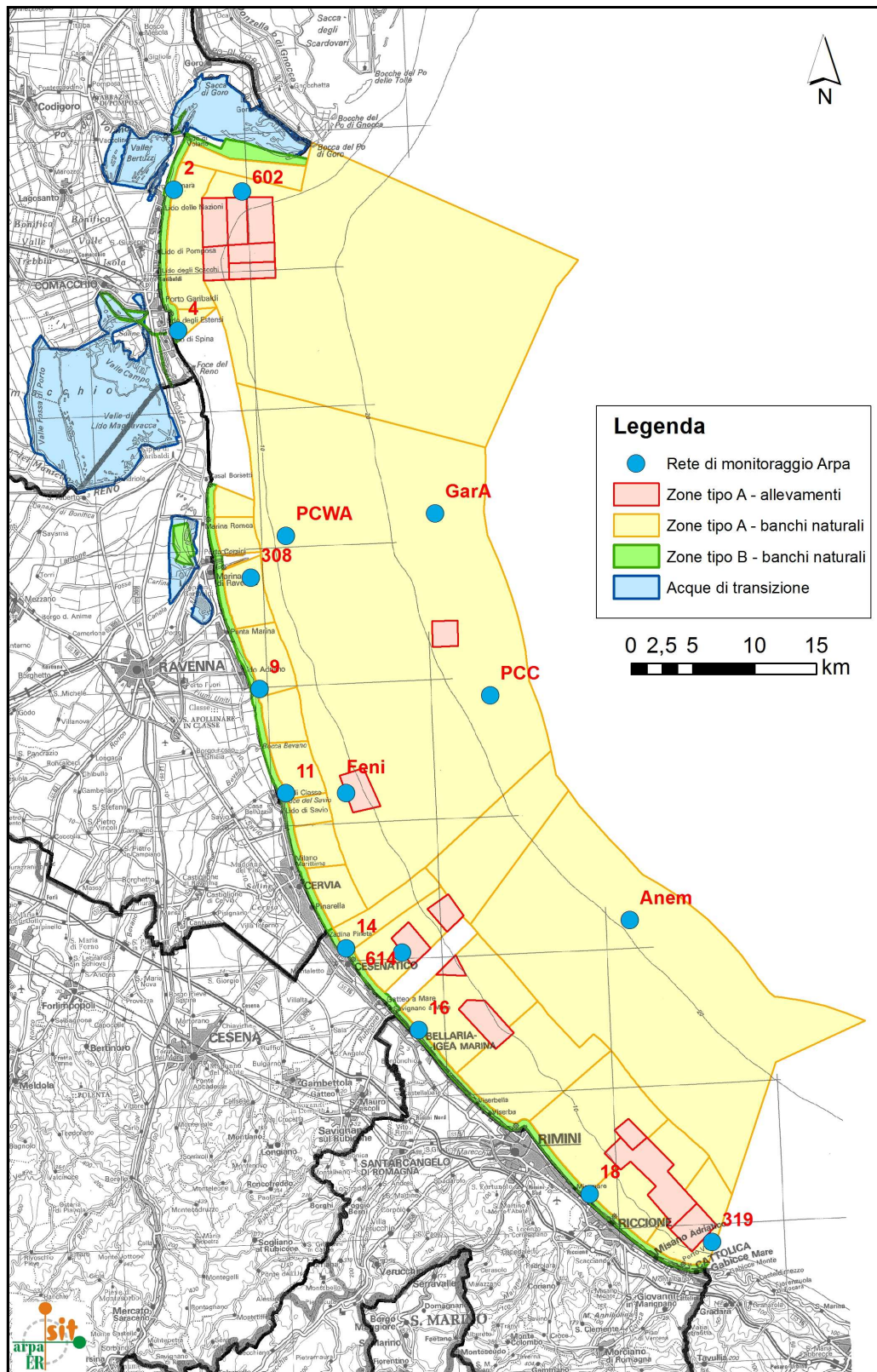


Figura 126 – Zone delle acque marine per la produzione in allevamento e la raccolta di molluschi (DGR 3/2/2014) e rete di monitoraggio per il rilevamento delle caratteristiche qualitative delle acque marine destinate alla vita dei molluschi (All. 2 Sez C del D.Lgs.152/06)

5 EMERGENZE E ANOMALIE AMBIENTALI

5.1 MEDUSE

Anche nel 2017 hanno fatto la loro apparizione le meduse, organismi planctonici, gelatinosi costituiti principalmente di acqua (circa il 98%). Essi presentano ai bordi del corpo dei tentacoli che utilizzarono prevalentemente per la predazione ed in alcuni casi per la difesa essendo questi talvolta ricoperti di cellule urticanti. In luglio, verso il 20 del mese, si sono verificati i primi avvistamenti sotto costa della cubo medusa urticante *Carybdea marsupialis* Linnaeus, 1758, (Foto 1 A). Mentre nell'estate del 2016 i suoi avvistamenti sono stati sporadici e circoscritti, nel 2017 la sua presenza si è protratta fino a fine settembre. Questa specie è dotata di ombrella cubica trasparente (con dimensione fino a 3 cm); i tentacoli trasparenti sono quattro, lunghi dieci volte il corpo non vanno oltre i 30 cm negli esemplari più grandi. Sempre da luglio fino a fine settembre, è comparsa la *Rhizostoma pulmo* (Macri, 1778), (Foto 1 B) medusa con ombrella di colore bianco e con una fascia perimetrale di colore blu. Sotto il mantello presenta 8 tentacoli orali con escrescenze a grappolo. La sua presenza è stata però contenuta ed ha interessato meno la fascia costiera e più la zona al largo.



Foto 1 Meduse: A *Carybdea marsupialis* Linnaeus, 1758, B *Rhizostoma pulmo* (Macri, 1778)

5.2 AVVISTAMENTI DI MNEMIOPSIS LEIDYI

Verso i primi giorni di agosto e per tutto il mese di settembre, si sono susseguiti gli avvistamenti dello ctenoforo *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865, lungo tutta la costa. Si tratta di un organismo gelatinoso che si nutre di plancton le cui dimensioni si aggirano intorno ai 5 cm di lunghezza. Di forma più o meno sferica, dalla parte superiore del corpo si dipartono 8 file radiali ciascuna delle quali è dotata centralmente di una banda meridianale provvista di *pettini* o *ctenidi* da cui il nome di ctenoforo ovvero “portatore di ctenidi”. Lo ctenidio è un corpuscolo vibratile munito di ciglia che battendo permette all’organismo di nuotare.

Questa specie è originaria delle coste atlantiche del continente americano. Introdotta involontariamente negli anni '80 nel Mar Nero, fu di seguito segnalata nel mar Egeo ed in Mediterraneo.



Foto 2- *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865

5.3 FIORITURE DI FIBROCAPSA JAPONICA

Nelle giornate del 23 e del 24 agosto si sono verificate fioriture della Raphidophyceae *Fibrocapsa japonica* S. Toriumi & H. Takano, 1973. Gli episodi hanno interessato il tratto di costa meridionale (da Riccione a Misano). La presenza di questa microalga è stata piuttosto circoscritta sia in termini spaziali che temporali. Infatti, dopo neanche due giorni, il vento di levante che ha spirato nella giornata del 26 ha contribuito alla sua dispersione.

Questa microalga mostra una presenza molto variabile manifestandosi soprattutto nelle prime ore pomeridiane nei primi 300 m dalla battigia. Le acque solitamente presentano una colorazione intensa rosso-marrone ed una forte riduzione della trasparenza.

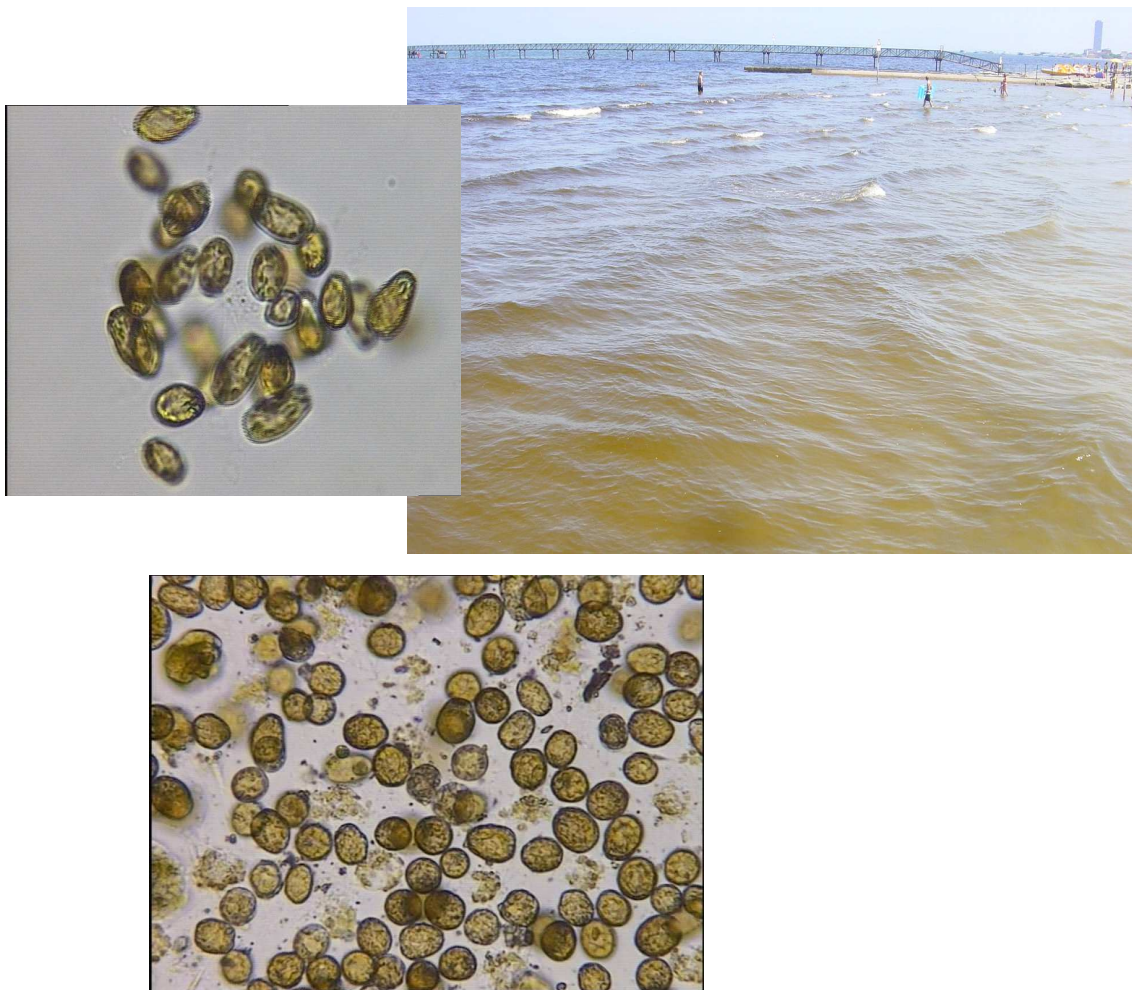


Figura 127 - *Fibrocapsa japonica* fotografia al microscopio ottico; marea rossa sostenuta da *Fibrocapsa japonica* (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

**Arpae - Agenzia Regionale Prevenzione Ambiente Energia dell'Emilia-
Romagna**

STRUTTURA OCEANOGRAFICA DAPHNE

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

Tel. 0547 83941 Fax 0547 82136

E-mail: daphne@arpae.emr.it