



Regione Emilia-Romagna

Assessorato Ambiente e Sviluppo Sostenibile



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



EUTROFIZZAZIONE DELLE ACQUE COSTIERE DELL'EMILIA-ROMAGNA

Rapporto 2004

Finito di stampare nel mese di settembre 2005
presso il Centro Stampa della Giunta Regionale



INDICE

Rapporto sullo stato di eutrofizzazione delle acque costiere dell'Emilia-Romagna nel 2004

PARTECIPANTI ALL'INDAGINE	5
PRESENTAZIONE	Errore. Il segnalibro non è definito.
SOMMARIO	9
1. INTRODUZIONE E FINALITA'	11
2. MATERIALI E METODI	12
3. CONDIZIONI METEO-MARINE	16
4. RISULTATI	16
4.1 Temperatura	18
4.2 Salinità.....	19
4.3 Ossigeno disciolto	19
4.4 pH.....	20
4.5 Trasparenza (disco Secchi)	20
4.6 Clorofilla "a"	21
4.7 Fitoplancton.....	22
4.8 Azoto nitrico	24
4.9 Azoto nitroso	24
4.10 Azoto ammoniacale	25
4.11 Azoto totale.....	25
4.12 Fosforo ortofosfato.....	26
4.13 Fosforo totale	26
4.14 Silice reattiva	27
4.15 Rapporto N/P (frazione solubile)	28
4.16 Rapporto Ntot/Ptot.....	30
4.17 Rapporto Ntot sol/Ptot sol	30
4.18 Indice Trofico (TRIX).....	31
4.19 Indice di Torbidità (TRBIX).....	39
5. EVOLUZIONE DEI PROCESSI TROFICI NEL 2004.	42
5.1 Eutrofizzazione.....	42
5.2 Aggregati mucilluginosi	52
5.3 Macroalghe	55
5.4 Meduse	55
6. CONCLUSIONI	57
ALLEGATO Programma annuale delle attività 2005	174

PARTECIPANTI ALL'INDAGINE

Parametri chimico-fisici delle acque:

Giuseppe Montanari
Cristina Mazziotti
Stefano Serra
Margherita Benzi

Determinazione della biomassa fitoplanctonica:

Cristina Mazziotti
Margherita Benzi
Claudio Silvestri

Analisi dei nutrienti:

Carla Rita Ferrari
Paola Martini
Sandro Tarlazzi

Elaborazione grafica e statistica:

Giuseppe Montanari
Stefano Serra
Margherita Benzi

Stesura del testo

Giuseppe Montanari
Attilio Rinaldi
Cristina Mazziotti
Carla Rita Ferrari

Coordinamento organizzativo a cura di:

Struttura Oceanografica Daphne
ARPA - Emilia-Romagna
V.le Vespucci, 2 - 47042 Cesenatico FC

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

PRESENTAZIONE

Il rapporto annuale sull'eutrofizzazione delle acque costiere dell'Emilia-Romagna è arrivato alla sua ventiquattresima edizione. E' infatti dal 1981 che i ricercatori facenti capo alla Struttura Oceanografica Daphne riassumono in queste pubblicazioni la sintesi del lavoro svolto nell'arco dell'anno di riferimento. Vi sono riportate le elaborazioni dei dati rilevati nel monitoraggio delle acque costiere, che in quest'area di mare viene effettuato con cadenza settimanale. L'attività del Battello Oceanografico "Daphne II" non si limita al solo controllo delle diverse matrici componenti il sistema marino costiero della Regione: questa attività, indubbiamente tra le più importanti, viene affiancata da diversi altri programmi che nel complesso producono un ampio quadro di informazioni utili alla conoscenza dei processi studiati, all'incidenza dei fattori causali che li determinano ed alla definizione delle possibili soluzioni da mettere in atto al fine di mitigare gli effetti indesiderati.

La Struttura Oceanografica Daphne dell'ARPA Emilia-Romagna, per una precisa volontà di questa Regione, opera sin dalle sue origini presso il Centro Ricerche Marine di Cesenatico. Mi pare significativo evidenziare l'importanza di aver concentrato in una unica sede competenze e professionalità che sono in grado di fornire diagnosi di elevato valore scientifico. La specializzazione del C. R. Marine nel settore delle biotossine algali e più in generale sulle condizioni igienico-sanitarie dei prodotti della pesca, unita alle attività di ricerca dell'Università di Bologna nel campo dell'ittiopatologia e dell'acquacoltura ed alla copertura analitica assicurata dalla Daphne sullo stato ecologico delle acque marine, sono elementi che nel loro insieme forniscono all'Amministrazione regionale buone garanzie in termini di conoscenza dello stato ambientale e sanitario del mare. Una conoscenza indispensabile per adottare efficaci processi di pianificazione e di intervento.

L'anno 2004, come si potrà evincere dalla lettura di questo rapporto, è stato un anno con casi di eutrofia non particolarmente rilevanti e per lo più localizzati, condizione che va anche attribuita al perdurare di uno stato idrologico caratterizzato da scarse precipitazioni e basse portate fluviali. Il fenomeno delle mucillagini si è invece presentato in diverse aree dell'Adriatico, ma l'area costiera della nostra Regione è stata interessata in maniera molto marginale: favorevoli condizioni meteo-marine hanno nei momenti più acuti sospinto detti aggregati al largo, disperdendoli. Il fenomeno rappresenta comunque una evidente e ricorrente minaccia; perciò, nonostante i rilevanti passi in avanti verso la sua conoscenza, sono convinto della necessità di rilanciare la ricerca in questo settore, anche al fine di attivare corrette forme di informazione e comunicazione.

Lino Zanichelli

Assessore all'Ambiente e
Sviluppo Sostenibile.
Regione Emilia-Romagna

SOMMARIO

Il 2004 non ha presentato particolari anomalie dal punto di vista meteo-climatico e le conseguenti portate fluviali soprattutto quelle del fiume Po hanno avuto un decorso stagionale pressochè regolare in linea con l'andamento climatologico medio. Va comunque evidenziato che nel periodo estivo si sono registrate basse portate per un periodo prolungato. Sono comparse le classiche fioriture microalgali di Diatomee a carattere estensivo nel periodo invernale.

In agosto e settembre, sono state rilevate limitate condizioni di anossia/ipossia delle acque di fondo in aree confinate nella zona settentrionale della costa. Questi eventi sono stati di breve durata con limitati effetti sull'ecosistema bentonico.

Le zone antistanti la costa emiliano-romagnola nell'estate 2004 sono state interessate dalla presenza di mucillagine.

Il fenomeno si è sviluppato nel periodo giugno-luglio ed è stato limitato come intensità ed estensione rispetto agli anni precedenti (2000, 2001, 2002, 2003).

Gli affioramenti sono stati sporadici e confinati nella parte settentrionale e meridionale della costa e solo occasionalmente hanno interessato la fascia costiera di balneazione.

Nel mese di aprile, nella zona centro-meridionale della costa, si è registrata una fioritura della microalga eterotrofa *Noctiluca scintillans* che ha riguardato le acque superficiali con strisce e chiazze lunghe decine di metri di colore arancione intenso.

Verso la prima settimana di agosto si ha la comparsa della già nota microalga *Fibrocapsa japonica*, che nell'agosto 2003 generò problemi nel riccionese. Le acque brune e torbide, indotte dalla massiva presenza di questa microalga, hanno interessato, anche se non in maniera continuativa ed uniforme, aree strettamente costiere comprese tra Ravenna e Riccione sino alla fine del mese di agosto.

Anche nel 2003 (come nei due anni precedenti), sulla base del rapporto azoto/fosforo si riconferma il ruolo del fosforo come fattore limitante alla crescita microalgale. Durante il periodo estivo il rapporto N/P tende ad abbassarsi fino a condizioni di azoto limitazione particolarmente nella zona meridionale della costa.

Con riferimento al D. Lgs. 152/99 è stata effettuata la classificazione dello stato qualitativo ambientale delle acque costiere applicando l'indice trofico TRIX: rispetto al 2003 è emerso un peggioramento dello stato qualitativo ambientale che si allontana dalla condizione di stato "Buono" dell'ecosistema marino che rappresenta l'obiettivo da perseguire entro il 2008.

SUMMARY

The year 2004 did not present particular anomalies from the meteorological point of view, and the consequent river-flows, especially that of the river Po, have had an almost regular seasonal course according to the average climatological trend, even although low flows have been recorded for lengthy periods during the Summer season. In consequence we have observed the classic widespread microalgal appearances of Diatoms in the Winter period.

In August and September we recorded limited conditions of ipoxic/anoxic conditions in the deep waters in restricted areas of the Northern coast. These events have been brief with limited effects on benthonic-ecosystem.

During the Summer of 2004 the area in front of Emilia-Romagna coast was affected by the presence of mucilage. The intensity and extension of the phenomenon, which developed in the period between June –July, was limited in comparison to the previous years (2000, 2001, 2002, 2003). Such appearances have been sporadic and confined to the Northern and Southern parts of the coast, and have occasionally affected the bathing areas.

During April, we recorded the bloom of the eterotrophic Dinoflagellate *Noctiluca scintillans* in the middle Southern part of the coast; this orange bloom concerned primarily the surface level of seawater with spots and 10 m long strings.

Around the first week of August we have the appearance of the already well-know microalga *Fibrocapsa japonica* that during August 2003 produced problems in Riccione area. The anomalous turbid brownish-coloured sea water caused by the high concentration of these microalgae has also interested the coastal zones between Ravenna and Riccione until the end of August.

Also in 2004 (as in the two previous years), on the basis of the N/P ratio, phosphorus was the limiting factor in microalgal growth. During the Summer the N/P ratio decreases bringing to conditions of nitrogen limitation in northern stations too.

Taking into account the D.Lgs.152/99, we classified the qualitative environmental state of coastal waters by the application of Trophic index (TRIX): if compared to the previous year, 2004 shows a statistically significative worsening and is even further distant from the “Good” qualitative state (target to obtain within the 2008).

1. INTRODUZIONE E FINALITA'

La Struttura Oceanografica Daphne, operativa fin dal 1978 sulla base delle direttive indicate nella L.R. 39/78, si è affermata come Struttura tematica dell'Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente nel campo del monitoraggio marino con la mission specifica di produrre servizi di controllo e di studio. In tale contesto si colloca la produzione del rapporto annuale, che nel tempo si è rivelato un valido strumento tecnico-scientifico per la divulgazione delle informazioni inerenti i fenomeni trofici e dei conseguenti effetti a livello di ecosistema marino.

I dati riportati in questo rapporto si riferiscono principalmente al programma di monitoraggio sull'eutrofizzazione delle acque marine costiere dell'Emilia-Romagna, integrati dalle osservazioni derivanti dal programma di sorveglianza sugli aggregati mucillaginosi.

Tali piani di monitoraggio, oltre ad una mirata azione di controllo sulle diverse matrici che compongono l'ecosistema marino, rivestono un importante ruolo nella ricerca e nello studio dei fattori causali.

Tra i principali obiettivi si evidenziano:

- definizione dell'intensità e dell'estensione delle fioriture microalgali nell'area compresa fra il delta del Po e Cattolica su un territorio di 1200 Km²;
- determinazione e conteggio delle specie fitoplanctoniche che sostengono le fioriture;
- controllo degli effetti derivanti dalle diverse fasi dell'evoluzione del fenomeno (ipossie ed anossie nei fondali, morie di organismi bentonici, caratteristiche organolettiche delle acque);
- determinazione della concentrazione dei nutrienti (fosforo e azoto) e loro andamenti temporali e spaziali;
- determinazione dei principali parametri fisico-chimici delle acque (temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH, clorofilla "a" e trasparenza), loro andamenti temporali e spaziali in relazione agli eventi meteorologici ed ai fenomeni eutrofici (anche ai fini della classificazione dello stato qualitativo delle acque costiere previsto dal D.Lgs 152/99 integrato con D.Lgs 258/00);
- rilevazione degli aggregati mucillaginosi, loro distribuzione spaziale e dinamica di formazione.

Oltre che i citati programmi istituzionali, la Struttura realizza progetti collaterali ad integrazione dei precedenti, tra questi si annovera il monitoraggio finalizzato al controllo degli ecosistemi marini regolato da una convenzione triennale con il Ministero Ambiente (L. 979/82).

Complessivamente le uscite giornaliere della "Daphne II" nel 2004 sono state 152.

2. MATERIALI E METODI

Il programma di monitoraggio condotto nel 2004 è stato in gran parte finalizzato alla caratterizzazione delle acque costiere fino ai 10 Km dalla costa, in un reticolo formato da 32 stazioni distribuite nel tratto di costa compreso fra Bagni di Volano e Cattolica (fig. 1). La frequenza di campionamento è stata settimanale ed ha coperto l'intero anno.

Oltre alle stazioni citate sono state monitorate mensilmente due stazioni poste a 20 Km dalla costa sul prolungamento delle direttrici di Porto Garibaldi e di Cesenatico (fig. 1). Nelle stazioni di questi transetti, oltre ai normali profili verticali dei parametri fisico-chimici, vengono raccolti campioni per la determinazione dei nutrienti in superficie e sul fondo. Sempre e solo in questi transetti vengono analizzate sul filtrato, oltre alla frazione solubile dell'azoto e del fosforo e della silice, anche quella organica solubile.

In ogni stazione vengono inoltre prelevati, a -0,5 m dalla superficie, campioni di acqua per le analisi dei nutrienti e per le determinazioni quali-quantitative del fitoplancton.

Inoltre, poiché i D.Lgs 152/99 e 258/00 affidano alla Regione la caratterizzazione qualitativa delle acque marino costiere, il programma di monitoraggio è stato predisposto tenendo conto anche di questa esigenza e pertanto l'ubicazione delle stazioni, la frequenza dei prelievi ed i parametri controllati sono conformi a quanto prescritto dalle direttive. I dati raccolti vengono tra l'altro comunicati al Ministero della Sanità in accordo alle disposizioni di legge in tema di balneazione (DPR 470/82 e successive integrazioni).

Le determinazioni dei parametri idrologici vengono effettuate mediante la strumentazione installata a bordo del battello oceanografico "Daphne II". Per l'esecuzione dei profili verticali di temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH, torbidità e clorofilla "a" si utilizza la sonda multiparametrica Idronaut mod. Ocean Seven 316 che, azionata da un verricello, viene calata sulla verticale. I dati acquisiti sono trasmessi con telemetria al computer di bordo, mediati per ogni metro di profondità, visualizzati su terminale e registrati su supporto magnetico.

La concentrazione di clorofilla "a" è determinata col metodo fluorimetrico, mediante l'impiego di un fluorimetro TURNER 10 AU installato a bordo del battello. Per i profili verticali di questo parametro si utilizza un fluorimetro della "Sea Point" abbinato alla sonda multiparametrica della "Idronaut". La torbidità viene misurata lungo la colonna d'acqua mediante un trasmissometro della "Sea Teck, cammino ottico di 25 cm" abbinato alla sonda "Idronaut". La trasparenza dell'acqua è misurata mediante il disco di Secchi.

Vengono inoltre utilizzate nel programma di monitoraggio telecamere filoguidate (Fulgor Mare e Telesub Lanterna) con lo scopo di seguire la eventuale formazione degli aggregati mucillaginosi nel tempo ed i loro spostamenti sulla colonna d'acqua.

Parametri meteo-marini

Per quanto concerne i dati sulle precipitazioni atmosferiche (fig. 4), questi vengono registrati da un pluviografo della SIAP in una stazione meteorologica installata a Cesenatico. Oltre al dato pluviometrico vengono determinati la direzione e la velocità del vento.

L'altezza dell'onda (fig. 5) viene rilevata nelle piattaforme AGIP "Garibaldi C/Cervia A" collocata a 12 miglia ad Est di Ravenna (dati gentilmente concessi dall'AGIP-Mineraria di Ravenna).

Le portate del fiume Po (figg. 2 e 3) sono state fornite dal Servizio IdroMeteorologico dell'Arpa.

Sali nutritivi

Per la determinazione dei sali nutritivi sono state impiegate metodiche in uso applicate ad autoanalizzatori della "Bran Luebbe" mod. Traacs 800 e AA3. Dopo apposita filtrazione (esclusi i campioni da destinare alle analisi del fosforo totale e dell'azoto totale), attraverso un filtro Millipore, Ha di 47 mm di diametro e 0,45 µm di porosità, vengono analizzati i seguenti parametri:

Fosforo reattivo

Gli ortofosfati presenti nell'acqua di mare reagiscono in ambiente acido con ammonio molibdato e tartrato di antimonio potassio per formare un complesso antimoniofosfomolibdico che, per riduzione con acido ascorbico, dà una colorazione blu la cui estinzione è misurata a 880 nm.

Fosforo totale

Viene determinato sull'acqua di mare tal quale con procedura analoga a quella del fosforo reattivo, previa digestione del campione con miscela ossidante di persolfato di potassio, acido borico e sodio idrossido.

Fosforo totale solubile

Viene determinato sull'acqua di mare filtrata con procedura analoga a quella del fosforo reattivo, previa digestione del campione con miscela ossidante di persolfato di potassio, acido borico e sodio idrossido. Per fosforo totale solubile si intende l'ortofosfato più la frazione organica solubile.

Silice reattiva

I silicati reagiscono con lo ione ammonio per formare, in presenza di acido ascorbico, il blu di molibdeno che viene successivamente determinato, analogamente ai parametri precedenti, per via colorimetrica. Per minimizzare le interferenze dovute ai fosfati viene introdotto acido ossalico.

Azoto ammoniacale

L'ammoniaca reagisce con il sodio salicilato e con il dicloroisocianurato per formare un complesso blu-verde la cui determinazione viene effettuata per via colorimetrica con lo strumento Autoanalyzer 3 Braan Luebbe

Azoto nitrico e nitroso

Il nitrato è ridotto a nitrito, attraverso una colonnina di riduzione rame-cadmio.

Il nitrito così prodotto è determinato secondo la reazione di diazotazione con sulfanilamide e la successiva copulazione con N - (1 naftil) - etilendiammina. La determinazione viene effettuata per via colorimetrica con lo strumento Autoanalyzer 3 Braan Luebbe

Azoto totale

Viene determinato sull'acqua di mare tal quale con procedura simile a quella dell'azoto nitrico previa digestione del campione con la miscela ossidante analoga a quella impiegata per il fosforo totale.

Azoto totale solubile

Viene determinato sull'acqua di mare filtrata con procedura analoga a quella dell'azoto nitrico, previa digestione del campione con la miscela ossidante.

Per azoto totale solubile si intende la sommatoria della frazione inorganica solubile (azoto nitrico, nitroso e ammoniacale) più quella organica solubile.

Fitoplancton

Per le determinazioni quali-quantitative del fitoplancton vengono utilizzati microscopi rovesciati, a 400x, applicando il metodo Uthermöhl H. 1956.

Analisi statistica e grafica

L'analisi statistica è stata effettuata con l'impiego del software applicativo *STATISTICA* Ver 5.0 della StatSoft, mentre per la rappresentazione grafica dei dati sono stati impiegati il software applicativo Microsoft Excel e Surfer di Golden Software.

3. CONDIZIONI METEO-MARINE

Le portate del fiume Po nel 2004 hanno avuto un decorso nella norma con picchi in primavera e in autunno. Va comunque evidenziato che il valore medio annuale di portata di 1217 mc/sec (fig.2) si è attestato su un valore relativamente basso ed in tutti i casi inferiore al valore medio annuale di 1488 mc/sec (calcolato sul periodo 1917-2004, fig. 3). Il picco massimo di portata si è avuto l'8 maggio con 5403 mc/sec, il più basso il 23 luglio con 374 mc/sec. Dopo la magra estiva si è avuta una nuova impennata nei valori di portata con un massimo di 4643 mc/sec il 6 novembre.

Le precipitazioni atmosferiche rilevate nella stazione meteorologica di Cesenatico (fig. 4) presentano i valori più rilevanti in primavera ed in autunno con una evidente diminuzione nella stagione estiva. Il valore totale delle precipitazioni nel 2004 nella stazione di Cesenatico è di 640 mm.

I dati dell'altezza dell'onda (fig. 5) che forniscono una stima delle mareggiate, mostrano una maggiore frequenza di mare mosso nel periodo autunnale con un picco di 12 piedi di altezza dell'onda nel mese di novembre.

4. RISULTATI

I grafici di seguito riportati riguardano i dati settimanalmente rilevati in 19 stazioni (su 32 monitorate). Di queste 7 sono collocate a 500 m dalla costa, 5 a 3.000 m, 5 a 10.000 m e 2, monitorate mensilmente, a 20.000 m. Queste ultime due stazioni sono poste sui transetti di Cesenatico e di Porto Garibaldi (codificate rispettivamente 2014 e 2004).

I grafici temporali relativi ai transetti 4 e 14 per le stazioni a 3.000, 10.000 e 20.000 m riportano anche i valori di superficie e fondo.

Complessivamente sono state prese in esame tre stazioni sul transetto di Bagni di Volano (stt. 2-302-1002), quattro sul transetto di Porto Garibaldi (stt. 4-304-1004-2004), una antistante la zona portuale di Casal Borsetti (st. 6), tre sul transetto di Lido Adriano (stt. 9-309-1009), quattro su quello di Cesenatico (stt. 14-314-1014-2014), una davanti a Rimini (st. 17) e tre sul transetto di Cattolica (stt. 19-319-1019). Gli andamenti del fitoplancton riguardano le stazioni campione 4, 9, 14, 19. Ognuna delle stazioni predette può essere considerata rappresentativa di una zona più vasta, con caratteristiche chimico-fisiche e biologiche abbastanza omogenee, mentre nel loro insieme rappresentano sufficientemente l'intera zona costiera regionale.

Da fig. 6 a fig. 44 vengono riportati gli andamenti temporali di tutti i parametri misurati per tutte le stazioni, in fig. 45 la mappa delle subaree costiere (georeferenziate in fig.

141), in fig. 46 le distribuzioni dei valori medi di clorofilla “a” delle subaree, in fig. 47 la distribuzione delle zone ipossiche/anossiche manifestatesi nel corso del 2004.

In fig. 48 sono rappresentati i diagrammi T-S riportati per 3 periodi dell’anno (marzo, maggio, settembre 2004) in 5 stazioni nella zona off-shore, in fig 49 vengono riportate le medie climatologiche dei parametri chimico-fisici rilevati calcolati per il periodo 1993-2002 su due stazioni collocate a 3 Km dalla costa antistanti P. Garibaldi (304) e Cattolica (319). Da fig. 50 a fig. 53 sono visualizzati i profili verticali di temperatura, salinità, ossigeno disciolto e clorofilla, in figg. 54-57 le isolinee di concentrazione di alcuni parametri nelle stt. 1004-1014-2004-2014, in figg. 58-63 le isolinee di concentrazione di alcuni parametri idrologici nei transetti di Cesenatico e P. Garibaldi.

Da fig. 64 a 66 è riportata l’evoluzione degli stati di aggregazione della mucillagine e da fig 67-90 e 97-98 le elaborazioni del TRIX e TRBIX. Altre informazioni di statistica descrittiva sono illustrate con istogrammi di frequenza per parametro (figg. 131-132) e nei "Multiple Box and Whisker plot" (da figura 133 a 135). Da fig. 136 a 140 sono rappresentati gli andamenti temporali del fitoplancton con relativi diagrammi "Multiple Box and Whisker plot".

Nella tabella 1 sono riportate le località ed i codici delle stazioni e nella tabella 2 le relative coordinate geografiche e batimetriche. Nelle tabelle 3-6 vengono calcolati gli elementi di statistica descrittiva, in tabella 7 la suddivisione della scala trofica riferita all’indice trofico TRIX e in tabella 8 la classificazione trofica basata sulla media del TRIX ed il coefficiente di efficienza.

In tabella 9 sono indicati i valori medi di TRIX per aree omogenee con la valutazione del rischio eutrofico.

4.1 Temperatura

Il decorso climatico stagionale, come è noto, costituisce l'elemento che determina l'andamento termico delle acque superficiali. Presenta pertanto un andamento sinusoidale (figure 6, 14, 29) con i valori minimi in gennaio-febbraio, ed i massimi nei mesi estivi (luglio-agosto).

Valori del parametro al di sotto della media stagionale si evidenziano nei mesi di marzo, aprile e parte del mese di maggio, si ha, al contrario un significativo riscaldamento delle acque superficiali con valori al di sopra del range di qualche grado nei mesi di giugno e luglio. Le variazioni su piccola scala temporale, che normalmente si rilevano nelle acque superficiali, sono per lo più dovute ad apporti fluviali, incrementi di biomassa microalgale in sospensione, moto ondoso e particolari situazioni idrodinamiche (upwelling, spostamenti laminari di masse d'acqua, ecc.). Nelle acque di fondo si assiste in genere ad un andamento con i minimi in febbraio-marzo ed i massimi nei mesi di settembre ed ottobre. Si ha in tutti i casi una escursione annuale più contenuta rispetto a quella normalmente rilevata nelle acque superficiali.

I valori più alti riscontrati nelle stazioni settentrionali sono in relazione alla concomitanza di più fattori: il maggiore apporto di acque fluviali più calde nei periodi estivi del corpo idrico ricevente, l'insistenza di focolai eutrofici che incrementano la torbidità dell'acqua determinando un maggior assorbimento della radiazione solare all'interno del corpo idrico con un conseguente aumento dei valori di temperatura, ed un maggiore ristagno conseguente al vortice orario che si genera nelle aree poste a Sud del delta del Po.

Il valore di temperatura più elevato è stato registrato il 02/08/04 a ridosso del delta Po con 27.90 °C nella stazione di Lido di Volano, il minimo è stato riscontrato nella stazione di Cesenatico il 27/01/04 con 4.25 °C (vedi tabelle 3 e 5 di statistica descrittiva).

Il riscaldamento delle acque superficiali ha contribuito alla formazione di marcati termoclini nelle stazioni off-shore (a 20 km da costa) nei mesi di giugno e luglio, le più evidenti condizioni di omeotermia si hanno nei mesi di gennaio ed ottobre (figure 50, 51, 56, 57).

I valori medi annuali (fig. 99) di temperatura delle acque superficiali presentano un lieve decremento costa-largo nel transetto 2 e nelle stazioni posizionate a 20 Km. Andamento inverso, tendente quindi all'aumento, si rileva negli altri transetti. I valori medi stagionali (fig. 115) non evidenziano marcate differenze tra le stazioni costiere considerate.

4.2 Salinità

La variabilità del parametro è correlata ai regimi di portata fluviale, all'azione di miscelamento generata dal moto ondoso, nonché a situazioni idrodinamiche particolari come i casi di upwelling che richiamano in costa acque di fondo a più elevata salinità. Gli andamenti riconfermano un accentuato trend positivo nord-sud. Le stazioni più settentrionali investite maggiormente dagli apporti provenienti dal bacino padano, presentano marcate variabilità e valori di salinità più bassi rispetto alle altre stazioni (vedi figg 6, 15, 30).

Buona è la correlazione inversa tra valori di portata del fiume Po e salinità (fig. 2, vedi anche fig. 91), si osservano picchi di caduta del valore come diretta conseguenza degli sversamenti fluviali. Evidenti in quasi tutta l'area sono i picchi in diminuzione di maggio e novembre, particolarmente marcati nell'area centro-settentrionale. Come si può notare dalla grafica di riferimento, i valori di salinità nelle acque di fondo mantengono escursioni più lineari e sempre con valori più alti rispetto a quelli di superficie.

Il valore minimo di 14.76 psu è stato registrato a Bagni di Volano a 0.5 km dalla costa il 25/05/04, quello più alto a Cattolica il 24/08/04 con 37.97 psu (vedi tabelle 3 e 6 di statistica descrittiva).

In generale, eccetto che nelle stazioni dell'area settentrionale, la salinità si è attestata su valori elevati e più omogenei nel periodo estivo in concomitanza alle scarse portate fluviali. Anche dai profili verticali (figg 50, 51) e dalle distribuzioni del parametro (figg. 56, 57) si evidenziano scarse stratificazioni aline nel periodo estivo.

L'andamento medio annuale riconferma il marcato gradiente con tendenza all'aumento Nord-Sud e da costa verso largo (fig. 100). I valori medi stagionali evidenziano in generale, ad esclusione del transetto 2, i valori più bassi nel periodo invernale in coincidenza con gli aumenti di portata del fiume Po (fig. 116) e con la particolare condizione idrodinamica che tende a diffondere nella fascia costiera la plume di acque dolci in uscita dal fiume.

4.3 Ossigeno disciolto

La variabilità del parametro nelle acque superficiali è fortemente influenzata dalla biomassa autotrofa in sospensione. Le fluttuazioni attorno al valore fisico di saturazione sono per lo più conseguenti all'apporto di ossigeno proveniente dai processi fotosintetici. Valori in sovrasaturazione coincidono sempre con fioriture microalgali.

Evidente a tal riguardo la risonanza tra i picchi di clorofilla "a" e gli incrementi del parametro.

Le stazioni più settentrionali, interessate da più frequenti incrementi microalgali, presentano più accentuate variazioni del parametro ed in genere valori più elevati (vedi figure 7, 16, 31). Le variazioni a breve scala temporale sono indotte prevalentemente da turbolenza e/o movimenti di avvezione, gli abbassamenti del valore negli strati superficiali sono conseguenti a risalite (upwelling) o spostamenti di acque di fondo meno ossigenate. Nelle acque di fondo i valori tendenti alla sottosaturazione sono determinati dalla domanda di ossigeno nei processi ossidativi e respiratori.

In generale rispetto al 2003 i casi di ipossia-anossia sono stati più circoscritti e limitati nel tempo. Casi di ipossia-anossia si sono manifestati localmente nella sola area settentrionale nel mese di agosto e settembre (vedi figg. 47, 54).

Il valore più alto rilevato nelle acque di superficie è stato di 16.70 mg/l (stazione di Cattolica il 19/03/04), quello più basso è stato rilevato a Porto Garibaldi il 30/08/04 con 2.70 mg/l (vedi tabelle 3 e 6 di statistica descrittiva).

Le medie annuali (fig. 101) confermano in generale nelle acque superficiali un trend tendente all'aumento nel passare dalle stazioni costiere verso quelle al largo. Le medie stagionali delle acque superficiali confermano in tutte le stazioni i valori più elevati in inverno, i minimi in estate (fig. 117).

4.4 pH

Gli andamenti temporali riconfermano una più accentuata variabilità del parametro nelle stazioni più settentrionali, che presentano in generale anche i valori più elevati (figure 7, 17, 32). Poiché il parametro è indirettamente influenzato da incrementi di biomassa microalgale, buona è la correlazione con l'ossigeno disciolto e la clorofilla "a". Sulla verticale si ha una discreta diminuzione del parametro passando dalle acque superficiali verso quelle di fondo, tale differenza tende ad aumentare nei momenti caratterizzati da ipossia/anossia delle acque di fondo. L'andamento temporale del pH nelle acque di fondo si presenta più stabile e con valori più bassi.

Il valore più basso di pH nelle acque di superficie è stato rilevato a Cattolica il 11/10/04 con un valore di 7.89, quello più alto a Rimini il 19/03/04 con 8.78.

I valori medi annuali (fig. 102) mostrano una tendenza all'aumento passando dalle stazioni costiere verso quelle poste al largo. Le medie stagionali mostrano i massimi in inverno ed i minimi in estate-autunno (fig. 118).

4.5 Trasparenza (disco Secchi)

Le variazioni del parametro nelle acque costiere sono dovute a molteplici fattori: apporti fluviali veicolanti a mare detrito organico ed inorganico, incrementi di biomassa fitoplanctonica, processi di risospensione del particolato fine del sedimento generato dal moto ondoso. Gli andamenti temporali (vedi figure 8, 18, 33) riconfermano una maggiore torbidità delle acque nelle stazioni settentrionali più soggette ad apporti fluviali e ad aumenti della biomassa fitoplanctonica in sospensione, come si evidenzia anche dalla correlazione tra clorofilla ed il parametro stesso.

Le medie annuali riconfermano una marcata tendenza all'aumento del parametro da Nord verso Sud e da costa verso il largo (fig. 103). Le medie stagionali mostrano in tutte le stazioni, ad esclusione della 2 (Lido di Volano), i valori più elevati in estate, i più bassi in inverno (fig. 119).

4.6 Clorofilla "a"

Il parametro, indicatore di biomassa microalgale, è da considerarsi un buon indice dello stato trofico dei corpi idrici. Gli andamenti riconfermano il trend negativo Nord-Sud, con una maggiore variabilità e valori più elevati nell'area settentrionale (figg. 8, 19, 34, vedi anche fig. 92).

Dal confronto dei valori medi di clorofilla nelle tre subaree (fig. 46) rispetto a quelli dell'anno 2003 emerge un incremento nei valori. Tale condizione è da attribuire all'aumento di portata fluviale (portata media annuale Po nel 2003 = a 964 mc/sec, nel 2004 = a 1.217 mc/sec).

La correlazione con le portate del fiume Po, soprattutto per le stazioni collocate a Nord (fig. 46), è buona anche se non sempre lineare. Occorre considerare a tal riguardo una norma di carattere generale; nel periodo invernale si hanno in genere elevati apporti di nutrienti anche con basse portate fluviali. La quiescenza indotta dai rigori invernali della componente vegetale terrestre che non assimila le sostanze nutritive, consente a queste di essere più dilavabili, anche in condizioni di modeste precipitazioni. Complessivamente i valori di clorofilla sono nella maggior parte dei casi sotto la condizione di eutrofizzazione, ad eccezione dei picchi di febbraio-marzo.

I profili verticali (figg. 52-53) evidenziano incrementi del parametro lungo la colonna d'acqua in marzo, aprile e novembre nella stazione 2004 e in marzo, aprile e giugno nella 2014.

Il valore più elevato si è registrato il 19/03/05 nella stazione costiera di Cesenatico con 53.8 µg/l (vedi tabella 5 di statistica descrittiva).

I valori medi annuali (fig. 104) confermano in generale il trend negativo Nord-Sud. Nelle stazioni settentrionali si ha un andamento costa-largo tendente alla diminuzione, di tendenza opposta quelle centro-meridionali. Stagionalmente i valori più elevati si hanno in inverno tranne che nel transetto 2, i più bassi si hanno in autunno nelle stazioni 2 e 4, in estate nelle restanti stazioni (fig. 120).

4.7 Fitoplancton

L'analisi quali-quantitativa del fitoplancton ha contemplato i principali gruppi tassonomici che sono responsabili di "fioriture" nelle acque costiere regionali, quali Diatomee e Dinoflagellate. Sono state inoltre prese in considerazione sotto la voce "Altre" le fitoflagellate minori appartenenti alle classi delle Cloroficee, Euglenoficee, Criptoficee, Crisoficee, Rafidoficee, Prasinoficee, Primnesioficee, Dictiocoficee che rappresentano una frazione elevata della popolazione microalgale totale e che in determinate occasioni possono generare blooms soprattutto nelle aree all'interno di barriere frangiflutti e a ridosso dei porti canale.

Diatomee

Come gli anni passati, in tutta la zona si è evidenziato un forte incremento delle Diatomee verso la fine di gennaio (Fig. 137), con la presenza dominante, lungo tutta la costa, della specie *Skeletonema costatum* che conferisce alle acque una colorazione tipica giallo-marrone (Fig. 140). Questa specie, che solitamente ricorre lungo le nostre coste durante il periodo tardo invernale, ha generato anche quest'anno consistenti fioriture nel periodo fine gennaio-febbraio-marzo, facendo registrare il massimo valore con 34293769cell/L, il 29 gennaio nella st. 4. A seguire si è avuto un decremento con i valori minimi in aprile, che rappresentano anche le abbondanze minime assolute registrate per le st. 4 e 14 e minime relative per le st.9 e 19.

Come si può notare dalla figura 139, in cui si riportano i contributi di alcune specie di Diatomee sul loro totale, la specie *Skeletonema costatum* è quella che nel periodo invernale domina la composizione della comunità nell'intera area costiera, e nel periodo autunnale prevalentemente la zona settentrionale della costa.

Durante il periodo estivo la comunità microalgale risulta più diversificata; la specie *Chaetoceros spp.* risulta essere quella più abbondante soprattutto nell'area più a nord

della costa. Gli andamenti hanno riconfermato l'esistenza di un gradiente geografico negativo nord-sud.

Dinoflagellate

L'andamento annuale mostrato dalle Dinoflagellate in questa area si conferma con valori più bassi nei mesi più freddi, e valori più alti nel periodo primavera-estate quando la stratificazione termica e salina stabilizza la colonna d'acqua. Questo andamento emerge evidente nella staz. 4 rispetto la staz. 14 (Fig. 136) poiché nel periodo settembre-ottobre si sono mantenute abbondanze elevate. Tra le specie che hanno maggiormente dominato la comunità durante l'anno segnaliamo il *Prorocentrum minimum* che ha dominato la comunità nelle varie stazioni sia dalla primavera all'autunno, arrivando a dare fioriture nella zona settentrionale della costa (Fig 140). Questa specie ha raggiunto nella st. 4 il valore massimo di 750176 Cell/L. il 16 agosto. Per il resto dell'anno le comunità fitoplanctoniche sono state caratterizzate da generi diversi senza mostrare dominanza di un genere in particolare.

Altre fitoflagellate

Le concentrazioni minori si sono avute per entrambe le stazioni nel periodo invernale di gennaio-marzo, mentre per il resto del periodo si mantengono mediamente costanti con qualche anomalia. (Fig. 136) Il valore medio risulta più elevato nella staz. 4 rispetto alla staz. 14 in accordo con il fatto che la stazione di Porto Garibaldi, essendo maggiormente investita da apporti di acqua dolce, mostra maggiore abbondanza. Infatti con la denominazione "Altre Fitoflagellate" intendiamo comprendere quelle Classi di microalghe tipiche di acque dolci-salmastre.

Per quanto riguarda le fioriture della Rafidoficea *Fibrocapsa japonica* verificatesi nel 2004 in alcuni tratti strettamente costieri, si rimanda al capitolo 5 dove è riportata la descrizione degli eventi accaduti.

4.8 Azoto nitrico

L'andamento dell'azoto nitrico è in stretta correlazione con le portate fluviali, del Po in particolare (figure 9, 20, 35 e 2). Nei periodi corrispondenti ai mesi di gennaio - maggio e novembre - dicembre sono stati rilevati i valori più alti. In genere nella stagione estiva il calo di portata fluviale determina un conseguente calo delle concentrazioni di questo parametro. Si assiste in genere ad un marcato gradiente tendente alla diminuzione passando da Nord a Sud e da costa verso il largo (fig. 105 e fig. 133). Le stazioni collocate sui transetti 2 (Bagni di Volano) e 4 (Porto Garibaldi) esulano da questa generale condizione in quanto direttamente investite dagli apporti del Po. Nella quasi totalità dei casi vi è una correlazione inversa tra valori di salinità e concentrazioni di azoto nitrico. I valori delle concentrazioni nelle acque di fondo sono in genere bassi e presentano andamenti più omogenei (fig. 35). Le medie stagionali delle sole stazioni costiere (figura 121) mostrano i valori massimi e le maggiori deviazioni standard in inverno-primavera ed in autunno, i minimi in estate (vedi anche distribuzioni spaziali in figura 93). La più alta concentrazione di azoto nitrico è stata rilevata a Casal Borsetti il 04/03/04 con 4592.8 $\mu\text{g/l}$ (vedi tabelle di statistica descrittiva). Negli istogrammi delle classi di frequenza (figura 131) il più elevato numero di valori, circa il 53% dei casi, è compreso tra 0 e 200 $\mu\text{g/l}$. Nei diagrammi multipli di Box e Whiskers (figura 133) viene evidenziata l'ampia variabilità del parametro nelle stazioni settentrionali.

4.9 Azoto nitroso

L'azoto nitroso presenta fluttuazioni temporali simili a quelle dell'azoto nitrico con picchi ben correlati alle portate fluviali (figure 9, 21, 36 e 2). Elevata la variabilità del parametro nelle acque superficiali. In quelle di fondo si hanno in genere concentrazioni più basse ad eccezione di alcuni casi in cui i valori superano quelli rilevati in superficie. In queste circostanze si risente dei processi di rilascio conseguenti a stati di ipossia/anossia. Accentuata la variabilità del parametro nelle acque superficiali costiere delle stazioni settentrionali, condizione evidenziata nella figura 133 dei diagrammi multipli di Box e Whiskers. Il valore massimo è stato registrato a Porto Garibaldi il 21/04/04 con 75.5 $\mu\text{g/l}$ (vedi tabelle di statistica descrittiva). I valori medi annuali (figura 106) mostrano i dati più elevati nelle stazioni costiere, con un trend in

diminuzione passando da Nord a Sud e da costa al largo. Stagionalmente i valori medi delle stazioni costiere (fig. 122) presentano le concentrazioni più elevate in inverno/primavera e in autunno, i più bassi in estate. Le deviazioni standard sono ampie in tutte le stagioni. Negli istogrammi delle classi di frequenza (figura 132) si osserva come il 33% dei valori sono compresi tra 0 e 6 $\mu\text{g/l}$.

4.10 Azoto ammoniacale

L'azoto ammoniacale nelle acque superficiali è di norma veicolato dagli apporti fluviali e dai reflui provenienti dagli insediamenti costieri. Nelle acque profonde l'azoto ammoniacale tende a superare le concentrazioni superficiali nei periodi coincidenti con casi di forte sottosaturazione di ossigeno disciolto (ipossia/anossia). Dagli andamenti temporali (figure 10, 22 e 37) si può osservare come le concentrazioni maggiori si rilevano nel periodo invernale - primaverile ed in quello autunnale in accordo con le portate fluviali (vedi fig.2 e fig. 94). Nelle acque superficiali la concentrazione più elevata è stata rilevata a Porto Garibaldi il 21/04/04 con 450.1 $\mu\text{g/l}$.

Le medie annuali e le deviazioni standard (figura 107) presentano i valori più elevati nelle stazioni costiere, con una evidente diminuzione passando da costa verso il largo. I valori medi stagionali delle acque superficiali delle stazioni costiere (fig. 123) mostrano picchi elevati in inverno-primavera ed in autunno, i più bassi in estate. Nel grafico relativo agli istogrammi di frequenza (figura 132) si evidenzia come quasi il 70 % delle determinazioni presenta concentrazioni comprese tra 0 e 44 $\mu\text{g/l}$. Nei diagrammi multipli di Box e Whiskers (figura 133) si nota una maggiore variabilità del parametro nelle stazioni centro-settentrionali.

4.11 Azoto totale

L'azoto totale mostra una forte variabilità ed una spiccata correlazione con le portate fluviali (figure 12, 23, 38 e 2). I valori più elevati si rilevano nel periodo invernale-primaverile ed autunnale in coincidenza ai picchi di portata fluviali. Le massime concentrazioni di azoto totale si rilevano nelle stazioni collocate sui transetti più settentrionali in quanto maggiormente influenzati dagli apporti padani. Nelle acque di fondo il parametro evidenzia in genere valori più bassi ed uniformi. Il valore più elevato di 6015 $\mu\text{g/l}$ è stato rilevato il 04/03/04 a Casalborgorsetti.

I valori medi annuali (fig. 108) presentano un trend tendente alla diminuzione passando da Nord a Sud e da costa al largo. Le medie stagionali (fig. 124) nelle stazioni costiere

presentano i valori più elevati e le più ampie variazioni standard in inverno-primavera ed in autunno nelle stazioni centro-settentrionali, i più bassi in estate (in primavera nelle stazioni 17 e 19); inoltre si evidenzia una tendenza alla diminuzione da Nord a Sud. Analogamente a quanto riscontrato negli ultimi anni si sono misurate medie primaverili basse nelle stazioni di Rimini e Cattolica. Dagli istogrammi di frequenza (figura 132) si può osservare come nel 65% dei casi le concentrazioni sono comprese tra 130 e 730 $\mu\text{g/l}$. Nei diagrammi multipli di Box e Whiskers (figura 134) viene mostrata la maggiore variabilità del parametro nelle stazioni settentrionali, tende a diminuire ed uniformarsi al centro e al Sud.

4.12 Fosforo ortofosfato

Gli andamenti temporali dell'ortofosfato (figure 11, 24 e 39) mostrano una elevata variabilità nelle stazioni costiere in quanto risentono in maniera significativa dei contributi locali. Nelle stazioni più al largo l'ortofosfato tende ad uniformarsi su valori più bassi. Nelle acque di fondo le concentrazioni sono sugli stessi valori delle acque superficiali con casi di superamento (fig. 39). Tale condizione si manifesta in genere in occasione di stati di sottosaturazione spinta dell'ossigeno disciolto con conseguente solubilizzazione dell'ortofosfato. La concentrazione più elevata nelle stazioni costiere è stata rilevata a Casalborgsetti il 02/11/04 con 63.3 $\mu\text{g/l}$ (vedi tabelle di statistica descrittiva). La concentrazione di questo parametro ha mostrato nel tempo una significativa diminuzione. Ne è prova il fatto che su circa il 71% dei casi la concentrazione è compresa tra 0 e 6 $\mu\text{g/l}$ (figura 132). Va inoltre ricordato che trattandosi di elemento limitante la crescita algale è di norma quello che viene assimilato nella quasi totalità. I valori medi annuali (figura 109) mostrano le maggiori concentrazioni nelle stazioni costiere, tendono a diminuire in quelle al largo. Procedendo da Nord a Sud si evidenzia come i valori medi annuali mostrino due classi areali distinte ed omogenee: la prima, corrispondente alle stazioni 2, 4 e 6 (l'area compresa tra il delta del Po e le dighe foranee del Porto di Ravenna), con concentrazioni medie più alte di quelle dell'area centro - meridionale (vedi anche fig. 95). Le concentrazioni medie stagionali nelle stazioni costiere mostrano i valori più elevati nel periodo invernale ed autunnale (figura 125), i più bassi in estate. Nei diagrammi di Box e Whiskers (figura 134), il parametro si mantiene a concentrazioni più contenute e con una ridotta variabilità nelle stazioni meridionali.

4.13 Fosforo totale

Il fosforo totale presenta andamenti temporali con forte variabilità. Questa condizione è particolarmente accentuata nelle stazioni settentrionali (figure 11, 25 e 40). Nelle acque di fondo le concentrazioni del fosforo totale sono in genere prossime a quelle rilevate in superficie con casi di superamento. La concentrazione più elevata misurata nelle stazioni costiere è stata di 114,53 $\mu\text{g/l}$ rilevata a Casalborgorsetti il 02/11/04.

Le medie annuali (figura 110) presentano un andamento tendente alla diminuzione passando da costa al largo e da Nord verso Sud. I valori medi stagionali e le deviazioni standard delle stazioni costiere (figura 126) mostrano i più elevati valori in inverno e in autunno con un evidente trend in diminuzione passando da Nord a Sud. Negli istogrammi di frequenza (figura 132) si può notare come in circa il 50% dei casi le concentrazioni del parametro sono comprese tra 9 e 31 $\mu\text{g/l}$. Nei diagrammi multipli di Box e Whiskers (figura 134) vengono ben evidenziate le due distinte classi areali di concentrazione e variabilità, la prima, con valori più elevati, comprende le stazioni 2, 4 e 6, la seconda, con valori più bassi, comprende quelle corrispondenti all'area centro - meridionale (stt. 9, 14, 17 e 19).

4.14 Silice reattiva

La silice reattiva è sempre in stretta correlazione con le portate fluviali, del Po in particolare (figure 10, 28, 44 e 2). Tale condizione è particolarmente evidente nelle stazioni settentrionali ove si riscontra, tra l'altro, una più spiccata variabilità. Nelle acque di fondo pare esservi una maggiore uniformità anche se, soprattutto nelle stazioni al largo, si possono avere concentrazioni superiori a quelle rilevate in superficie. Spazialmente si nota come alte concentrazioni di silicati possono interessare l'intera fascia di mare costiera (vedi in figura 96 i casi di gennaio, aprile, novembre e dicembre), tale distribuzione è dipendente dai flussi di portata del Po. Il valore più elevato del 2004 è stato rilevato a Lido di Volano il 18/05/04 con una concentrazione di 2156 $\mu\text{g/l}$ (vedi tabelle di statistica descrittiva). I valori medi annuali (figura 113) mostrano una evidente tendenza alla diminuzione passando da Nord a Sud e da costa verso il largo. Si distingue il transetto 2 in quanto direttamente investito degli apporti del Po (vedi sua collocazione in figura 1). Stagionalmente si rilevano le maggiori concentrazioni in inverno ed in autunno (figura 129), le più basse in estate a seguito delle magre fluviali estive. Le classi di frequenza riportate in figura 132 evidenziano come il 63 % dei valori è compreso tra 0 e 400 $\mu\text{g/l}$. Il diagramma multiplo di Box e Whiskers relativo alla silice reattiva (figura 134) mette in luce la rilevante variabilità delle stazioni settentrionali, le centro - meridionali presentano valori più bassi ed omogenei.

4.15 Rapporto N/P (frazione solubile)

Sono riportati nei grafici i valori risultanti dalla seguente equazione:

$$\frac{N-(NO_3+NO_2+NH_3)}{P-(PO_4)} = \sum \frac{N}{P}$$

La distribuzione del rapporto N/P (figure 13, 26 e 41) evidenzia una notevole variabilità (considerare la scala logaritmica riportata nella grafica) ed una lieve tendenza sinusoidale con i minimi nel periodo estivo. La variabilità si riduce nelle stazioni meridionali al largo e nelle acque di fondo. Lo stato di fosforo-limitazione rappresenta la quasi totalità dei casi; i rari eventi riconducibili ad azoto-limitazione si presentano nel solo periodo estivo. I valori medi annuali del rapporto N/P e le relative deviazioni standard nelle acque superficiali (figura 111) presentano i massimi nelle stazioni più settentrionali, con valori che tendono a diminuire progressivamente passando da Nord a Sud; e con tendenze verso l'aumento da costa verso il largo. Le medie stagionali (figura 127) presentano i valori più elevati in inverno, le medie più basse in estate-autunno. Negli istogrammi di frequenza (figura 132) viene evidenziato che nel 67 % dei casi il valore N/P è compreso tra 0 e 100. I dati riportati nei diagrammi Box e Whiskers (figura 134) mostrano come le maggiori variabilità si trovino nelle stazioni settentrionali.

Dall'analisi delle distribuzioni normali bi-variate dei rapporti Clorofilla/Nutrienti ⁽ⁱ⁾, è possibile rappresentare le fluttuazioni stagionali dei principali parametri di sistema in diagrammi come quelli riportati nelle figure 85 e 86. Differenti aree costiere possono essere collocate in questi diagrammi, in funzione dei rapporti molari medi N/P e dei corrispondenti rapporti $ChA/(DIN \times PO_4)^{1/2}$, essendo questi ultimi una stima del grado di utilizzazione dei nutrienti.

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

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

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

ⁱ Innamorati, M. e F. Giovanardi, 1992. *Interrelationships between phytoplankton biomass and nutrients in the eutrophied areas of the Northwestern Adriatic Sea*. Proc. Int. Conf. Marine Coastal Eutrophication. Sci. Total Environ. Suppl. 1992: p. 235-250.

$$(ChA/PO4)=b (ChA/DIN)^k.$$

Ma se $k=1$, allora sarà:

$$ChA/PO4 \times DIN/ChA = DIN/PO4 = N/P = b.$$

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

$$(ChA)^2=b (DIN \times PO4), \text{ da cui: } ChA/(DIN \times PO4)^{1/2} = \text{costante}.$$

L'importanza di questi diagrammi risiede nel fatto che l'efficienza di un sistema costiero a produrre nuova biomassa (i.e. le variazioni del rapporto $ChA/(DIN \times PO4)^{1/2}$ rispetto al rapporto N/P) può essere seguita mese dopo mese, osservando le sue oscillazioni intorno ad un centro di gravità rappresentato dalla media annuale dei due rapporti.

Il confronto delle figure 85 e 86 con quelle relative alle stesse aree per il 2003, mostra che il sistema Po-Adriatico ha ripreso efficienza nel produrre biomassa. Come si ricorderà, l'anno 2003 era stato caratterizzato da bassi valori di livello trofico (TRIX medio annuo inferiore a 5 unità), a causa soprattutto degli scarsi apporti dal fiume Po. Per il 2004, nell'area antistante il delta padano, i parametri del sistema, intesi come medie annuali dei rapporti N/P e $ChA/(N \times P)^{1/2}$ hanno assunto valori paragonabili a quelli degli anni antecedenti il 2003, tuttavia ancora lontani dai massimi raggiunti nel 2002 (174,2 e 3,18 per il 2004, 210 e 7,5 per il 2002, come valori dei rapporti N/P e $ChA/(N \times P)^{1/2}$ rispettivamente). I segnali di un graduale ritorno ai valori di efficienza tipici dell' Adriatico NW sono riscontrabili anche analizzando gli scostamenti delle medie mensili del sistema rispetto ai valori medi annuali. Nell'area direttamente interessata dagli apporti padani (area di Goro-CasalBorsetti) il valore di $ChA/(N \times P)^{1/2}$ oscilla da un minimo intorno a 0,6 nel periodo invernale ad un massimo di 18 (Luglio-Agosto), mentre i valori di N/P raggiungono il massimo in Febbraio con oltre 500, contro un minimo di 30 in Agosto. È interessante osservare che la stasi del sistema (da intendersi come fase di scarso utilizzo dei nutrienti disponibili, i.e. bassa efficienza), che solitamente lungo la costa Adriatica si verifica nel mese di Dicembre, nel 2004 ha preso avvio già a partire da Novembre ed ha interessato anche i mesi di Marzo ed Aprile. In altre parole, il sistema Adriatico ha risposto con elevata efficienza alla disponibilità di nutrienti solo nel mese di Febbraio ed ha ripreso rendimento nei mesi di Maggio e Giugno. Con una analoga chiave di lettura, anche l'analisi del diagramma relativo all'area di Rimini-Cattolica porta a delineare la stessa dinamica stagionale, tuttavia nel complesso le medie annuali relative a quest'area sono più vicine ai valori del 2003 che non a quelli del 2002, con oscillazioni delle corrispondenti medie mensili poco accentuate e con la riconferma del mese di Febbraio come mese a più elevato rendimento.

4.16 Rapporto Ntot/Ptot

Gli andamenti del rapporto azoto totale su fosforo totale (figura 13, 27 e 42) tendono ad avere una variabilità meno accentuata rispetto al rapporto dei solubili e una distribuzione sinusoidale meno marcata. La minore variabilità è dovuta al fatto che, mentre nel rapporto dei solubili inorganici si hanno di norma alti valori per l'esubero della frazione azotata (quella fosfatica agendo da fattore limitante viene in molti casi completamente assimilata dalla biomassa autotrofa), in quella dei totali vi è, a seguito della mineralizzazione prevista dalle procedure analitiche, il recupero del fosforo organico (particolato e organico solubile) che ponderalmente tende a riequilibrare il rapporto. Nelle acque di fondo (fig. 42) si hanno valori in genere più bassi con diversi casi di superamento con quelli delle acque superficiali. Le medie annuali calcolate sulle stazioni dei transetti (fig. 112) presentano i più bassi valori nelle stazioni costiere, tendono ad aumentare in quelle al largo. Stagionalmente (fig. 128) le medie presentano i più alti valori in inverno e in primavera, i più bassi in estate.

4.17 Rapporto Ntot sol/Ptot sol

Tale rapporto è stato calcolato utilizzando le concentrazioni di azoto totale solubile su fosforo totale solubile determinate nei campioni prelevati mensilmente nelle due direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico. Gli andamenti del rapporto di queste due componenti (fig. 43) sono simili a quelli riferiti al rapporto azoto totale su fosforo totale. Ciò è dovuto, come si è già accennato, all'importanza ponderale delle frazioni solubili sui rispettivi totali. I valori di questo parametro nelle acque di fondo sono prossimi o leggermente inferiori a quelli rilevati nelle acque superficiali.

4.18 Indice Trofico (TRIX)

Approccio metodologico di sviluppo dell'Indice Trofico (TRIX)

E' noto che le acque costiere dell'Emilia-Romagna sono periodicamente soggette a fenomeni di eutrofizzazione che, unitamente ai composti organici persistenti rappresentano una seria minaccia agli equilibri ed alla salute degli ecosistemi marini costieri.

Per quanto concerne i processi eutrofici sebbene diversi autori abbiano cercato di definire un sistema di riferimento trofico appositamente calibrato sull'ambiente marino delle acque costiere, l'applicazione arbitraria dei criteri e della terminologia limnologica alle acque costiere, ha creato difficoltà nel trasferire agli amministratori e pianificatori termini oggettivi e precisi per intraprendere adeguate politiche di risanamento e di riduzione dei carichi di nutrienti sversati a mare.

Nelle acque costiere non è in discussione il processo di eutrofizzazione, ma il metodo di come quantificare le sue manifestazioni e spesso si riscontrano difficoltà nel convertire in maniera semplice le informazioni per un vasto pubblico.

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

L'Indice Trofico permette infatti di ottenere un sistema di sintesi dei parametri trofici fondamentali in un insieme di semplici valori numerici che renda le informazioni comparabili su un largo range di condizioni trofiche e nello stesso tempo evitino l'uso soggettivo di denominatori trofici.

I parametri fondamentali che concorrono alla definizione di un indice di trofia devono:

- essere pertinenti ad un disegno di Indice Trofico per le acque marine 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.

Tralasciando di descrivere tutta la statistica complessa dei dati (analisi multivariata) dopo approfondite considerazioni sui dati elaborati si è optato sul seguente set di parametri che sono stati usati per il calcolo dell'Indice Trofico (TRIX). Tali variabili si dividono in due categorie:

a) Fattori che sono espressione diretta di produttività:

- Clorofilla “a” mg/m^3

- Ossigeno disciolto espresso in percentuale, come deviazione in valore assoluto dalla saturazione: $\text{Ass}[100 - \text{O.D. \%}] = |\text{O.D. \%}|$

b) Fattori nutrizionali:

- Fosforo totale espresso in $\mu\text{g/l}$

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

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

Ricorrendo dunque ai logaritmi (Log_{10}), la struttura base dell’Indice TRIX diventa:

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

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

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

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

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

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

R.A. Vollenweider, F.Giovanardi, G.Montanari, A.Rinaldi, pubblicato sulla rivista *Envirometrics* Vol 9, 1998.

"Characterization of the trofic condition of marine coastal waters, whith special reference to the NW Adriatic Sea: Proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index".

In tab. 7 viene riportata la suddivisione della scala trofica in 4 gradi di trofia che definiscono lo stato delle acque costiere e le condizioni trofiche e di produttività dell'ecosistema, così come indicato dall'All. N 1 del D. Lgs 258/00 (tab 17).

Analisi dell'andamento dello stato trofico e della classificazione dello stato ambientale delle acque marino costiere

Nelle elaborazioni riportate relative alla distribuzione temporale e spaziale dei valori medi mensili (vedi figure a partire dalla n 67), dell'Indice Trofico (TRIX) in superficie si evidenzia, dalle mappe tematiche, una situazione diversificata rispetto all'andamento medio mensile riscontrato nell'anno precedente. Ad esempio durante il periodo invernale e primaverile (gennaio, febbraio, marzo) l'Indice Trofico si presenta in uno stato "Mediocre/Scadente" su tutta l'area senza evidenzia delimitazioni significative da nord verso sud e da costa verso il largo.

Più in dettaglio, durante il periodo invernale (gennaio-marzo), si riscontrano alti valori di TRIX che superano il limite di 6 unità definendo una condizione in gran parte "Scadente" lungo la fascia costiera soprattutto in febbraio e marzo, configurando quindi una situazione di alta produttività. Nel mese di febbraio si sono raggiunti i massimi di Indice Trofico con valori che in alcune stazioni superavano le 7.5 unità di TRIX con il massimo nella stazione a 0.5 Km antistante Cattolica con 8.5 di TRIX. Paradossalmente il massimo valore di TRIX è stato rilevato nella stazione più a sud della costa e più lontana dal Po. Il valore puntuale così elevato è da attribuire agli alti livelli di biomassa microalgale determinati da una fioritura in atto ed alla presenza di alte concentrazioni di nutrienti veicolate dal bacino costiero. Il periodo invernale è stato caratterizzato da consistenti apporti di acque dolci associate ad elementi eutrofizzanti generati soprattutto nel bacino padano concomitanti con un periodo di stabilità meteo-marina. Sebbene in questo periodo gli indicatori di biomassa microalgale risultino medio/bassi, ad elevare i valori di TRIX contribuiscono prevalentemente i fattori di produttività potenziale. Inoltre durante i mesi invernali le correnti prevalenti discendenti si dispongono parallelamente alla costa con direzione nord-sud ed i regimi dei venti tendono a distribuire e ad uniformare, su un vasto territorio, gli elementi che concorrono alla definizione dell'Indice Trofico.

Nel periodo primaverile (aprile-giugno) invece si instaura un evidente gradiente nord-sud poiché si modifica da un lato la circolazione delle acque costiere e dall'altro gli apporti veicolati dal Po tendono a diminuire.

Già nel mese di aprile si osserva una differenziazione territoriale in senso longitudinale della distribuzione del TRIX, che presenta uno stato "Scadente" tra il delta del Po e

Ravenna; “Mediocre” tra Ravenna e Cesenatico e “Buono” nella zona che si estende da Rimini a Cattolica e verso il largo con Indice Trofico inferiore a 5.

In giugno si osserva una progressiva riduzione della condizione “Scadente” che si localizza nell’area a ridosso del delta Po, mentre lo stato ambientale “Buono/Elevato” interessa 50 % della costa. Questa condizione estremamente favorevole è stata determinata dalla forte riduzione degli apporti a mare di fattori eutrofizzanti generati sia nei bacini costieri che in quello padano.

Nel periodo estivo le condizioni di stato trofico tendono ulteriormente a migliorare e, sebbene in agosto persiste una condizione “mediocre” confinata a ridosso del delta Po la maggior parte dell’area mostra una situazione “Buona/Elevata” che sottende condizioni di acque scarsamente produttive livello di trofia basso, elevata trasparenza delle acque ed assenza di anomale colorazioni. Analogamente a quanto rilevato nel 2003 sulla base dell’Indice Trofico e delle relative condizioni di stato qualitativo ambientali si può affermare che il periodo estivo 2004 è da annoverare tra i migliori degli ultimi 25 anni.

Nel periodo autunnale i dati dell’Indice Trofico tendono da un lato ad aumentare uniformandosi verso valori medio/alti e dall’altro ad interessare areali sempre più vasti che classificano la fascia costiera in una condizione di stato “Mediocre”.

In novembre si osserva che tutta la fascia costiera risulta distinta in tre parti: “Scadente” nella parte settentrionale, “Mediocre” in quella centrale e “Buono/Mediocre” nell’area meridionale con un peggioramento rispetto la condizione dello scorso anno.

In linea generale l’andamento del TRIX è ben correlato con quello della Clorofilla “a”; a bassi valori di Indice Trofico corrispondono basse concentrazioni di biomassa microalgale (fig 69-76). Fanno eccezione a questo andamento alcuni casi limitati temporalmente nel periodo invernale, nelle stazioni costiere della parte settentrionale, ove si riscontrano medio/alti valori di TRIX (superiori a 6.5 unità) in corrispondenza di basse concentrazioni di clorofilla “a” rilevando quindi un’alta quantità di nutrienti disciolti, in particolare dell’azoto inorganico disciolto (DIN), che concorrono a mantenere elevato l’Indice TRIX.

In sintesi, rispetto lo scorso anno si evince un incremento del TRIX particolarmente nel periodo autunno/inverno.

Le stazioni, ubicate nella parte più settentrionale della costa ed interessate dagli apporti derivati dal bacino padano e da quelli costieri, presentano valori di TRIX maggiori di 6 unità (64 % dei casi), stato trofico “Scadente”, per la stazione 2 (0.5 Km Goro) e maggiore di 5, stato trofico “Mediocre”, (95 % dei casi) per la stazione 4 (0.5 Km P. Garibaldi), valori molto superiori di circa il doppio rispetto la frequenza dei casi riscontrati nel 2003

Predette stazioni le oscillazioni di TRIX sono abbastanza accentuate ed in stretta correlazione con l'indicatore della biomassa microalgale. In più occasioni nei mesi di luglio/agosto nella zona costiera settentrionale, si è riscontrata una significativa diminuzione del TRIX con valori di detto Indice che si posizionano nella classe di stato "Buono".

A differenza delle stazioni situate nella parte settentrionale, quelle meridionali (17 Rimini, 19 Cattolica) per gran parte del periodo primaverile e estivo, sono caratterizzate da bassi Indici Trofici (4 unità di TRIX) che testimoniano uno stato qualitativo "Buono/Elevato" ed un quadro generale di condizioni ambientali con acque scarsamente produttive, livello di trofia basso, assenza od occasionale presenza di colorazione, confermando la medesima situazione riscontrata negli anni precedenti. In quest'ultima parte della costa, l'andamento del TRIX mostra una più marcata stagionalità con incrementi del TRIX in autunno ed inverno.

Durante il periodo estivo oltre ad una riduzione degli apporti del bacino padano, si modifica la circolazione in quanto i venti provenienti da Sud-Est diventano dominanti con l'effetto di "bloccare", nella parte settentrionale della costa, l'input del fiume Po e nello stesso tempo quello di trasportare acque "pulite" dal largo verso costa nella parte centro-meridionale.

Questo modello di circolazione e soprattutto la dinamica che influisce sul ricambio delle acque e sui fattori di diluizione, determina ampie variazioni dell'Indice Trofico anche a scale temporali ravvicinate.

Nelle figure 79 e 80 sono rappresentate le rette di regressione e i coefficienti di correlazione tra il TRIX ed i parametri che concorrono a determinarlo, disaggregati per subarea costiera (settentrionale: Goro-Ravenna, centrale: Ravenna-Cesenatico e meridionale: Cesenatico-Cattolica). Si può osservare a conferma di quanto rilevato gli anni precedenti, in tutte le tre zone considerate, una significativa correlazione tra il TRIX ed il LogN, LogP, LogCla, Log|OD%|, con coefficienti di correlazione che variano tra 0.32 e 0.81. Non si evincono invece correlazioni significative tra le singole variabili che partecipano alla formulazione dell'Indice Trofico; pertanto i singoli fattori portano un contributo informativo autonomo, cumulativo e non ridondante, in linea con il quadro concettuale e l'approccio metodologico di formulazione di detto Indice.

Mediante la rappresentazione grafica in un diagramma di probabilità è possibile caratterizzare le condizioni di trofia di una determinata area di mare e le relative variazioni annuali.

Dall'esame dei diagrammi di fig. 78 si evince l'approssimazione alla distribuzione normale dei dati di TRIX; ogni stazione considerata risulta quindi caratterizzata da un

valore medio e da una deviazione standard. Il valore medio determina la posizione della retta lungo la scala trofica, mentre la deviazione standard ne definisce l'inclinazione.

Il tipo di rappresentazione adottato nei diagrammi suddetti consente di evidenziare i valori minimi e massimi raggiunti dal TRIX nell'arco dell'anno per ciascuna stazione.

In generale la deviazione standard per la distribuzione di TRIX nelle stazioni prese in esame come campione per la disamina, risulta compresa tra 0.77 (Staz. 4 Porto Garibaldi) e 1.13 (Staz 1019 Cattolica), valori ancora una volta simili a quelli riscontrati negli anni precedenti.

Le quattro stazioni costiere prese in esame sono rappresentative di quattro zone di mare omogenee e caratterizzate da situazioni trofiche ben definite secondo un gradiente Nord-Sud (Porto Garibaldi, Cesenatico, Cattolica a 0.5 Km dalla battigia) e da costa verso il largo (a 10 Km al largo di Cattolica).

La figura 78 indica la posizione rispetto alla scala trofica delle quattro stazioni considerate. I valori medi di TRIX vanno da un minimo di 2.05 nella stazione 1019 ad un massimo di 8.25 nella stazione 19 (0.5 Km da Cattolica) con un range di variazione di 6.2 unità di TRIX.

Confrontando la posizione del valore medio del TRIX nelle quattro stazioni ottenuta nel 2004 con la stessa situazione riferita al 2002 e 2003 si osserva che mentre l'area a sud della costa rappresentata dalle stazioni 19 e 1019 antistanti Cattolica, si mantiene invariata collocandosi rispettivamente nello stato "Mediocre e "Buono", le stazioni che rappresentano la zona centrale e settentrionale della costa subiscono un incremento dello stato trofico che pur mantenendosi nella classe "Mediocre" si posiziona nella parte alta della scala a ridosso della condizione "Scadente" dimostrando un peggioramento rispetto lo scorso anno

Scomponendo i parametri che entrano nella formulazione dell'Indice Trofico in due classi di indicatori quali: 1) indicatori di produttività diretta o reale ($\text{Log}(\text{CI}^{\text{a}} \times |\text{OD}\%|)$); 2) indicatori di produttività potenziale, ($\text{Log}(\text{DIN} \times \text{Pt})$), per le stazioni costiere, si può evidenziare il ruolo ed il peso delle due componenti nella determinazione del valore del TRIX (fig 87 a-d). Osservando l'andamento temporale dei tre fattori, si evince che la dinamica del TRIX è simile a quella della produttività diretta e potenziale evidenziando per il 2004 il peso equivalente nella determinazione dell'Indice Trofico nelle acque costiere Emilia-Romagna.

Comparando i valori medi annuali di TRIX riscontrati nel 2004 con quelli rilevati dal 2000 al 2003 (fig 81), si evidenzia innanzitutto un gradiente in diminuzione dell'Indice Trofico da nord verso sud ed in tutte le stazioni si riscontra un leggero incremento del TRIX, in confronto al 2003.

In un quadro di sintesi spazio-temporale, si è voluto rappresentare la distribuzione dell'Indice Trofico nel territorio monitorato (1200 Km²) e mediato per stagione nelle singole stazioni della rete di controllo sull'eutrofizzazione (fig 90).

In inverno tutte le acque marine della costa presentano condizioni qualitative assimilabili alla classe "Scadente". In primavera la costa, che nel 2003 tutta "Mediocre", nel 2004 si presenta "Scadente" nella zona settentrionale e "Mediocre" nella restante zona evidenziando un peggioramento rispetto la condizione dell'anno precedente.

Nel periodo estivo con la forte riduzione delle portate dei fiumi, del carico dei nutrienti e conseguentemente della biomassa microalgale, si osserva una tangibile diminuzione dei valori del TRIx; l'area settentrionale tra P. Garibaldi ed il Delta Po si attesta in una condizione "Mediocre", mentre da P. Garibaldi a Cattolica e le altre zone verso il largo assumono uno stato ambientale "Buono/Elevato" con acque scarsamente produttive, livello di trofia basso, elevata trasparenza, e assenza di anomale colorazioni.

Nei mesi autunnali, a seguito dell'aumento delle portate del fiume Po e del relativo carico eutrofico, si osserva che la costa risulta ancora divisa in tre parti; "Scadente nella zona settentrionale a ridosso del Po, "Mediocre" lungo tutta la fascia costiera e "Buono" in gran parte delle zone off-shore

Nella figura 88 sono rappresentate le variazioni temporali nelle stazioni campione costiere (0.5 Km) ed in quelle a 3 Km, del rapporto tra l'Indice Trofico TRIx ed il fattore di diluizione (F%), al fine di verificare i legami funzionali esistenti tra i livelli trofici delle acque costiere e gli apporti provenienti da terra.

I nutrienti disciolti, come del resto le altre sostanze inquinanti che raggiungono le acque costiere sono associati e correlati agli apporti provenienti dai bacini costieri e da quello padano e quindi è possibile assegnare a questo trasporto un valore quantitativo espresso come :

$$F\% = \frac{(S_{mareaperto} - S_i)}{S_{mareaperto}} * 100$$

dove S_{-mare aperto} (37.5 psu) rappresenta la salinità delle acque al largo, mentre S_i è la salinità rilevata nelle stazioni di misura.

Anche se la variabilità è molto forte, particolarmente per la zona settentrionale, si evidenzia una buona corrispondenza tra il valore di Indice Trofico ed il fattore di diluizione F%, soprattutto per le aree situate a 3 Km dalla costa; andamento confermato anche dallo stretto rapporto di dipendenza tra gli apporti di nutrienti da terra ed il TRIx (fig 89), quantificato mediante una espressione di regressione con coefficiente di correlazione r=0.60 per la zona "A" (Goro-Ravenna).

Per una prima classificazione dello stato ambientale delle acque costiere marine previsto dall'All. N 1 del D. Lgs. 152/99 e successive integrazioni D. Lgs 258/2000 " Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento...", l'Indice Trofico TRIx,

unitamente alla relativa scala trofica sono considerati gli elementi basilari per definire e classificare lo stato qualitativo dell'ecosistema costiero. 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, tenendo conto del giudizio emergente dalle indagini sul biota e sui sedimenti, valutando inoltre ogni elemento utile a definire il grado di allontanamento dalla naturalità delle acque costiere.

Ai fini della classificazione deve essere considerato il valore medio annuale dell'Indice Trofico ed i risultati derivanti dall'applicazione del TRIIX determineranno l'attribuzione di stato ambientale secondo la tabella N 7.

Come obiettivo intermedio da raggiungere entro il 2008 per la costa emiliano-romagnola, considerata area sensibile ai sensi dell'Art. 5 del predetto Decreto, si prende come riferimento un punteggio medio derivante dall'applicazione dell'Indice Trofico non superiore a 5.0 unità di TRIIX.

Per la classificazione delle acque costiere marine in base al predetto Indice non vengono utilizzati i dati, come numero di stazioni e frequenza di campionamento, previsti dal D. Lgs 152/99, ma quelli rilevati in tutte le stazioni della rete di monitoraggio della costa emiliano-romagnola (da costa fino a 10 Km a frequenza settimanale, vedi fig 141).

La metodologia seguita è stata quella di suddividere la fascia costiera in 9 subaree: a 0.5, 1 e 3 Km dalla costa, mediare quindi nell'arco dell'anno i valori di TRIIX ricavati per le stazioni collocate all'interno delle rispettive subaree che sono rappresentative sia di numero sia di frequenza di rilevazione della subarea cui appartengono (fig 97).

Come già rilevato dall'andamento del TRIIX nelle singole stazioni, si evidenzia per tutta l'area costiera che l'Indice Trofico si colloca all'interno della classe compresa tra 5 e 6 unità; però mentre nella subarea settentrionale ci si trova vicino alla condizione "Scadente" (TRIIX medio=5.9), nella parte meridionale (Cesenatico-Cattolica) ci si approssima allo stato "Buono" (5.23).

Tutta la fascia costiera mostra però un trend in aumento di questo Indice di stato Trofico in tutte le subaree rispetto l'anno precedente. Da rilevare che nella subarea meridionale le condizioni ambientali medie tendono ulteriormente a migliorare attestandosi nella classe "Buono" nelle zone di 1 e 3 Km con TRIIX rispettivamente di 4.82 e 4.85.

La fascia costiera dell'Emilia-Romagna appartiene alla tipologia del basso fondale.

In base alla suddetta tipologia l'Allegato N. 1 del D. Lgs 152/99 prevede stazioni di misura e campionamento situate a 0.5, 1, e 3 Km dalla battigia ed ai fini della classificazione dovrà essere considerato il valore medio dell'Indice Trofico derivato dai

valori delle singole misure a frequenza quindicinale in estate e stagionale nell'altro periodo dell'anno.

Per una disamina ulteriore sull'andamento del TRIX, con l'obiettivo di pervenire ad una più puntuale definizione dello stato ambientale, si sono presi in considerazione i valori medi annuali calcolati con 44 rilevamenti in un anno in ciascuna delle stazioni nella fascia di 0.5 Km, 1 Km e 3 Km da Goro a Cattolica (fig 98).

Gli andamenti dei valori medi annuali (sono stati utilizzati tutti i dati delle stazioni collocate nelle singole subaree), mostrano che tutte tre le subaree a 0.5 Km si collocano nella scala dello stato ambientale "Mediocre", in aumento però passando da sud a nord della costa. L'ulteriore disaggregazione dei dati per territorio provinciale mette in evidenza che la Provincia di Ferrara presenta TRIX medio di 6.04 che equivale ad uno stato ambientale "Scadente", mentre quelle di Ravenna, Forlì/Cesena e Rimini mostrando un TRIX medio rispettivamente di 5.52, 5.49, 5.08 si posizionano nello stato trofico "Mediocre".

4.19 Indice di Torbidità (TRBIX)

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

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

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

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

Se l'assorbimento della luce è dovuto principalmente alla biomassa allora le acque, a qualsiasi grado di trasparenza, sono "biomasse saturate" quindi esiste una relazione quantificabile tra la trasparenza espressa come profondità di disco di Secchi ed il massimo possibile di biomassa. Se è presente una torbidità di carattere minerale, allora

le acque non possono essere “biomasse saturate “ e le concentrazioni di queste biomasse sono al di sotto del loro potenziale.

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

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

Range di variabilità: Clorofilla “a” da 0.2 a 300 mg/m³

Trasparenza da 48 a 0.3 m

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

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

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

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

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

Nelle stazioni costiere (vedi figg 82 e 83), collocate nella parte settentrionale (Ravenna-Delta Po), gli alti valori di Indice Trofico sono correlati a bassi Indici di Torbidità a conferma che la zona predetta è interessata da fioriture microalgali e quindi da alti livelli di Clorofilla “a” e di conseguenza la torbidità è in gran parte sostenuta dalla componente fitoplanctonica.

Le stazioni centrali e meridionali della costa ubicate a 0.5 Km evidenziano sia per il TRIX che per il TRBIX una variabilità stagionale con valori di Indice Trofico che tendono a diminuire durante il periodo estivo mentre il TRBIX si mantiene variabile attorno al valore di 2. Ciò significa, com’è risultato anche gli scorsi anni, che per tali stazioni aumenta e diventa predominante la componente inorganica particellata rispetto alla biomassa microalgale nella determinazione della torbidità.

I dati dell’andamento annuale vengono ripresi in modo sintetico nella fig. 84 che rappresenta gli scatter plot del TRIX verso il TRBIX calcolati utilizzando i risultati rilevati nelle stazioni costiere della subarea A, B e C a 0.5 Km.

Il grafico viene diviso in quattro quadranti definiti dal valore medio di TRIX e TRBIX rispettivamente.

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

Il quadro che ne scaturisce si presenta molto simile alle caratteristiche riscontrate negli anni precedenti. Il confronto tra le subaree della costa mostra che nella zona settentrionale buona parte dei valori, si distribuiscono sul quadrante B che identifica, in termini di TRBIX, una zona prevalentemente colorata da sviluppo di fitoplancton ed una bassa trasparenza con presenza di torbidità dovuta anche alla componente minerale. Diminuiscono rispetto lo scorso anno i valori che si posizionano nel quadrante A ad indicare una riduzione della componente minerale nella determinazione della trasparenza.

Nella zona più meridionale “Zona C”, a differenza di quanto verificatosi nel 2003 i vettori si distribuiscono uniformemente nei 4 quadranti con un aumento rispetto all’anno precedente dei valori del quadrante A, indicando un incremento dell’effetto della presenza della biomassa microalgale nella determinazione della trasparenza nella zona, sebbene i processi eutrofici in quest’area siano limitati sia come intensità sia come estensione, quindi la torbidità presente è dovuta in gran parte alla risospensione del sedimento e/o agli apporti di materiale inorganico fine dai bacini costieri.

La combinazione dell’indice Trofico TRIX e dell’Indice di Torbidità TRBIX come componenti di un vettore, dovrebbero caratterizzare la qualità delle acque marine in maniera più generale e fornire mediante la sua applicazione un Indice Generale di Qualità.

5. EVOLUZIONE DEI PROCESSI TROFICI NEL 2004.

5.1 Eutrofizzazione

Si riportano i bollettini periodici emessi in tempo reale a frequenza settimanale riferiti al monitoraggio sullo stato trofico dell'ecosistema marino costiero dell'Emilia-Romagna.

Bollettino N 1 del 07- 08 Gennaio 2004

Le condizioni meteo-marine del periodo, caratterizzate dal passaggio di frequenti perturbazioni e da mare generalmente mosso, hanno determinato un ricambio ed un rimescolamento delle masse d'acqua che risultano omogenee dalla superficie al fondo.

Nonostante che lungo la fascia costiera sia consistente l'apporto di acqua dolce associata a nutrienti veicolati dai bacini costieri e soprattutto dal Po, che determina un significativo abbassamento della salinità fino a 5-6 Km dalla costa, i livelli di biomassa microalgale si mantengono ancora molto bassi, evidenziando uno stato qualitativo dell'ecosistema marino "Buono/Elevato".

Nella zona costiera la temperatura è in diminuzione approssimandosi ai valori minimi invernali e risulta compresa tra 5 e 6 °C, mentre al largo (10 Km) si assesta attorno ai 10 °C. Buona la trasparenza in tutta l'area controllata.

Bollettino N 2 del 27 - 29 Gennaio 2004

Tutta la zona antistante la costa dell'Emilia-Romagna che si estende da riva fino oltre 10 Km al largo è interessata da un intenso processo di eutrofizzazione.

La fioritura microalgale, che si manifesta con una colorazione marrone delle acque ed è caratteristica dei mesi invernali essendosi sviluppata anche negli anni passati nello stesso periodo, è determinata da *Diatomee* con prevalenza del genere *Skeletonema*.

Considerate le basse temperature delle acque superficiali, comprese tra 4.8 e 6 °C, l'instabilità della colonna d'acqua nonché i frequenti eventi di mare mosso, il processo eutrofico in atto non determina effetti sull'ecosistema bentonico.

Il fenomeno eutrofico è conseguente agli apporti di nutrienti generati nei bacini costieri e soprattutto nel bacino padano e sversati dal Po. Infatti la salinità di superficie tende a diminuire passando da sud verso nord e dal largo verso costa.

La trasparenza è scarsa e si attesta attorno al metro di profondità influenzata dal forte sviluppo della biomassa microalgale

Bollettino N 3 del 03- 04 Febbraio 2004

Le acque costiere emiliano-romagnole sono ancora interessate da un processo di eutrofizzazione esteso anche nelle zone al largo (10-20 Km dalla costa).

La fioritura microalgale, determinata da *Diatomee* (prevalentemente *Skeletonema c.*), raggiunge livelli 2-3 volte superiori al limite di eutrofia, manifestando una colorazione marrone delle acque.

Il fenomeno di eutrofizzazione in atto da circa 15 giorni, è innescato e alimentato essenzialmente dagli apporti di nutrienti di origine padana e si mostra particolarmente intenso nella zona settentrionale (Delta Po-Ravenna) ed in quella meridionale (Cesenatico-Cattolica), favorito anche dalla stabilità meteo-marina del periodo.

Scarsa è la trasparenza in tutte le stazioni, compresa tra 1 e 1.5 m, a causa dello sviluppo di biomassa microalgale.

Ancora bassa la temperatura delle acque superficiali, attorno ai valori minimi del periodo, variabile da 4.7 a 6 °C.

Come ovvio l'ossigeno disciolto risulta in sovrassaturazione in superficie e tende leggermente a diminuire sul fondale, senza creare problemi all'ecosistema bentico.

Bollettino N 4 del 18 Febbraio 2004

Nella fascia costiera monitorata (Cesenatico-Goro) si rileva una riduzione del processo di eutrofizzazione che aveva caratterizzato lo stato qualitativo delle acque costiere nelle scorse settimane. In particolare nella zona settentrionale i livelli di biomassa microalgale si attestano attorno alla condizione di eutrofia mentre nella parte centrale si abbassano mediamente di circa un terzo.

Il decremento della condizione eutrofica è imputabile alle mareggiate dei giorni scorsi ed alla dinamica costiera delle acque, molto attiva in questo periodo, i cui forzanti principali risultano i venti di Tramontana, Levante e Scirocco.

Permane bassa la trasparenza delle acque per il materiale fine risospeso.

Entro la variazione media del periodo si posizionano gli altri indicatori idrologici rilevati.

La parte sud della costa non è stata monitorata a causa delle avverse condizioni meteo-marine

Bollettino N 5 del 03- 04 Marzo 2004

Il mare mosso che ha caratterizzato la scorsa settimana ha contribuito a migliorare la situazione dello stato qualitativo anche nella zona settentrionale della costa. Gli indicatori di biomassa microalgale infatti si mantengono in tutta la zona al di sotto del limite di eutrofia.

Lungo la fascia costiera si evidenzia una significativa diminuzione della salinità che attesta un apporto consistente di acque dolci dai fiumi ed in particolare dal Po (1474 m³/secondo). Mentre la colonna d'acqua risulta ben miscelata, poichè le grandezze idrologiche si mostrano omogenee dalla superficie al fondo, la trasparenza è generalmente bassa (tra 1 e 1.5 metri) a causa del materiale fine risospeso dalle mareggiate.

Da segnalare la bassa temperatura di superficie che presenta valori medi inferiori di 1.5°C rispetto la media del periodo.

Bollettino N 6 del 18- 19 Marzo 2004

La zona costiera controllata (Goro-Cattolica) è interessata da diversi giorni da un processo di eutrofizzazione intenso ed esteso determinato da una fioritura della *Diatomea Skeletonema costatum*.

Gli alti livelli di biomassa microalgale riscontrati sia nella fascia costiera che nelle zone al largo (10 Km), unitamente all'apporto di cospicui volumi di acque dolci e di fattori eutrofizzanti associati, provenienti dal bacino padano e dai bacini costieri, favoriti dalle condizioni meteo-marine stabili, configurano uno stato qualitativo ambientale delle acque "MEDIOCRE/SCADENTE" particolarmente nella zona meridionale della costa.

La fioritura in atto, che si manifesta con una colorazione verde-marrone, riduce la trasparenza che risulta compresa tra 0.5 e 1.5 metri e determina una sovrassaturazione dell'ossigeno in superficie.

Sul fondo, nonostante la forte stratificazione salina, l'ossigeno, pur riducendosi si mantiene su livelli medio/alti.

Da segnalare la stabilità della colonna d'acqua causata soprattutto dalla presenza nello strato superficiale di acque dolci che riducono di circa un terzo la salinità normale.

Bollettino N 7 del 22- 24 Marzo 2004

I controlli sullo stato qualitativo delle acque costiere evidenziano un netto miglioramento dello stato eutrofico rispetto la scorsa settimana.

La diminuzione della biomassa microalgale su tutta la fascia costiera è stata determinata dalla circolazione persistente dei venti di Ponente/Libeccio che hanno sospinto e disperso le acque di superficie verso il largo con conseguente ricambio delle masse d'acqua, diminuzione della temperatura ed incremento della salinità, soprattutto nella zona centro-meridionale della costa, nonostante che gli apporti dai fiumi risultino ancora medio/alti.

Entro la variazione media del periodo si attestano gli altri indicatori idrologici che caratterizzano le masse d'acqua.

Bollettino N 8 del 29- 30 Marzo 2004

L'area controllata non evidenzia fioriture microalgali in quanto gli indicatori di stato trofico sono al di sotto del limite di eutrofizzazione.

Recenti apporti fluviali dal bacino padano e dai bacini costieri hanno determinato un calo dei valori di salinità nel sistema costiero, in particolare nell'area centro-settentrionale, in progressiva diminuzione da sud verso nord.

Nella norma il contenuto di ossigeno disciolto sia in superficie che sul fondo.

La trasparenza risulta bassa nella zona tra Ravenna ed il delta Po per il detrito inorganico trasportato dai fiumi, mentre aumenta nell'area a sud della costa.

La temperatura delle acque in superficie si mantiene ancora al di sotto della media del periodo.

Bollettino N 9 del 05- 06 Aprile 2004

Le condizioni qualitative ambientali lungo la fascia costiera dal delta Po a Cattolica permangono in uno stato "BUONO/ELEVATO".

A seguito dei venti di Libeccio si è verificato un rapido ricambio delle masse d'acqua, soprattutto dal fondo verso la superficie e verso la costa, che ha determinato un incremento della salinità, una diminuzione della temperatura (attorno ai 10 °C) e soprattutto una forte riduzione della biomassa microalgale.

La trasparenza delle acque è molto alta in tutte le stazioni monitorate sia in costa che al largo con un massimo di 10 metri di visibilità.

Da segnalare la presenza della "microalga" *Noctiluca scintillans*, abbastanza diffusa nei giorni scorsi, che si manifestava a forma di strisce di colore arancione nella parte centro-meridionale della costa e che attualmente risultano disaggregate e disperse per effetto dei venti provenienti da Sud-Ovest.

Bollettino N 10 del 14- 15 Aprile 2004

Le acque costiere dell'Emilia-Romagna non sono interessate da processi di eutrofizzazione.

Tutti gli indicatori di stato trofico attestano che le condizioni qualitative dell'ecosistema costiero si mantengono ancora in una condizione "BUONO/ELEVATO" nonostante i localizzati apporti dai bacini costieri e padano che riducono la salinità in superficie.

Nella zona centro-settentrionale la trasparenza risulta bassa a seguito del materiale inorganico risospeso per le recenti mareggiate.

La temperatura di superficie si mostra al di sotto della media del periodo di 1-2 °C.

Permane, sebbene sporadica e localizzata al largo, la presenza della "microalga" *Noctiluca scintillans* che si manifesta a forma di strisce di colore arancione.

Bollettino N 11 del 19-21 Aprile 2004

Rispetto la scorsa settimana, rimangono invariate le condizioni dello stato qualitativo dell'ecosistema costiero caratterizzato da bassi livelli di biomassa microalgale, in ulteriore diminuzione particolarmente nella zona centro-meridionale della costa.

A migliorare ulteriormente la situazione ambientale delle acque costiere ha contribuito anche il periodo di mare mosso dei giorni precedenti.

Soltanto nella zona antistante P. Garibaldi, peraltro molto localizzata, si riscontrano livelli di clorofilla "a" che identificano uno stato eutrofico.

I valori di temperatura, in incremento, tendono ad allinearsi sui valori medi del periodo e la trasparenza risulta più elevata soprattutto nella zona meridionale della costa.

Gli altri parametri idrologici acquisiti rientrano nella variazione media del periodo.

Bollettino N 12 del 27- 28 Aprile 2004

Nella fascia costiera controllata sono in atto sversamenti fluviali dal bacino padano in particolare e dai bacini minori. Pertanto si registrano valori di salinità medio-bassi ed in progressiva diminuzione all'approssimarsi dell'area settentrionale ed in corrispondenza delle foci fluviali.

Elevata la torbidità delle acque, in particolare nella zona settentrionale, per la presenza di detrito di origine fluviale; da segnalare localmente (nella stessa zona di cui sopra) la presenza di materiale legnoso flottante (rami, piccoli tronchi, ecc.) trascinati nelle plume fluviali.

Localmente in prossimità del delta padano si evidenziano circoscritti incrementi di biomassa microalgale.

In aumento la temperatura delle acque che risulta comunque inferiore di 1-2 °C rispetto le medie del periodo.

Bollettino N 13 del 03- 06 Maggio 2004

Lo stato qualitativo dell'ecosistema costiero è fortemente condizionato dalla variabilità meteo-marina che ha caratterizzato il periodo di indagine.

Le cospicue precipitazioni nel bacino padano determinano ingenti sversamenti di acque dolci ad alta torbidità con elementi nutritivi disciolti che vanno ad interessare la fascia costiera fino a 3-4 Km dalla costa, particolarmente evidenti nella zona a nord di Ravenna.

Sebbene i livelli di biomassa microalgale in superficie si assestano su valori medio-bassi, persiste invece, in diverse stazioni, una condizione di eutrofia nelle acque sottostanti localizzata sul termoclino. La situazione idrologica e di potenzialità trofica del sistema sono in rapida evoluzione conseguentemente ai venti da Sud-Ovest che hanno portato verso costa ed in superficie acque salate e più fredde dal fondo. La temperatura infatti risulta in diminuzione rispetto la scorsa settimana (nella zona da Ravenna al Delta Po) di circa 2°C.

Bollettino N 14 del 11- 12 Maggio 2004

La zona costiera monitorata è caratterizzata da due situazioni diversificate.

L'area a nord, compresa tra Ravenna ed il Delta Po, investita direttamente da cospicui apporti di acqua dolce veicolati dal fiume Po e dal Reno, presenta bassa salinità, torbidità elevata ed una condizione di medio/alta eutrofia; l'area che si estende da Ravenna a Cattolica mostra invece uno stato qualitativo ambientale "Elevato" con bassi livelli di biomassa microalgale, salinità alta e trasparenza elevata. In quest'ultima parte della costa infatti, i venti di Scirocco (Sud-Est) portano acque "pulite" dal largo verso la zona di riva.

L'ossigeno disciolto si mantiene omogeneo dalla superficie al fondo attorno alla saturazione.

Ancora in ribasso la temperatura delle acque che risulta compresa tra 13,5 e 16,0 °C.

Bollettino N 15 del 18-19 Maggio 2004

La condizione di eutrofizzazione che la scorsa settimana interessava la zona a nord di Ravenna, si è ulteriormente intensificata ed estesa verso la parte centrale e nelle stazioni al largo.

Il processo di sviluppo microalgale sostenuto prevalentemente da Diatomee, che determina una colorazione verde/marrone delle acque, risulta più intenso nella zona compresa tra 3 e 10 Km rispetto la fascia costiera ed è in correlazione con la riduzione della salinità.

Infatti, i fattori causali della fioritura in atto vanno ricercati nei cospicui apporti di nutrienti (azoto-fosforo) trasportati dai fiumi costieri e dal Po, nonché nelle condizioni meteo-marine stabili del periodo.

Come ovvio la trasparenza è mediamente bassa a causa del fitoplancton in sospensione.

Nella fascia costiera che si estende da Rimini a Cattolica la temperatura risulta inferiore e la salinità superiore a quanto rilevato nelle zone al largo, indicando un trasporto delle acque di fondo verso la zona di riva.

Bollettino N 16 del 25-26 Maggio 2004

Nella zona costiera che si estende da Goro a Ravenna permane uno stato di eutrofia sempre sostenuto da Diatomee che sviluppano una colorazione marrone/verde delle acque superficiali. Nelle restanti subaree gli indici di stato trofico si mantengono bassi attestando uno stato qualitativo dell'ecosistema costiero "Buono/Elevato", caratterizzato anche da una trasparenza medio/alta. In quest'area infatti, a causa della idrodinamica del periodo le acque delle zone al largo vengono portate lungo la fascia costiera dai venti di Scirocco. Nella parte settentrionale della costa si riscontra una bassa salinità dovuta agli apporti di acque dolci dai fiumi ed in particolare dal Po.

In questo periodo la colonna d'acqua presenta una stratificazione termica distinta in uno strato superficiale di 18-20 °C ed uno strato profondo di 12-14 °C.

Bollettino N 17 del 01-03 Giugno 2004

Nella zona costiera che si estende da Goro a Cattolica permane ancora uno stato di eutrofia sempre sostenuto da Diatomee più intensa nell'area meridionale.

Rispetto la settimana scorsa si evidenzia una generale diminuzione della salinità, in particolare nella zona da Ravenna fino al delta Po.

I valori dell'ossigeno disciolto nelle acque di fondo, rientrano nella norma malgrado la presenza di una stratificazione sia termica che salina.

Bassa la trasparenza per la presenza di acque di origine fluviale.

In aumento la temperatura delle acque che si assesta attorno al valore medio del periodo.

Bollettino N 18 del 07- 08 Giugno 2004

Nella zona costiera che si estende da Goro a Cattolica permane uno stato di eutrofia sempre sostenuto da Diatomee che conferiscono alle acque superficiali una colorazione marrone/verde. Gli apporti di acque dolci provenienti dai fiumi costieri ed in particolare dal Po, contribuiscono a mantenere una situazione caratterizzata da bassi valori di salinità e scarsi valori di trasparenza anche nelle acque a largo. Pur

permanendo una situazione di stratificazione termica e salina della colonna d'acqua, i valori dell'ossigeno disciolto nelle acque di fondo rientrano nella norma.

In aumento i valori di temperatura delle acque superficiali che si avvicinano al valore medio del periodo.

Bollettino N 19 del 15-16 Giugno 2004

Il mare mosso dei giorni scorsi ha determinato una regressione generale dello stato trofico registrato la scorsa settimana. Permane però una condizione di eutrofizzazione localizzata nella zona a ridosso del delta Po alimentata dagli apporti del bacino padano. La salinità è in aumento a conferma dell'avvenuto rimescolamento della colonna d'acqua, che attualmente si presenta non stratificata.

La temperatura è ovunque in diminuzione attestandosi attorno a 20°C, rientrando comunque nella media del periodo. In generale bassa la trasparenza, anche nelle stazioni verso il largo, a causa del materiale fine inorganico risospeso dal mare mosso.

Bollettino N 20 del 21-22 Giugno 2004

Lo spirare dei venti dai quadranti meridionali nei giorni scorsi, in particolare il Libeccio, ha ulteriormente migliorato la situazione dello stato qualitativo delle acque costiere. La particolare circolazione attivata, ha sospinto le acque di superficie verso il largo con il conseguente richiamo verso costa delle acque profonde, che risultano più fredde e più salate.

Infatti in gran parte della costa la salinità risulta alta, la trasparenza elevata e soprattutto i livelli di biomassa microalgale sono molto bassi. Soltanto nella zona prossima al delta del Po permane uno stato di eutrofizzazione anche intenso, comunque molto localizzato. Entro la norma del periodo le altre variabili idrologiche monitorate. L'ossigeno disciolto sul fondo, pur mostrando una riduzione rispetto la superficie, si mantiene su concentrazioni compatibili con lo stato vitale degli organismi che vivono sul fondale.

Bollettino N 21 del 28-29 Giugno 2004

Le acque costiere monitorate (Bagni di Volano-Cattolica) presentano nella sola zona settentrionale della costa, in particolare in prossimità del delta padano, una modesta condizione di eutrofia.

In tale zona si rilevano bassi valori di salinità e di trasparenza causa recenti immissioni fluviali dal bacino del fiume Po in particolare, e localmente focolai microalgali. I controlli dell'Ossigeno disciolto sul fondo non evidenziano anomalie. In aumento la temperatura delle acque superficiali.

Progressivo il miglioramento nell'area centrale e netto in quella meridionale che presenta buone condizioni chimico-fisiche e biologiche.

I rilievi con telecamera filoguidata evidenziano in profondità ed al largo della costa la presenza di aggregati mucosi.

Bollettino N 22 del 05/06 Luglio 2004

Le acque costiere monitorate (Cattolica-Bagni di Volano) non presentano in generale condizioni eutrofiche. Circoscritti incrementi microalgali si riscontrano a ridosso del delta del Po, dove permangono bassi valori di salinità e trasparenza.

I controlli dell'ossigeno disciolto sul fondo evidenziano casi tendenti all'ipossia a ridosso del delta Padano e, localmente, nelle acque al largo dell'area centrale.

Nell'area meridionale permangono condizioni di elevata salinità e trasparenza e bassi indici di biomassa microalgale. In ulteriore aumento la temperatura delle acque superficiali, in particolare nell'area meridionale della costa.

Gli aggregati mucosi sulla colonna d'acqua sono in diminuzione. Tende ad aumentare il processo di sedimentazione. Affioramenti di mucillagine sono stati osservati nelle sole acque al largo nelle aree centro - settentrionali.

Bollettino N 23 del 14- 15 Luglio 2004

A seguito dei venti di Libeccio (sud-ovest) che hanno caratterizzato la fine della settimana scorsa, da un lato si è osservato il dissolvimento ed il trasporto verso il largo degli aggregati di mucillagine in superficie presenti lungo la fascia costiera, dall'altro si è verificato un rapido ricambio delle masse d'acqua con un miglioramento dello stato trofico e qualitativo. La particolare circolazione che è stata attivata, con il trasporto delle acque di superficie verso il largo ed il conseguente richiamo in costa delle acque di fondo, di fatto ha determinato una riduzione della temperatura superficiale, che è passata da 26 °C a 23.5 °C, un incremento della salinità, una riduzione della biomassa microalgale ed in definitiva un aumento della trasparenza. Inoltre lungo la colonna d'acqua i parametri idrologici risultano omogenei

dalla superficie al fondo; in particolare i valori dell'ossigeno disciolto rientrano nella norma attestandosi attorno la saturazione, anche sul fondale.

Bollettino N 24 del 19- 20 Luglio 2004

Permangono in uno stato qualitativo "Buono-Elevato" le condizioni ambientali dell'ecosistema marino. Sia le acque costiere che quelle al largo sono, in generale, caratterizzate da salinità elevata, alta trasparenza (oltre 10 m nelle stazioni al largo) e soprattutto da bassi livelli di biomassa microalgale. Soltanto nella zona compresa tra Porto Garibaldi ed il delta Po si registra un incremento del fitoplancton, con valori al limite della condizione eutrofica. Questa zona infatti, influenzata dagli apporti del bacino padano, presenta una salinità più bassa in superficie ed una condizione di ipossia delle acque di fondo. Entro la norma del periodo la variazione delle grandezze idrologiche controllate che si mantengono omogenee dalla superficie al fondo. In ulteriore aumento la temperatura delle acque costiere che varia da 25 al 27 °C.

Bollettino N 25 del 29- 30 Luglio 2004

Analogamente a quanto rilevato la scorsa settimana, nella zona monitorata (Cattolica-Bagni di Volano) rimangono invariati i valori chimico-fisici delle acque, evidenziando gli indicatori di stato trofico al di sotto del limite di eutrofizzazione. Infatti il perdurare dello spirare dei venti dai quadranti meridionali mantiene la colonna d'acqua ben rimescolata con una distribuzione omogenea dalla superficie al fondo dei parametri idrologici. Mentre i valori di salinità nella zona settentrionale risentono degli apporti provenienti dal bacino padano, nella zona centro-meridionale della costa si mantengono ancora elevati. I controlli dell'ossigeno disciolto sul fondo evidenziano limitati casi di sottosaturazione entro la fascia dei 6 km; queste locali zone di ipossia si collocano in particolare nelle subaree "A" e "B". In diminuzione i valori di trasparenza a causa della presenza di materiale in sospensione a seguito delle continue mareggiate verificatesi nei giorni scorsi. Inalterati i valori di temperature delle acque superficiali che si mantengono intorno ai 25°C.

Bollettino N 26 del 02/05 Agosto 2004

Nell'area costiera monitorata (Cattolica-Bagni di Volano) permangono condizioni di elevata salinità e trasparenza e bassi indici di biomassa microalgale. Lo spirare dei venti dai quadranti meridionali ha favorito l'ingressione in costa di acque oligotrofiche che caratterizzano normalmente le acque più al largo. Solo in prossimità del delta padano si evidenziano circoscritti focolai eutrofici e valori di salinità in diminuzione per apporti padani. Nella medesima zona si rilevano bassi valori di ossigeno disciolto nelle acque di fondo. In aumento la temperatura delle acque superficiali, in particolare nell'area settentrionale della costa.

Bollettino N 27 del 11- 12 Agosto 2004

La zona costiera controllata che si estende da Goro a Cattolica e da costa fino a 10 Km al largo, presenta uno stato di moderata eutrofia nella zona che va dal delta del Po a Ravenna e da costa fino a 1-2 Km al largo. In questa stessa area la salinità tende a diminuire segnalando un apporto di acque dolci e di elementi nutritivi disciolti provenienti dal bacino padano. Nella parte centro-meridionale sia in costa sia al largo, la salinità è alta (attorno a 34-36 psu) così come la temperatura che raggiunge valori di 27.7°C e che non scende al di sotto di 26°C. Nella parte settentrionale della costa si è instaurata una condizione di anossia delle acque di fondo determinata dalla degradazione della sostanza organica prodotta dall'evento eutrofico in atto. L'estensione della zona anossica e ipossica è di circa 120 Km²) ed interessa la fascia costiera da Ravenna nord al delta Po. Da segnalare che nella zona compresa tra Milano Marittima e Rimini, in un'area prettamente costiera, (dalla battigia fino a 100-200 m al largo) è in atto un fenomeno eutrofico (Red Tide) sostenuto dalla microalga *Fibrocapsa japonica* che si manifesta in modo discontinuo e che determina una colorazione rosso-bruno delle acque ed una forte riduzione della trasparenza.

Bollettino N 28 del 16- 17 Agosto 2004

La zona monitorata che si estende da Goro fino a Cattolica e da costa fino a 10 Km al largo, in generale, è caratterizzata da uno stato qualitativo "BUONO/ELEVATO". In particolare la parte centro-meridionale

della costa (da Ravenna a Cattolica) presenta una elevata salinità, alta trasparenza (oltre 10 m di visibilità al largo) e livelli minimi di biomassa microalgale.

Il buono stato dell'ecosistema marino è favorito dall'apporto di acque provenienti dalle zone al largo che sono sospinte verso costa dai venti di Scirocco.

Continua la situazione di eutrofizzazione limitata alla zona a sud del delta Po fino a P. Garibaldi che si sviluppa fino a 3-4 Km dalla costa. In quest'area, investita direttamente dagli apporti del bacino padano, si evidenzia una riduzione della salinità, un incremento del processo eutrofico che si manifesta con una colorazione rosso-bruno delle acque, una sensibile riduzione della trasparenza (1-2 m) ed una stratificazione della colonna d'acqua.

Lo stato di anossia presente nelle acque di fondo la scorsa settimana nella parte settentrionale della costa, si è dissolto; permane in ogni caso un'area di ipossia limitatamente alla zona centrale della fascia costiera.

Bollettino N 29 del 23- 24 Agosto 2004

Sensibile miglioramento dell'area controllata (Bagni di Volano - Cattolica) che evidenzia uno stato qualitativo "Buono-Elevato".

Le condizioni meteo-marine del periodo, caratterizzate dallo spirare di venti dai quadranti meridionali (Scirocco in prevalenza) hanno favorito il ricambio delle acque costiere con acque "oligotrofiche" profonde provenienti da zone off-shore.

Pertanto si riscontra, soprattutto nella zona centro - meridionale, elevata salinità e trasparenza, bassi indici di biomassa microalgale e valori di ossigeno disciolto nella norma. La colonna d'acqua non presenta stratificazioni fino ad una distanza da costa di 6 Km, con parametri monitorati omogenei dalla superficie al fondo. Lieve flessione della temperatura superficiale per la risalita di acque profonde più fredde.

Bollettino N 30 del 30- 31 Agosto 2004

Le condizioni meteo-marine favorevoli e gli scarsi apporti dal bacino padano e da quelli costieri contribuiscono a mantenere ancora "Buono/Elevato" lo stato qualitativo dell'ecosistema marino.

In regressione anche i livelli di biomassa microalgale riscontrata la scorsa settimana nella zona limitata a ridosso del delta del Po.

Le acque costiere sono quindi caratterizzate da basse concentrazioni di Clorofilla, assenza di processi eutrofici, alta salinità e concentrazioni di ossigeno attorno la saturazione.

I parametri chimico-fisici rilevati si mostrano omogenei dalla superficie al fondo e rientrano nella norma del periodo.

Da segnalare la elevata trasparenza dell'acqua che, nelle stazioni al largo, è superiore ai 20-22 m di visibilità.

Bollettino N 31 del 08 Settembre 2004

La fascia costiera monitorata (Cesenatico-Goro) è interessata da un processo di eutrofizzazione che si estende da Ravenna fino al delta del Po. Nella parte centrale della costa gli indici di biomassa microalgale diminuiscono attestando una condizione di stato trofico medio-bassa.

Per avverse condizioni del mare non è stato possibile completare il controllo della zona a sud della costa.

Gli apporti dal bacino padano unitamente alle condizioni al contorno favorevoli contribuiscono a mantenere elevati gli indicatori di eutrofizzazione particolarmente a ridosso della zona del delta del Po. In questa zona oltre ad una evidente colorazione verde-marrone delle acque si registra una riduzione della salinità, ed in generale una riduzione della trasparenza che si attesta tra 1 e 2 metri.

A livello del fondale le concentrazioni di ossigeno rientrano nella norma, ad eccezione della zona costiera tra Lido delle Nazioni ed il delta del Po ove si evidenziano condizioni di ipossia sul fondo.

Bollettino N 32 del 13- 14 Settembre 2004

Lungo la fascia costiera monitorata che si estende dal delta Po a Cattolica e da costa fino a 10 Km al largo, non sono presenti processi di eutrofizzazione. Rispetto la scorsa settimana sono in regressione i livelli di biomassa microalgale anche nella zona compresa tra Ravenna e il delta Po attestando un miglioramento dello stato trofico e qualitativo delle acque costiere.

Nella parte settentrionale della costa, in modo particolare nelle stazioni a ridosso del delta, si evidenzia una diminuzione della salinità dovuta agli apporti generati nel bacino padano, che tende proporzionalmente ad aumentare da nord verso sud e da costa verso il largo. Nella parte centrale e meridionale gli indicatori idrologici analizzati confermano la condizione Buono/Elevato dell'ecosistema

marino riscontrata anche la scorsa settimana. Permane e si intensifica lo stato di anossia delle acque di fondo localizzato e limitato alla zona costiera a sud del delta padano. In generale i parametri idrologici rientrano nella norma del periodo, risultando omogenei dalla superficie al fondo. Permane una condizione di trasparenza alto/elevata nelle stazioni verso il largo dalla costa.

Bollettino N 33 del 20- 21 Settembre 2004

I rilievi effettuati dopo le condizioni meteo-marine perturbate che avevano caratterizzato la scorsa settimana, evidenziano una ulteriore riduzione dei livelli di biomassa microalgale ed assenza di processi di eutrofizzazione lungo la fascia costiera.

Lo stato idrologico della colonna d'acqua risulta omogeneo quindi le grandezze idrologiche (Temperatura, torbidità, clorofilla "a" e pH), sono uniformi dalla superficie al fondo.

A seguito delle precipitazioni che hanno interessato i bacini costieri e soprattutto quello padano, si evidenzia un significativo apporto di acque dolci dai fiumi che riduce la salinità in superficie, favorita anche dal mare calmo del periodo, nella zona centro-settentrionale della costa.

La distribuzione dell'ossigeno disciolto sul fondo permane invariata rispetto il precedente monitoraggio, manifestando uno stato di anossia/ipossia, limitato come estensione, localizzato a ridosso del delta Po.

La trasparenza è medio/bassa (1-2 m) nelle aree interessate dagli apporti fluviali, mentre aumenta nelle stazioni verso il largo e verso la zona a sud della costa (3-4 m). Entro la media del periodo la variazione degli altri parametri chimico-fisici rilevati soprattutto in riferimento alla temperatura che oscilla tra 22 e 23 °C.

Bollettino N 34 del 28- 29 Settembre 2004

La fortissima mareggiata che ha interessato la fascia costiera la scorsa settimana ha condizionato le caratteristiche chimico-fisiche e lo stato qualitativo delle acque costiere; infatti le acque superficiali sia in costa sia al largo presentano ancora una elevata torbidità a causa del materiale fine inorganico risospeso dal mare mosso. Tutta la colonna d'acqua risulta omogenea e ben rimescolata con incremento della salinità rispetto la scorsa settimana.

I livelli di biomassa microalgale sono in ulteriore regressione ad eccezione della zona tra Viserba e Rimini ove si riscontrano fenomeni eutrofici di marea rossa (Red-tide) sostenuta dalla *Dinoflagellata Gonyaulax sp.* Completamente risolti i casi di ipossia sul fondo evidenziati nel precedente monitoraggio. In ulteriore calo la temperatura dell'acqua che si attesta tra i 19 e i 20 °C.

Bollettino N 35 del 04- 05 Ottobre 2004

La stabilità meteo-marina del periodo, caratterizzato da mare calmo e debole circolazione delle acque, associata ad un incremento degli apporti di nutrienti dai fiumi costieri e dal Po, hanno determinato un aumento del livello di biomassa microalgale che configura una condizione di eutrofizzazione nelle acque costiere (0-3 Km) nella zona che si estende da Ravenna al delta Po.

Nella parte centro-meridionale della costa le concentrazioni di clorofilla "a" tendono a diminuire attestando una situazione "Buono" dello stato qualitativo dell'ecosistema marino.

Il consistente apporto di acque dolci derivate dal bacino padano causa una sensibile riduzione della salinità formando uno strato di densità più bassa in superficie nella zona tra Porto Garibaldi e il delta Po.

Nell'area che va da Ravenna a Cattolica invece la salinità risulta ancora elevata e superiore alla norma.

Stabile rispetto la scorsa settimana la temperatura delle acque superficiali che oscilla tra 20 e 21 °C (1-2 °C superiore alla media del periodo).

Permangono e si estendono i fenomeni di marea rossa costituiti dalla fioritura della microalga *Gonyaulax spp.* che si manifesta a chiazze rossastre a 1-3 Km dalla riva nella parte meridionale della costa.

L'ossigeno disciolto si mantiene su valori prossimi alla saturazione in superficie, mentre tende a ridursi dimezzandosi sul fondo.

Bollettino N 36 del 11- 15 Ottobre 2004

Sensibile miglioramento dell'area controllata con assenza di fenomeni di eutrofizzazione.

A tale stato hanno contribuito le condizioni meteo-marine dei giorni scorsi, caratterizzate da venti spiranti dai quadranti settentrionali e da aumentato moto ondoso. Pertanto si evidenziano una normalizzazione dei valori di clorofilla "a" per diminuzione dei livelli di biomassa microalgale, un innalzamento dei valori di salinità ed una discreta ossigenazione della colonna d'acqua. In riduzione la trasparenza a causa del recente moto ondoso. In sensibile diminuzione la temperatura delle acque superficiali.

Bollettino N 37 del 18- 19 Ottobre 2004

Lo stato qualitativo dell'ecosistema costiero permane invariato rispetto la scorsa settimana, caratterizzato da condizioni ambientali assimilabili allo stato di "Buono". Nonostante l'incremento delle portate fluviali del periodo gli indicatori di stato trofico si mantengono ancora su valori medio/bassi ad eccezione della zona costiera a nord di Ravenna ove i livelli di biomassa microalgale tendono ad aumentare. Tutti i parametri idrologici rientrano nella variazione media del periodo e si distribuiscono uniformemente dalla superficie al fondo. In particolare si osservano alti valori di sanità ed una completa ossigenazione della colonna d'acqua.

Bollettino N 38 del 26- 28 Ottobre 2004

La fascia costiera controllata (Cattolica-Bagni di Volano) non è interessata da fenomeni di eutrofizzazione. Lo spirare di venti da E-SE nei giorni scorsi ed il conseguente moto ondoso hanno contribuito all'ingressione in costa (e al miscelamento) di acque oligotrofiche che caratterizzano normalmente le zone al largo (off-shore).

Pertanto le variabili controllate sono uniformi su tutta la colonna d'acqua, con elevati valori di salinità e livelli di biomassa ancora bassi. Bassi i valori di trasparenza a causa del recente moto ondoso.

Temperature superficiali senza marcate variazioni.

Bollettino N 39 del 02- 03 Novembre 2004

La zona antistante l'Emilia-Romagna è interessata da un moderato stato di eutrofia in diminuzione da nord verso sud e da costa verso il largo.

Le intense precipitazioni che hanno interessato il bacino padano nei giorni scorsi, hanno determinato un incremento delle portate fluviali ed in particolare del Po. Nell'area costiera centro-settentrionale si rileva una bassa salinità, circa la metà rispetto al valore normale, che provoca una condizione di stratificazione. Unitamente agli apporti di fattori eutrofizzanti che possono provocare lo sviluppo della biomassa microalgale, si osserva un aumento della torbidità e del trasporto di materiale solido galleggiante (rami, tronchi, ecc) veicolato soprattutto dal Po. Sebbene l'ossigeno sul fondo tenda a ridursi, anche della metà rispetto la superficie, non si riscontrano condizioni di ipossia tali da provocare una alterazione dell'ecosistema del fondale.

Permangono ancora elevate le temperature delle acque superficiali che risultano superiori di 2.5 °C rispetto il valore medio del periodo.

Bollettino N 40 del 17- 18 Novembre 2004

Dopo l'ultima mareggiata che ha caratterizzato la scorsa settimana, le condizioni ambientali delle acque marino costiere sono rientrate in un quadro di normalità.

Il rimescolamento completo della colonna d'acqua ha ulteriormente omogeneizzato i parametri idrologici che risultano uniformi dalla superficie al fondo. Attualmente soltanto la zona che si estende dal delta Po a P. Garibaldi fino a 10 Km dalla costa, risulta interessata dagli apporti del bacino padano poichè in quest'area la salinità è bassa.

Non si riscontrano anomalie nella concentrazione dell'ossigeno né della temperatura che, variando tra 11 e 13 °C rientra nella media del periodo.

Bassi i valori di biomassa microalgale che attestano l'assenza di processi di eutrofizzazione, mentre la bassa trasparenza rilevata è essenzialmente dovuta al materiale fine risospeso dalla mareggiata.

Bollettino N 41 del 23- 24 Novembre 2004

Le indagini sullo stato qualitativo delle acque costiere dell'Emilia Romagna non hanno evidenziato la presenza di fioriture microalgali, nonostante i livelli sostenuti di biomassa fitoplanctonica presenti nella zona costiera centro-settentrionale.

Rispetto alla scorsa settimana, quando le grandezze idrologiche (temperatura, salinità, ossigeno, pH) si mostravano più o meno uniformi dalla superficie al fondo, nell'attuale monitoraggio si osserva una marcata stratificazione termica che rappresenta un'anomalia per questo periodo.

A partire da 4-5 metri di profondità la temperatura incrementa di 5 °C rispetto alla superficie (attualmente di 10-11 °C), probabilmente a seguito del trasporto delle acque di fondo dal largo verso le zone di costa provocando quindi la formazione di 2 masse d'acqua a densità diversa.

Gli altri indicatori idrologici acquisiti non presentano andamenti che si discostano dalla variazione media del periodo, identificando una generale condizione ("Buono") dello stato ambientale delle acque marine.

Bollettino N 42 del 01- 02 Dicembre 2004

Le acque costiere marine sono ancora caratterizzate da una condizione dello stato qualitativo ambientale "Buono/Elevato", con bassi indici di biomassa microalgale, in ulteriore miglioramento rispetto la scorsa settimana soprattutto nella zona settentrionale della costa.

Se si esclude il valore di salinità basso nella zona a ridosso del delta Po in quanto investita direttamente dagli apporti derivati dal bacino padano, tutte le altre variabili idrologiche monitorate non mostrano anomalie significative rispetto all'andamento medio del periodo.

Bollettino N 43 del 13 - 14 Dicembre 2004

Le condizioni meteo-marine stabili che caratterizzano il periodo, unitamente agli apporti di nutrienti (fosfati e nitrati) sversati dal fiume Po e dai bacini costieri, determinano una condizione di eutrofizzazione delle acque, più accentuata nella parte settentrionale e centrale della costa. Gli incrementi di biomassa microalgale, determinati dall'abnorme sviluppo di Diatomee del genere *Thalassiosira sp.*, si manifestano con una colorazione marrone delle acque associata ad una riduzione della trasparenza. La temperatura mostra delle differenze significative tra la parte settentrionale, a ridosso del Po, e quella centrale antistante la Provincia di Ravenna, variando da 8.3 °C a 14.8°C. L'anomalo incremento della temperatura nelle acque costiere nell'area compresa tra foce Reno ed il delta Po è dovuto ai processi di risalita delle acque calde che dal fondo, per effetto di particolari correnti, sono trasportate verso la zona di riva provocando anche un aumento della salinità.

L'ossigeno disciolto sul fondo, pur evidenziando una riduzione di circa il 50% rispetto la superficie, non presenta condizioni incompatibili con le attività vitali degli organismi che vivono sul sedimento. Nella parte meridionale della costa lo stato di eutrofizzazione tende progressivamente a diminuire configurando una situazione "BUONO/MEDIOCRE" dello stato qualitativo ambientale.

5.2 Aggregati mucilluginosi

I primi segnali sulla presenza di materiale mucilluginoso sono stati riscontrati nelle zone off-shore verso la prima decade di giugno. Mentre da costa fino a 20 Km al largo non erano state rilevate aggregazioni di materiale mucilluginoso, la colonna e le acque superficiali erano interessate da uno stato trofico medio/basso in regressione da costa verso il largo con trasparenza limitata. Da 30 Km dalla costa fino a 50 Km al largo si osservavano in superficie limitate aggregazioni di mucillagine molto fini allo stadio iniziale di formazione.

Nella colonna d'acqua la mucillagine si presentava allo stadio 2 (in forma di filamenti, ammassi globosi), con dimensioni variabili da 2 a 10 cm circa, abbastanza radi e più visibili nella zona profonda da 10 a 20 metri. La colonna era fortemente stratificata con ampia differenza di temperatura tra la superficie e la zona profonda variando da 24.5 °C a -0.5 m fino a 15 °C a -10 m.

Nella zona off-shore, nelle stazioni site a 30-50 Km dalla costa, sono stati rilevati addensamenti di mucillagine lungo la colonna d'acqua, visibili anche dalla superficie, considerata l'elevata trasparenza, che tendevano a concentrarsi in uno strato compreso tra -5 e -8 metri.

Il materiale osservato, di sicura natura mucilluginosa, era analogo a quello riscontrato verso la metà di giugno del 2002 e del 2003, anche se in uno stato di aggregazione più basso e quantitativamente inferiore. La colorazione biancastra della mucillagine, la fluidità del materiale e gli elementi che l'avevano generata facevano presupporre che si trattava di sostanza organica gelatinosa di recente formazione.

L'esame al microscopio del materiale gelatinoso prelevato in superficie evidenziava la presenza, come per l'evento del giugno 2002 e 2003, della microalga *Gonyaulax fragilis* che essudando e/o disaggregandosi contribuisce, ed in molti casi ne rappresenta l'elemento fondamentale, alla produzione della mucillagine.

Tutto il materiale mucilluginoso si trovava sopra il termoclino o in corrispondenza della variazione di temperatura e, in aree circoscritte sia al largo che in costa, tendeva anche ad affiorare.

In superficie si osservavano sporadiche aggregazioni di materiale mucilluginoso non compatto più evidenti nelle zone prossime alla fascia costiera.

Nel pomeriggio del 11 giugno è stato effettuato un monitoraggio nella zona a sud della costa (transetto di Cattolica) per verificare la presenza della mucillagine, il suo stato di aggregazione, la distribuzione nella colonna d'acqua, gli affioramenti e la dislocazione spaziale.

Come per le rilevazioni effettuate il giorno precedente a Cesenatico, lungo la colonna d'acqua il materiale aggregato si osservava solamente nelle stazioni al largo in forma di filamenti. In questa zona lo stato di aggregazione risultava più compatto e tendeva a trasformarsi nella fase successiva a conformazione di reticolo.

Nella zona verso costa risultavano maggiori gli affioramenti e gli addensamenti in superficie che si manifestavano visivamente a chiazze non compatte, sporadiche, spesso sgranate, costituite da materiale fine di natura filamentosa e globosa.

Gli affioramenti si riscontravano più frequentemente nella zona meridionale della costa e nella fascia compresa tra 1 e 3 Km. Nonostante la stabilità meteo-marina ed il mare calmo di quei giorni, i venti di Scirocco, a regime di brezza, da un lato tendevano ad aggregare il materiale, dall'altro a sospingerlo verso la costa.

Nella terza settimana di giugno a seguito del passaggio della perturbazione associata ai venti di sud-ovest (Libeccio), in tutta la zona non sono state riscontrate aggregazioni di materiale mucillaginoso in superficie.

Anche nelle stazioni che si collocano da 1 km fino a circa 10 km dalla costa non si evidenziavano formazioni significative di mucillagine aggregata nella colonna d'acqua dalla superficie al fondo.

Nella parte centrale della costa il materiale mucillaginoso si osservava a partire da 10 km e soprattutto a 20 km dalla costa alle quote batimetriche comprese tra 10 e 15 metri. La mucillagine si presentava a conformazione di grossi reticoli e piccole nuvole ad uno stadio superiore rispetto la scorsa settimana. Nella direttrice di Cattolica la mucillagine era presente solo a 20 km dalla costa formando reticoli densi tra 8 m e 12 m di profondità.

Nei primi giorni di luglio sporadiche aggregazioni in superficie, costituite soltanto da materiale fine, sfilacciato, neoformato, erano state osservate soltanto a circa 20 km al largo nella parte centrale della costa. Rispetto la scorsa settimana ed alla condizione rilevata il 29 giugno, il materiale mucillaginoso mostrava un progressivo, sebbene lento sviluppo, con un incremento dello stato di aggregazione ed un ulteriore compattamento della mucillagine attorno al termoclino.

La situazione si presentava comunque diversificata nel transetto di Cesenatico rispetto a quello di Cattolica. Nella direttrice di Cesenatico la mucillagine si riscontrava solo a partire da 10 km dalla costa fino a 40 km verso il largo. La mucillagine era allo stadio “quattro” costituito da nuvole, grosse ragnatele e macroaggregati evidenziando, alla quota batimetrica compresa tra 5 e 10 metri di profondità anche una situazione di “falso fondo” (fig. 65-65).

A 30 e 40 km dalla costa si rilevava il massimo addensamento degli aggregati, visibili anche dalla superficie considerato la buona trasparenza delle acque (8-10 m di

visibilità). Nel transetto di Cattolica solo la stazione collocata a 20 km dalla costa presentava una situazione analoga a quella di Cesenatico. Procedendo dal largo verso costa il materiale mucillaginoso aggregato sempre in forma di nastri, ragnatele, reticoli si rilevava ad una quota batimetrica più profonda e prossima al fondale in corrispondenza delle variazioni di temperatura. A differenza di quanto osservato nella zona centrale della costa, in quest'ultima area la mucillagine era presente anche nelle stazioni prossime alla linea di riva (2-3 km dalla costa). Inoltre sempre nel transetto di Cattolica la mucillagine iniziava a depositarsi sul sedimento. Questa evoluzione, se da un lato riduceva gli affioramenti, dall'altro provocava ostacoli alle attività di pesca a strascico. Da segnalare il sensibile e rapido aumento della temperatura in superficie che è passata in pochi giorni dal circa 20°C a 24-25°C anche nelle zone al largo.

Nel pomeriggio del 8 luglio nella zona antistante Porto Garibaldi fino a 20 km dalla costa, è stato evidenziato un peggioramento della situazione rispetto i giorni scorsi. Infatti, se nell'area ravennate, pur riscontrando affioramenti nella zona compresa tra 5 e 15 Km dalla costa, questi si presentavano in forma di piccole strisce, lunghe qualche decina di metri, costituite da materiale fine, biancastro, non compatto, nella zona antistante la Provincia ferrarese, in particolar modo davanti Porto Garibaldi, gli aggregati superficiali mostravano forme e dimensioni ben maggiori tali da configurare una situazione di “criticità”.

In quest'ultima area la mucillagine di superficie si disponeva in larghe bande e strisce lunghe anche centinaia di metri e larghe qualche decina di metri che, procedendo da 20 km dalla costa fino a 2-3 km dalla riva, assumevano consistenza sempre maggiore fino a grosse ed estese masse compatte di qualche Km² (figg 64-65).

Il colore, la compattazione del materiale mucillaginoso evidenziavano che gli affioramenti non erano di recentissima formazione. Le strisce superficiali erano continuamente alimentate ed ingrandite sia dal materiale filamentoso che affiorava sia dall'apporto di piccoli aggregati di superficie. Verso la fascia costiera si osservavano spiaggiamenti nel tratto compreso tra Casalbosetti e Porto Garibaldi ed il materiale mucillaginoso presente tendeva ad assumere una colorazione beige-marrone poiché l'effetto “spugna” accumulava e tratteneva particolato e detrito di ogni genere. Nella zona in oggetto infatti era presente anche una condizione di eutrofizzazione con valori di clorofilla “a” di circa due volte maggiore al valore di stato di eutrofia. La temperatura dell'acqua in superficie risultava compresa tra 25 e 27 °C mostrando una ulteriore incremento rispetto i giorni precedenti.

Nella colonna d'acqua la mucillagine era visibile a partire da 1 km fino a 20 km dalla costa in forma di reticoli, nuvole, falso fondo, e nella zona che si estende da -4 m a -10 m di profondità, si compattava in uno strato di colonna più limitato. Come più volte

segnalato, se la mucillagine che si trova nella colonna d'acqua subisce spostamenti in funzione delle correnti, in genere parallele alla costa, quella di superficie si muove soprattutto in funzione del vento e di conseguenza ha uno spostamento più veloce e variabile.

Nel periodo predetto i venti di Scirocco (sud-est) tendevano a spostare gli affioramenti dal largo verso costa.

La forte libeccciata sopraggiunta il 9 luglio (vento del sud-ovest forza 4-5, con raffiche fino a 40-50 km/ora) ha completamente disperso il materiale mucillaginoso presente nella zona a nord della costa emiliano-romagnola. Il giorno successivo nel transetto di Cesenatico-Cervia (da costa fino a 20 km off-shore), non solo in superficie non si riscontrava alcuna aggregazione, ma dalle immagini rilevate con telecamera subacquea, tutta la colonna d'acqua risultava completamente priva di materiale mucillaginoso. Il Libeccio, ha insistito con forte intensità e continuamente per tre giorni, innescando una circolazione ed una dinamica delle acque perpendicolare alla costa; le acque di superficie sono state spostate al largo con il conseguente richiamo verso costa di quelle di fondo, più fredde e più salate.

La situazione si presentava molto simile all'evento dello scorso anno quando una libeccciata analoga fece sparire completamente il fenomeno che non si ripresentò più per tutta l'estate.

5.3 Macroalghe

Casi di proliferazione di macroalghe si sono verificati localmente durante la stagione calda con diverse specie appartenenti per lo più alla famiglia delle Ulvacee (*Ulva lactuca*, *Ulva fasciata*) e alla classe delle Rodoficee come *Polysiphonia sp.*, *Ceramium sp.*

5.4 Meduse

Nel 2004 si è ripresentata in forma invasiva nel periodo estivo la cubomedusa *Carybdea marsupialis*. Come di norma avviene anche nel 2004 la loro presenza è stata da più fonti segnalata in diverse aree della costa regionale ed ha presentato il massimo di densità numerica nel periodo luglio - ottobre. Questa specie ha potere urticante, anche se non di rilevante entità, Si è altresì presentata una discreta sciarmatura di *Cotylorhiza tuberculata* nei mesi estivi con il massimo di presenze nel mese di agosto. Contrariamente alla *C. marsupialis* che ha abitudini costiere, la *C. tuberculata* è per lo

più pelagica, difficilmente osservabile nelle acque strettamente costiere. Un'altra sciamatura determinata dalla specie *Aurelia aurita* con spiaggiamenti nelle spiagge del riminese si è avuta nel periodo maggio-giugno.

6. CONCLUSIONI

Il 2004 non ha presentato particolari anomalie dal punto di vista meteo-climatico e le conseguenti portate fluviali, soprattutto quelle del fiume Po, hanno avuto un decorso stagionale pressochè regolare in linea con l'andamento climatologico medio sebbene durante il periodo estivo si siano registrate basse portate per un periodo prolungato.

La portata media annuale del Po è risultata pari a 1217 m³/sec con un incremento di 350 m³/sec rispetto al 2003 e comunque inferiore alla media di portata di 1488 m³/sec calcolata sul periodo 1917-2004. Conseguentemente si sono avuti, soprattutto nella stagione estiva, valori insolitamente alti di salinità e ridotti apporti di sostanze ad effetto eutrofizzante (azoto e fosforo in particolare). Il mancato trasferimento verso il mare di azoto e fosforo nel periodo estivo ha determinato basse concentrazioni di clorofilla "a" (indicatore di biomassa microalgale in sospensione), indici di trofia che si approssimano ai valori minimi stagionali ed in genere una buona trasparenza delle acque.

La fascia costiera dell'Emilia-Romagna è caratterizzata da frequenti processi di eutrofizzazione che si manifestano su scale temporali e spaziali molto variabilità e che generalmente, seguono un modello di distribuzione che decresce da nord verso sud, da costa verso il largo, dalla superficie al fondo e dall'inverno all'estate.

Nel corso del 2004 verso la fine di gennaio un incremento di portata del Po ha determinato una fioritura di Diatomee (*Skeletonema costatum* prevalente) che si è mantenuta, anche se con fasi alterne, sino alla fine di marzo.

Nel mese di aprile nella zona centro meridionale della costa si è sviluppata una fioritura della microalga eterotrofa *Noctiluca scintillans* che si manifestava con strisce e chiazze lunghe decine di metri di colore arancione intenso. Questo tipo di fioritura, capace di emettere bioluminescenza (mare in amore), non ha determinato alterazioni sull'ecosistema poiché l'intero processo vitale (crescita sviluppo degradazione) avviene generalmente in superficie.

In fase di degradazione questi organismi assumono una conformazione e consistenza gelatinosa simile agli aggregati mucilluginosi.

Sino agli inizi di giugno gli eventi eutrofici che si sono manifestati sono stati in genere di modesta entità, saltuari e quasi sempre determinati da Diatomee. Segue un periodo caratterizzato da una buona qualità ambientale sull'intera fascia di mare costiera con elevate trasparenze delle acque. Solo verso la prima settimana di agosto si ha la comparsa della già nota microalga *Fibrocapsa japonica*, che nell'agosto 2003 generò problemi nel riccionese. Le acque brune e torbide indotte dalla massiva presenza di questa microalga ha interessato, anche se non in maniera continuativa ed uniforme, aree strettamente costiere comprese tra Ravenna e Riccione sino alla fine del mese di agosto.

Gli indicatori di stato trofico, mostrano una diminuzione da nord verso sud, e presentano condizioni trofiche medio/alte solo nel periodo inverno/primavera con un aumento rispetto al 2003 di circa il 40 % del valore medio costiero. La riduzione dei processi eutrofici nel periodo estivo è conseguente, da un lato alla diminuzione del carico di elementi eutrofizzanti sversato sia dai bacini costieri che dal bacino padano, dall'altro alla modificazione della circolazione costiera. In estate infatti, la corrente generata dalle acque dolci del Po tende a dirigersi verso il largo ed i venti di Scirocco, dominanti nel periodo estivo, portano acque oligotrofiche dalle zone off-shore verso la costa.

Verso la metà di agosto, per il verificarsi di un fenomeno di eutrofizzazione coincidente con alte temperature e marcate stratificazioni termiche sulla colonna d'acqua, si è verificato un caso di anossia e di ipossia dei fondali nell'area compresa tra il delta del fiume Po e Ravenna. Tale evento ha provocato situazioni di sofferenza nei popolamenti bentonici con un limitato caso di spiaggiamento di pesci, molluschi e crostacei nell'area compresa tra Porto Garibaldi e la foce del fiume Reno. Gli eventi anossici delle acque bentiche sono continuati anche nel mese di settembre con estensioni limitate nella fascia costiera ferrarese senza provocare spiaggiamenti di organismi.

Rispetto lo scorso anno le anossie sui fondali si sono ridotte in estensione e frequenza e soprattutto sono state confinate nella sola zona a ridosso del delta Po.

Le zone antistanti la costa emiliano-romagnola nell'estate 2004 sono state interessate dalla presenza di mucillagine. Il fenomeno si è sviluppato nel periodo giugno-luglio ed è stato limitato come intensità ed estensione rispetto ai casi precedenti (anni 2000, 2001, 2002, 2003)

Gli affioramenti sono stati sporadici e confinati nella parte settentrionale e meridionale della costa e solo occasionalmente hanno interessato la fascia costiera di balneazione.

Gran parte del materiale aggregato si è distribuito nella colonna d'acqua con limitati depositi sul sedimento; non sono state riscontrate condizioni ipossiche sul fondo in concomitanza con i processi di sedimentazione del materiale mucillaginoso ed in generale non sono state rilevate alterazioni significative dell'ecosistema bentonico. Anche gli effetti sulla pesca sono stati contenuti. Verso il 7 - 8 luglio si sono manifestati diffusi affioramenti di mucillagine nelle acque non costiere del ravennate e del ferrarese con un solo caso di spiaggiamento nella fascia costiera compresa tra Porto Garibaldi e Foce Reno. Nel periodo 9 - 12 luglio si instaurano condizioni meteorologiche caratterizzate da forti venti da Libeccio (raffiche di 40-50 km/ora); come avviene in genere in questi casi il fenomeno è andato incontro ad una progressiva riduzione sino a scomparire.

A prescindere dal non grave interessamento del fenomeno nei confronti della costa della nostra Regione, va segnalato che nel 2004 il fenomeno ha riguardato l'intero bacino adriatico, comprese aree sino ad ora poco o mai interessate quali le Tremiti e la bassa Dalmazia.

E' stata riscontrata e confermata, come negli anni precedenti, la presenza della Dinoflagellata *Gonyaulax fragilis* negli aggregati iniziali della mucillagine.

Questa Dinoficea, nei mesi primaverili/estivi e nell'area monitorata, costituisce l'elemento causale fondamentale dello sviluppo del materiale mucillaginoso prodotto sia come essudato che per disgregazione delle microalghe stesse. Resta inteso che oltre alla presenza di detta flagellata giocano un ruolo importante le condizioni al contorno indotte dal cosiddetto *global change* quali alte temperature delle acque, rallentamento dei processi idrodinamici, stasi e conseguente accumulo degli aggregati.

Dal rapporto azoto/fosforo si riconferma anche per il 2004 il ruolo del fosforo quale fattore limitante la crescita delle microalghe per la maggior parte delle stazioni monitorate sia in costa sia al largo.

Come già rilevato nelle indagini degli anni precedenti, durante il periodo estivo il rapporto N/P tende ad abbassarsi configurando condizioni di azoto-limitazione particolarmente nella zona meridionale della costa e nelle stazioni off-shore.

A modulare il predetto rapporto contribuisce in maniera determinante la componente azotata che derivando in gran parte da fonti diffuse, veicolata quindi dalle precipitazioni e dagli apporti fluviali, si mantiene elevata in inverno ed autunno riducendosi di circa un ordine di grandezza nel periodo estivo.

Tra gli altri eventi degni di nota si ricorda la comparsa, a volte invasiva, nelle aree recluse a scarso ricambio (barriere frangionda, porti), di macroalghe brune e verdi e la presenza nel periodo compreso tra luglio e settembre, della cubomedusa *Carybdea marsupialis*. Si tratta di una specie con potere urticante medio che predilige le acque strettamente costiere. La sua presenza è stata segnalata in diverse aree della costa emiliano-romagnola.

Con riferimento infine al D.Lgs.152/99 e successive integrazioni (D. Lgs 258/00), è stato effettuato, sulla base dell'andamento dell'indice trofico TRIX, la classificazione dello stato qualitativo ambientale delle acque costiere. Dai risultati emerge, come per il 2003, che nella scala temporale il TRIX presenta una forte variabilità stagionale, attestandosi in inverno, nello stato ambientale "Scadente", in primavera ed autunno in quello "Mediocre" mentre nel periodo estivo la situazione migliora nettamente e gran parte delle acque antistanti la costa emiliano-romagnola (da P. Garibaldi a Cattolica) si trovano in uno stato qualitativo ambientale "Buono/Elevato".

Lo stato ambientale migliora leggermente nelle aree collocate a 3 km dalla costa, particolarmente nella zona verso sud della costa, individuando pertanto per questa zona, un ruolo predominante degli apporti dai bacini costieri rispetto a quelli padani, nella determinazione dell'Indice TRIx.

Ai fini della classificazione dello stato qualitativo ambientale determinato dal predetto Indice Trofico rispetto agli anni 2002 e 2003 si registra un miglioramento, statisticamente significativo, dello stato qualitativo dell'ecosistema marino rispetto al 2002, al contrario, rispetto al 2003, si registra un significativo peggioramento.