



Qualità ambientale delle acque marine in Emilia-Romagna

Rapporto annuale 2020





Assessorato all'ambiente, difesa del suolo e della costa,
protezione civile



Arpae

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

Struttura Oceanografica Daphne

Qualità ambientale delle acque marine in Emilia-Romagna

Rapporto annuale 2020

SOMMARIO

1	QUADRO NORMATIVO.....	4
2	QUADRO CONOSCITIVO	6
2.1	Il mare Adriatico: caratteristiche generali	6
2.2	La fascia costiera emiliano-romagnola	8
2.2.1	Le pressioni	8
2.2.2	La qualità delle acque marino costiere	9
2.2.3	La circolazione geostrofica e le discontinuità strutturali della fascia litoranea	9
2.3	I corpi idrici.....	12
3	METODICHE DI CAMPIONAMENTO E DI ANALISI.....	15
3.1	Metodi di campionamento	15
3.1.1	Prelievo acqua	15
3.1.1.a	Prelievo dei campioni per l'analisi quali-quantitativa del fitoplancton	15
3.1.1.b	Raccolta e trattamento dei campioni per la determinazione dei sali nutritivi	15
3.1.1.c	Prelievo dei campioni per le indagini chimiche.....	15
3.1.2	Prelievo sedimento.....	16
3.1.2.a	Prelievo per l'analisi quali-quantitativa del macrozoobenthos	16
3.1.2.b	Prelievo per le indagini chimiche e chimico fisiche.....	16
3.1.3	Prelievo biota	17
3.1.3.a	Prelievo per indagini chimiche	17
3.1.4	Determinazioni parametri chimico-fisici e biologici colonna d'acqua.....	18
3.2	Metodi analitici	19
3.2.1	Matrice acqua	19
3.2.1.a	Ricerca microinquinanti organici e inorganici	19
3.2.1.b	Determinazione dei sali nutritivi.....	20
3.2.1.c	Analisi quali-quantitativa del Fitoplancton	20
3.2.2	Matrice sedimento	21
3.2.2.a	Indagini chimico/fisiche	21
3.2.2.b	Ricerca microinquinanti organici e inorganici	21
3.2.2.c	Indagini ecotossicologiche	23
3.2.2.d	Analisi quali-quantitativa del macrozoobentos	23
3.2.3	Matrice biota.....	24
3.2.3.a	Ricerca microinquinanti organici e inorganici	24
3.2.4	Indagini meteo-marine.....	25
4	LO STATO TROFICO	26
4.1	Rete di monitoraggio	26
4.1.1	Parametri e frequenza di campionamento.....	29
4.2	Rassegna degli eventi eutrofici del litorale emiliano-romagnolo.....	31
4.3	Elaborazione bollettino	45
4.3.1	Parametri idrologici	48
4.3.1.a	Temperatura	48
4.3.1.b	Salinità.....	56
4.3.1.c	Ossigeno disciolto.....	64
4.3.1.d	Clorofilla "a"	68
4.3.2	Elementi nutritivi	71
4.3.2.a	Azoto nitrico (N-NO ₃).....	71

4.3.2.b	Azoto nitroso (N-NO ₂)	76
4.3.2.c	Azoto ammoniacale (N-NH ₃).....	80
4.3.2.d	Azoto inorganico disciolto (DIN)	83
4.3.2.e	Azoto totale (N tot).....	86
4.3.2.f	Fosforo reattivo (P-PO ₄)	90
4.3.2.g	Fosforo totale (P tot).....	95
4.3.2.h	Silice reattiva (Si-SiO ₂).....	101
4.3.2.i	Rapporto N/P (frazione solubile)	105
4.4	Definizione dello Stato Trofico	107
4.4.1	Approccio metodologico di sviluppo e applicazione dell'Indice Trofico (TRIX).....	107
4.4.2	Indice di Torbidità (TRBIX).....	111
5	LO STATO DI QUALITÀ AMBIENTALE	114
5.1	Rete di monitoraggio	115
5.2	Analisi dei risultati.....	119
5.2.1	Elementi di Qualità Biologica (EQB).....	119
5.2.1.a	Fitoplancton	119
5.2.1.b	Macrozoobenthos	137
5.2.2	Elementi di qualità chimico-fisica e idromorfologica a sostegno degli EQB	153
5.2.2.a	Elementi di qualità chimico-fisica	153
5.2.2.b	Elementi di qualità idromorfologica e fisico-chimica nei sedimenti	155
	Granulometria.....	155
	Carbonio Organico Totale	156
5.2.3	Inquinanti specifici non appartenenti all'elenco di priorità	157
5.2.4	Inquinanti specifici appartenenti all'elenco di priorità.....	158
5.2.4.a	Sostanze ricercate nell'acqua	158
5.2.4.b	Sostanze ricercate nel biota	159
5.2.4.c	Sostanze ricercate nel sedimento	160
5.2.5	Test ecotossicologici.....	164
5.2.6	Direzione e altezza onde.....	165
5.2.7	Direzione e velocità delle correnti marine.....	167
6	RETE DI MONITORAGGIO VITA MOLLUSCHI	169
7	EMERGENZE E ANOMALIE AMBIENTALI	171
7.1	MEDUSE	171
7.2	AVVISTAMENTI DI MNEMIOPSIS LEIDYI	172
7.3	FIORITURE DI NOCTILUCA SCINTILLANS	173

HANNO CONTRIBUITO

Parametri chimico-fisici delle acque:

Margherita Benzi
Cristina Mazziotti
Maurizio Pascucci
Francesco Ortali

Determinazione ed elaborazione fitoplancton:

Maurizio Pascucci
Monica Raccagni

Determinazione ed elaborazione macrozoobenthos:

Cristina Mazziotti
Marco Lezzi

Analisi dei nutrienti e granulometria:

Paola Martini
Rita Pellegrino
Cinzia Pellegrino

Indagini ecotossicologiche:

Paola Martini

Determinazione dei microinquinanti

Laboratori multisito di Ravenna e Ferrara

Stesura testo, elaborazione grafica e statistica:

Margherita Benzi
Cristina Mazziotti
Marco Elementi
Silvia Pigozzi
Elena Riccardi
Emanuela Fiori

Segreteria organizzativa:

Alessandra Tinti

Struttura Oceanografica Daphne

Arpae - Emilia-Romagna

V.le Vespucci, 2 - 47042 Cesenatico FC

<https://www.arpae.it>

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

Le strategie adottate devono applicare un approccio ecosistemico alla gestione delle attività umane, assicurando che la pressione collettiva di tali attività sia mantenuta entro livelli compatibili con il conseguimento di un buono Stato Ecologico.

2 QUADRO CONOSCITIVO

2.1 IL MARE ADRIATICO: CARATTERISTICHE GENERALI

L'Adriatico ha un'estensione di 132.000 km², con una superficie pari ad 1/19 di quella del Mediterraneo (2.504.000 km²). Ha un volume di 36.000 km³ corrispondente a 1/103 dell'intera massa acquee mediterranea (3.700.000 km³). Straordinaria è la quantità di acque dolci che in esso si immettono; pur essendo un bacino di modeste dimensioni riceve 1/3 di tutti gli apporti fluviali confluenti nel Mediterraneo (il Mar Nero non è compreso in queste valutazioni).

Presenta una forma allungata secondo un asse principale orientato in direzione Nord Ovest–Sud Est, ha una lunghezza di circa 800 km e una larghezza massima di 220 km. Ricorda un lungo e stretto golfo, chiuso a 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.

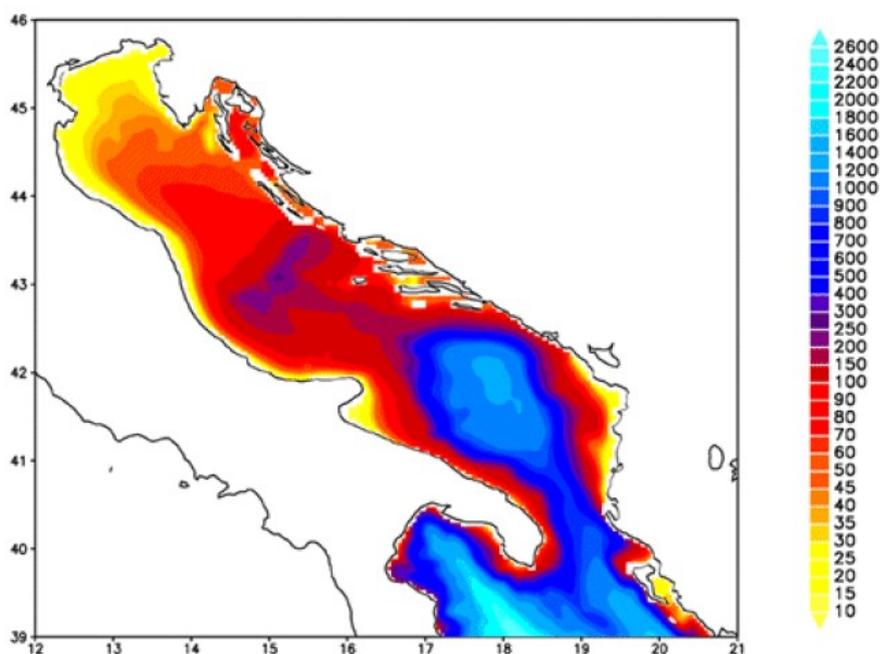


Figura 1 – Rappresentazione morfologica e batimetrica del mare Adriatico

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 ($1500 \text{ m}^3/\text{sec}$ 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).

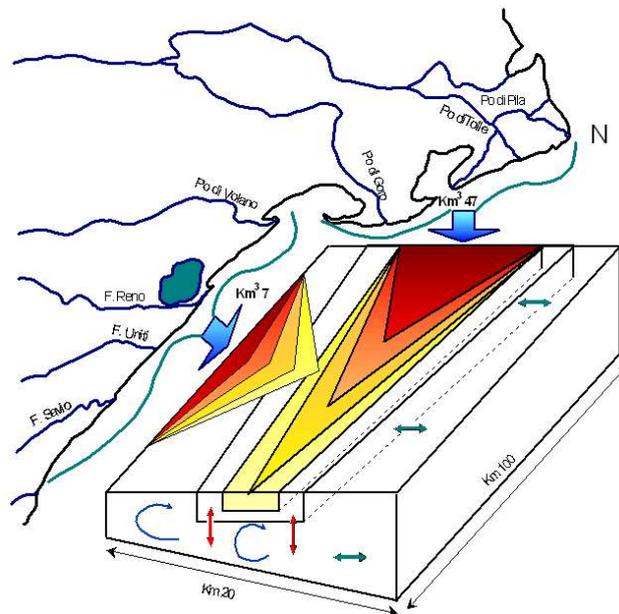


Figura 2 – Modello di distribuzione del gradiente degli inquinanti e dei fattori nutritivi veicolati dal bacino Padano e dai bacini costieri

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.

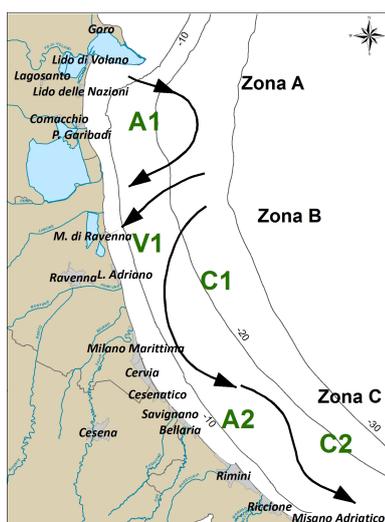


Figura 3 – Schema della circolazione climatologica dell’Emilia Romagna alla superficie

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).

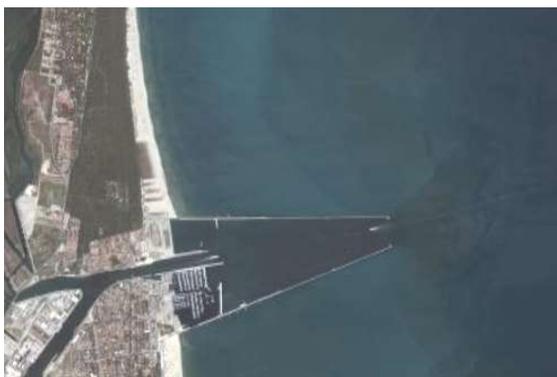


Figura 4 – Estensione delle dighe foranee del Porto Canale di Ravenna

2.3 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 due corpi idrici (Figura 5). Il primo corpo idrico (CD1) si estende dalla foce del Po di Goro a Ravenna (Porto Corsini) con una superficie di circa 135 km² ed è influenzato dagli apporti del bacino padano e del fiume Reno. Il secondo corpo idrico (CD2) si estende da Ravenna (Marina di Ravenna) a Cattolica con una superficie pari a 218 km² e riceve il contributo dei bacini romagnoli e del Conca-Marecchia.



Figura 5 - Rappresentazione cartografica dei corpi idrici delle acque marino costiere 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 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 Prelievo 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 Prelievo biota

3.1.3.a Prelievo per indagini chimiche

Per le analisi da effettuare sul biota (pesce) ai sensi del D.Lgs 172/15 sono state individuate in modo convenzionale due stazioni, una per ogni corpo idrico marino costiero (Tabella 4 e Figura 109). A riguardo si precisa che questa matrice, essendo di fatto non stanziale, viene prelevata da operatori del settore della pesca che operano in un'area più ampia rispetto a quella puntuale indicata dalle stazioni individuate. I campioni così prelevati, costituiti ognuno da almeno 10 individui per un peso totale non inferiore a 300g, sono consegnati freschi e nel più breve tempo possibile presso il laboratorio Arpae che esegue le analisi. Per il monitoraggio degli idrocarburi policiclici aromatici nel biota (molluschi), sono state infine selezionate ulteriori 4 stazioni già appartenenti all'esistente rete vita molluschi istituita ai sensi dell'art. 87 del D.Lgs 152/06 (Tabella 4 e Figura 142).

3.1.4 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 mucillaginosi 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 mucillaginosi	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% 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: 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. Riferimento: APAT IRSA CNR Metodi analitici per le acque - Manuali e linee guida n° 29/2003: Metodo 5060. Prodotti fitosanitari (Antiparassitari, pesticidi)</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	
Clorfeninfos	
Clorpirifos (Clorpirifos etile)	
Simazina	
Pentaclorobenzene	
Endosulfan (somma)	
Diuron	
Isoproturon	
Chinossifen	
Aclonifen	
Cibutrina	
Terbutrina	
Dimetoato	
Terbutilazina e desetil-terbutilazina	
Azoxystrobin	
Boscalid	
Chloridazon	
Imidacloprid	
Metalaxyl	
Metolachlor	
Oxadiazon	
Prochloraz	
Propyzamide	
Thiamethoxam	
Solventi organici	
Benzene	<p>- Metodo EPA 5030C/2003 + Metodo EPA 8260D/2006 - Purge and trap e GC/MS</p>
1,2-Dicloroetano	
Diclorometano	
Esaclorobutadiene	
Tetracloruro di carbonio	
Tetracloroetilene	
Tricloroetilene	
1,2,4-Triclorobenzene	

Parametro	Metodo analitico
1,2,3-Triclorobenzene	
1,3,5-Triclorobenzene	
Triclorometano	
Ftalati	
Di (2-etilesil) ftalato (DHEP)	- EPA 3535A 2007 + EPA 8270E 2018
Alchilfenoli	
4- Nonilfenolo	- EPA 3535A 2007 + EPA 8270E 2018
Ottilfenolo 4-(1,1',3,3'-tetrametilbutilfenolo)	
Clorofenoli	
Pentaclorofenolo	- ASTM D6520-18
Difenileteri Polibromurati (PBDE)	
Difeniletere bromato (sommatoria congeneri 28, 47, 99,100, 153 e 154)	- UNI EN 16694:2015
Policiclici Aromatici	
Fluorantene	- EPA 3535A 2007 + EPA 8270E 2018
Antracene	
Benzo(a)pirene	
Benzo(b)fluorantene	
Benzo(k)fluorantene	
Benzo(g,h,i)perilene	
Indeno(1,2,3-cd)pirene	
Naftalene	
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	- Metodo UNI EN ISO 17294-2/2016
Nichel	
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-031-04Rev.2 (multitest MT3A)
Azoto ammoniacale	SEAL Analytical Q-080-06 Rev. 2
Azoto nitroso	SEAL Analytical Q-030-04 Rev 3 (Multitest MT3A)
Silicati	Bran+Luebbe N° G-177-96-Rev.1 (Multitest MT19)
Azoto nitrico	SEAL Analytical Q-035-04 Rev.7 (Multitest MT3B, 3C)

3.2.1.c Analisi quali-quantitativa del Fitoplancton

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

200x, 100x. 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)	- DM 13/09/1999 GU n°248 21/10/1999 Met VII 1 "Determinazione del carbonio totale o organico e dell'azoto totale con analizzatore elementare."

3.2.2.b Ricerca microinquinanti organici e inorganici

Sostanza	Metodo analitico
Metalli	
Mercurio	- UNI EN ISO 13657 /2004 + UNI EN 16171:2016
Cadmio	
Nichel	
Piombo	
Arsenico	
Cromo totale	
Cromo esavalente (Cr VI)	- Manuale ANPA 3/2001 16. Cromo esavalente: metodo tampone fosfato.
Organometalli	
Tributilstagno	- Metodo interno-Estrazione con metilene cloruro, digestione in acido nitrico e determinazione in ICP-MS
Pesticidi	
Aldrin	- Metodo Arpa 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	- EPA 3545A 2007 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018
Acenafilene	

Sostanza	Metodo analitico
Acenafte	
Fluorene	
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	
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	- EPA 3545A 2007 + EPA 3665A 1996 + EPA 3660B 1996 + EPA 8270E 2018 (GC/MS/MS)
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	

3.2.2.c 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>

3.2.2.d Analisi quali-quantitativa del macrozoobentos

Vengono adottati i criteri definiti da Gambi, M.C. & Dappiano, M. (Ed.) (2003), Manuale di metodologie di campionamento e studio del benthos 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.

3.2.3 Matrice biota

3.2.3.a Ricerca microinquinanti organici e inorganici

Sostanza	Metodo analitico
Metalli	
Mercurio	- UNI EN ISO 13657/2004 - UNI EN ISO 17294-2:2016
Pesticidi	
2,4'-DDT	- Metodo interno. Quechers modificato + purificazione con MgSO ₄ e NaCl + GCMSMS
4,4'-DDT	
2,4'-DDE	
4,4'-DDE	
2,4'-DDD	
4,4'-DDD	
Esaclorobenzene	
Dicofol	
Acido perfluorottansolfonico e suoi sali (PFOS)	- Metodo interno. Estrazione quechers, purificazione spe, determinazione LC/MS/MS
Solventi organici	
Esaclorobutadiene	- EPA 5035A 2002 - EPA 8260C 2006
Difenileteri Polibromurati (PBDE)	
Difeniletere bromato (sommatoria congeneri 28, 47, 99,100, 153 e 154)	- Metodo interno. Estrazione ASE, purificazione con attacco acido+power prep, determinazione GC/MS/MS
Policiclici Aromatici	
Fluorantene	- Metodologie analitiche di riferimento, Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino-costiero (triennio 2001-2003), Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio Servizio Difesa Mare e ICRAM, BIOACCUMULO IN BIVALVI, Scheda 5
Benzo(a)pirene	
Diossine e Furani	
2.3.7.8-T4CDD	- Metodo EPA 1613B 1994 (HRGC+HRMS)
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	
T4CB-81	- Metodo interno. Estrazione ASE, purificazione con attacco acido+power prep, determinazione HRMS
T4CB-77	
P5CB-123	

Sostanza	Metodo analitico
P5CB-118	
P5CB-114	
P5CB-105	
P5CB-126	
H6CB-128+167	
H6CB-156	
H6CB-157	
H6CB-169	
H7CB-189-	

3.2.4 Indagini meteo-marine

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

4 LO STATO TROFICO

4.1 RETE DI MONITORAGGIO

L'attività di monitoraggio prevista per il controllo e la valutazione dello stato trofico lungo la costa dell'Emilia-Romagna si attua su una rete di 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)	Lat_ETRS89 fuso 32	Lon_ETRS89 fuso 32
2	Lido di Volano	3.9	0.5	44.457656	12.155128	4961763.238	757882.26
3	Lido Nazioni	5.1	0.5	44.434495	12.150388	4957450.172	757428.483
4	Porto Garibaldi	3.7	0.5	44.396873	12.154228	4950505.149	758214.1
5	Foce Reno	5.2	0.5	44.365613	12.174268	4944824.206	761095.818
6	Casalborsetti	5.2	0.5	44.332012	12.174568	4938605.031	761386.573
8	Marina di Ravenna	3.5	0.5	44.28299	12.175348	4929533.503	761855.835
9	Lido Adriano	5.4	0.5	44.240749	12.195387	4921820.87	764830.451
11	Lido di Savio	3.9	0.5	44.195268	12.208826	4913473.642	766958.552
12	Cervia	3.5	0.5	44.162989	12.217405	4907544.138	768343.888
13	Zadina	3.0	0.5	44.13621	12.23442	4902680.131	770812.14
14	Cesenatico	3.1	0.5	44.127226	12.241524	4901056.078	771826.786
16	Bellaria	4.2	0.5	44.090626	12.283585	4894514.955	777713.919
17	Rimini	4.3	0.5	44.046585	12.350548	4886745.082	786995.037
18	Riccione	3.8	0.5	44.016584	12.38289	4881380.572	791556.879
19	Cattolica	4.1	0.5	43.582924	12.444691	4875519.162	800094.751
302	Lido di Volano	6.7	3	44.456876	12.174088	4961719.579	760388.963
304	Porto Garibaldi	9.1	3	44.396934	12.172888	4950615.542	760679.242
306	Casalborsetti	10.2	3	44.334052	12.193348	4939083.479	763857.269
308	Marina di Ravenna	8.1	3	44.28899	12.192627	4930737.022	764101.26
309	Lido Adriano	9.4	3	44.243089	12.213866	4922354.262	767265.292
314	Cesenatico	8.3	3	44.132626	12.258444	4902149.571	774037.947
317	Rimini	9.9	3	44.058165	12.359907	4888943.406	788150.232
319	Cattolica	11	3	43.593664	12.455912	4877575.705	801504.241
602	Lido di Volano	7.8	6	44.455737	12.196888	4961631.15	763405.026
604	Porto Garibaldi	12	6	44.397054	12.194968	4950756.24	763595.824
609	Lido Adriano	11.4	6	44.24549	12.235585	4922917.697	770129.309
614	Cesenatico	10.2	6	44-139407	12.278603	4903517.701	776668.771
619	Cattolica	12.1	6	44.006625	12.469712	4880059.585	803238.508
1002	Lido di Volano	10.1	10	44.454357	12.227489	4961542.211	767452.199
1004	Porto Garibaldi	14.8	10	44.397175	12.225689	4950945.689	767654.129
1009	Lido Adriano	15.1	10	44.249031	12.265945	4923741.645	774130.687
1014	Cesenatico	12.3	10	44.148588	12.305963	4905372.19	780237.865
1019	Cattolica	13.6	10	44.023846	12.487892	4883359.711	805519.846
2004	Porto Garibaldi	26.5	20	44.397297	12.301289	4951390.256	777642.331
2014	Cesenatico	22.0	20	44.17109	12.373884	4909931.106	789092.228

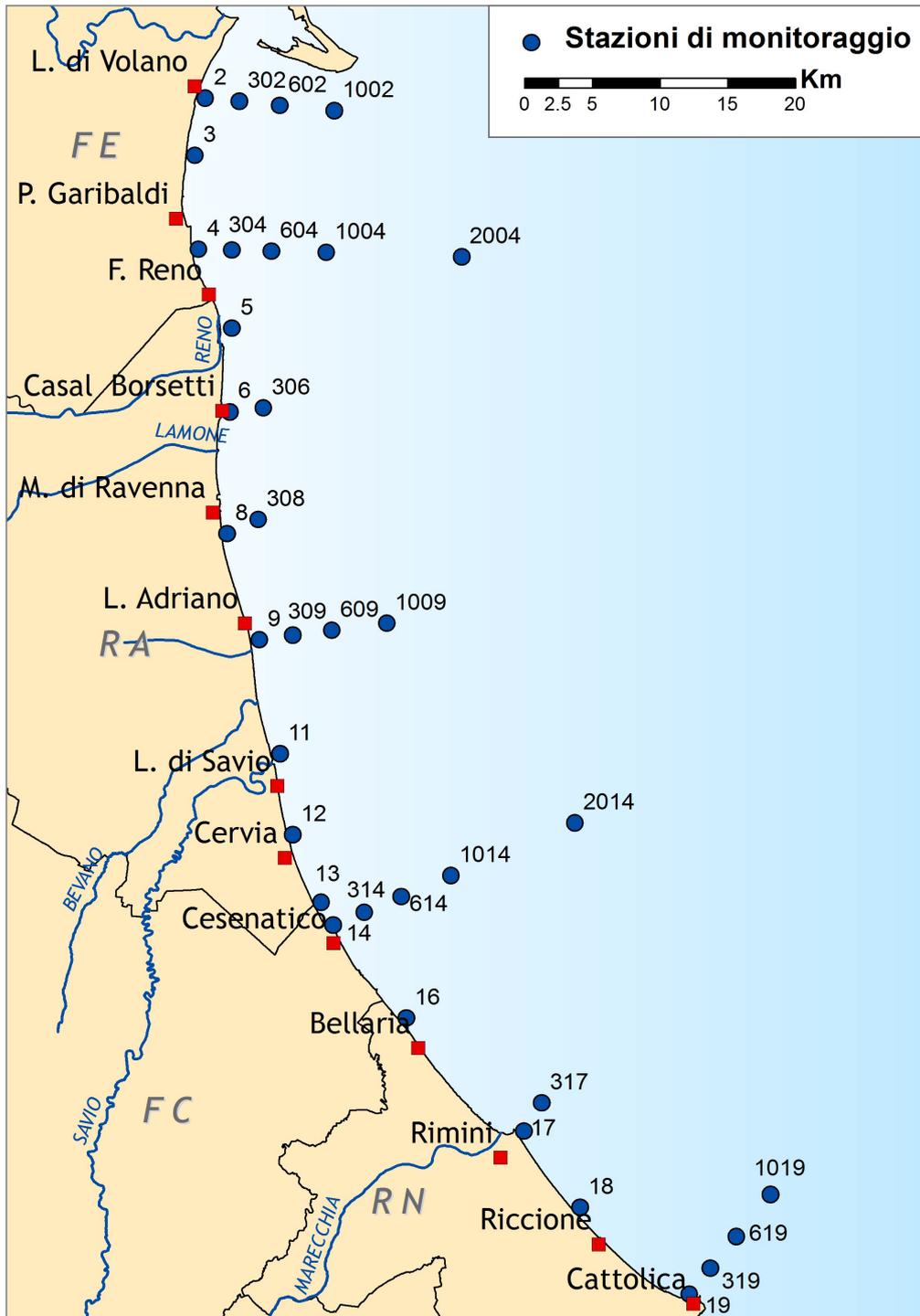


Figura 6 – Rete di monitoraggio per il controllo dell'eutrofizzazione (L.R.39/78, L.R.3/99 e L.R.44/95)

4.1.1 Parametri e frequenza di campionamento

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

Il monitoraggio lungo la costa emiliano romagnola prevede in generale una frequenza di campionamento quindicinale per i parametri nutrienti e 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

4.2 RASSEGNA DEGLI EVENTI EUTROFICI DEL LITORALE EMILIANO-ROMAGNOLO

Nel 2020 la stazione pluviometrica situata a Cesenatico ha registrato una diminuzione delle precipitazioni rispetto agli anni precedenti con un valore totale di 599 mm di pioggia totale caduta. Si è osservato infatti un trend in diminuzione delle precipitazioni annue totali rispetto agli ultimi due anni in particolare, che avevano registrato valori totali rispettivamente di 757 mm nel 2019 e 900 mm nel 2018, in accordo con i dati regionali (Rapporto IdroMeteoClima ARPAE) che descrivono un 2020 particolarmente secco.

Le precipitazioni si sono verificate prevalentemente negli ultimi mesi dell'anno in maniera continuativa e con picchi di forte intensità (Figura 7). Gli eventi più significativi sono stati registrati nei mesi di settembre, ottobre e dicembre; solo in questi tre mesi si calcola complessivamente il 72% del totale di mm di pioggia. Il picco massimo giornaliero di 81 mm di pioggia è stato raggiunto nel mese di dicembre (il 2 dicembre).

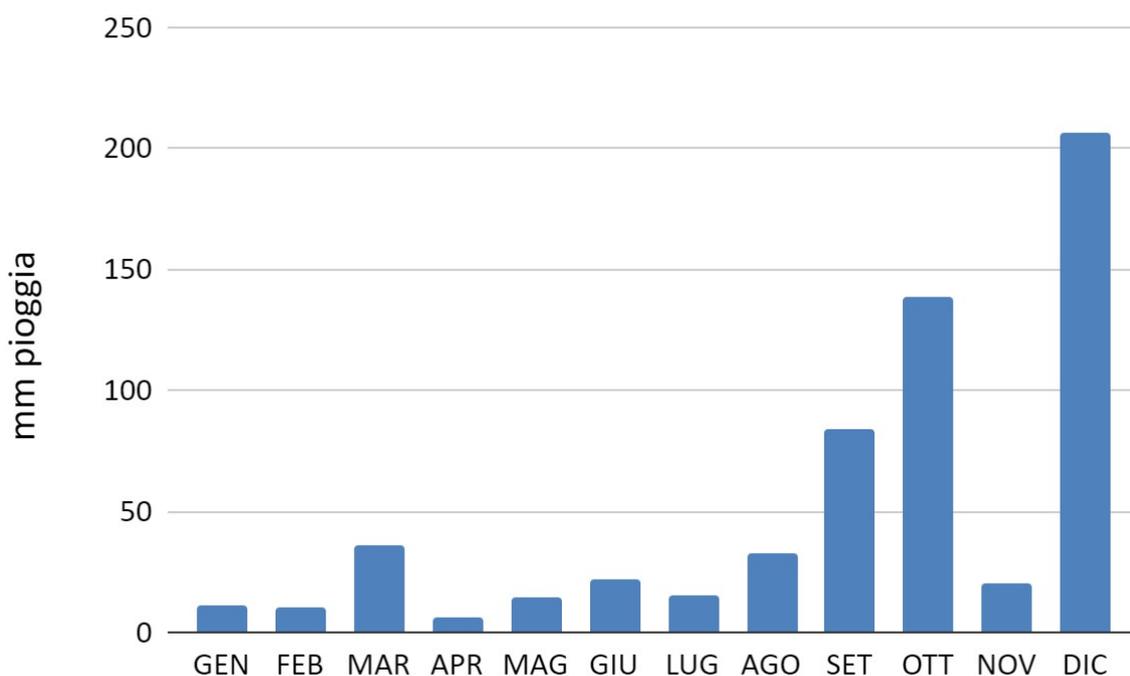


Figura 7 - Andamento delle medie mensili delle precipitazioni nella stazione di Cesenatico ubicata presso la Struttura Oceanografica Daphne

Secondo i dati regionali elaborati da ARPAE (Rapporto Idro Meteo Clima ARPAE) i primi cinque mesi del 2020 sono stati caratterizzati da piogge scarse con il valore più basso mai misurato dal 1961 di precipitazioni medie totali regionali. I mesi con i minimi rispetto alla norma sono stati aprile e novembre contemporaneamente a portate medie mensili del fiume Po di gran lunga inferiori sia alla media storica di

lungo periodo che alla media storica dell'ultimo periodo (Rapporto IdroMeteoClima ARPAE).

Le portate del fiume Po, a loro volta influenzate dalle precipitazioni, rivestono un ruolo fondamentale nell'andamento della salinità nelle acque marine superficiali soprattutto nell'area a nord della costa, da sempre più soggetta a forti fluttuazioni dei valori prevalentemente nei primi metri della colonna. Il 2020, in linea con l'aumento di temperatura registrato negli ultimi anni, è stato un anno caldo con temperature particolarmente miti a febbraio. Questa anomalia riguardante la temperatura atmosferica invernale ha portato come conseguenza il mantenimento di valori delle temperature delle acque marine superficiali al di sopra della norma.

I primi monitoraggi effettuati nel mese di gennaio hanno registrato una condizione ambientale caratterizzata da temperature superficiali comprese tra 6.4 e 9.6 °C e valori di salinità bassi in costa tra 23.1 e 29.4 psu (Figura 8). Durante i controlli eseguiti dal 7 al 9 gennaio si è rilevata una condizione di eutrofizzazione lungo tutta l'area estesa sia in costa sia al largo, caratterizzata da elevate concentrazioni di clorofilla "a" determinate dalla presenza di intense fioriture di diatomee, tipiche del periodo, appartenenti prevalentemente al genere *Skeletonema* (Figura 9). A causa della presenza dell'elevata biomassa microalgale, la trasparenza delle acque risultava bassa sia nell'area settentrionale che in quella centro meridionale.

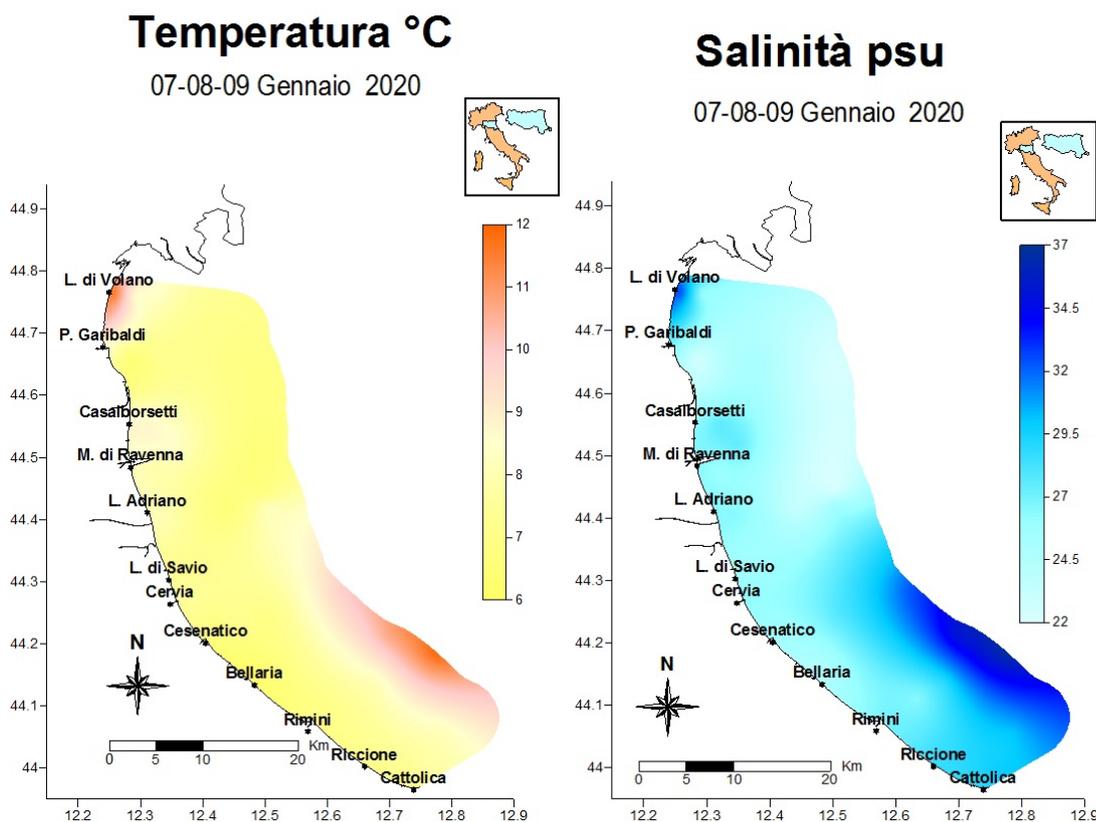


Figura 8 - Mappe di distribuzione della temperatura (°C) e della salinità (psu) rilevate da costa a 20 km al largo durante il monitoraggio dell'8-9 gennaio

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

07-08-09 Gennaio 2020

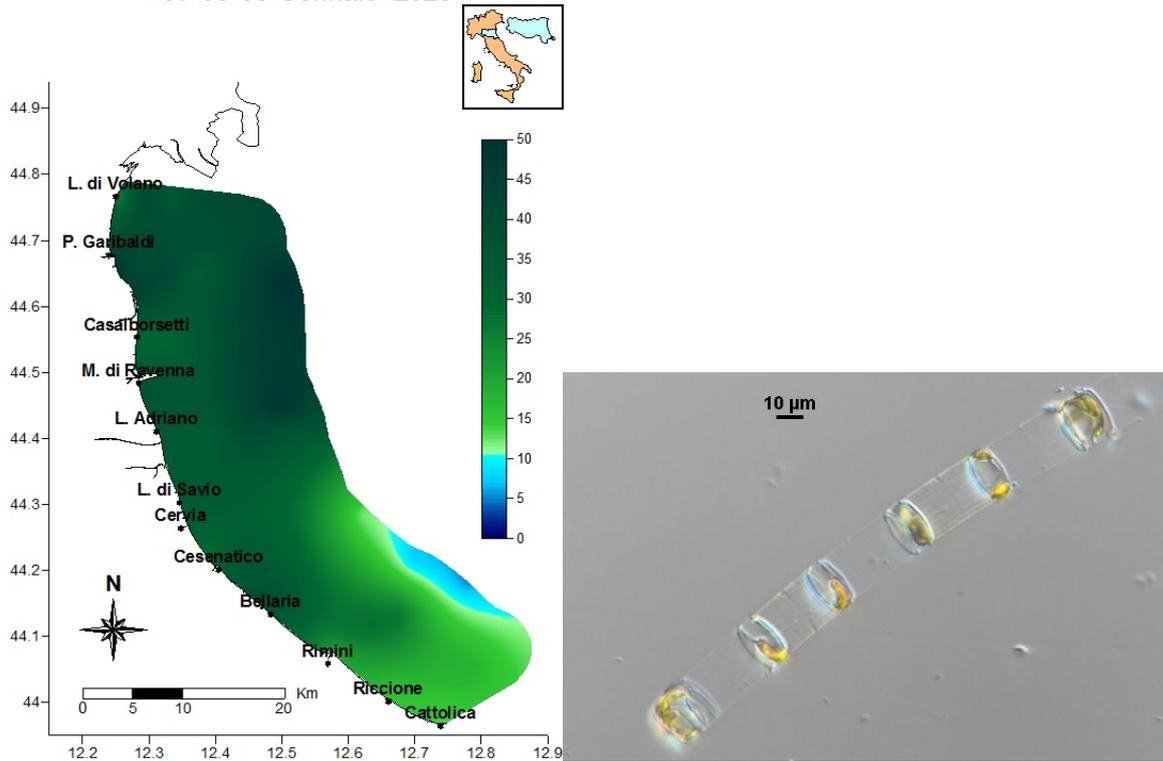
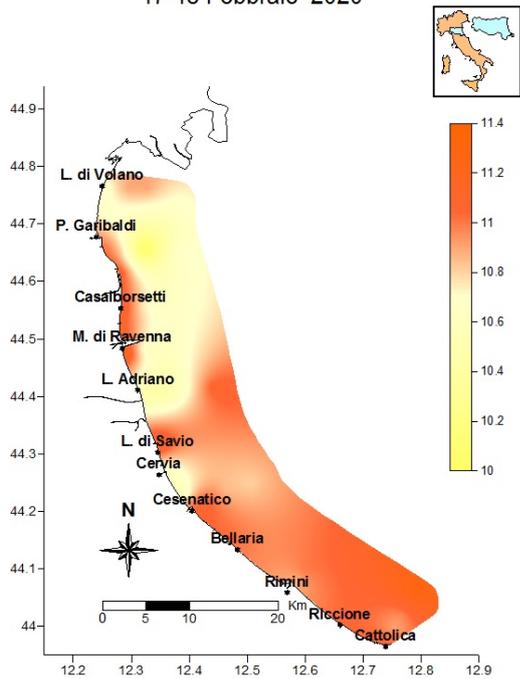


Figura 9 - Mappe di distribuzione della clorofilla "a" ($\mu\text{g/l}$) rilevate da costa a 20 km al largo durante il monitoraggio dell'8-9 gennaio; B) *Skeletonema* spp. Fotografia al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

Il mese di febbraio si è contraddistinto per valori di temperatura in superficie particolarmente alti rispetto al periodo, compresi tra 9.2 e 11.2 °C (Figura 10), superiori se confrontati a quelli osservati a febbraio dell'anno precedente che mostrava un minimo di 7 e un massimo di 8.72 °C. La salinità risulta essere nella media del periodo con valori compresi tra 26.8 e 34.2 psu, più bassi nell'area settentrionale influenzata dai continui apporti di acqua dolce provenienti prevalentemente dal bacino padano. Durante i controlli sono stati rilevati ancora valori medio alti di clorofilla "a" determinati da fitoplancton appartenente al gruppo delle Diatomee (genere *Skeletonema* spp.). Si è rilevata la presenza in alcune zone lungo la costa anche di fioriture di *Noctiluca scintillans*, specie appartenente al gruppo delle dinoflagellate (Figura 11) che conferiscono una caratteristica colorazione arancione delle acque superficiali quando raggiungono concentrazioni elevate e danno vita di notte al fenomeno chiamato "mare in amore" dovuto alla loro proprietà di emettere bioluminescenza.

Temperatura °C

17-18 Febbraio 2020



Salinità psu

17-18 Febbraio 2020

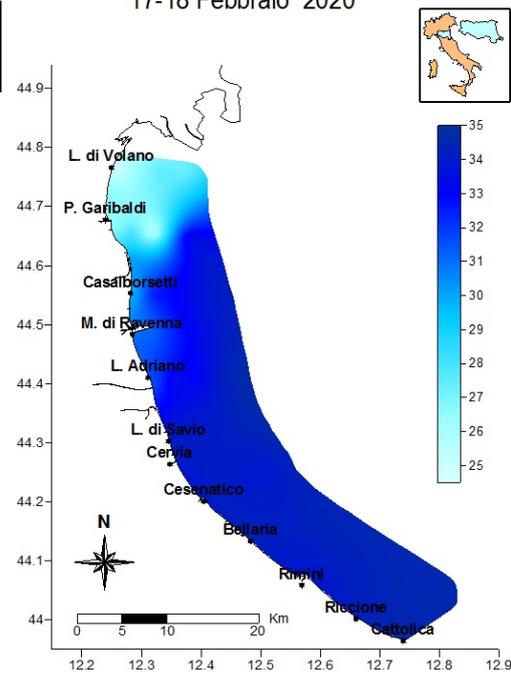


Figura 10 - Mappe di distribuzione della temperatura (°C) e della salinità (psu) rilevate da costa a 20 km al largo durante il monitoraggio del 17-18 febbraio

Clorofilla "a" µg/l

03-04 Febbraio 2020

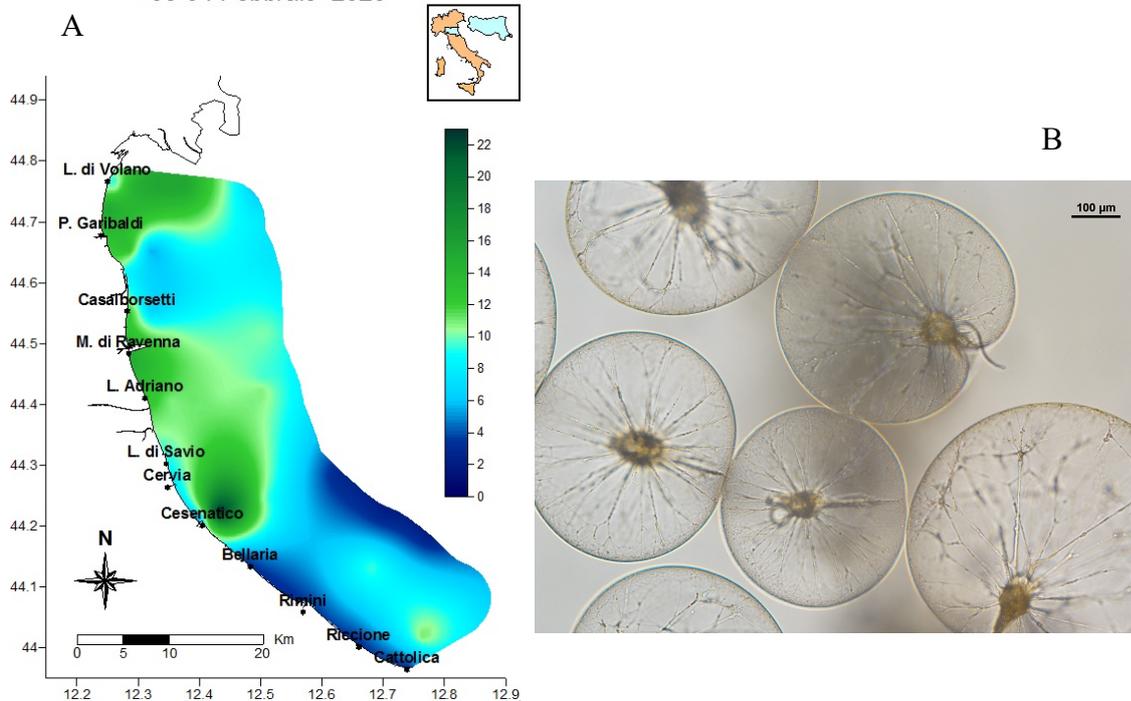


Figura 11 - Mappe di distribuzione della clorofilla "a" (µg/l) rilevate da costa a 20 km al largo durante il monitoraggio del 3-4 febbraio; B) *Noctiluca scintillans* Fotografia al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

Temperature intorno agli 11°C si sono mantenute fino a inizio marzo insieme a valori di salinità compresi tra 28.4 e 34.6 psu (Figura 12). Nella zona costiera entro i 3 km si sono rilevati alti valori di clorofilla "a" contemporaneamente ad un'intenso sviluppo della specie *Mesodinium rubrum* protozoo ciliato marino fotosintetico (Figura 13). I controlli effettuati con la sonda multiparametrica lungo la colonna non hanno evidenziato anomalie nei valori di ossigeno disciolto ad eccezione di una singola stazione vicino alla costa antistante Porto Garibaldi dove sul fondo si è rilevata una diminuzione di concentrazione tendente all'ipossia (Figura 14).

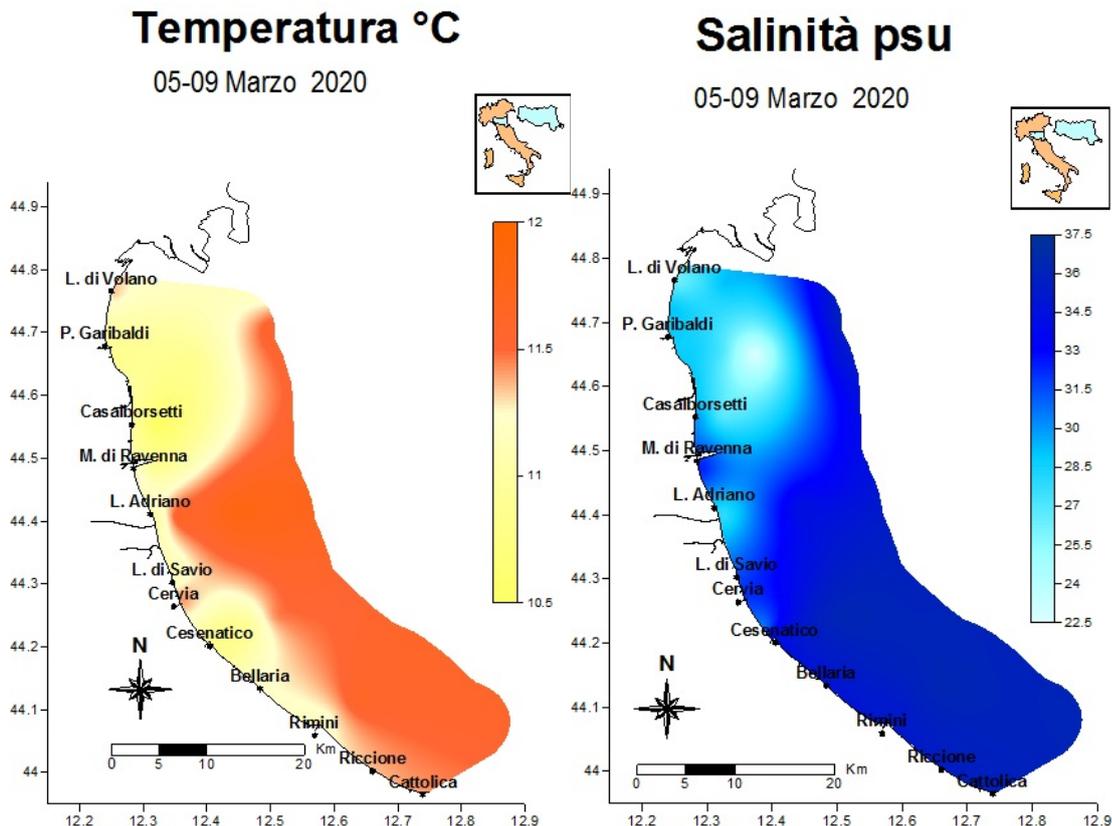


Figura 12 - Mappe di distribuzione della temperatura (°C) e della salinità (psu) rilevate da costa a 20 km al largo durante il monitoraggio del 5-9 marzo

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

05-09 Marzo 2020

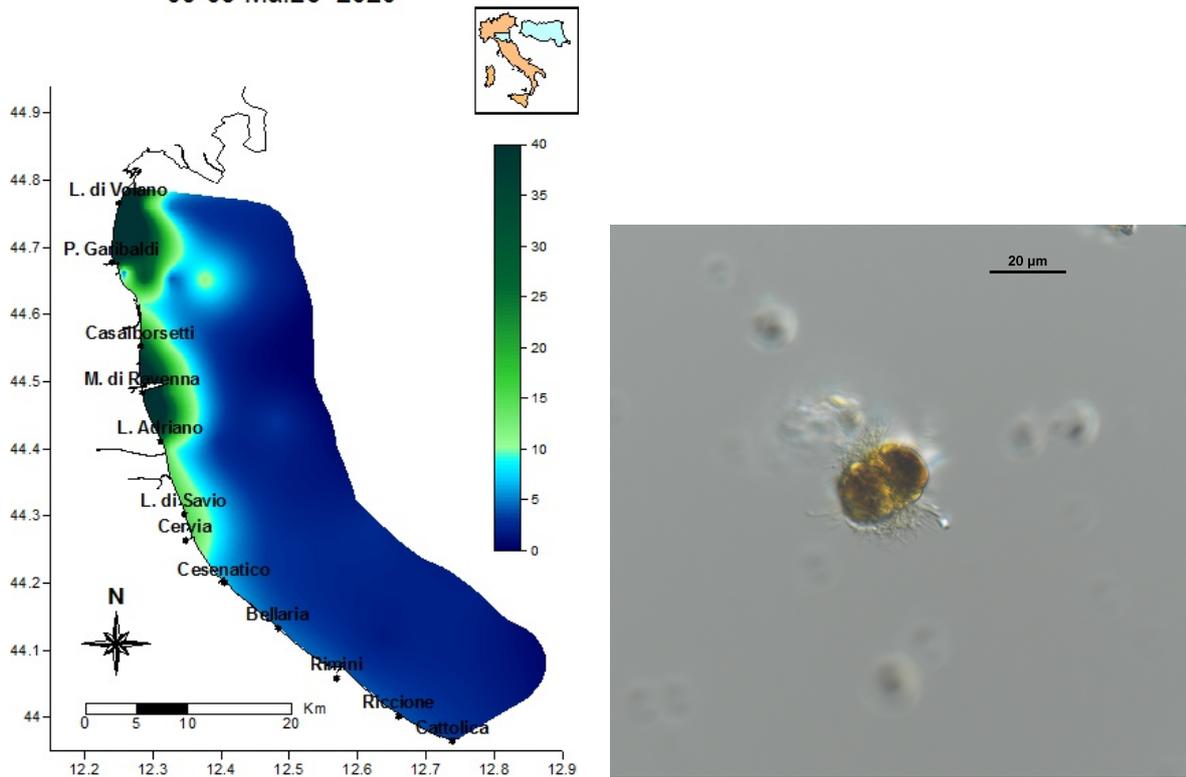


Figura 13 - Mappe di distribuzione della clorofilla "a" ($\mu\text{g/l}$) rilevate da costa a 20 km al largo durante il monitoraggio del 5-9 marzo; B) *Mesodinium rubrum* Fotografia al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

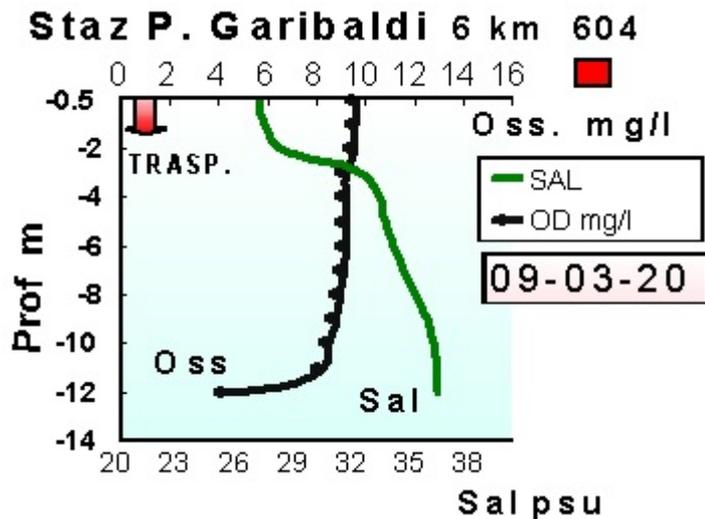


Figura 14 - Profili verticali di salinità (psu) e ossigeno disciolto (mg/l) nella stazione 604, a 6 km davanti a Cesenatico nel monitoraggio del 5-9 marzo

Nelle giornate antecedenti ai controlli eseguiti dalla Motonave Daphne II si sono registrate forti mareggiate che hanno portato ad un rimescolamento delle masse d'acqua con omogeneizzazione dei parametri idrologici lungo tutta la colonna d'acqua (Figura 15).

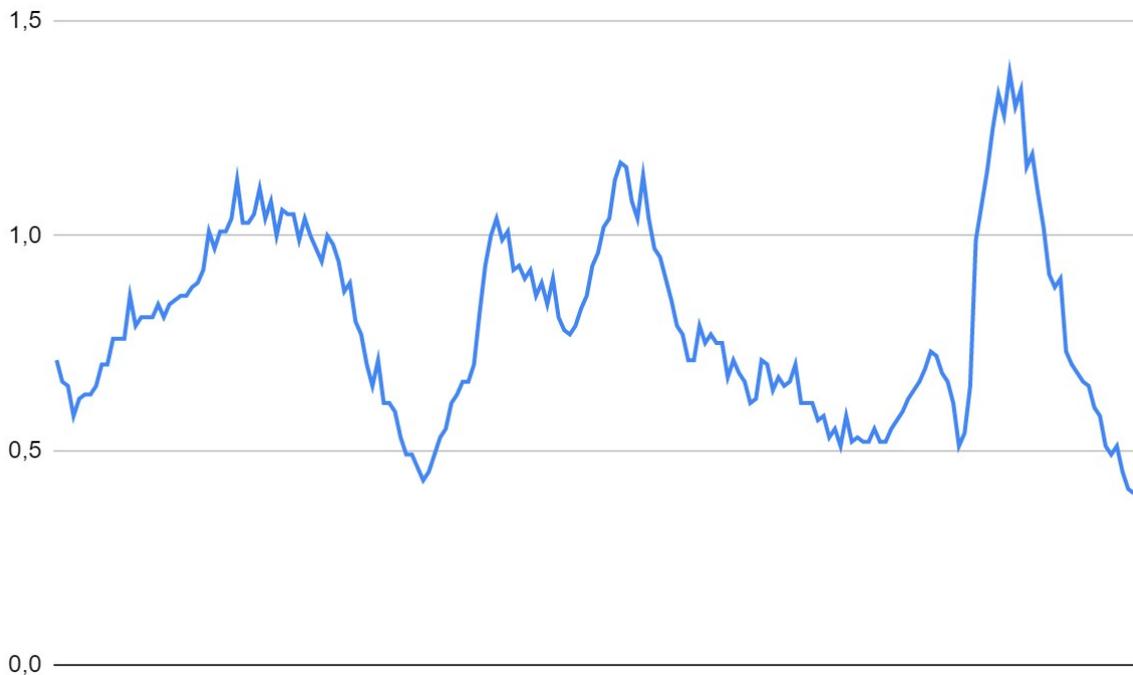


Figura 15 - Altezza dell'onda registrata dall'1 al 4 marzo (Dati BOA Nausicaa)

Anche le attività di monitoraggio di ARPAE lungo la costa hanno subito un periodo di fermo a causa dell'emergenza Covid-19 che ha interessato tutto il paese per cui fino a metà del mese di maggio la motonave Daphne non ha potuto eseguire le attività istituzionali di controllo sull'ambiente marino costiero.

La ripresa delle attività di monitoraggio lungo la costa ha fotografato una situazione differente tra la zona nord e la zona più meridionale, controllate in giornate non consecutive per condizioni meteo marine avverse. Lungo l'area meridionale si è rilevata una buona condizione ambientale caratterizzata da acque trasparenti con alti valori di salinità e concentrazioni medio basse di clorofilla "a" mentre nell'area centro settentrionale i valori degli indici trofici indicavano una condizione di eutrofizzazione sostenuta dalla presenza prevalentemente di Diatomee che ha contribuito ad aumentare la torbidità delle acque e ad abbassare la trasparenza. La salinità in superficie misurava valori al di sotto dei 30 psu a causa dell'aumento di portata di acque dolci dal bacino padano e dai bacini costieri regionali.

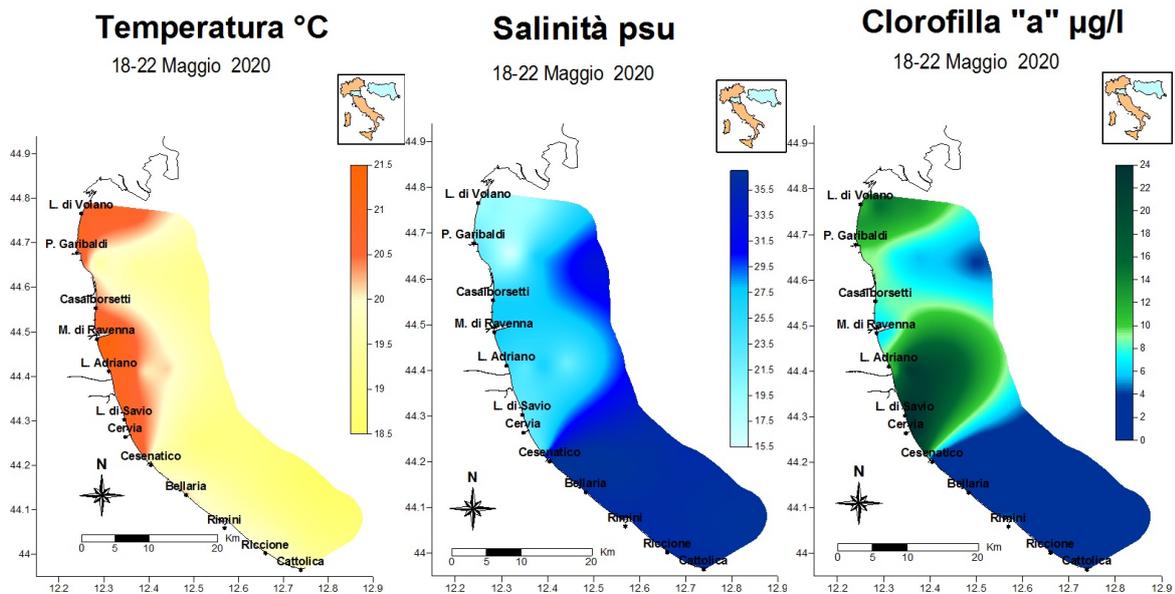


Figura 16 - 10 Mappe di distribuzione della temperatura (°C), della salinità (psu) e della clorofilla "a" (µg/l) rilevate da costa a 20 km al largo durante il monitoraggio del 18-22 maggio

Nel monitoraggio del 18-22 maggio (Figura 16) con temperature superficiali in media intorno a 20.5 °C si è registrato il primo avvistamento dell'anno delle meduse appartenenti alla specie *Aurelia aurita*; gli esemplari comprendevano individui sia di piccole dimensioni che forme adulte.

Il mese di giugno si è caratterizzato per una buona condizione ambientale nella zona centro meridionale con valori di ossigeno disciolto nella norma sia in superficie che a livello del fondale. Sono stati osservati valori di salinità medio alti e una buona trasparenza delle acque contemporaneamente a bassi valori di clorofilla "a". Solo nell'area più a nord della costa si sono misurati valori di clorofilla più elevati dovuti a abbondanze maggiori di microalghe appartenenti principalmente al gruppo delle Diatomee. Le temperature delle acque erano in aumento lungo tutta la costa in linea con l'andamento stagionale.

Anche nel mese di giugno sono state avvistate meduse appartenenti alla specie *Aurelia aurita* ed alcuni individui appartenenti alla specie *Rhizostoma pulmo*.

Ad inizio luglio l'ecosistema marino si caratterizzava per un incremento delle temperature comprese tra 26.6 e 28 °C, in aumento di circa 3-4 °C rispetto al mese precedente e valori di salinità compresi tra 25.6 e 30.9 psu. Le concentrazioni di clorofilla "a" analizzate nelle tre aree rimanevano medio basse ad eccezione della zona costiera situata a ridosso del delta del Po, dove si rilevavano concentrazioni più alte contemporaneamente alla presenza di abbondanti specie microalgali appartenenti al gruppo delle Diatomee ed Altro Fitoplancton. Il forte moto ondoso verificatosi in questo periodo ha causato un intenso rimescolamento della colonna d'acqua con risospensione di materiale detritico che determinava una diminuzione della trasparenza in tutta l'area di studio e parallelamente una buona ossigenazione sia in superficie che sul fondo (Figura 17).

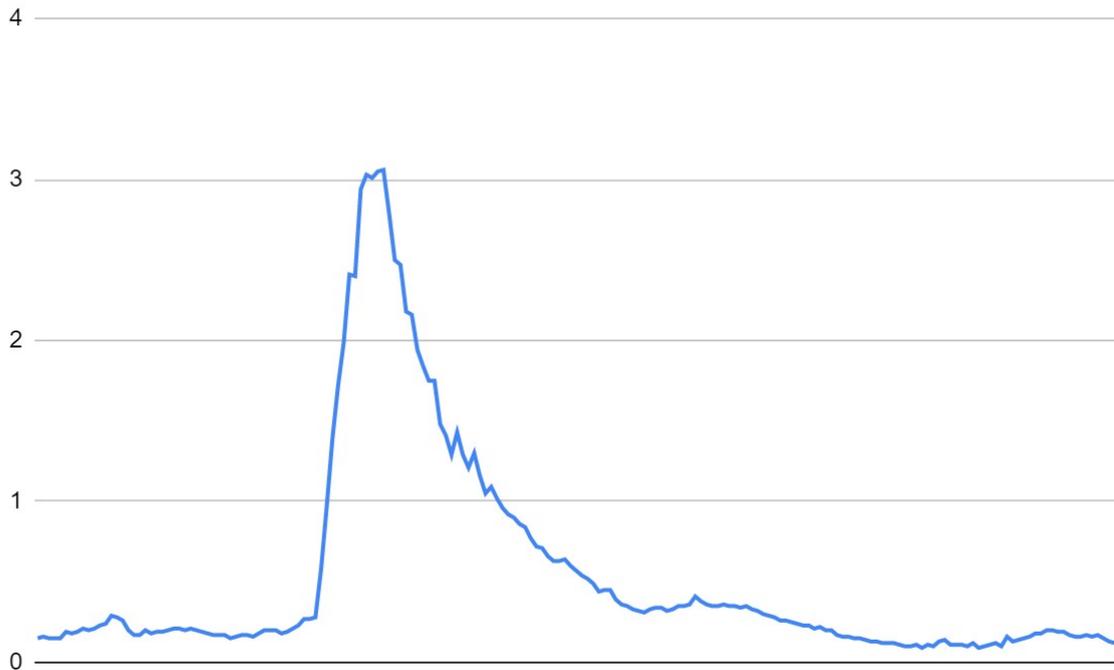


Figura 17 - Altezza onda registrata dal 6 al 9 luglio (Dati BOA Nausicaa)

Rispetto al monitoraggio effettuato nella prima decade di luglio, durante i controlli successivi si sono osservati situazioni ambientali diverse. Le condizioni meteorologiche dei giorni antecedenti ai controlli in mare sono state caratterizzate da forte vento e mare mosso e un abbassamento delle temperature atmosferiche. Si è registrata di conseguenza una diminuzione generale delle temperature anche delle acque superficiali comprese tra 25.1 e 25.9 °C ed un aumento della salinità in particolare nei primi metri della colonna. Nella norma le concentrazioni di ossigeno disciolto lungo la colonna ad eccezione di un'area circoscritta situata a 6 km davanti a Cesenatico dove si è misurata una diminuzione dei valori a livello del fondale tendenti all'ipossia.

Fino alla fine di luglio le concentrazioni di biomassa microalgale sono rimaste medio basse ad eccezione di un'unica area localizzata nella parte più a nord della costa a 500 metri dalla riva dove si sono misurate concentrazioni più alte per la presenza di abbondante fitoplancton appartenente principalmente al gruppo dei fitoflagellati minori.

Lungo tutta la costa si è osservata la presenza di meduse riconducibili prevalentemente alla specie *Rhizostoma pulmo* e dello ctenoforo *Mnemiopsis leidyi* sia in costa che al largo.

Un aumento importante dei valori di clorofilla "a" si è registrato nella prima decade di agosto nella zona centro settentrionale della costa dovuto a fioriture microalgali sostenute da Diatomee appartenenti al genere *Chaetoceros*. Nell'area più meridionale i valori di clorofilla "a" si sono mantenuti medio bassi (Figura 18).

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

10-11 Agosto 2020

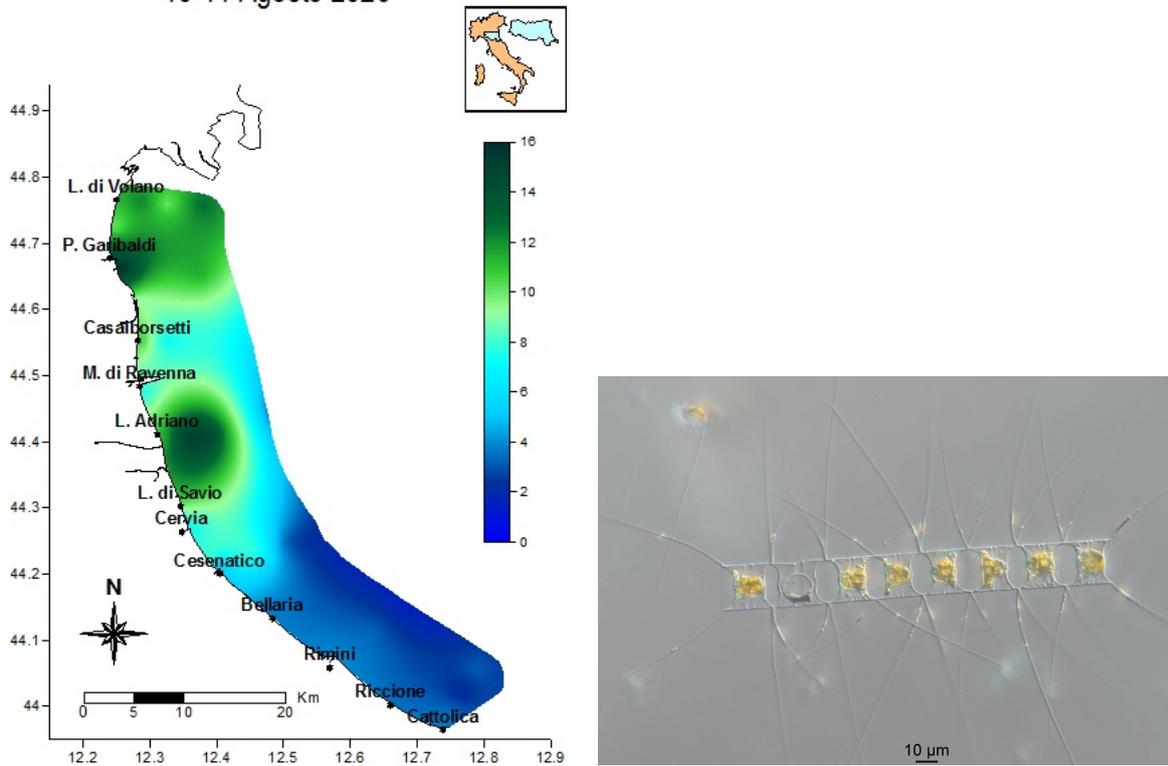


Figura 18 - Mappe di distribuzione della clorofilla "a" ($\mu\text{g/l}$) rilevate da costa a 20 km al largo durante il monitoraggio del 5-9 marzo; **B)** *Chaetoceros brevis* Fotografia al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

Per tutto il mese di agosto si è assistito ad un incremento dei valori di temperatura superficiale di circa 2°C rispetto a quelli registrati durante il mese di luglio, attestandosi in tutta l'area costiera intorno ai 28°C .

I controlli dell'ossigeno disciolto sono risultati essere nella norma sia in superficie che lungo la colonna per tutto il periodo. Tuttavia a livello del fondale, sono state segnalate alcune aree, limitate ad alcune stazioni costiere, che presentavano basse concentrazioni di ossigeno disciolto tendenti all'ipossia (Figura 19). Anche nel 2019 durante il mese di agosto si erano verificate situazioni di ipossia e anossia sul fondo, circoscritte ad alcune aree localizzate nella parte settentrionale del bacino.

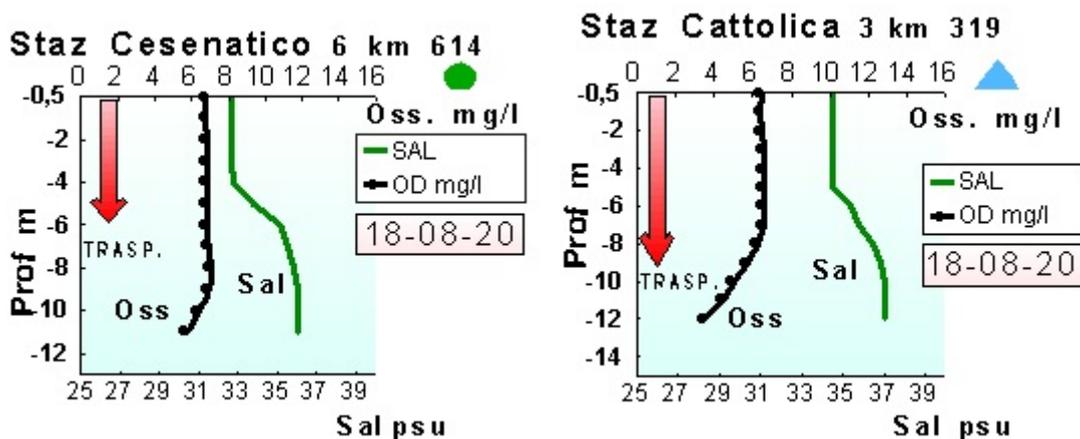


Figura 19 - Profili verticali di salinità (psu) e ossigeno disciolto (mg/l) nelle stazioni 614 e 319, situate rispettivamente a 6 km lungo il transetto di Cesenatico ed a 3 km lungo il transetto di Cattolica, nel monitoraggio del 17-18 agosto

Per tutto il mese si è segnalata la presenza anche di numerosi individui appartenenti alla specie *Mnemiopsis leidyi*. Si tratta di un ctenoforo gelatinoso conosciuto anche come “noce di mare” che a partire dal 2015 è presente nelle acque marine antistanti l’Emilia Romagna, più frequentemente durante i mesi caldi e concentrati maggiormente nei primi metri della colonna d’acqua.

Permane la presenza lungo tutta la costa anche di meduse in particolare di *Rhizostoma pulmo* e *Cotylorhiza tuberculata* che rimangono più abbondanti.

A settembre si registra una normale tendenza alla diminuzione delle temperature delle acque di superficie sia in costa che al largo in linea con l’abbassamento delle temperature atmosferiche (Figura 20).

I monitoraggi eseguiti durante il mese rilevano una condizione differente tra la zona nord e quella centro meridionale. Nell’area compresa tra Cesenatico e Cattolica basse concentrazioni di clorofilla “a” e un’elevata trasparenza evidenziano una buona qualità ambientale contemporaneamente a valori medio alti della salinità in superficie. Una situazione diversa si è rilevata invece nella zona più settentrionale tra Casalborgorsetti e Lido di Volano dove i valori di clorofilla “a” misurati erano compresi tra 11.3 e 22.1 $\mu\text{g/l}$ evidenziando una condizione di eutrofizzazione in atto (Figura 20).

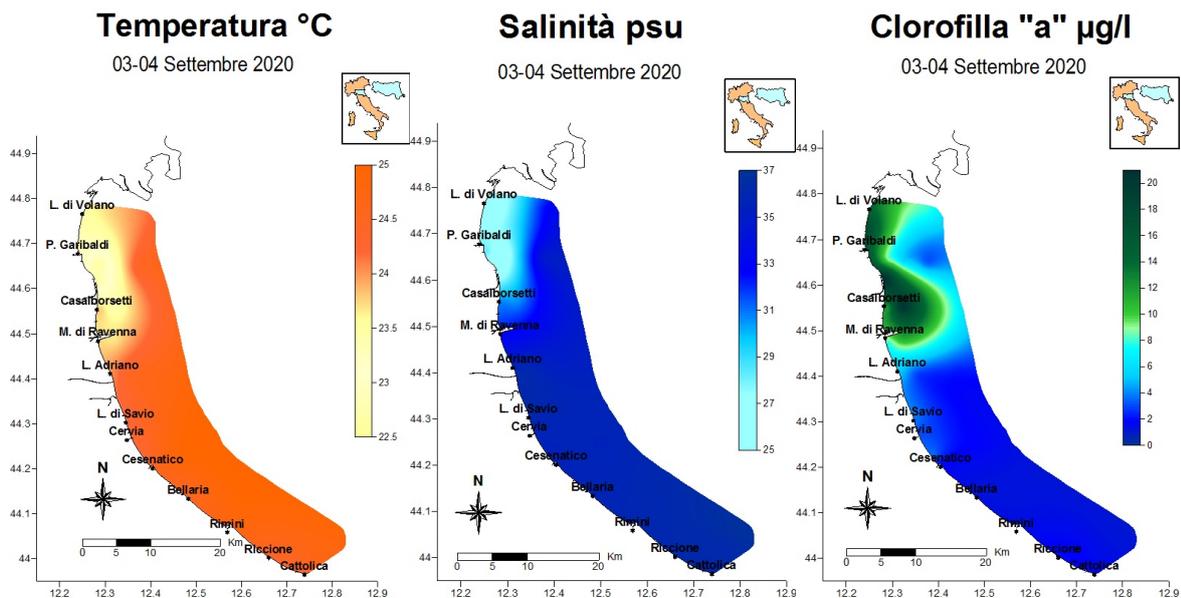


Figura 20 - Mappe di distribuzione della temperatura (°C), della salinità (psu) e della clorofilla "a" (µg/l) rilevate da costa a 20 km al largo durante il monitoraggio del 03-04 settembre

L'esame al microscopio ottico in laboratorio dei campioni di acqua prelevata evidenziava la presenza di un'abbondante biomassa fitoplanctonica appartenente principalmente ai generi *Heterocapsa* sp. (Dinoflagellate), *Pseudo-nitzschia* spp e *Chaetoceros* spp (Diatomee). Queste microalghe, oltre ad aumentare la torbidità delle acque ed a diminuire la trasparenza, conferivano alle stesse una colorazione caratteristica tendente al rosso-marrone.

Nel corso del mese sono state individuate aree con valori di ossigeno sul fondo tendenti alla ipossia/anossia localizzate principalmente nella zona settentrionale della costa (Lido Adriano e i Lidi delle Nazioni e di Volano). Nell'ultimo monitoraggio del mese eseguito nelle giornate del 21 e 22 settembre i controlli su questo parametro lungo tutta la colonna hanno confermato il perdurare di questa condizione di criticità a livello del fondale che ha innescato una condizione di sofferenza della comunità bentonica che vive a stretto contatto proprio con il fondale provocando lo spiaggiamento di alcuni organismi (Figura 21).

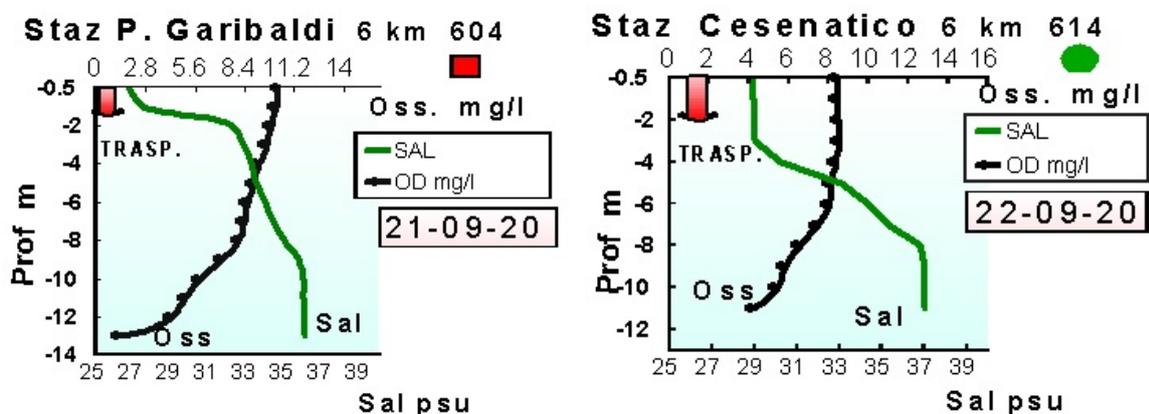


Figura 21 - Profili verticali di salinità (psu) e ossigeno disciolto (mg/l) nelle stazioni situate a 6 km di distanza dalla costa a Porto Garibaldi (st. 604) e Cesenatico (st. 614)

Anche nel corso del mese di settembre è stata rilevata la presenza sia di *Mnemiopsis leidyi* (ctenoforo) che di meduse riconducibili alle specie *Cotylorhiza tuberculata* e *Rhizostoma pulmo*.

Le forti perturbazioni atmosferiche verificatesi durante i primi giorni di ottobre hanno contribuito ad un forte e intenso rimescolamento delle masse d'acqua lungo la colonna d'acqua ed alla conseguente omogeneizzazione dei parametri idrologici da superficie al fondo. Questa situazione ha contribuito inoltre alla diminuzione dei valori di clorofilla "a" in particolare nell'area più settentrionale ed ad un aumento della salinità in superficie sia in costa che al largo. I controlli su ossigeno disciolto lungo la colonna d'acqua non hanno evidenziato anomalie ad eccezione di un'area antistante Porto Garibaldi localizzata ad una distanza compresa tra 3 e 10 km con valori di ossigeno sul fondo di poco inferiori a 3 µg/l con tendenza all'ipossia.

Durante il monitoraggio del 19 e 20 ottobre si è rilevata una diminuzione della salinità delle acque superficiali in particolare nell'area più settentrionale, in conseguenza dell'aumento degli apporti immessi principalmente dal bacino padano nell'ultimo periodo (Figura 22). Il mese di ottobre infatti è risultato essere il secondo mese più piovoso del 2020, con la stazione pluviometrica di Cesenatico ha registrato un valore massimo di 139 mm di pioggia (Figura 7).

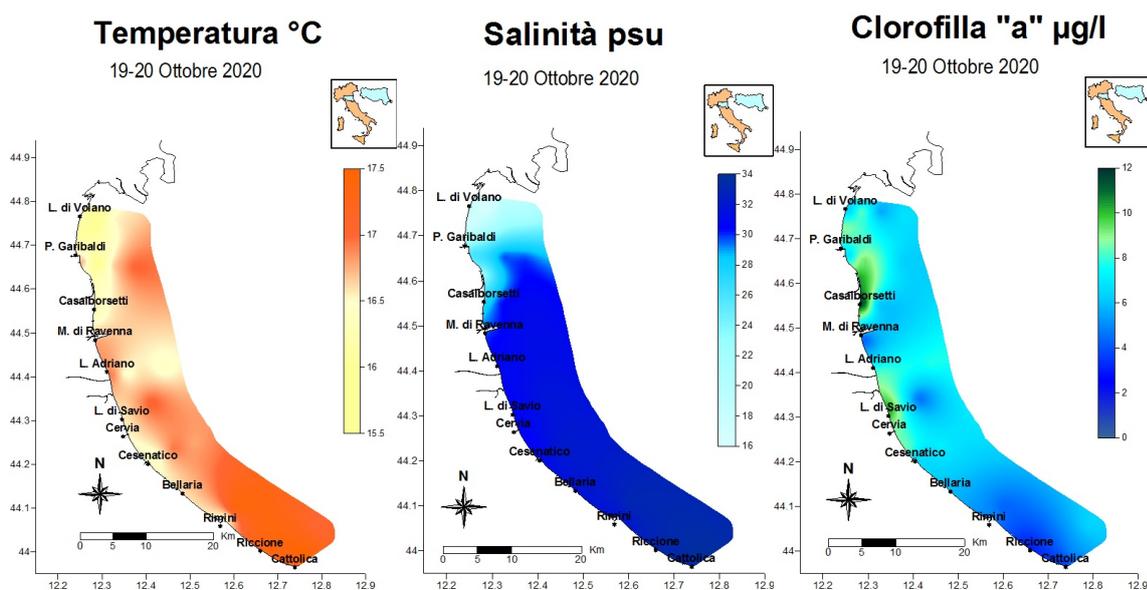


Figura 22 - Mappe di distribuzione della temperatura (°C), della salinità (psu) e della clorofilla "a" (µg/l) rilevate da costa a 20 km al largo durante il monitoraggio del 19-20 ottobre

Le acque dolci immesse in ambiente marino oltre a diluire le acque marine in superficie hanno contribuito all'aumento anche di nutrienti come azoto e fosforo che hanno sostenuto e alimentato la componente fitoplanctonica marina.

Inseguito, l'intensa idrodinamicità delle masse d'acqua ha contribuito anche a risolvere le situazioni di ipossia sul fondo riscontrate a inizio mese.

In entrambi i monitoraggi effettuati nel mese di ottobre si è registrato un abbassamento delle temperature delle acque marine superficiali come conseguenza della diminuzione delle temperature atmosferiche del periodo (16.3 - 20 °C).

Durante tutto il mese di ottobre, si è continuato a rilevare la presenza dello ctenoforo non urticante *Mnemiopsis leidyi*.

Anche nel corso di novembre si sono registrate cospicue immissioni di acque dolci dai bacini costieri ed in particolare dal bacino padano che hanno contribuito a mantenere diluite le acque marine in superficie con una forte riduzione della salinità compresa tra 11 e 19 psu nell'area più settentrionale della costa anche al largo. L'aumento delle portate ha inoltre contribuito all'immissione di elementi eutrofizzanti in mare che, alimentando la componente fitoplanctonica marina, hanno portato ad un incremento anche delle concentrazioni di clorofilla "a" in molte stazioni sia in costa che al largo. Come conseguenza dell'elevata biomassa algale la trasparenza si è mantenuta bassa sia in costa che al largo specialmente nell'area centro settentrionale.

Nel corso dei controlli eseguiti nelle giornate del 16-19 novembre si sono evidenziate zone circoscritte nell'area centro-settentrionale a ridosso della costa con concentrazioni di ossigeno sul fondo basse tendenti all'ipossia.

Durante i monitoraggi si è registrata una continua diminuzione delle temperature superficiali in linea con la diminuzione delle temperature atmosferiche attestandosi tra i 13.5 ed i 15.2 °C.

Il mese di dicembre è stato il mese più piovoso dell'anno superando i 200 mm di pioggia caduta (Figura 7). L'immissioni di acque dolci in mare ha portato ad una forte riduzione della salinità superficiale e della trasparenza lungo la colonna d'acqua a causa della presenza di materiale inorganico solido trasportato dai fiumi che contribuiva anche ad aumentare la torbidità delle acque lungo tutta la colonna. In continua diminuzione le temperature delle acque marine superficiali che si attestavano in media tra 8 e 10.5°C mentre le concentrazioni di clorofilla "a" si mantenevano medio basse lungo tutta la costa (Figura 23).

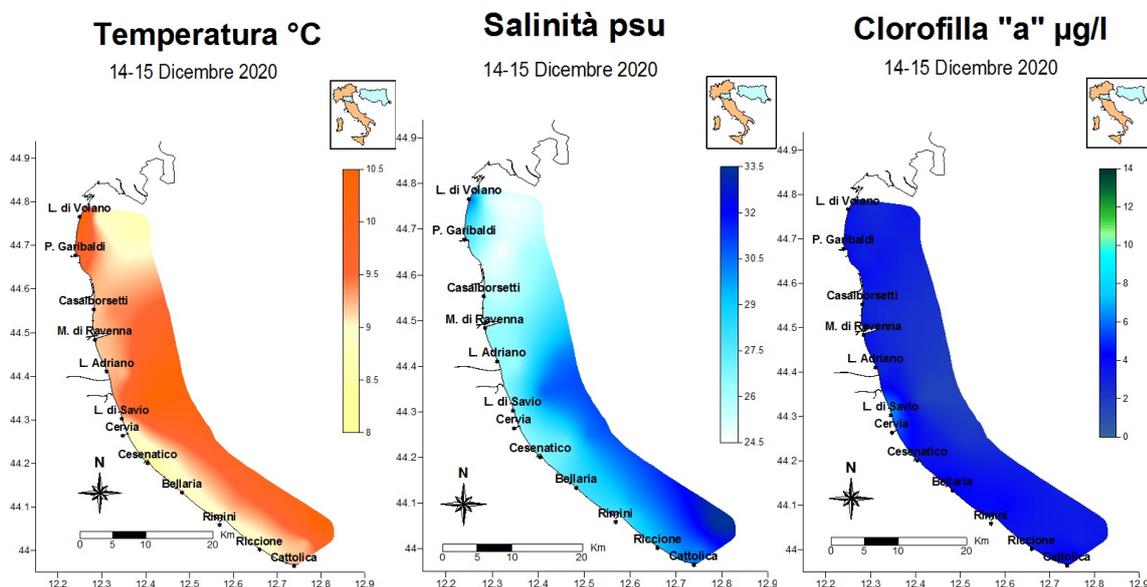


Figura 23 - Mappe di distribuzione della temperatura (°C), della salinità (psu) e della clorofilla "a" (µg/l) rilevate da costa a 20 km al largo durante il monitoraggio del 14-15 dicembre

4.3 ELABORAZIONE BOLLETTINO

Le informazioni acquisite a conclusione di ogni monitoraggio durante i controlli settimanali/quindicinali oltre ad alimentare la banca dati, vengono utilizzate anche per la realizzazione del Bollettino (Figura 24) pubblicato in Internet e disponibile al seguente indirizzo per la consultazione:

<https://www.arpae.it/temi-ambientali/mare/report-e-bollettini/bollettini-mare>

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).

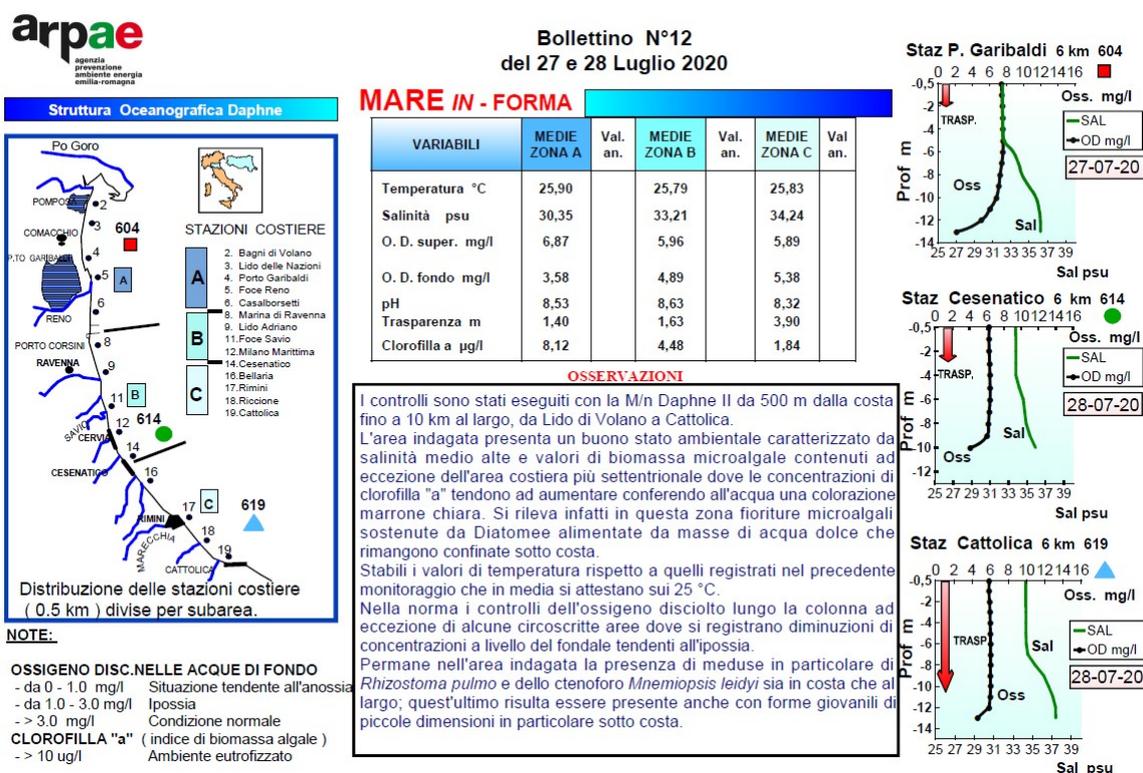


Figura 24 – Esempio di bollettino realizzato a conclusione di un monitoraggio

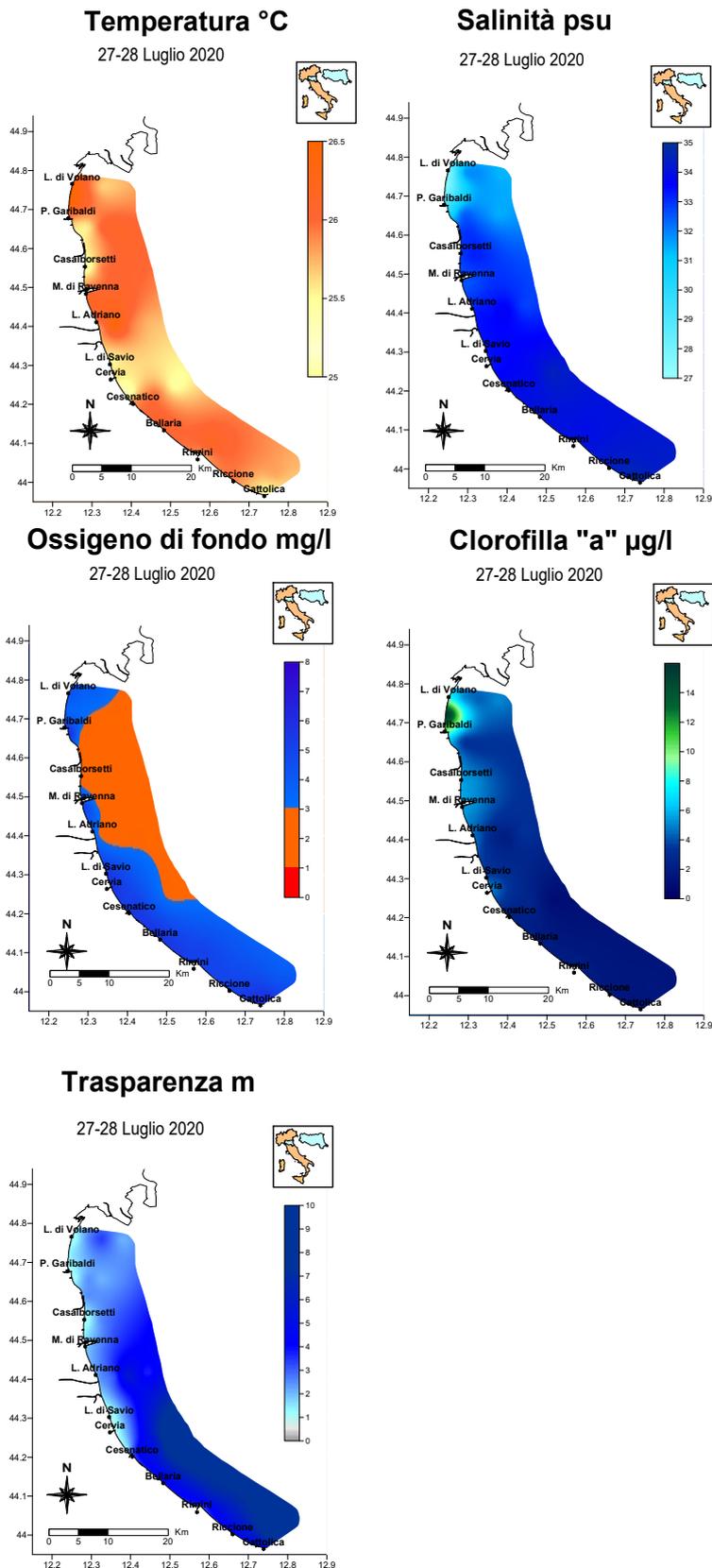


Figura 25 – Esempio di mappe tematiche allegate al bollettino realizzate a conclusione di un monitoraggio

Monitoraggio e risultati

Come ben noto a febbraio 2020 l'Italia si è trovata a fronteggiare un'emergenza sanitaria che nel tempo ha coinvolto anche il resto del mondo. Un focolaio di infezioni causato dal virus COVID-19 dopo aver portato l'Italia in una fase di emergenza sanitaria si è poi trasformato in una "pandemia" che ha portato a conseguenze sociali ed economiche eccezionali e finora mai viste.

A partire dal 10 marzo si è attivato un protocollo di emergenza tradotto in un blocco totale della libera circolazione delle persone e alla chiusura della quasi totalità delle attività lavorative e produttive per 69 giorni. Oltre agli effetti sociali generati, le misure di contenimento adottate hanno portato anche una condizione particolare per quanto riguarda le concentrazioni dei diversi inquinanti su tutto il territorio italiano in relazione sia alla variazione delle emissioni che alle condizioni meteorologiche. In molte regioni si è rilevato un calo significativo dell'inquinamento atmosferico nel periodo iniziale di applicazione del lockdown per riduzione in particolare dei flussi di traffico e diminuzioni sul settore industriale.

Per stimare in modo più ampio e completo l'effettivo impatto delle misure di contenimento sulla qualità ambientale, il Ministro dell'Ambiente ha promosso un'indagine straordinaria anche per quanto riguarda l'ambiente marino. Al fine di conoscere lo stato di salute dei nostri mari a ridosso del lockdown e fare una fotografia reale degli effetti generati da questo ultimo sulle acque italiane, è stato promosso e organizzato un monitoraggio straordinario coinvolgendo Snpa (Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente) e il Comando Generale del Corpo delle Capitanerie di Porto e Guardia Costiera.

Arpae Emilia Romagna ha partecipato a queste attività di monitoraggio straordinario in stretta collaborazione con la Direzione Marittima dell'Emilia Romagna in particolare con la Capitaneria di Porto di Ravenna che ha messo a disposizione i propri mezzi navali ed il proprio personale marittimo per le fasi di campionamento.

Queste attività hanno permesso di poter acquisire informazioni, anche se limitate a poche stazioni e solo per le acque di superficie, anche durante la non operatività della Motonave Daphne II.

Nei grafici riportanti le elaborazioni dei dati acquisiti durante il 2020 si evince la mancanza di continuità e l'interruzione temporale delle attività a causa del periodo di lockdown.

I paragrafi che seguono contengono analisi e valutazioni dei risultati emersi nel corso dell'attività di monitoraggio per la definizione dello stato trofico nel 2020. In particolare si esaminano i risultati relativi ai parametri idrologici ed agli elementi nutritivi.

4.3.1 Parametri idrologici

4.3.1.a Temperatura

L'andamento della temperatura nel 2020 mostra la tipica tendenza sinusoidale con i minimi nelle stagioni invernali e autunnali e massimi in estate (Figura 26). Il valore minimo assoluto in superficie pari a 4.29°C, si è registrato nel corso del secondo monitoraggio dell'anno del 22 e 23 gennaio, nella stazione 9 a 0.5 km davanti a Lido Adriano.

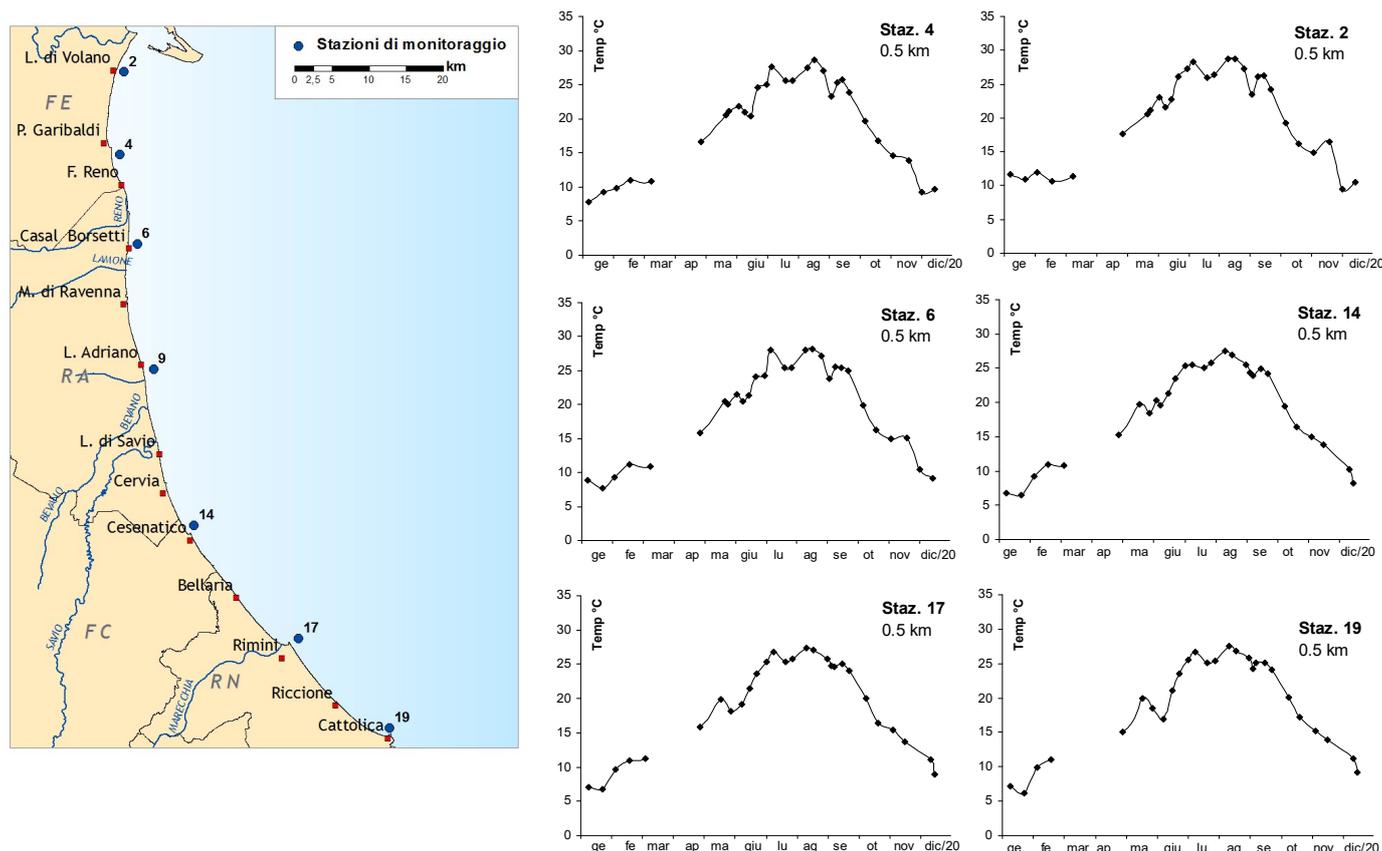


Figura 26 – Andamenti temporali della temperatura in superficie in alcune stazioni a 0.5 km dalla costa

A titolo di esempio, si rappresenta in Figura 27 il grafico del profilo lungo la colonna d'acqua da superficie al fondo rilevato nella stazione 9, il 22 gennaio, quando si evidenziava lungo la costa una elevata variabilità superficiale (Figura 28-A). Nella stazione 3 davanti a Lido delle Nazioni lo stesso giorno si è registrato un valore in superficie marcatamente più alto pari a 11.6 °C (Figura 28-B).

Nel 2020 si osserva una tendenza, registrata anche negli ultimi anni, caratterizzata da temperature particolarmente elevate in estate e miti nel periodo autunnale (Figura 29). L'elaborazione dei dati medi stagionali calcolati nelle stazioni più vicine a costa rimarcano l'andamento annuale dei valori di superficie con i minimi in inverno e i massimi in estate compresi tra 24.40 e 26.62°C. In inverno si evidenzia la differenza

tra le medie calcolate a Lido di Volano (st. 2) e a Cattolica (st. 19) più elevate a nord, rispettivamente pari a 11.3 e 8.6 °C. A conferma di temperature miti in autunno, da ottobre a dicembre i valori medi sono stati superiori a 10°C in tutte le stazioni (Figura 29). A confronto con le medie calcolate nello stesso periodo nel 2018 e 2019 il range nel 2020 compreso tra 13.7 e 15 °C, è molto simile a quello del 2018 (13.9-15 °C) e di poco inferiore a quello del 2019 (15.5-16°C).

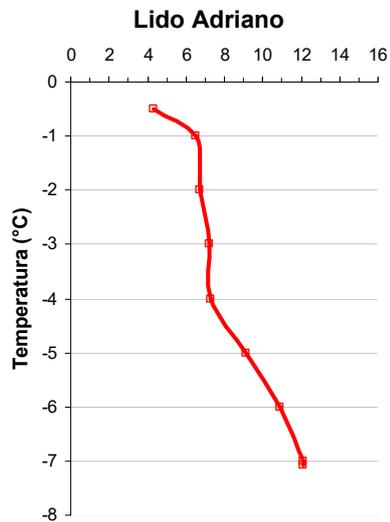


Figura 27 – Profilo della temperatura (°C) nella stazione 9 a 0.5 km davanti a Lido Adriano il 22 gennaio 2020

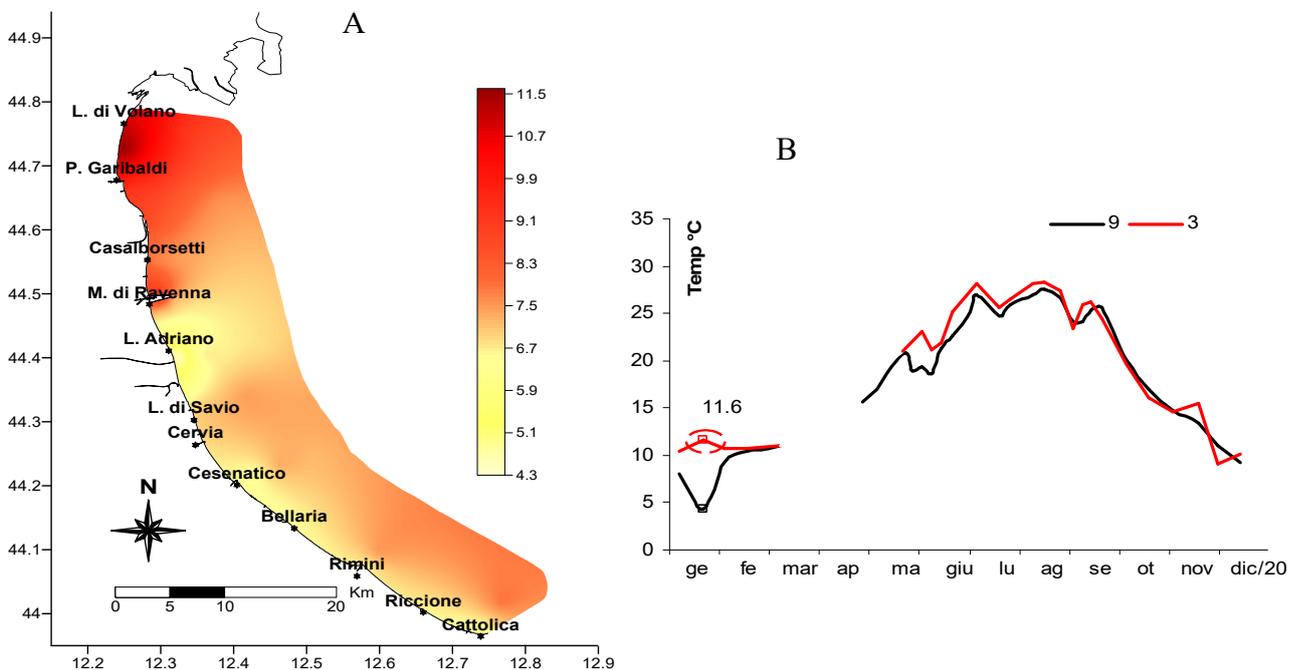


Figura 28 – A) Mappe di distribuzione della temperatura di superficie lungo la costa dell'Emilia Romagna e B) andamenti temporali della temperatura in superficie nelle stazioni 3 e 9 rilevati il 22 gennaio 2020

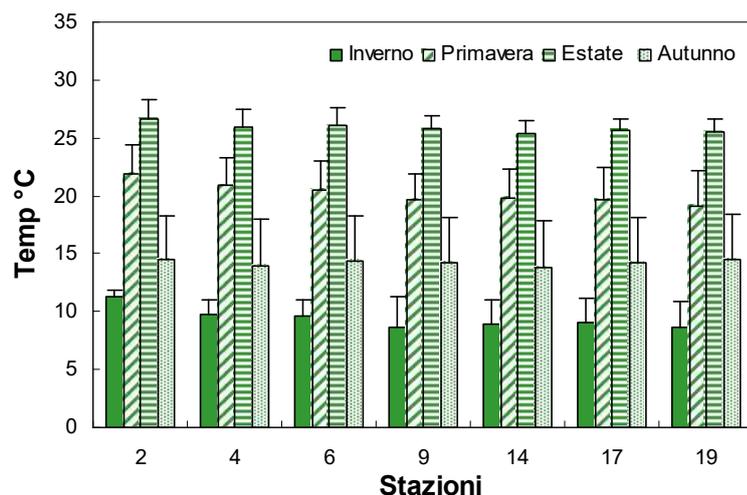


Figura 29 – Valori medi stagionali e deviazione standard della temperatura calcolate nelle acque di superficie in alcune stazioni a 0.5 km dalla costa

Il calcolo delle medie annuali mostra valori molto simili tra loro nei primi 10 km dalla costa e valori inferiori nelle stazioni più al largo, posizionate a 20 km. Il minimo pari a 17°C è stato rilevato a 20 km al largo di Porto Garibaldi, mentre il più alto pari a 20.31°C è stato misurato nella stazione in costa a 0.5 km davanti a Lido di Volano (st. 2).

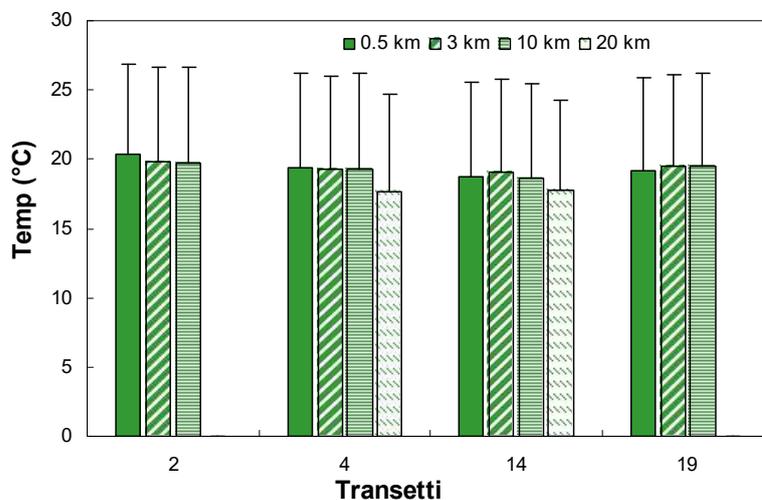


Figura 30 – Valori medi annuali della temperatura lungo i transetti di Lido di Volano, Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica

I mesi di luglio e agosto si sono caratterizzati per temperature superficiali particolarmente elevate; ad agosto i valori nei primi 50 cm della colonna hanno raggiunto i valori massimi con una media mensile di 28.25°C. Il dato più alto è stato pari 29°C ed è stato registrato durante i controlli del 10 agosto nella stazione 1002 a 10 km da Lido di Volano. A luglio, anche se la media mensile risulta inferiore a quella registrata ad agosto, si segnalano temperature elevate in conseguenza degli alti

valori delle temperature esterne sia giornaliere che notturne. Questa condizione ha contribuito ad un incremento del parametro anche lungo la colonna. Nel corso del monitoraggio del 6 luglio nelle stazioni a 10 e 20 km al largo si sono registrate temperature di 26°C nei primi 9 metri della colonna.

A distanza di un mese circa, tale incremento si è registrato anche a quote più profonde nelle stazioni più al largo della costa (Figura 31).

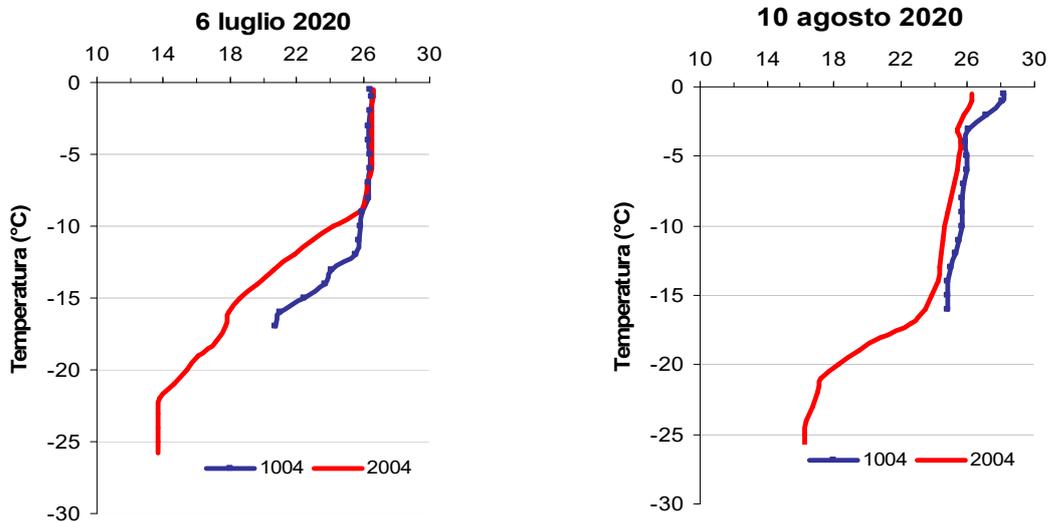


Figura 31 – Profili di temperature rilevati nelle stazioni 1004 e 2004 durante i controlli del 6 luglio e 10 agosto

Durante il monitoraggio del 10-11 agosto le temperature hanno raggiunto in superficie i valori più elevati del 2020 e la mappa di Figura 32 mostra la sua distribuzione lungo tutta la costa fino a 10 km.

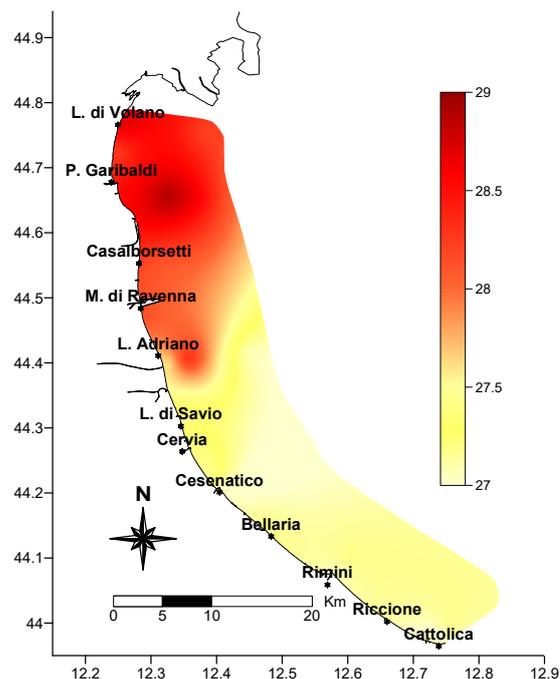


Figura 32 – Mappa di distribuzione della temperatura (°C) in superficie durante il monitoraggio del 10-11 agosto da costa fino a 10 km al largo

Confrontando i dati di temperatura misurati in superficie e sul fondo si può notare lo stesso andamento sinusoidale anche in profondità ma con i minimi e massimi invertiti nei mesi più freddi e in quelli più caldi. Nel periodo invernale e autunnale le temperature esterne più fredde, raffreddano i primi strati della colonna d'acqua lasciando più calde le acque alle quote più profonde. Al contrario in estate l'irraggiamento solare, interessando i primi metri della colonna, riscalda solo una porzione d'acqua marina lasciando la restante parte con valori inferiori. In alcuni periodi dell'anno, in concomitanza anche di una minore idrodinamicità delle masse d'acqua, si formano delle stratificazioni termiche lungo la colonna come si può notare nelle isolinee rappresentate in Figura 34 nelle stazioni a 10 km dalla costa a Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica.

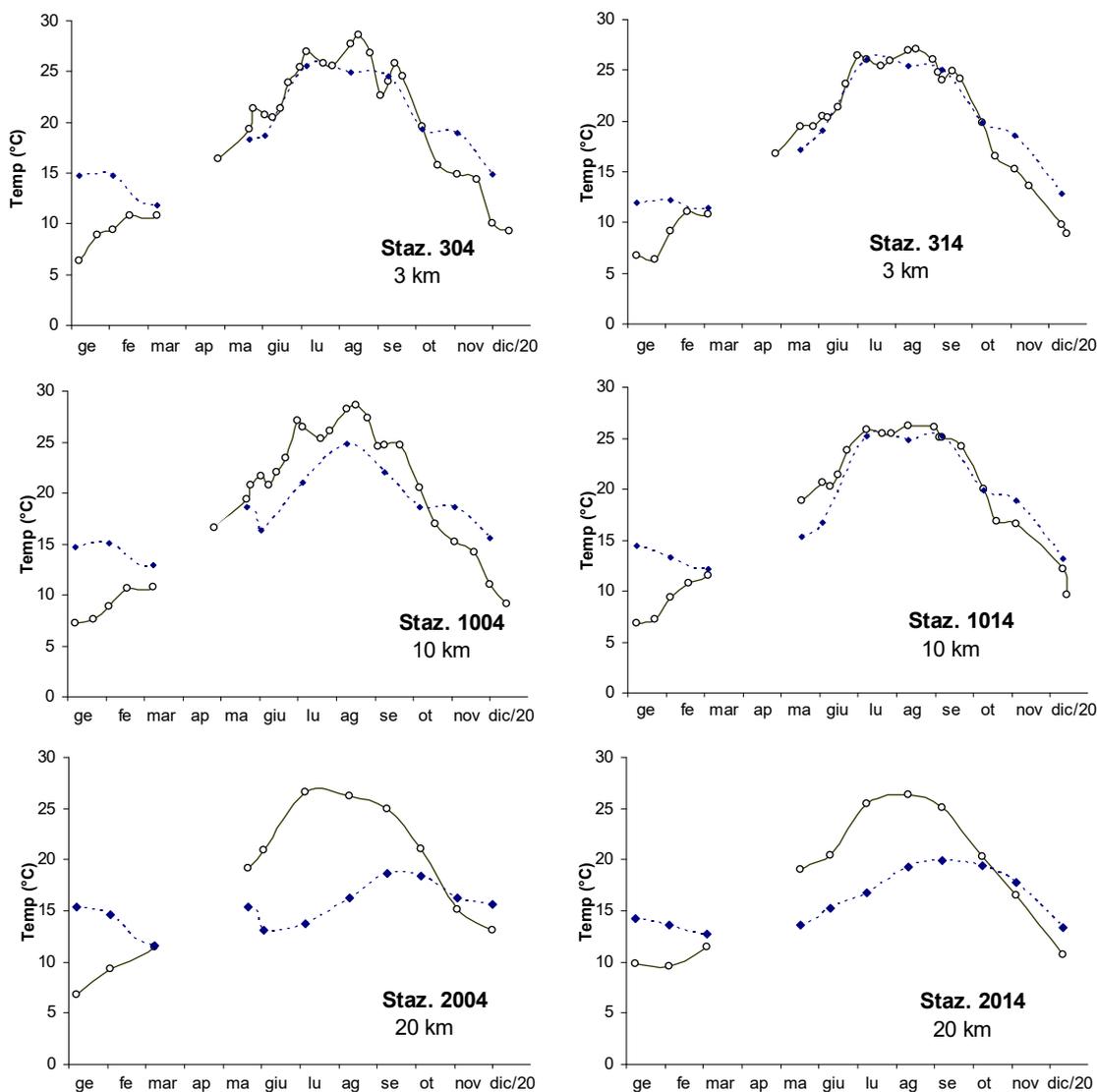


Figura 33 – Andamenti temporali della temperatura in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 3, 10 e 20 km lungo le direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico

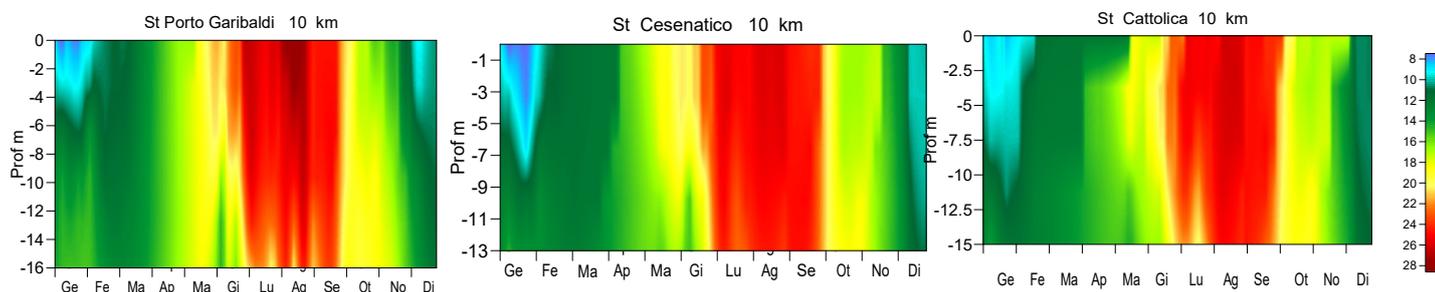


Figura 34 – Isolinee di temperatura (°C) rilevate nelle stazioni a 10 km al largo di Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica

Nel corso del 2020 si sono rilevati termoclini, anche se non così netti come negli anni precedenti, sia in inverno che in estate. In Figura 35 viene mostrata la distribuzione della temperatura lungo il transetto di Porto Garibaldi durante il primo monitoraggio

dell'anno fino a 20 km di distanza da costa, con una differenza massima tra superficie e fondo di 8.5 °C nella stazione più esterna.

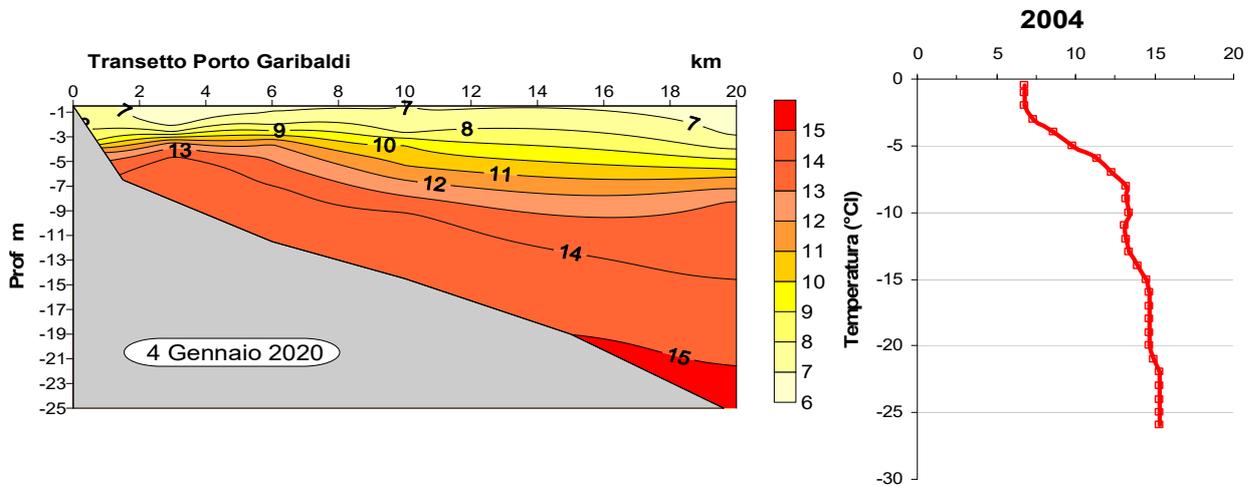


Figura 35 – Isoleee di temperatura (°C) lungo il transetto di Porto Garibaldi rilevato il 4 gennaio

Le isoleee di Figura 36 evidenziano una situazione simile lungo il transetto di Cesenatico rilevato il 22 gennaio con una differenza nella stazioni al largo, a 10 km, di circa 7°C tra superficie e fondo.

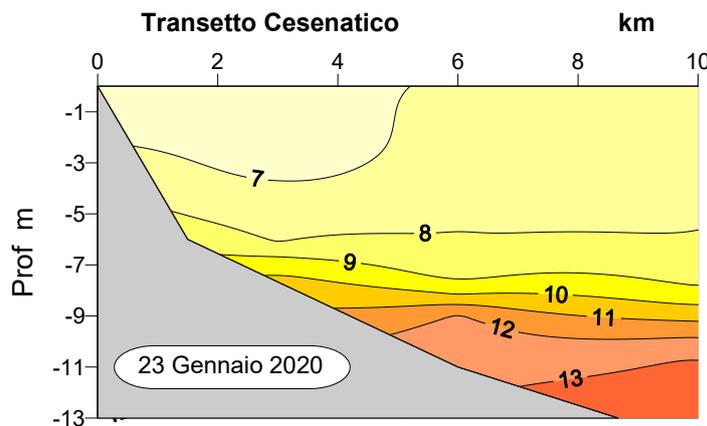


Figura 36 - Isoleee di temperatura (°C) lungo il transetto di Cesenatico rilevato il 22 gennaio

Stratificazioni termiche evidenti si sono verificate anche nel periodo estivo ad agosto e le isoleee di Figura 37 mostrano in dettaglio la situazione rilevata lungo il transetto di Porto Garibaldi durante il monitoraggio del 17 agosto e in particolare il profilo eseguito nella stazione a 10 km dalla costa.

Nella stazione 1004 la temperatura di superficie misurava 28.57°C contro quella sul fondo pari a 20.23 °C.

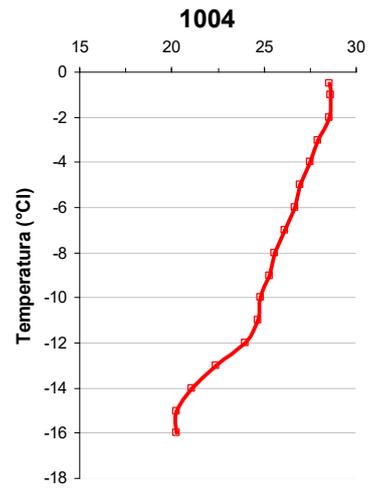
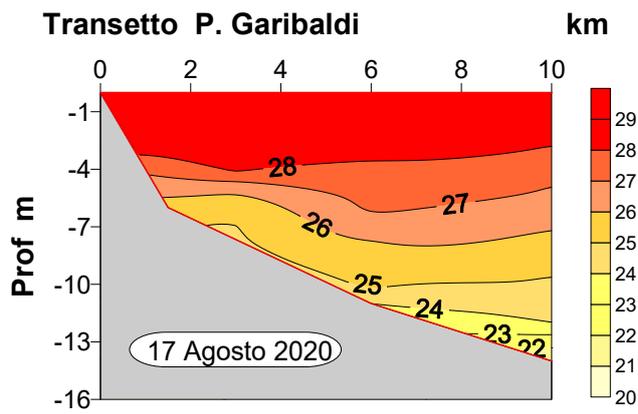


Figura 37 – Isoleee di temperatura (°C) lungo il transetto di Porto Garibaldi rilevato il 17 agosto e il profilo eseguito nella stazione 1004

4.3.1.b Salinit 

Anche nel 2020 i valori di salinit  in superficie hanno segnato fluttuazioni e variazioni temporali strettamente correlate agli apporti di acque dolci dai bacini costieri in particolare da quello padano, condizionando la qualit  ambientale dell'ecosistema marino a volte in maniera determinante.

Per quanto riguarda il valore medio di portata del Po (Figura 39) nel 2020   stato di 1385 mc/sec. Nonostante si siano registrati picchi importanti a ottobre ed a dicembre il valore medio si   rilevato comunque inferiore a quello registrato nel 2019 (Figura 38). Analizzando l'andamento medio delle portate misurate a Pontelagoscuro (FE) questo rispecchia il trend storico ad eccezione di alcune anomalie nei mesi di aprile e novembre con portate inferiori alla media climatologica, ed a ottobre al contrario con medie superiori ai valori medi di riferimento (Figura 40).

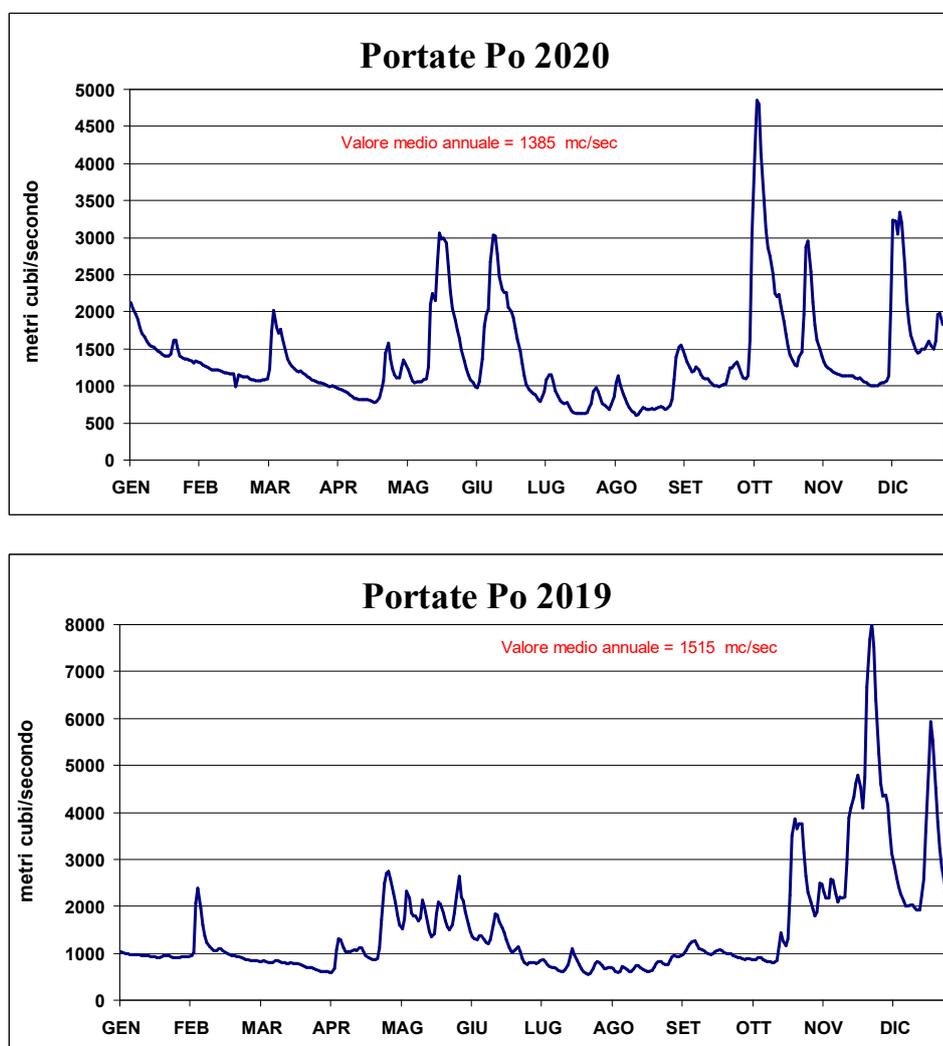


Figura 38 – Portate fiume Po rilevate a Pontelagoscuro (FE) nel 2019 e 2020 (Fonte: ARPAE SIMC)

L'aumento delle immissioni di acque dolci provenienti proprio dal bacino padano hanno contribuito a diluire fortemente le acque marine di superficie in diversi momenti dell'anno causando differenze tra superficie e fondo con formazione di pycnoclini più o meno marcati e disomogeneità tra le stazioni più settentrionali e quelle meridionali.

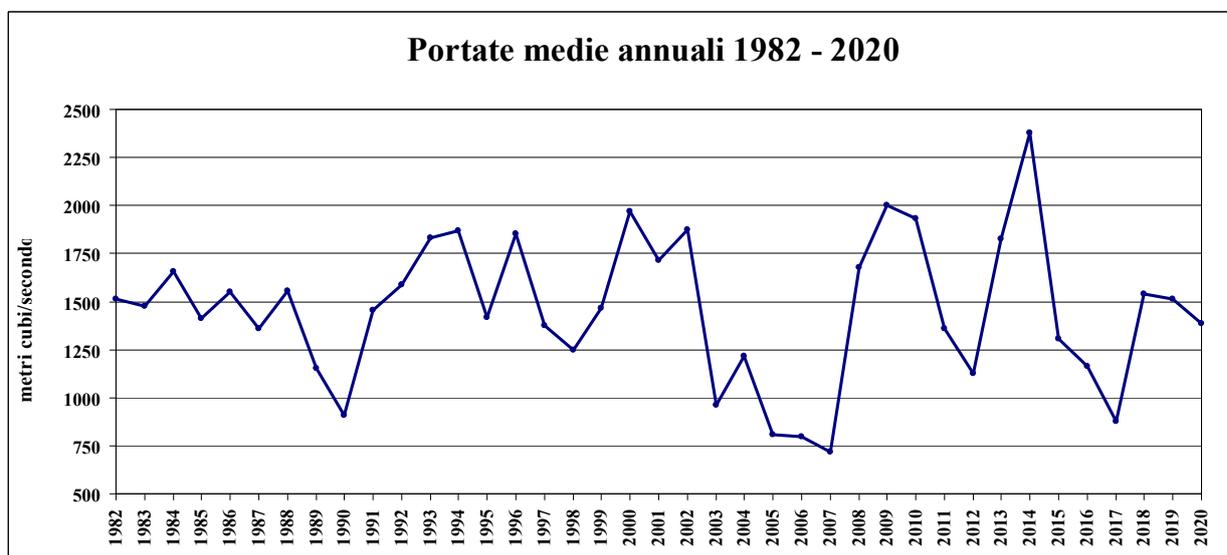


Figura 39 – Valori medi di portata del Po rilevate a Pontelagoscuro (FE) dal 1982 al 2020

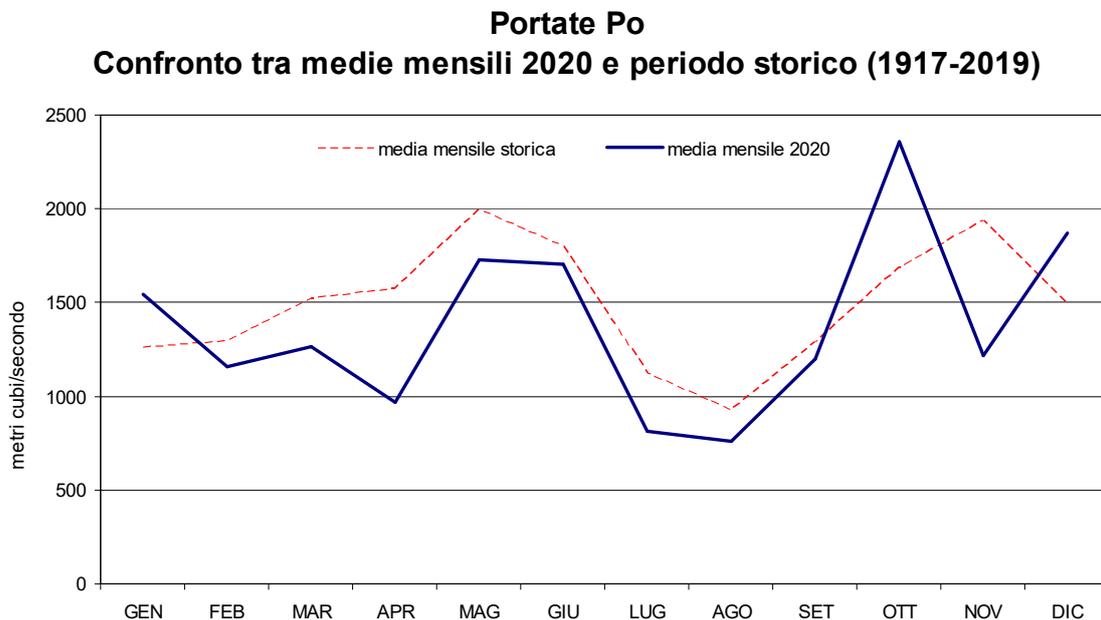


Figura 40 – Confronto delle medie mensili delle portate del Po rilevate a Pontelagoscuro (FE) nel 2020 calcolate per il periodo storico 1917-2019

Per quanto riguarda le precipitazioni l'anno si è caratterizzato per valori in media inferiori al 2019 anche se in alcuni momenti si sono verificati eventi di intensa

variabilità pluviometrica come ad esempio durante i mesi di ottobre e dicembre particolarmente piovosi (Figura 41).

Nella stazione pluviometrica localizzata a Cesenatico nel 2020 si sono totalizzati 598.8 mm di pioggia caduta inferiori ai 756.5 mm stimati l'anno precedente.

La media mensile più alta è stata calcolata a dicembre pari a 6.67 mm di pioggia caduta, con un picco giornaliero di 81.4 mm misurato il 2 dicembre.

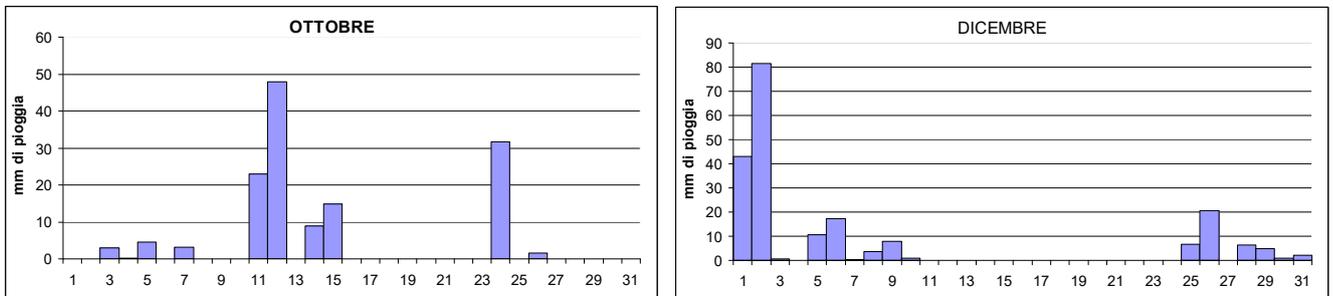


Figura 41 – Andamento delle precipitazioni rilevate nella stazione di Cesenatico presso la Struttura Oceanografica di Daphne nei mesi di ottobre e dicembre

L'elaborazione dell'andamento annuale in Figura 42 mostra fluttuazioni più frequenti e più ampie nelle stazioni 2 e 4 localizzate a nord della costa, Lido di Volano e Porto Garibaldi, rispetto a quelle nelle stazioni 17 e 19, più a sud davanti a Rimini e Cattolica. Questa condizione evidenzia gli effetti diretti delle acque dolci immesse in ambiente marino dal bacino padano che condizionano prevalentemente l'area più nord.

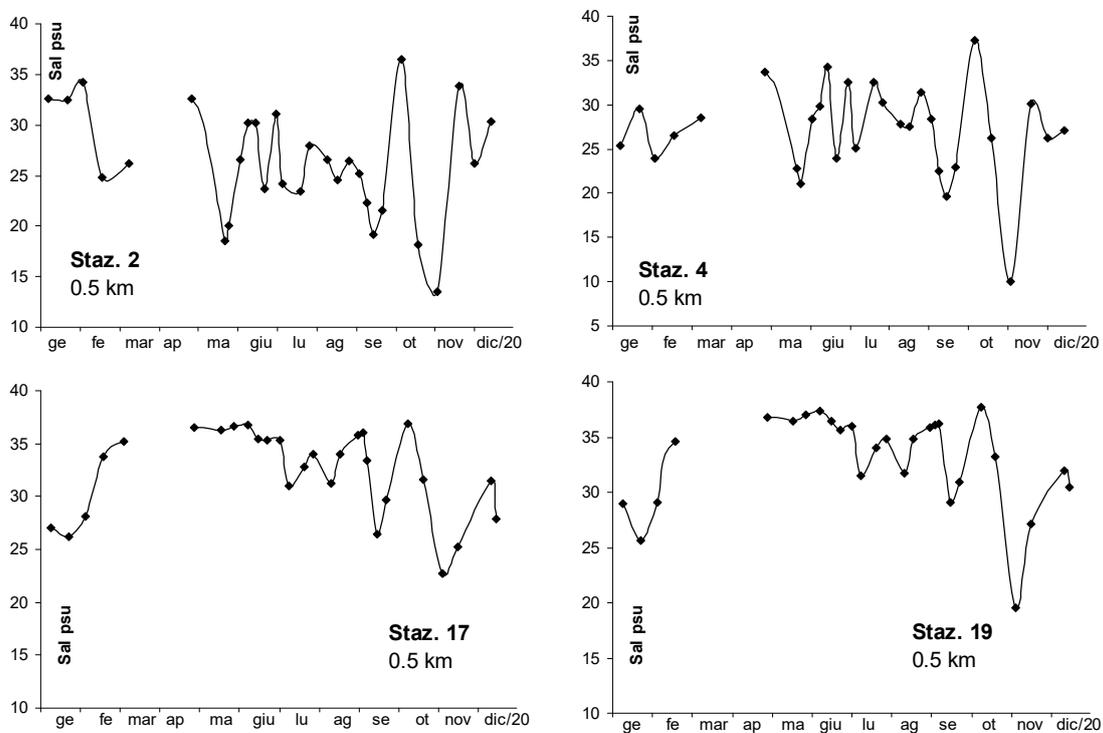


Figura 42 – Andamenti temporali della salinità in superficie in alcune stazioni a 0.5 km dalla costa

Il confronto degli andamenti della salinità (Figura 43) nelle due stazioni a 10 km dalla riva, una posizionata nella parte più nord e la seconda a sud della costa, conferma la diversa condizione ambientale rilevata durante l'anno in superficie nelle due aree.

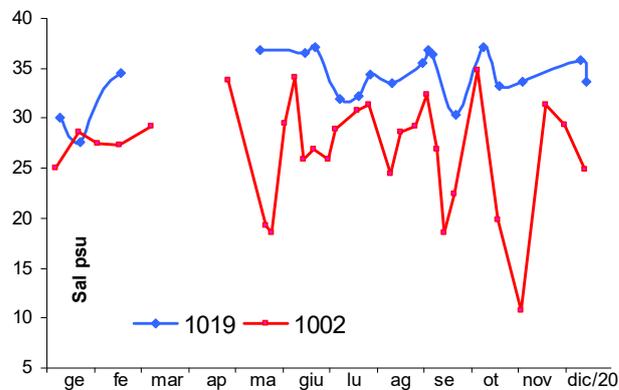


Figura 43 – Andamenti temporali della salinità (psu) nelle stazioni 1019 e 1002

L'elaborazione delle medie annuali lungo i transetti (Figura 44) sottolinea un netto trend nord-sud ed un incremento più graduale costa-largo ad eccezione, questo ultimo, del transetto di Lido di Volano che mostra nelle tre stazioni a 0.5, 3 e 10 km, medie molto simili tra loro ed al di sotto dei 30 psu. Ancora una volta emerge la disomogeneità tra le stazioni settentrionali rispetto a quelle centro meridionali in quanto le prime intercettano il flusso di acqua dolce dal bacino padano tutto l'anno.

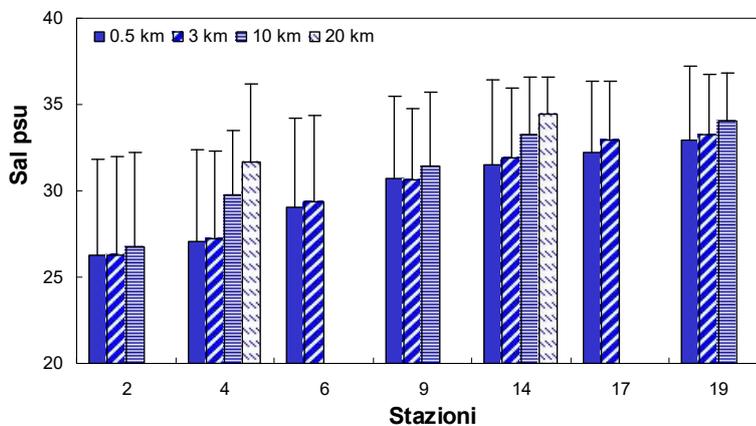


Figura 44 – Valori medi annuali e deviazioni standard della salinità nelle acque superficiali calcolate nei transetti a 0.5, 3, 10 20 km dalla costa

Mentre in superficie abbiamo riscontrato le fluttuazioni dei valori di salinità molto accentuate, sul fondo si mantengono più lineari e contenute confermando una maggior stabilità delle masse d'acqua negli strati più profondi (Figura 45).

Gli andamenti rappresentati nel grafico evidenziano la presenza in alcuni momenti dell'anno di stratificazioni più marcate sempre ben correlate con l'incremento delle immissioni di acque dolci in ambiente marino sia dal Po (Figura 38) che dai bacini costieri.

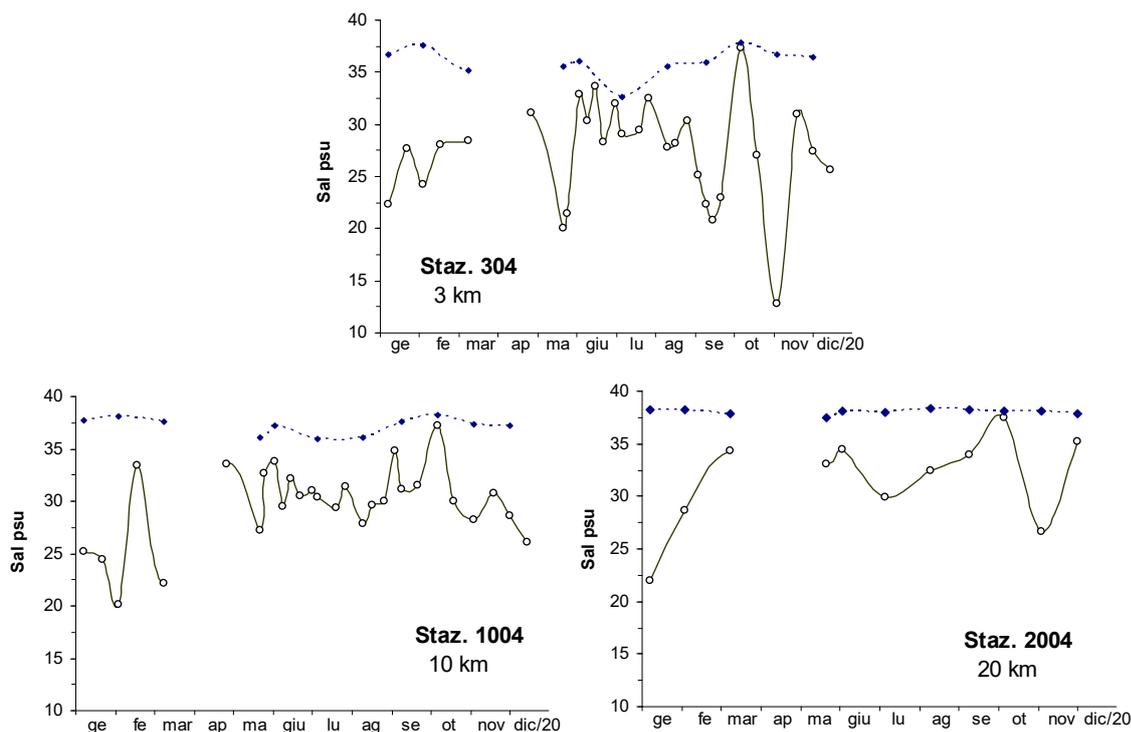


Figura 45 – Andamenti temporali della salinità in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 3, 10 e 20 km dalla costa lungo il transetto di Porto Garibaldi

Questa condizione viene ben rappresentata anche dalle isolinee di Figura 46 che mostrano la distribuzione della salinità lungo la colonna d'acqua nelle stazioni a 10 km dalla costa davanti a Lido di Volano, Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica. Anche in questa rappresentazione si evidenzia la differente condizione ambientale delle aree più settentrionali a confronto con quelle meridionali.

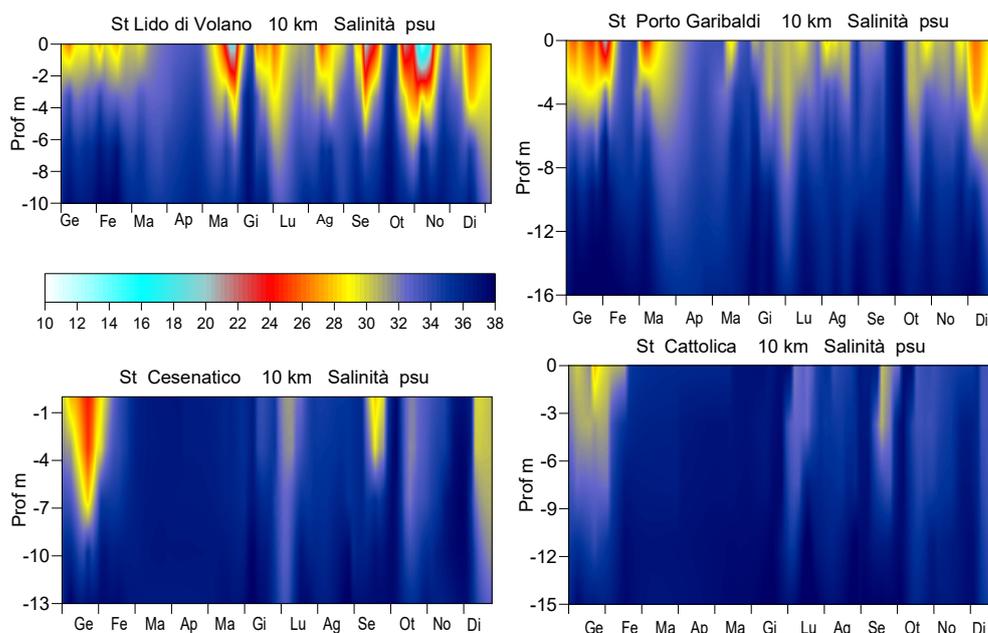


Figura 46 – Isolinee di distribuzione della salinità (psu) nelle stazioni a 10 km davanti a Lido delle Nazioni, Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica

A conferma del fatto che l'area più settentrionale della costa emiliano romagnola risente direttamente dell'apporto di acque dolci dal Po in Figura 47 è rappresentata la mappa di distribuzione della salinità in superficie durante il monitoraggio del 18-22 maggio e l'andamento pluviometrico rilevato a Cesenatico durante tutto il mese. Scarse precipitazioni e bassi regimi fluviali hanno mantenuto alta la salinità nell'area meridionale della costa mentre l'incremento della portata misurata a Pontelagoscuro prima del monitoraggio, con valori superiori a 2000 mc/sec, ha portato all'immissione di grandi quantità di acque dolci che hanno determinato marcate diluizioni di quelle marine di superficie sia in costa che al largo. Nella stazione 1002 (Lido di Volano) la salinità misurava 18.5 psu contro 36.9 psu misurata alla stazione 1019 (Cattolica).

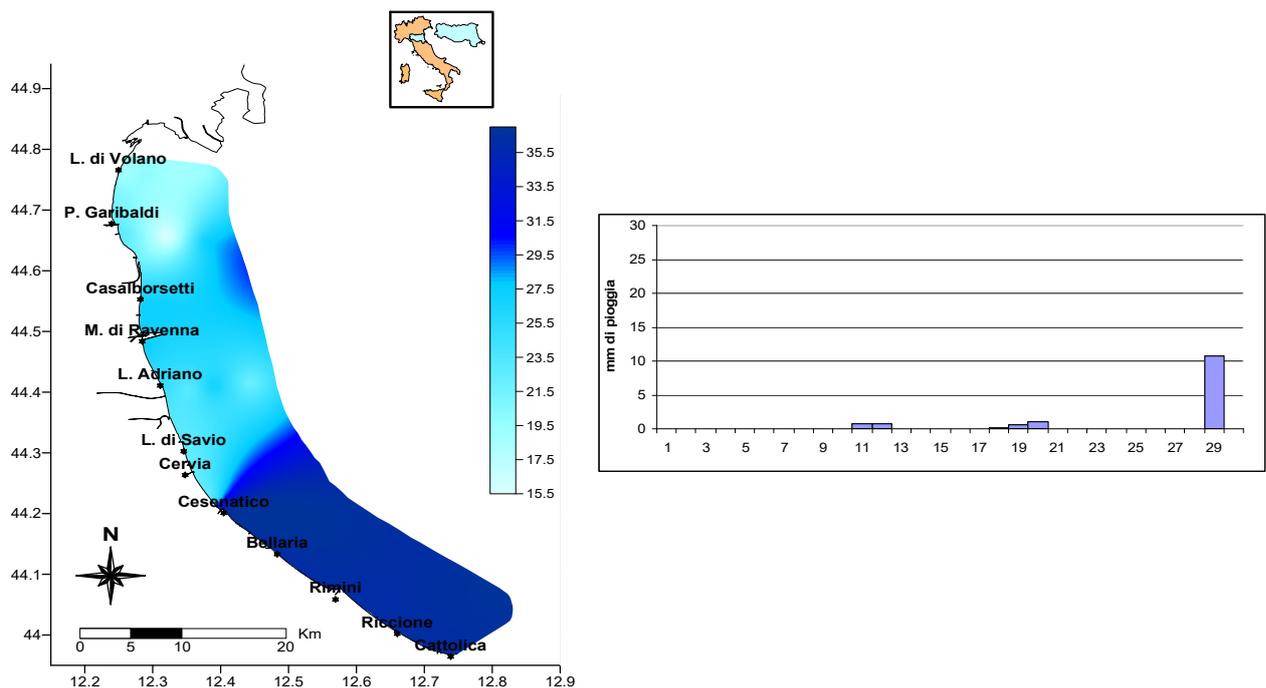


Figura 47 – A) Mappa di distribuzione della salinità in superficie (psu) rilevata da costa fino a 10 km al largo durante il monitoraggio del 18-22 maggio B)

Variazioni significative anche a distanza di pochi giorni si sono rilevate anche durante il 2020 più frequentemente nelle stazioni settentrionali come evidenziato ad esempio per la stazione 1004 a 10 km davanti a Porto Garibaldi, dove si sono registrati valori molto diversi in superficie a distanza di pochi giorni: 20.07 psu il 3 febbraio, 33.44 psu il 17 febbraio e 22.10 psu il 9 marzo.

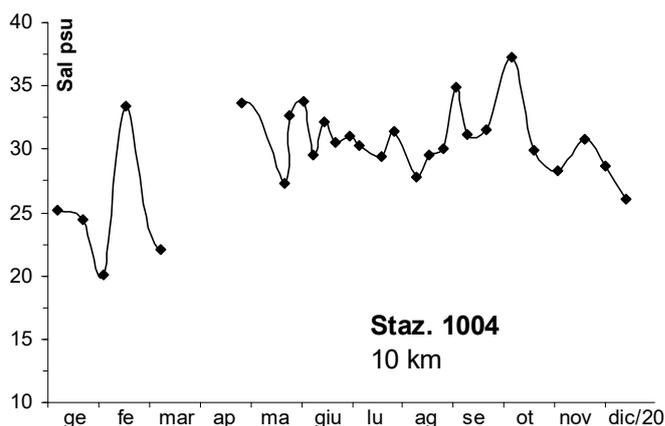


Figura 48 - Andamento temporale della salinità nella stazione 1004, a 10 km davanti a Porto Garibaldi

A novembre si rilevano salinità basse anche nell'area meridionale in conseguenza all'aumento eccezionale delle portate dei fiumi costieri a seguito delle abbondanti piogge cadute ad ottobre che hanno contribuito a diluire le acque marine dei primi strati della colonna in particolare nella fascia costiera dei 3 km (Figura 49).

Lungo il transetto di Lido di Volano durante i controlli si sono rilevate le salinità più basse conseguentemente alle portate eccezionali registrate a Pontelagoscuro i giorni precedenti, che hanno determinato forti diluizioni in tutte le stazioni nei primi 2 metri della colonna.

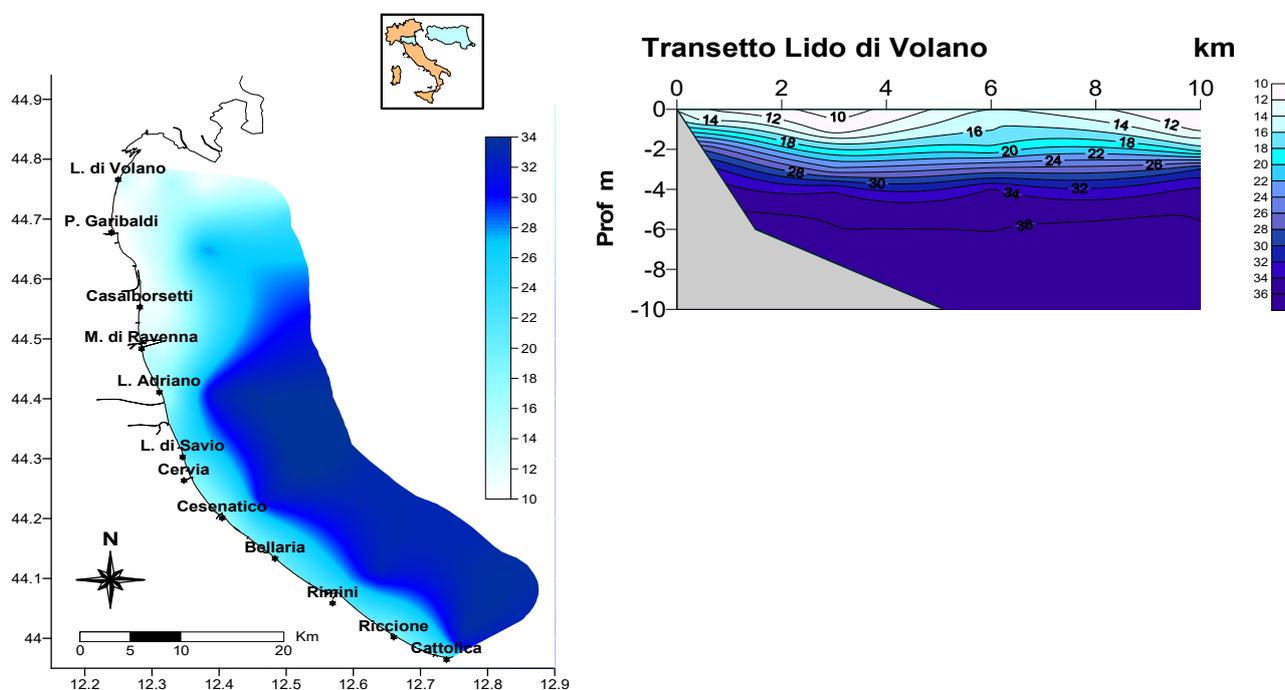


Figura 49 – A) Mappa di distribuzione della salinità (psu) in superficie da costa fino a 20 km al largo durante il monitoraggio del 3-4 novembre; B) Isolinee di salinità lungo il transetto di Lido di Volano

Il profilo di Figura 50 si può notare come nella stazione in costa di Lido di Volano i valori più superficiali mostrino valori più bassi rispetto alla stazione di Cattolica e come la distribuzione della salinità lungo la colonna d'acqua sia nella stazione Cattolica maggiormente stratificata soprattutto nei primi tre metri.

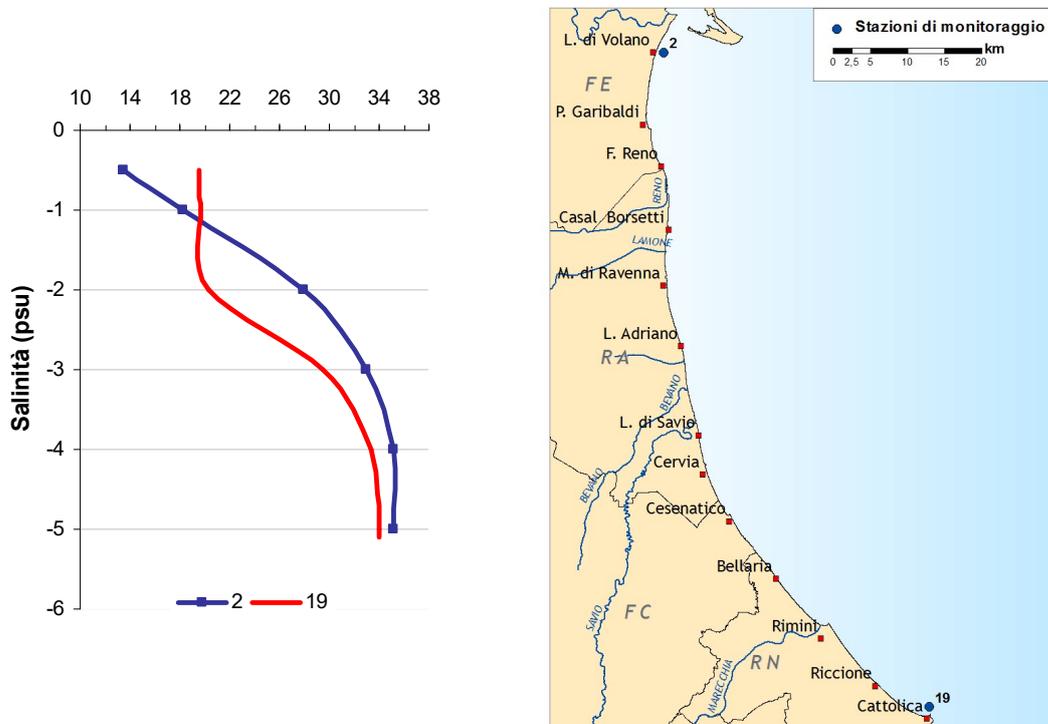


Figura 50 - Profilo della salinità rilevata nelle stazioni 2 e 19 a 0.5 km costa durante i controlli del 3-4 novembre

4.3.1.c Ossigeno disciolto

L'ossigeno disciolto rappresenta un importante indicatore dello stato trofico e della qualità ambientale di un ecosistema marino ed è strettamente correlato alla presenza di biomassa autotrofa in sospensione.

Le acque marine davanti alla costa dell'Emilia Romagna da sempre sono classificate come acque molto produttive, conseguentemente gli eventi eutrofici in atto, se prolungati nel tempo ed estesi lungo la costa, in concomitanza a condizioni meteo marine particolari, possono causare l'insorgenza di criticità soprattutto a livello del fondale. Infatti la biomassa fitoplanctonica a fine ciclo vitale si sedimenta sul fondo alimentando e sostenendo la componente eterotrofa che vive nei primi strati del sedimento marino. Quando si verificano fioriture microalgali eccezionali oltre all'aumento dell'ossigeno in superficie per l'intensa attività fotosintetica, si osserva poco dopo una sua diminuzione a livello del fondale per l'incremento dell'attività metabolica dei detritivori che decompongono la sostanza organica depositatasi a fine ciclo di vita. Diminuzioni prolungate delle concentrazioni sul fondo possono portare ad una condizione di ipossia e anossia negli ultimi strati della colonna d'acqua, destabilizzando le comunità bentoniche legate alla vita di fondo. Spesso situazioni critiche con poco ossigeno disciolto nelle acque di fondo si risolvono in breve tempo grazie al gioco di correnti e anche per l'instaurarsi di intensi movimenti idrodinamici delle masse d'acqua a seguito di forti mareggiate o forti venti.

L'elaborazione dei dati annuali in superficie e sul fondo (Figura 51) evidenzia concentrazioni più elevate in superficie dove si sviluppa al massimo l'attività fotosintetica ad opera della componente microalgale, rispetto a quelle calcolate negli ultimi strati della colonna d'acqua. In questi ultimi strati le concentrazioni medie sono più basse nelle stazioni a 3 km rispetto a quelle delle stazioni più in costa. Inoltre si confermano valori medi in superficie elevati nelle stazioni settentrionali in accordo con valori più elevati di biomassa fitoplanctonica registrati durante l'anno.

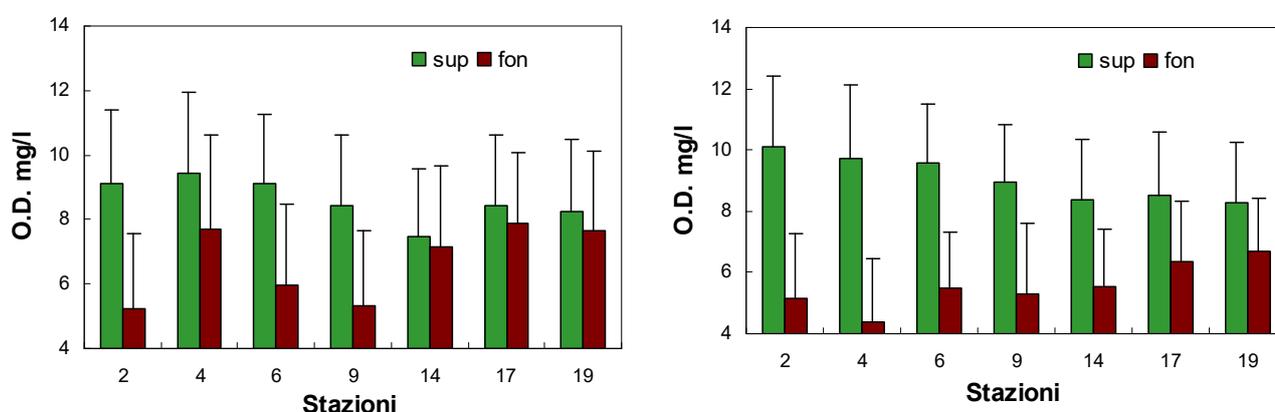


Figura 51 – Valori medi annuali e deviazioni standard di ossigeno disciolto nelle acque superficiali e di fondo nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

Gli andamenti temporali dell'ossigeno disciolto lungo i transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico rappresentati in Figura 52 sottolineano una maggior variabilità in superficie rispetto al fondo. Le ampie fluttuazioni nei primi metri della colonna si registrano contemporaneamente alla presenza di fioriture microalgali che in alcuni momenti portano ad una condizione di sovrassaturazione del parametro. Questa condizione si è verificata ad esempio durante i primi controlli dell'anno in concomitanza alla presenza in mare, nell'area più settentrionale della costa, di fioriture microalgali di *Skeletonema* spp., genere appartenente al gruppo delle Diatomee. L'andamento sul fondo sottolinea fluttuazioni più limitate ma evidenzia anche la presenza durante l'anno di periodi con diminuzioni dei valori anche critici.

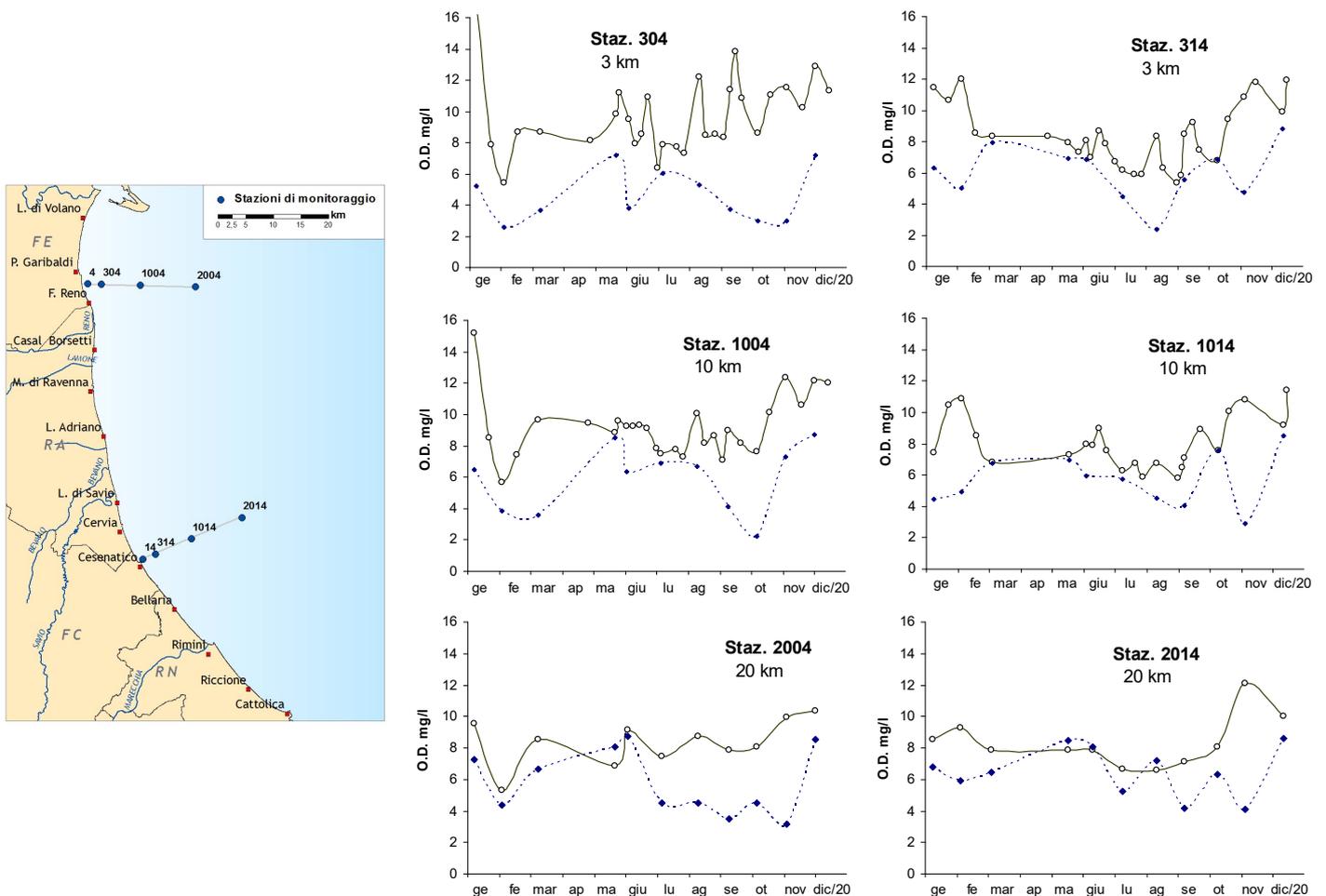


Figura 52 – Andamento temporale dell'ossigeno disciolto in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) a 3, 10 e 20 km dalla costa lungo i transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico riportati nella mappa

In Figura 53 sono rappresentati i profili eseguiti con la sonda multiparametrica durante il monitoraggio di settembre nelle stazioni 2 e 3 che mostrano la distribuzione dell'ossigeno disciolto lungo la colonna d'acqua

In queste stazioni si è rilevato il valore più basso del parametro pari a 0.69 mg/l che è stato registrato durante i controlli del 14 settembre, a riprova di una condizione anossica e ipossica dell'area.

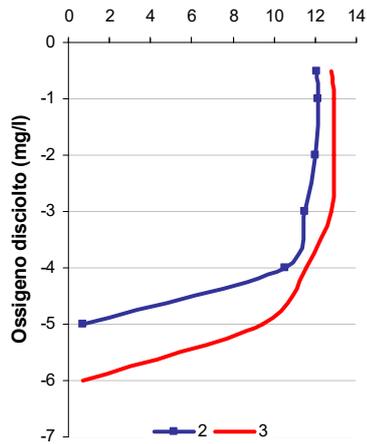


Figura 53 – Profili dell’ossigeno disciolto rilevato con la sonda multiparametrica il 14 settembre a 0.5 km nelle stazioni 2 (Lido di Volano) e 3 (Lido delle Nazioni)

Le mappe di Figura 54 evidenziano i momenti del 2020 durante i quali si sono registrate le situazioni più delicate a livello del fondale per quanto riguarda i valori di ossigeno disciolto. L’area settentrionale è stata quella più soggetta a condizioni di ipossia, cioè con concentrazioni comprese tra 1 e 3 mg/l, sia in costa che al largo.

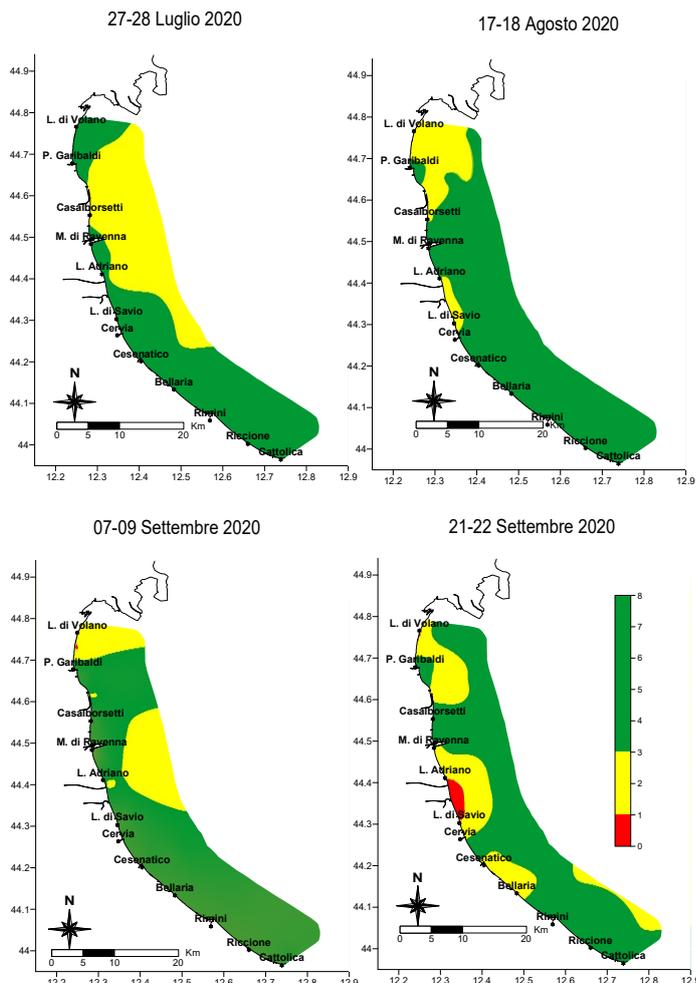


Figura 54 - Mappe di distribuzione dell’ossigeno disciolto (mg/l) rilevati sul fondo fino a 10 km dalla costa durante alcuni monitoraggi

Settembre è stato il mese dell'anno durante il quale in alcune stazioni si sono registrate le concentrazioni più basse, anche inferiori a 1 mg/l (condizione di anossia). Questa situazione ha riguardato diverse zone della costa causando in alcune limitate aree sofferenza degli organismi a stretto contatto con il fondale. Fortunatamente eventi di mare mosso e forte vento hanno contribuito a rimescolare le masse d'acqua ed a ripristinare velocemente una condizione con valori di ossigeno nella norma. Conseguentemente non si sono evidenziate durante il 2020 situazioni di elevata criticità a livello del fondale per l'ecosistema costiero.

4.3.1.d Clorofilla “a”

La concentrazione di clorofilla “a” fornisce la misura del principale pigmento fotosintetico delle microalghe presenti nelle acque; viene utilizzata per stimare indirettamente la biomassa fitoplanctonica. 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, entrambi applicati nella valutazione delle caratteristiche trofiche del corpo idrico e dello stato ambientale dell'ecosistema.

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.

Essendo la costa emiliano romagnola molto sensibile ai fenomeni eutrofici, il monitoraggio viene effettuato con frequenza elevata; l'indagine è quindicinale (1^a e 3^a settimana di ogni mese) e non bimestrale come prevede il DM 260/10. Una maggior frequenza d'indagine, rispetto a quanto richiesto dal decreto, deriva dalla necessità di tenere più sotto controllo le diverse fasi eutrofiche.

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 trent'anni di monitoraggi a frequenza settimanale/quindicinale, mostrano una scala temporale di variazione ben più accentuata rispetto alla frequenza di misure prevista dal DM 260/10.

In Figura 55 si riportano gli andamenti della clorofilla “a” del 2020 nelle varie stazioni di campionamento. Osservando i grafici si nota che le stazioni ubicate più a nord sono caratterizzate in generale da concentrazioni più alte e da una variabilità maggiore rispetto a quelle più meridionali di clorofilla “a”. Anche questo parametro trova una stretta correlazione con le portate fluviali, in quanto gli apporti di acque dolci trasportano a mare sostanze nutritive (sali di N e P) che innescano e sostengono le fioriture microalgali.

In

Figura 56 si riportano le mappe di distribuzione delle medie stagionali di clorofilla “a”.

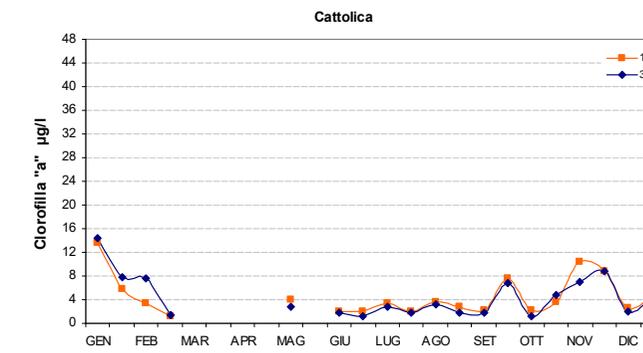
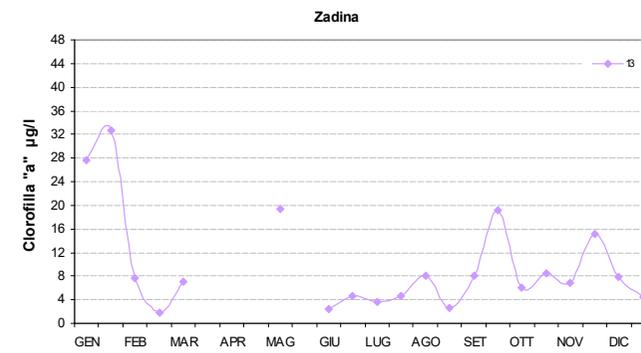
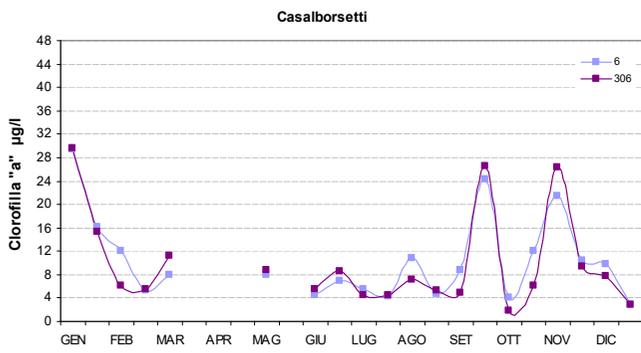
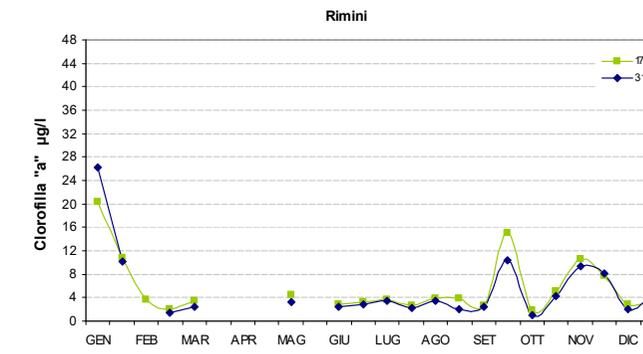
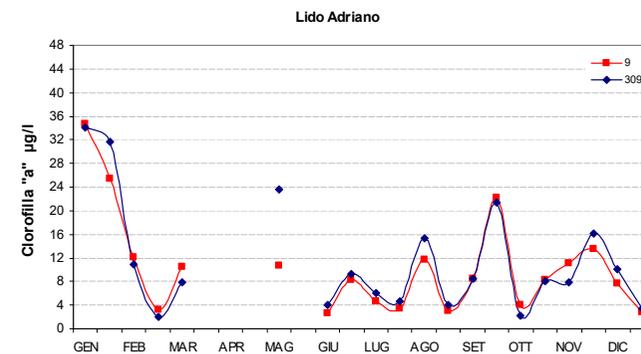
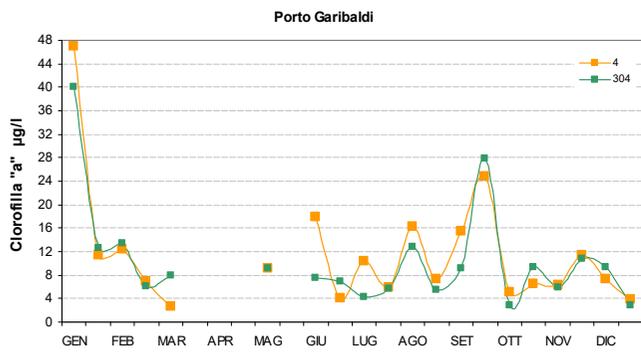
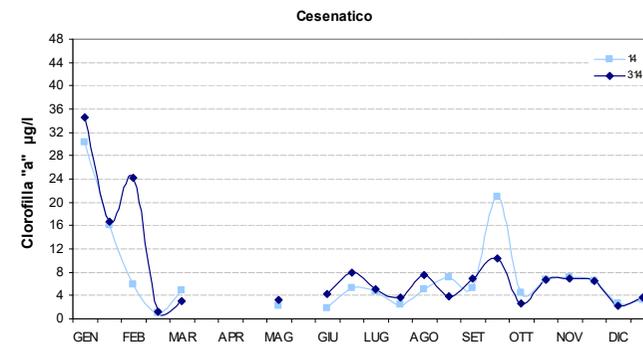
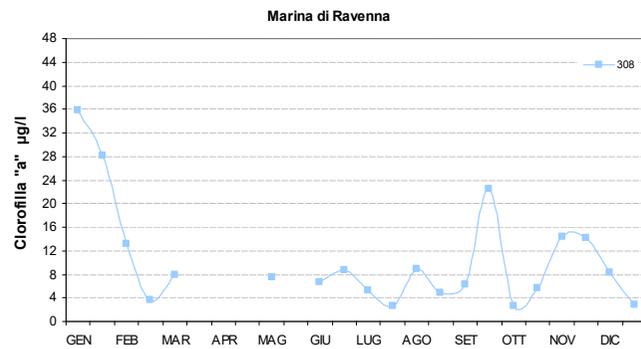
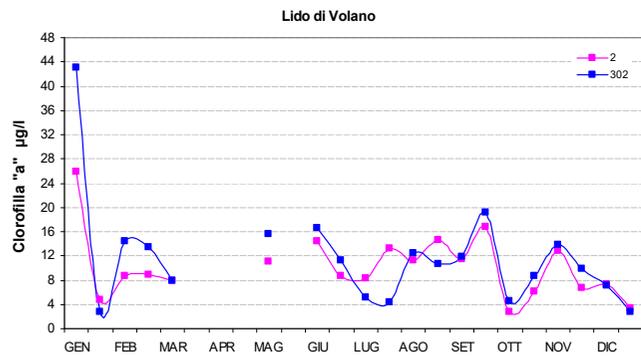


Figura 55 – Andamenti temporali della clorofilla “a” in superficie nelle stazioni a 0.5 e 3 km di distanza dalla costa dei corpi idrici CD1 (stazioni 2, 302, 4, 304, 6, 306, 308) e CD2 (stazioni 9, 309, 13, 14, 314, 17, 317, 19, 319): anno 2020

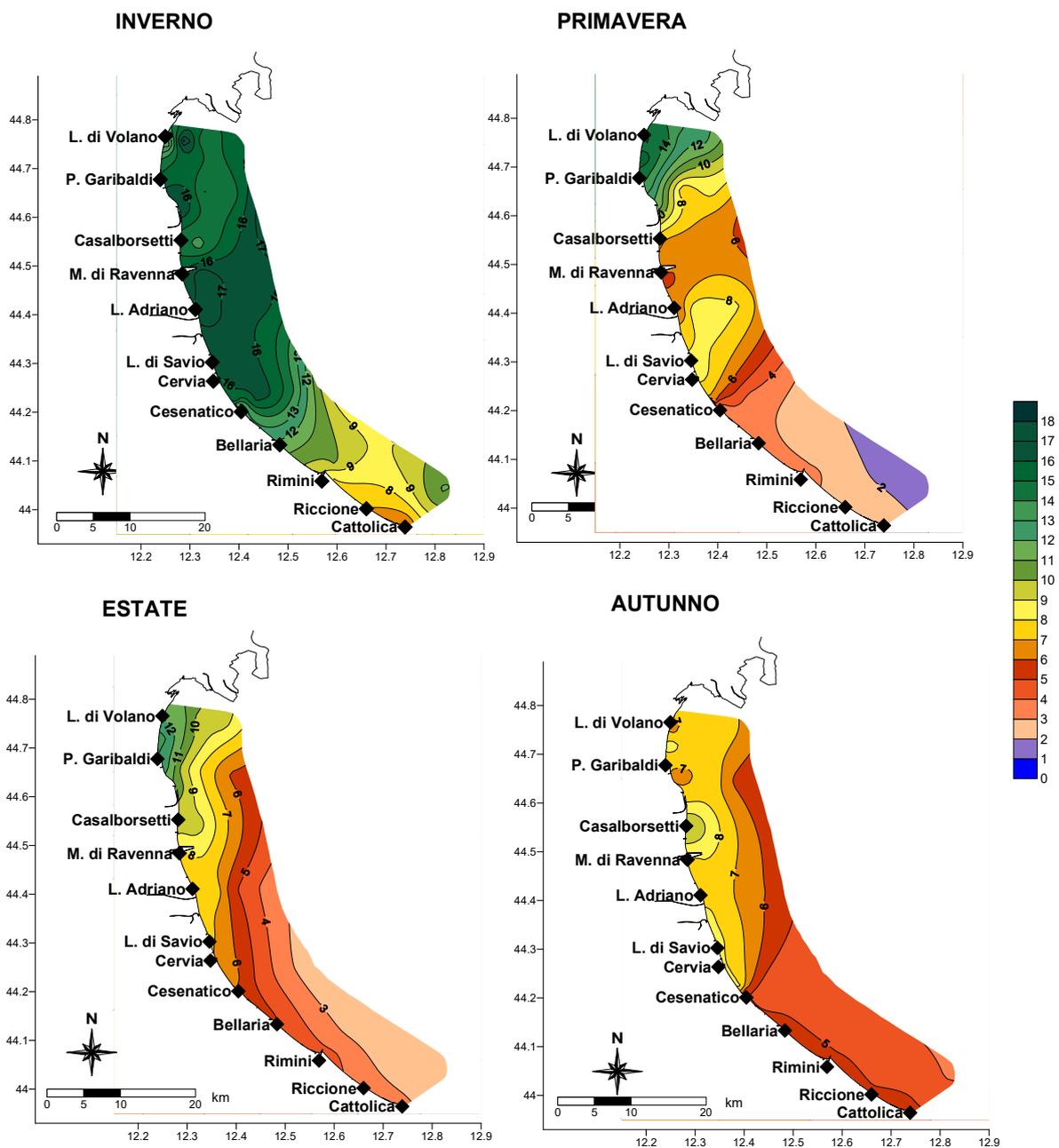


Figura 56 – Mappe di distribuzione della clorofilla “a” (µg/l) da costa a 10 km al largo in superficie (medie stagionali)

4.3.2 Elementi nutritivi

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

L'andamento annuale dei valori di azoto nitrico misurati nel 2020 evidenzia un marcato decremento nord sud e costa largo (Figura 57). Fa eccezione il transetto di Lido di Volano dove al contrario le concentrazioni tendono ad aumentare da costa a largo, a conferma dell'influenza diretta degli apporti di nutrienti veicolari dalle acque dolci immesse dal bacino padano durante tutto l'anno. Proprio nella stazione 1002, la più lontana da riva ma che prima intercetta gli apporti padani, si è calcolata la media più elevata di $N-NO_3$ pari a 477.11 $\mu\text{g/l}$. Il valore medio più basso invece nella stazione più esterna lungo il transetto di Cesenatico posizionata a 20 km è stato di 91.92 $\mu\text{g/l}$. Il confronto con i dati elaborati nel 2019 attesta valori che si mantengono pressoché simili in tutte le stazioni.

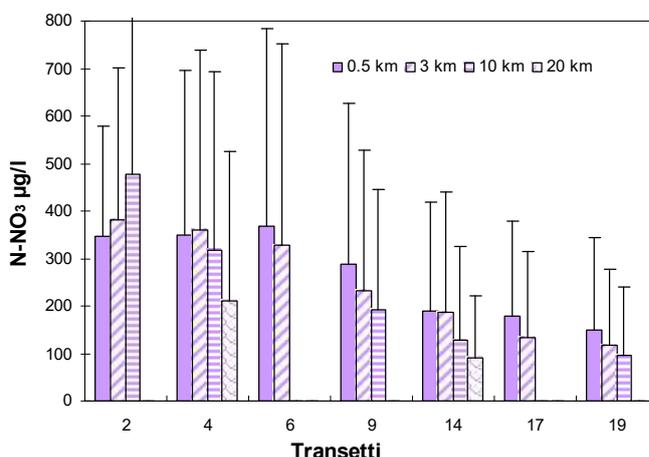


Figura 57 – Valori medi annuali e deviazione standard dell'azoto nitrico in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

Analizzando l'andamento temporale del parametro nelle stazioni 2 e 19, la prima posizionata nell'area più a nord e la seconda in quella più a sud, si evidenzia come nella stazione 2 si rilevi una maggior variabilità del parametro con anche fluttuazioni più ampie (Figura 58).

Nei periodi di maggior apporti di acque dolci anche dai bacini costieri, si sono misurate concentrazioni elevate a Cattolica, sia nei primi mesi dell'anno che a fine anno.

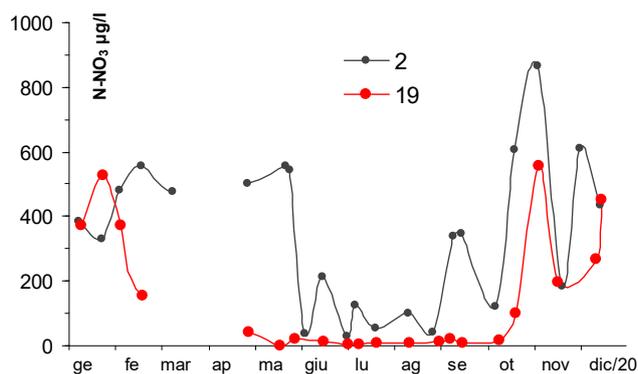


Figura 58 – Andamento temporale dell’azoto nitrico in superficie nelle stazioni 2 e 19 a 0.5 km dalla costa davanti a Lido di Volano e Cattolica

Analizzando le medie stagionali si rilevano concentrazioni nettamente più elevate di azoto nitrico in inverno ed autunno rispetto a quelle primaverili ed estive che risultano, queste ultime, molto basse nelle stazioni più a sud della costa (Figura 59). I massimi ed i minimi si sono avuti come consuetudine nei momenti stagionali rispettivamente di minimo apporto (in estate) e di massimo apporto (in inverno). Più precisamente il valore stagionale in costa più basso è stato calcolato in estate nella stazione 19 pari a 90.06 µg/l, il più elevato a Casalboretto (st. 6) uguale a 773.40 µg/l durante la stagione invernale. Rispetto ai dati calcolati nel 2019 si misurano concentrazioni medie più elevate in inverno ed inferiori in primavera ed autunno mentre durante i mesi estivi rimangono tra loro molto simili.

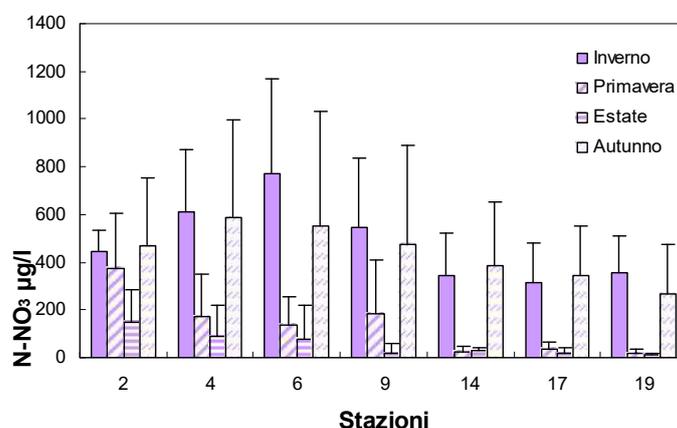


Figura 59 - Valori medi stagionali e deviazioni standard dell’azoto nitrico in superficie calcolati in alcune stazioni a 0.5 km dalla costa

Le mappe di Figura 60 mettono in evidenza la distribuzione stagionale in superficie dell’azoto nitrico calcolata come media lungo la costa dell’Emilia Romagna fino ad una distanza di 10 km. Si evidenzia la diversa distribuzione del parametro nell’area settentrionale rispetto a quella meridionale confermando il gradiente decrescente nord costa.

Durante il mese di febbraio, in particolare, si sono misurate le concentrazioni più elevate del 2020 in diverse stazioni a nord. L'andamento annuale del parametro evidenzia il 3 febbraio in superficie concentrazioni elevate di N-NO₃ sia in costa (st. 5 = 2216.3 µg/l), che al largo (st. 1004 = 1385 µg/l) (Figura 61).

La mappa di Figura 62 mostra i valori di N-NO₃ rilevati in superficie durante i controlli del 3-4 febbraio sottolineando la netta differenza di condizione dell'area settentrionale rispetto a quella meridionale. La prima presenta concentrazioni in alcune stazioni anche 5 volte superiori a quelle misurate nelle stazioni più a sud della costa.

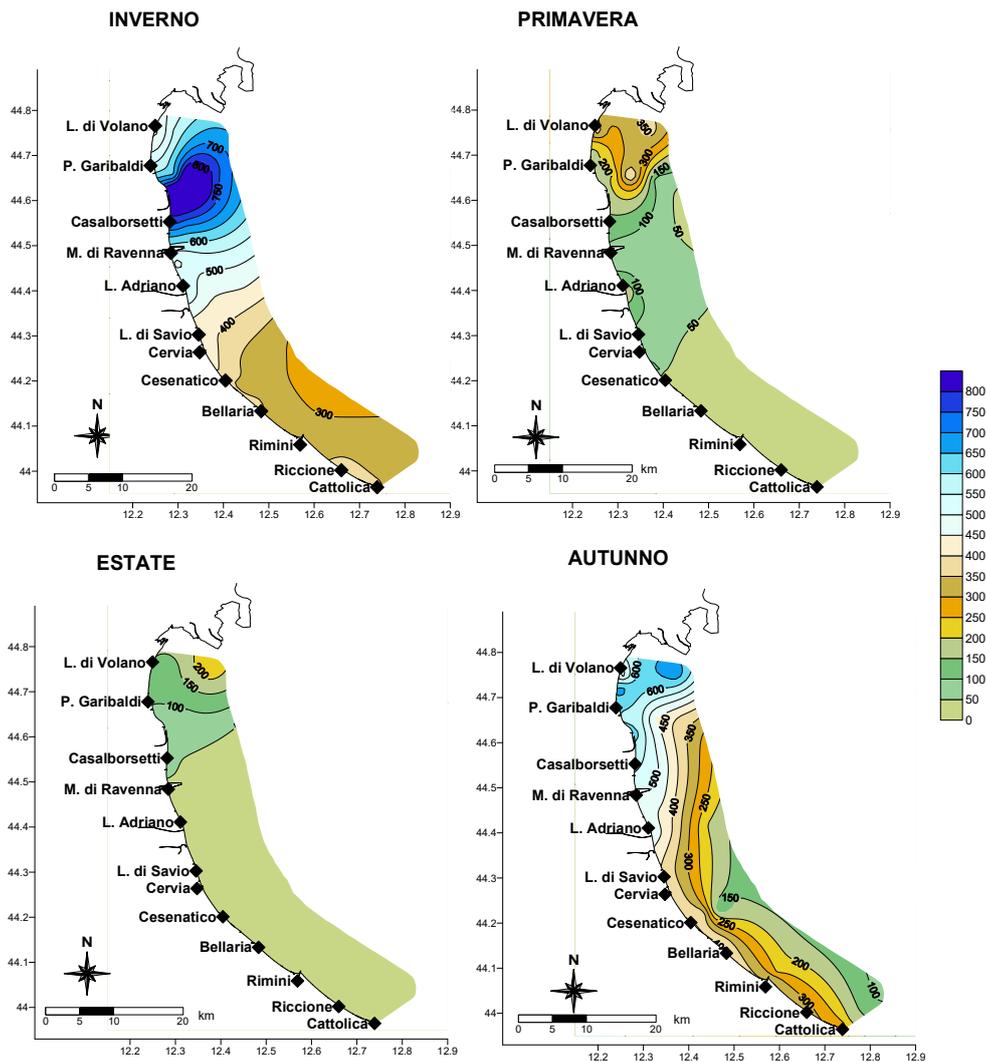


Figura 60 – Mappe di distribuzione delle medie stagionali di N-NO₃ (µg/l) in superficie fino a 10 km dalla costa

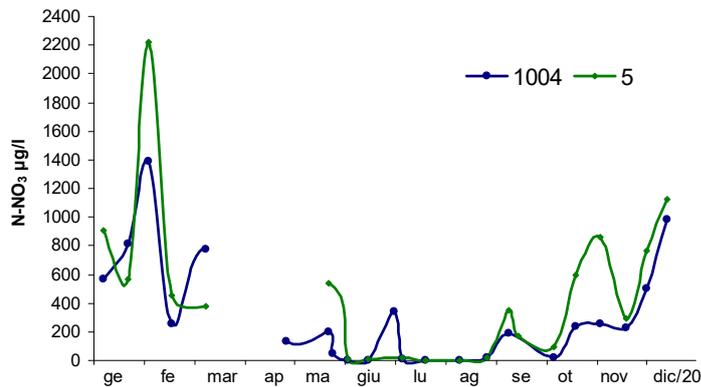


Figura 61 - Andamento temporale dell'azoto nitrico nelle stazioni 1004 e 5

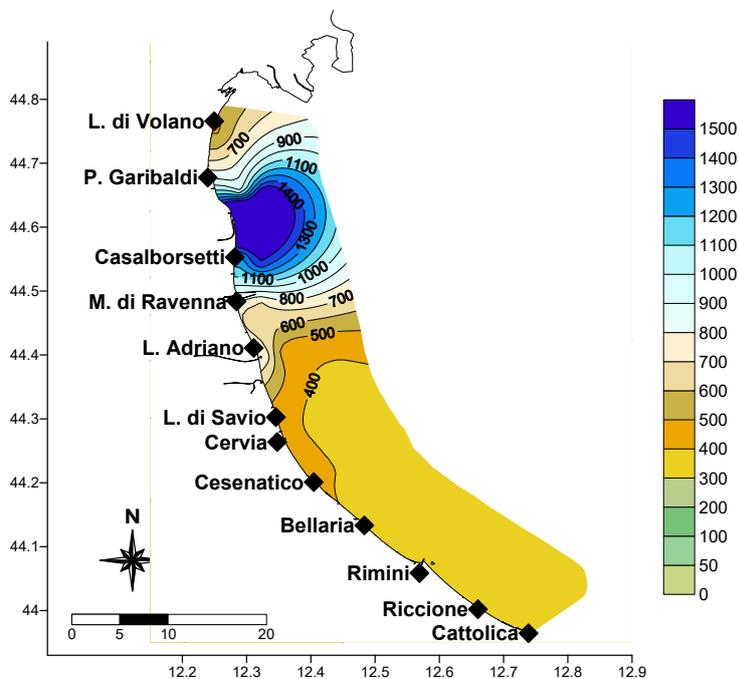


Figura 62 - Mappa di distribuzione dell'azoto nitrico in superficie lungo la costa fino a 10 km al largo - monitoraggio del 3-4 febbraio

L'andamento dell'azoto nitrico in superficie a confronto con quello misurato sul fondo mostra un'elevata variabilità sempre più accentuata nelle stazioni settentrionali.

La Figura 63 mostra l'andamento annuale del parametro lungo i transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico nelle stazioni a 3, 10 e 20 km. Si evidenziano maggiori fluttuazioni lungo il transetto più settentrionale ma in entrambi i casi i valori sul fondo rimangono più bassi con variazioni più lineari e contenute che rilevano una maggior stabilità delle masse d'acqua negli ultimi metri della colonna. Le acque di superficie confermano, al contrario, l'influenza che le variazioni delle portate dai bacini costieri hanno sulla concentrazione dei nutrienti in mare.

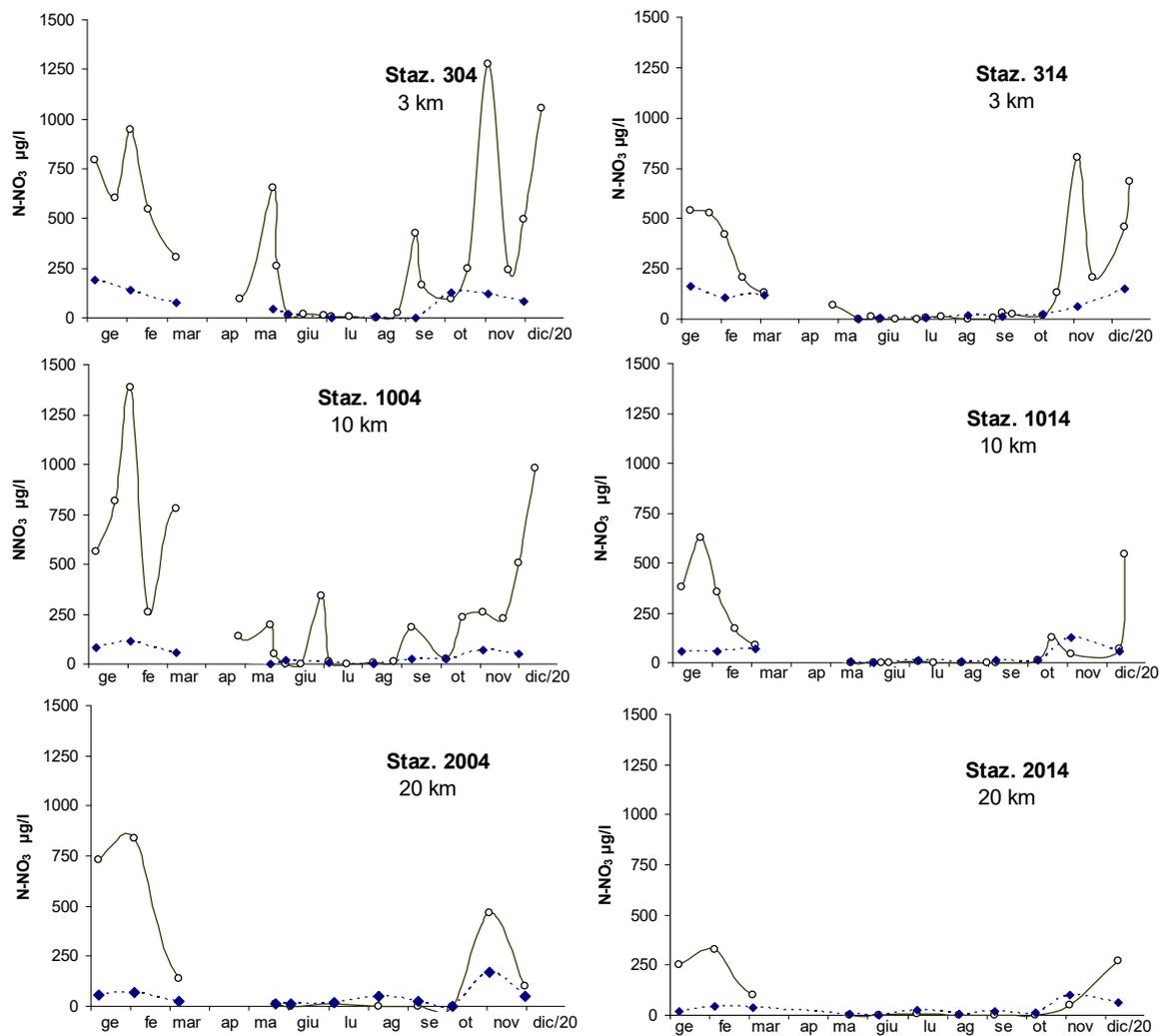


Figura 63 – Andamenti temporali dell'azoto nitrico in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata)

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

Il comportamento dell'azoto nitroso è in linea con quello analizzato per l' $N-NO_3$ anche nel 2020 in quanto entrambi strettamente correlati alle variazioni delle portate dei fiumi, influenzate a loro volta dalle precipitazioni atmosferiche.

Gli andamenti rappresentati in Figura 64 evidenziano concentrazioni più elevate a inizio e fine anno contemporaneamente a periodi di pioggia diffusa ed incremento delle immissioni dai bacini costieri e, concentrazioni minime durante i mesi più caldi. Le fluttuazioni del parametro nel corso del 2020 hanno una maggior variabilità e ampiezza nelle acque superficiali delle stazioni più settentrionali rispetto a quelle localizzate a sud della costa.

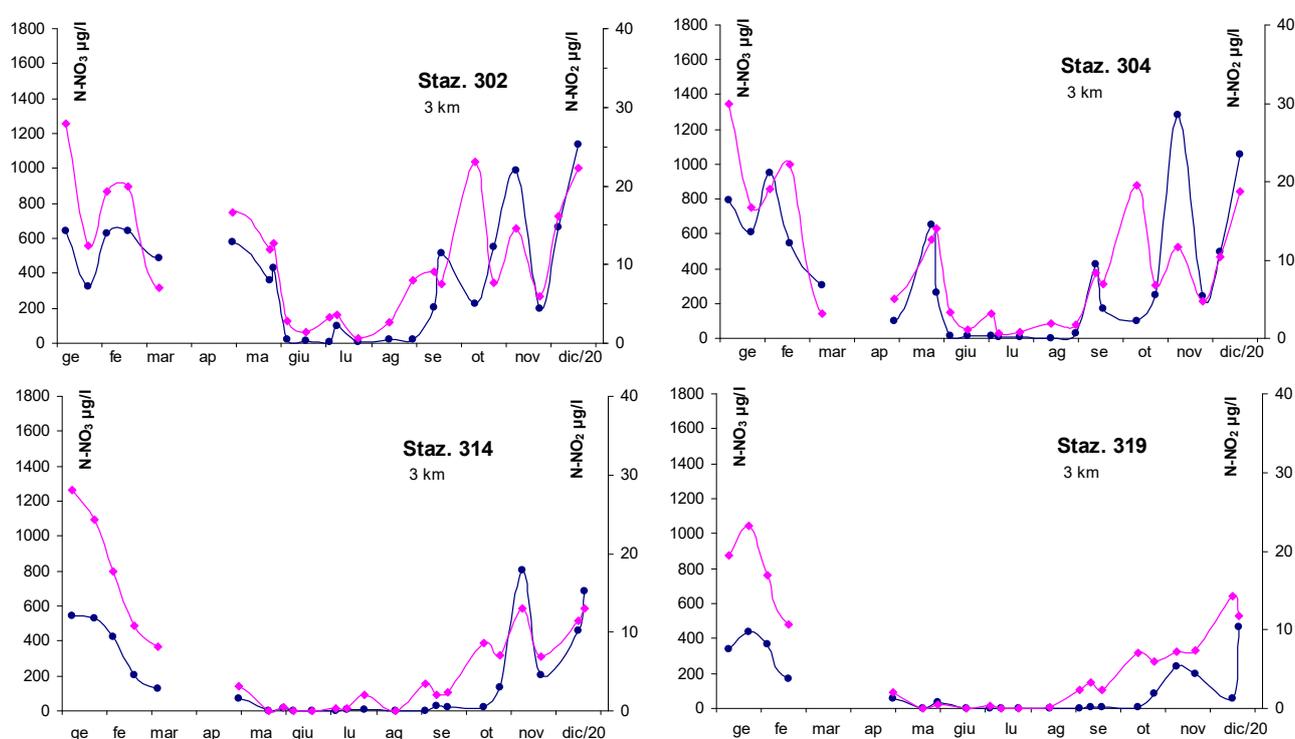


Figura 64 – Andamenti temporali dell'azoto nitrico (linea blu) e nitroso (linea fucsia) nelle stazioni posizionate a 3 km dalla costa davanti Lido di Volano, Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica

L'elaborazione delle medie annuali nelle stazioni lungo i transeiti della rete di monitoraggio regionale, evidenzia anche per l' $N-NO_2$ un marcato trend nord sud e costa largo (Figura 65). Il valore medio più alto di 13.11 $\mu\text{g/l}$, è stato calcolato nella stazione 2 a 0.5 km davanti a Lido di Volano mentre il più basso al largo di Cesenatico ad una distanza di 20 km pari a 4.44 $\mu\text{g/l}$. Il confronto con i dati calcolati nel 2019 conferma una diminuzione di concentrazione nella maggior parte delle stazioni.

Come osservato per l' N-NO_3 anche per questa forma d'azoto, analizzando i valori medi stagionali, si confermano concentrazioni più elevate in inverno ed autunno e minime in estate (Figura 66). Fa eccezione la stazione 2 dove le medie primaverili sono molto simili a quelle autunnali e superiori a quelle invernali. In primavera il valore medio si attesta intorno ai $15.8 \mu\text{g/l}$ nettamente superiore a quello calcolato nella stazione 19, più a sud della costa, pari a $0.83 \mu\text{g/l}$ nello stesso periodo.

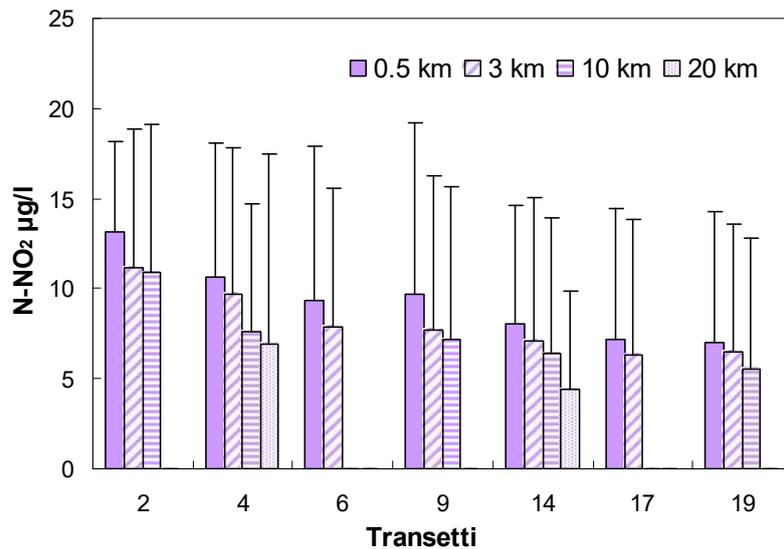


Figura 65 – Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto nitroso in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

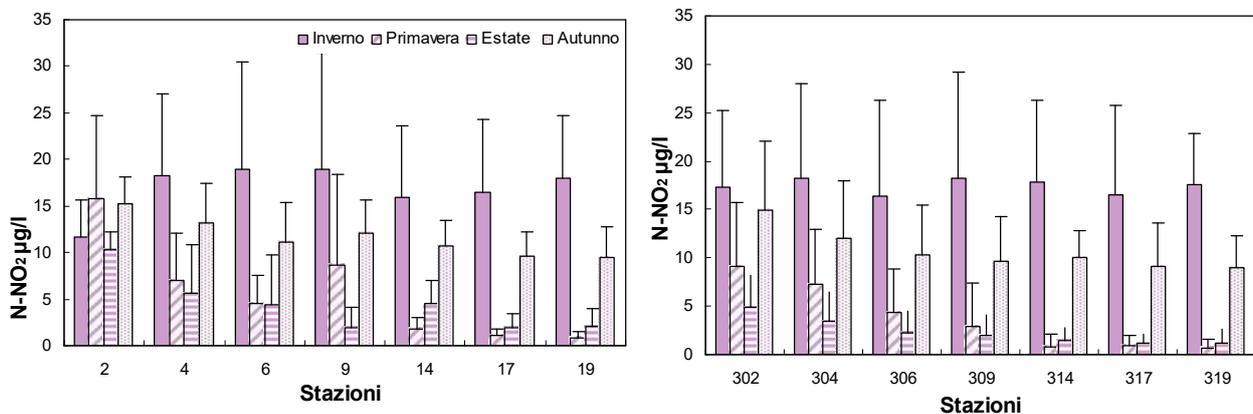


Figura 66 – Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'azoto nitroso in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

Il confronto dei valori di azoto nitroso misurati nel corso dell'anno nelle stazioni in costa di Lido di Volano (st. 2) e Cattolica (st. 19) conferma la tendenza ad avere concentrazioni più elevate e variabili nella stazione più settentrionale rispetto a quella più meridionale (Figura 67). Fanno eccezione i dati rilevati durante i controlli del 22-23 gennaio che hanno evidenziato valori di N-NO_2 nelle acque di superficie più elevate a Cattolica ($25.3 \mu\text{g/l}$) rispetto a quelle di Lido di Volano. Questa condizione è

strettamente correlata alla presenza in quel momento nell'area meridionale di acque con valori di salinità bassi, inferiori a 30 psu a seguito di eventi di pioggia diffusa che hanno portato ad un aumento delle immissioni dirette dai fiumi locali di acque dolci in mare e quindi anche di nutrienti.

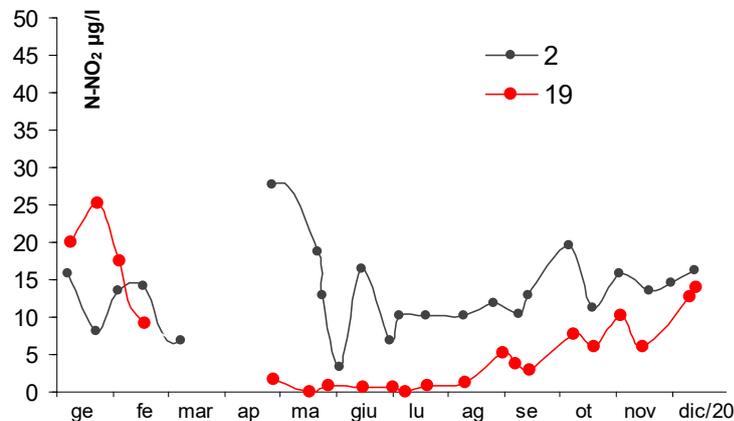


Figura 67 – Andamento temporale dell'azoto nitroso nelle stazioni a 0.5 km davanti a Lido di Volano e Cattolica

Il confronto delle concentrazioni misurate in superficie e sul fondo lungo i transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico, da costa fino a 20 km al largo, evidenzia in alcuni momenti differenze più nette (Figura 68). Nelle stazioni a 3 ed a 10 km da Porto Garibaldi ed a 3 km da Cesenatico si sono rilevate in alcuni monitoraggi concentrazioni più elevate sul fondo rispetto a quelle di superficie. Ad esempio nelle stazioni a 3 km in tutte e due le località nei controlli eseguiti a novembre si è registrato lo scostamento più ampio; a Cesenatico in superficie l'azoto nitroso misurava 11.7 µg/l contro i 33.4 µg/l del fondo ed a Porto Garibaldi rispettivamente 12.9 µg/l contro i 28.9 µg/l.

Queste condizioni si verificano normalmente in concomitanza a situazioni di ipossia/anossia che si possono instaurare a livello del fondale dove, la mineralizzazione della sostanza organica da parte della comunità detritivora, provoca da una parte il consumo d'ossigeno e dall'altra la rimessa in circolo di nutrienti come in questo caso di azoto nitroso.

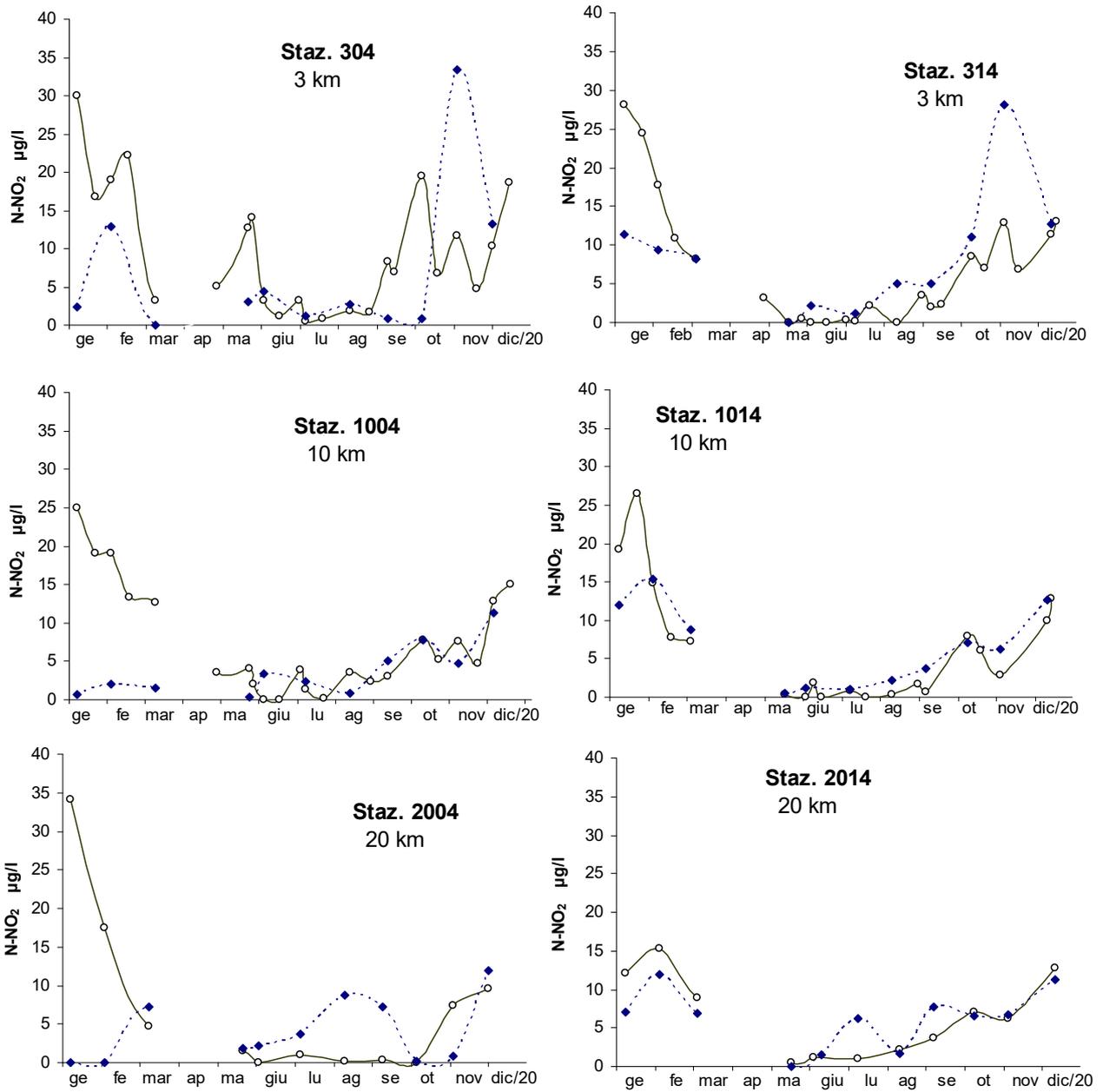


Figura 68 - Andamenti temporali dell'azoto nitroso in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo i transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico

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

Anche le fluttuazioni dell'azoto ammoniacale rimangono strettamente correlate agli apporti dei fiumi ed in particolare alle immissioni dei reflui generati dagli insediamenti urbani. Il valore più elevato nel 2020 si è registrato nella stazione antistante la foce del fiume Reno durante i controlli del 3 febbraio con concentrazioni in superficie pari a 489.3 $\mu\text{g/l}$. Questa condizione è riconducibile alla presenza di acque dolci immesse in ambiente marino dal bacino a seguito di precipitazioni avvenute i giorni precedenti ai controlli, che hanno portato ad un incremento delle immissioni in mare con conseguente diluizione delle acque marine nei primi strati della colonna ed incremento dei nutrienti.

L'elaborazione delle medie annuali in alcune stazioni evidenzia concentrazioni più elevate in costa e un trend costa largo in alcune zone più marcato, come ad esempio si può osservare per il transetto di Lido Adriano (Figura 69). In generale si osserva una diminuzione da Lido di Volano a Lido Adriano e da Cesenatico a Cattolica nelle stazioni a 3 km mentre nelle stazioni a 10 e 20 km i valori medi si mantengono bassi. Nella stazione 14 si è calcolato il dato più elevato pari a 32.84 $\mu\text{g/l}$. Il confronto con le medie del 2019 evidenzia una tendenza generale alla diminuzione in particolare nelle stazioni più al largo. Nella stazione 2004, a 20 km da Porto Garibaldi, il valore medio nel 2020 è stato di 3.63 $\mu\text{g/l}$ di molto inferiore ai 15.46 $\mu\text{g/l}$ trovati nel 2019.

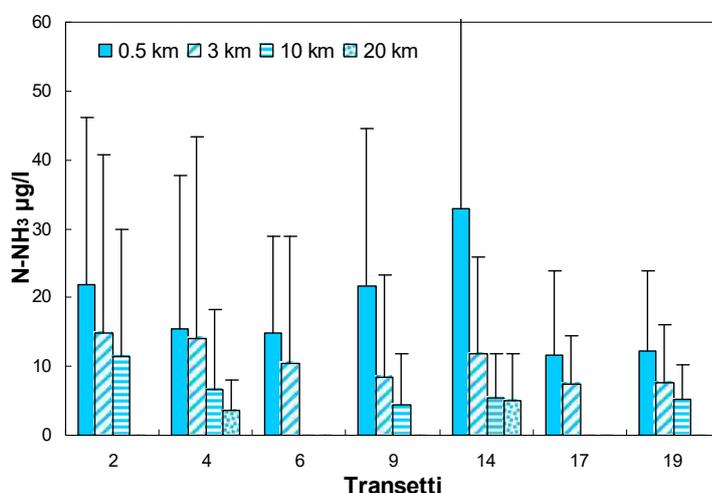


Figura 69 – Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto ammoniacale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

Gli andamenti temporali dell'ammoniaca, evidenziati in Figura 70 per le stazioni 4 e 14, mostrano ampie fluttuazioni in superficie durante tutto l'anno e concentrazioni superiori a Cesenatico in diversi monitoraggi come ad esempio a luglio, quando nei controlli eseguiti il giorno 21 si è rilevato un picco elevato pari a 140.88 $\mu\text{g/l}$, il terzo più alto del 2020.

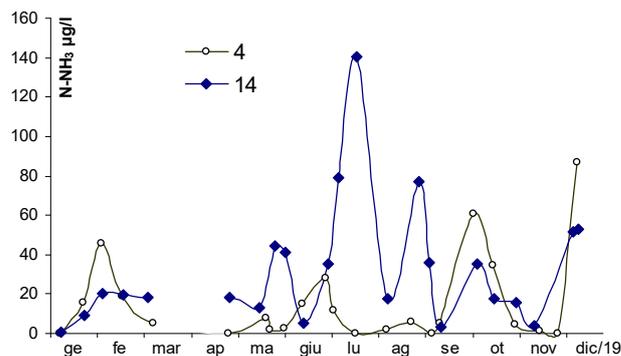


Figura 70 – Andamento temporale dell’azoto ammoniacale nelle stazioni a 0.5 km davanti a Porto Garibaldi (4) e Cesenatico (14)

L’andamento dei valori di ammoniaca analizzati in superficie e sul fondo nelle stazioni a 3, 10 e 20 km lungo le due direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico, confermano le tendenza alla diminuzione del parametro nelle stazioni più lontane da riva. Il confronto tra il dato di superficie e di fondo evidenzia valori a volte superiori sul fondo rispetto a quelli di superficie.

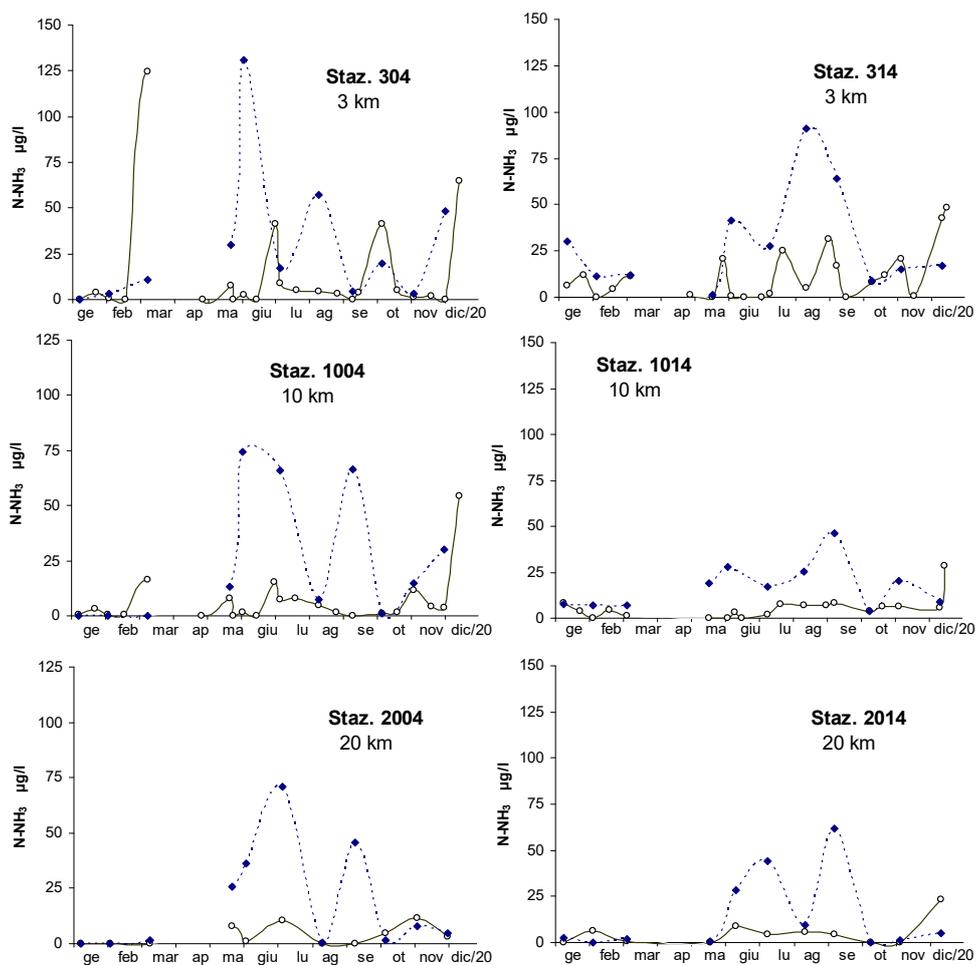


Figura 71 - Andamento temporale in superficie dell’ammoniaca (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo le direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico nelle stazioni a 3, 10 e 20 km da costa

Ad esempio nella stazione 304 il 3 giugno si sono rilevate concentrazioni in superficie pari a 2.27 $\mu\text{g/l}$ di molto inferiori a quelle misurate sul fondo uguali a 131 $\mu\text{g/l}$. Questa condizione è la conseguenza dell'attività metabolica degli organismi che vivono nel sedimento marino che mineralizzando la sostanza organica rendono solubile l' N-NH_3 e nella maggior parte dei casi è correlata anche a diminuzioni di ossigeno sul fondo tendenti all'ipossia/anossia.

Analizzando i dati di ammoniaca per stagione nelle stazioni a 0.5 e 3 km, si osservano valori più elevati in autunno in tutte le stazioni (Figura 72). Le concentrazioni nelle stazioni più in costa si presentano molto variabili con qualche eccezione, come ad esempio la stazione 14 che presenta i valori più elevati in assoluto in estate pari a 55.44 $\mu\text{g/l}$. Nella stazione 9, a 0.5 davanti a Lido Adriano, i dati medi calcolati in primavera sono molto simili a quelli di autunno intorno a 32 $\mu\text{g/l}$.

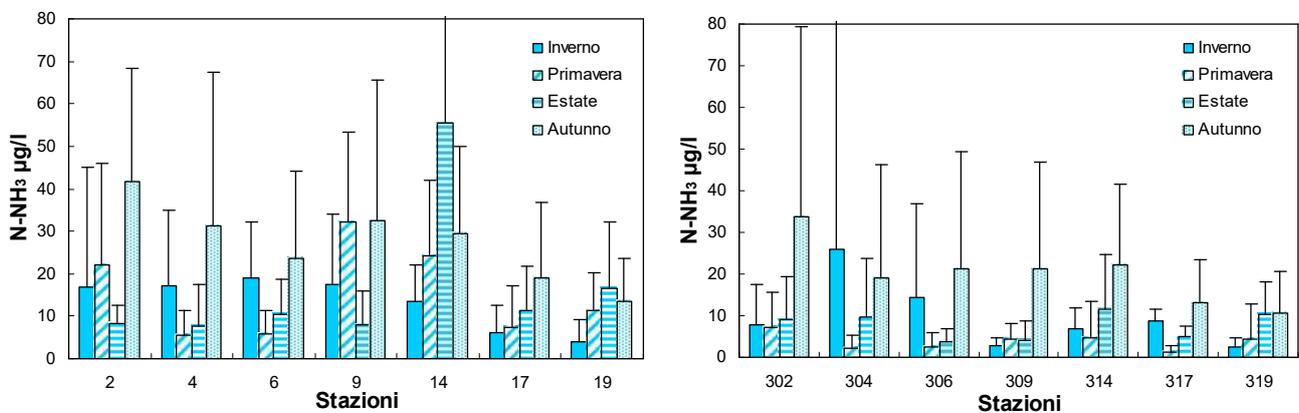


Figura 72 – Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'Azoto ammoniacale in superficie nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

4.3.2.d Azoto inorganico disciolto (DIN)

Il DIN (Dissolved Inorganic Nitrogen) corrisponde all'azoto inorganico disciolto in mare ed è la somma delle tre componenti solubili azotate: azoto nitroso, azoto nitrico ed azoto ammoniacale.

Come visto per queste ultime, l'andamento nel 2020 anche per il DIN rimane strettamente correlato a quello delle portate dei bacini costieri ed in particolare da quello padano. Delle tre componenti l'azoto nitroso, l' $N-NO_3$ è quello più rappresentativo in tutti i campionamenti. Gli istogrammi raffigurati in Figura 73 mostrano i valori di DIN misurati durante l'anno nella stazione 2 a 0.5 km davanti a Lido di Volano ed il contributo di ogni forma azotata. Le concentrazioni più alte si sono rilevate in autunno mentre le più basse nei mesi tra giugno ed agosto, in concomitanza a regimi fluviali minimi.

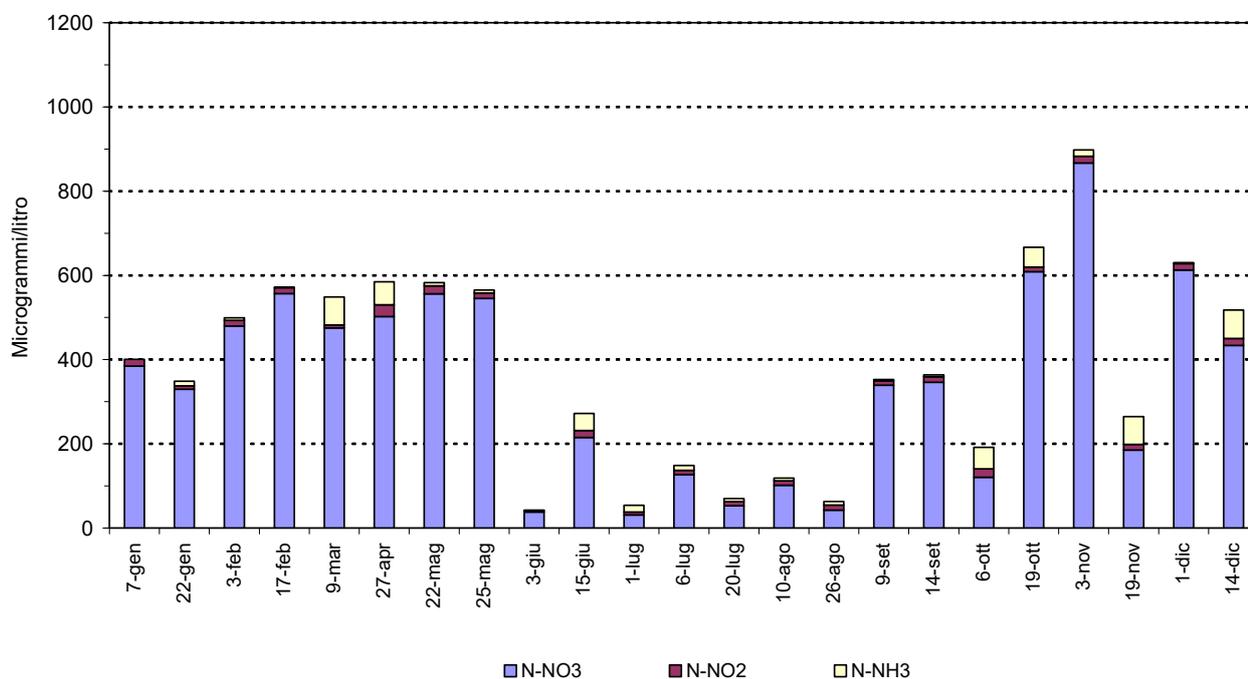


Figura 73 – Istogrammi in pila degli andamenti di nitrati, nitriti e azoto ammoniacale nella stazione di Lido di Volano

L'analisi dei valori medi mensili in tre stazioni posizionate lungo la costa a 3 km dalla riva, messe a confronto con un valore medio mensile calcolato nel periodo 1993-2002, evidenzia alcune differenze. L'elaborazione di Figura 74 permette di evidenziare eventuali scostamenti avvenuti nel corso del 2020 rispetto ai valori medi calcolati nelle stesse stazioni nel lungo periodo presi come condizioni di riferimento. Per la stazione 319, posizionate nell'area più meridionale della costa dell'Emilia Romagna, si osservano pochi scostamenti e tutti negativi che confermano una tendenza alla diminuzione di concentrazione durante tutto l'anno. La stazione 304, posizionate invece nell'area più settentrionale della costa davanti a Porto Garibaldi evidenzia una maggior variabilità. Ad inizio e fine anno, in correlazione all'aumento

delle immissioni di acque dolci in particolare dal bacino padano, si osservano incrementi più netti dei valori di DIN rispetto alle condizioni di riferimento mentre ad aprile, giugno e ottobre al contrario una diminuzione più significativa. A Cesenatico si rileva un tendenza negativa da marzo a ottobre mentre a gennaio, novembre e dicembre come per la stazione 304, si osserva un incremento rispetto ai valori climatologici di riferimento.

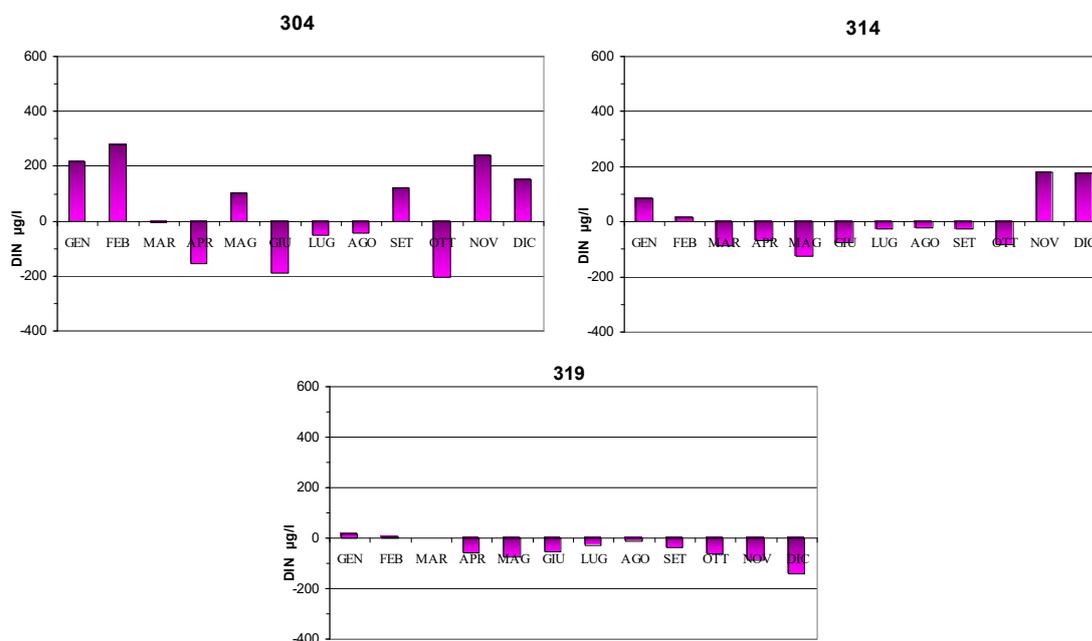


Figura 74 – Variazione dei valori medi mensili del DIN nelle stazioni a 3 km dalla costa (304-Porto Garibaldi- 314- Cesenatico, 319-Cattolica) in confronto al valore medio climatologico

In Figura 75 sono rappresentate le medie geometriche annuali nel lungo periodo, 1982-2020 in tre aree lungo la costa rappresentative dell'intera regione: un'area più settentrionale compresa tra Lido di Volano e Porto Garibaldi (stazioni 2, 3 e 4), una centrale tra Milano Marittima-Cervia e Cesenatico (stazioni 12 e 14) ed una più meridionale antistante a Cattolica in due stazioni posizionate a 0.5 e 3 km da costa. Nel grafico le linee tratteggiate indicano le linee di tendenza di tipo lineare che mostrano in termini assoluti l'evoluzione complessiva del sistema mentre le linee continue consentono di evidenziare eventuali fenomeni di ciclicità interannuale. Nel 2020 si osserva una tendenza ad una diminuzione di concentrazione nell'area centrale ed in quella meridionale, mentre nell'area più a nord i valori si mantengono molto simili a quelli rilevati nel 2019.

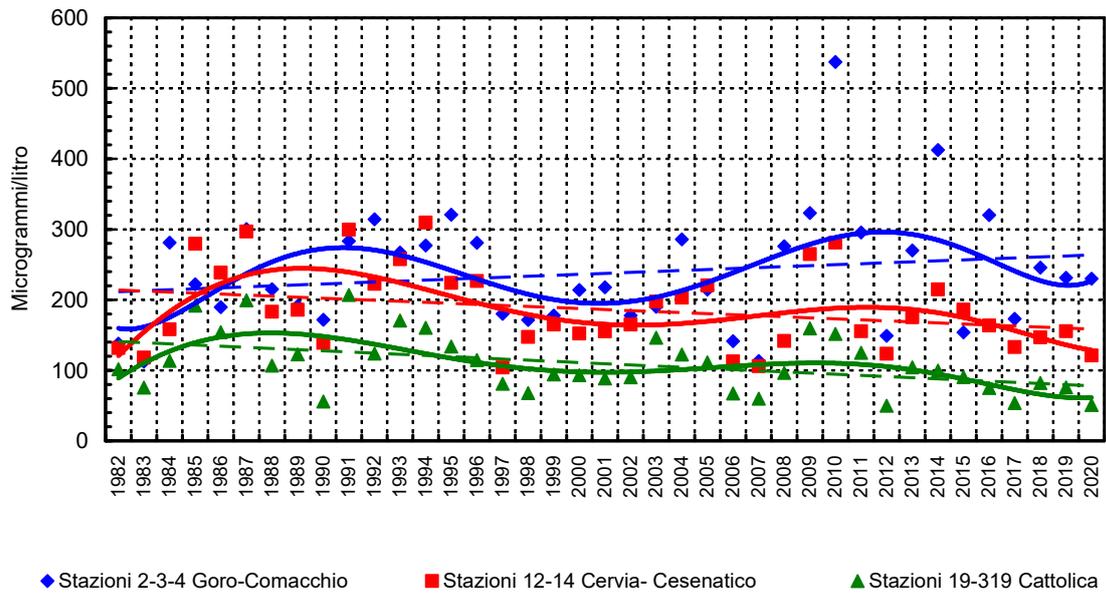


Figura 75 – Medie geometriche annuali per trend evolutivo del DIN in tre aree lungo la costa emiliano romagnola (periodo 1982-2020)

4.3.2.e Azoto totale (N tot)

L'elaborazioni delle medie annuali di azoto totale misurato nelle acque marine evidenzia un marcato gradiente negativo nord sud e costa largo (Figura 76). Fa eccezione la situazione rilevata lungo il transetto di Lido di Volano che come visto più volte essendo influenzato maggiormente dalle acque dolci immesse in particolare dal Po contengono concentrazioni più elevate superiori in tutte a 700 µg/l, anche nei punti di campionamento più esterni alla costa che intercettano per prime le acque dolci immesse in ambiente marino. Il valore medio più elevato è stato calcolato nelle stazioni 2 e 1002 (796.97 e 786.56 µg/l) mentre il più basso nella stazione 2014, a 20 km davanti a Cesenatico (291.95 µg/l).

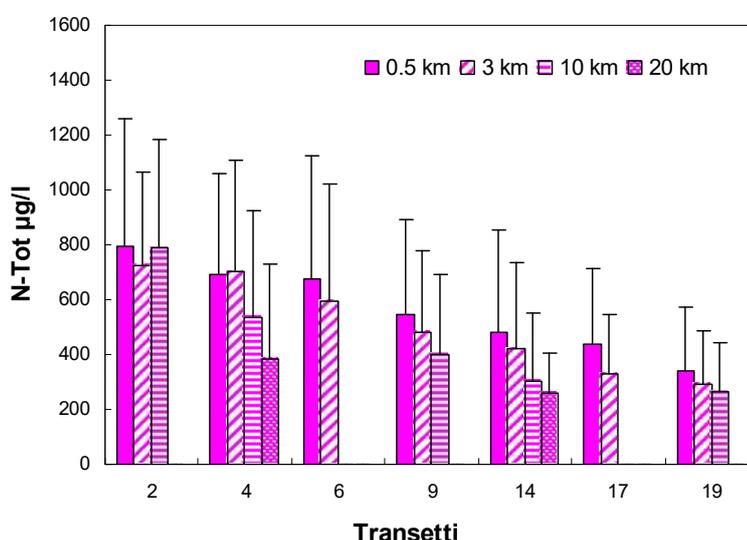


Figura 76 – Valori medi annuali e deviazioni standard dell'azoto totale in superficie calcolati nelle stazioni lungo i transetti a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

Il confronto delle medie mensili calcolate nel 2020 nelle stazioni 304, 314 e 319 con i valori medi climatologici di riferimento, calcolati nel periodo 1993-2002, evidenziano una situazione simile a quella vista per il DIN. Le concentrazioni nella stazione più meridionale tendono a rimanere molto simili o in diminuzione da aprile e giugno e a ottobre e dicembre. La stazione 304, davanti a Porto Garibaldi rileva una maggior variabilità del parametro con diversi incrementi delle concentrazioni di azoto totale rispetto ai valori di riferimento, il più netto a marzo. Si rilevano valori negativi ad aprile giugno e ottobre e quindi una tendenza ad una diminuzione rispetto ai valori climatologici di riferimento. A Cesenatico si osserva una diminuzione da marzo a giugno e a ottobre e valori positivi più significativi ad agosto- settembre e a novembre-dicembre.

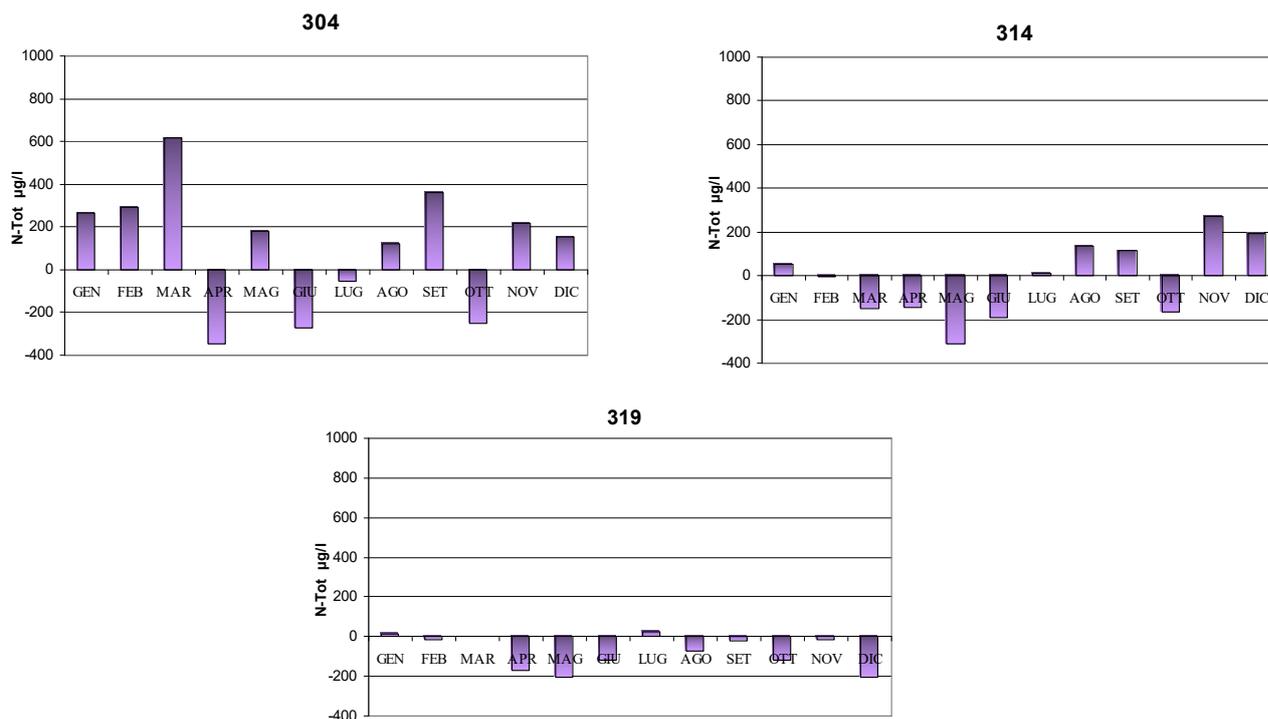


Figura 77 – Variazione dei valori medi mensili dell’azoto totale nelle stazioni a 3 km dalla costa (304- Porto Garibaldi, 314-Cesenatico, 319-Cattolcia) in confronto al valore medio climatologico (1993-2002)

L’andamento dell’azoto totale nelle due stazioni opposte lungo la costa raffigurato in Figura 77, conferma concentrazioni e variazioni maggiori a Lido di Volano, quindi nell’area più settentrionale, rispetto a Cattolica; nella prima si osserva un picco elevato di 2645.6 µg/l misurato durante il monitoraggio del 9 marzo.

Durante i controlli del 9 marzo si è registrato anche il valore più elevato di azoto totale del 2020 pari a 3199 µg/l nella stazione 3 a 0.5 km davanti a Lido delle Nazioni.

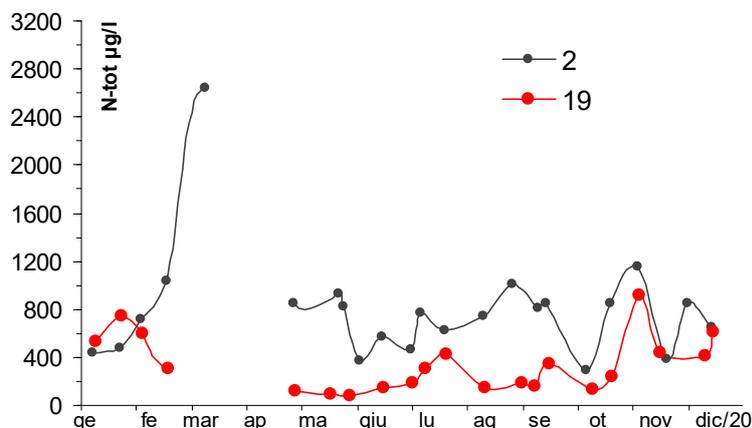


Figura 78 - Andamento temporale dell’azoto totale nelle stazioni 2 e 19 a 0.5 km davanti a Lido di Volano e Cattolica

Analizzando l'andamento del parametro misurato in superficie ed a livello del fondale, si conferma una maggior variazione e fluttuazioni ampie nei primi strati della colonna d'acqua più accentuata nella stazione a 3 km (Figura 79). Sul fondo le concentrazioni rimangono più basse e lineari confermando una maggior stabilità delle masse d'acqua negli ultimi strati della colonna.

Riportiamo un esempio di quanto sopra detto, graficando tali differenze rilevate durante i controlli eseguiti il 2 febbraio in tre stazioni situate lungo la direttrice di Cesenatico: nella stazione 304 in superficie si sono misurati 1243.8 $\mu\text{g/l}$ di N tot contro i 284 $\mu\text{g/l}$ sul fondo, nella 1004 1169 $\mu\text{g/l}$ in superficie rispetto ai 218.6 $\mu\text{g/l}$ del fondo e nella stazione 2004 in superficie il valore era di 1071.8 $\mu\text{g/l}$ e sul fondo 187 $\mu\text{g/l}$.

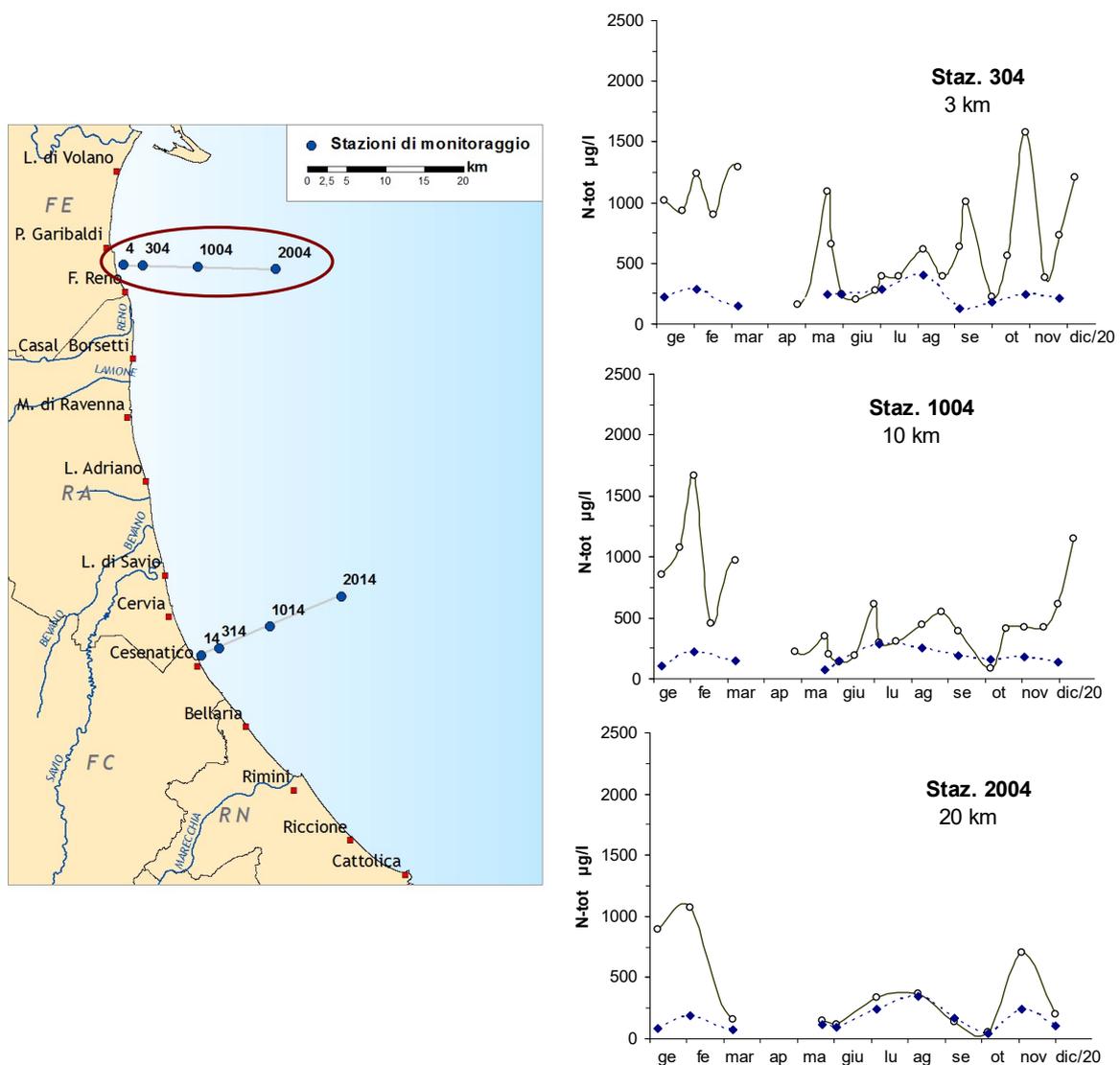


Figura 79 – Andamenti temporali dell'azoto totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 3, 10 e 20 km lungo il transetto di Porto Garibaldi

L'elaborazione delle medie stagionali evidenziano concentrazioni maggiori di azoto totale nei periodi freddi soprattutto in inverno. Il confronto con i dati calcolati l'anno precedente mostra un leggero aumento dei valori nelle stazioni comprese tra Lido di Volano e Lido Adriano proprio in inverno e diminuzioni più significative nella stagione autunnale. Nella stazione 6, davanti a Casalboretto il valore medio per l'inverno 2020 è stato di 767 µg/l mentre nel 2019 di 1550 µg/l, a Porto Garibaldi, sempre a 0.5 km dalla costa il dato calcolato, sempre per l'inverno 2020, è stato pari a 776 µg/l, mentre l'anno precedente era 1443 µg/l. La stagione con le concentrazioni più basse è risultata la primavera nell'area centro meridionale compresa tra Cesenatico e Cattolica.

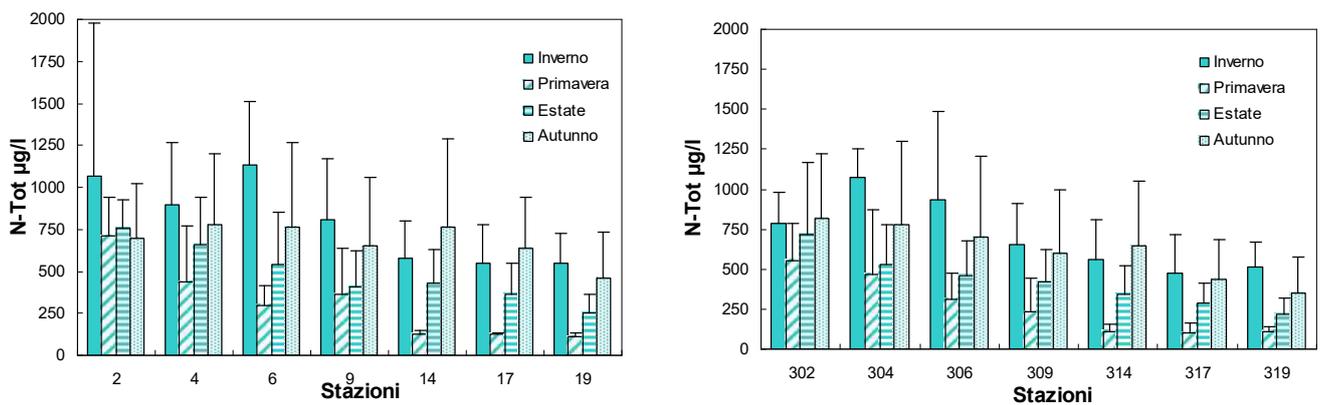


Figura 80 – Valori medi stagionali e deviazioni standard dell'azoto totale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

4.3.2.f Fosforo reattivo (P-PO₄)

L'andamento dei valori di fosforo reattivo misurati durante l'anno nelle acque antistanti l'Emilia Romagna, conferma una variabilità più o meno accentuata in tutte le stazioni correlata agli andamenti degli apporti di acque dolci dai bacini costieri in particolare da quello padano.

L'elaborazione delle medie annuali (Figura 71) evidenzia un marcato trend decrescente nord-sud e uno costa largo anche se più contenuto. Lungo il transetto di Porto Garibaldi si sottolinea una differenza significativa tra il valore medio di P-PO₄ calcolato a 20 km pari a 1.92 µg/l e la altre 3 stazioni con valori più elevati compresi tra 4.92 e 6.39 µg/l. Davanti a Lido di Volano si sottolinea un valore alto (7.64 µg/l) nella stazione 1002, a 10 km a conferma dell'influenza diretta in quella area delle acque dolci del Po su quelle marine. Il confronto con i dati degli anni precedenti evidenzia un incremento delle medie nelle stazioni a posizionate a 10 km dalla costa da Lido di Volano a Cesenatico più netto nella stazione 1002: valore medio calcolato nel 2020 pari a 7.64 µg/l rispetto alla media nel 2019 pari a 3.11 µg/l.

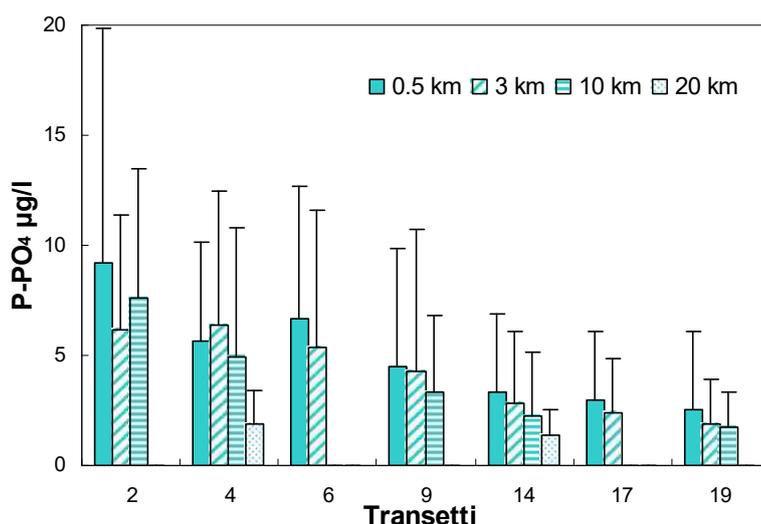


Figura 81 – Valori medi annuali e deviazioni standard del fosforo reattivo in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

Elaborando le concentrazioni di P-PO₄ per media stagionale si osservano i dati più elevati in autunno sia nelle stazioni più in costa che in quelle a 3 km e a seguire in estate, ed i minimi in primavera. Fa eccezione la stazione 2, a 0.5 km dalla costa a nord davanti a Lido di Volano, con una media massima pari a 13.74 g/l in inverno e quella primaverile molto simile a quella estiva. A Casalborgretti la media in inverno risulta più elevata che in estate, inferiore solo a quella calcolata nella stazione 2.

In Figura 82 si evidenzia anche la netta differenza tra le stazioni posizionate nell'area più meridionale della costa che hanno sempre concentrazioni medie inferiori a quelle settentrionali come visto anche per gli alti nutrienti trattati fino adesso.

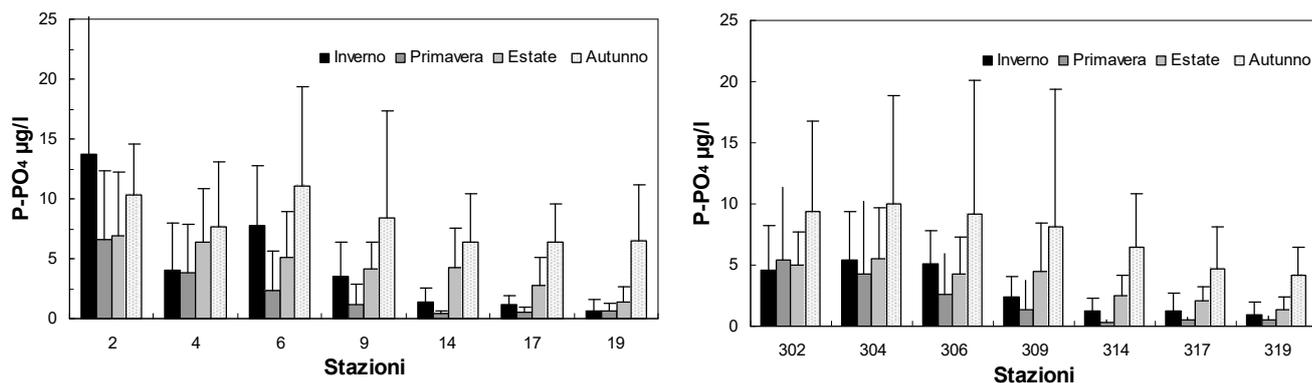


Figura 82 - Valori medi stagionali e deviazioni standard del fosforo reattivo in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

In Figura 83 sono messi a confronto i dati medi di fosforo reattivo misurati nel 2020 con quelli climatologici di riferimento calcolati sempre su un lungo periodo 1993-2002 nelle tre stazioni posizione a 3 km davanti a Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica. Nella stazione 319 si rileva un decremento dei valori di P-PO₄ in mare in tutti i mesi dell'anno come anche a Cesenatico, più accentuato nel mese di gennaio. Valori positivi che indicano un incremento rispetto ai valori di riferimento, si osservano principalmente nella stazione 304 più accentuati a maggio, settembre e dicembre.

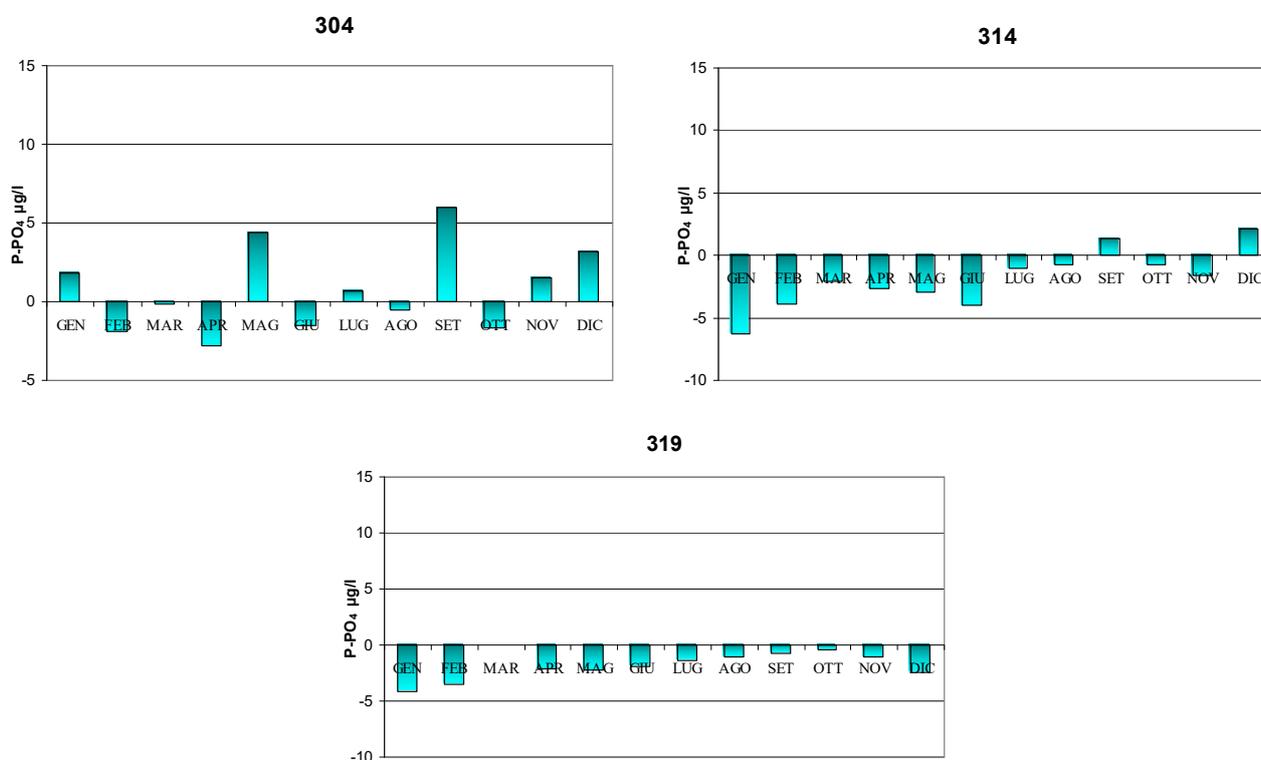


Figura 83 – Variazioni dei valori medi mensili del fosforo reattivo nelle stazioni a 3 km dalla costa (304 - Porto Garibaldi; 314 - Cesenatico; 319 - Cattolica) in confronto al valore medio climatologico (1993-2002)

Analizzando l'andamento nelle due stazioni costiere 2 e 19 (Figura 84), opposte tra loro in direzione nord sud, si evidenzia anche per il fosforo reattivo una maggior variabilità durante l'anno a Lido di Volano e fluttuazioni più ampie, rispetto alla stazione davanti a Cattolica. Il grafico evidenzia un picco nella stazione 2 misurato durante i controlli del 9 marzo uguali a 52.77 $\mu\text{g/l}$. Durante la settimana, causa condizioni meteo marine instabili, le attività di campionamento sono state interrotte e non si sono potuti così confrontare i dati nell'area centro meridionale della costa. I controlli successivi eseguiti durante il periodo di Lockdown all'interno del monitoraggio eccezionale del 27-28 aprile, hanno rilevato concentrazioni basse inferiori a 1 $\mu\text{g/l}$ sia a nord che a sud della costa.

Il valore annuale più alto misurato nelle acque di superficie è stato di 54.96 $\mu\text{g/l}$ il 9 marzo nella stazione 8, a 0.5 km davanti a Marina di Ravenna.

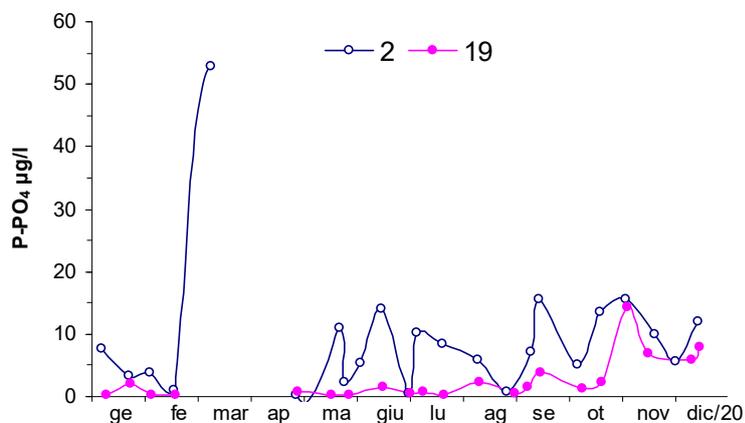


Figura 84 – Andamento temporale del fosforo reattivo in superficie nelle stazioni 2 (Lido di Volano) e 19 (Cattolica) a 0.5 km dalla costa

La rappresentazione degli andamenti del fosforo reattivo in superficie e sul fondo lungo i transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico mostra ancora una volta fluttuazioni più ampie e maggior variabilità in superficie nell'area più settentrionale (Figura 85). Lungo la direttrice di Cesenatico si evidenziano concentrazioni elevate da costa fino a 10 km durante l'ultimo controllo dell'anno eseguito il giorno 14, comprese tra 17.9 e 24.75 $\mu\text{g/l}$. Anche a Cesenatico si sono rilevati i valori più elevati del 2020 proprio durante il monitoraggio di dicembre, con concentrazioni superiori a 12 $\mu\text{g/l}$ da costa fino a 10 km al largo. La Figura 87 mostra la mappa di distribuzione del fosforo reattivo misurato nelle acque di superficie durante i controlli eseguiti nelle giornate del 14-15 dicembre che evidenzia la netta differenza di condizione rilevata nell'area settentrionale a confronto con quella centro meridionale.

L'andamento del parametro nelle acque di fondo rimane più lineare e contenuto, fanno eccezioni alcune situazioni che si sono verificate a settembre e novembre nelle stazioni 1004 e 2004 ed a novembre nelle stazioni 1014 e 2014, dove le concentrazioni sul fondo erano superiori a quelle misurate in superficie.

Anche per il fosforo reattivo si è elaborato il trend evolutivo nelle tre aree, lungo la fascia costiera, più rappresentative della qualità ambientale dell'ecosistema.

Nel grafico di Figura 86 le linee tratteggiate mostrano l'evoluzione complessiva del sistema e in tutte le area la tendenza è negativa anche se, rispetto agli anni precedenti, le medie del fosforo reattivo misurate nelle aree centro settentrionali risultano in aumento.

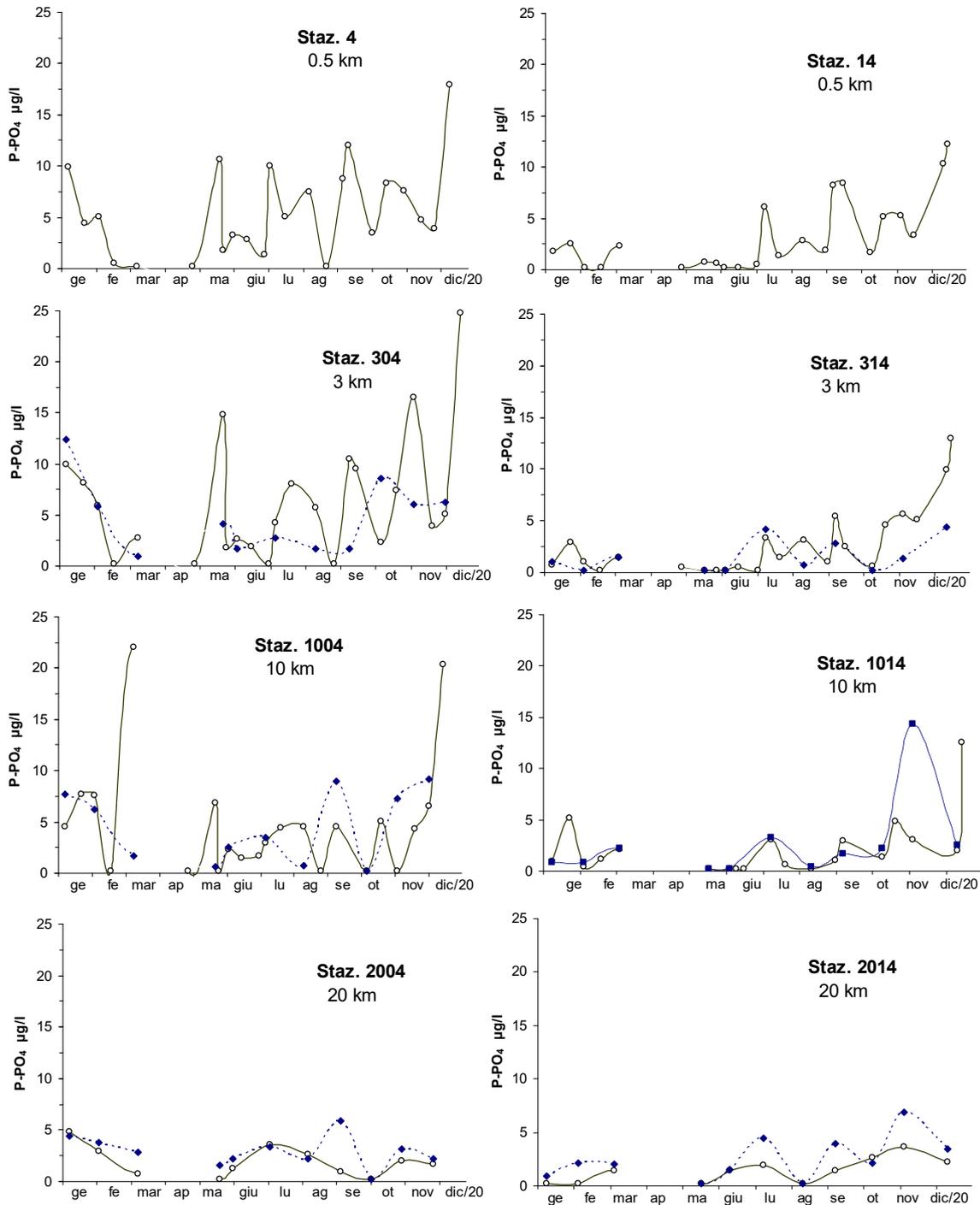


Figura 85 – Andamento temporale del fosforo reattivo in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) lungo le direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico

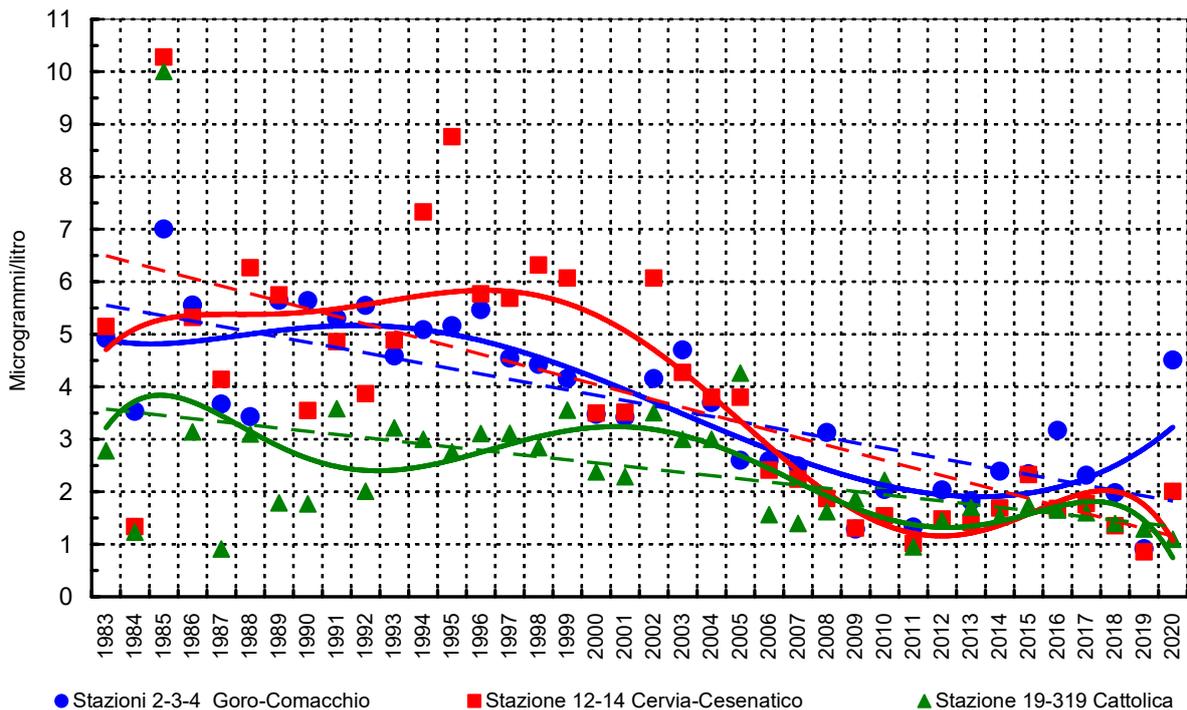


Figura 86 – Medie geometriche annuali per il trend evolutivo del fosforo reattivo in tre aree lungo la costa dell'Emilia Romagna (periodo 1982-2020)

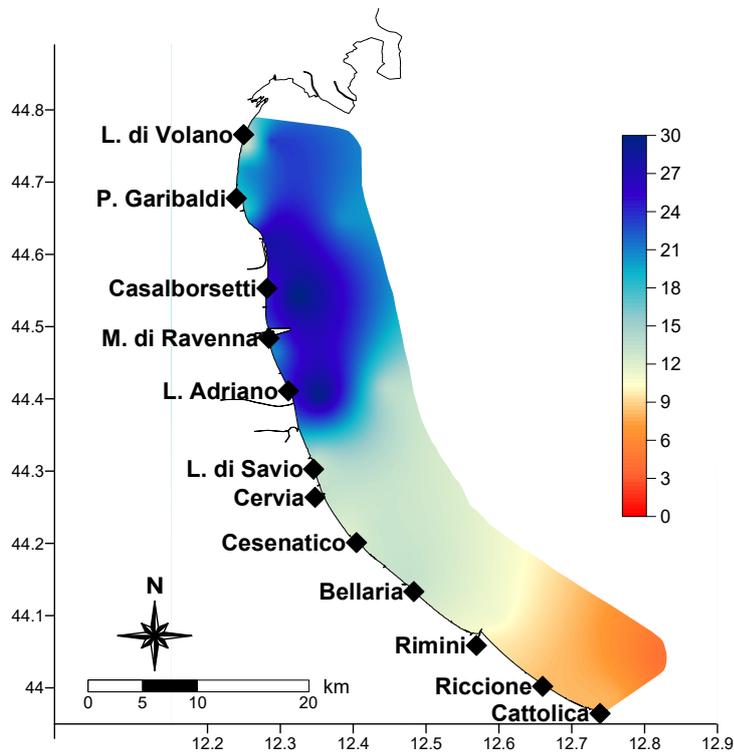


Figura 87 – Mappa di distribuzione del P-PO4 nelle acque superficiali lungo la costa fino a 10 km al largo durante il monitoraggio del 14-15 dicembre 2020

4.3.2.g Fosforo totale (P tot)

Anche per il fosforo totale l'andamento annuale nel 2020, come visto per gli altri nutrienti, evidenzia valori più elevati e variazioni più marcate nell'area settentrionale rispetto a quelle registrati in quella meridionale. In Figura 88 sono rappresentati gli andamenti rilevati nelle stazioni 2 e 19 posizionate lungo la costa, una nella parte più a nord l'altra in quella più meridionale. Nella stazione 2 (Lido di Volano) le concentrazioni in superficie rimangono nella maggior parte dei controlli più alte; si evidenziano in particolare tre picchi a marzo (126 µg/l), maggio (103 µg/l) e nei controlli di fine agosto (68.5 µg/l).

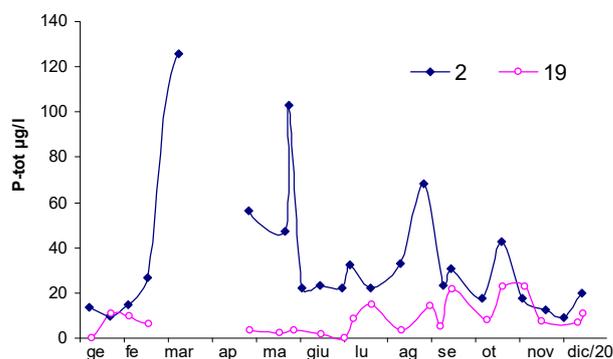


Figura 88 – Andamento temporale del fosforo totale in superficie nelle stazioni 2 e 19 a 0.5 km dalla costa davanti a Lido di Volano e Cattolica

L'elaborazione dei valori medi in superficie lungo i transetti conferma il trend decrescente nord sud e costa largo più accentuato lungo i transetti di Lido Adriano e Cesenatico. Nell'area compresa tra Lido di Volano e Casalborsetti l'andamento del fosforo totale è più variabile e strettamente correlato alle immissioni di acque dolci dai bacini costieri ed in particolare da quello padano. Il confronto con i dati medi annuali calcolati nel 2019 (Figura 89) rileva un incremento in particolare nelle stazioni più costiere. Nella stazione 2 si registra un incremento più importante, infatti nel 2020 il valore calcolato è stato pari a 34.54 µg/l contro i 20.14 µg/l del 2019. In controtendenza la stazione 19 davanti a Cattolica dove il dato medio è inferiore a quello dell'anno precedente rispettivamente 8.86 µg/l anzichè 10.15 µg/l.

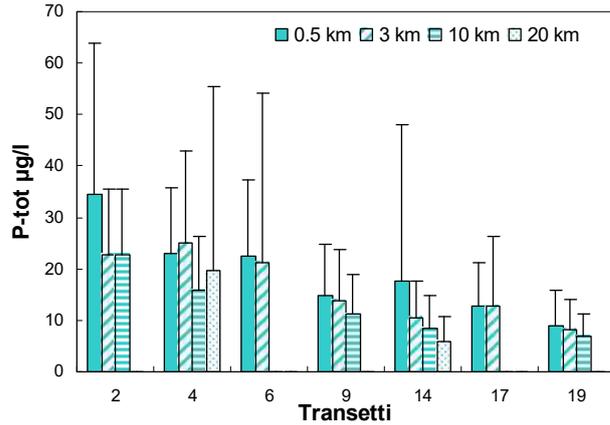


Figura 89 – Valori medi annuali e deviazioni standard del fosforo totale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

Il confronto con le medie mensili nelle stazioni posizionate lungo la costa a 3 km davanti a Porto Garibaldi, Cesenatico e Cattolica con la media climatologica calcolata su un dataset su lungo periodo (1983-2002) registra un incremento significativo solo nella stazione più settentrionale.

A Porto Garibaldi valori positivi rispetto alle medie climatologiche di riferimento, superiori a 20 µg/l, si sono registrate a marzo, maggio e settembre. In generale si osserva comunque un trend negativo con valori spesso inferiori alla media di riferimento che attestano una diminuzione delle concentrazioni di fosforo totale nelle acque di superficie (Figura 90).

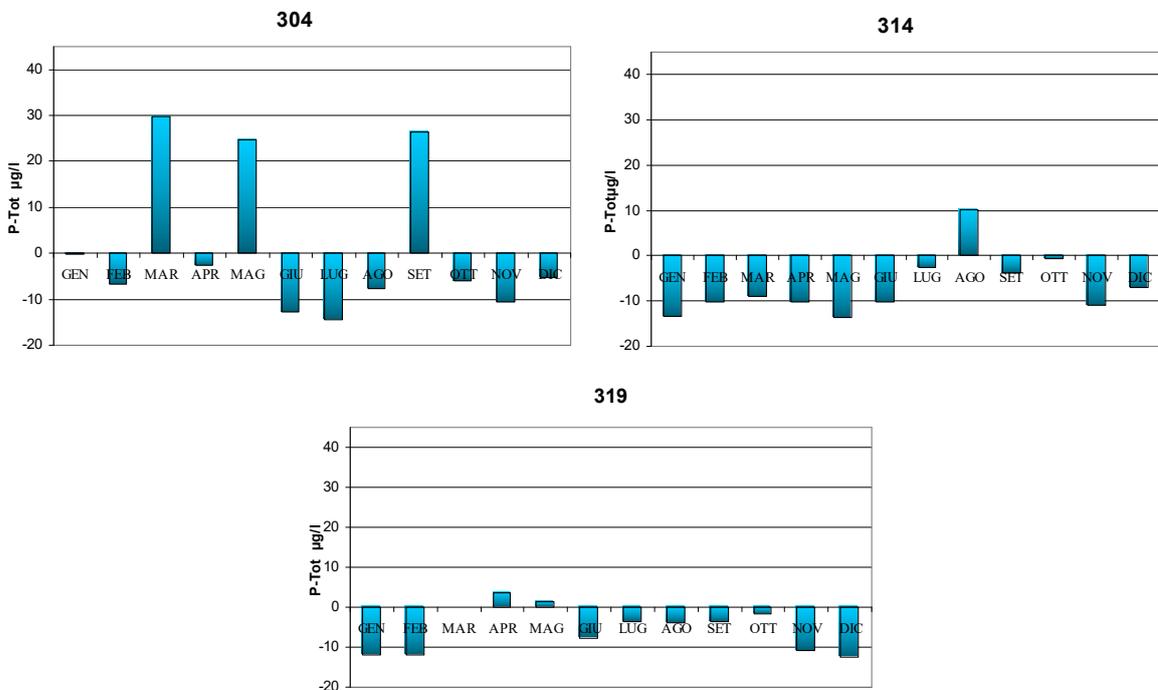


Figura 90 – Variazione dei valori medi mensili del fosforo totale nelle stazioni a 3 km dalla costa (304 – Porto Garibaldi, 314 – Cesenatico, 319 – Cattolica) in confronto con il valore medio climatologico (1982-2002)

L'elaborazione delle medie stagionali nelle stazioni a 0.5 km e 3 km dalla costa evidenzia situazioni variabili (Figura 91); in generale si osserva una tendenza a concentrazione più basse in primavera, fa eccezione la stazione 2 dove invece, nel 2020, il dato medio più alto in assoluto è stato registrato proprio in primavera con un valore di 50.4 µg/l.

Durante la stagione autunnale le concentrazioni sono risultate essere molto simili in tutte le stazioni con un range tra 13 µg/l e 25 µg/l.

A 3 km i valori di fosforo totale in superficie sono tendenzialmente più bassi. Si discosta da questa tendenza la stazione 306 davanti a Casalborsetti con concentrazioni medie più alte durante la stagione estiva.

In Figura 92 sono rappresentati gli andamenti annuali del parametri davanti a Casalborsetti nelle stazioni posizionate a 0.5 e 3 km dalla costa che evidenziano lo stesso andamento anche se a volte con concentrazioni più alte in costa; fanno eccezione i valori misurati il 20 luglio dove nella stazione 306 si è registrato un picco netto di 166 µg/l nettamente superiore a quello rilevato nella stazione 6 di 16 µg/l.

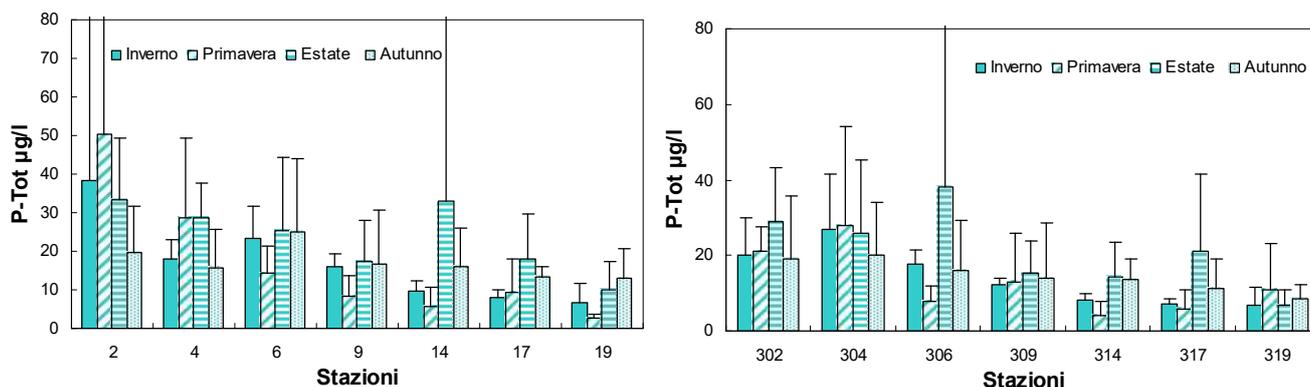


Figura 91 – Valori medi stagionali e deviazioni standard del fosforo totale in superficie calcolati nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

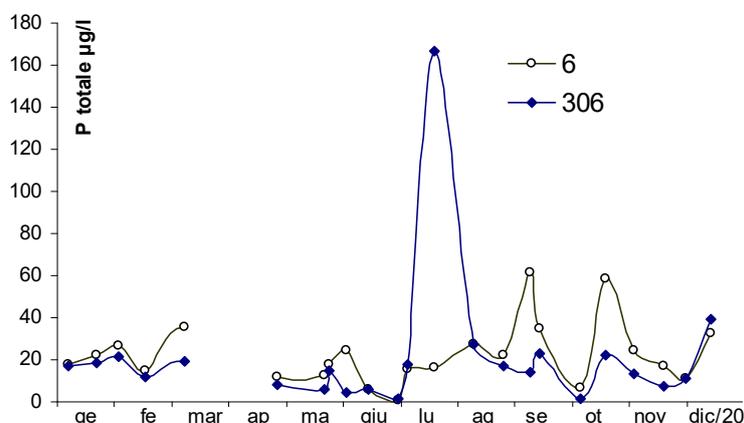


Figura 92 – Andamenti annuali del fosforo totale in superficie nelle stazioni 6 e 306 a 0.5 e 3 km davanti a Casalborsetti

Gli istogrammi di Figura 93 mostrano i valori di fosforo totale a confronto con quello reattivo misurati durante il 2020 nella stazione 2 a Lido di Volano ed evidenziano la dominanza della prima componente in tutti i controlli eseguiti. La componente ortofosfatica essendo immediatamente assimilabile dalla biomassa fitoplanctonica presente in ambiente marino è spesso difficile da rintracciare.

L'analisi della tendenza elaborata in Figura 94 conferma un incremento nell'area più settentrionale ed una diminuzione in quella meridionale mentre nella zona centrale compresa tra Cervia e Cesenatico i valori medi si mantengono invariati rispetto a quelli registrati l'anno precedente.

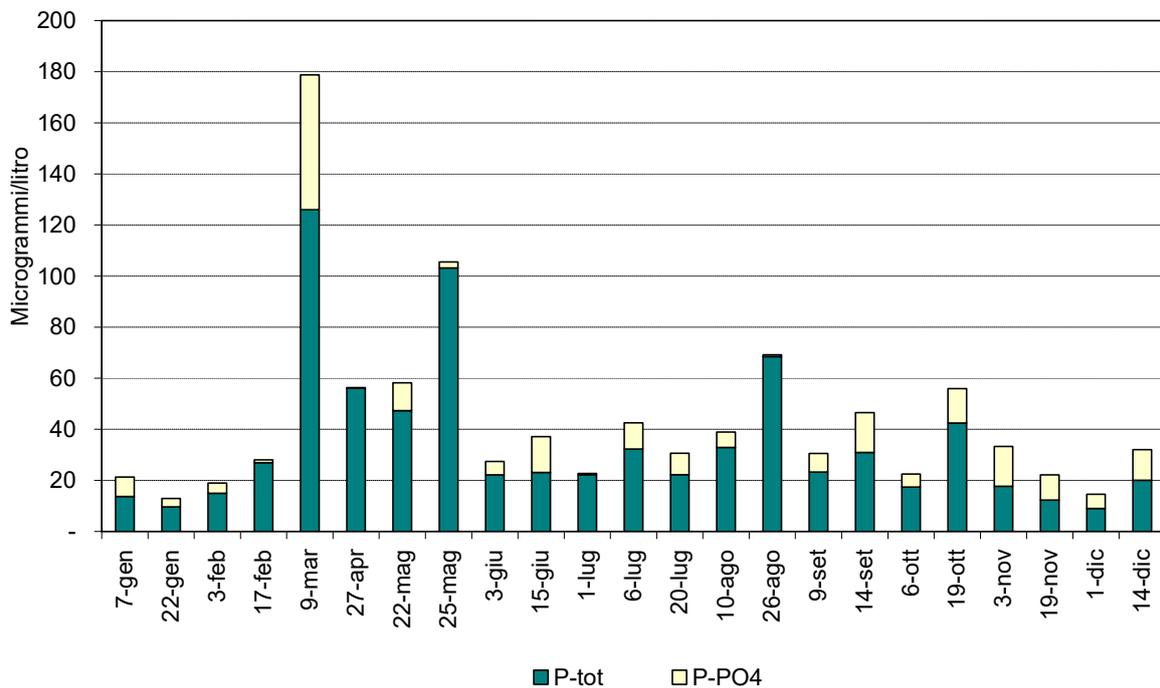


Figura 93 – Istogrammi in pila relativi agli andamenti temporali del fosforo totale e dell'ortofosfato nella stazione 2 (Lido di Volano)

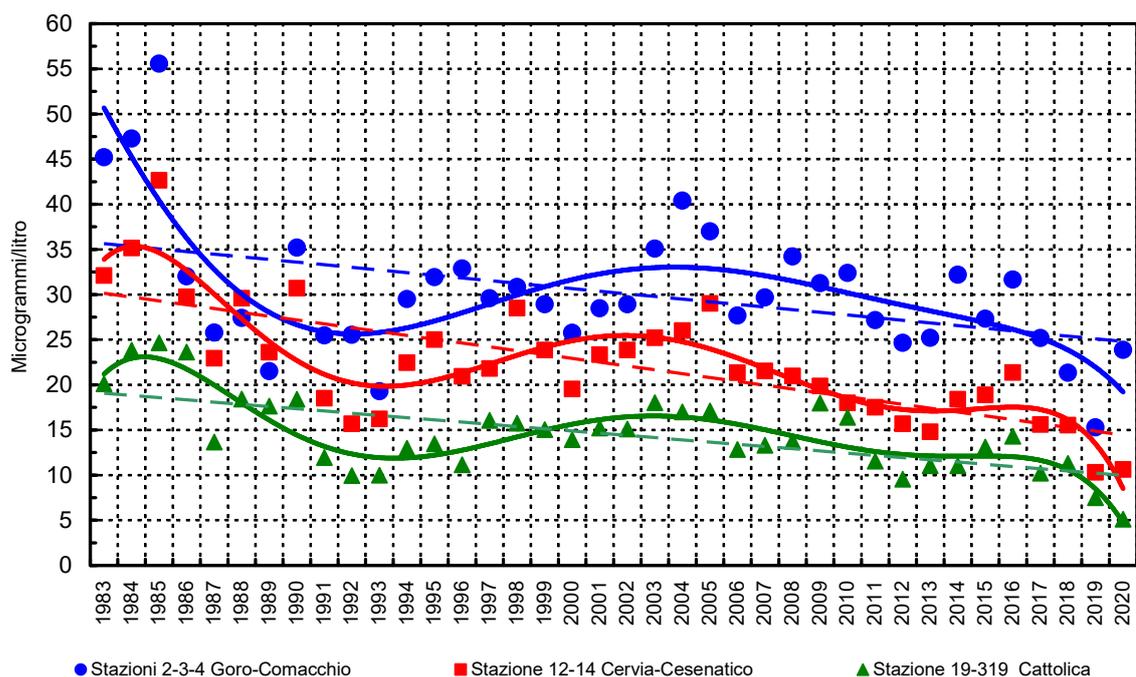


Figura 94 – Medie geometriche annuali per trend evolutivo del fosforo totale in tre aree della costa emiliano romagnola (periodo 1983-2020)

L'andamento del fosforo totale in superficie e sul fondo evidenzia anche per questo parametro concentrazioni e fluttuazioni maggiori in superficie rispetto a quelle rilevate negli ultimi strati della colonna d'acqua che rimane in generale più stabile. Le fluttuazioni lungo il transetto di Porto Garibaldi risultano più marcate rispetto a quelle evidenziate per il transetto di Cesenatico, in particolare nella stazione distante 3 km dalla riva.

Si evidenzia al largo un picco eccezionale in superficie nella stazione a 20 km davanti a Porto Garibaldi il 9 settembre pari a 126 µg/l. Un altro valore elevato spicca questa volta nelle acque di fondo nella stazione 314, a 3 km antistante Cesenatico rilevato durante il monitoraggio del 11 agosto pari a 80 µg/l.

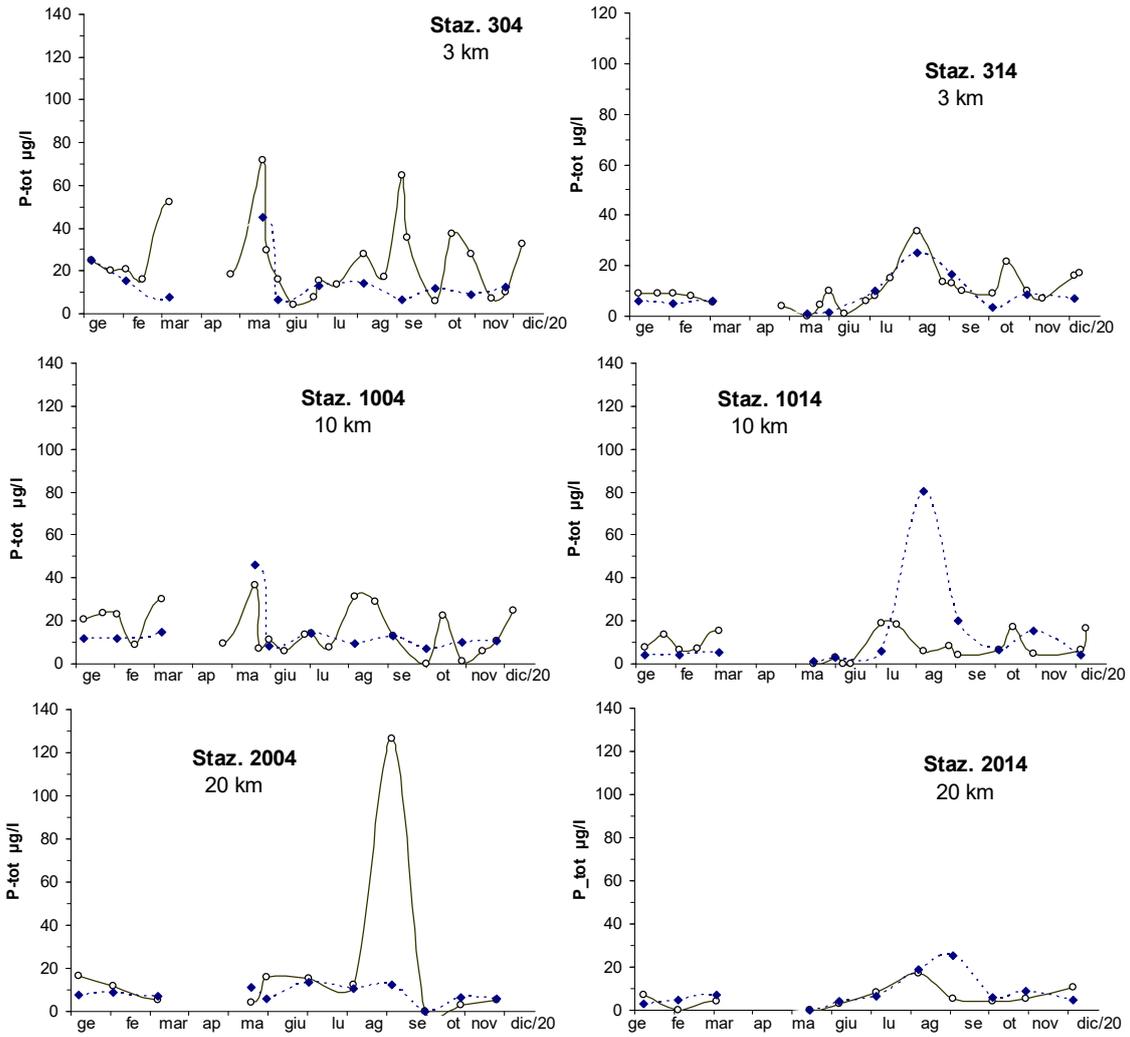


Figura 95 – Andamento temporale del fosforo totale in superficie (linea continua) e sul fondo (linea tratteggiata) nelle stazioni a 3, 10 e 20 km lungo i transetti di Porto Garibaldi e Cesenatico

4.3.2.h Silice reattiva (Si-SiO_2)

L'elaborazione dei dati di silice reattiva misurati nel 2020, come media annuale, sottolinea un marcato gradiente negativo nord sud a riconferma che anche per questo parametro l'andamento in superficie, in ambiente marino, è strettamente correlato all'andamento delle portate dai bacini costieri principalmente da quello padano (Figura 96). A dimostrazione di questa condizione si osserva un trend costa largo a partire dal transetto di Porto Garibaldi fino a Cattolica mentre, per le stazioni posizionate davanti a Lido di Volano nell'area settentrionale, i dati calcolati sono molto simili fra loro con concentrazioni elevate anche a 10 km al largo. L'area più a nord della costa intercetta direttamente i nutrienti immessi in ambiente marino ed è quindi più sensibile alle fluttuazioni di tutti parametri durante l'anno.

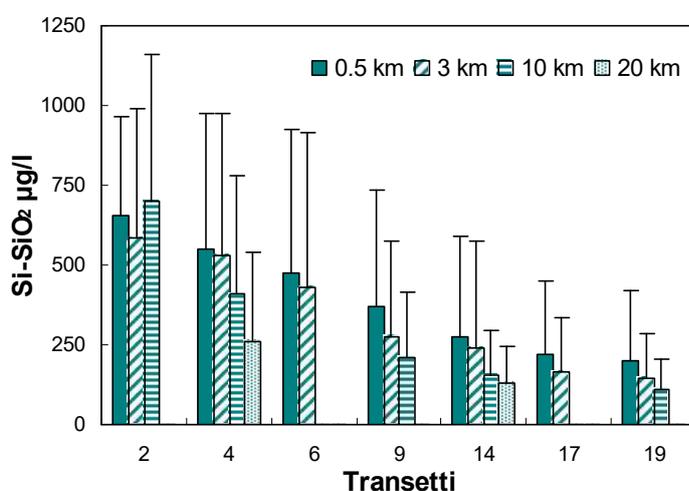


Figura 96 – Valori medi annuali e deviazioni standard della silice reattiva in superficie nelle stazioni a 0.5, 3, 10 e 20 km dalla costa

Gli andamenti temporali rappresentati in Figura 97 mostrano concentrazioni maggiori e variabilità più accentuata nelle stazioni 2 e 302 posizionate nell'area più a nord della costa (località Lido di Volano) a confronto con la 19 e 319 più a sud (località Cattolica). Si osservano i dati rilevati durante il monitoraggio del 3-4 novembre dove emergono le concentrazioni alte in tutti i punti di campionamento.

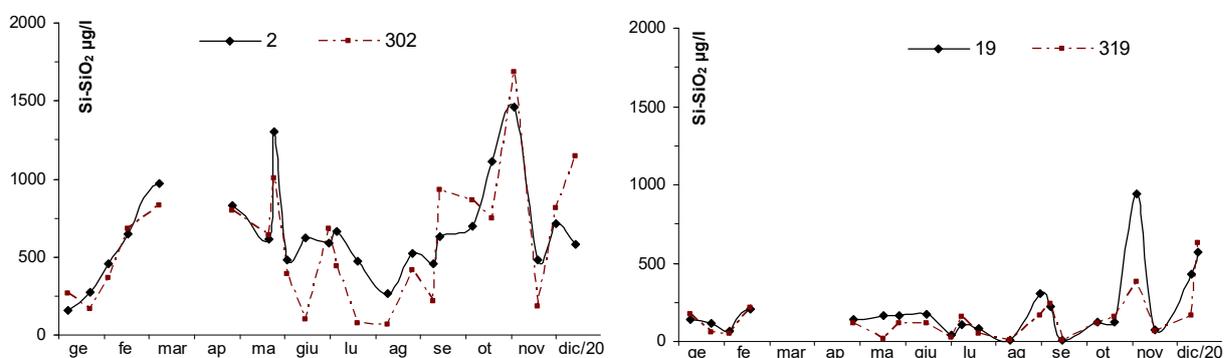


Figura 97 – Andamento temporale della silice reattiva nelle stazioni a 0.5 e 3 km davanti a Lido di Volano e Cattolica

La mappa in Figura 98 mostra la distribuzione in superficie della silice reattiva misurata proprio durante i controlli del 3-4 novembre con valori elevati in tutte le stazioni più in costa e nell'area più settentrionale anche al largo. Questa condizione è correlata alle forti precipitazioni durante il mese di ottobre che ha determinato un aumento importante delle portate dei fiumi costieri e in particolare dal bacino costiero (Figura 38). Il valore più alto del 2020 pari a 2051.8 $\mu\text{g/l}$ è stato registrato in questo monitoraggio nella stazione 304, a 3 km dalla costa davanti a Porto Garibaldi.

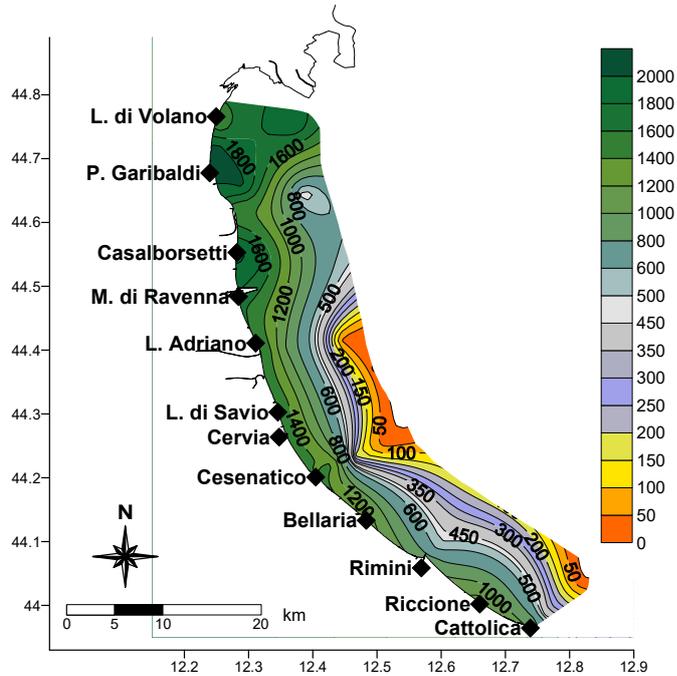


Figura 98 – Mappa di distribuzione della silice reattiva in superficie ($\mu\text{g/l}$) rilevata durante i controlli del 3-4 novembre

L'elaborazione delle medie stagionali fino a 3 km dalla costa confermano le concentrazioni più alte di silice reattiva in autunno e minime in estate in concomitanza a immissioni minime di acque dolci dai fiumi (Figura 99); anche da questa elaborazione si evidenzia il gradiente decrescente nord sud.

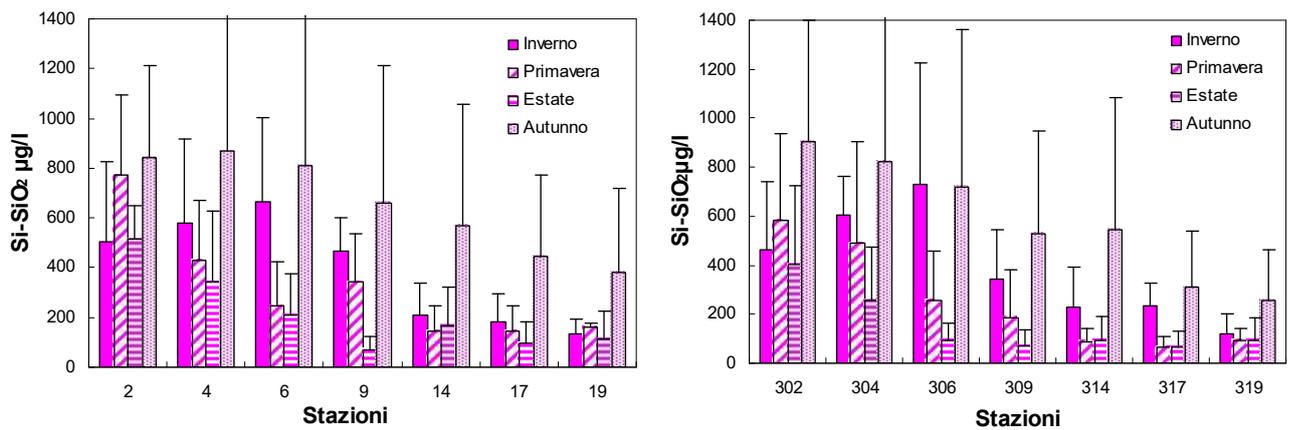


Figura 99 - Valori medi stagionali e deviazioni standard in superficie nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

Le mappe rappresentate in Figura 100 mostrano la distribuzione in superficie del parametro, sempre come media stagionale, da costa fino a 10 km alla costa. L'immagine fotografa bene la presenza di silice reattiva più abbondante sempre nell'area più settentrionale della costa a confronto con quella meridionale sia in costa che al largo, a conferma dell'influenza diretta e costante delle acque dolci immesse in particolare dal bacino padano.

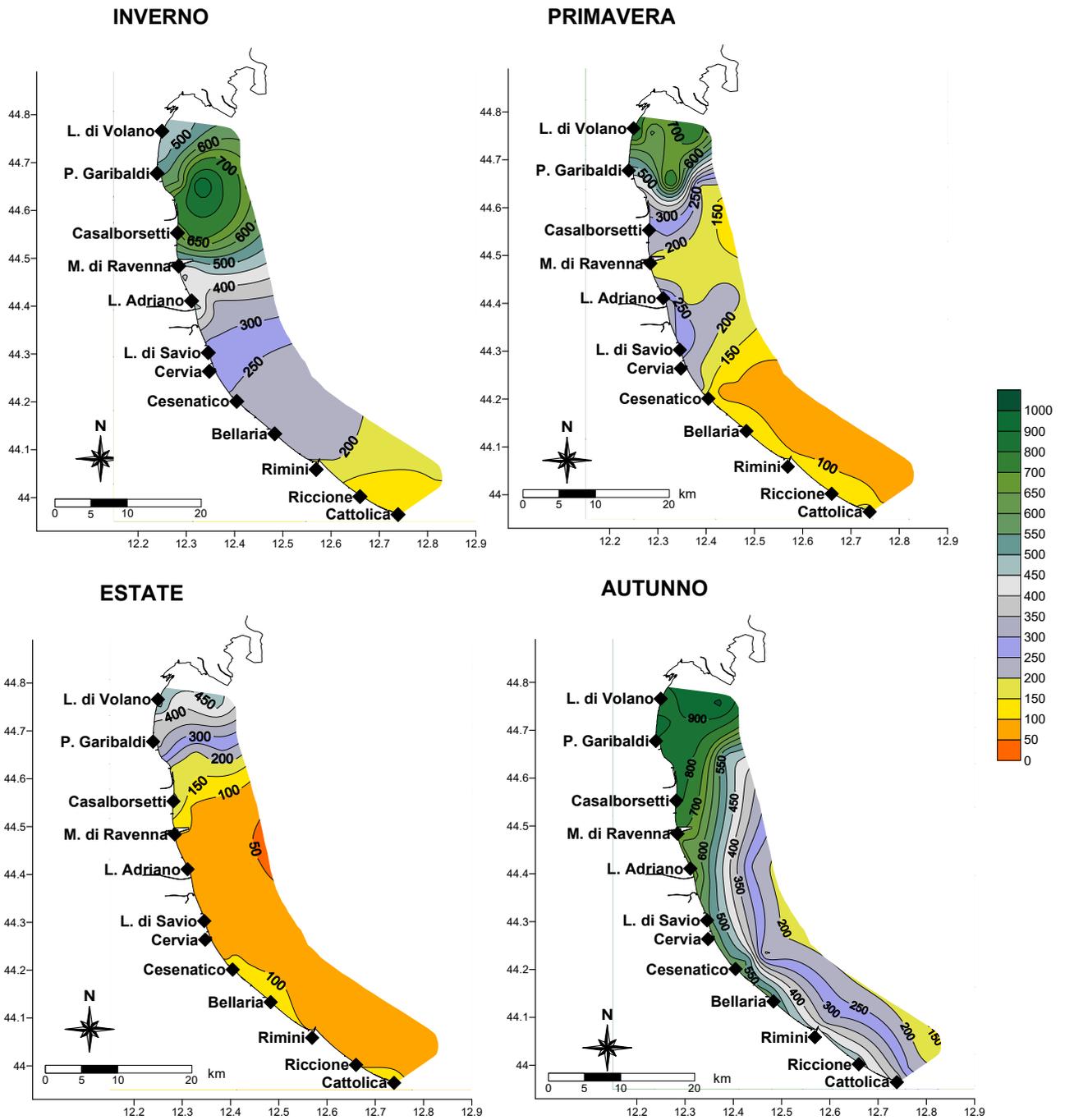


Figura 100 - Mappe di distribuzione dei valori medi stagionali della silice reattiva ($\mu\text{g/l}$) in superficie da costa fino a 10 km al largo

4.3.2.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 importante per valutare la produttività delle acque marine. Nelle acque costiere emiliano romagnole il fosforo da sempre risulta l'elemento chiave nella determinazione del livello trofico in quanto risulta essere il fattore limitante la crescita algale. Questa condizione di fosforolimitazione rappresenta la quasi totalità dei casi 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 mirati al miglioramento dello stato qualitativo delle acque eutrofiche devono prevedere una riduzione degli apporti di fosforo per abbassare il livello trofico.

Anche nel 2020 la fosforo limitazione è il fattore che caratterizza lo stato qualitativo delle acque marine antistante l'Emilia Romagna in quasi tutti i monitoraggi strettamente correlato ai livelli trofici in media elevati che contraddistinguono l'intera area.

Come si verificato anche altri anni qualche eccezione a questa condizione si rileva durante la stagione estiva.

La distribuzione del rapporto N/P elaborato in alcune stazioni campione posizionate in un'area più settentrionale (Lido di Volano, stazioni 2-302), in una centrale (Cesenatico, stazioni 14-314) e una meridionale (Cattolica, stazioni 19-319) conferma un'elevata variabilità e valori più bassi durante i mesi più caldi più accentuata nelle stazioni a 3 km dalla costa (Figura 101).

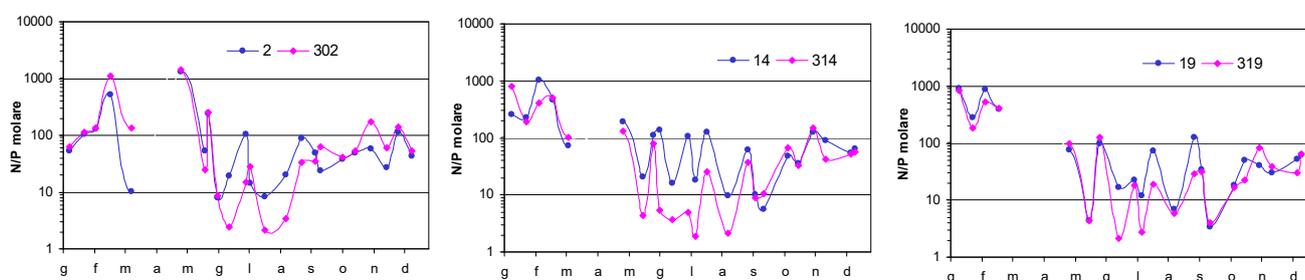


Figura 101 – Andamento del rapporto N/P in alcune stazioni; linea blu per le stazioni a 0.5 km (2, 14, 19), linea viola per quelle a 3 km dalla costa (302, 314 e 319)

Anche per il rapporto N/P si è rappresentato il trend evolutivo considerando la media geometrica in tre aree considerate le più rappresentative lungo la costa. Il confronto con l'anno precedente evidenzia una marcata diminuzione nelle due aree centro meridionale mentre rimane pressoché costante in quella più meridionale (Figura 102).

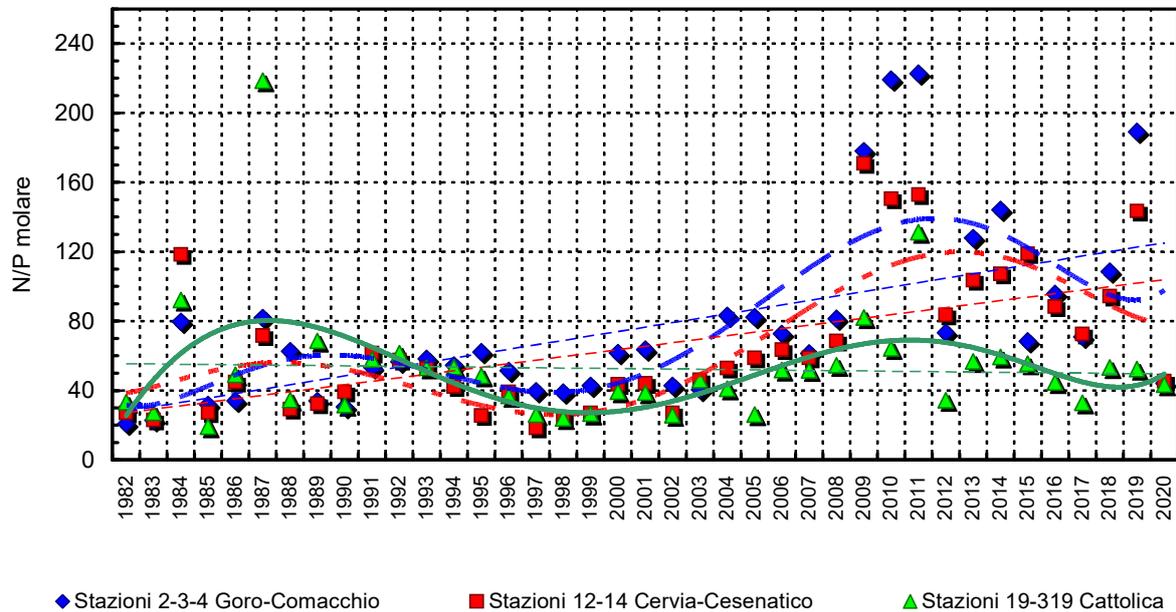


Figura 102 – Medie geometriche annuali per trend evolutivo del rapporto N/P in tre aree della costa emiliano romagnola (periodo 1982-2019)

4.4 DEFINIZIONE DELLO STATO TROFICO

4.4.1 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 TRIX 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 quella 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 trophic condition of marine coastal waters, with special reference to the NW Adriatic Sea: Proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. Envirometrics Vol 9 issue 3 : 329-357.

L'Indice TRIX viene inoltre richiesto nel D.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 2020 mostra per le stazioni a 0.5 e e 3 km lungo la costa, una tendenza a diminuire andando dalle stazioni più settentrionali verso quelle posizionate nell'area meridionale della costa con valori superiori a 5, valore limite di TRIX tra la classe "Buono" e "Sufficiente" (linea nera Figura 103) da Lido di Volano a Rimini (0.5 km). Nelle due stazioni davanti a Cattolica e a 3 km davanti a Rimini i valori medi rimangono inferiori a 5 attestando una qualità ambientale migliore.

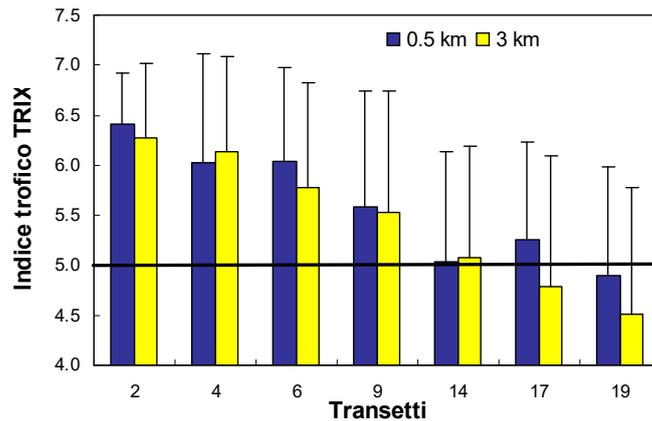


Figura 103 – Medie annuali del TRIX nel 2020 nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa

In riferimento ai corpi idrici individuati in applicazione del D.Lgs152/06, (Figura 104) nel 2020 sia il corpo idrico CD1 sia il corpo idrico CD2 presentano uno stato ambientale “Sufficiente” con valore TRIX superiore al limite di riferimento 5, pari rispettivamente 6.13 nel CD1 e 5.17 nel CD2.

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.

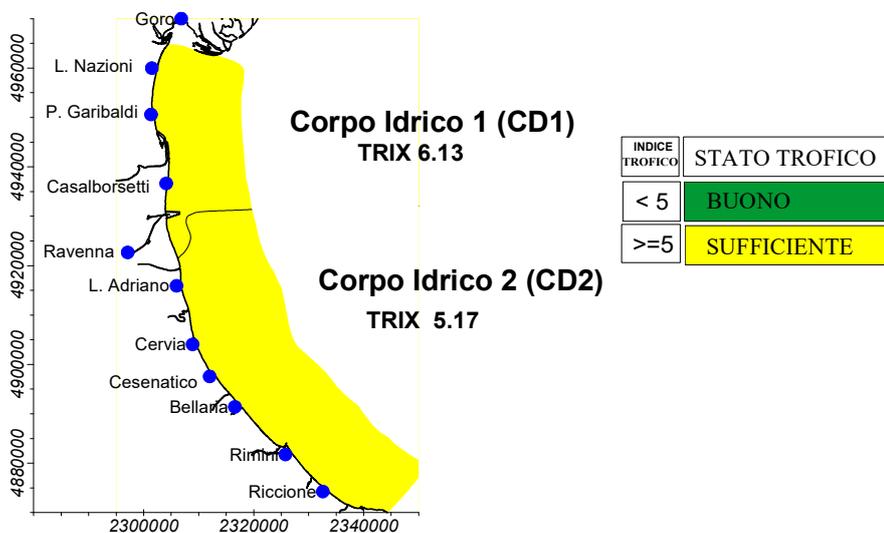


Figura 104 – Valori medi annuali 2020 di TRIX nei due corpi idrici

Confrontando i valori medi annuali dell’Indice Trofico nel periodo 2007-2020 (Figura 105) si osserva una diminuzione del TRIX nelle due stazioni 14 (Cesenatico) e 19 (Cattolica) rispetto ai dati calcolati nel 2019, mentre si rileva un incremento nella stazione 4 davanti a Porto Garibaldi (Figura 105).

L’elaborazione delle medie stagionali del TRIX lungo tutta la costa fino a 10 km al largo, evidenzia valori medi superiori al limite 5 in inverno e in autunno confermando una condizione “Sufficiente” estesa. In primavera e in estate invece solo l’area più

setteentrionale rimane in classe "Sufficiente" mentre nelle restanti aree i valori medi attestano una "Buona" condizione della qualità ambientale dell'ecosistema costiero (Figura 106).

Confronto medie TRIX 2007-2020

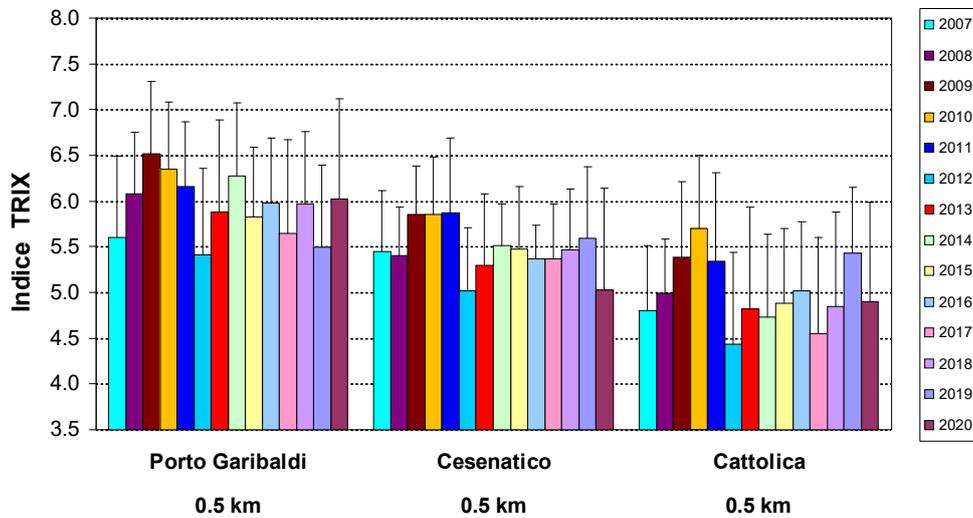


Figura 105 – Confronto tra il valore medio del TRIX rilevato dal 2007 al 2020 nelle stazioni costiere a 0.5 km di Porto Garibaldi (stazione 4), Cesenatico (stazione 14), Cattolica (stazione 19)

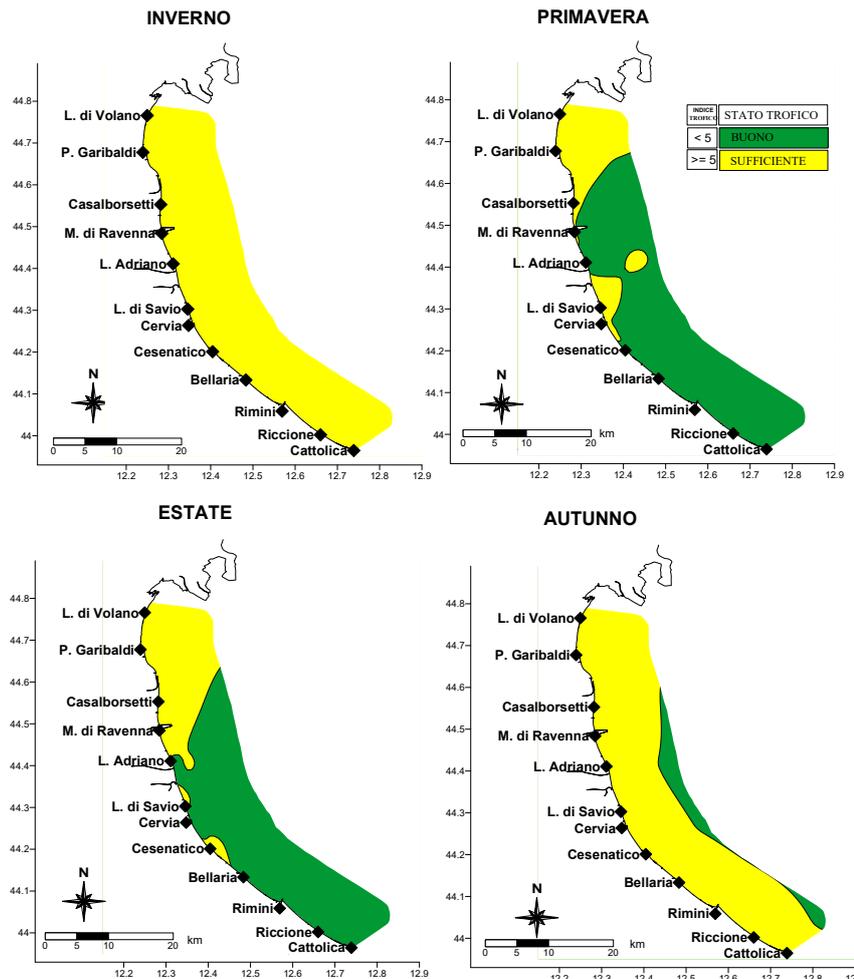


Figura 106 – Mappe di distribuzione dell'Indice TRIX lungo la costa emiliano romagnola da costa fino 10 km al largo (medie stagionali)

4.4.2 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 in quanto esprime la capacità di penetrazione della luce e quindi l'estensione della zona eufotica; 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; quest'ultima 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 mentre se TRBIX = 2 la clorofilla dovrebbe contribuire per 1/4 ecc.

In Figura 107 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 superiori a 1 quindi correlati ad alti valori di clorofilla "a". Questo si evidenzia nei grafici sia nella stazione 4 sia nella stazione 19 dove ad alti valori di TRIX corrispondono valori più bassi di TRBIX.

Nel corso del 2020 si osserva una spiccata variabilità del TRIX nella stazione 4 (Porto Garibaldi) a confronto con la stazione 19 (Cattolica) localizzata nell'area più meridionale della costa. Per entrambe si osservano molti valori di TRBIX superiori a 2 a testimonianza che nella determinazione della torbidità la componente inorganica particellata è spesso predominante rispetto alla biomassa microalgale. Per quanto riguarda l'andamento nella stazione 19 si segnalano più nettamente picchi di TRIX contemporaneamente a bassi valori di TRBIX in particolare nei periodi più freddi.

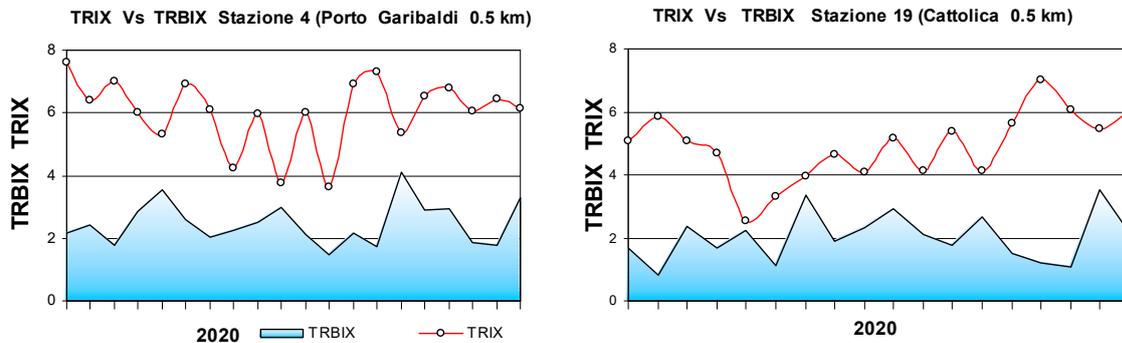
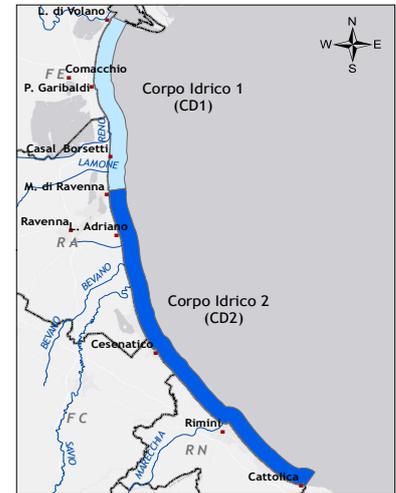
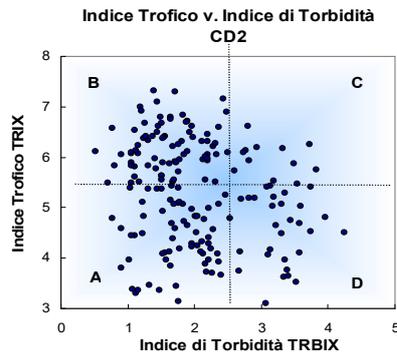
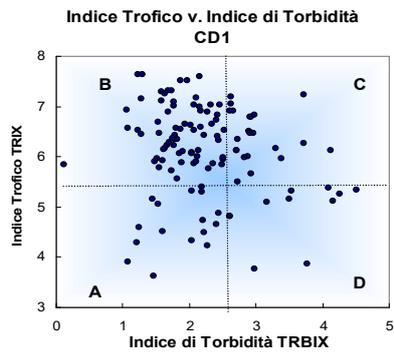


Figura 107 – Confronto tra l'andamento dell'indice trofico TRIX e l'indice di torbidità TRBIX nelle stazioni costiere di Porto Garibaldi (stazione 4) e Cattolica (stazione 19)

I dati dell'andamento annuale vengono ripresi in modo sintetico nella Figura 108 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 108.

Il confronto tra i due corpi idrici della costa mostra che per il CD1, quindi nell'area compresa da Lido di Volano a Casalborsetti, la maggior parte dei valori si distribuisce nel quadrante B che identifica, in termini di TRBIX, acque colorate prevalentemente da fitoplancton. Anche nell'area compresa tra Lido Adriano e Cattolica, CD2, i dati si distribuiscono in particolare nel quadrante B a sottolineare come anche questa area sia stata interessata maggiormente dalla componente.



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

Figura 108 – Diagramma di “Scatter plot” tra l’indice di torbidità TRBIX e l’indice trofico TRIX; individuazione dei quadranti e relativa tabella di interpretazione

5 LO STATO DI QUALITÀ AMBIENTALE

La fascia costiera della regione Emilia-Romagna è dichiarata area sensibile (art. 91, D.Lgs. 152/06) in quanto soggetta a 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 finalizzata alla valutazione dello stato di qualità ambientale delle acque marino costiere 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. Per lo studio della tendenza a lungo termine i dati raccolti durante il 2020 verranno successivamente elaborati nell'insieme dei dati dei monitoraggi annuali per valutare i trend ascendenti o discendenti degli inquinanti nelle diverse matrici.

Lo **stato di qualità ambientale** 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) e viene attribuito al termine di un ciclo di monitoraggio di 3 anni (2020-2022).

Vengono di seguito presentati di dati raccolti durante l'anno di monitoraggio operativo 2020 ed una prima elaborazione per la valutazione ambientale.

5.1 RETE DI MONITORAGGIO

La rete di monitoraggio delle acque costiere della regione Emilia-Romagna istituita ai sensi del D.Lgs. 152/06 è costituita da 22 stazioni di indagine ubicate da Lido di Volano a Cattolica a varie distanze dalla costa (da 500 m fino 5 km). Nella Tabella 3 si riporta l'anagrafica delle stazioni di campionamento ed in Figura 109 la rappresentazione cartografica della rete di monitoraggio.

L'attività di monitoraggio programmata per il triennio 2020-2022 è schematizzata in Tabella 4. Nello schema si riportano le stazioni di campionamento monitorate, gli elementi qualitativi utili alla definizione dello stato ecologico e dello stato chimico e la relativa frequenza di indagine. Eventuali modifiche o specificazioni sono riportate nelle note alla Tabella 4.

Tabella 3 – 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)	Y ETRS89 fuso 32	X ETRS89 fuso 32	Prof (m)	Distanza costa (km)
2	Lido di Volano	CD1	Fiume Po	44.457656	12.155128	4961763	757882	3.9	0.5
302	Lido di Volano	CD1	Fiume Po	44.456876	12.174088	4961720	760389	6.7	3
4	Porto Garibaldi	CD1	Fiume Po	44.396873	12.154228	4950505	758214	3.7	0.5
SFBC4	Porto Garibaldi	CD1	Fiume Po	44.387070	12.155680	4950549	758405	3.8	1
304	Porto Garibaldi	CD1	Fiume Po	44.396934	12.172888	4950616	760679	9.1	3
Tecno	Porto Garibaldi	CD1	Fiume Po	44.420335	12.177028	4954970	761051	10.5	4.3
6	Casalborsetti	CD1	Fiume Po	44.332012	12.174568	4938605	761387	5.2	0.5
306	Casalborsetti	CD1	Fiume Po	44.334052	12.193348	4939084	763857	10.2	3
308	Marina di Ravenna	CD2	Fiume Po	44.288990	12.192627	4930737	764101	8.1	3
9	Lido Adriano	CD2	Fiume Po	44.240749	12.195387	4921821	764830	5.4	0.5
SFBC9	Lido Adriano	CD2	Fiume Po	44.243270	12.197130	4922127	764749	6	1
309	Lido Adriano	CD2	Fiume Po	44.243089	12.213866	4922354	767265	9.4	3
13	Zadina	CD2	Fiume Po	44.136210	12.234420	4902680	770812	3	0.5
14	Cesenatico	CD2	Fiume Po	44.127226	12.241524	4901056	771827	3.1	0.5
SFBC14	Cesenatico	CD2	Fiume Po	44.128120	12.244910	4901235	772278	3	1
314	Cesenatico	CD2	Fiume Po	44.132626	12.258444	4902150	774038	8.3	3
Copra	Cesenatico	CD2	Fiume Po	44.130347	12.279503	4901846	776859	9.5	4.9
17	Rimini	CD2	Fiume Po	44.046585	12.350548	4886745	786995	4.3	0.5
317	Rimini	CD2	Fiume Po	44.058165	12.359907	4888943	788150	9.9	3
19	Cattolica	CD2	Fiume Po	43.582924	12.444691	4875519	800095	4.1	0.5
SFBC19	Cattolica	CD2	Fiume Po	43.590290	12.444320	4876915	800126	3.5	2
319	Cattolica	CD2	Fiume Po	43.593664	12.455912	4877576	801504	11	3

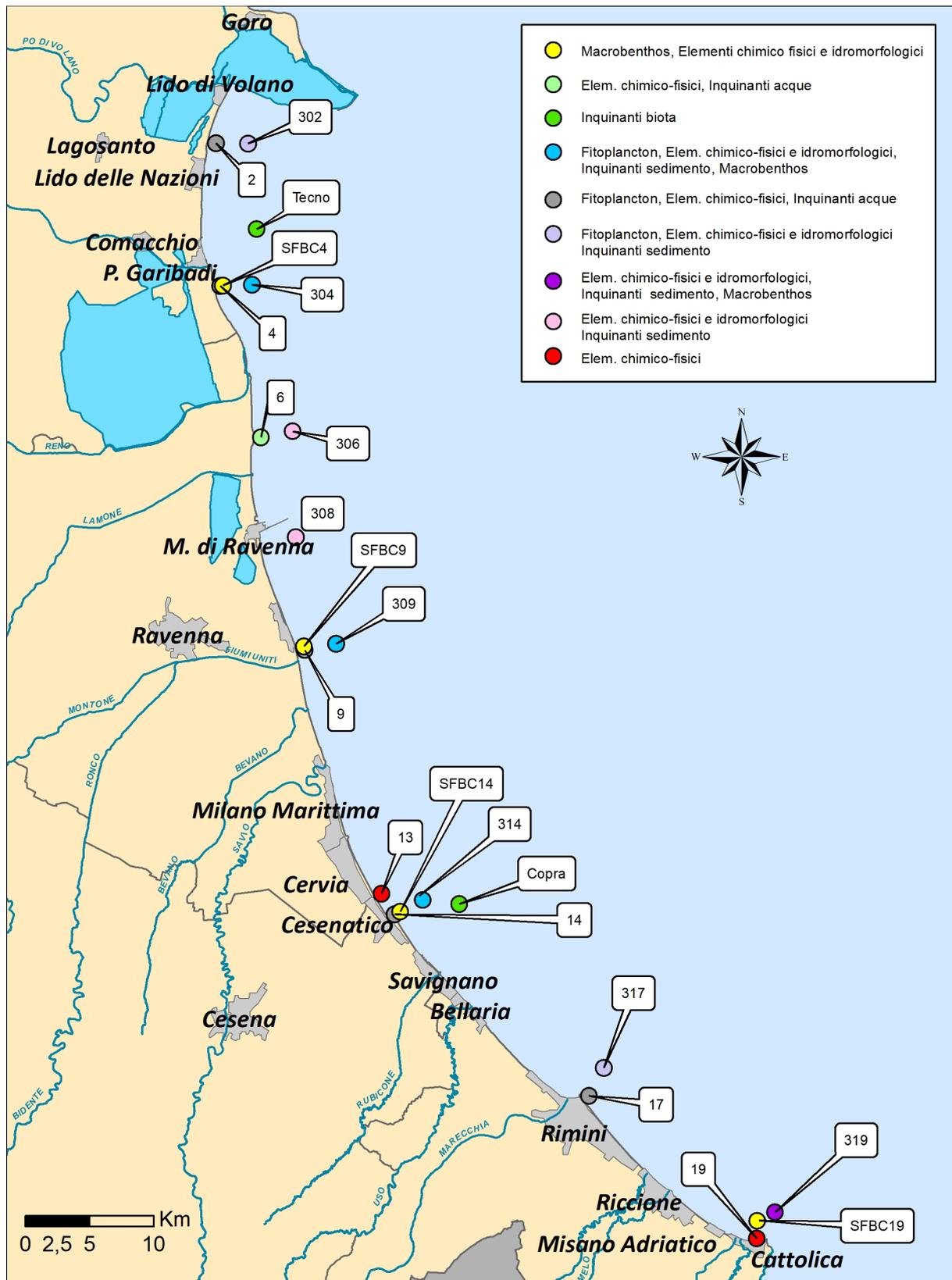


Figura 109 – Rappresentazione cartografica della rete di monitoraggio delle acque marino costiere della regione Emilia-Romagna istituita ai sensi del D.Lgs. 152/06

Tabella 4 – 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 2020-2022

		ELEMENTI PER LO STATO ECOLOGICO					ELEMENTI PER LO STATO CHIMICO					
		Elementi di Qualità Biologica (EQB)		Elementi chimico-fisici	Elementi Idromorfologici e fisico-chimici		Inquinanti specifici non appartenenti all'elenco di priorità	Inquinanti appartenenti all'elenco di priorità		Sostanze per l'analisi di tendenza	Saggi ecotossicologici (elemento opzionale)	
		Fitoplancton	Macro zoobenthos	(*)	(**)	Granulometria TOC	Tab. 1/B DLgs 172/15	Tab. 1/A DLgs 172/15	Tab. 2/A DLgs 172/15	Tabb. 1/A (trend), 3/A e 3/B DLgs 172/15 (****)		
Matrice		ACQUA	SEDIMENTO	ACQUA	ACQUA	SEDIMENTO	ACQUA	ACQUA(***)	BIOTA(****)	SEDIMENTO	SEDIMENTO	SEDIMENTO
Frequenza di indagine		Mensile	Semestrale	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											
	13											
	14											
	SFBC14											
	314											
	Copra											
	17											
	317											
	19											
SFBC19												
319												

Note alla Tabella 4

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

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

(***) Dal 01/01/2020, oltre ai parametri n. 1-33 della Tab. 1/A DLgs 172/15, si aggiungono i parametri n. 36 (Chinossifen), n. 38 (Aclonifen), n. 40 (Cibutrina), n. 45 (Terbutrina) della medesima tabella. I parametri n. 39 (Bifenox), n. 41 (Cipermetrina), n. 42 (Diclorvos) e n. 44 (Eptacloro ed eptacloro epossido) risultano non fattibili. I cloroalcani C10-13 saranno monitorati nel 2022 (un anno nel triennio).

(****) Parametri n. 5 (Difenileteri bromurati), n. 9 (DDT totale), n. 16 (Esaclorobenzene), n. 17 (Esaclorobutadiene), n. 21 (Mercurio e composti), n. 34 (Dicofol), n. 35 (PFOS e suoi sali) e n. 37 (Diossine e composti diossina-simili) della Tab. 1/A DLgs 172/15. Previa verifica di fattibilità analitica sarà ricercato nella matrice biota anche il parametro n. 43 (Esabromociclododecano – HBCDD). Il parametro n. 44 (Eptacloro ed eptacloroepossido) risulta non fattibile. Se non altrimenti indicato, lo SQA per il biota è riferito ai pesci. Si può monitorare un altro taxon del biota alternativo purché lo SQA applicato garantisca un livello equivalente di protezione.

L'analisi dei molluschi prelevati ai fini degli artt. 87 e 88 del DLgs 152/06 (Rete vita molluschi) sarà integrata con i parametri n. 15 (Fluorantene) e n. 28 (Benzo(a)pirene), in quanto per queste sostanze l'SQA indicato nel DLgs 172/15 si riferisce ai crostacei e ai molluschi. L'analisi verrà effettuata in 4 punti di monitoraggio: MAR - area marina antistante Porto Garibaldi adibita all'allevamento di mitili, COST1 - banco naturale nei pressi di Porto Garibaldi, M4 - area marina antistante Ravenna adibita all'allevamento di mitili, P3 - Piattaforma Anemone).

(*****) Dal 01/01/2020, oltre ai parametri delle Tabb. 3/A e 3/B e della Tab. 1/A (DLgs 172/15, art. 1, comma 1, lett. m) n. 26 (Pentaclorobenzene) e n. 44 (Eptacloro ed eptacloro epossido), in via sperimentale e previa verifica di fattibilità analitica, per l'analisi della tendenza a lungo termine saranno ricercati nel sedimento con frequenza almeno triennale anche i parametri n. 7 (Cloroalcani C10-13), n. 12 (Di(2-etilesil)ftalato - DEHP), n. 36 (Chinossifen), n. 43 (Esabromociclododecano - HBCDD).

5.2 ANALISI DEI RISULTATI

5.2.1 Elementi di Qualità Biologica (EQB)

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

5.2.1.a *Fitoplancton*

Le stazioni della rete di monitoraggio per la determinazione quali-quantitativa del fitoplancton sono 10 dislocate su 5 transetti perpendicolari alla costa (Lido di Volano, Porto Garibaldi, Lido Adriano, Cesenatico, Rimini) e distanti 0.5 e 3 km dalla linea di riva.

La frequenza di indagine del fitoplancton per l'anno 2020 è stata mensile per tutte le stazioni (Tabella 4), ad eccezione del mese di aprile per emergenza Covid-19. Altre interruzioni delle curve che descrivono l'andamento del fitoplancton nel corso dell'anno, indicano la mancata esecuzione di una campagna di campionamenti dovuta generalmente a condizioni meteorologiche sfavorevoli.

Il numero e l'ubicazione delle stazioni di indagine permettono di effettuare una valutazione sufficiente dell'ampiezza e dell'impatto generato da fioriture 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, sia su altrettanti parametri fisico-chimici delle acque come le concentrazioni di ossigeno disciolto, la variazione della trasparenza, il pH.

L'analisi qualitativa ha contemplato i principali gruppi tassonomici, Diatomee (phylum Bacillariophyta) e Dinoflagellate (phylum Dinophyta), all'interno dei quali esistono specie che possono essere responsabili di "fioriture". Sotto la voce "Altro fitoplancton" si considera il fitoplancton marino appartenente ai phyla: *Charophyta*, *Chlorophyta*, *Cryptophyta*, *Cyanobacteria*, *Euglenozoa*, *Haptophyta*, *Heterocontophyta*, *Katabletarophyta*, *Miozoa*, *Ochrophyta* ed il fitoplancton (in particolare fitoflagellati) di dimensioni inferiori a 20 µm (nano-fitoplancton), che può rappresentare una frazione elevata della popolazione microalgale totale e che in determinate occasioni, può generare blooms con conseguente alterazione delle caratteristiche delle acque.

Le Diatomee dominano la biomassa del microfitoplancton in entrambi i corpi idrici. Analizzando gli andamenti annuali di questo gruppo nelle stazioni sottocosta (Figura 110) si notano abbondanze elevate nel CD1 in inverno e primavera-estate (superiori o uguali a 1×10^7 cell/l), determinate rispettivamente da *Skeletonema* spp. e *Chaetoceros* spp. Nelle stazioni meridionali del CD2 si rilevano le stesse fioriture invernali di *Skeletonema* spp e, diversamente dal CD1, picchi distinti e alternati a cali di abbondanza determinati da *Chaetoceros* spp in primavera-estate e da maggiore variabilità di specie in autunno (*Chaetoceros* spp, *Pseudo-nitzschia* spp e *Thalassiosira* spp).

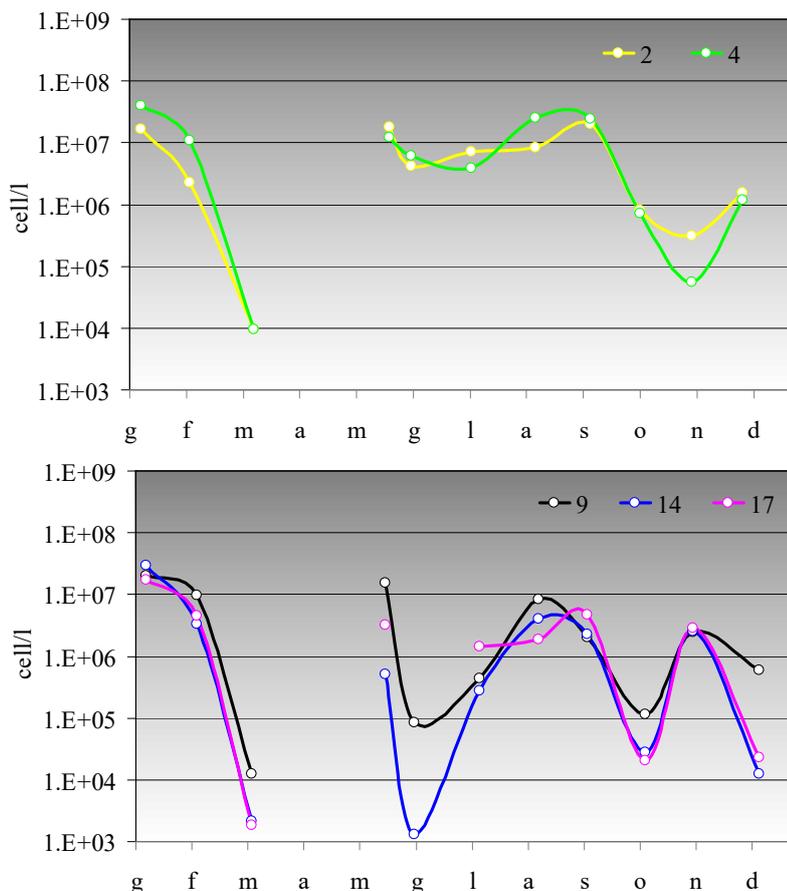


Figura 110 - Andamento annuale delle abbondanze delle Diatomee nelle stazioni sottocosta

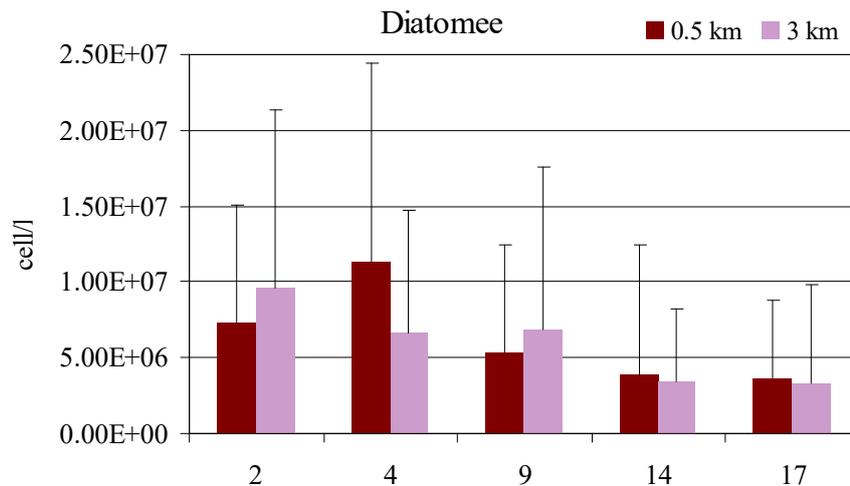


Figura 111 - Medie annuali e deviazioni standard delle abbondanze delle Diatomee nelle stazioni a 0.5 e 3 km

In Figura 111 si riportano le medie annuali e le relative deviazioni standard per stazione a 0,5 km e 3 km di distanza dalla costa. Le abbondanze mostrano un gradiente negativo procedendo da nord verso sud, con l'eccezione della stazione 4 che presenta un numero maggiore di Diatomee rispetto alla stazione 2 situata più a nord. Essendo direttamente sotto l'influenza degli apporti padani la stazione 4 di Porto Garibaldi presenta una maggiore abbondanza di fitoplancton e anche una maggiore variabilità annuale.

Diversamente il gradiente di abbondanza fitoplanctonica non è sempre negativo da costa verso il largo in quanto la circolazione lungo la costa emiliano-romagnola presenta un vortice anticiclonico prospiciente la stazione 2 che porta le correnti al largo in certi mesi dell'anno,

mentre a livello della stazione 9 le correnti rientrano spesso verso costa per stabilizzarsi verso sud nelle stazioni 14 e 17. Questo può spiegare una maggiore abbondanza di fitoplancton a 3 km dalla costa alle stazioni 2 e 9.

In Figura 112 vengono riportate le medie stagionali e le relative deviazioni standard per corpo idrico. Il CD1 presenta valori più elevati di quasi un ordine di grandezza rispetto al CD2 con l'eccezione della campagna autunnale dove i valori quasi si equivalgono, e sono i più bassi dell'anno.

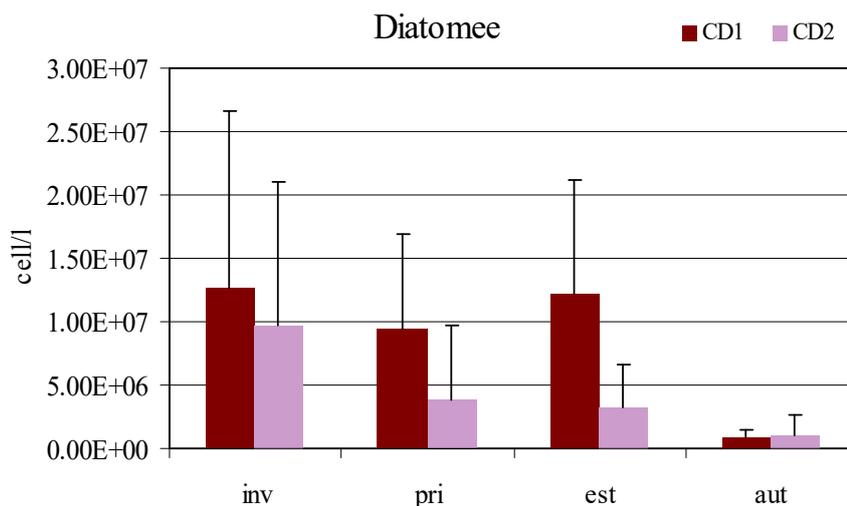


Figura 112 - Andamento delle medie stagionali e deviazioni standard delle abbondanze delle Diatomee nei corpi idrici CD1 e CD2

I generi più rappresentativi sia in termini di frequenza di rilevamento che di abbondanza media annuale (Figura 113) nell'anno 2020 sono stati quelli che generano la maggior parte delle fioriture stagionali della costa emiliano-romagnola, ossia *Skeletonema* spp. e *Chaetoceros* spp (Figura 114) Quest'ultimo comprende piccole specie (inferiori a 20µm) che in genere predominano l'inizio della fioritura, come *Chaetoceros socialis*, *C. tenuissimus* e *C. simplex*, seguiti da specie più grandi che solitamente non raggiungono abbondanze altrettanto elevate. Altri taxa da segnalare in termini di frequenza di rilevamento sono *Cylindrotheca closterium*, *Pseudo-nitzschia* spp. e *Thalassiosira* spp.

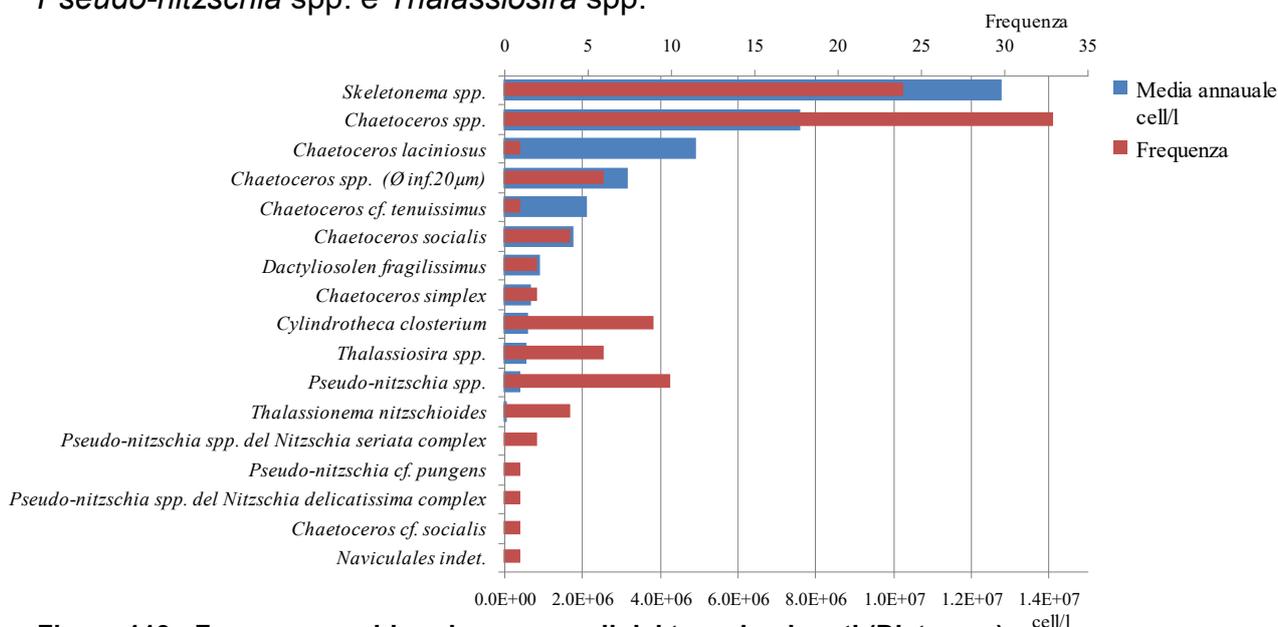


Figura 113 - Frequenze e abbondanze annuali dei taxa dominanti (Diatomee)

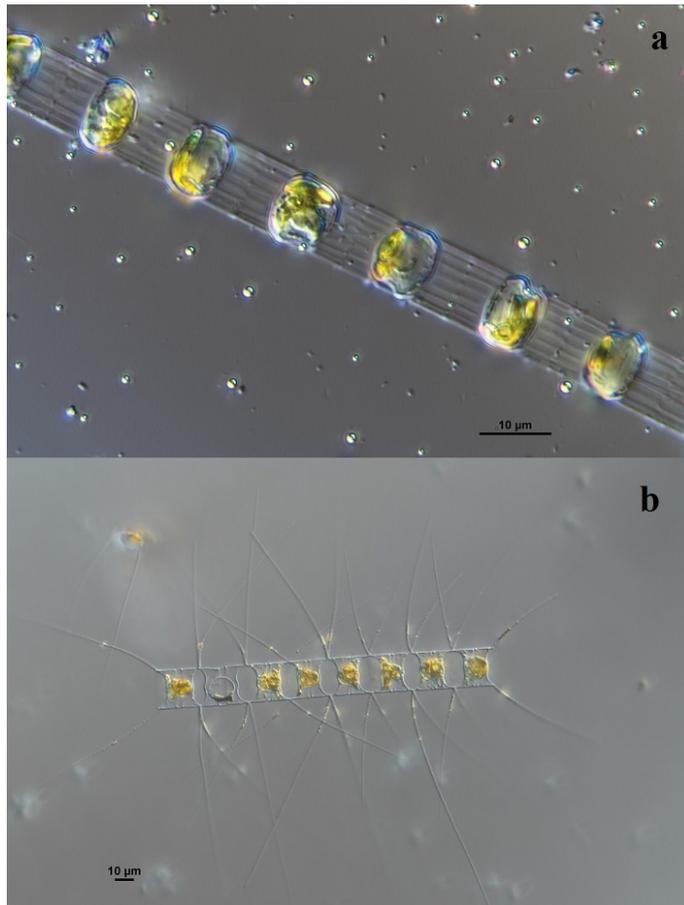


Figura 114 - Foto al microscopio ottico di a) Skeletonema sp e b) Chaetoceros sp. (Archivio Daphne)

Le Dinoflagellate compongono circa l'1% dell'abbondanza totale del fitoplancton. Analizzando le abbondanze annuali delle stazioni sottocosta (Figura 115) nel 2020 oltre all'alta abbondanza estiva tipica di questo gruppo, sebbene inferiore alle diatomee, si segnalano, soprattutto nelle stazioni settentrionali, un picco invernale ed uno autunnale determinati rispettivamente da fioriture di *Heterocapsa rotundata* e dinoflagellate atecate dell'ordine Gymnodiniales.

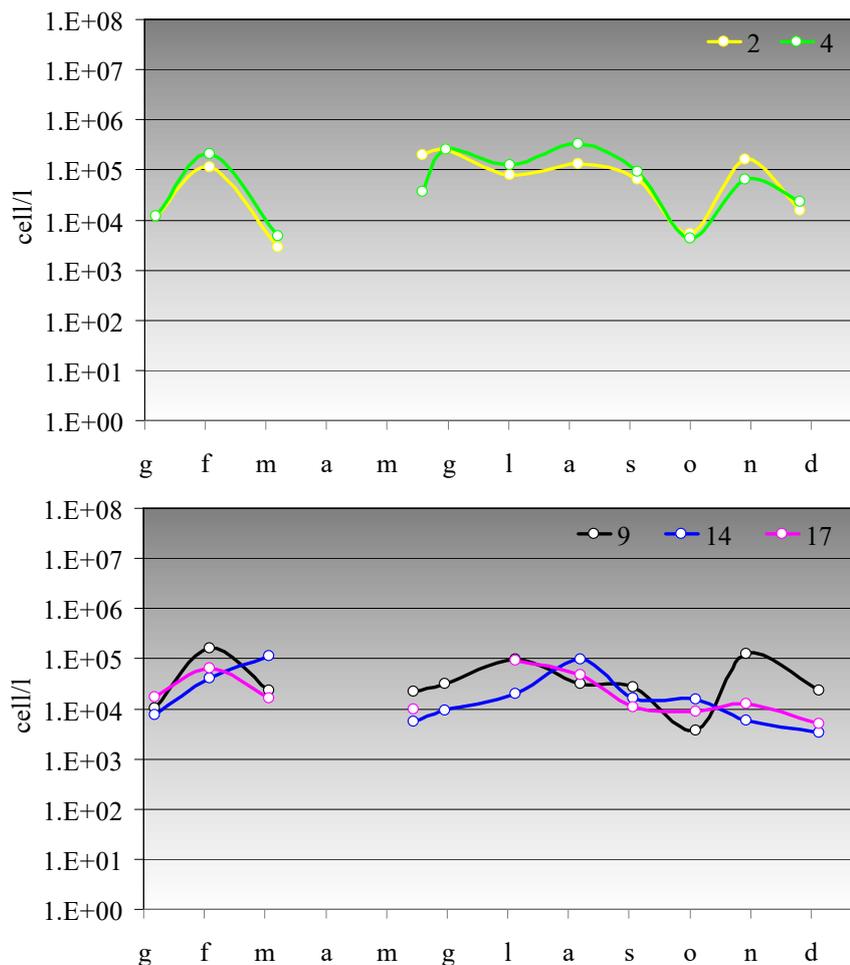


Figura 115 - Andamento annuale delle abbondanze delle Dinoflagellate nelle stazioni sottocosta

In Figura 116 sono riportate le abbondanze medie annuali che risultano più alte ma anche maggiormente variabili nelle stazioni settentrionali. Non si riscontra invece un andamento decrescente verso i 3 km ma le abbondanze medie sono simili a quelle a sottocosta.

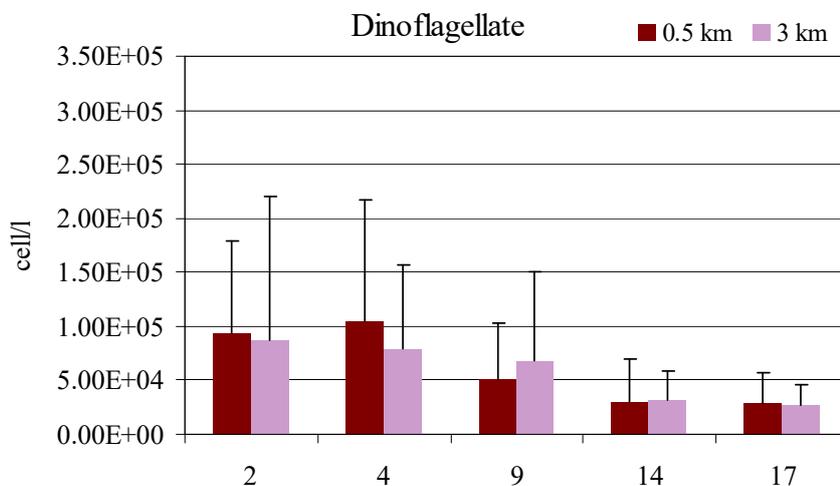


Figura 116 - Medie annuali e deviazioni standard delle abbondanze delle Dinoflagellate nelle stazioni a 0.5 e 3 km

Le medie stagionali per corpo idrico e le relative deviazioni standard (Figura 117) confermano la stagionalità tipica delle Dinoflagellate che sono avvantaggiate in condizioni di scarso idrodinamismo grazie alle capacità motorie del flagello. Si riscontrano infatti minimi invernali e presenze più elevate in primavera-estate nel CD1, che più risente degli apporti fluviali ricchi di nutrienti.

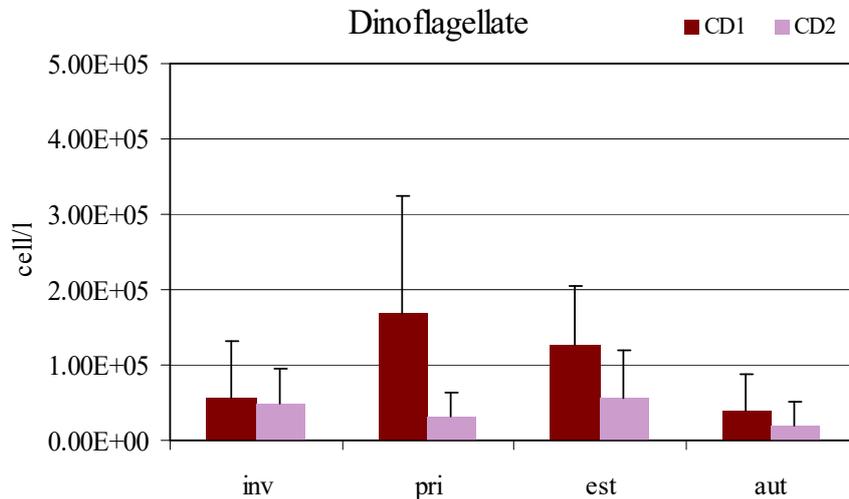


Figura 117 - Andamento delle medie stagionali e deviazioni standard delle abbondanze delle Dinoflagellate nei corpi idrici CD1 e CD2

I taxa appartenenti al Gruppo Dinoflagellate più rappresentativi (Figura 118) in termini di frequenza appartengono all'ordine delle Gymnodiniales, cellule sprovviste di teca esterna presenti da primavera all'autunno. Per quanto riguarda l'abbondanza media annuale oltre a tale ordine troviamo *Heterocapsa rotundata* e *Prorocentrum micans* (che possono a volte colorare l'acqua di marrone) e *Protoperidinium bipes*.

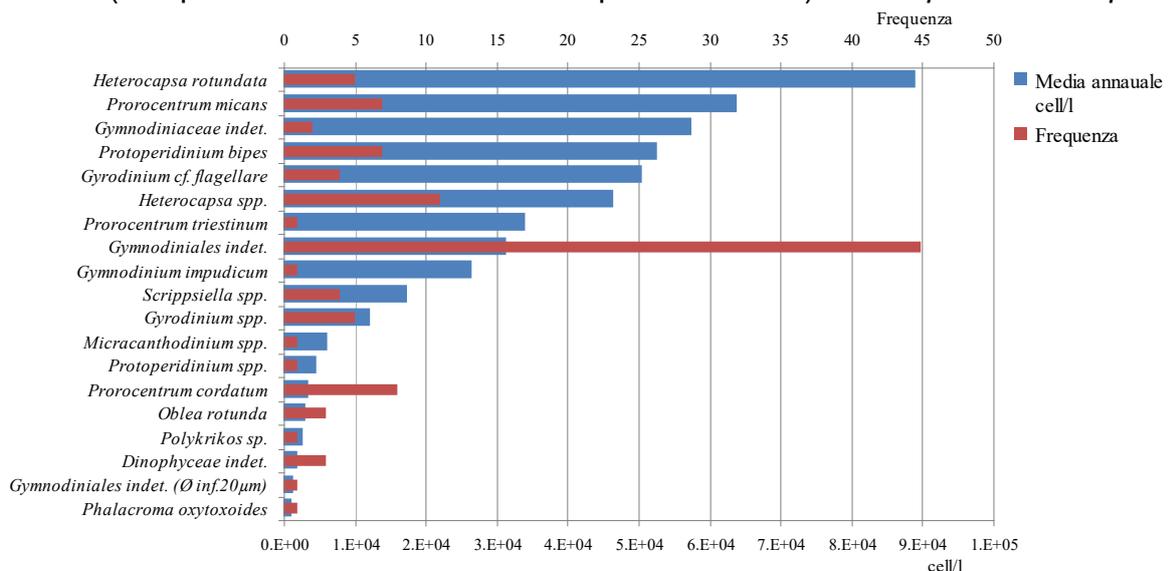


Figura 118 - Frequenze e abbondanze annuali dei taxa dominanti (Dinoflagellate)

In Figura 119 si riportano gli andamenti delle abbondanze dell'Altro fitoplancton (in particolare fitoflagellati del nano-fitoplancton) rilevate nelle singole stazioni sottocosta. Nel CD1 questo Gruppo presenta abbondanze sempre piuttosto elevate durante l'anno, in particolare in primavera-estate. Il calo di abbondanza di nano-flagellati registrato nel mese di marzo potrebbe essere dovuto all'intenso sviluppo del protozoo ciliato *Mesodinium rubrum* (fino a 1.9×10^5 individui/litro nelle stazioni del CD1) che si nutre di tale biomassa e mantiene i cloroplasti attivi delle proprie prede consentendo di rilevare comunque un'alta concentrazione di clorofilla. Inoltre durante il mese di ottobre le condizioni meteo-marine instabili hanno rimescolato le masse d'acqua portando in superficie un aumento della torbidità, in concomitanza si è registrata anche una scarsa abbondanza di fitoplancton. Il CD2 presenta invece abbondanze di nano-flagellati più basse e piuttosto costanti nell'arco dell'anno.

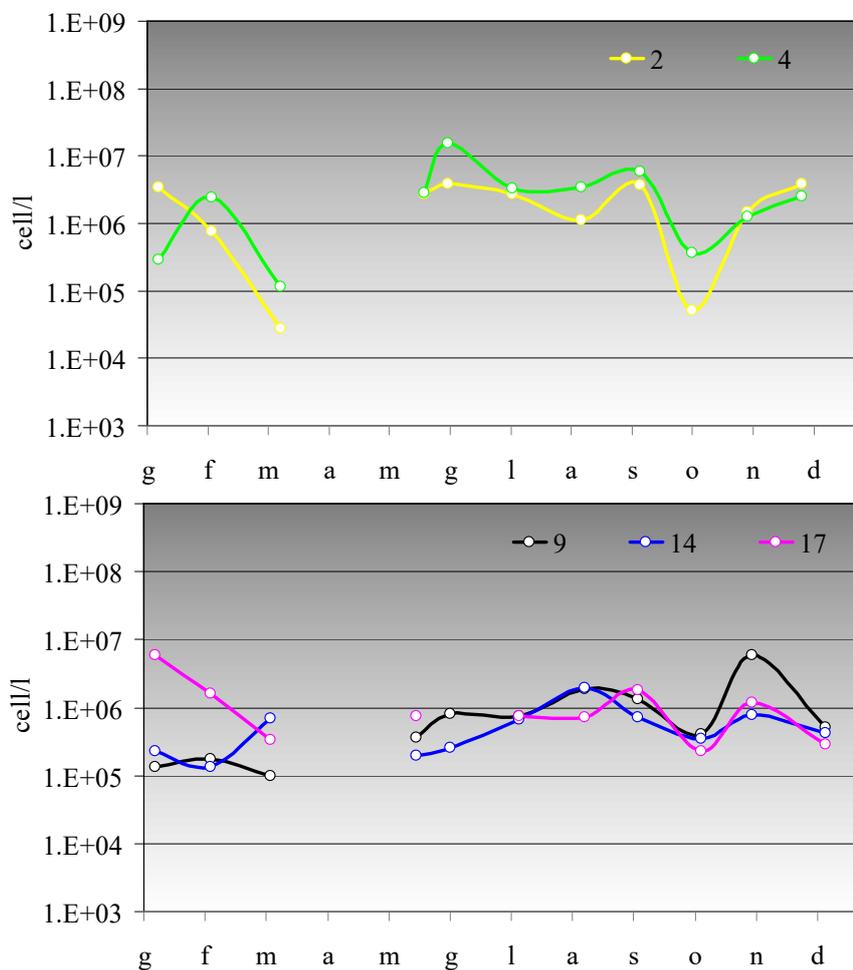


Figura 119 - Andamento annuale delle abbondanze dell'Altro fitoplancton nelle stazioni sottocosta

Come per gli altri gruppi anche le abbondanze maggiori di piccoli fitoflagellati si registrano lungo il transetto 4 di Porto Garibaldi, sia a 0,5 che a 3 km (Figura 120).

La maggiore variabilità di biomassa media che si osserva a 3 km è dovuta alla variabilità delle correnti e degli apporti di acque dolci. Nel CD2 (9,14,17) le abbondanze registrate sono decisamente più basse, all'interno dello stesso ordine di grandezza sottocosta e al largo, e meno variabili.

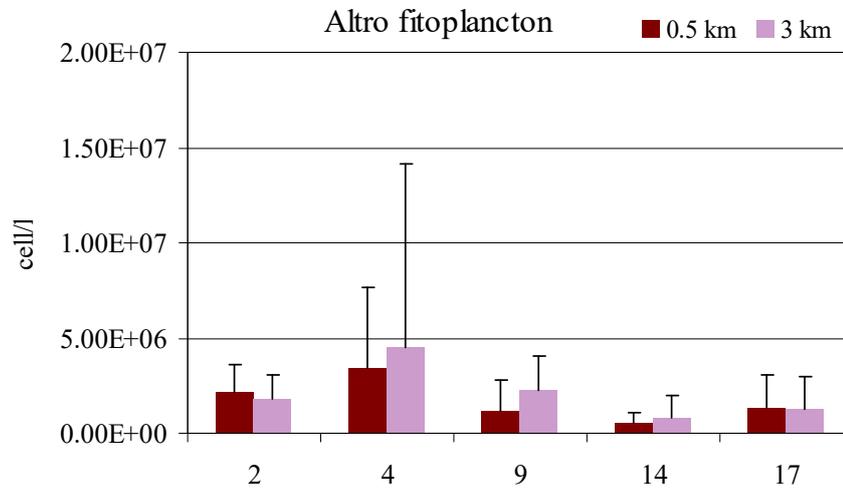


Figura 120 - Medie annuali e deviazioni standard delle abbondanze dell'Altro fitoplancton nelle stazioni a 0.5 e 3 km

In Figura 121 sono presentate le abbondanze medie stagionali e loro relative deviazioni standard, in cui si notano picchi primaverili ed estivi di fitoplancton non identificato inferiore a $20\mu\text{m}$ e di specie appartenenti alla classe Cryptophyceae nel CD1, soprattutto nel transetto 4 di Porto Garibaldi maggiormente influenzato dagli apporti fluviali determinati dai picchi di precipitazioni primaverili di maggio e giugno. Fra i taxa più frequenti di questo gruppo oltre alle Cryptophyceae, si segnalano, seppur in misura minore, specie del genere *Pyramimonas* spp. e dell'ordine Pedinellales (Figura 122).

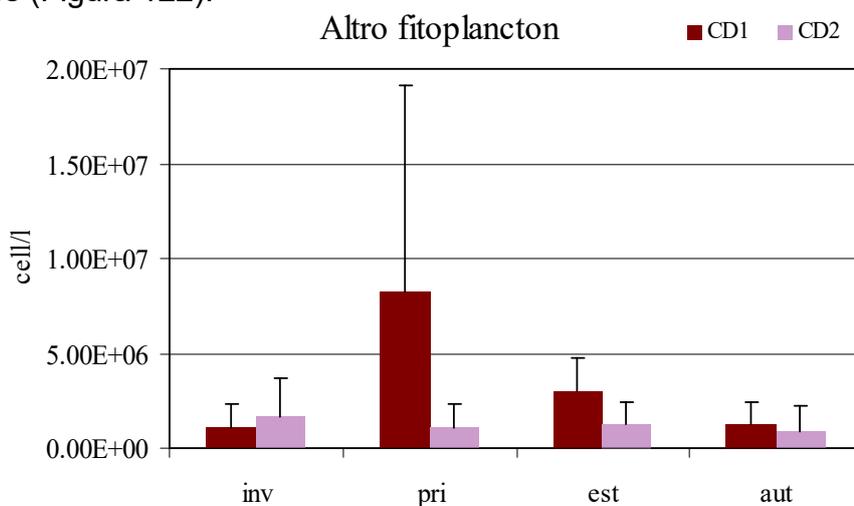


Figura 121 - Andamento delle medie stagionali e deviazioni standard dell'Altro fitoplancton nei corpi idrici CD1 e CD2

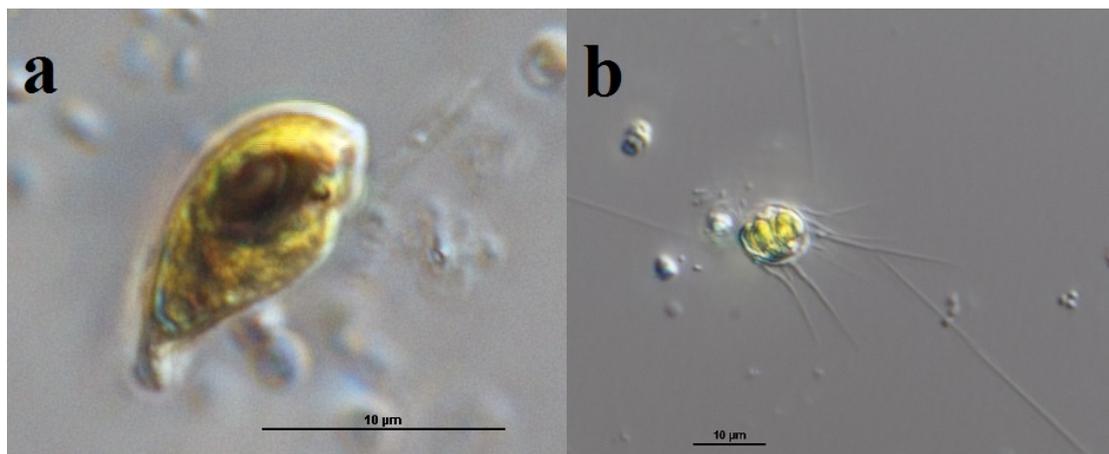


Figura 122 - foto al microscopio ottico di specie appartenenti a) alla classe Cryptophyceae e b) all'ordine Pedinellales (Archivio Daphne)

In Tabella 5 si riporta la lista floristica dei taxa prevalenti identificati nel 2020 durante le campagne di monitoraggio in tutte le stazioni, mentre in Tabella 6 si riporta la lista di tutti i taxa identificati.

Tabella 5 - Lista floristica dei taxa prevalenti riscontrati nel 2020

Phylum	Taxon	Autore
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros cf. tenuissimus</i>	Meunier, 1913
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros lacinosus</i>	F.Schütt, 1895
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros simplex</i>	Ostenfeld, 1902
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros socialis</i>	H.S.Lauder, 1864
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros spp.</i>	Ehrenberg, 1844
Bacillariophyta	<i>Cylindrotheca closterium</i>	(Ehrenberg) Reimann & j. C. Lewin, 1964
Bacillariophyta	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	(Bergon) Hasle, 1996
Bacillariophyta	<i>Naviculales indet.</i>	Bessey
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia cf. pungens</i>	(Grunow ex Cleve) G.R.Hasle, 1993
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia spp.</i>	H. Paragallo, 1900
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia spp. del Nitzschia delicatissima complex</i>	Hasle, 1964
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia spp. del Nitzschia seriata complex</i>	Hasle, 1965
Bacillariophyta	<i>Skeletonema spp.</i>	Greville, 1865
Bacillariophyta	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	(Grunow) Mereschkowsky, 1902
Bacillariophyta	<i>Thalassiosira spp.</i>	Cleve, 1873
Dinophyta	<i>Dinophyceae indet.</i>	F.E.Fritsch in G.S.West & F.E.Fritsch, 1927
Dinophyta	<i>Gymnodiniaceae indet.</i>	Lankester, 1885
Dinophyta	<i>Gymnodiniales indet.</i>	Apstein, 1909
Dinophyta	<i>Gymnodinium impudicum</i>	(S.Fraga & I.Bravo) G.Hansen & Å. Moestrup
Dinophyta	<i>Gymnodinium spp.</i>	Stein, 1878
Dinophyta	<i>Gyrodinium cf. flagellare</i>	Schiller, 1928
Dinophyta	<i>Gyrodinium spp.</i>	Kofoed & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Heterocapsa rotundata</i>	(Lohmann) G.Hansen 1995
Dinophyta	<i>Heterocapsa spp.</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Micracanthodinium spp.</i>	Deflandre, 1937
Dinophyta	<i>Oblea rotunda</i>	(Lebour) Balech ex Sournia, 1973
Dinophyta	<i>Phalacroma oxytoxoides</i>	(Kofoed) F.Gomez, P.Lopez-Garcia & D.Moreira, 2011
Dinophyta	<i>Polykrikos sp.</i>	Bütshli, 1873
Dinophyta	<i>Prorocentrum cordatum</i>	(Ostenfeld) J.D.Dodge 1975
Dinophyta	<i>Prorocentrum micans</i>	Ehrenberg, 1834

Dinophyta	<i>Prorocentrum triestinum</i>	J. Schiller, 1918
Dinophyta	<i>Protopteridinium bipes</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Protopteridinium spp.</i>	Bergh, 1882
Dinophyta	<i>Scrippsiella spp.</i>	Balech ex A. R. Loeblich III, 1965

Tabella 6 - Lista floristica di tutti i taxa identificati nel 2020

Phylum	Specie	Autore
Bacillariophyta	<i>Amphora spp.</i>	Ehrenberg ex Kützing, 1844
Bacillariophyta	<i>Asterionella formosa</i>	Hassal, 1850
Bacillariophyta	<i>Asterionella gracillima</i>	(Hantzsch) Heiberg, 1863
Bacillariophyta	<i>Asterionellopsis glacialis</i>	(Castracane) Round, 1990
Bacillariophyta	<i>Asteromphalus sarcophagus</i>	Wallich
Bacillariophyta	<i>Asteromphalus sp.</i>	Ehrenberg, 1844
Bacillariophyta	<i>Aulacoseira spp.</i>	Thwaites, 1848
Bacillariophyta	<i>Bacillariophyceae cent. Indet.</i>	
Bacillariophyta	<i>Bacillariophyceae indet.</i>	
Bacillariophyta	<i>Bacteriastrum cf. jadrantum</i>	Godrijan, Maric & Pfannkuchen, 2012
Bacillariophyta	<i>Bacteriastrum cf. parallelum</i>	D.Sarno, A.Zingone & D.Marino, 1997
Bacillariophyta	<i>Bacteriastrum mediterraneum</i>	J.Pavillard, 1916
Bacillariophyta	<i>Bacteriastrum spp.</i>	Shadbolt, 1854
Bacillariophyta	<i>Biddulphia spp.</i>	S. F. Gray, 1821
Bacillariophyta	<i>Cerataulina pelagica</i>	(Cleve) Hendey, 1937
Bacillariophyta	<i>Cerataulina spp.</i>	H.Peragallo ex F.Schütt, 1896
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros affinis</i>	Lauder, 1864
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros brevis</i>	F.Schütt, 1895
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros cf. diadema</i>	(Ehrenberg) Gran, 1897
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros cf. radicans</i>	F.Schütt, 1895
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros costatus</i>	Pavillard, 1911
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros curvisetus</i>	Cleve, 1889
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros dadayi</i>	Pavillard, 1913
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros danicus</i>	Cleve, 1889
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros decipiens</i>	Cleve, 1873
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros didymus</i>	Ehrenberg, 1845
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros diversus</i>	Cleve, 1873
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros laciniosus</i>	F.Schütt, 1895
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros lauderi</i>	Lauder, 1864
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	Grunow, 1863
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i>	Mangin, 1910
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 spp.</i>	Ehrenberg, 1844
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros subtilis</i>	Cleve, 1896
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros tenuissimus</i>	Meunier, 1913
Bacillariophyta	<i>Chaetoceros tortissimus</i>	H.H.Gran
Bacillariophyta	<i>Cocconeis spp.</i>	Ehrenberg, 1837
Bacillariophyta	<i>Coscinodiscophyceae indet.</i>	Round R.M.Crawford & D.G.Mann, 1990
Bacillariophyta	<i>Coscinodiscus spp.</i>	Ehrenberg, 1839
Bacillariophyta	<i>Cyclotella spp.</i>	(Kützing) Brebisson, 1838
Bacillariophyta	<i>Cylindrotheca closterium</i>	(Ehrenberg) Reimann & j. C. Lewin, 1964
Bacillariophyta	<i>Cylindrotheca spp.</i>	Rabenhorst, 1859
Bacillariophyta	<i>Dactyliosolen antarcticus</i>	Castracane, 1886
Bacillariophyta	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	(Bergon) Hasle, 1996
Bacillariophyta	<i>Dactyliosolen phuketensis</i>	(B.G.Sundström) G.R.Hasle, 1996
Bacillariophyta	<i>Diatoma spp.</i>	Bory de Saint-Vincent, 1824
Bacillariophyta	<i>Diploneis spp.</i>	Ehrenberg ex Cleve, 1894

Bacillariophyta	<i>Ditylum brightwellii</i>	(T. West) Grunow, 1885
Bacillariophyta	<i>Donkinia sp.</i>	Ralfs, 1861
Bacillariophyta	<i>Entomoneis alata</i>	Ehrenberg, 1845
Bacillariophyta	<i>Eucampia cornuta</i>	(Cleve) Grunow, 1883
Bacillariophyta	<i>Eucampia spp.</i>	Ehrenberg, 1839
Bacillariophyta	<i>Eucampia zodiacus</i>	Ehrenberg, 1839
Bacillariophyta	<i>Fragilaria crotonensis</i>	Kitton, 1869
Bacillariophyta	<i>Fragilaria spp.</i>	Lyngbye, 1819
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>Haslea spp.</i>	Simonsen, 1974
Bacillariophyta	<i>Haslea wawrikan</i>	Simonsen, 1974
Bacillariophyta	<i>Hemiaulus hauckii</i>	Grunow ex Van Heurck, 1882
Bacillariophyta	<i>Hemiaulus sinensis</i>	Greville, 1865
Bacillariophyta	<i>Hemiaulus spp.</i>	Heiberg, 1863
Bacillariophyta	<i>Lauderia annulata</i>	Cleve, 1873
Bacillariophyta	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>	(H. Paragallo) Hastle, 1975
Bacillariophyta	<i>Leptocylindrus spp.</i>	Cleve, 1889
Bacillariophyta	<i>Licmophora spp.</i>	C. Agardh, 1827
Bacillariophyta	<i>Lioloma pacificum</i>	(Cupp) Hasle, 1996
Bacillariophyta	<i>Lithodesmium spp.</i>	Ehrenberg, 1839
Bacillariophyta	<i>Melosira spp.</i>	C. Agardh, 1824
Bacillariophyta	<i>Navicula cancellata</i>	Donkin, 1872
Bacillariophyta	<i>Navicula spp.</i>	Bory de Saint - Vincent, 1822
Bacillariophyta	<i>Naviculaceae indet.</i>	Kützing, 1844
Bacillariophyta	<i>Naviculales indet.</i>	Bessey
Bacillariophyta	<i>Nitzschia sigma</i>	W.Smith, 1853
Bacillariophyta	<i>Nitzschia spp.</i>	Hassall, 1845
Bacillariophyta	<i>Paralia spp.</i>	Heiberg, 1863
Bacillariophyta	<i>Paralia sulcata</i>	(Ehrenberg) Cleve, 1873
Bacillariophyta	<i>Phaeodactylum tricorutum</i>	Bohlin, 1897
Bacillariophyta	<i>Pleurosigma elongatum</i>	W. Smith, 1852
Bacillariophyta	<i>Pleurosigma spp.</i>	W. Smith, 1852
Bacillariophyta	<i>Pleurosigmataceae indet.</i>	Mereschowsky, 1903
Bacillariophyta	<i>Proboscia alata</i>	(Brightwell) Sundström, 1986
Bacillariophyta	<i>Proboscia indica</i>	(H.Peragallo) Hernández-Becerril 1995
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia cf. pungens</i>	(Grunow ex Cleve) G.R.Hasle, 1993
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>	(Takano) Takano, 1995
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia spp.</i>	H. Paragallo, 1900
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia spp. del Nitzschia delicatissima complex</i>	Hasle, 1964
Bacillariophyta	<i>Pseudo-nitzschia spp. del Nitzschia seriata complex</i>	Hasle, 1965
Bacillariophyta	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	(Schultze) B. G. Sundström, 1986
Bacillariophyta	<i>Rhizosolenia cf. pungens</i>	Cleve - Euler, 1937
Bacillariophyta	<i>Rhizosolenia imbricata</i>	Brightwell, 1858
Bacillariophyta	<i>Rhizosolenia spp.</i>	Brightwell, 1858
Bacillariophyta	<i>Skeletonema spp.</i>	Greville, 1865
Bacillariophyta	<i>Skeletonema tropicum</i>	Cleve, 1900
Bacillariophyta	<i>Surirella spp.</i>	Turpin, 1828
Bacillariophyta	<i>Synedra spp.</i>	Ehrenberg, 1830
Bacillariophyta	<i>Tenuicylindrus belgicus</i>	D.Nanjappa & A.Zingone, 2013
Bacillariophyta	<i>Thalassionema cf. frauenfeldii</i>	(Grunow) Hallegraef, 1986
Bacillariophyta	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	(Grunow) Mereschowsky, 1902
Bacillariophyta	<i>Thalassionema spp.</i>	Grunow ex Mereschowsky, 1902
Bacillariophyta	<i>Thalassiosira cf. punctigera</i>	(Castracane) Hasle, 1983
Bacillariophyta	<i>Thalassiosira rotula</i>	Meunier, 1910

Bacillariophyta	<i>Thalassiosira spp.</i>	Cleve, 1873
Bacillariophyta	<i>Trachyneis spp.</i>	P.T.Cleve, 1894
Bacillariophyta	<i>Ulnaria ulna</i>	(Nitzsch) P.Compère, 2001
Charophyta	<i>Closterium spp.</i>	Nitzsch ex Ralfs, 1848
Charophyta	<i>Staurastrum spp.</i>	Meyen ex Ralfs, 1848
Chlorophyta	<i>Actinastrum spp.</i>	Lagerheim, 1882
Chlorophyta	<i>Acutodesmus acuminatus</i>	(Lagerheim) P.M.Tsarenko 2000
Chlorophyta	<i>Chlorophyceae indet.</i>	Wille in Warming, 1884
Chlorophyta	<i>Coelastrum astroideum</i>	De Notaris 1867
Chlorophyta	<i>Coelastrum spp.</i>	Nägeli, 1849
Chlorophyta	<i>Coenocystis spp.</i>	Korshikov, 1953
Chlorophyta	<i>Crucigenia spp.</i>	Morren, 1830
Chlorophyta	<i>Cymbomonas tetramitiformis</i>	Schiller, 1913
Chlorophyta	<i>Desmodesmus armatus</i>	(Chodat) E.Hegewald 2000
Chlorophyta	<i>Desmodesmus spp.</i>	(Lagerheim) S.S.An, T.Friedl & E.Hegewald
Chlorophyta	<i>Micractinium spp.</i>	Fresenius
Chlorophyta	<i>Monoraphidium contortum</i>	(Thuret) Komárková-Legnerová, 1969
Chlorophyta	<i>Monoraphidium spp.</i>	Komárková-Legnerová, 1969
Chlorophyta	<i>Oltmannsiella spp.</i>	W.Zimmermann, 1930
Chlorophyta	<i>Oltmannsiellopsis spp.</i>	M.Cihara & I.Inouye in Cihara et al., 1986
Chlorophyta	<i>Pediastrum spp.</i>	Meyen, 1829
Chlorophyta	<i>Pterosperma cristatum</i>	Schiller, 1925
Chlorophyta	<i>Pterosperma spp.</i>	Pouchet, 1893
Chlorophyta	<i>Pyramimonadales indet.</i>	Chadefaud 1950
Chlorophyta	<i>Pyramimonas spp.</i>	Schmarda, 1849
Chlorophyta	<i>Scenedesmaceae indet.</i>	Oltmanns, 1904
Chlorophyta	<i>Scenedesmus spp.</i>	Meyen, 1829
Chlorophyta	<i>Selenastraceae indet.</i>	Blackman & Tansley 1903
Chlorophyta	<i>Sphaerocystis planctonica</i>	(Korshikov) Bourrelly in Fott 1974
Chlorophyta	<i>Sphaeropleales indet.</i>	Luerssen 1877
Chlorophyta	<i>Tetraselmis spp.</i>	F. Stein, 1878
Cryptophyta	<i>Cryptomonadaceae indet.</i>	Ehrenberg, 1831
Cryptophyta	<i>Cryptomonas marssonii</i>	Skuja, 1948
Cryptophyta	<i>Cryptomonas spp.</i>	Ehrenberg, 1831
Cryptophyta	<i>Cryptophyceae indet.</i>	F.E.Fritsch, 1927
Cryptophyta	<i>Plagioselmis spp.</i>	Butcher ex Novarino, Lucas & Morrall, 1994
Cyanobacteria	<i>Anabaena spp. (unitá cell.)</i>	Bory de Saint-Vincent, 1886
Cyanobacteria	<i>Cyanophyceae indet. (unitá cell.)</i>	Schaffner, 1909
Cyanobacteria	<i>Merismopedia spp. (unitá cell.)</i>	Meyen, 1839
Cyanobacteria	<i>Microcystaceae indet.</i>	Elenkin, 1933
Cyanobacteria	<i>Nostocales indet.</i>	Cavalier-Smith 2002
Cyanobacteria	<i>Oscillatoriales indet.</i>	Cavalier-Smith 2002
Cyanobacteria	<i>Pseudanabaenaceae indet. (unitá cell.)</i>	K.Anagnostidis & J.Komárek , 1988
Dinophyta	<i>Akashiwo sanguinea</i>	(K. Hirasaka) G. Hansen & Moestrup, 2000
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 spp.</i>	Halim, 1960
Dinophyta	<i>Amylax spp.</i>	A.Meunier, 1910
Dinophyta	<i>Amylax triacantha</i>	(Jørgensen) Sournia, 1984
Dinophyta	<i>Azadinium caudatum</i>	(Halldal) Nézan & Chomérat, 2012
Dinophyta	<i>Azadinium spp.</i>	M.Elbrächter & U.Tillmann, 2009
Dinophyta	<i>Ceratium candelabrum</i>	(Ehrenberg) Stein, 1883
Dinophyta	<i>Ceratium furca</i>	(Ehrenberg) Claparède & Lachmann,

		1859
Dinophyta	<i>Ceratium fusus</i>	(Ehrenberg) Dujardin, 1841
Dinophyta	<i>Ceratium hexacanthum</i>	Gourret, 1883
Dinophyta	<i>Ceratium kofoidii</i>	Jørgensen, 1911
Dinophyta	<i>Ceratium longirostrum</i>	Gourret, 1883
Dinophyta	<i>Ceratium macroceros</i>	(Ehrenberg) Vanhöffen, 1897
Dinophyta	<i>Ceratium pentagonum</i>	Gourret, 1883
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 spp.</i>	Schütt, 1896
Dinophyta	<i>Corythodinium tessellatum</i>	(Stein) Loeblich Jr. & Loeblich III, 1966
Dinophyta	<i>Dinophyceae indet.</i>	F.E.Fritsch in G.S.West & F.E.Fritsch, 1927
Dinophyta	<i>Dinophysis acuminata</i>	Claparède & Lachmann, 1859
Dinophyta	<i>Dinophysis caudata</i>	Saville - Kent, 1881
Dinophyta	<i>Dinophysis fortii</i>	Pavillard, 1923
Dinophyta	<i>Dinophysis ovum</i>	Schütt, 1895
Dinophyta	<i>Dinophysis sacculus</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Dinophysis spp.</i>	Ehrenberg, 1839
Dinophyta	<i>Diplopsalis group</i>	Dodge, 1985
Dinophyta	<i>Gonyaulacaceae indet.</i>	Lindemann, 1928
Dinophyta	<i>Gonyaulacales indet.</i>	F.J.R.Taylor 1980
Dinophyta	<i>Gonyaulax fragilis</i>	(Schütt) Kofoid, 1911
Dinophyta	<i>Gonyaulax spinifera</i>	(Claparède & Lachmann) Diesing, 1866
Dinophyta	<i>Gonyaulax spp.</i>	Diesing, 1866
Dinophyta	<i>Gymnodiniaceae indet.</i>	Lankester, 1885
Dinophyta	<i>Gymnodiniales indet.</i>	Apstein, 1909
Dinophyta	<i>Gymnodinium impudicum</i>	(S.Fraga & I.Bravo) G.Hansen & Moestrup
Dinophyta	<i>Gymnodinium spp.</i>	Stein, 1878
Dinophyta	<i>Gyrodinium cf. flagellare</i>	Schiller, 1928
Dinophyta	<i>Gyrodinium cf. lachryma</i>	(Meunier) Kofoid & Swezy 1921
Dinophyta	<i>Gyrodinium fusiforme</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Gyrodinium spp.</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Heterocapsa rotundata</i>	(Lohmann) G.Hansen 1995
Dinophyta	<i>Heterocapsa spp.</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Heterocapsa triquetra</i>	(Ehrenberg) Stein, 1883
Dinophyta	<i>Karenia spp.</i>	G. Hansen & Moestrup, 2000
Dinophyta	<i>Kareniaceae indet.</i>	Bergholtz, Daugbjerg, Moestrup & Fernández, 2005
Dinophyta	<i>Karlodinium spp.</i>	J.Larsen, 2000
Dinophyta	<i>Katodinium glaucum</i>	(Lebour) Loeblich III, 1965
Dinophyta	<i>Kofoidinium spp.</i>	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 spp.</i>	(Gran) Lillick, 1937
Dinophyta	<i>Metaphalacroma sp.</i>	L.-S.Tai & T.Skogsberg, 1934
Dinophyta	<i>Micracanthodinium spp.</i>	Deflandre, 1937
Dinophyta	<i>Nematodinium spp.</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Oblea rotunda</i>	(Lebour) Balech ex Sournia, 1973
Dinophyta	<i>Oxytoxum adriaticum</i>	Schiller, 1937
Dinophyta	<i>Oxytoxum caudatum</i>	Schiller, 1937
Dinophyta	<i>Oxytoxum gladiolus</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Oxytoxum longiceps</i>	Schiller, 1937
Dinophyta	<i>Oxytoxum mediterraneum</i>	Schiller, 1937
Dinophyta	<i>Oxytoxum scolopax</i>	Stein, 1883

Dinophyta	<i>Oxytoxum spp.</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Peridinales indet.</i>	Haeckel, 1894
Dinophyta	<i>Peridiniella spp.</i>	Kofoid & Michener, 1911
Dinophyta	<i>Peridiniopsis spp.</i>	Lemmermann, 1904
Dinophyta	<i>Peridinium quinquecorne</i>	Abé, 1927
Dinophyta	<i>Peridinium spp.</i>	Ehrenberg, 1830
Dinophyta	<i>Phalacroma mitra</i>	F.Schütt, 1895
Dinophyta	<i>Phalacroma oxytoxoides</i>	(Kofoid) F.Gomez, P.Lopez-Garcia & D.Moreira, 2011
Dinophyta	<i>Phalacroma rotundata</i>	(Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener, 1911
Dinophyta	<i>Phalacroma rotundatum</i>	(Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener, 1912
Dinophyta	<i>Phalacroma spp.</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Podolampas palmipes</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Podolampas spp.</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Polykrikos sp.</i>	Bütshli, 1873
Dinophyta	<i>Polykrikos spp.</i>	Bütshli, 1874
Dinophyta	<i>Pronoctiluca spp.</i>	Fabre Domergue, 1889
Dinophyta	<i>Prorocentraceae indet.</i>	F.Stein, 1883
Dinophyta	<i>Prorocentrum cf. aporum</i>	(Schiller) Dodge, 1975
Dinophyta	<i>Prorocentrum compressum</i>	(J.W. Bailey) Abé ex Dodge, 1975
Dinophyta	<i>Prorocentrum cordatum</i>	(Ostenfeld) J.D.Dodge 1975
Dinophyta	<i>Prorocentrum dactylus</i>	(Stein) Dodge, 1975
Dinophyta	<i>Prorocentrum micans</i>	Ehrenberg, 1834
Dinophyta	<i>Prorocentrum rhathymum</i>	Loeblich, Sherley & Schmidt, 1979
Dinophyta	<i>Prorocentrum spp.</i>	Ehrenberg, 1834
Dinophyta	<i>Prorocentrum triestinum</i>	J. Schiller, 1918
Dinophyta	<i>Protoceratium reticulatum</i>	(Claparède & Lachmann) Büttschli 1885
Dinophyta	<i>Proto-peridiniaceae indet.</i>	J.P.Bujak & E.H.Davies 1998
Dinophyta	<i>Proto-peridinium bipes</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Proto-peridinium bispinum</i>	(Schiller) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Proto-peridinium brevipes</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Proto-peridinium brochi</i>	(Kofoid & Swezy) Balech,
Dinophyta	<i>Proto-peridinium cf. granii</i>	(Dangeard) Balech
Dinophyta	<i>Proto-peridinium cf. punctulatum</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Proto-peridinium claudicans</i>	(Paulsen) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Proto-peridinium conicum</i>	(Gran) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Proto-peridinium depressum</i>	(Bailey) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Proto-peridinium diabolus</i>	(Cleve) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Proto-peridinium divergens</i>	(Ehrenberg) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Proto-peridinium minutum</i>	(Kofoid) Loeblich III, 1970
Dinophyta	<i>Proto-peridinium ovum</i>	(Schiller) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Proto-peridinium pellucidum</i>	Bergh ex Loeblich Jr e Loeblich III, 1881
Dinophyta	<i>Proto-peridinium spp.</i>	Bergh, 1882
Dinophyta	<i>Proto-peridinium steinii</i>	(Jorgensen) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Proto-peridinium subinermis</i>	(Paulsen) Loeblich III, 1969
Dinophyta	<i>Proto-peridinium tuba</i>	(Schiller) Balech, 1974
Dinophyta	<i>Pyrophacus horologium</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Pyrophacus spp.</i>	Stein, 1883
Dinophyta	<i>Scaphodinium mirabile</i>	Margalef 1963
Dinophyta	<i>Scrippsiella acuminata</i>	(Ehrenberg) Kretschmann & Gottschling, 2015
Dinophyta	<i>Scrippsiella cf. precaria</i>	M. Montresor & A. Zingone, 1988
Dinophyta	<i>Scrippsiella spinifera</i>	G.Honsell & M.Cabrini, 1991
Dinophyta	<i>Scrippsiella spp.</i>	Balech ex A. R. Loeblich III, 1965
Dinophyta	<i>Scrippsiella trochoidea</i>	(Stein) Balech & Loeblich III, 1965

Dinophyta	<i>Spatulodinium pseudonoctiluca</i>	(Pouchet) J.Cachon & M.Cachon, 1968
Dinophyta	<i>Torodinium robustum</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Torodinium spp.</i>	Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Torodinium teredo</i>	(Pouchet) Kofoid & Swezy, 1921
Dinophyta	<i>Warnowia spp.</i>	Lindemann in Engler & Prantl, 1928
Dinophyta	<i>Warnowiaceae indet.</i>	Lindemann, 1928
Euglenozoa	<i>Euglena spp.</i>	Ehrenberg, 1830
Euglenozoa	<i>Euglenophyceae indet.</i>	Schoenichen, 1925
Euglenozoa	<i>Eutreptiaceae indet.</i>	Hollande, 1942
Euglenozoa	<i>Eutreptiella spp.</i>	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 spp.</i>	Lackey, 1939
Haptophyta	<i>Coccolithophyceae indet.</i>	Rothmaler, 1951
Heterokontophyta	<i>Chrysophyceae indet.</i>	Pascher 1914
Heterokontophyta	<i>Dinobryon spp.</i>	Ehrenberg, 1834
Heterokontophyta	<i>Raphidophyceae indet.</i>	Chadefaud ex P.C.Silva 1980
Incertae sedis	<i>Ebria spp.</i>	Borgert, 1861
Incertae sedis	<i>Ebria tripartita</i>	(J. Schumann) Lemmermann, 1899
Incertae sedis	<i>Hermesinum adriaticum</i>	O. Zacharias, 1906
Indet	<i>Altro Fitoplancton indet. (ø inf.20µm)</i>	
Katablepharidophyta	<i>Leucocryptos marina</i>	(Braarud) Butcher, 1967
Ochrophyta	<i>Apedinella radians</i>	(Lohmann) P.H.Campbell, 1973
Ochrophyta	<i>Dictyocha cf. antarctica</i>	Lohmann, 1919
Ochrophyta	<i>Dictyocha fibula</i>	Ehrenberg, 1839
Ochrophyta	<i>Dictyocha spp.</i>	Ehrenberg, 1837
Ochrophyta	<i>Dictyocha staurodon</i>	Ehrenberg 1844
Ochrophyta	<i>Meringosphaera spp.</i>	Lohmann, 1903
Ochrophyta	<i>Pseudopedinella spp.</i>	N. Carter, 1937
Ochrophyta	<i>Vicicitus globosus</i>	(Y.Hara & Chihara) F.H.Chang 2012

Ai fini della valutazione del fitoplancton per la definizione dello Stato di Qualità Ambientale, si seguono le metriche della clorofilla “a” indicate nel documento di ISPRA “Criteri tecnici per la classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici delle acque marino costiere - Elemento di Qualità Biologica: Fitoplancton” (a cura di Franco Giovanardi, aprile 2018).

Nel febbraio 2018 è stata infatti pubblicata la Decisione (UE) 2018/229 della Commissione “che istituisce, a norma della direttiva 2000/60/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, i valori delle classificazioni dei sistemi di monitoraggio degli Stati membri risultanti dall’esercizio di intercalibrazione che abroga la decisione 2013/480/UE della Commissione”. Una nota del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha reso da subito applicabile tale Decisione anche senza atto di recepimento. In seguito sono stati resi disponibili gli aggiornamenti delle metodiche per la classificazione ecologica dei corpi idrici e, per quanto riguarda gli EQB applicati ai corpi idrici dell’Emilia-Romagna, solo per il Fitoplancton sono state individuate modifiche nei limiti di classe e nei valori di riferimento rispetto al D.M. 260/10.

Per le acque costiere di tipo I, in cui ricade la fascia costiera dell’Emilia Romagna facendo riferimento agli apporti di acqua dolce di origine fluviale e ad alla stabilità

della colonna d'acqua, i valori dei limiti tra le classi di stato, per ciascuna delle metriche impiegate e per le diverse tipologie considerate, sono definiti nel citato documento di ISPRA (Tabella 7).

Tabella 7 - Condizioni di riferimento e limiti tra le classi di qualità ecologica per le acque costiere di Tipo I

RIFERIMENTO NORMATIVO	D.M. 260/10	Dec. 2018/229/UE
STATO ECOLOGICO	Limiti di classe (µg/l)	Limiti di classe (µg/l)
ELEVATO	< 2.4	< 2.0
BUONO	2.4 – 3.5	2.0 - 5.0
SUFFICIENTE	> 3.5	5.0 - 12.6
SCARSO	---	12.6 - 25.0
CATTIVO	---	> 25.0
METRICA	Media geometrica	Media geometrica (<i>G_mean</i> annuale*)
CONDIZIONI DI RIFERIMENTO	1.8	1.4

* Modello log-normale, dopo trasformazione log-decimale e screening preliminare dei dati (OECD)

Di seguito si riportano gli esiti della applicazione dei nuovi criteri. La

Tabella 8 riporta le medie geometriche/anno di clorofilla “a” per ciascuna stazione (Tabella 4) e lo stato di qualità dei corpi idrici CD1 e CD2 per il 2020. I dati annuali di clorofilla relativi ai due corpi idrici della costa emiliano romagnola, sono stati elaborati ai fini della classificazione, adottando la trasformazione Log-normale indicata per approssimare alla distribuzione normale le distribuzioni dei dati grezzi dopo uno *screening* preliminare raccomandato dall’OECD.

La situazione rilevata evidenzia come l’EQB Fitoplancton sia un elemento significativo a rimarcare la condizione eutrofica di tale area e presenti ampie fluttuazioni in risposta alle pressioni a cui il sistema è sottoposto ed alle condizioni meteorologiche che si verificano. La classificazione per l’anno 2020 (

Tabella 8) evidenzia un trend decrescente nord-sud dei valori di clorofilla “a” che tuttavia attribuiscono ad entrambi i corpi idrici CD1 (Goro-Ravenna) e CD2 (Ravenna-Cattolica) un giudizio “Sufficiente”.

Tabella 8 - Medie geometriche annuali per stazione della clorofilla "a" ($\mu\text{g/l}$ o mg/m^3) e stato di qualità dei corpi idrici per l'EQB Fitoplancton

Corpo idrico	Stazione	Clorofilla "a" (EQB Fitoplancton) Dec. 2018/229/UE	
CD1 Goro-Ravenna	2	9.04	8.5 Sufficiente
	302	9.53	
	4	9.09	
	304	8.42	
	6	8.58	
	306	7.63	
CD2 Ravenna-Cattolica	308	7.97	5.1 Sufficiente
	9	7.94	
	309	8.56	
	13	7.33	
	14	5.18	
	314	5.70	
	17	4.49	
	317	3.81	
	19	3.75	
	319	3.36	

5.2.1.b Macrozoobenthos

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

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

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

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

Per la valutazione della dinamica della popolazione dei macroinvertebrati bentonici, il campionamento è effettuato sul substrato a biocenosi SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate) che si trova entro la fascia di 1.0-1.5 km dalla costa e su quello a biocenosi VTC (Fanghi Terrigeni Costieri) presenti nelle stazioni a 3 km dalla costa. La rete di monitoraggio è articolata in 8 stazioni collocate a circa 1 e 3 km dalla costa lungo i transetti di P. Garibaldi, L. Adriano, Cesenatico, Cattolica (vedi Tabella 3). La frequenza di campionamento è semestrale: maggio e novembre (vedi Tabella 4).

Tabella 9 - 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
Annelida	28	14	32	52	34	35	40	44
Arthropoda	5	6	9	13	5	7	11	12
Cnidaria	1	0	1	1	1	0	1	1
Echinoderma			3	4	2	1	4	5
Mollusca	9	10	26	29	16	16	24	25
Nemertea	1						1	1
Phoronida	1		1	1	1	1	1	1
Sipuncula				1				
Totale	45	30	72	101	59	60	82	89

Tabella 10 - Presenza specie nelle stazioni considerate per le SFBC

PHYLUM	FAMIGLIA	TAXON	AUTORE	Primavera				Autunno			
				4	9	14	19	4	9	14	19
Annelida	AMPHARETIDAE	<i>Ampharete acutifrons</i>	Hessle, 1917		x		x		x		x
		<i>Melinna palmata</i>	Grube, 1869		x		x		x	x	x
	CAPITELLIDAE	<i>Capitella capitata</i>	(Fabricius, 1780)					x		x	
		<i>Heteromastus filiformis</i>	(Claparède, 1864)	x	x	x	x	x		x	x
		<i>Peresiella clymenoides</i>	Harmelin, 1968	x			x				
	CIRRATULIDAE	<i>Chaetozone gibber</i>	Woodham & Chambers, 1994			x		x			
	FLABELLIGERIDAE	<i>Diplocirrus glaucus</i>	(Malmgren 1867)							x	x
		<i>Pherusa monilifera</i>	(Delle Chiaje, 1841)			x		x		x	x
	GLYCERIDAE	<i>Glycera celtica</i>	O'Connor, 1987								x
		<i>Glycera tridactyla</i>	Schmarda, 1861					x			
		<i>Glycera unicornis</i>	Savigny, 1818	x			x		x		x
	HESIONIDAE	<i>Kefersteinia cirrata</i>	(Keferstein, 1862)						x	x	x
		<i>Oxydromus flexuosus</i>	(Delle Chiaje, 1827)								x
	LUMBRINERIDAE	<i>Abyssoninoe hibernica</i>	(McIntosh, 1903)				x				
		<i>Gallardonneris iberica</i>	Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012				x				x
		<i>Hilbigneris gracilis</i>	(Ehlers, 1868)				x	x			x
		<i>Lumbrineris longipodiata</i>	Cantone, 1990			x					x
	MAGELONIDAE	<i>Magelona alleni</i>	Wilson, 1958								x
		<i>Magelona filiformis</i>	Wilson, 1959	x		x	x				
		<i>Magelona johnstoni</i>	Fiege, Licher & Mackie, 2000	x		x		x		x	x
		<i>Magelona minuta</i>	Eliason, 1962					x		x	x
	MALDANIDAE	<i>Clymenura clypeata</i>	(Saint-Joseph, 1894)								x
		<i>Euclymene oerstedii</i>	Claparède, 1863	x		x	x	x			x
	NEPHTYIDAE	<i>Micronephthys stammeri</i>	(Auger, 1932)	x		x	x			x	x
		<i>Nephtys cirrosa</i>	Ehlers, 1868	x	x	x	x	x		x	x
		<i>Nephtys hombergi</i>	Savigny, 1818	x	x		x	x	x	x	x
	NEREIDAE	<i>Nereis lamellosa</i>	Ehlers, 1868								x
	ONUPHIDAE	<i>Diopatra neapolitana</i>	Delle Chiaje, 1841		x	x	x	x	x	x	x
		<i>Onuphis eremita</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833			x				x	x
	OWENIDAE	<i>Owenia fusiformis</i>	Delle Chiaje, 1841	x	x	x	x	x	x	x	x
		<i>Galathowenia oculata</i>	(Zachs, 1923)				x				
	PARAONIDAE	<i>Aricidea (Acmira) assimilis</i>	Tebble, 1959	x	x	x	x	x	x	x	x
		<i>Aricidea (Acmira) catherinae</i>	Laubier, 1967								x
		<i>Aricidea fragilis</i>	Webster, 1879								x
		<i>Levinsenia demiri</i>	Çinar, Dagli & Acik, 2011				x				x
	PECTINARIIDAE	<i>Pectinaria koreni</i>	(Malmgren, 1866)		x		x				x
	PHYLLODOCIDAE	<i>Eteone flava</i>	(Fabricius, 1780)								x
		<i>Eteone picta</i>	(Quatrefages, 1866)							x	x

		<i>Phyllodoce longipes</i>	Kinberg, 1866							x	x	
	PILARGIIDAE	<i>Sigambra parva</i>	(Day, 1963)				x	x	x	x		
	POECILOCHAETIDAE	<i>Poecilochaetus serpens</i>	Allen, 1904			x	x			x		
	SABELLIDAE	<i>Dialychone arenicola</i>	(Langerhans, 1880)			x					x	
		<i>Dialychone dunerificta</i>	Tovar-Hernández Licciano Giangrande, 2007								x	
	SIGALIONIDAE	<i>Sigalion mathildae</i>	Audouin & Milne- Edwards, 1832		x					x		
		<i>Sthenelais boa</i>	(Johnston, 1833)									x
	SPIONIDAE	<i>Aonides oxycephala</i>	(Sars, 1862)	x								
		<i>Laonice cirrata</i>	(M.Sars, 1851)									x
		<i>Polydora ciliata</i>	(Johnston, 1838)		x						x	x
		<i>Prionospio caspersi</i>	Laubier, 1962	x		x	x	x			x	x
		<i>Prionospio cirrifera</i>	Wiren, 1883	x								
		<i>Prionospio malmgreni</i>	Claparède, 1870	x			x				x	x
		<i>Prionospio pulchra</i>	Imajima, 1990						x		x	x
		<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	(Okuda, 1937)						x		x	
		<i>Spio decoratus</i>	Bobretzky, 1870	x			x				x	x
		<i>Spiophanes adriaticus</i>	D'Alessandro, Castriota, et al, 2020									x
		<i>Spiophanes bombyx</i>	(Claparède, 1870)									x
		<i>Streblospio shrubsolii</i>	Webster, 1879						x			
	SYLLIDAE	<i>Exogone dispar</i>	(Webster, 1879)								x	
	TEREBELLIDAE	<i>Lanice conchylega</i>	(Pallas, 1766)							x	x	
		<i>Oligochaeta</i> indet.			x		x		x	x	x	
Arthropoda	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca diadema</i>	Costa, 1853		x	x	x				x	
	APSEUDIDAE	<i>Apseudes bacescui</i>	Gutu, 2002				x					
		<i>Apseudopsis acutifrons</i>	(Sara, 1882)		x							
	BODOTRIIDAE	<i>Bodotria scorpioides</i>	(Montagu, 1804)	x		x	x					x
		<i>Iphinoe daphne</i>	Mazziotti & Lezzi, 2020	x	x	x	x				x	x
	CAPRELLIDAE	<i>Pariambus typicus</i>	(Kroyer, 1844)			x	x	x				x
		<i>Phtisica marina</i>	Slabber, 1769									x
	LEUCOTHOIDAE	<i>Hippomedon massiliensis</i>	Bellan-Santini, 1965					x				
		<i>Lepidepcreum longicorne</i>	(Bate & Westwood, 1861)					x	x			
		<i>Leucothoe incisa</i>	(Robertson, 1892)		x	x						x
	MEGALUROPIDAE	<i>Megaluropus massiliensis</i>	Ledoyer, 1976				x	x				
	OEDICEROTIDAE	<i>Pericolodes longimanus</i>	(Bate & Westwood, 1868)	x	x	x	x					
		<i>Pontocrates arenarius</i>	(Bate, 1858)					x				x
	PHOXOCEPHALIDAE	<i>Metaphoxus fultoni</i>	(Scott, 1890)					x				
	PORTUNIDAE	<i>Liocarcinus depurator</i>	(Linnaeus, 1758)	x								
<i>Liocarcinus vernalis</i>		(Risso, 1816)									x	
		<i>Mysida</i> indet.				x						
Cnidaria	ACTINARIA	<i>Anthozoa</i> indet.		x		x		x			x	
Echinoderma	AMPHIURIDAE	<i>Amphiura chiajei</i>	Forbes, 1843			x	x				x	
		<i>Amphiura filiformis</i>	(O.F. Müller, 1776)								x	
	CUCUMARIIDAE	<i>Trachythone elongata</i>	Duben-Koren, 1844								x	
	OPHIURIDAE	<i>Ophiura ophiura</i>	(Linnaeus, 1816)								x	

Mollusca	ARCIDAE	<i>Anadara kagoshimensis</i>	(Tokunaga, 1906)				x					
		<i>Anadara transversa</i>	Say, 1822		x	x			x	x	x	
	CALYPTRAEIDAE	<i>Calyptraea chinensis</i>	(Linné, 1758)								x	
	CORBULIDAE	<i>Corbula gibba</i>	(Olivi, 1792)		x	x	x			x	x	x
		<i>Lentidium mediterraneum</i>	(O.G. Costa, 1830)	x		x			x	x	x	
	CYLICHNIDAE	<i>Cylichna cylindracea</i>	(Pennant, 1777)				x					x
	DENTALIIDAE	<i>Antalis dentalis</i>	(Linnaeus, 1758)									x
	DONACIDIAE	<i>Donax semistriatus</i>	(Poli, 1795)	x		x			x		x	x
	IRAVADIIAE	<i>Hyala vitrea</i>	(Montagu, 1803)								x	x
	LUCINIDAE	<i>Loripes orbiculatus</i>	Poli, 1791					x				
		<i>Lucinella divaricata</i>	(Linnaeus, 1758)				x				x	x
	MACTRIDAE	<i>Mactra stultorum</i>	(Linné, 1758)				x			x		
		<i>Spisula subtruncata</i>	(Da Costa, 1778)	x		x	x				x	
	MONTACUTIDAE	<i>Kurtiella bidentata</i>	(Montagu, 1803)					x			x	x
		<i>Tellimya ferruginosa</i>	(Montagu, 1808)				x					
	MYTILIDAE	<i>Musculista senhousia</i>	(Benson in Cantor, 1842)						x	x	x	x
	NASSARIIDAE	<i>Cyclope neritea</i>	(Linné, 1758)	x		x			x		x	
		<i>Nassarius mutabilis</i>	(Linné, 1758)				x	x				x
		<i>Nassarius nitidus</i>	(Jeffreys, 1867)				x				x	x
	NUCULANIDAE	<i>Nuculana pella</i>	(Linné, 1758)				x					x
	NUCULIDAE	<i>Nucula nitidosa</i>	(Winckworth, 1930)					x		x	x	x
		<i>Nucula sulcata</i>	(Bronn, 1831)					x				
	PHARIDAE	<i>Phaxas adriaticus</i>	(Coen, 1993)				x	x			x	x
	PHILINIDAE	<i>Philine aperta</i>	(Linné, 1767)							x		
	PYRAMIDELLIDAE	<i>Chrysallida indistincta</i>	(Montagu, 1808)								x	
	RETUSIDAE	<i>Volvulella acuminata</i>	(Bruguière, 1792)									x
	RINGICULIDAE	<i>Ringicula conformis</i>	Monterosato 1877								x	x
	SEMELIDAE	<i>Abra alba</i>	(Wood W., 1802)	x	x	x	x					x
		<i>Abra nitida</i>	(O.F. Müller, 1776)									x
		<i>Abra prismatica</i>	(Montagu, 1808)								x	x
	TELLINIDAE	<i>Tellina distorta</i>	(Poli, 1791)									x
		<i>Tellina fabula</i>	(Gmelin, 1791)				x				x	x
		<i>Tellina nitida</i>	(Poli, 1791)				x	x		x	x	x
THRACIIDAE	<i>Thracia papyracea</i>	(Poli, 1791)				x						
VENERIDAE	<i>Chamelea gallina</i>	(Linné, 1758)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	<i>Dosinia lupinus</i>	(Linné, 1758)				x						
	<i>Politapes rhomboides</i>	(Pennant, 1777)				x		x		x	x	
Nemertini		<i>Nemertini indet.</i>						x				
Phoronida	PHORONIDAE	<i>Phoronis psammophila</i>	Cori, 1889	x		x	x	x		x	x	
Sipunculida	SIPUNCULIDAE	<i>Sipunculus (Sipunculus) nudus</i>	Linnaeus, 1766				x					

Tabella 11 - Presenza specie nelle stazioni considerate per le VTC

PHYLUM	FAMIGLIA	TAXON	AUTORE	Primavera				Autunno			
				304	309	314	319	304	309	314	319
Annelida	AMPHARETIDAE	<i>Ampharete acutifrons</i>	Hessle, 1917	x	x		x			x	x
		<i>Ampharete</i> sp.									x
		<i>Melinna palmata</i>	Grube, 1869	x	x	x	x		x	x	x
	CAPITELLIDAE	<i>Capitella minima</i>	Langerhans, 1881	x						x	
		<i>Heteromastus filiformis</i>	(Claparède, 1864)	x	x	x	x	x	x	x	x
		<i>Notomastus aberans</i>	Day, 1963						x		x
		<i>Peresiella clymenoides</i>	Harmelin, 1968			x	x				x
		<i>Pseudoleiocapitella fauveli</i>	Harmelin, 1964		x						
		<i>Chaetozone gibber</i>	Woodham & Chambers, 1994	x		x					
	CIRRATULIDAE	<i>Kirkegaardia heterochaeta</i>	(Laubier, 1961)	x	x				x		x
	COSSURIDAE	<i>Cossura soyeri</i>	Laubier, 1964				x				x
	EUNICIDAE	<i>Eunice pennata</i>	(Müller, 1776)					x			
	FLABELLIGERIDAE	<i>Diplocirrus glaucus</i>	(Malmgren 1867)				x				x
		<i>Pherusa monilifera</i>	(Delle Chiaje, 1841)	x	x	x	x	x		x	
	GLYCERIDAE	<i>Glycera alba</i>	(O.F. Müller, 1776)	x	x						
		<i>Glycera unicornis</i>	Savigny, 1818		x		x		x		x
	HESIONIDAE	<i>Kefersteinia cirrata</i>	(Keferstein, 1862)			x	x			x	x
		<i>Oxydromus flexuosus</i>	(Delle Chiaje, 1827)								x
	LUMBRINERIDAE	<i>Gallardonis iberica</i>	Martins, Carrera-Parra, Quintino & Rodrigues, 2012		x	x			x	x	x
		<i>Hilbigneris gracilis</i>	(Ehlers, 1868)	x	x			x	x	x	x
		<i>Lumbrineris latreilli</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1834								x
		<i>Lumbrineris longipodiata</i>	Cantone, 1990			x	x				
	MAGELONIDAE	<i>Magelona alleni</i>	Wilson, 1958	x							
		<i>Magelona filiformis</i>	Wilson, 1959	x		x					
		<i>Magelona johnstoni</i>	Fiege, Licher & Mackie, 2000	x		x					x
		<i>Magelona minuta</i>	Eliason, 1962					x		x	
	MALDANIDAE	<i>Clymenura clypeata</i>	(Saint-Joseph, 1894)								x
		<i>Euclymene oerstedii</i>	Claparède, 1863	x	x	x		x	x	x	x
	NEPHTYIDAE	<i>Micronephthys stammeri</i>	(Auger, 1932)	x	x	x	x		x	x	x
		<i>Nephtys cirrosa</i>	Ehlers, 1868	x		x	x	x		x	
		<i>Nephtys hombergi</i>	Savigny, 1818	x	x	x	x	x	x	x	x
		<i>Nephtys incisa</i>	Malmgren, 1865		x						
	NEREIDAE	<i>Nereis lamellosa</i>	Ehlers, 1868								x
NEREIDIDAE	<i>Hediste diversicolor</i>	(O.F. Müller, 1776)	x								
ONUPHIDAE	<i>Diopatra neapolitana</i>	Delle Chiaje, 1841	x	x	x	x	x	x	x	x	
	<i>Onuphis eremita</i>	Audouin & Milne-Edwards, 1833			x				x	x	
OWENIDAE	<i>Owenia fusiformis</i>	Delle Chiaje, 1841	x	x	x		x	x	x	x	

	OWENIIDAE	<i>Galathowenia oculata</i>	(Zachs, 1923)		x				x		
	PARAONIDAE	<i>Aricidea (Acmira) assimilis</i>	Tebble, 1959	x	x	x	x	x	x	x	x
		<i>Aricidea (Acmira) catherinae</i>	Laubier, 1967	x	x				x		x
		<i>Aricidea fragilis</i>	Webster, 1879	x				x			
		<i>Levinsenia demiri</i>	Çinar, Dagli & Acik, 2011	x	x				x		x
	PECTINARIIDAE	<i>Pectinaria koreni</i>	(Malmgren, 1866)	x	x		x			x	x
	PHYLLODOCIDAE	<i>Eteone picta</i>	(Quatrefages, 1866)						x	x	x
		<i>Phyllodoce longipes</i>	Kinberg, 1866	x	x					x	x
	PILARGIIDAE	<i>Sigambra parva</i>	(Day, 1963)	x	x			x	x	x	x
	POECILOCHAETIDAE	<i>Poecilochaetus serpens</i>	Allen, 1904		x					x	x
	POLYNOIDAE	<i>Harmothoe</i> sp.							x		
	SABELLIDAE	<i>Dialychone arenicola</i>	(Langerhans, 1880)				x			x	x
		<i>Dialychone dunerificta</i>	Tovar-Hernández Licciano Giangrande, 2007					x			x
		<i>Megalomma lanigera</i>	(Grube, 1846)								x
	SIGALIONIDAE	<i>Labioleanira yhleni</i>	(Malmgren, 1867)		x						
	SPIONIDAE	<i>Laonice cirrata</i>	(M.Sars, 1851)				x			x	x
		<i>Polydora ciliata</i>	(Johnston, 1838)		x			x			x
		<i>Prionospio caspersi</i>	Laubier, 1962	x	x	x					x
		<i>Prionospio cirrifera</i>	Wiren, 1883	x		x					
		<i>Prionospio malmgreni</i>	Claparède, 1870	x	x	x	x			x	x
		<i>Prionospio pulchra</i>	Imajima, 1990		x					x	x
		<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	(Okuda, 1937)								x
		<i>Spio decoratus</i>	Bobretzky, 1870	x	x	x	x				x
		<i>Spio filicornis</i>	(Müller, 1776)				x				
		<i>Spiophanes adriaticus</i>	D'Alessandro, Castriota, et al, 2020		x						
		<i>Spiophanes bombyx</i>	(Claparède, 1870)								x
	TEREBELLIDAE	<i>Lanice conchylega</i>	(Pallas, 1766)								x
		<i>Oligochaeta</i> indet.					x	x	x	x	x
Arthropoda	AMPELISCIDAE	<i>Ampelisca diadema</i>	Costa, 1853	x	x	x	x		x	x	x
	APSEUDIDAE	<i>Apseudopsis acutifrons</i>	(Sara, 1882)				x				
	BODOTRIIDAE	<i>Bodotria scorpioides</i>	(Montagu, 1804)				x	x			x
		<i>Iphinoe daphne</i>	Mazziotti & Lezzi, 2020	x	x	x	x				x
	CAPRELLIDAE	<i>Pariambus typicus</i>	(Kroyer, 1844)	x	x	x	x				x
		<i>Phtisica marina</i>	Slabber, 1769								x
	COROPHIIDAE	<i>Medicorophium rotundirostre</i>	(Stephensen, 1915)	x							
		<i>Medicorophium runcicorne</i>	(Della Valle, 1893)	x							
	LEUCOTHOIDAE	<i>Hippomedon massiliensis</i>	Bellan-Santini, 1965		x	x	x				x
		<i>Lepidepcreum longicorne</i>	(Bate & Westwood, 1861)					x			
		<i>Leucothoe incisa</i>	(Robertson, 1892)		x	x	x				x
	MAERIDAE	<i>Othomaera schmidtii</i>	(Stephensen, 1915)		x						
	MEGALUROPIDAE	<i>Megaluropus massiliensis</i>	Ledoyer, 1976		x	x	x				
	OEDICEROTIDAE	<i>Periculodes longimanus</i>	(Bate & Westwood, 1868)				x	x			x
		<i>Pontocrates arenarius</i>	(Bate, 1858)					x			x

	PORTUNIDAE	<i>Liocarcinus depurator</i>	(Linnaeus, 1758)				x					
	(blank)	<i>Mysida</i> indet.					x					
Cnidaria	ACTINARIA	<i>Anthozoa</i> indet.		x		x	x	x		x		
Echinoderma	AMPHIURIDAE	<i>Amphiura chiajei</i>	Forbes, 1843			x	x				x	
		<i>Amphiura filiformis</i>	(O.F. Müller, 1776)	x						x	x	
	CUCUMARIIDAE	<i>Trachythone elongata</i>	Duben-Koren, 1844		x	x					x	
	OPHIURIDAE	<i>Ophiura ophiura</i>	(Linnaeus, 1816)					x		x	x	
	SYNAPTIDAE	<i>Labidoplax digitata</i>	(Montagu, 1815)				x					
Mollusca	ARCIDAE	<i>Anadara kagoshimensis</i>	(Tokunaga, 1906)					x			x	
		<i>Anadara transversa</i>	Say, 1822	x	x		x	x	x	x	x	
	CORBULIDAE	<i>Corbula gibba</i>	(Olivi, 1792)	x	x	x	x	x	x	x	x	
		<i>Lentidium mediterraneum</i>	(O.G. Costa, 1830)	x							x	
	CYLICHNIDAE	<i>Cylichna cylindracea</i>	(Pennant, 1777)				x	x	x		x	
	DENTALIIDAE	<i>Antalis dentalis</i>	(Linnaeus, 1758)								x	
	DONACIIDAE	<i>Donax semistriatus</i>	(Poli, 1795)				x				x	
	IRAVADIIDAE	<i>Hyala vitrea</i>	(Montagu, 1803)								x	
	LUCINIDAE	<i>Loripinus fragilis</i>	(Philippi, 1836)						x			
		<i>Lucinella divaricata</i>	(Linnaeus, 1758)				x		x		x	
		<i>Myrtea spinifera</i>	(Montagu 1803)									x
	MACTRIDAE	<i>Spisula subtruncata</i>	(Da Costa, 1778)	x	x	x	x					
	MONTACUTIDAE	<i>Kurtiella bidentata</i>	(Montagu, 1803)	x		x	x	x	x	x	x	
	MURICIDAE	<i>Hexaplex trunculus</i>	(Linnaeus, 1758)							x		
	MYTILIDAE	<i>Musculista senhousia</i>	(Benson in Cantor, 1842)	x		x				x	x	x
	NASSARIIDAE	<i>Nassarius mutabilis</i>	(Linné, 1758)				x				x	x
		<i>Nassarius nitidus</i>	(Jeffreys, 1867)							x	x	x
	NATICIDAE	<i>Euspira nitida</i>	(Donovan, 1804)			x						x
	NUCULANIDAE	<i>Nuculana pella</i>	(Linné, 1758)									x
	NUCULIDAE	<i>Nucula nitidosa</i>	(Winckworth, 1930)	x	x		x	x	x	x	x	x
	PHARIDAE	<i>Phaxas adriaticus</i>	(Coen, 1993)	x		x	x				x	x
	PYRAMIDELLIDAE	<i>Chrysallida fenestrata</i>	(Jeffreys, 1848)									x
		<i>Chrysallida indistincta</i>	(Montagu, 1808)									x
	RINGICULIDAE	<i>Ringicula conformis</i>	Monterosato 1877								x	x
	SEMELIDAE	<i>Abra alba</i>	(Wood W., 1802)	x	x	x	x					
		<i>Abra nitida</i>	(O.F. Müller, 1776)								x	x
		<i>Abra prismatica</i>	(Montagu, 1808)			x	x	x			x	x
	TELLINIDAE	<i>Tellina distorta</i>	(Poli, 1791)			x						x
		<i>Tellina fabula</i>	(Gmelin, 1791)				x				x	
		<i>Tellina nitida</i>	(Poli, 1791)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
THRACIIDAE	<i>Thracia papyracea</i>	(Poli, 1791)				x				x		
VENERIDAE	<i>Chamelea gallina</i>	(Linné, 1758)	x		x			x	x	x	x	
	<i>Dosinia lupinus</i>	(Linné, 1758)	x			x	x			x	x	
	<i>Politapes rhomboides</i>	(Pennant, 1777)							x	x	x	
Nemertini		Nemertini indet.				x				x		
Phoronida	PHORONIDAE	<i>Phoronis psammophila</i>	Cori, 1889	x	x					x	x	

Nella biocenosi delle SFBC (Tabella 9 - Numero di specie rinvenute per le biocenosi SFBC e VTC, Tabella 10) la stazione 19 presenta il maggior numero di specie (100) seguite dalla stazione 14 con 71 specie, la stazione 4 con 44 specie e dalla stazione 9 con 30. Nella biocenosi delle VTC (Tabella 9 - Numero di specie rinvenute per le biocenosi SFBC e VTC, Tabella 11) la stazione 314 mostra il maggior numero di specie (81) mentre la più povera, con 58 specie, risulta essere la stazione 304.

Le comunità appartenenti alle due diverse biocenosi campionate (SFBC e VTC) hanno mostrato differenti comunità.

La biocenosi a SFBC è caratterizzata dai seguenti taxon. In particolare nel Phylum degli **ANNELIDA** sono stati ritrovati: *Ampharete acutifrons*, *Melinna palmata*, *Capitella capitata*, *Heteromastus filiformis*, *Peresiella clymenoides*, *Chaetozone gibber*, *Diplocirrus glaucus*, *Pherusa monilifera*, *Glycera celtica*, *Glycera tridactyla*, *Glycera unicornis*, *Kefersteinia cirrata*, *Oxydromus flexuosus*, *Abyssoninoe hibernica*, *Gallardonneris iberica*, *Hilbigneris gracilis*, *Lumbrineris longipodiata*, *Magelona allenii*, *Magelona filiformis*, *Magelona johnstoni*, *Magelona minuta*, *Clymenura clypeata*, *Euclymene oerstedii*, *Micronephthys stammeli*, *Nephtys cirrosa*, *Nephtys hombergi*, *Nereis lamellosa*, *Diopatra neapolitana*, *Onuphis eremita*, *Owenia fusiformis*, *Galathowenia oculata*, *Aricidea (Acmira) assimilis*, *Aricidea (Acmira) catherinae*, *Aricidea fragilis*, *Levinsenia demiri*, *Pectinaria koreni*, *Eteone flava*, *Eteone picta*, *Phyllodoce longipes*, *Sigambra parva*, *Poecilochaetus serpens*, *Dialychone arenicola*, *Dialychone dunerificta*, *Sigalion mathildae*, *Sthenelais boa*, *Aonides oxycephala*, *Laonice cirrata*, *Polydora ciliata*, *Prionospio caspersi*, *Prionospio cirrifera*, *Prionospio malmgreni*, *Prionospio pulchra*, *Pseudopolydora paucibranchiata*, *Spio decoratus*, *Spiophanes adriaticus*, *Spiophanes bombyx*, *Streblospio shrubsolii*, *Exogone dispar*, *Lanice conchylega*.

Lo spionide *Prionospio caspersi* risultato essere frequente ed abbondante nelle stazioni a biocenosi a SFBC con un'abbondanza massima di 4063 ind/m² ritrovata in autunno nella st. 14. Anche *Aricidea (Acmira) assimilis* con un'abbondanza massima di 810 ind/m² ritrovata in autunno nella st. 19. Altri policheti rinvenuti con frequenza sono: *Prionospio malmgreni*, *Spio decoratus*, *Owenia fusiformis*, *Magelona johnstoni*, *Micronephthys stammeli*, *Nephtys cirrosa*.

Nelle SFBC il Phylum **ARTHROPODA** è rappresentato dai seguenti taxon: *Ampelisca diadema*, *Aapseudes bacescui*, *Aapseudopsis acutifrons*, *Bodotria scorpioides*, *Iphinoe daphne*, *Pariambus typicus*, *Phtisica marina*, *Hippomedon massiliensis*, *Lepidepcreum longicorne*, *Leucothoe incise*, *Megaluropus massiliensis*, *Perioculodes longimanus*, *Pontocrates arenarius*, *Metaphoxus fultoni*, *Liocarcinus depurator*, *Liocarcinus vernalis*, *Mysida indet*.

Aapseudes bacescui è risultato essere la specie localmente più abbondante raggiungendo 5265 ind/m² nel campionamento autunnale nella st. 14. In secondo piano anche il caprellide *Pariambus typicus* raggiunge alte abbondanze (3116 ind /m² nella st. 19).

Il ritrovamento di organismi appartenenti al Phylum **CNIDARI** nelle biocenosi a SFBC è piuttosto limitato essendo questi bisognosi di vivere adesi ad un substrato duro; pertanto si rinvengono epifiti su altri organismi (spesso conchiglie vuote sia di Bivalvi che di Gasteropodi). Nel Phylum degli **ECHINODERMATA** sono state ritrovati 4 taxon: *Amphiura chiajei*, *Amphiura filiformis*, *Trachythyone elongata*, *Ophiura ophiura*.

I **MOLLUSCHI** ritrovati nelle SFBC sono: *Anadara kagoshimensis*, *Anadara transversa*, *Calyptrea chinensis*, *Corbula gibba*, *Lentidium mediterraneum*, *Cylichna cylindracea*, *Antalis dentalis*, *Donax semistriatus*, *Hyala vitrea*, *Loripes orbiculatus*,

Lucinella divaricata, *Macra stultorum*, *Spisula subtruncata*, *Kurtiella bidentata*, *Tellimya ferruginosa*, *Musculista senhousia*, *Cyclope neritea*, *Nassarius mutabilis*, *Nassarius nitidus*, *Nuculana pella*, *Nucula nitidosa*, *Nucula solcata*, *Phaxas adriaticus*, *Philine aperta*, *Chrysallida indistincta*, *Volvulella acuminata*, *Ringicula conformis*, *Abra alba*, *Abra nitida*, *Abra prismatica*, *Tellina distorta*, *Tellina fabula*, *Tellina nitida*, *Thracia papyracea*, *Chamelea gallina*, *Dosinia lupinus*, *Politapes rhomboides*.

Nella 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 *Chamelea gallina* che, seppur rappresentato da organismi giovanili, ha raggiunto abbondanze fino a 1545 ind /m² nella st. 14. Sono particolarmente abbondanti anche le specie *Corbula gibba* e *Lentidium mediterraneum* che raggiungono rispettivamente le abbondanze di 807 ind /m² e 637 ind /m² nelle st. 9 e 4.

Il Phylum **PHORONIDA** è presente solo con il taxon *Phoronis psammophyla*.

La biocenosi a VTC è caratterizzata dalla comunità di seguito descritta. Il Phylum degli **ANELLIDA** sono stati ritrovati: *Ampharete acutifrons*, *Ampharete* sp., *Melinna palmata*, *Capitella minima*, *Heteromastus filiformis*, *Notomastus aberans*, *Peresiella clymenoides*, *Pseudoleiocapitella fauveli*, *Chaetozone gibber*, *Kirkegaardia heterochaeta*, *Cossura soyeri*, *Eunice pennata*, *Diplocirrus glaucus*, *Pherusa monilifera*, *Glycera alba*, *Glycera unicornis*, *Kefersteinia cirrata*, *Oxydromus flexuosus*, *Gallardonneris iberica*, *Hilbigneris gracilis*, *Lumbrineris latreilli*, *Lumbrineris longipodiata*, *Magelona alleni*, *Magelona filiformis*, *Magelona johnstoni*, *Magelona minuta*, *Clymenura clypeata*, *Euclymene oerstedii*, *Micronephthys stammeri*, *Nephtys cirrosa*, *Nephtys hombergi*, *Nephtys incisa*, *Nereis lamellosa*, *Hediste diversicolor*, *Diopatra neapolitana*, *Onuphis eremita*, *Owenia fusiformis*, *Galathowenia oculata*, *Aricidea (Acmira) assimilis*, *Aricidea (Acmira) catherinae*, *Aricidea fragilis*, *Levinsenia demiri*, *Pectinaria koreni*, *Eteone picta*, *Phyllodoce longipes*, *Sigambra parva*, *Poecilochaetus serpens*, *Harmothoe* sp., *Dialychone arenicola*, *Dialychone dunerificta*, *Megalomma lanigera*, *Labioleanira yhleni*, *Laonice cirrata*, *Polydora ciliata*, *Prionospio caspersi*, *Prionospio cirrifera*, *Prionospio malmgreni*, *Prionospio pulchra*, *Pseudopolydora paucibranchiata*, *Spio decoratus*, *Spio filicornis*, *Spiophanes adriaticus*, *Spiophanes bombyx*, *Lanice conchylega*.

Il polichete *Prionospio caspersi* è risultato essere la specie con maggiore abbondanza di 2697 ind/m² nella stagione autunnale della stazione st. 314. Altri policheti rinvenuti con frequenza sono: *Aricidea (Acmira) assimilis* 723 ind /m² nella st. 304, *Micronephthys stammeri* 539 ind /m² nella st. 314, *Owenia fusiformis* ind /m² 265 nella st. 309.

Nelle VTC il Phylum **ARTHROPODA** è rappresentato dai seguenti taxon: *Ampelisca diadema*, *Apeudopsis acutifrons*, *Bodotria scorpioides*, *Iphinoe daphne*, *Pariambus typicus*, *Phtisica marina*, *Medicorophium rotundirostre*, *Medicorophium runcicorne*, *Hippomedon massiliensis*, *Lepidepecreum longicorne*, *Leucothoe incisa*, *Othomaera schmidti*, *Megaluropus massiliensis*, *Perioculodes longimanus*, *Pontocrates arenarius*, *Liocarcinus depurator*, *Mysida* ind.

Pariambus typicus è risultata essere la specie più rappresentata con abbondanze fino a 4545 ind/m² nel campionamento autunnale nella stazione 319 assieme a *Iphinoe daphne* con 518 ind /m² nella st. 314.

Il ritrovamento di organismi appartenenti al Phylum **CNIDARI** nelle biocenosi a VTC è limitato mentre il Phylum degli **ECHINODERMA** è rappresentato da *Amphiura chiajei*,

Amphiura filiformis, Trachythyone elongata, Ophiura ophiura, Labidoplax digitata.

I **MOLLUSCHI** ritrovati nella biocenosi a VTC sono: *Anadara kagoshimensis, Anadara transversa, Corbula gibba, Lentidium mediterraneum, Cylichna cylindracea, Antalis dentalis, Donax semistriatus, Hyala vitrea, Loripinus fragilis, Lucinella divaricata, Myrtea spinifera, Spisula subtruncata, Kurtiella bidentata, Hexaplex trunculus, Musculista senhousia, Nassarius mutabilis, Nassarius nitidus, Euspira nitida, Nucleana pella, Nucula nitidosa, Phaxas adriaticus, Chrysallida fenestrata, Chrysallida indistincta, Ringicula conformis, Abra alba, Abra nitida, Abra prismatica, Tellina distorta, Tellina fabula, Tellina nitida, Thracia papyracea, Chamelea gallina, Dosinia lupinus, Politapes rhomboides.*

Il Mollusco più abbondante è stato il bivalve *Corbula gibba* con abbondanze fino a 3759 ind/m² nella st. 319. Inoltre sono particolarmente abbondanti le specie *Chamelea gallina* con 503 ind /m² nella st. 314 e *Anadara transversa* con abbondanze fino a 1274 ind /m² nella st. 309.

Anche nelle VTC il Phylum **PHORONIDA** è presente solo con il taxon *Phoronis psammophyla*.

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 12 – 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

In Tabella 12 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 5.0 disponibile in rete (www.azti.es) con lista specie aggiornata a Dicembre 2020.

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 13 sono riportati i valori stagionali dell'indice AMBI sulle comunità delle SFBC e dei VTC per il 2020 con i relativi valori di ricchezza specifica (S) e diversità (H).

I risultati dell'indice AMBI sono rappresentati in Figura 123 per la biocenosi delle SFBC ed in Figura 124 per la biocenosi delle VTC.

Tabella 13 - Valori di Shannon (H), ricchezza specifica (S) e AMBI, per le stazioni considerate

Staz	Stagione	H	S	Ambi
4	PRI	2.79	28	1.463
9	PRI	2.32	21	1.995
14	PRI	2.18	46	2.307
19	PRI	2.75	52	2.622
4	AUT	2.72	31	2.872
9	AUT	2.77	19	2.922
14	AUT	2.9	54	2.724
19	AUT	4.11	86	2.866
304	PRI	3.46	50	2.396
309	PRI	2.83	49	2.746
314	PRI	2.45	51	2.528
319	PRI	2.01	47	2.873
304	AUT	2.46	28	3.305
309	AUT	2.76	34	2.994
314	AUT	3.53	69	2.785
319	AUT	3.3	73	3.042

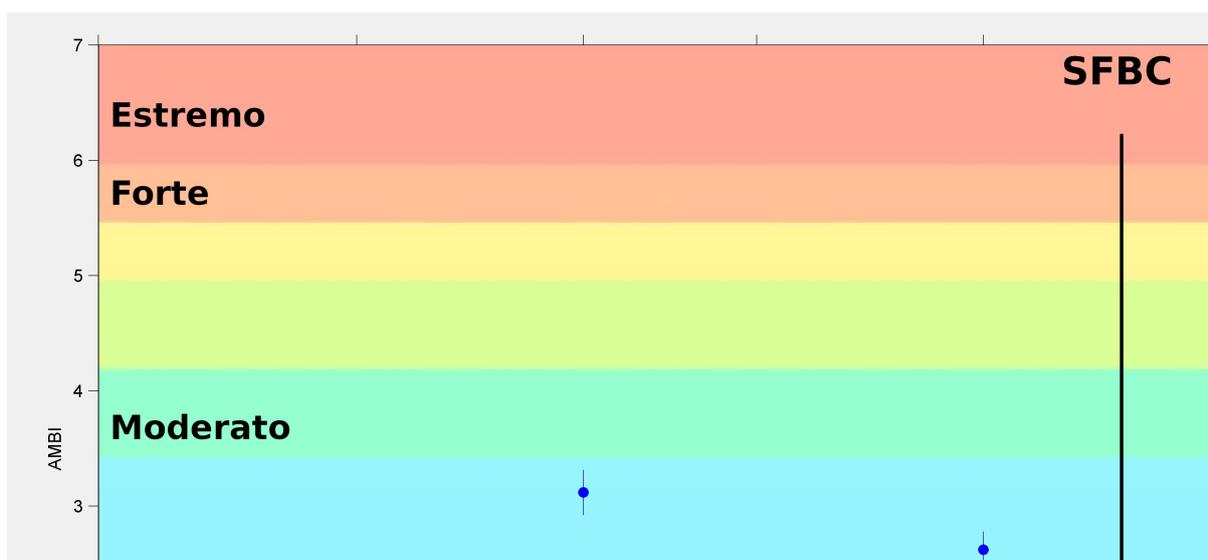


Figura 123 – Valori stagionali dell'indice AMBI per le stazioni 4, 9, 14, 19 delle biocenosi SFBC in Primavera ed in Autunno

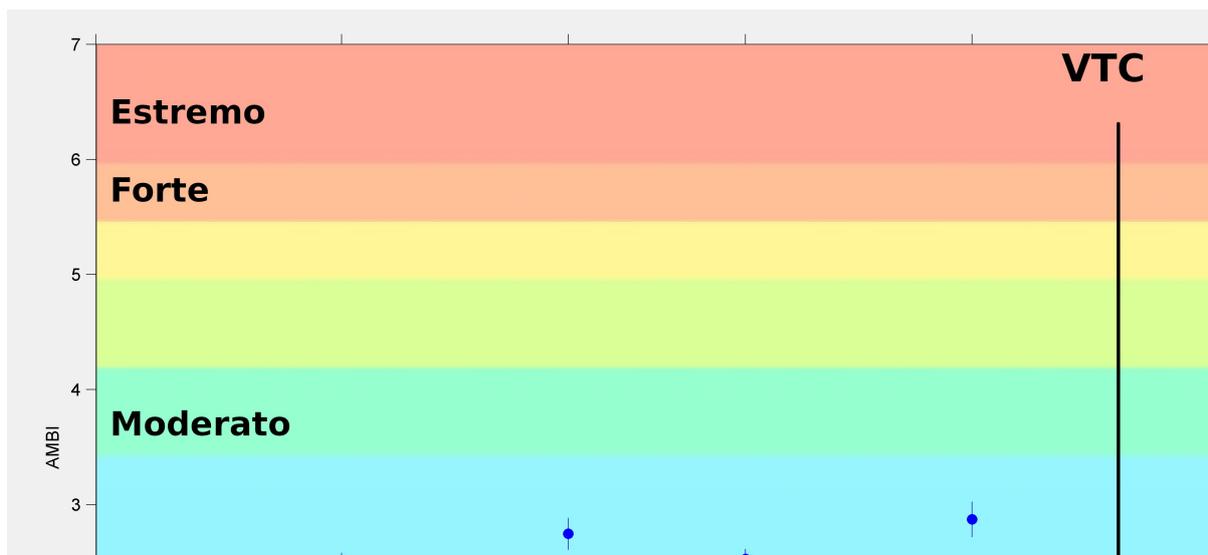


Figura 124 – Valori dell'indice AMBI per le stazioni 304, 309, 314, 319 delle biocenosi VTC in Primavera ed in Autunno

Per le biocenosi delle SFBC, l'analisi multivariata (*Non-metric Multi-Dimensional Scaling nMDS*) (Figura 125) evidenzia una separazione tra le due stagioni tranne che per la stazione 4, le cui differenze stagionali non sono evidenti ma al contrario si collocano nel medesimo cluster.

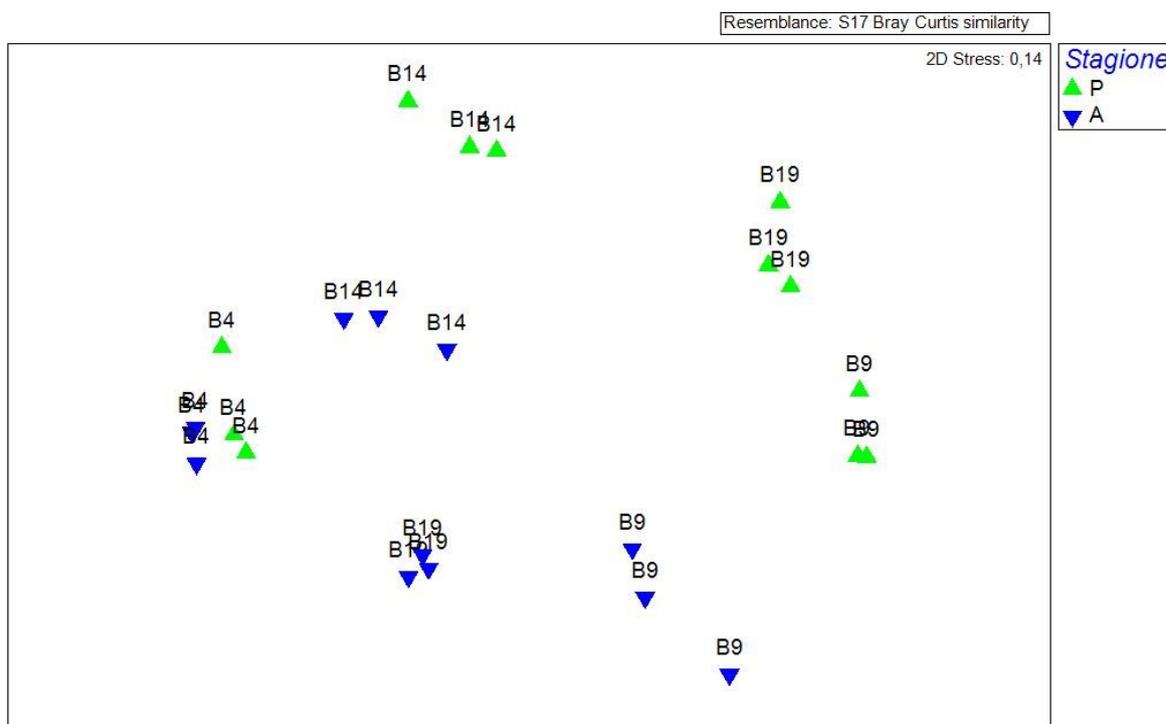


Figura 125 – nMDS Biocenosi delle SFBC

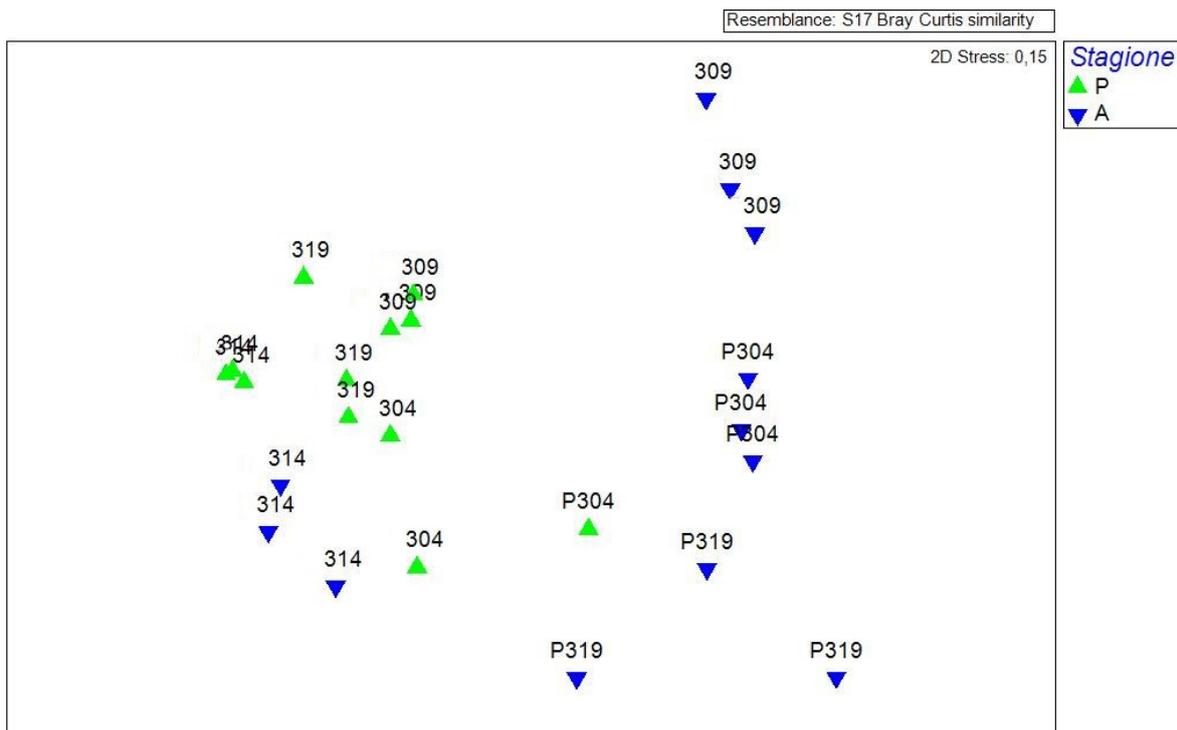


Figura 126 – nMDS Biocenosi delle VTC

Per le biocenosi delle VTC, nell’analisi multivariata (Figura 126) le stazioni mostrano una separazione per stagione abbastanza evidente, tranne che per la stazione 314. Per l’Elemento di Qualità Biologica (EQB) macroinvertebrati bentonici si applica l’Indice M-AMBI. I limiti di classe dell’M-AMBI, espressi in termini di Rapporto di Qualità Ecologica (RQE), sono: tra lo stato Elevato/Buono 0.81; tra lo stato Buono/Sufficiente 0.61.

I limiti di classe utilizzati, nonché i valori di riferimento, sono quelli intercalibrati nella fase II dell’esercizio di IC comunitario MED GIG (Dec 2013/480/UE) e riportati nel documento ISPRA “Implementazione della Direttiva 2000/60/CE Classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici delle acque marino costiere EQB Macroalghe, Macroinvertebrati bentonici, Angiosperme” (http://www.sintai.isprambiente.it/faces/public/DLGS152_06/acq_mar_cos.xhtml):

Valori di riferimento			RQE	
AMBI	H'	S	E/B	B/S
0,5	4.8	50	0,81	0,61

Per la conseguente valutazione dei valori M-AMBI considerando i valori di riferimento è stato elaborato:

- lo stato di qualità di ogni stazione, valori stagionali di M-AMBI (Tabella 14);
- lo stato di qualità per stazione dato dalla media dei 2 campionamenti (Tabella 15);
- lo stato di qualità del corpo idrico, relativo all’anno 2020, è attribuito dalla media dei valori di M-AMBI di ogni stazione appartenente al corpo idrico (Tabella 16);

Quindi per la valutazione dello stato di qualità dei corpi idrici CD1 e CD2 per l'EQB Macroinvertebrati bentonici relativa al 2020 si esprime con un giudizio "Buono" per entrambi i corpi idrici.

Tabella 14 – Valori stagionali di M-AMBI e stato di qualità nel 2020

Corpo Idrico	Biocenosi	Stazione	Stagione	2020	
				M-AMBI	Stato
CD1	SFBC	4	PRI	0.68	Buono
CD1		4	AUT	0.58	Sufficiente
CD2		9	PRI	0.49	Sufficiente
CD2		9	AUT	0.53	Sufficiente
CD2		14	PRI	0.63	Buono
CD2		14	AUT	0.69	Buono
CD2		19	PRI	0.67	Buono
CD2		19	AUT	0.89	Buono
CD1	VTC	304	PRI	0.75	Buono
CD1		304	AUT	0.51	Buono
CD2		309	PRI	0.67	Buono
CD2		309	AUT	0.58	Buono
CD2		314	PRI	0.66	Buono
CD2		314	AUT	0.80	Buono
CD2		319	PRI	0.58	Sufficiente
CD2		319	AUT	0.78	Buono

Tabella 15 – Valori medi di M-AMBI e stato di qualità per stazione nel 2020

Corpo Idrico	Biocenosi	Stazione	2020	
			M-AMBI	Stato
CD1	SFBC	4	0.63	Buono
CD2		9	0.51	Sufficiente
CD2		14	0.66	Buono
CD2		19	0.78	Buono
CD1	VTC	304	0.63	Buono
CD2		309	0.63	Buono
CD2		314	0.73	Buono
CD2		319	0.68	Buono

Tabella 16 – Valori medi di M-AMBI e stato di qualità per corpo idrico nel 2020

Corpo Idrico	Biocenosi	Stazione	Località	2020	
				M-AMBI	Stato
CD1 Goro-Ravenna	SFBC	4	Porto Garibaldi	0.63	Buono
	VTC	304			
CD2 Ravenna-Cattolica	SFBC	9	Lido Adriano	0.66	Buono
	VTC	309			
	SFBC	14	Cesenatico		
	VTC	314			
	SFBC	19	Cattolica		
	VTC	319			

5.2.2 Elementi di qualità chimico-fisica e idromorfologica a sostegno degli EQB

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 a fini interpretativi dei risultati di altri elementi di qualità.

5.2.2.a Elementi di qualità chimico-fisica

Le stazioni della rete di monitoraggio per gli elementi chimico-fisici sono 15 dislocate su 8 transetti perpendicolari alla costa (Figura 109). 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 3. La frequenza di campionamento e di misure in situ è quindicinale per tutto l'anno nella prima e terza settimana del mese (Tabella 4).

Nel 2020 eventuali scostamenti dalla frequenza programmata, che hanno causato la mancata esecuzione di campionamenti, sono generalmente dovuti a condizioni meteo-climatiche sfavorevoli, ad attività di manutenzione straordinaria della motonave Daphne II o alla emergenza sanitaria da Covid-19. Tali scostamenti sono indicati nei grafici dei parametri chimico-fisici tramite interruzioni delle linee che descrivono l'evoluzione temporale nel corso dell'anno.

Gli elementi di qualità chimico-fisici a sostegno degli EQB come richiesto dal D.M. 260/10 sono riportati in Tabella 17. Sono in grassetto i parametri che concorrono alla valutazione dello Stato Ecologico da assegnare al corpo idrico. I parametri aggiuntivi indagati, che non rientrano nel sistema di classificazione dello Stato Ecologico, sono utilizzati ai fini interpretativi dei risultati degli altri elementi.

Tabella 17 – 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-PO ₄	µg/l
Fosforo Totale	µg/l
Azoto nitrico N-NO ₃	µg/l
Azoto ammoniacale N-NH ₃	µg/l
Azoto nitroso N-NO ₂	µg/l
Azoto Totale	µg/l
Silice reattiva Si-SiO ₂	µg/l

Per la temperatura, salinità e ossigeno disciolto viene rilevato il profilo verticale effettuato con sonda multiparametrica ad ogni metro di profondità al fine di

individuare gli stati di stabilità ed instabilità della colonna d'acqua, le stratificazioni termiche (termoclini) e saline, nonché gli stati anossici e ipossici che si possono verificare a livello di fondale.

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

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

Tutti i parametri sopra riportati sono stati ampiamente discussi nel Capitolo 4 del presente rapporto.

A integrazione di quanto già descritto, si riporta in *Allegato I* 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.

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.

In Tabella 18 si riportano i valori medi/anno dell'Indice Trofico TRIX di ogni stazione ed i valori medi/anno del TRIX dei due corpi idrici (CD1 e CD2) relativi al 2020. Lo stato di qualità per il TRIX è risultato "Sufficiente" sia per il CD1 che per il CD2.

Tabella 18 – Stato di qualità per il TRIX: medie annuali per stazione e corpo idrico

Corpo idrico	Stazione	2020	
CD1 Goro-Ravenna	2	6.42	6.1 Sufficiente
	302	6.27	
	4	6.02	
	304	6.14	
	6	6.05	
	306	5.78	
CD2 Ravenna-Cattolica	308	5.66	5.2 Sufficiente
	9	5.58	
	309	5.54	
	13	5.39	
	14	5.03	
	314	5.08	
	17	5.25	
	317	4.79	
	19	4.90	
319	4.50		

5.2.2.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, Figura 127) ed a 4 stazioni a circa 1-2 km di distanza dalla costa corrispondenti alle biocenosi delle SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate, Figura 128). La frequenza di campionamento è semestrale (Tabella 4).

La distribuzione superficiale media delle tre principali componenti granulometriche dei sedimenti nelle stazioni a 3 km dalla costa evidenzia che, relativamente al 2020, nelle stazioni 302 (Lido di Volano), 304 (Porto Garibaldi), 306 (Casalborsetti), 309 (Lido Adriano), 317 (Rimini) e 319 (Cattolica), prevale la componente limosa; invece, nelle stazioni 308 (Marina di Ravenna), 314 (Cesenatico) 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 della stazione SFBC9 (Lido Adriano) dove è la componente limosa a prevalere.

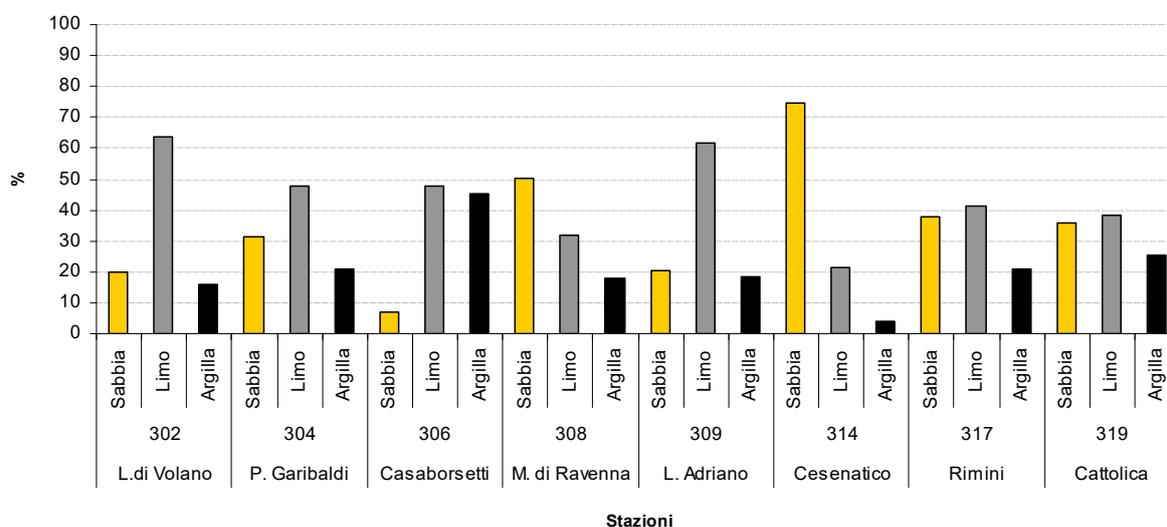


Figura 127 – Distribuzione delle principali frazioni granulometriche (% media/anno) rilevate nelle stazioni a 3 km dalla costa

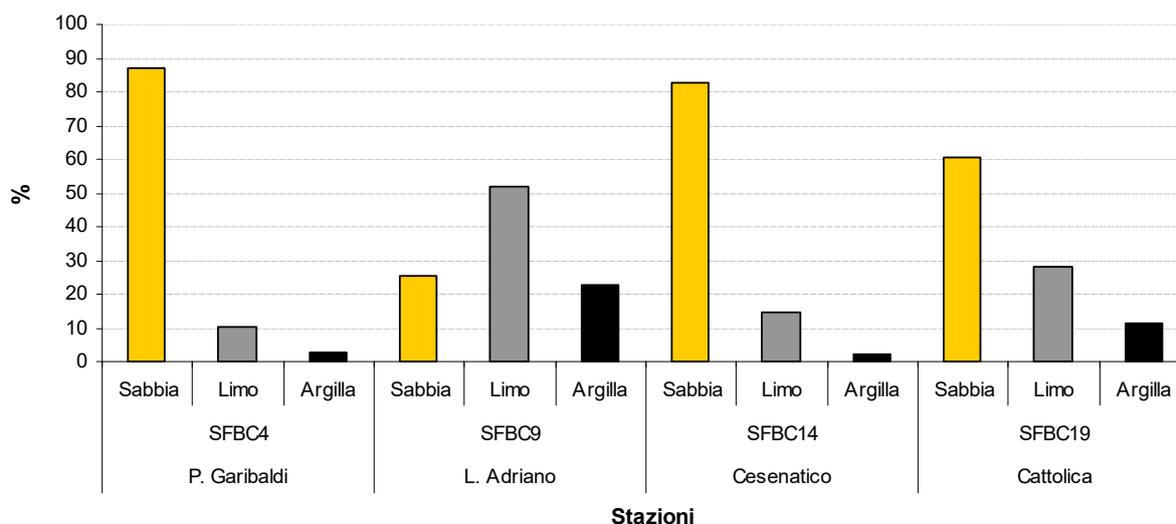


Figura 128 – Distribuzione delle principali frazioni granulometriche (% media/anno) rilevate nelle stazioni SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate) a 1-2 km dalla costa

Carbonio Organico Totale

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) ed a 4 stazioni situate a circa 1-2 km di distanza dalla costa (biocenosi SFBC) (Figura 129 e Figura 130). La frequenza di campionamento è semestrale (Tabella 4).

Le percentuali medie/anno di carbonio organico totale relative al 2020 nei sedimenti superficiali variano lungo la costa tra valori di 0.11 e 0.65%.

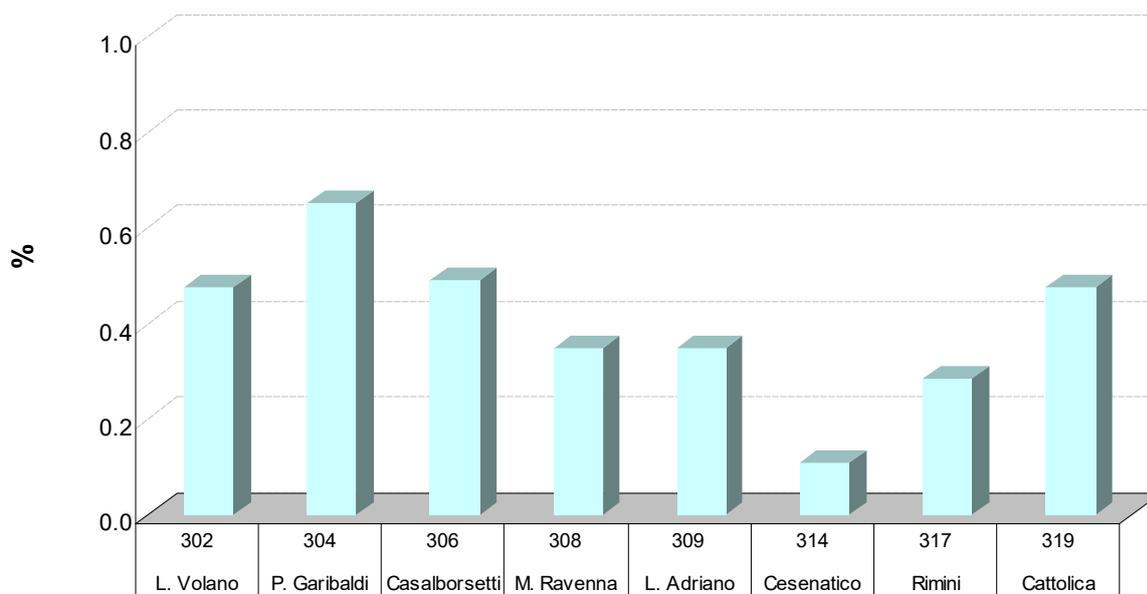


Figura 129 – Distribuzione del contenuto di Carbonio Organico Totale (% media/anno) nelle stazioni a 3 km dalla costa

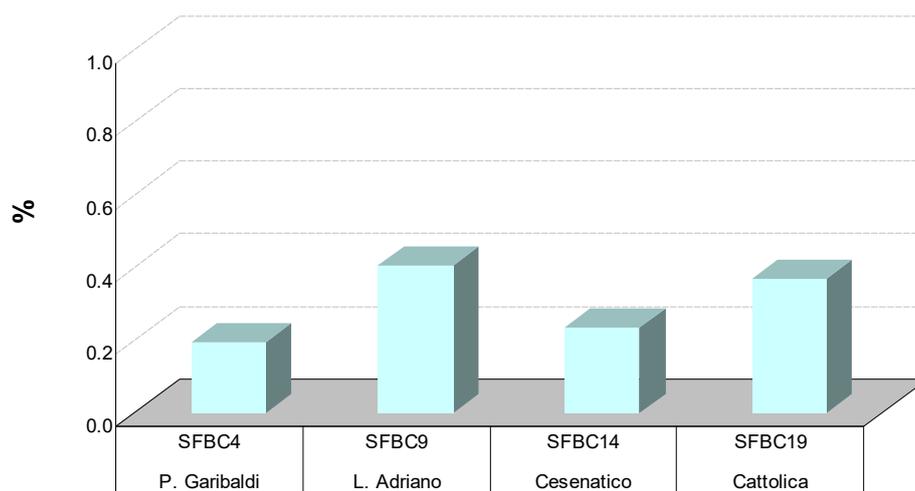


Figura 130 – Distribuzione del contenuto di carbonio organico totale (% media/anno) nelle stazioni SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate) a 1-2 km dalla costa

5.2.3 Inquinanti specifici non appartenenti all'elenco di priorità

I risultati delle indagini sulle sostanze non appartenenti all'elenco di priorità concorrono alla definizione dello Stato Ecologico delle acque marino costiere come elementi a sostegno degli EQB. Il D.Lgs. 172/15 prevede la ricerca di tali sostanze nella matrice acqua (tab. 1/B D.Lgs. 172/15).

La valutazione dello stato di qualità dei corpi idrici dell'ambiente marino costiero della regione Emilia-Romagna è effettuata in conformità a quanto previsto dalla tab. 4.5/a del DLgs 172/15 che definisce lo stato di qualità per gli inquinanti specifici a sostegno degli EQB "Elevato" quando la media delle concentrazioni delle sostanze di sintesi, misurate nell'arco di un anno, è minore o uguale ai limiti di quantificazione e "Buono" quando la media è conforme allo Standard di Qualità Ambientale (SQA-MA) di cui alla tab. 1/B dello stesso decreto.

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 4).

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 e presentati nell'*Allegato II* non sono riportati nell'elenco di tab. 1/B del DLgs 172/15, ma sono "pesticidi singoli" per i quali si applica il valore cautelativo di 0.1 µg/l come SQA-MA (Standard di Qualità Ambientale – Media Anno) e il limite di quantificazione corrisponde per tutti a <0.010 µg/l. Nell'elenco dei parametri scelti, dal 2020 sono inclusi anche terbutilazina e il suo principale metabolita desetil-terbutilazina. Lo SQA-MA per la somma dei due è pari a 0.2 µg/l e il limite di quantificazione è <0.010 µg/l.

Tutti i valori medi/anno, nel 2020, sono inferiori ai relativi SQA-MA e spesso anche al limite di quantificazione.

5.2.4 Inquinanti specifici appartenenti all'elenco di priorità

I risultati delle indagini sugli inquinanti specifici si applicano per la valutazione dello stato chimico e gli standard di qualità ambientali per le diverse matrici riportate rispettivamente in:

- tabella 1/A (DLgs 172/15) matrice acqua e biota;
- tabella 2/A (DLgs 172/15) matrice sedimento.

In *Allegato III, IV e V* si riportano i valori medi/anno per stazione e per corpo idrico degli inquinanti specifici appartenenti all'elenco di priorità ricercati nella colonna d'acqua, nel biota e nel sedimento ai sensi rispettivamente della tab. 1/A e tab. 2/A del DLgs 172/15.

Per il calcolo dei valori medi e dei misurandi rappresentati dalla somma totale di singole sostanze, in presenza di valori inferiori ai limiti di quantificazione dei metodi di analisi sono stati applicati i criteri definiti dal DLgs 219/10:

- a) nel calcolo dei valori medi i risultati di misura inferiori al limite di quantificazione sono posti pari alla metà del valore del limite di quantificazione del metodo;
- b) il valore medio calcolato in conformità al punto precedente, che risulti inferiore al limite di quantificazione del metodo, è restituito come inferiore al limite di quantificazione;
- c) nel calcolo dei misurandi rappresentati dalla somma totale di singoli misurandi chimici, che includono i principali metaboliti e prodotti di degradazione e di reazione, il risultato di misura delle singole sostanze inferiore al limite di quantificazione è considerato uguale a zero.

Per il calcolo dei composti diossine, furani e PCB diossina-simili nella matrice biota di cui alla tab. 1/A del DLgs 172/15, il calcolo della tossicità equivalente (TE) è stato effettuato considerando i congeneri riportati nel Reg. (CE) n. 1881/2006; per la sommatoria il risultato di misura delle singole sostanze, se inferiore al limite di quantificazione, è stato considerato pari al limite di quantificazione (approccio *upper bound*) e moltiplicato per il relativo fattore di tossicità equivalente dell'OMS (OMS-TEF, 2005) se quantificabile (Reg. (CE) n. 1881/2006 e ss.mm.ii.).

Per il calcolo dei composti diossine, furani e PCB diossina-simili nella matrice sedimento di cui alla tab. 3/A del DLgs 172/15, il calcolo della tossicità equivalente (TE) è stato effettuato considerando i congeneri riportati nella nota alla tabella; per la sommatoria il risultato di misura delle singole sostanze è stato considerato uguale a zero se inferiore al limite di quantificazione (approccio *lower bound*) e moltiplicato per il relativo fattore di tossicità equivalente (nota 3 alla tab. 3/A del DLgs 172/15) se quantificabile.

5.2.4.a Sostanze ricercate nell'acqua

Nel 2020 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 4).

I valori medi e i valori massimi di concentrazione delle sostanze ricercate sono riportati all'*Allegato III*. Nel 2020, per gli inquinanti specifici prioritari ricercati nell'acqua di cui alla tab. 1/A del D.Lgs. 172/15, per il corpo idrico marino costiero CD1 (Goro-Ravenna) sono rilevati 2 superamenti del valore massimo ammissibile per legge relativamente al tributilstagno, mentre per il corpo idrico CD2 (Ravenna-Cattolica) i superamenti riguardano i limiti previsti dalla legge per la media annua e per i valori massimi ammissibili di piombo e composti.

5.2.4.b Sostanze ricercate nel biota

Nella tabella 1/A del DLgs 172/2015 sono indicati, per alcune sostanze, gli SQA che devono essere applicati alla matrice biota ai fini della determinazione del buono stato chimico delle acque superficiali. Per alcune di queste sostanze sono previsti SQA anche nella matrice acqua. Lo SQA riportato in tabella per il biota è riferito:

- ai pesci per le sostanze difeniteribromurati, DDT, esaclorobenzene, esaclorobutadiene, mercurio e composti, dicofol, acido perfluorottansolfonico e suoi sali (PFOS), esabromociclododecano (HBCDD) e eptacloro ed eptacloroepossido;
- a crostacei o molluschi per gli IPA (fluorantene e benzo(a)pirene);
- a pesci, crostacei o molluschi per diossine e composti diossina simili.

Si può monitorare un altro taxon del biota alternativo o un'altra matrice purché lo SQA applicato garantisca un livello equivalente di protezione (Nota 12 alla tabella 1/A del DLgs 172/15).

In Emilia-Romagna, nell'anno 2020, per ottemperare alla normativa sono stati effettuati dei campionamenti di fauna ittica, uno in ogni corpo idrico delle acque marino costiere regionali (Tabella 4). La specie selezionata, comune lungo la costa emiliano romagnola, è stata *Mullus barbatus* (triglia di fango). Sono stati inoltre utilizzati i campionamenti di mitili effettuati per il monitoraggio delle acque destinate alla vita dei molluschi (artt. 87 e 88 del DLgs 152/06) relativi a due stazioni per corpo idrico (Tabella 4): MAR e COST1 in CD1; M4 e P3 in CD2.

Nel 2020 sono state ricercate nella matrice biota le seguenti sostanze della tab. 1/A: difenileteri bromurati, DDT totale, fluorantene, esaclorobenzene, esaclorobutadiene, mercurio e composti, benzo(a)pirene, dicofol, acido perfluorottansolfonico e suoi sali (PFOS) e diossine e composti diossina simili.

Dall'analisi dei dati riportati in *Allegato IV* emerge che vi sono superamenti dell'SQA per la somma dei PBDE e mercurio e composti in tutti i campioni di pesce analizzati per i corpi idrici campionati nel 2020. Esaclorobenzene, esaclorobutadiene, dicofol e PFOS presentano invece tutti valori inferiori al limite di quantificazione della metodica analitica utilizzata. Nel 2020 non si sono registrati superamenti degli SQA per benzo(a)pirene e fluorantene nei molluschi.

5.2.4.c Sostanze ricercate nel sedimento

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 4).

Per quanto riguarda i pesticidi si riscontrano generalmente valori di concentrazione bassi, spesso inferiori al limite di quantificazione, anche se abbiamo due valori critici relativi a tributilstagno di 5.6 e 5.3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ s.s., compresi all'interno dello scostamento ammesso dalla normativa tra lo SQA-MA e SQA-MA+20%, rispettivamente nelle stazioni 306 e 309 ed un superamento relativamente al DDT, sempre nella stazione 306. A livello di corpo idrico, invece, ancora in riferimento ai pesticidi, nel 2020, non sono mai stati riscontrati valori medi/anno non conformi (Allegato V).

Anche i valori medi/anno di CD1 e CD2 per metalli e policiclici aromatici di cui alla tab. 2/A del DLgs 172/15 sono conformi a livello di corpo idrico nel periodo preso in esame.

Nelle figure che seguono si riportano i valori medi annuali delle concentrazioni di alcuni inquinanti ricercati, quali IPA (Figura 131), pesticidi ΣDDT , ΣDDD , ΣDDE (Figura 132), TBT e piombo (Figura 128), arsenico, cromo totale e cromo VI (Figura 134), diossine, furani e PCB (Figura 135), che verranno elaborati ai fini della analisi della tendenza, valutando i trend ascendenti e discendenti nella matrice sedimento.

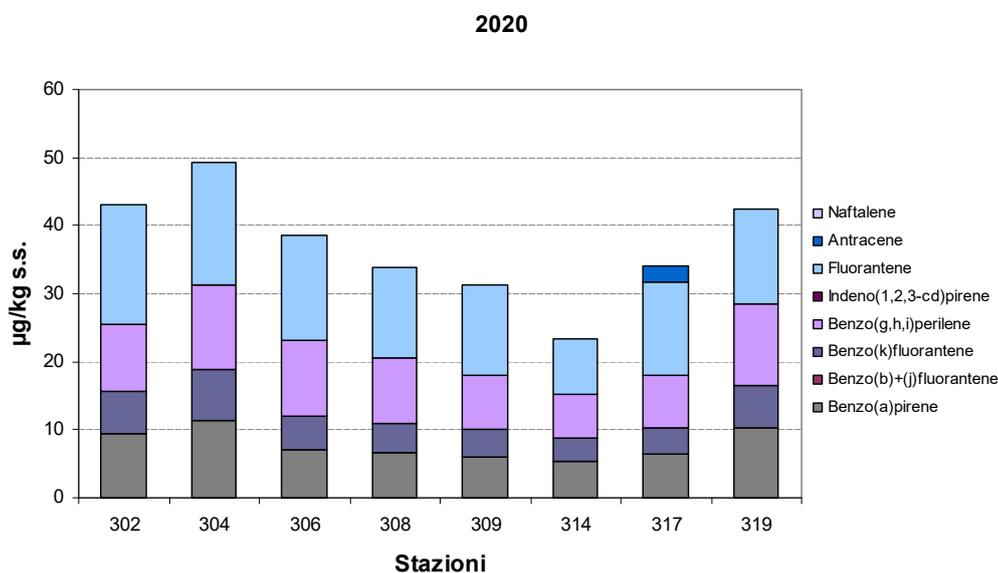


Figura 131 – Medie annuali di idrocarburi policiclici aromatici determinati nel sedimento

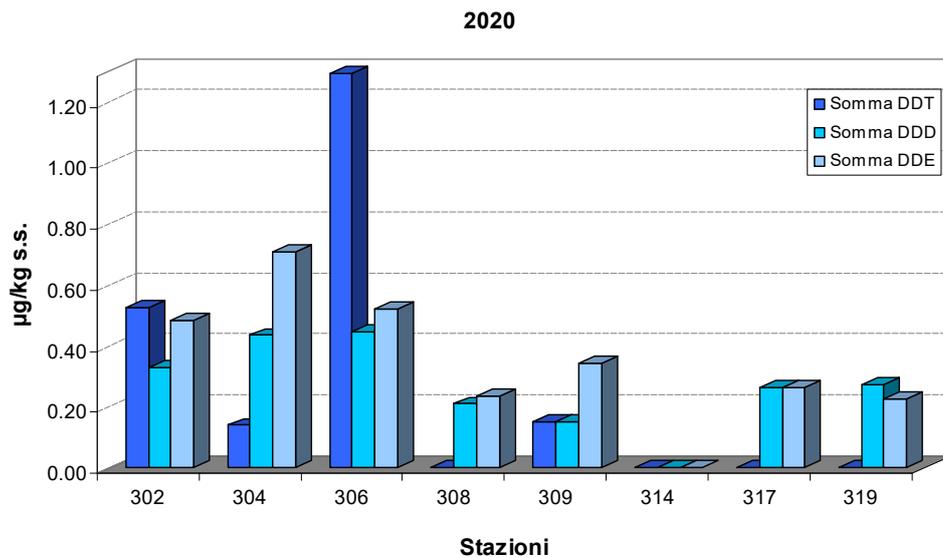


Figura 132 – Medie annuali di pesticidi (somma DDT, somma DDD, somma DDE) determinati nel sedimento

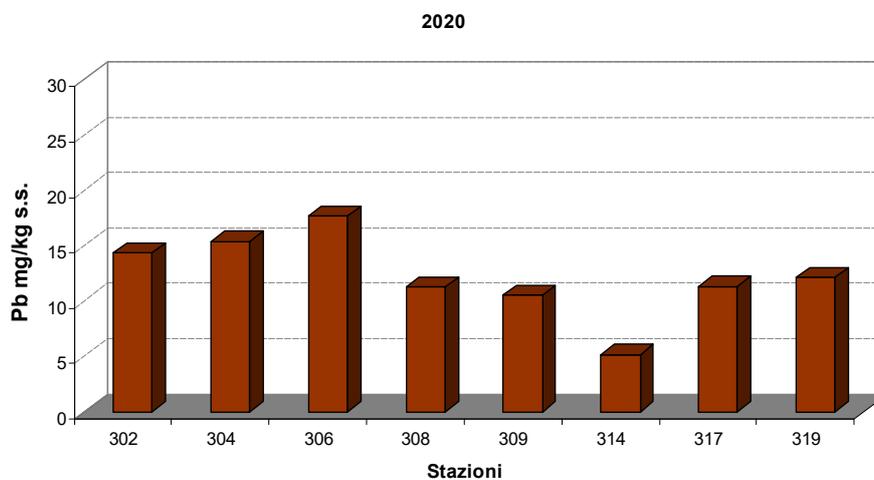
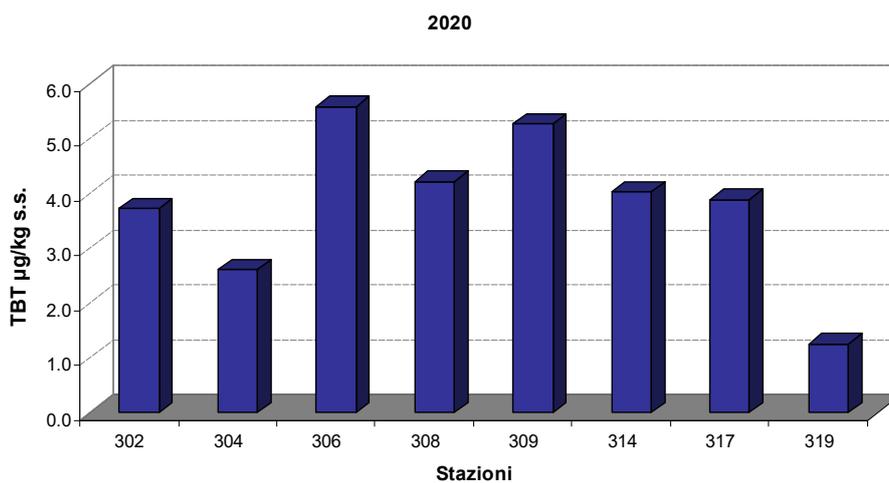


Figura 133 – Medie annuali di tributilstagno e piombo determinati nel sedimento

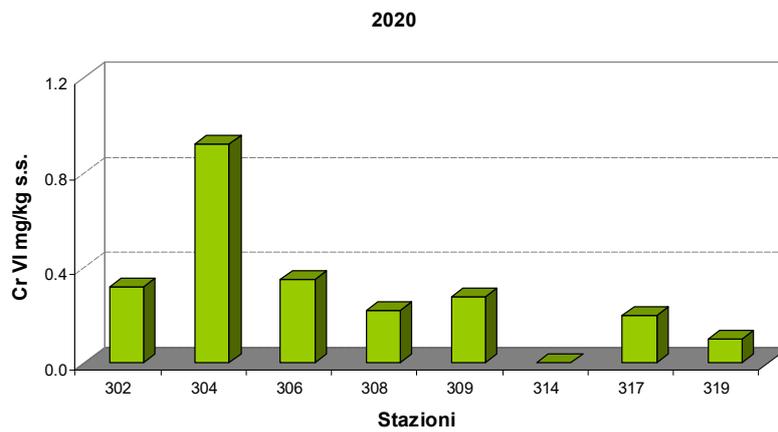
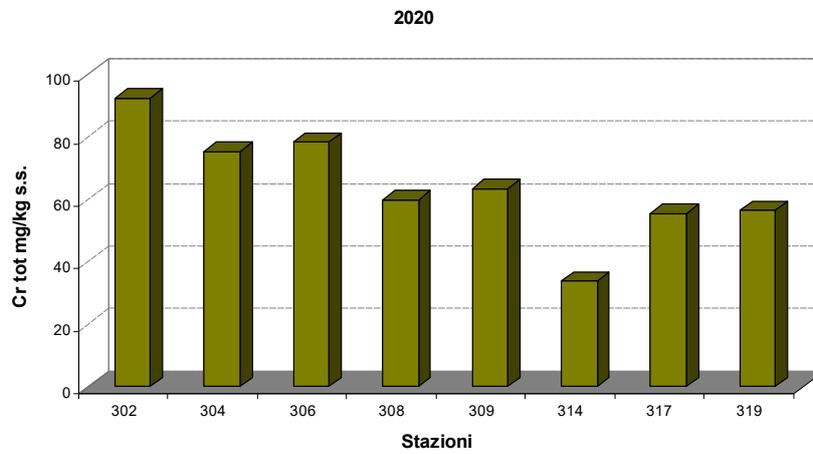
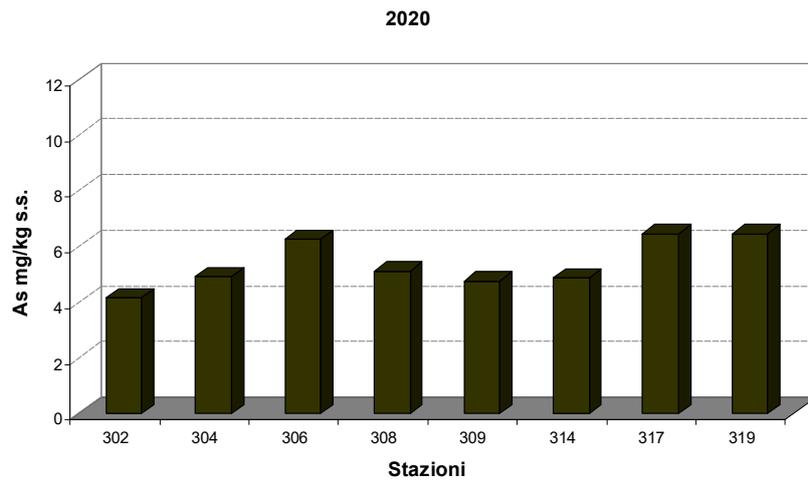


Figura 134 – Medie annuali di arsenico, cromo totale e cromo VI determinati nel sedimento

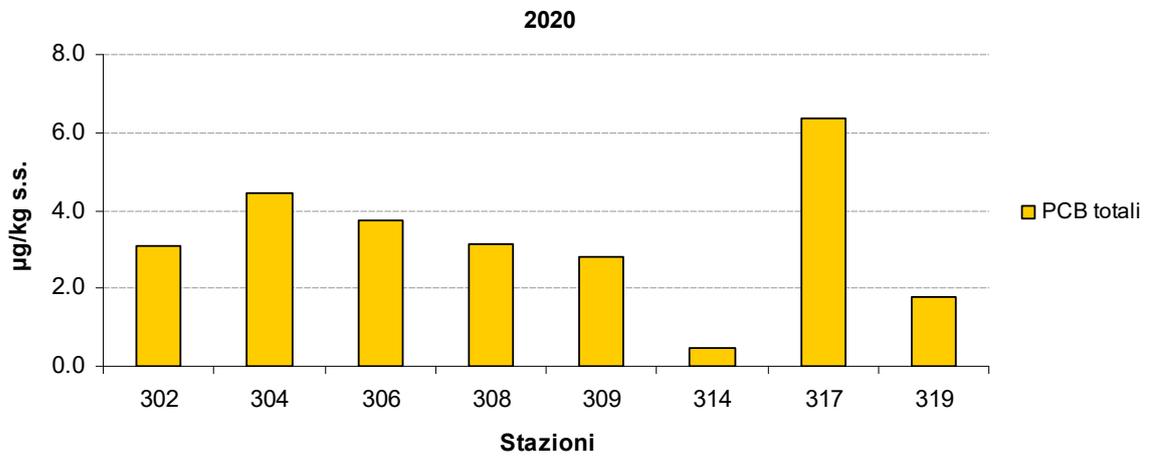
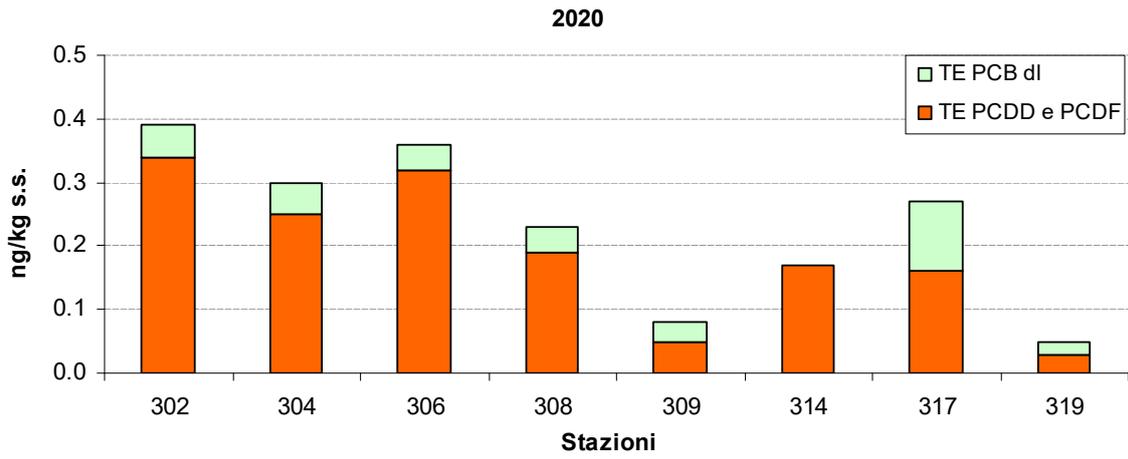


Figura 135 – Medie annuali di diossine, furani e PCB determinati nel sedimento

5.2.5 Test ecotossicologici

Nel 2020, 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 4).

È stata eseguita l'indagine con *Vibrio fischeri* su sedimento privo di acqua interstiziale e su elutriato. Le caratteristiche del saggio sono riportate in Tabella 19. I risultati sono riportati in Tabella 20.

Tabella 19 – Caratteristiche dei saggi ecotossicologici effettuati sui sedimenti

SPECIE	MATRICE	STADIO VITALE	ESPOSIZ.	END-POINT	ESPRESSIONE DATO
Gruppo: Batteri					
<i>Vibrio fischeri</i>	elutriato	cellule	30'	Inibizione della bioluminescenza	EC20 e EC50
	sedimento privo di acqua interstiziale	cellule	30'	Inibizione della bioluminescenza	S.T.I. (Sediment Toxicity Index)

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 2020 la tossicità dei sedimenti è “di CLASSE A”, tossicità assente o trascurabile per il saggio con *Vibrio fischeri* in fase solida (sedimento privo di acqua interstiziale). Anche per quanto riguarda il saggio con *Vibrio fischeri* in fase liquida (elutriato), si osservano valori di EC50 e EC20 >90% (tossicità assente o trascurabile “CLASSE A”), ad eccezione della stazione Lido Adriano, dove invece è stato stimato un valore di EC20<90% e EC50>90% con tossicità media “CLASSE B”.

Tabella 20 – Risultati del saggio ecotossicologico con *Vibrio fischeri*

Stazione	Fase liquida			Fase solida	
	EC20 %	EC50 %	Valutazione Fase Liquida	STI	Valutazione Fase Solida
302-L.Volano	>90	>90	A	0.27	A
304-P.Garibaldi	>90	>90	A	0.41	A
306-Casalborsetti	>90	>90	A	0.47	A
308-M.Ravenna	>90	>90	A	1.56	A
309-L.Adriano	79.14	>90	B	0.35	A
314-Cesenatico	>90	>90	A	0.11	A
317-Rimini	>90	>90	A	0.59	A
319-Cattolica	>90	>90	A	0.41	A

5.2.6 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: 44.2155°N 12.4766°E - WGS84 (vedi la immagine sotto). 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 scaricabili dal seguente sito:

<https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/mare/dati-e-indicatori/dati-boia-ondometrica/dati-boia-ondometrica-di-cesenatico-fc>.



Figura 136 – Boa Nausicaa posizionata in mare

I dati relativi all'altezza dell'onda, rilevati nel 2020, sono riportati in Figura 137.

Durante i primi mesi dell'anno i valori maggiori di altezza dell'onda si sono verificati a febbraio, marzo ed aprile: a febbraio il valore di altezza dell'onda massimo è stato di 2.54 m, raggiunto in più momenti della giornata del 6 con direzione di provenienza Est-Nord Est, a marzo il picco di onda si è verificato il giorno 25 alle ore 3:30 UTC con un valore di altezza dell'onda di 2.84 m ed un valore di direzione di provenienza di 58° (Est-Nord Est), infine ad aprile il picco di onda si è verificato il giorno 14 alle ore 16:00 UTC con un valore di altezza dell'onda di 2.58 m ed un valore di direzione di provenienza di 59° (Est-Nord Est).

Nella seconda parte dell'anno i valori massimi di altezza dell'onda si sono verificati in luglio ed in settembre: in particolare a luglio il picco di onda si è verificato il giorno 7 alle ore 7:00 UTC con un valore di altezza dell'onda di 3.06 m ed un valore di direzione di provenienza di 59° (Est-Nord Est), mentre a settembre il picco di onda si è verificato il giorno 26 alle ore 6:30 UTC con un valore di altezza dell'onda di 1,9 m ed un valore di direzione di provenienza di 30° (Nord-Nord Est). Durante gli ultimi mesi dell'anno, a partire da fine novembre, la maggior parte dei dati sono valori mancanti.

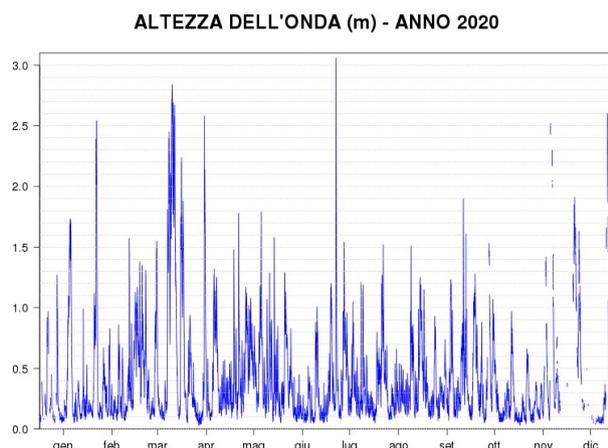


Figura 137 – Altezza delle onde (metri) per l'anno 2020

In Figura 138, sono riportate le distribuzioni direzionali dell'altezza dell'onda per il 2020 in due periodi dell'anno: autunno-inverno e primavera-estate. Il periodo autunno-inverno comprende i mesi di settembre, ottobre, novembre, dicembre, gennaio e febbraio, mentre il periodo primavera-estate i restanti mesi di marzo, aprile, maggio, giugno, luglio e agosto.

Da tali grafici si osserva che in entrambi i periodi la direzione prevalente dell'onda è la direzione Est, in circa il 28% dei casi nel periodo autunno-inverno ed in circa il 25% dei casi nel periodo primavera-estate; per il 2020 si osserva che i maggiori valori di altezza dell'onda si sono rilevati durante il periodo primavera-estate.

Sia per il periodo autunno-inverno che per il periodo primavera-estate del 2020, nella maggior parte dei casi, si hanno valori di altezza dell'onda minori di 1 m; in particolare nel periodo primavera-estate l'altezza dell'onda è stata minore di 1 m in circa il 91% dei casi, mentre in circa il 94% dei casi in autunno-inverno. Il numero dei casi in cui l'altezza dell'onda è stata tra 1 m e 3 m è stato invece di circa il 9% ed il 6% rispettivamente per il periodo primavera-estate ed autunno-inverno; infine, sebbene in entrambi i periodi si siano verificati valori di altezza dell'onda superiori a 3 m, questi eventi si sono verificati in meno dell'1% dei casi.

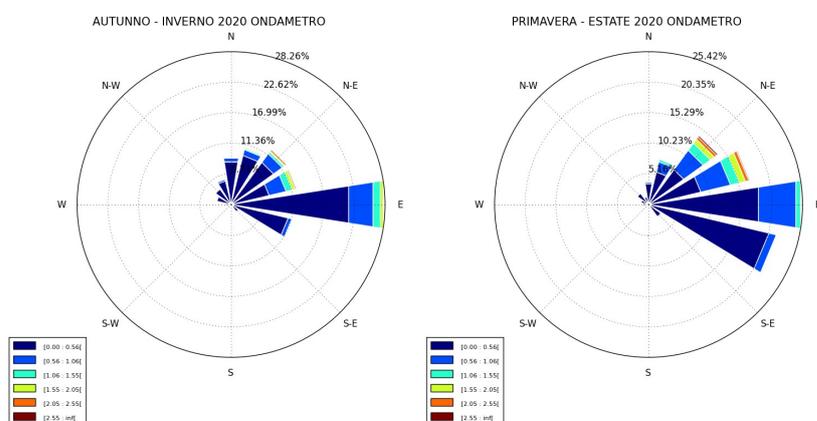


Figura 138 – Distribuzioni direzionali dell'altezza dell'onda per l'anno 2020

5.2.7 Direzione e velocità delle correnti marine

Lo strumento RCM SW dell'Aanderaa (Figura 139) 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 (WGS84 gg.pppddd). I dati vengono registrati in una scheda di memoria contenuta all'interno dello strumento.



Figura 139 – Correntometro RCM SW (Aanderaa)

La Figura 140 mostra i valori dell'intensità di corrente registrati nel corso dell'anno 2020; in questo particolare anno in certi periodi lo strumento non ha acquisito correttamente, per cui le registrazioni sono avvenute nel periodo 28 Gennaio 2020 - 3 Settembre 2020. Si osserva che i valori più elevati di intensità di corrente si sono rilevati principalmente a fine agosto ed a inizio settembre: il valore massimo è stato rilevato il 24 agosto alle ore 21:45 UTC con un valore di 1.44 m/s ad una direzione di 211°(Sud-Ovest).

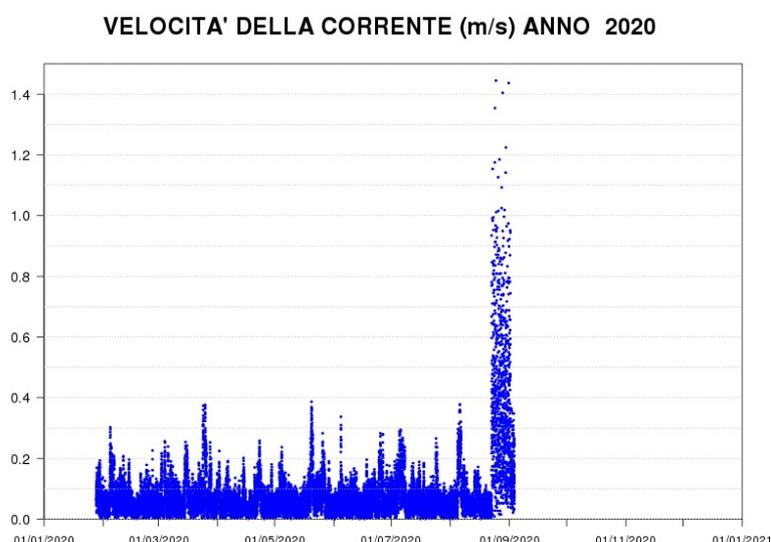


Figura 140 –Velocità della corrente per l'anno 2020

Nei grafici Figura 141 di sono rappresentate le distribuzioni direzionali delle correnti acquisite nel 2020 per i due periodi: autunno-inverno e primavera-estate. Si osserva che la direzione prevalente della corrente è la direzione Nord-Ovest per il periodo autunno-inverno, che risulta essere, unitamente alla direzione Sud Sud-Est, anche la direzione lungo cui si hanno i valori maggiori di intensità di corrente; per il periodo primavera-estate si hanno i valori massimi di corrente nella direzione Sud-Est. In particolare nel periodo autunno-inverno prevale la direzione Nord-Ovest in circa il 18% delle registrazioni, mentre nel periodo primavera-estate la direzione prevalente, cioè la Sud-Est, si presenta in circa il 15% dei casi. La velocità della corrente è tendenzialmente minore o uguale a 0.1 m/s, corrispondente al colore blu intenso in Figura 141.

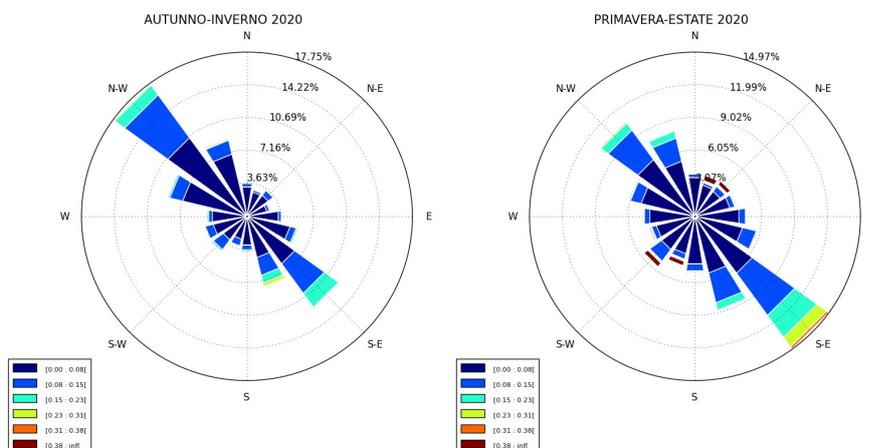


Figura 141 – Distribuzioni direzionali della corrente (m/s) nel 2020

6 RETE DI MONITORAGGIO VITA MOLLUSCHI

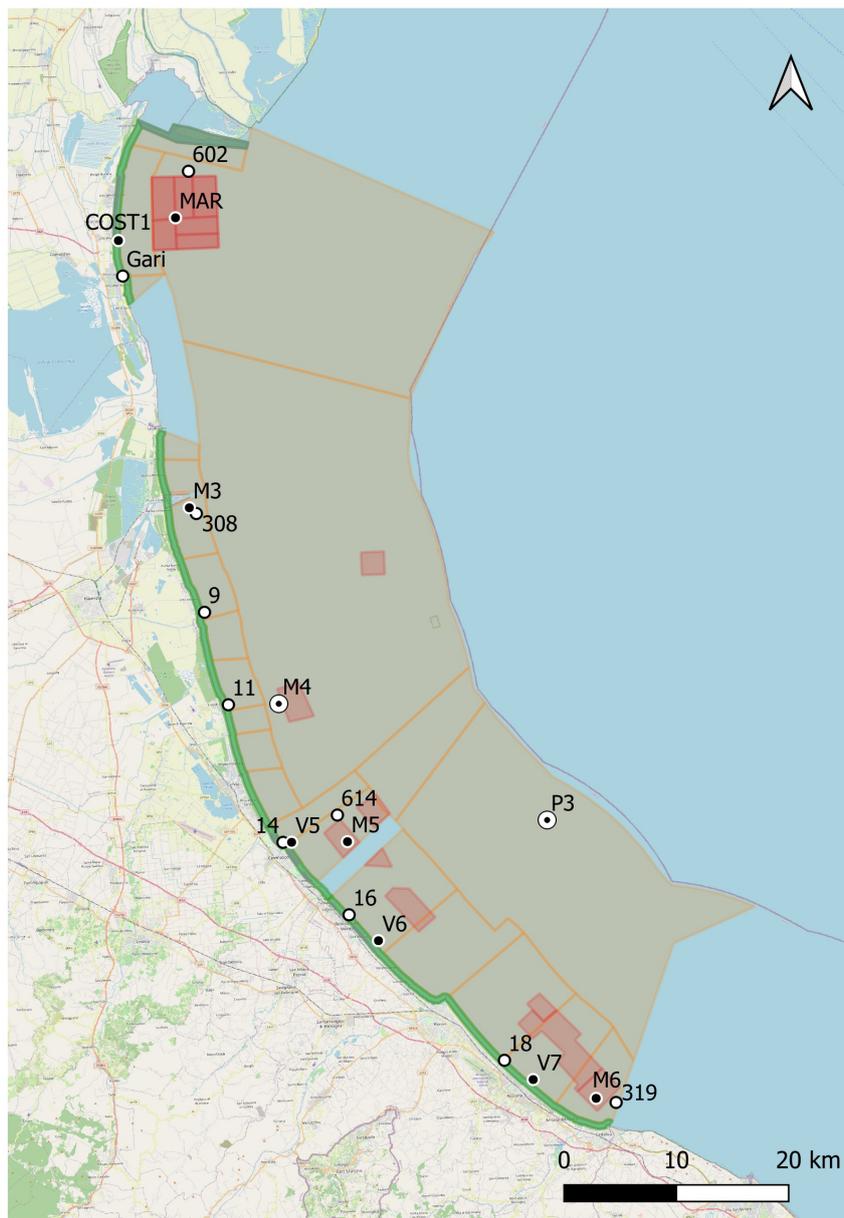
I molluschi eduli lamellibranchi rappresentano una voce importante nel contesto dell'economia ittica della regione Emilia-Romagna. Infatti le acque marino costiere regionali sono sede non solo di banchi e di popolazioni naturali di molluschi bivalvi e gasteropodi, tra cui la specie *Chamelea gallina*, ma ospitano anche, nella fascia di mare compresa tra i 4 km fino ai 10 km, allevamenti di molluschi bivalvi con la specie prevalente *Mytilus galloprovincialis* (mitili). Infine non vanno trascurate 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 142).

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 142. 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.



Legenda

- ⊙ Campionamento parametri idrologici, acqua e molluschi
- Campionamento parametri idrologici e acqua
- Campionamento molluschi
- Zone tipo A - allevamenti
- Zone tipo A - banchi naturali
- Zone tipo B - allevamenti
- Zone tipo B - banchi naturali

Figura 142 – 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)

7 EMERGENZE E ANOMALIE AMBIENTALI

7.1 MEDUSE

Come ogni anno, anche nel 2020 sono stati segnalati avvistamenti di meduse, organismi planctonici, gelatinosi costituiti principalmente di acqua (circa il 98%).



Dotati di una corona di tentacoli che circondano il bordo del corpo e che utilizzano prevalentemente per la predazione ed in alcuni casi per la difesa, sono talvolta ricoperti di cellule urticanti. Già verso metà maggio la specie *Aurelia aurita* Linnaeus, 1758 ha fatto la sua comparsa, per poi protrarsi fino a metà luglio (Foto 1). Questa medusa non urticante è conosciuta anche con il nome di medusa quadrifoglio per gli

evidenti 4 cerchi (gonadi) ben visibili sul dorso e può arrivare ad avere un diametro massimo di 30 cm.

Foto 1 - *Aurelia aurita* Linnaeus, 1758



Verso la metà di giugno, si sono aggiunti gli avvistamenti sotto costa della medusa *Rhizostoma pulmo* (Macri, 1778), (Foto 2) cui che si sono protratti fino a fine settembre. Questa specie è conosciuta anche con il nome comune “polmone di mare” rende molto bene l’aspetto di questa medusa che, con il suo diametro di cinquanta/sessanta centimetri e un peso intorno ai dieci chili, è una delle più grandi. I giovani sono per lo più trasparenti, mentre gli adulti sono fluorescenti con i bordi dell’ombrella sfrangiati blu-viola. Questa specie è poco urticante e raggiunge un diametro massimo di 50 cm.

Foto 2 - *Rhizostoma pulmo* (Macri, 1778)



Un’altra medusa che ormai siamo soliti avvistare nel periodo estivo è la *Cothylorhiza tuberculata* detta anche Cassiopea (Foto 3): dotata di una caratteristica ombrella a forma di disco bianco di diametro massimo di 35 cm, con una gobba rotonda e gialla al centro per questo motivo ricorda un uovo all’occhio di bue. Il margine è di colore giallo o talvolta verdastro. Questa specie non ha tentacoli, ma è ricca di braccia orali che partono dai quattro lobi della bocca e terminano

con un bottoncino di colore blu/viola. A dispetto delle sue grandi dimensioni, questa specie non è urticante. La sua comparsa anche nell’estate 2020 si è manifestata in piena estate verso la prima parte di agosto e si è protratta fino alla prima settimana di settembre.

Foto 3 - *Cothylorhiza tuberculata* (Macri, 1778)

7.2 AVVISTAMENTI DI MNEMIOPSIS LEIDYI

Dai primi giorni di luglio fino ed in maniera continuata fino ai primi di novembre, 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. Noto anche con il nome comune di Noce di mare, facilmente scambiata per una medusa per via della sua trasparenza. 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 meridiana 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.

Questo organismo planctonico è luminescente ovvero è in grado di produrre luce se stimolato, brillando di una luce bluverde quando viene stimolato dalla luce o da un contatto fisico.

Vorace predatore di zooplancton, uova e piccole larve di pesci, soprattutto acciughe, è considerata dannosa poiché può contribuire alla diminuzione delle popolazioni ittiche.

Originaria delle coste atlantiche del continente americano fu introdotta involontariamente negli anni '80 nel Mar Nero ed in seguito segnalata nel mar Egeo e quindi in Mediterraneo.

È un organismo marino planctonico, carnivoro e luminescente che brilla di una luce bluverde quando viene stimolato dalla luce o dal contatto. Vorace predatore di zooplancton, uova e piccole larve di pesci, soprattutto acciughe, è considerata dannosa poiché provoca la diminuzione delle popolazioni ittiche.



Foto 4- *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865 (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

7.3 FIORITURE DI NOCTILUCA SCINTILLANS

Durante la seconda parte del mese di febbraio sono state occasionalmente avvistate chiazze superficiali e nei primi metri di costa di colore arancione dovute alla proliferazione (circa 10.000 cellule/litro) di una dinoflagellata *Noctiluca scintillans* (Macartney) Kofoid & Swezy, delle dimensioni che variavano dai 400 ai 600 μm . Caratterizzata da un solo flagello trasversale e da un tentacolo striato posteriore posteriormente, è una specie prevalentemente eterotrofa, ovvero si nutre di altri organismi, quali diatomee, ciliati e uova di pesce che fagocita all'interno dei suoi vacuoli. Non è pericolosa per l'uomo, ed è nota per il fenomeno della bioluminescenza che spesso la rende osservabile anche nelle ore notturne.

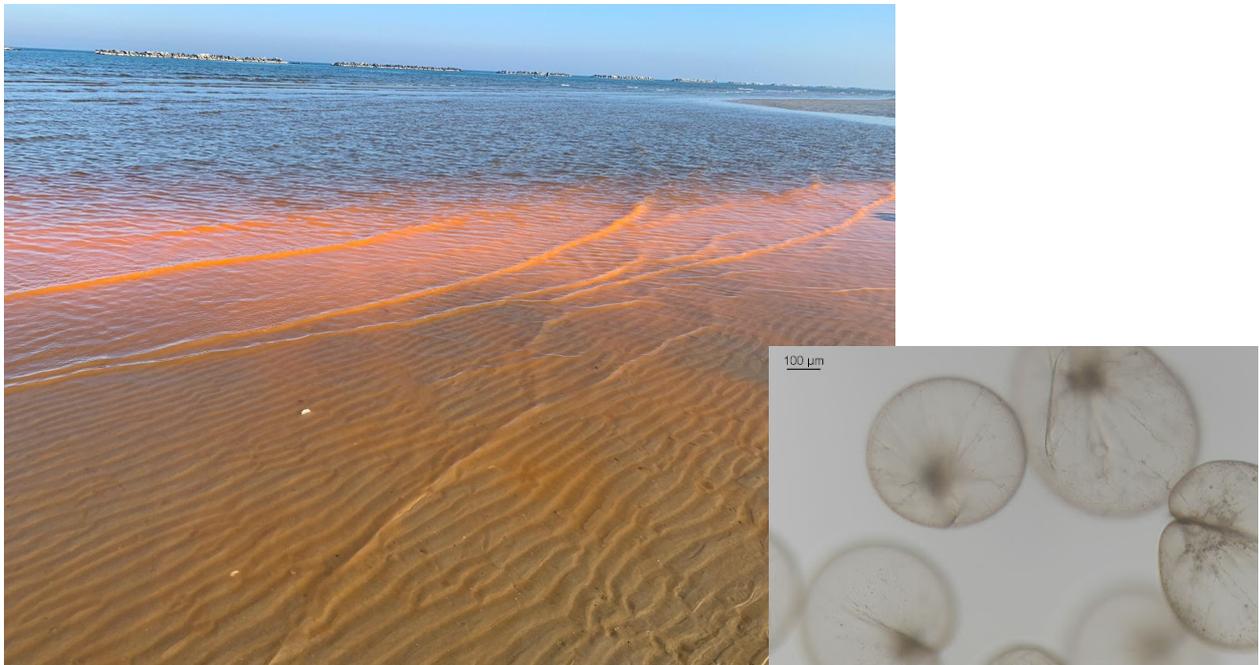


Foto 5 - *Noctiluca scintillans* fioritura lungo la riva di Cesenatico nel riquadro particolare al microscopio ottico (Foto archivio: Struttura Oceanografica Daphne)

ALLEGATO I - STATISTICA DESCRITTIVA

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 2020																	
	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	8.46	18.62	26.30	9.35	1.18	10.25	343.67	12.70	21.21	809.57	30.65	10.43	614.54	71.30	33.14	6.42	2.54
Errore standard	0.05	1.56	1.36	0.54	0.14	1.18	51.77	0.90	5.53	110.21	5.95	2.44	66.37	24.78	4.32	0.11	0.19
Mediana	8.50	17.93	26.29	9.38	1.00	8.75	342.73	13.22	8.31	759.62	22.71	7.97	598.52	45.84	27.69	6.39	2.38
Moda				7.98	1.00												
Deviazione standard	0.21	6.97	6.08	2.43	0.61	5.27	231.51	4.04	24.73	492.86	26.61	10.92	296.82	110.83	19.33	0.50	0.87
Varianza campionaria	0.05	48.61	37.00	5.90	0.38	27.79	53598.72	16.31	611.63	242911.03	707.85	119.29	88101.80	12284.32	373.78	0.25	0.75
Curtosi	-0.64	-1.66	-0.42	-0.92	3.06	2.94	-0.44	0.18	-0.56	10.61	8.80	12.90	2.64	15.43	4.97	-0.29	0.37
Asimmetria	-0.24	0.11	-0.26	-0.19	1.53	1.30	0.40	-0.39	1.07	2.85	2.75	3.29	1.31	3.76	2.07	-0.12	0.75
Intervallo	0.77	19.19	22.99	8.33	2.50	23.10	828.73	16.33	67.54	2351.20	117.02	52.07	1304.35	509.15	80.60	1.89	3.44
Minimo	8.05	9.53	13.47	4.99	0.50	2.80	38.25	3.35	0.21	294.38	8.98	0.71	156.24	8.07	14.72	5.33	1.07
Massimo	8.81	28.72	36.45	13.32	3.00	25.90	866.98	19.68	67.75	2645.58	126.00	52.77	1460.59	517.22	95.32	7.23	4.52
Conteggio	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Livello di confidenza(95.0%)	0.10	3.26	2.85	1.14	0.29	2.47	108.35	1.89	11.57	230.67	12.45	5.11	138.92	51.87	9.05	0.23	0.41

Stazione 4 Porto Garibaldi 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2020																	
	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	8.50	17.71	26.77	9.84	1.18	11.60	382.28	11.09	16.20	736.70	22.51	6.32	544.06	156.31	39.30	6.02	2.47
Errore standard	0.04	1.61	1.29	0.57	0.11	2.23	80.18	1.72	5.22	80.90	3.04	1.00	98.26	66.61	5.34	0.25	0.15
Mediana	8.51	18.25	26.82	9.94	1.00	8.33	343.82	11.18	5.53	693.09	20.88	5.06	443.10	53.78	32.22	6.12	2.35
Moda					1.00				0.21								
Deviazione standard	0.16	7.20	5.75	2.57	0.49	9.97	358.59	7.71	23.33	361.81	13.59	4.46	439.45	297.88	23.87	1.10	0.68
Varianza campionaria	0.03	51.85	33.03	6.60	0.24	99.49	128588.23	59.40	544.47	130905.90	184.64	19.86	193116.58	88731.80	569.71	1.20	0.46
Curtosi	-0.28	-1.65	2.99	-0.37	1.87	8.17	0.39	-0.20	3.71	-0.62	4.07	0.85	5.63	7.30	1.86	0.53	0.20
Asimmetria	0.15	0.06	-1.00	0.39	1.37	2.60	0.96	0.54	2.01	0.45	1.72	0.77	1.99	2.81	1.35	-1.00	0.73
Intervallo	0.64	19.77	27.24	9.48	2.00	44.20	1235.46	28.49	86.39	1189.91	59.58	17.66	1926.55	1137.44	91.89	3.97	2.63
Minimo	8.21	7.80	10.06	6.01	0.50	2.70	0.70	0.55	0.21	231.81	5.32	0.22	73.84	0.47	14.09	3.62	1.47
Massimo	8.85	27.58	37.31	15.49	2.50	46.90	1236.16	29.04	86.60	1421.72	64.90	17.88	2000.39	1137.91	105.97	7.60	4.10
Conteggio	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Livello di confidenza(95.0%)	0.08	3.37	2.69	1.20	0.23	4.67	167.83	3.61	10.92	169.33	6.36	2.09	205.67	139.41	11.17	0.51	0.32

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 2020																	
	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	17.99	25.52	10.57	1.38	11.77	386.43	11.20	15.26	741.49	23.44	6.89	549.96	114.80	41.18	6.27	2.18
Errore standard	0.05	1.63	1.38	0.57	0.10	1.95	74.35	1.79	6.17	80.58	2.99	1.16	93.40	54.49	7.06	0.17	0.16
Mediana	8.54	17.36	26.64	10.73	1.50	10.95	342.62	8.51	4.54	722.78	20.02	5.90	429.18	52.91	30.95	6.32	2.07
Moda					1.50				0.21								
Deviazione standard	0.20	7.31	6.19	2.57	0.43	8.74	332.49	8.00	27.58	360.38	13.38	5.19	417.68	243.67	31.58	0.75	0.72
Varianza campionaria	0.04	53.37	38.30	6.58	0.18	76.39	110551.08	64.00	760.75	129874.34	178.92	26.98	174452.80	59376.10	997.36	0.56	0.52
Curtosi	-1.28	-1.68	0.88	-0.64	-0.59	8.70	-0.20	-0.71	5.88	1.23	-0.72	4.77	1.30	17.98	4.42	-0.19	1.56
Asimmetria	0.02	0.05	-0.91	0.30	-0.04	2.51	0.66	0.57	2.57	1.04	0.59	1.92	1.06	4.15	2.07	-0.11	0.99
Intervallo	0.65	19.56	25.50	9.54	1.50	40.40	1129.60	27.28	99.86	1399.09	41.45	22.86	1616.21	1124.72	123.85	2.83	2.93
Minimo	8.23	8.49	10.06	6.36	0.50	2.70	4.54	0.65	0.21	286.50	6.66	0.59	69.21	2.15	15.82	4.81	1.23
Massimo	8.88	28.05	35.56	15.90	2.00	43.10	1134.14	27.93	100.07	1685.59	48.11	23.45	1685.42	1126.87	139.67	7.64	4.16
Conteggio	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Livello di confidenza(95.0%)	0.10	3.42	2.90	1.20	0.20	4.09	155.61	3.74	12.91	168.66	6.26	2.43	195.48	114.04	14.78	0.35	0.34

Stazione 304 Porto Garibaldi 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2020																	
	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	8.53	17.44	26.91	10.12	1.50	10.52	396.60	10.02	14.01	750.68	26.10	7.23	550.70	117.72	35.50	6.14	2.19
Errore standard	0.04	1.61	1.22	0.58	0.14	1.97	87.38	1.90	6.84	91.44	4.18	1.35	105.39	62.39	3.93	0.21	0.16
Mediana	8.51	17.56	27.77	9.68	1.50	8.55	277.44	7.68	3.43	684.55	20.63	5.81	480.73	53.98	32.55	6.36	2.20
Moda	8.39				1.00	9.10			0.21			0.22					2.62
Deviazione standard	0.17	7.22	5.47	2.58	0.61	8.80	390.76	8.50	30.60	408.91	18.70	6.05	471.31	279.03	17.60	0.95	0.73
Varianza campionaria	0.03	52.12	29.97	6.64	0.37	77.40	152696.56	72.32	936.16	167209.32	349.83	36.63	222132.77	77857.52	309.62	0.89	0.53
Curtosi	-0.30	-1.54	1.27	1.13	0.59	6.81	-0.25	-0.27	9.48	-0.99	1.06	2.51	4.50	18.72	-0.87	-1.12	-0.38
Asimmetria	0.34	0.04	-0.64	0.76	0.78	2.52	0.83	0.76	3.02	0.31	1.24	1.44	1.82	4.27	0.39	-0.26	0.47
Intervallo	0.65	21.37	24.53	11.39	2.50	37.10	1278.58	29.35	124.56	1377.98	67.61	24.53	2011.39	1285.20	61.45	3.06	2.48
Minimo	8.23	6.37	12.80	5.39	0.50	2.90	0.70	0.58	0.21	197.97	4.44	0.22	40.45	1.41	9.88	4.59	1.25
Massimo	8.87	27.74	37.33	16.78	3.00	40.00	1279.28	29.92	124.77	1575.95	72.05	24.75	2051.83	1286.61	71.34	7.65	3.73
Conteggio	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Livello di confidenza(95.0%)	0.08	3.38	2.56	1.21	0.28	4.12	182.88	3.98	14.32	191.38	8.75	2.83	220.58	130.59	8.24	0.44	0.34

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

Stazione 6 Casalborsetti 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2020																	
	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	8.48	17.83	27.79	9.59	1.55	10.47	405.86	10.30	16.26	738.04	24.36	7.60	519.54	104.23	35.10	6.05	2.13
Errore standard	0.04	1.63	1.27	0.53	0.14	1.62	96.75	1.95	3.25	99.76	3.30	1.32	104.56	56.14	4.35	0.21	0.16
Mediana	8.49	18.06	27.96	9.29	1.50	8.40	272.20	8.05	11.85	646.95	22.32	6.12	448.87	41.64	28.15	6.09	1.97
Moda					1.50	8.00						0.22					
Deviazione standard	0.18	7.27	5.70	2.38	0.63	7.23	432.67	8.74	14.51	446.13	14.78	5.90	467.63	251.06	19.46	0.93	0.72
Varianza campionaria	0.03	52.89	32.47	5.66	0.39	52.32	187202.34	76.35	210.65	199029.83	218.39	34.83	218673.88	63032.36	378.77	0.87	0.53
Curtosi	-0.53	-1.59	2.32	-0.77	0.19	1.50	-0.30	0.33	4.32	-0.33	1.76	2.28	5.09	18.75	-1.02	-1.10	2.79
Asimmetria	0.21	0.04	-0.92	0.05	0.69	1.43	1.01	0.89	1.78	0.67	1.34	1.25	2.06	4.28	0.38	-0.21	1.42
Intervallo	0.66	20.36	26.06	8.14	2.50	26.50	1265.28	31.36	61.17	1578.83	55.35	24.15	1984.05	1153.69	65.16	3.02	3.20
Minimo	8.21	7.71	11.66	5.75	0.50	2.90	0.70	0.06	1.30	142.06	5.82	0.22	44.58	2.67	5.85	4.49	1.06
Massimo	8.87	28.07	37.72	13.89	3.00	29.40	1265.98	31.41	62.47	1720.89	61.17	24.37	2028.62	1156.36	71.00	7.51	4.27
Conteggio	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Livello di confidenza(95.0%)	0.08	3.40	2.67	1.11	0.29	3.39	202.50	4.09	6.79	208.79	6.92	2.76	218.86	117.50	9.11	0.44	0.34

Stazione 306 Casalborsetti 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2020																	
	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	8.54	17.68	28.46	9.89	2.08	9.91	361.92	8.46	11.85	634.69	23.31	6.11	467.64	73.92	45.27	5.78	1.90
Errore standard	0.05	1.64	1.22	0.47	0.33	1.83	99.76	1.80	4.33	99.47	7.78	1.43	113.37	18.51	6.63	0.23	0.16
Mediana	8.52	18.39	28.63	9.55	2.00	6.70	193.89	6.07	4.97	491.87	17.02	5.25	282.78	46.65	33.33	5.91	1.87
Moda	8.52			9.28	2.00	5.50	0.70	0.06	0.21			0.22					
Deviazione standard	0.20	7.36	5.44	2.09	1.45	8.19	446.15	8.05	19.36	444.85	34.81	6.40	506.99	82.78	29.66	1.05	0.71
Varianza campionaria	0.04	54.12	29.59	4.35	2.11	67.14	199046.40	64.76	374.70	197893.14	#####	40.91	257035.29	6852.05	879.87	1.09	0.51
Curtosi	-0.63	-1.64	4.71	-0.85	10.69	1.54	1.02	-0.13	2.55	1.74	17.08	12.63	2.29	3.67	0.07	-0.66	3.07
Asimmetria	-0.08	0.05	-1.55	0.35	2.96	1.63	1.39	0.96	2.02	1.38	4.01	3.22	1.68	1.88	0.94	-0.59	0.12
Intervallo	0.69	20.66	25.97	7.17	6.50	27.80	1490.69	25.92	58.74	1739.74	164.80	30.57	1825.75	316.69	106.63	3.45	3.65
Minimo	8.20	7.50	11.17	6.85	1.00	1.90	0.70	0.06	0.21	109.38	1.54	0.22	25.01	0.36	1.96	3.88	0.12
Massimo	8.89	28.16	37.13	14.02	7.50	29.70	1491.39	25.97	58.95	1849.12	166.33	30.79	1850.76	317.05	108.59	7.32	3.77
Conteggio	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Livello di confidenza(95.0%)	0.09	3.44	2.55	0.98	0.68	3.83	208.80	3.77	9.06	208.20	16.29	2.99	237.28	38.74	13.88	0.49	0.33

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

Stazione 9 Lido Adriano 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2020																	
	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						
Media	8.53	17.25	29.05	9.15	1.82	10.44	312.89	10.51	20.91	591.29	16.27	5.15	384.70	134.67	46.36	5.58	2.08
Errore standard	0.04	1.64	1.07	0.50	0.24	1.88	78.87	2.21	5.20	77.93	2.20	1.21	86.53	41.19	7.87	0.26	0.17
Mediana	8.56	18.17	30.28	8.68	1.75	8.40	207.90	8.58	13.67	475.38	14.41	4.53	305.20	45.70	38.54	6.00	1.99
Moda				7.44	2.00		0.70		0.21								
Deviazione standard	0.19	7.32	4.79	2.26	1.09	8.39	352.73	9.90	23.25	348.53	9.84	5.42	386.97	184.20	35.18	1.17	0.76
Varianza campionaria	0.04	53.51	22.97	5.10	1.18	70.46	124418.14	98.09	540.55	121472.70	96.88	29.37	149747.86	33930.17	1237.94	1.36	0.58
Curtosi	-0.24	-1.39	0.60	-0.20	2.74	2.80	-0.28	0.56	2.00	-0.66	-0.14	11.20	3.78	2.40	4.39	-1.16	2.11
Asimmetria	-0.03	-0.10	-0.71	0.54	1.42	1.66	0.99	1.04	1.57	0.72	0.75	2.96	1.83	1.79	2.07	-0.37	1.13
Intervallo	0.69	22.72	19.68	8.74	4.50	32.00	1084.48	35.02	84.98	1066.88	32.93	25.34	1540.11	608.34	141.11	3.85	3.14
Minimo	8.20	4.30	16.81	5.61	0.50	2.70	0.70	0.49	0.21	154.86	2.11	0.22	13.74	0.61	11.28	3.45	1.10
Massimo	8.88	27.02	36.49	14.35	5.00	34.70	1085.18	35.51	85.19	1221.74	35.03	25.56	1553.85	608.95	152.40	7.30	4.25
Conteggio	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Livello di confidenza(95.0%)	0.09	3.42	2.24	1.06	0.51	3.93	165.08	4.64	10.88	163.12	4.61	2.54	181.11	86.21	16.47	0.55	0.36

Stazione 14 Cesenatico 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2020																	
	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						
Media	8.43	17.05	30.04	8.20	2.00	7.20	212.17	8.87	32.87	532.41	19.11	3.77	294.82	143.95	60.47	5.03	2.26
Errore standard	0.04	1.59	1.16	0.44	0.24	1.61	53.24	1.50	7.66	83.21	7.25	0.81	74.01	52.81	13.62	0.25	0.18
Mediana	8.37	17.88	30.67	8.63	1.75	5.10	91.60	7.87	18.83	506.67	12.16	2.39	204.65	62.68	43.56	5.31	2.05
Moda				1.00													
Deviazione standard	0.19	7.12	5.21	1.97	1.09	7.20	238.10	6.69	34.24	372.14	32.44	3.62	331.00	236.15	60.93	1.11	0.80
Varianza campionaria	0.04	50.74	27.14	3.89	1.18	51.87	56692.84	44.75	1172.24	138488.58	1052.39	13.08	109562.86	55768.01	3712.12	1.23	0.64
Curtosi	0.48	-1.53	1.02	-0.96	-1.55	5.46	-0.70	0.53	4.12	3.35	17.61	0.16	4.91	10.98	8.38	0.07	-0.79
Asimmetria	0.70	-0.07	-0.91	-0.25	0.34	2.34	0.89	0.93	1.88	1.48	4.09	1.06	2.12	3.15	2.60	-0.72	0.43
Intervallo	0.79	20.91	21.02	6.56	3.00	29.30	704.25	24.29	139.61	1574.82	153.04	12.01	1339.03	1022.73	272.84	4.06	2.77
Minimo	8.08	6.54	16.15	4.80	0.50	1.10	0.70	0.26	0.67	93.40	0.22	0.22	12.87	5.59	4.64	2.65	1.05
Massimo	8.87	27.45	37.18	11.36	3.50	30.40	704.95	24.55	140.28	1668.22	153.26	12.23	1351.89	1028.32	277.48	6.71	3.82
Conteggio	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Livello di confidenza(95.0%)	0.09	3.33	2.44	0.92	0.51	3.37	111.44	3.13	16.02	174.17	15.18	1.69	154.91	110.52	28.51	0.52	0.37

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

Stazione 309 Lido Adriano 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2020																	
	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	8.56	17.38	29.24	9.55	2.43	11.57	262.68	8.69	9.26	528.67	14.23	4.91	303.19	108.82	70.63	5.54	1.55
Errore standard	0.05	1.59	0.91	0.44	0.35	2.10	68.15	1.97	3.52	65.40	2.19	1.50	69.48	35.72	18.53	0.27	0.12
Mediana	8.61	18.34	29.23	9.17	2.00	8.20	180.42	6.95	3.55	478.90	12.61	3.87	204.08	40.90	35.69	5.93	1.48
Moda					2.00	7.90	0.70		0.21		0.22	0.22					
Deviazione standard	0.23	7.12	4.08	1.96	1.55	9.40	304.79	8.79	15.73	292.49	9.81	6.71	310.74	159.72	82.88	1.21	0.55
Varianza campionaria	0.05	50.76	16.65	3.82	2.40	88.45	92899.04	77.28	247.49	85551.79	96.18	45.03	96562.21	25511.61	6869.71	1.47	0.30
Curtosi	-0.84	-1.60	-0.72	-0.43	8.97	0.92	1.78	0.63	6.91	0.05	0.91	12.58	1.84	8.21	4.50	-0.59	1.72
Asimmetria	-0.44	-0.07	0.03	0.53	2.70	1.32	1.37	1.18	2.66	0.62	0.79	3.31	1.52	2.62	2.30	-0.76	1.15
Intervallo	0.77	20.26	14.45	6.82	7.00	32.00	1115.53	29.10	61.33	1081.40	39.47	30.56	1071.92	673.08	290.46	4.00	2.36
Minimo	8.12	6.64	22.55	7.07	1.00	2.10	0.70	0.06	0.21	125.48	0.22	0.22	16.97	2.30	14.98	3.09	0.71
Massimo	8.90	26.91	37.00	13.89	8.00	34.10	1116.23	29.15	61.54	1206.88	39.69	30.78	1088.89	675.38	305.43	7.09	3.06
Conteggio	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Livello di confidenza(95.0%)	0.11	3.33	1.91	0.92	0.73	4.40	142.65	4.11	7.36	136.89	4.59	3.14	145.43	74.75	38.79	0.57	0.26

Stazione 314 Cesenatico 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2020																	
	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	8.52	17.14	30.81	8.99	2.68	8.04	210.38	7.98	12.49	464.63	11.35	3.17	262.15	124.58	56.82	5.08	1.77
Errore standard	0.04	1.60	0.95	0.45	0.35	1.84	58.80	1.83	3.23	70.48	1.63	0.76	78.88	46.35	9.96	0.25	0.19
Mediana	8.57	17.96	31.38	8.61	2.25	5.75	79.43	6.94	7.36	381.17	9.67	2.01	150.43	39.41	45.65	5.24	1.51
Moda					1.00	6.90	0.70	0.06	0.21			0.22					
Deviazione standard	0.20	7.16	4.25	2.02	1.58	8.23	262.95	8.19	14.46	315.19	7.31	3.42	352.78	207.26	44.53	1.11	0.85
Varianza campionaria	0.04	51.32	18.03	4.08	2.51	67.70	69143.23	67.01	209.08	99341.91	53.41	11.67	124455.28	42957.60	1982.73	1.23	0.72
Curtosi	-0.49	-1.55	-0.85	-0.81	1.58	5.46	-0.19	0.79	1.08	0.03	3.90	2.82	6.70	5.17	1.27	0.54	-0.40
Asimmetria	-0.18	-0.08	-0.31	-0.09	1.24	2.33	1.06	1.13	1.36	0.77	1.47	1.68	2.46	2.32	1.25	-0.79	0.96
Intervallo	0.74	20.59	15.07	6.66	6.00	33.30	805.29	28.02	48.05	1152.41	33.54	12.79	1445.30	785.98	166.77	4.25	2.68
Minimo	8.16	6.41	22.33	5.34	1.00	1.20	0.70	0.06	0.21	76.07	0.22	0.22	11.76	1.87	7.39	2.32	0.76
Massimo	8.91	27.00	37.40	12.00	7.00	34.50	805.99	28.08	48.26	1228.48	33.76	13.01	1457.06	787.85	174.16	6.57	3.45
Conteggio	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Livello di confidenza(95.0%)	0.09	3.35	1.99	0.94	0.74	3.85	123.06	3.83	6.77	147.51	3.42	1.60	165.11	97.00	20.84	0.52	0.40

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

Stazione 17 Rimini 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2020																	
	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	8.53	17.23	30.98	9.08	1.84	5.86	196.50	8.04	11.19	483.23	13.57	3.39	232.86	127.21	47.15	5.25	2.43
Errore standard	0.04	1.67	0.97	0.54	0.25	1.13	48.20	1.71	3.00	62.10	1.91	0.72	55.81	50.50	7.92	0.23	0.17
Mediana	8.55	16.40	31.48	8.37	1.50	3.70	147.05	7.35	7.22	474.96	11.62	2.17	154.73	45.14	37.34	5.30	2.28
Moda				7.51	1.00	3.70						0.22					
Deviazione standard	0.18	7.28	4.21	2.35	1.11	4.94	210.12	7.46	13.08	270.68	8.32	3.12	243.27	220.11	34.54	0.98	0.73
Varianza campionaria	0.03	52.99	17.71	5.52	1.22	24.36	44149.47	55.65	171.18	73268.24	69.29	9.76	59180.54	48447.85	1193.08	0.96	0.53
Curtosi	-0.57	-1.60	-1.00	-1.01	6.29	3.28	-1.09	0.73	1.52	0.92	3.11	-0.14	1.77	9.46	1.34	-1.00	-1.36
Asimmetria	0.11	0.02	-0.33	0.51	2.27	1.91	0.70	1.07	1.59	0.76	1.62	1.07	1.59	2.93	1.19	-0.29	0.18
Intervallo	0.63	20.64	14.15	7.20	4.50	18.50	589.20	24.76	41.60	1052.46	35.33	9.72	823.56	912.36	130.60	3.17	2.25
Minimo	8.22	6.70	22.73	5.94	1.00	1.80	1.42	0.06	0.21	128.84	1.31	0.22	5.48	2.20	8.32	3.62	1.25
Massimo	8.85	27.34	36.88	13.14	5.50	20.30	590.62	24.82	41.81	1181.30	36.64	9.94	829.04	914.55	138.92	6.79	3.49
Conteggio	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Livello di confidenza(95.0%)	0.09	3.51	2.03	1.13	0.53	2.38	101.27	3.60	6.31	130.46	4.01	1.51	117.25	106.09	16.65	0.47	0.35

Stazione 19 Cattolica 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2020																	
	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	17.63	31.65	8.92	2.67	4.72	171.76	7.97	12.05	374.65	9.93	2.91	215.21	165.13	106.96	4.90	2.02
Errore standard	0.05	1.72	1.09	0.58	0.33	0.79	47.35	1.75	2.91	54.67	1.65	0.88	54.36	66.52	65.60	0.26	0.18
Mediana	8.67	18.51	31.84	8.56	2.00	3.55	61.20	6.02	7.38	326.99	8.31	1.49	134.59	45.71	43.83	5.07	2.00
Moda				7.38	2.00	3.50		0.06	0.21			0.22					
Deviazione standard	0.23	7.31	4.63	2.44	1.38	3.35	200.87	7.42	12.33	231.94	7.00	3.74	230.63	282.23	278.30	1.09	0.77
Varianza campionaria	0.05	53.50	21.41	5.97	1.91	11.20	40350.54	55.09	152.00	53795.08	49.02	14.01	53189.04	79652.88	77451.77	1.19	0.59
Curtosi	-0.51	-1.52	1.26	-0.47	0.65	1.90	-0.84	0.20	1.42	0.11	-0.33	4.36	5.41	3.79	17.79	0.22	-0.36
Asimmetria	-0.05	-0.12	-0.99	0.53	1.07	1.54	0.84	0.95	1.28	0.84	0.72	2.02	2.22	2.18	4.21	-0.31	0.39
Intervallo	0.80	21.26	18.17	8.78	5.00	12.40	555.30	25.23	44.78	817.38	22.52	14.16	933.66	889.08	1208.55	4.49	2.74
Minimo	8.25	6.24	19.55	5.30	1.00	1.30	0.70	0.06	0.21	98.85	0.22	0.22	9.42	3.43	10.76	2.52	0.80
Massimo	9.05	27.50	37.72	14.08	6.00	13.70	556.00	25.28	44.99	916.23	22.74	14.38	943.08	892.51	1219.32	7.00	3.54
Conteggio	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Livello di confidenza(95.0%)	0.11	3.64	2.30	1.21	0.69	1.66	99.89	3.69	6.13	115.34	3.48	1.86	114.69	140.35	138.40	0.54	0.38

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

Stazione 317 Rimini 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2020																	
	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	17.83	32.06	9.17	3.19	5.54	150.58	7.14	7.91	360.11	13.61	2.66	183.09	121.54	50.73	4.79	1.78
Errore standard	0.04	1.67	0.86	0.52	0.42	1.41	44.86	1.85	1.75	51.89	3.40	0.61	41.97	66.92	9.90	0.31	0.19
Mediana	8.50	18.52	32.75	8.42	2.75	3.30	73.63	4.78	6.18	283.40	8.24	2.27	119.30	24.46	38.11	4.81	1.59
Moda	8.62				2.00	2.10	0.70	0.06	0.21			0.22					
Deviazione standard	0.19	7.10	3.63	2.21	1.79	5.97	190.34	7.86	7.42	220.17	14.42	2.59	178.07	283.92	42.00	1.31	0.80
Varianza campionaria	0.04	50.47	13.17	4.86	3.21	35.66	36230.77	61.71	55.02	48474.96	208.07	6.70	31708.47	80612.50	1763.89	1.71	0.64
Curtosi	-0.70	-1.53	-1.07	-0.81	1.53	8.56	0.05	0.91	1.95	-1.16	3.74	5.79	1.86	13.13	2.75	-0.56	0.54
Asimmetria	0.16	-0.13	-0.37	0.61	1.13	2.71	1.13	1.23	1.37	0.45	1.97	2.02	1.45	3.53	1.52	-0.47	1.07
Intervallo	0.65	20.14	11.93	6.73	7.00	25.10	564.60	26.15	27.57	643.49	55.26	10.78	642.08	1183.70	168.66	4.50	2.68
Minimo	8.24	6.90	25.51	6.28	1.00	1.10	0.70	0.06	0.21	75.22	0.22	0.22	7.98	3.26	2.30	2.03	0.91
Massimo	8.89	27.04	37.43	13.01	8.00	26.20	565.30	26.20	27.78	718.71	55.48	11.00	650.05	1186.95	170.95	6.53	3.59
Conteggio	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Livello di confidenza(95.0%)	0.09	3.53	1.80	1.10	0.89	2.97	94.66	3.91	3.69	109.49	7.17	1.29	88.55	141.19	20.89	0.65	0.40

Stazione 319 Cattolica 3 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2020																	
	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	17.86	32.19	8.90	3.69	4.57	132.41	7.37	7.56	319.41	7.11	2.14	153.93	127.85	112.33	4.50	1.73
Errore standard	0.04	1.69	0.88	0.50	0.58	0.84	39.55	1.72	2.00	47.16	0.94	0.49	35.69	53.70	63.11	0.30	0.22
Mediana	8.47	18.48	32.21	8.73	2.75	3.10	33.89	6.53	5.67	295.22	7.61	1.24	137.12	29.29	49.12	4.62	1.56
Moda	8.42				2.00	1.80	0.70	0.06	0.21			0.22					
Deviazione standard	0.19	7.15	3.72	2.13	2.47	3.57	167.79	7.30	8.50	200.06	3.99	2.09	151.44	227.81	267.77	1.28	0.92
Varianza campionaria	0.04	51.17	13.82	4.52	6.12	12.76	28153.54	53.28	72.19	40025.88	15.93	4.38	22933.69	51897.67	71698.48	1.63	0.85
Curtosi	-0.94	-1.53	-0.79	-1.10	0.55	2.00	-0.57	-0.28	-0.21	-1.31	-0.18	1.90	5.04	4.62	17.36	-0.37	0.16
Asimmetria	0.41	-0.14	-0.24	0.46	1.19	1.38	0.97	0.84	1.06	0.42	-0.26	1.43	2.01	2.26	4.14	-0.51	0.84
Intervallo	0.60	19.77	12.98	6.79	8.00	13.30	464.21	23.22	25.54	566.19	14.89	7.61	618.96	816.90	1164.05	4.39	3.22
Minimo	8.25	7.03	24.75	6.03	1.00	1.20	0.70	0.06	0.21	67.24	0.22	0.22	7.49	2.12	13.08	1.72	0.51
Massimo	8.86	26.80	37.73	12.82	9.00	14.50	464.91	23.27	25.75	633.43	15.11	7.83	626.45	819.02	1177.14	6.11	3.74
Conteggio	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Livello di confidenza(95.0%)	0.09	3.56	1.85	1.06	1.23	1.78	83.44	3.63	4.23	99.49	1.98	1.04	75.31	113.29	133.16	0.63	0.46

Elementi di statistica descrittiva. Stazione 13 (Zadina)

Stazione 13 Zadina 0.5 km dalla costa																	
Statistica descrittiva 2020																	
	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	8.46	17.21	29.42	8.50	1.65	9.92	236.74	8.70	21.06	486.34	16.87	4.40	290.20	123.73	42.39	5.39	2.30
Errore standard	0.04	1.61	1.08	0.43	0.20	1.91	60.51	1.73	4.95	58.15	2.29	0.72	80.06	52.71	8.41	0.19	0.16
Mediana	8.43	18.15	30.54	8.62	1.75	7.40	189.36	7.12	11.72	406.22	14.51	4.12	216.52	50.07	29.47	5.39	2.08
Moda					1.00	8.10	0.70		0.21			0.22					
Deviazione standard	0.19	7.22	4.82	1.92	0.90	8.54	270.62	7.72	22.13	260.07	10.25	3.22	358.03	235.72	37.60	0.86	0.72
Varianza campionaria	0.04	52.07	23.24	3.70	0.82	72.88	73232.63	59.63	489.71	67635.35	104.98	10.39	128184.38	55563.57	1414.12	0.74	0.52
Curtosi	-0.38	-1.55	0.55	0.96	-1.44	1.89	0.51	0.35	-0.11	0.72	-0.26	0.17	6.19	14.48	4.12	-0.79	0.41
Asimmetria	0.45	-0.04	-0.72	0.04	0.15	1.60	1.16	0.93	0.91	0.92	0.61	0.75	2.38	3.64	1.98	0.25	1.12
Intervallo	0.75	20.44	19.80	8.57	2.50	30.90	908.40	26.63	73.79	1006.36	37.75	11.86	1470.47	1059.24	149.23	2.82	2.52
Minimo	8.14	6.61	17.38	4.55	0.50	1.80	0.70	0.06	0.21	142.50	1.55	0.22	7.80	0.36	8.50	4.08	1.44
Massimo	8.89	27.05	37.17	13.12	3.00	32.70	909.10	26.69	74.00	1148.86	39.30	12.08	1478.27	1059.59	157.72	6.90	3.96
Conteggio	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Livello di confidenza(95.0%)	0.09	3.38	2.26	0.90	0.42	4.00	126.65	3.61	10.36	121.72	4.80	1.51	167.56	110.32	17.60	0.40	0.34

ALLEGATO II - Inquinanti specifici a sostegno degli EQB

Media annuale per stazione delle concentrazioni ($\mu\text{g/l}$) degli inquinanti specifici a sostegno degli EQB (tab. 1\B DLgs 172/15)

Parametri/Stazioni	2020					
	CD1 Goro-Ravenna			CD2 Ravenna-Cattolica		
	2 L. Volano	4 P. Garibaldi	6 Casalborsetti	9 L. Adriano	14 Cesenatico	17 Rimini
<i>Dimetoato</i>	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
<i>Terbutilazina + Desetil terbutilazina</i>	0.016	0.014	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
<i>Azoxistrobin</i>	0.043	0.020	0.019	0.012	0.011	0.013
<i>Boscalid</i>	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
<i>Cloridazon</i>	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
<i>Imidacloprid</i>	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
<i>Metalaxil</i>	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
<i>Metolaclor</i>	0.012	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
<i>Oxadiazon</i>	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
<i>Procloraz</i>	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
<i>Propizamide</i>	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
<i>Tiametoxam</i>	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010

ALLEGATO III - Inquinanti specifici appartenenti all'elenco di priorità

Concentrazioni medie per stazione (µg/l) inquinanti specifici prioritari (tab. 1/A DLgs 172/15)

Parametri/Stazioni	SQA- MA (µg/L)	2020					
		CD1 Goro-Ravenna			CD2 Ravenna-Cattolica		
		2	4	6	9	14	17
Alacloro	0.3	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Antracene	0.1	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Atrazina	0.6	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Benzene	8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8
Difenileteribromurati (somma)		0.00005	<0.00004	<0.00004	0.00005	<0.00004	<0.00004
Cadmio e composti	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Tetracloruro di carbonio	12	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Clorfenvifos	0.1	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Clorpirifos Etile	0.03	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009
Antiparassitari ciclodiene (somma)	0.005	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
p,p DDT	0.01	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
DDT totale	0.025	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
1,2-Dicloroetano	10	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Diclorometano	20	<6	<6	<6	<6	<6	<6
Di(2-etilesil)Ftalato (DEHP)	1.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.5	0.7
Diuron	0.2	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Endosulfan (somma)	0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Fluorantene	0.0063	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Esaclorobenzene	0.002	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Esaclorobutadiene	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Esaclorocicloesano (somma)	0.002	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Isoproturon	0.3	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Piombo e composti	1.3	<1	<1	<1	1.7	1.7	<1
Mercurio e composti		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Naftalene	2	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Nichel e composti	8.6	<2	<2	<2	2	2	2
4-Nonilfenolo	0.3	0.03	0.03	<0.03	0.03	<0.03	0.03
Ottilfenolo	0.01	0.004	0.004	0.005	0.007	0.005	0.004
Pentaclorobenzene	0.0007	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Pentaclorofenolo	0.4	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Benzo(a)pirene	0.00017	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Benzo(b)+(j)fluorantene		<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Benzo(k)fluorantene		<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Benzo(g,h,i)perilene		<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Simazina	1	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Tetracloroetilene	10	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tricloroetilene	10	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tributilstagno	0.0002	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Triclorobenzeni (somma)	0.4	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Triclorometano	2.5	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Trifluralin	0.03	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009
Chinossifen	0.015	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Acclonifen	0.012	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
Cibutrina	0.0025	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Terbutrina	0.0065	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002

Concentrazioni massime ($\mu\text{g/l}$) inquinanti specifici prioritari (tab. 1\A DLgs 172/15)

Parametri/Stazioni	SQA-CMA ($\mu\text{g/L}$)	2020					
		CD1 Goro-Ravenna			CD2 Ravenna-Cattolica		
		2	4	6	9	14	17
Alacloro	0.7	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Antracene	0.1	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Atrazina	2	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Benzene	50	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8
Difenileteribromurati (somma)	0.014	0.00022	0.00007	0.00016	0.00017	0.0002	0.0001
Cadmio e composti		0.2	<0.1	0.2	0.1	0.1	0.2
Tetracloruro di carbonio		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Clorfenvifos	0.3	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Clorpirifos Etile	0.1	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009
Antiparassitari ciclodiene (somma)		<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
p,p DDT		<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
DDT totale		<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
1,2-Dicloroetano		<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Diclorometano		<6	<6	<6	<6	<6	<6
Di(2-etilesil)Ftalato (DEHP)		1.6	1.3	0.6	1.6	3.3	4.5
Diuron	1.8	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Endosulfan (somma)	0.004	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Fluorantene	0.12	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Esaclorobenzene	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Esaclorobutadiene	0.6	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Esaclorocicloesano (somma)	0.02	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Isoproturon	1	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Piombo e composti	14	3	4	3	15	15	2
Mercurio e composti	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Naftalene	130	<0.005	<0.005	0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Nichel e composti	34	11	11	12	13	13	13
4-Nonilfenolo	2	0.12	0.11	0.07	0.09	0.04	0.08
Ottilfenolo		0.008	0.01	0.011	0.017	0.011	0.008
Pentaclorobenzene		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Pentaclorofenolo	1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Benzo (a) pirene	0.027	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Benzo (b)+(j) fluorantene	0.017	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Benzo (k) fluorantene	0.017	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Benzo (g,h,i) terilene	0.00082	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Simazina	4	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Tetracloroetilene		<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tricloroetilene		<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tributilstagno	0.0015	0.03	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Triclorobenzeni (somma)		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Triclorometano		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Trifluralin		<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009
Chinossifen	0.54	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Aclonifen	0.012	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
Cibutrina	0.016	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Terbutrina	0.034	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002

ALLEGATO IV - Inquinanti ricercati nella matrice biota

Concentrazione ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.) delle sostanze prioritarie ricercate nella matrice biota (tab. 1/A D.Lgs. 172/15)

Anno		2020	
		CD1	CD2
Corpo idrico			
Data di campionamento	SQA biota corretti per il valore di LT **** ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	22/10/2020	13/10/2020
Specie selezionata		<i>Mullus barbatus</i>	<i>Mullus barbatus</i>
Contenuto acqua %		71.0	58.0
Sostanza grassa tot. %		6.8	9.8
Difenileteri bromurati ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)		0.0050	0.0729
DDT totale ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	50 (pesci <5% di grassi) 100 (pesci >5% di grassi)	3.3	4.7
Esaclorobenzene ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	3.7	<1.5	<1.5
Esaclorobutadiene ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	55	<16	<16
Mercurio e composti ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	9.1	19	20
Dicofol ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	33	<1.5	<1.5
Acido perfluorottansolfonico e suoi sali (PFOS) ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	4.42	<1.3	<1.3
Diossine e composti diossina-simili ($\mu\text{gTEQ}/\text{kg}$ p.u.)***	0.0065 TEQ	0.0021	0.0029
Data di campionamento		23-30/06/2020	25/05/2020- 09/06/2020
Specie selezionata		<i>Mytilus</i> spp.	<i>Mytilus</i> spp.
Fluorantene ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	30	1.1 (MAR) 0.6 (COST1)	0.8 (M4) 0.8 (P3)
Benzo(a)pirene ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.u.)	5	<0.1 (MAR) <0.1 (COST1)	<0.1 (M4) <0.1 (P3)

*** somma di diossine, furani e PCB diossina-simili espressi in equivalenti di tossicità dell'Organizzazione Mondiale della Sanità utilizzando i Fattori di Tossicità Equivalente (TEQ) dell'OMS (OMS-TEF, 2005); concentrazioni *upper bound* calcolate ipotizzando che tutti i valori dei vari congeneri inferiori al limite di quantificazione siano pari al limite di quantificazione

**** SQA da Tab 1/A DLgs 172/15 adeguati in base alla tipologia di organismo e al suo livello trofico (LT) come indicato nelle "Linee guida per il monitoraggio delle sostanze prioritarie (secondo D.Lgs. 172/2015). Manuali e Linee guida 143/2016." (ISPRA, 2016). Si applica un livello trofico pari a 3 per il pesce e 2 per i molluschi. Le determinazioni analitiche sono effettuate su pesce intero.

ALLEGATO V - Inquinanti ricercati nel sedimento

Medie/anno di Metalli, Organometalli, Policiclici Aromatici e Pesticidi per corpo idrico

Parametri/ Corpi idrici	SQA-MA	2020	
		CD1 Goro-Ravenna Staz. 302-304-306	CD2 Ravenna-Cattolica Staz. 308-309-314-317-319
Metalli (mg/kg s.s.)			
Cadmio	0.3	0.15	<0.10
Mercurio	0.3	<0.10	<0.10
Piombo	30	15.8	10.1
Organometalli (µg/kg s.s.)			
Tributilstagno	5	4.0	3.7
Policiclici Aromatici (µg/kg s.s.)			
Antracene	24	<2.0	<2.0
Naftalene	35	<2.0	<2.0
Pesticidi (µg/kg s.s.)			
Aldrin	0.2	<0.10	<0.10
Alfa esaclorocicloesano	0.2	<0.10	<0.10
Beta esaclorocicloesano	0.2	<0.10	<0.10
Gamma esaclorocicloesano lindano	0.2	<0.10	<0.10
Somma DDT	1	0.65	<0.10
Somma DDD	0.8	0.40	0.20
Somma DDE	1.8	0.57	0.23
Dieldrin	0.2	<0.10	<0.10

Medie/anno di Metalli, Organometalli, Policiclici Aromatici e Pesticidi per stazione

Parametri/ Stazioni	2020							
	CD1 Goro-Ravenna			CD2 Ravenna-Cattolica				
	302	304	306	308	309	314	317	319
Metalli (mg/kg s.s.)								
Cadmio	0.18	0.16	0.12	<0.1	0.11	<0.1	0.11	0.12
Mercurio	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	0.08	<0.10
Piombo	14.3	15.4	17.7	11.3	10.5	5.2	11.3	12.1
Organometalli (µg/kg s.s.)								
Tributilstagno	3.7	2.6	5.6	4.2	5.3	4.0	3.9	1.3
Policiclici Aromatici (µg/kg s.s.)								
Antracene	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	2.2	<2.0
Naftalene	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Pesticidi (µg/kg s.s.)								
Aldrin	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Alfa esaclorocicloesano	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Beta esaclorocicloesano	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Gamma esaclorocicloesano lindano	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Somma DDT	0.53	0.14	1.30	<0.10	0.15	<0.10	<0.10	<0.10
Somma DDD	0.33	0.44	0.45	0.21	0.15	<0.10	0.27	0.28
Somma DDE	0.49	0.71	0.52	0.24	0.35	<0.10	0.27	0.23
Dieldrin	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10

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

STRUTTURA OCEANOGRAFICA DAPHNE

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

Tel. 0547 83941

E-mail: daphne@arpae.emr.it

