

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITA' DI BOLOGNA

FACOLTA' DI SCIENZE MATEMATICHE FISICHE E NATURALI

Corso di laurea in SCIENZE AMBIENTALI

ANALISI DATI MULTIDISCIPLINARI DELLA ZONA COSTIERA DELL'EMILIA ROMAGNA

Tesi di laurea in **OCEANOGRAFIA E METEOROLOGIA**

Relatore

Prof.ssa Nadia Pinardi

Presentata da

Palestini Francesca

II sessione

Anno Accademico 2002 / 2003

INDICE

CAP. 1 – INTRODUZIONE

1.1 Il mare Adriatico	pag. 3
1.2 Il forzante ventoso della circolazione	“ 6
1.3 Monitoraggio – ARPA	“ 8
1.4 Obiettivo della tesi	“ 13

CAP. 2 – DATI E METODI

2.1 Dati marini Daphne	pag. 13
2.2 Dati marini utilizzati nello studio	“ 17
2.3 Dati meteorologici utilizzati nello studio	“ 17
2.4 Calcolo dell'Indice Trofico	“ 19
2.5 Metodi statistici di analisi	“ 20

CAP. 3 – RISULTATI

3.1 Calcolo ed analisi del TRIX per l'anno 2002	“ 22
3.2 Analisi dati atmosferici	“ 24
3.3 Analisi delle correlazioni	“ 27
3.3.1 Correlazione tra dati marini	“ 27
3.3.2 Correlazione tra dati marini e atmosferici	“ 30

CAP. 4 – CONCLUSIONI **pag. 32**

BIBLIOGRAFIA **pag. 33**

Appendice **pag. 34**

Capitolo 1- INTRODUZIONE

1.1 IL MARE ADRIATICO

Il Mar Adriatico è un tipico mare interno del Mediterraneo, si sviluppa in direzione Nord – Ovest, Sud – Est, fra la penisola italiana e quella balcanica. La sua lunghezza è di circa 800 km, la larghezza di 150 km. L'unica comunicazione con il Mar Ionio, tramite il canale di Otranto, si apre nella parte a SE. L'Adriatico si può suddividere in tre parti: Settentrionale, Centrale, Meridionale.

- **Adriatico Settentrionale**

Si identifica con questo nome la regione più a nord del bacino, caratterizzata da basse profondità (circa 35m), dovute al susseguirsi delle glaciazioni che determinarono un abbassamento del livello dell'acqua di circa 120 m, con la seguente formazione di quella che oggi rappresenta la piattaforma continentale. Si estende dal Golfo di Venezia e Trieste fino alla congiungente Ancona-Zara. Comprende anche la rientranza del Quarnaro, particolarmente ricca di isole. I fondali degradano dolcemente sino ad una profondità di 70-75 m.

- **Adriatico Centrale**

L'Adriatico centrale si estende dalla congiungente Ancona-Zara fino alla congiungente Gargano-Lastovo. La caratteristica morfologica più importante di questo tratto del bacino, è la presenza di un'area depressa, denominata Depressione Meso-adriatica o sacca di Pomo. Essa comprende tre piccoli bacini con profondità massime di poco superiori ai 250 metri ed è orientata in senso nordest-sudovest, cioè perpendicolare all'asse del bacino.

- **Adriatico Meridionale**

Si estende dall'allineamento Gargano-Lastovo fino ad una soglia posta al parallelo di Otranto. Il bacino meridionale nel suo complesso ha un andamento allungato in direzione nordovest-sudest, sub parallelo alle coste pugliesi e dalmato-albanesi. Il bacino è caratterizzato da una morfologia piuttosto regolare, interrotta solo eccezionalmente dalla presenza di rilievi sottomarini: da ricordare il Monte Dauno (al largo di Bari). La profondità scende al di sotto dei 1200 m e risale a circa 800 m in corrispondenza del Canale d'Otranto.

Il Mar Adriatico differisce anche per ciò che riguarda la morfologia delle coste (italiana e jugoslava), soggette a differenti processi di orogenesi e di erosione. Il versante italiano è caratterizzato da coste basse, sabbiose e poco frastagliate, il versante orientale al contrario presenta un grande numero di isole, coste alte e frastagliate, il fondale è irregolare e scende molto più velocemente del margine opposto.

Nell'alto Adriatico l'acqua è generalmente poco salata per le peculiari condizioni climatiche che determinano alta piovosità che produce massicci apporti fluviali, che a loro volta influenzano la differenza di densità tra coste italiane (sal. 30g/l) e coste croate-slovene (sal. 35 g/l). Quest'acqua meno salata scorre verso Otranto alla superficie e richiama l'ingresso di acque più dense e salate dal Mediterraneo orientale, attraverso il Canale d'Otranto, che fluiscono ad una profondità di circa 400 m. Tale corrente sottosuperficiale risale l'Adriatico lungo le coste orientali, fino all'estremo Nord, per poi ridiscendere lungo le coste italiane. L'azione della rotazione terrestre (forza di Coriolis) fa sì che le acque settentrionali rimangano confinate vicino alla costa sul lato occidentale, deviate verso destra rispetto al senso del moto.

In estate le acque del Nord-Adriatico sono assai meno dense rispetto al periodo invernale per l'aumento della temperatura ed i forti apporti di acque dolci non compensati dalla, sia pur elevata, evaporazione. Il divario di densità con il bacino meridionale aumenta, e le correnti di gradiente hanno quindi la massima intensità. Ne deriva che il massimo ricambio (cioè flusso entrante ed uscente) attraverso il canale d'Otranto, si ha in estate.

Il Mar Adriatico è soggetto ad una elevata variabilità a livello stagionale, questo lo si deduce dall'analisi dei principali fattori che caratterizzano le acque.

La circolazione dell'Adriatico è di tipo termoalino, guidata cioè da forzanti quali il flusso di calore, connesso al cambiamento della temperatura all'interfaccia aria – mare, il flusso di acqua netto verso il mare, determinato da evaporazione, precipitazione e apporto fluviale. Lo sforzo del vento comunque è paragonabile al flusso termoalino come forzante della circolazione, sia perché siamo in una zona poco profonda sia perché i regimi atmosferici di vento sono di grossa ampiezza.

Il vento imparte tempi di risposta particolarmente brevi al mare, al contrario del bilancio di calore e di acqua che invece sono responsabili delle strutture verticali di densità delle masse di acqua e quindi provocano cambi nella circolazione a scale temporali più lunghe.

Per capire la morfologia e l'idrodinamica dell'Adriatico è molto importante conoscere il bilancio idrologico del Po.

Il bilancio per l'Adriatico risulta essere, come detto in precedenza, positivo, detto anche circolazione estuarina, questo instaura un flusso di acqua superficiale e poco salata che fuoriesce e contemporaneamente un flusso entrante di acqua profonda salata e più densa, che ne fa dell'Adriatico un bacino di diluizione, caratterizzato da un grande apporto fluviale e abbondanti piogge, e da un bilancio positivo di calore.

Queste variazioni di flussi determinano l'instaurarsi di un evidente termocline soprattutto nella stagione estiva.

In primavera il flusso di calore all'interfaccia aria mare è invertito rispetto all'inverno e il progressivo accumulo di calore alla superficie genera una diminuzione di densità e l'instaurarsi del termoclino stagionale.

In primavera e in estate la stratificazione verticale provoca la comparsa dei gyres e delle correnti costiere, questo sistema ha origine termoalina durante l'estate, grazie anche all'apporto del fiume Po.

In questo periodo le acque dolci sono spinte al largo scivolando sullo strato più denso di acque salate, mentre le acque provenienti dai fiumi secondari rimangono confinate vicino alla costa.

Durante l'estate la profondità dello strato superficiale aumenta, di conseguenza si distinguono acque calde e dolci in superficie e più fredde, più salate e dense in profondità, dando una configurazione ben stratificata alla colonna d'acqua.

L'autunno è la stagione con strutture a grande scala più stabili: tre gyres ciclonici e la WACC (Western Adriatic Coastal Current) una corrente costiera caratterizzata da acque fredde e poco salate, che scende verso Sud nel lato ovest del bacino. Durante l'autunno il forzante ventoso e il flusso di calore provocano un aumento della densità con il conseguente innesco dei moti convettivi e la formazione delle acque profonde molto dense.

Durante il periodo invernale, dicembre fino a febbraio – marzo, la colonna d'acqua è fortemente instabile e molto rimescolata, al contrario del resto dell'anno e dell'estate in particolare in cui la stratificazione come già detto è ben marcata, generata dall'accumulo di calore alla superficie del mare.

Tre tipi di acque sono state identificate avere origine nell'Adriatico, sono caratterizzate con rispettive temperature (T , in °C), salinità (S), e densità (σ_t , in kg/m^3).

Esse sono: la Nord Adriatic Deep Water (NAdDW), con una temperatura di 11 °C, $S = 38.5$, $\sigma = 29.52$; la Mid – Adriatic Dense Water (MAdDW) con $T = 12^\circ\text{C}$, $S = 38.2$, $\sigma = 29.09$, e la South Adriatic Water (SAdW), altrimenti chiamata Acqua Profonda dell'Adriatico (Adriatic Deep Water, ADW), con $T = 13$, $S = 38.6$, $\sigma = 29.20$. Studi teorici hanno dimostrato la presenza di un giro ciclonico nel nord Adriatico durante l'inverno.

Questo è guidato da un gradiente orizzontale di densità tra le acque dense nella parte centrale del bacino e il ciclo costiero delle acque fluviali. Un altro tipo di acqua è quello formato nel bacino Levantino, l'Acqua Intermedia Levantina (Levantine Intermediate Water, LIW), questa acqua entra nell'Adriatico attraverso lo Stretto di Otranto ad alta salinità.

Il mar Adriatico è soggetto durante l'inverno a notevoli perdite di calore, che contribuiscono a moti convettivi verticali, con la conseguente formazione di acqua profonda.

Un'area è quella del nord Adriatico, durante i mesi invernali, gennaio e febbraio, l'avvento di piogge e aria fredda continentale associata a fenomeni di bora causa un forte abbassamento della temperatura superficiale e elevata evaporazione, che va ad aumentare la densità superficiale e innescando il meccanismo di rimescolamento verticale.

Gli elementi che contribuiscono alla convezione sono: un'ampia area esposta a piogge e vento forte freddo, una preesistente circolazione ciclonica, l'arrivo di acque più salate dal Sud.

L'intero Adriatico lo si può vedere formato da tre circolazioni cicloniche. Nel Nord Adriatico la struttura predominante è Northern Adriatic Current (NAd), in primavera questa corrente discende verso sud unendosi alla Western Middle Current (WMAAd).

1.2 IL FORZANTE VENTOSO DELLA CIRCOLAZIONE

Il mare è principalmente guidato dal flusso di momento o sforzo del vento: oceano e atmosfera sono infatti collegati da uno strato limite che considera lo stress viscoso all'interfaccia aria-mare.

E' importante capire quali sono le condizioni meteorologiche di vento dominanti in questa zona e vedere in che modo e misura agiscono sulle componenti marine. In questa tesi in particolare ci si è soffermati sulla correlazione che può esistere tra direzione del vento e la variabilità associata all'Indice Trofico.

Il Mar Adriatico è localizzato alle medie latitudini in una zona subtropicale ad alta pressione. Durante le stagioni invernali il tempo in Adriatico è caratterizzato da frequenti cicloni e anticicloni che si propagano da est all'interno della fascia occidentale.

I regimi di vento tipici dell'Adriatico sono lo *Scirocco* e la *Bora*. Altri venti come il *libeccio*, il *maestrale*, e le brezze possono essere predominanti localmente, particolarmente in estate.

- **BORA**

Il nome Bora è generalmente usato per descrivere un forte flusso di aria polare continentale che entra nel mar Adriatico da nord – est, attraverso il golfo di Trieste, dalle alpi Dinariche.

La parola bora deriva dai latini e significa “vento del nord”.

Ci sono due modelli di tempo meteorologico associato alla *Bora*:

- 1) modello anticiclonico: in cui il centro di alta pressione è presente sopra l'Europa centrale. In questo caso ci si riferisce alla bora “chiara” che è generalmente un vento secco, con cielo chiaro e buona visibilità ;
- 2) modello ciclonico: con il centro di bassa pressione presente sopra il Mar Tirreno, sul Mar Ionio. In questo caso ci si riferisce alla bora “scura”, spesso accompagnata da

basse nubi e una ridotta visibilità associata a pioggia e/o pioggerellina, e talvolta neve in inverno.

In alcune occasioni la *Bora* può essere ben localizzata, estendendosi solamente per poche miglia al largo. In altre occasioni, la *Bora* domina l'intero bacino del Nord Adriatico e quando la differenza di pressione è grande, può estendersi fino a Sud.

Nel Nord Adriatico la direzione del vento associata alla *Bora* è generalmente proveniente da nord-est.

È un vento che è molto comune durante le stagioni invernali (da novembre a marzo), la frequenza di vento forte (>15 m/s) varia da un giorno al mese, in estate, a più di sei giorni al mese durante l'inverno (Meteorological Office, 1962).

Generalmente il vento forte di Bora riesce a persistere circa 12 ore in generale sull'area Adriatica. A Trieste, il perdurare di forte vento di Bora va da tre giorni in inverno a uno in estate.

- **SCIROCCO**

Lo *Scirocco* è un vento caldo che proviene da SE, dai deserti del Nord Africa e dall'Arabia, ha una velocità tipica di 10 m/s non privilegia determinate stagioni rispetto ad altre e non è così forte come la Bora. La forza del vento >15 m/s la si ritrova specialmente in inverno e primavera, gli eventi di vento forte di Scirocco sono solo di 10 – 12 ore e occasionalmente di 36 ore. Essendo un vento di mare lo *Scirocco* non è soggetto a variazioni locali come la *Bora*, ma mostra variazioni geografiche causate dalla morfologia della costa. Tende ad essere vento da sud nello stretto di Otranto e più vento da est in molte zone lungo le coste settentrionali dell'Italia. Molti studi hanno dimostrato che lo *Scirocco* ha velocità massime lungo la costa est dell'Adriatico il suo intensificarsi è molto più graduale rispetto alla Bora, è in parte responsabile dell'innalzamento del livello del mare nell'alto Adriatico. Spirando da SE potrebbe fare divergere verso il largo le masse d'acqua della costa italiana alla superficie, attraverso il meccanismo del trasporto di Ekman,. Potrebbe quindi essere una componente importante nella formazione di fenomeni di upwelling.

Il vento di *Scirocco* caratterizza l'Adriatico specialmente durante l'autunno e l'inverno. Lo *Scirocco* è presente maggiormente nell'Adriatico del Sud e va calando in frequenza verso nord.

Altri venti considerati altrettanto importanti ma non dominanti in questa zona sono:

- **LIBECCIO**

Vento da ovest, sud – ovest. Soffia generalmente sul Tirreno.

- **MAESTRALE**

Vento proveniente da nord- ovest, proviene dalla Francia.

- **TRAMONTANA**

Vento freddo e violento, spira da nord in inverno. Come dice il nome stesso dal latino “tran montanus”, nasce al di là dei monti, e può investire tutta la penisola italiana.

1.3 MONITORAGGIO – ARPA

L'Italia dispone di uno straordinario patrimonio ambientale marino. Per tutelare e difendere questo ambiente è molto importante conoscerne le caratteristiche, tutto ciò per vari motivi:

- promuovere azioni mirate di risanamento e ripristino ambientale, e dove è possibile di salvaguardia e di valorizzazione;
- aumentare le azioni di controllo sulle aree più soggette a impatti di origine tellurica o di origine marittima;
- definire il danno ambientale arrecato dai fenomeni di inquinamento massivo;
- ridurre i costi degli interventi calibrando le iniziative sulle necessità effettive riscontrate a partire dai loro dati di base;
- adempiere agli obblighi sovranazionali e internazionali vigenti in questo campo.

La legge 31 dicembre '82, n. 979 e il D. Lgs. 31 marzo 1998, n. 112, prevedono tra i compiti di rilievo nazionale la realizzazione lungo le coste di una rete di sorveglianza della qualità dell'ambiente marino. Il Ministero dell'Ambiente ha ritenuto necessario rendere partecipe ogni regione costiera, e tuttora si è raggiunta una buona collaborazione e intesa a livello conoscitivo e tecnico tra Regioni e Ministero nella salvaguardia dell'ambiente marino costiero.

L'Ispettorato Centrale per la Difesa del Mare (ICDM), ha organizzato una rete di osservazione della qualità dell'ambiente marino costiero, effettuando periodici controlli con rilevamento di dati oceanografici, chimici, biologici e microbiologici al fine di tenere sotto controllo lo stato di qualità delle acque marine costiere.

Conoscere costantemente lo stato di salute del mare è un passaggio necessario per impostare una nuova gestione nazionale e sostenibile della fascia costiera.

Sono evidenti le correlazioni esistenti tra lo stato quali – quantitativo delle risorse biologiche del mare e i livelli di inquinamento riscontrati; pertanto l'obiettivo principale sotteso alla realizzazione di una rete di osservazione dello stato di qualità delle acque marine costiere, è proprio quello di evidenziare gli aspetti di criticità prospettando i possibili interventi da predisporre.

Si è quindi proceduto a realizzare tale rete di osservazione attraverso la stipula di apposite convenzioni con 13 regioni italiane tra cui anche l'Emilia Romagna, in cui fenomeni come

eutrofizzazione, formazione di aggregati mucillaginosi e altri fenomeni hanno cominciato a interessare le coste dell'Adriatico.

Per queste motivazioni sulla base di direttive indicate nelle L. R. 39/78, si è affermata nel campo del monitoraggio marino – costiero la Struttura Oceanografica Daphne, sezione operativa dell'ARPA (Azienda Regionale Prevenzione e Ambiente) dell'Emilia Romagna, che si trova presso il centro Studi di Ricerche Marine di Cesenatico.

Questa tramite monitoraggi continui e dilazionati nell'arco dell'anno, persegue lo scopo di presidiare lo stato di salute del mare, controllare le risorse marine e sviluppare conoscenze sull'ecosistema marino, tramite lo studio quali – quantitativo dei maggiori componenti delle acque.

Queste conoscenze sono molto importanti per giungere a una sempre più nuova e dettagliata conoscenza delle dinamiche che riguardano le acque costiere, della variazione dei nutrienti e della circolazione delle acque all'interno del bacino.

I piani di monitoraggio delle acque possono avere finalità diverse:

- conoscenza dello stato degli ecosistemi marini;
- controllo dell'eutrofizzazione;
- monitoraggio dei bivalvi.

I tre tipi di monitoraggio hanno scadenze annuali differenti, stazioni di campionamento e distanze dalla costa differenti, e naturalmente prendono in considerazione parametri chimico – fisici diversi.

L'attività prevalente della Struttura Oceanografica Daphne comprende il monitoraggio effettuato a scadenza settimanale sull'eutrofizzazione delle acque costiere finalizzato a:

- definire l'intensità e l'estensione delle fioriture microalgali nella zona compresa tra il delta del Po e Cattolica e da costa a 10 km al largo;
- determinare quali - quantitativamente le specie fitoplanctoniche che sostengono le fioriture algali;
- controllare gli effetti derivati dalle diverse fasi dell'evoluzione del fenomeno (anomale colorazioni delle acque, ipossie e anossie delle acque di fondo, morie di organismi bentonici, spiaggiamenti, etc.);
- determinare le concentrazioni di nutrienti (azoto e fosforo), e definirne il diverso ruolo come fattori limitanti nei processi eutrofici e loro distribuzione spaziale e temporale;
- rilevare i fondamentali parametri chimico – fisici delle acque (temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH, clorofilla “a”, trasparenza e torpidità) e i loro andamenti lungo la colonna d'acqua in relazione ai fenomeni eutrofici e alle condizioni meteo-marine.

- infine la redazione di un bollettino periodico sullo stato di eutrofizzazione delle acque costiere.

I dati ottenuti dalle misurazioni fatte in mare vengono, una volta giunti a terra, in una seconda fase verificati e elaborati, ed entrano in una banca dati che contiene circa 2700 record. Questa banca ricchissima di informazioni, ottenute da anni di monitoraggio periodico della zona, rappresenta un vero patrimonio a livello del Mediterraneo.

I dati vengono elaborati con la costruzione di diversi tipi di grafici in modo da operare vari confronti:

- mappe tematiche dei diversi parametri misurati, per evidenziare l'andamento spaziale delle condizioni fisico-chimiche del momento.
- grafici con isolinee di concentrazione per mettere a confronto le variazioni spaziali (fra la costa e il largo e lungo la colonna d'acqua).

Questi rappresentano gli elementi fondamentali per arrivare alla progettazione ed allo sviluppo di modelli di analisi e previsione sullo stato dell'ambiente e in particolare sull'evoluzione delle condizioni dell'ecosistema costiero.

Al termine di ogni campionamento vengono stilati dei bollettini che vengono spediti a enti pubblici e privati.

Nel corso del 2000- 2001 in seguito all'adeguamento al D. Lgs. 152/99, la rete di monitoraggio è stata intensificata, aggiungendo nuove stazioni, e estesa oltre il limite dei 3 km, per giungere a una più completa conoscenza dei processi eutrofici che caratterizzano l'area.

Il programma di monitoraggio della Daphne condotto nel 2002, come nei precedenti anni, è stato in gran parte finalizzato alla caratterizzazione delle acque costiere, in un reticolo formato da 42 stazioni distribuite nel tratto di costa compreso tra Bagni di Volano e Cattolica, da 0,5 km a 10 km, coprendo un'area di circa 1200 km² , con frequenza di campionamento quindicinale(fig.1)

La nuova rete di monitoraggio prevede inoltre in seguito al D. Lgs. 258/00, il posizionamento di tre stazioni lungo 9 transetti ortogonali alla battigia, collocate a 0.5, 1 e 3 km dalla costa. Per un numero complessivo di 27 stazioni entro i 3 km.

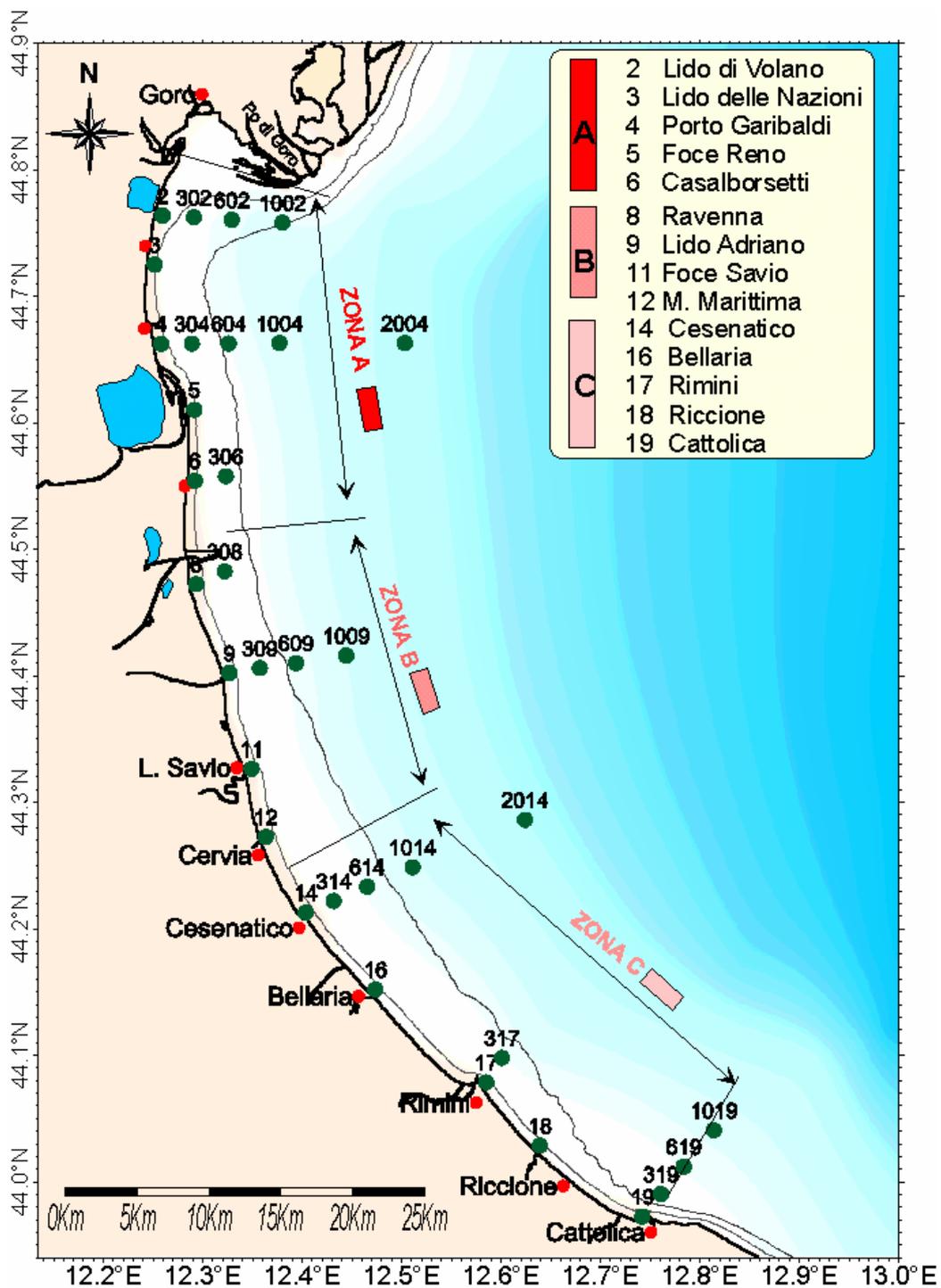


Fig.1: Rete delle stazioni di monitoraggio e controllo dello stato trofico delle acque costiere marine (Rapporto annuale 2002-Eutrofizzazione delle acque costiere dell'Emilia Romagna)

Oltre alle stazioni citate vengono monitorate mensilmente due stazioni poste a 20 km dalla costa sul prolungamento delle direttrici di Porto Garibaldi e Cesenatico. In queste stazioni oltre ai normali profili verticali dei parametri fisico – chimici vengono raccolti campioni per la determinazione dei nutrienti in superficie e sul fondo, nelle medesime vengono analizzate sul filtrato oltre alla frazione solubile dell’azoto e del fosforo anche quella organica solubile. In ogni stazione vengono prelevati a – 0.5 m dalla superficie campioni di acqua per la determinazione del fitoplancton .

Ogni stazione viene identificata da un numero, e le stazioni sono suddivise in zone (fig.2):

- zona A: dalla 2 alla 6: da Lido di Volano a Casalborgorsetti;
- zona B: dalla 8 alla 12: da Ravenna – Milano Marittima;
- zona C: dalla 14 alla 19: Cesenatico – Cattolica.

Davanti ad ogni stazione vengono fatti prelievi a 500m, 1, 3, 6, 10 km. Il punto di campionamento in questo caso si identifica con il numero della stazione preceduto dal numero di km di distanza dalla costa. Ad esempio la stazione 1014 è la stazione a 10 km al largo di Cesenatico (n. 14). Non per tutte le stazioni si fanno tutti i rilevamenti a ogni km, ma solo per 9 a 1 km e 3 km, per 5 transetti a 10 km e 2 (Cesenatico e porto Garibaldi) a 20 km.

	distanza dalla costa					stazione
	500m	1km	3km	10km	20km	
zona A	2	102	302	1002		Lido di Volano
	3	104	304	1004	2004	Lido delle Nazioni
	4	106	306			Porto Garibaldi
	5					Foce Reno
	6					Casalborgorsetti
zona B	8	108	308			Ravenna
	9	109	309	1009		Lido Adriano
	11					Foce Savio
	12					Milano Marittima
zona C	14	114	314	1014	2014	Cesenatico
	16					Bellaria
	17	117	317			Rimini
	18					Riccione
	19	119	319	1019		Cattolica

Fig. 2:

Suddivisione delle stazioni che compongono le tre zone e rispettive distanze dalla costa.

1.4 OBIETTIVI DELLA TESI

L'obiettivo di questa tesi è quello di valutare se esiste una correlazione tra regimi meteorologici del vento e parametri marini. Lo studio è preliminare ed ha considerato solo la correlazione tra vento e diversi parametri superficiali nella zona della costa emiliano-romagnola, collezionati durante l'anno 2002 dalla struttura oceanografica Daphne.

Capitolo 2 DATI E METODI

2.1. DATI MARINI DAPHNE

Le determinazioni dei parametri idrologici vengono effettuate mediante la strumentazione installata a bordo del battello oceanografico "Daphne II".

Possiamo suddividere i parametri in:

- **chimico - fisici** per i quali si passa all'esecuzione di profili verticali::

temperatura,

salinità,

ossigeno disciolto,

pH,

torbidità,

clorofilla "a",

Si utilizza la sonda multiparametrica Idronaut mod. Ocean Seven 316 (fig 3), che azionata da un verricello viene calata sulla verticale. I dati acquisiti ad ogni metro di profondità sono trasmessi via cavo ad un computer situato a bordo e memorizzati. In particolare a questo computer è affidata la raccolta, gestione, elaborazione dei dati acquisiti. gestione dei dati acquisiti.

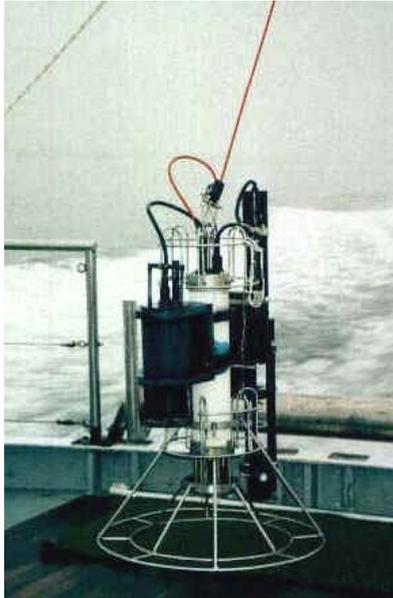


Fig 3: *Sonda multiparametrica*

Per la determinazione della clorofilla "a", si utilizza il metodo fluorimetrico, con un fluorimetro TURNER 10 AU, installato anch'esso a bordo del battello. Il fluorimetro misura l'intensità della radiazione elettromagnetica che colpisce la sostanza in esame, è in grado di effettuare misure direttamente dall'acqua di mare senza che questa sia stata preventivamente trattata.

La torbidità viene misurata lungo la colonna d'acqua mediante un trasmissometro della "Sea Teck" abbinato alla stesse sonda.

La trasparenza dell'acqua è misurata mediante il disco di Secchi.

- **Indicatori di biomassa microalgali** (fitoplancton e clorofilla "a")

Le biomassa fitoplanctonica viene raccolta tramite retini da plancton, e successivamente viene fatta un'analisi quali – quantitativa tramite l'uso di un microscopio rovesciato a contrasto di fase, a 400x.

- **Nutrienti** (N-NO₃, N-NO₂, N-NH₃, , , N_{TOT})

I campioni raccolti con l'uso di Bottiglia Niskin(fig.4), tramite la quale vengono prelevati campioni di acqua alle diverse profondità, che vengono poi analizzate in laboratorio.

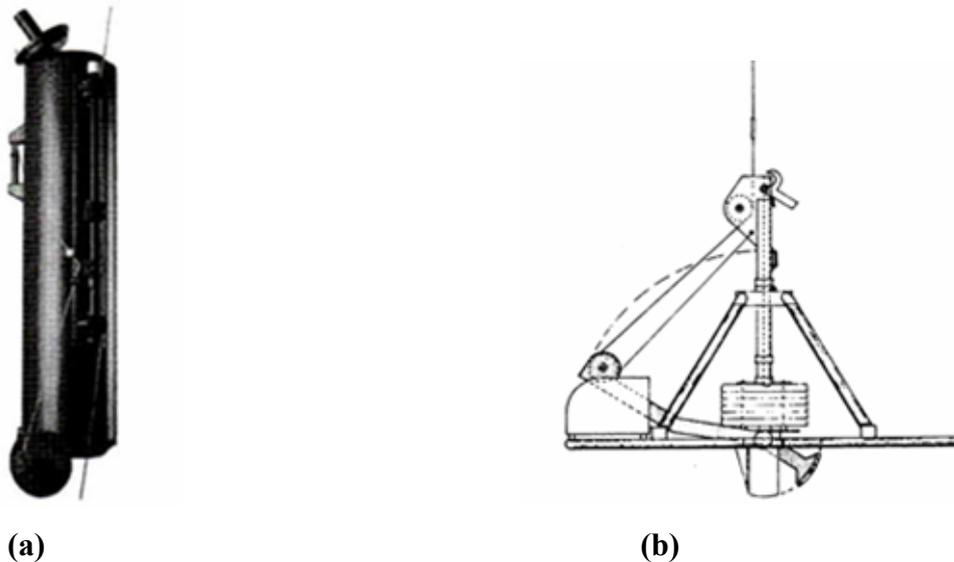


Fig 4: Bottiglia Niskin per campionamento acque (a) benna per campionare i sedimenti (b)

Qui i campioni di acqua vengono sottoposti a filtrazione attraverso filtri Millipore con diametro di 47mm e 0.45 μ m di porosità vengono analizzate le varie componenti:

- *Fosforo reattivo* (P-PO₄³⁻): entrambe misurati attraverso una reazione acida con ammonio molibdato e tartrato di antimonio potassio che formano un complesso antimoniofosfomolibdico che, per riduzione con acido ascorbico, danno una colorazione blu. La quantità di blu che si forma è proporzionale alla quantità di fosforo presente nell'acqua di mare.
- *Fosforo totale*: viene rilevato con lo stesso procedimento, previa digestione del campione con miscela ossidante di per solfato di potassio, acido bórico e sodio idrossido.
- *Azoto nitrico* (N-NO³⁻): il nitrato è ridotto a nitrito attraverso una colonna contenente granuli di cadmio ricoperti con rame metallico. Il nitrito è determinato secondo la reazione di diazotazione con susulfanilamide e la successiva copulazione con N – (1naftil) – etilendiammina. Il composto che si forma viene con determinato con spettrometro a 520nm.
- *Azoto nitroso* (N-NO²⁻);
- *Azoto ammoniacale* (N-NH₃): viene rilevato per reazione con fenolo alcalino e dicloroisocianurato che forma indofenolo avente anch'essa una colorazione blu proporzionale alla concentrazione di ammoniacale. Il colore è letto pi con spettrometro a 630nm.

- *Azoto totale solubile*: viene determinato con procedura simile a quella dell'azoto nitrico previa digestione con la miscela ossidante. si intende la sommatoria della frazione inorganica solubile ($N-NO^3$, $N-NO^2$, $N-NH_3$) più quella organica solubile.
- *Silice reattiva*: i silicati reagiscono con lo ione ammonio per formare in presenza di acido ascorbico il blu di molibdeno che viene poi determinato per via colorimetrica. Viene introdotto acido ossalico per non interferire con il fosforo.

- **Sostanze inquinanti** (pesticidi, metalli pesanti...) nei bivalvi.

- **Radiocontaminanti nei sedimenti**;

attraverso l'uso di benne per la raccolta di sedimenti e studio del benthos, e box corer (*fig. 4b*), per il campionamento del sedimento senza alterarne la stratificazione, e riuscire ad analizzare i rapporti tra gli organismi nei vari strati.

Il battello è dotato anche di un correntometro a lettura diretta .

Inoltre vengono utilizzate telecamere filoguidate con lo scopo di seguire l'eventuale formazione di aggregati mucillaginosi nel tempo e i loro spostamenti lungo la colonna d'acqua.

- **Parametri meteo – marini**:

- precipitazioni atmosferiche: vengono registrati da un pluviometro della SIAP in una stazione meteorologica installata a Cesenatico, inoltre vengono determinati la velocità e la direzione del vento.
- Altezza dell'onda: rilevata nelle piattaforme AGIP “Garibaldi C/ Cervia A” collocata a 12 miglia a est di Ravenna, i dati sono gentilmente concessi dall'AGIP Mineraria di Ravenna.
- Le portate del fiume Po: dati forniti dall'Ufficio Idrografico e Mareografico per il bacino del Po di Parma.

Grazie a tutte queste informazioni si ottiene uno specchio di indagine molto vasto e dettagliato, per ciò che riguarda il settore marino.

2.2 DATI MARINI UTILIZZATI NELLO STUDIO

I dati utilizzati sono solo parte di quelli collezionati dalla Daphne. In particolare sono stati quelli in superficie e riferiti all'anno 2002.

Nella tabella si mostrano i parametri usati e le rispettive unità di misura.

Tab.1: *Dati utilizzati e rispettive unità di misura, superficiali, anno 2002*

Parametro	unità di misura		
Temperatura	°C		
Salinità	psu		
Oss. Disciolto	mg/l	% OD	TRIX
Chl "a"	µg/l	Chl"a"	
NO ₃	µg/l	DIN	
NH ₃	µg/l		
NO ₂	µg/l		
P. totale	µg/l	P.tot	

2.3 DATI METEOROLOGICI UTILIZZATI NELLO STUDIO

Per quel che riguarda gli eventi climatici che influenzano e governano la circolazione delle acque interne in Adriatico si usufruisce dei dati provenienti dall' European Center for Medium Range Weather Forecast (ECMWF), un'organizzazione internazionale sostenuta da 24 stati europei tra i quali ci sono: Belgio, Danimarca, Germania, Spagna, Francia, Grecia, Irlanda, Italia, Lussemburgo, Paesi Bassi, Norvegia, Austria, Portogallo, Svizzera, Finlandia, Svezia, Turchia, Regno Unito.

Gli obiettivi principali del centro sono:

- 1) L'elaborazione dei metodi numerici per previsioni del tempo di portata media,
- 2) la preparazione, in maniera regolare, dei bollettini meteorologici di portata media per la distribuzione ai servizi meteorologici degli stati membri;
- 3) la ricerca scientifica e tecnica indirizzata verso il miglioramento di queste previsioni,
- 4) l'accumulazione e l'elaborazione dei dati meteorologici rilevati.

“Numerical Weather Prediction” è il nome dato alla tecnica usata per prevedere le condizioni meteo-climatologiche attraverso computer, a partire dalle condizioni presenti fino ad alcuni giorni successivi.

L'evolversi dell'atmosfera è governato da una serie di leggi fisiche che sono espresse sotto forma di equazioni matematiche (equazioni differenziali non lineari) e dipendono dalla

condizione iniziale. L'incertezza nella determinazione di quest'ultima produce incertezza e quindi errori nella previsione.

Durante gli anni, i modelli dell'ECMWF sono cambiati ed in particolare hanno cambiato la griglia dei modelli con i quali si effettuano le previsioni meteorologiche. Al laboratorio SINCEM è stata realizzata una interfaccia software grafica che permette la visualizzazione e la combinazione di questi dati meteorologici per i passati venti anni.

Le analisi dell'ECMWF hanno una risoluzione temporale di 6 ore, e spaziale di 0.5625° sia in longitudine che in latitudine.

Si considera un'area di 1° di longitudine per 1° di latitudine, con passo di 0.5° , l'intera zona presa in esame è costituita da 9 punti di osservazione come mostrato in figura.

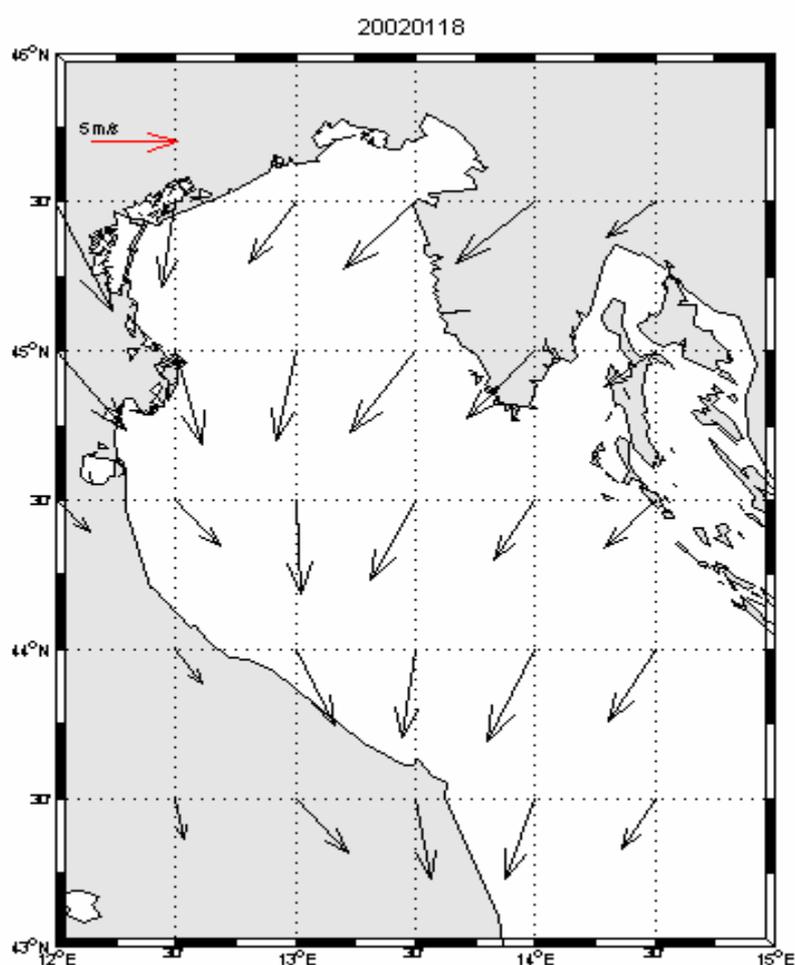


Fig 5: *Mapa delle media giornaliera della direzione del vento*

2.4 CALCOLO DELL' INDICE TROFICO

Dal momento in cui i casi di eutrofizzazione sono diventati sempre più frequenti nelle coste emiliano romagnole, i termini come oligotrofia (mancanza di nutrienti), mesotrofia e eutrofia, tipici per descrivere fenomeni di bloom algali noti per le acque interne, sono divenuti termini identificativi di uso corrente, per le acque marine.

Il problema per le acque costiere è quello di definire in modo oggettivo i livelli trofici, quantificarne le manifestazioni e scegliere gli opportuni limiti di categoria rimodulati per le acque marine.

Fu trovato un nuovo indice e più precisamente un Indice Trofico chiamato TRIX (Vollenweider R.A., Giovanardi F. et al. 1998) basato sull'analisi di clorofilla, percentuale di ossigeno disciolto, minerali, azoto e fosforo. L'indice trofico è definito da un insieme di semplici valori numerici, che consentono di fare un'analisi oggettiva delle diverse condizioni trofiche che possono presentarsi nel Mediterraneo, evitando così l'uso soggettivo di denominatori trofici.

Numericamente l'indice è differenziato in "classi" da 0 a 10 che coprono una grande varietà di condizioni trofiche che vanno dalla oligotrofia (valori pari a 2 - 4) alla eutrofia (> 6), caratterizzando il fenomeno da un punto di vista qualitativo e quantitativo (vedi *Tab. 2*).

Le quattro variabili che fanno parte del TRIX sono espressione della massima variabilità nelle acque costiere e sono scarsamente correlabili tra di loro apportando quindi una autonoma quota informativa.

Il TRIX al contrario è molto ben correlato con i singoli parametri che lo compongono. In sintesi il TRIX è definito da:

$$\text{TRIX} = (\text{Log} [\text{Chl "a"} \times \text{OD\%} \times \text{N} \times \text{P}] - [-1.5]) / 1.2$$

Ogni area costiera può quindi essere caratterizzata in funzione del solo valore medio del TRIX essendo praticamente costanti i valori di dispersione della distribuzione.

In questa tesi il TRIX è stato ricalcolato per i dati a disposizione per l'anno 2002.

Tab.2 : *Suddivisione dell'Indice Trofico in classi.*

SCALA TROFICA	STATO	CONDIZIONI
2-4	elevato	Acque scarsamente produttive. Livello di trofia basso. Buona trasparenza delle acque. Assenza di anomale colorazioni.
4-5	basso	Acque moderatamente produttive. Livello di trofia medio. Buona trasparenza. Occasionali intorbidamenti e colorazioni.
5-6	mediocre	Acque molto produttive. Livello di trofia elevato. Scarsa trasparenza delle acque. Anomale colorazioni. Ipossie e occasionali anossie sul fondo. Stati di sofferenza sul fondo.
6-8	scadente	Acque fortemente produttive. Livello di trofia molto elevato. Elevata torbidità delle acque. Diffuse e persistenti colorazioni e ipossie/anossie sul fondo. Morie di organismi bentonici. Danni economici turismo, pesca e acquacoltura.

2.5 METODI STATISTICI DI ANALISI

Per effettuare le correlazioni tra TRIX superficiale e variazione del vento, si è preferito studiare le variazioni di TRIX all'interno delle tre sub-aree, già da tempo identificate da Rinaldi e Montanari (1995), come zone qualitativamente diverse: zona "A", zona "B" e zona "C" (Fig.5). Le stazioni che si trovano all'interno di una stessa area infatti mostrano caratteristiche chimico – fisiche e biologiche omogenee, e si possono studiare in modo distinto.

Un passo importante è quello di aver definito delle SUPER-OSSERVAZIONI che sono le medie areali delle stazioni usate in questo lavoro per l'anno 2002. Per tutti i parametri che si andranno a descrivere e correlare si è fatta infatti una media spaziale sulle tre aree, quindi d'ora in poi si perde di vista la singola osservazione e si considera un valore unico per l'intera zona. Si definiscono:

- α_i = singole osservazioni di stazione;

- $\tilde{\alpha} = \frac{1}{N} \sum_1^N \alpha_i$, media spaziale con N numero di stazioni,

$\tilde{\alpha}$ sono quindi le SUPER-OSSERVAZIONI.

Per calcolare le correlazioni è necessario sottrarre la media o bias dalle superosservazioni. Quest'ultima corrisponde ad una media temporale così definita:

- $\bar{\tilde{\alpha}} = \frac{1}{M} \sum_1^M \tilde{\alpha}$

dove M è il numero di campionamenti.

A questo punto per determinare le correlazioni si è passati a definire il parametro di correlazione lineare r :

$$r = \frac{\sum (\tilde{\alpha} - \bar{\alpha})(\tilde{\beta} - \bar{\beta})}{\sqrt{\sum (\tilde{\alpha} - \bar{\alpha})^2 \sum (\tilde{\beta} - \bar{\beta})^2}}$$

in cui $(\tilde{\alpha} - \bar{\alpha})$ e $(\tilde{\beta} - \bar{\beta})$ rappresentano le anomalie e quindi mostrano quanto ogni singolo valore si discosti dalla media.

Il numero r è un indice di quanto bene le variabili α e β si adattino a una retta, sostiene quindi l'ipotesi di una relazione lineare tra i due parametri. Seguendo la tabella dei coefficienti di correlazione tratta da W.J.Emery and R.E.Thomson (2001) (Tab.3), a seconda dei gradi di libertà, vi sono segnati due valori di r . r_1 che costituisce il limite di significatività per $\alpha = 5\%$, e r_2 , limite di significatività per $\alpha = 1\%$. Se quindi r calcolato in valore assoluto supera i valori tabulati si può affermare che si ha una probabilità pari al 95% o al 99% a seconda dei due limiti, che i parametri siano correlati. Nel nostro studio il numero di osservazioni è 39 per ogni zona, corrispondenti ai 39 giorni di campionamento delle acque fatti nel 2002.

Il numero di gradi di libertà è definito tramite $v = N - 2$, di conseguenza nel nostro caso è 37 e quindi possiamo confrontare i valori con quelli tabulati per un numero di gradi di libertà pari a 35.

Tab.3: Coefficienti di correlazione tratta da W.J.Emery and R.E.Thomson (2001),e modificata. I livelli di significatività sono $\alpha = 5\%$, $\alpha = 1\%$.

Gradi di libertà	$\alpha_1 = 5\%$	$\alpha = 1\%$	Gradi di libertà	$\alpha_1 = 5\%$	$\alpha = 1\%$
1	0.997	1	17	0.456	0.576
2	0.95	0.99	18	0.444	0.561
3	0.878	0.959	19	0.433	0.549
4	0.811	0.917	20	0.423	0.537
5	0.754	0.874	21	0.413	0.526
6	0.707	0.834	22	0.404	0.515
7	0.666	0.798	23	0.396	0.505
8	0.632	0.765	24	0.388	0.496
9	0.602	0.735	25	0.381	0.487
10	0.576	0.708	26	0.374	0.478
11	0.553	0.684	27	0.367	0.47
12	0.532	0.661	28	0.361	0.463
13	0.514	0.641	29	0.355	0.456
14	0.497	0.623	30	0.349	0.449
15	0.482	0.606	35	0.325	0.418
16	0.468	0.59	40	0.304	0.393

Capitolo 3 - RISULTATI

3.1 CALCOLO ED ANALISI DEL TRIX PER L'ANNO 2002

L'analisi dei dati è cominciata con il calcolo del TRIX per tutto il 2002.

L'indice trofico è stato calcolato seguendo la formula di Vollenweider, enunciata precedentemente. I

parametri che vanno a comporre l'indice sono:

- 1) DIN : la somma dei contributi di azoto presenti nelle tre forme NO_3 , NO_2 , NH_3 .
- 2) Deviazione dell'ossigeno in percentuale dalla saturazione, calcolata tramite la seguente formula:

definiti: $O_2 \left[\frac{mM}{m^3} \right]$ = ossigeno disciolto, S [psu] = salinità, T [°C] = temperatura

$$O_{sat} \left[\frac{mM}{m^3} \right] = \frac{31.25 * [475 - 2.65 * (S)]}{[33.5 + (T)]}$$

$$O_{sat}[\%] = 100 * \left(\frac{O_2}{O_{sat}} \right)$$

$$|OD\%| = 100 - \%O_{sat}$$

- 3) P tot.: fosforo totale [$\mu\text{g/l}$], e non viene usato al contrario l'ortofosfato poiché presente in piccola percentuale.
- 4) Clorofilla "a" [$\mu\text{g/l}$]

Il TRIX è stato calcolato per tutte le stazioni, e come detto in precedenza si è poi calcolata la superosservazione di TRIX.

Per validare il nostro procedimento si sono confrontati i nostri valori di Trix con quelli calcolati e pubblicati dalla Daphne. I risultati sono mostrati in Fig. 6.

Si può ben notare come il TRIX abbia un andamento molto simile nelle tre zone (fig.7), ma è ben visibile come i valori siano diversi e le tre zone siano differenti. Si nota a prima vista come la zona A abbia valori molto più elevati della zona C.

Le medie di zona sono le seguenti:

Zona A = 6.4, Zona B = 5.8, Zona C = 5.4.

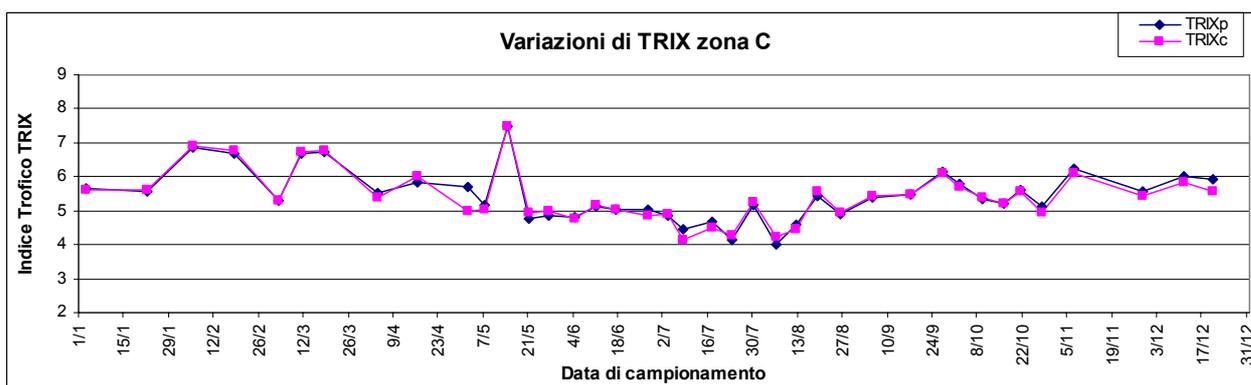
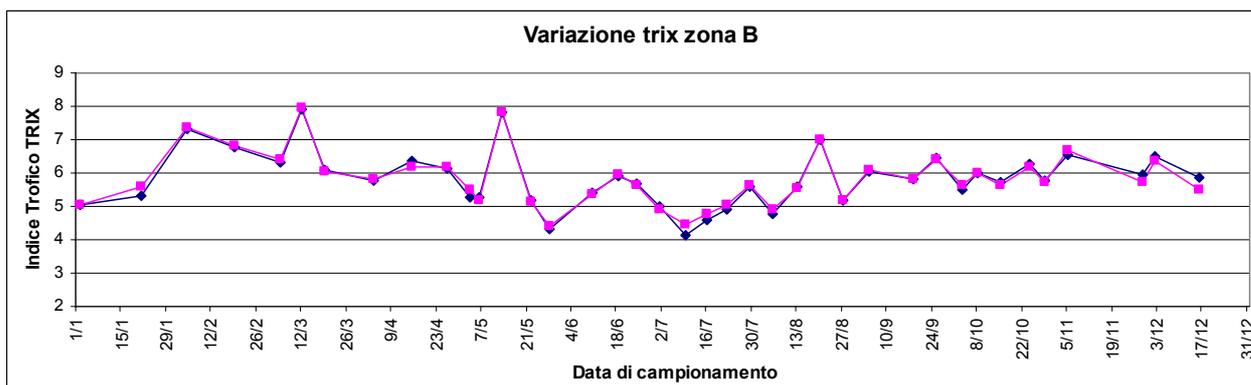
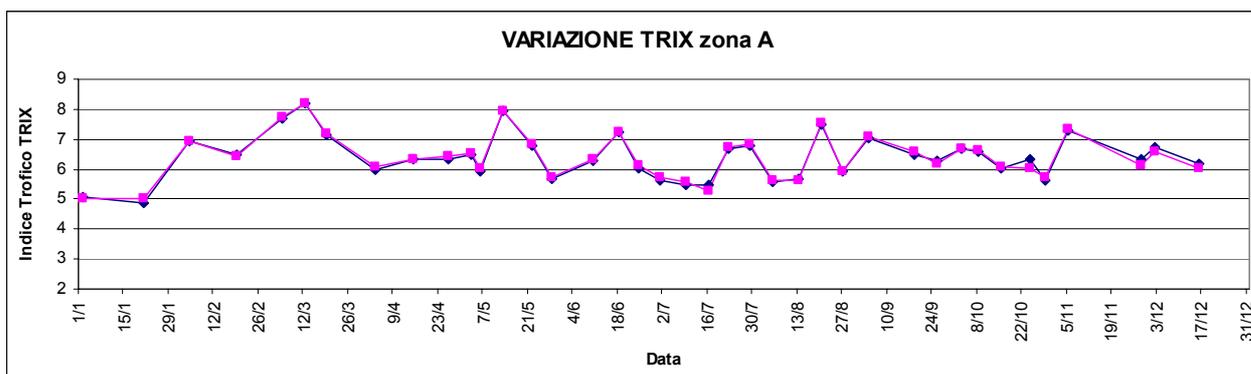


Fig 6. Serie temporale dell'indice trofico calcolato (*TRIXc*) e confronto con quello pubblicato (*TRIXp*) per l'anno 2002, suddiviso nelle zone A, B, C. I valori corrispondono alle medie spaziali per ogni area e per ogni giorno di campionamento.

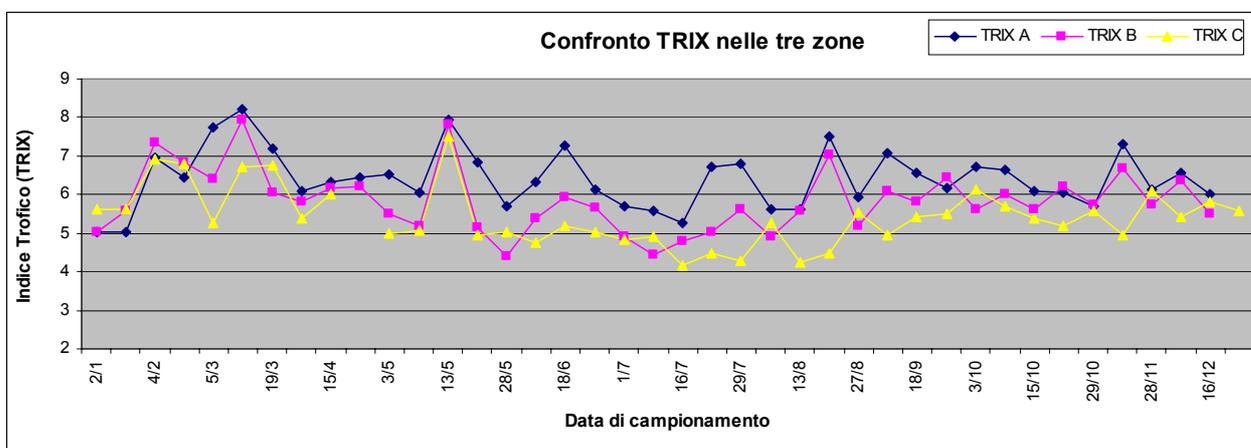


Fig.7: Variazione della superosservazione di *TRIXc* per le tre aree, nell'anno 2002.

Come già detto a valori bassi corrisponde uno stato di trofia buono, mentre a valori alti > 6 ci troviamo ad avere uno stato di acque “scadente”.

Analizzando la scala temporale e spaziale si può dedurre che ad esempio durante il periodo invernale – primaverile (gennaio – febbraio – marzo – aprile) l’indice trofico è abbastanza omogeneo fra le tre aree. A gennaio l’indice è prossimo alle 6 unità, configurando uno stato “mediocre” del sistema, il valore si innalza pesantemente in tutte le aree durante il mese di febbraio e marzo mantenendosi poi costante in aprile, con valori di trofia tra 6 e 7. In questi mesi si evince uno stato delle acque che si può definire “scadente”, configurando una situazione di forte produttività e di elevata trofia. I picchi che si riscontrano nel mese di marzo sono dovuti al massiccio apporto di acque dolci associate a elementi eutrofizzanti provenienti dal bacino padano.

Da maggio si instaura un gradiente nord – sud e si può notare bene che dagli inizi di giugno le tre aree hanno valori abbastanza diversificati e tendono a diminuire, “scadente” (6-7) per la zona A, “mediocre”(5-6) per la zona B, e “buono” (4-5) per la zona C, più lontana dagli apporti fluviali che in questo periodo tendono a diminuire.

Durante l’estate i valori diminuiscono ancora, lo stato di trofia tende a migliorare, risultando confinati nella zona a ridosso del delta del Po, assestandosi tra valori di 5 – 6 per la zona A , mentre per la zona B e C si toccano valori molto bassi, o meglio livelli di trofia che sfiorano lo stato “elevato”, valori anche inferiori alle 4 unità si registrano nella zona C, esclusivamente nel periodo estivo.

Da settembre i valori tendono ad aumentare nuovamente uniformandosi verso ottobre di nuovo attorno a valori che configurano l’area in uno stato di trofia “mediocre/scadente”, in questo periodo tutta la zona è interessata da una condizione di eutrofia diffusa, dovuta ai cospicui apporti di acque dolci dal fiume Po.

Gli alti valori e i picchi registrati in alcune zone sono dovuti agli elevati valori che concorrono alla determinazione dell’indice.

3.2 ANALISI DATI ATMOSFERICI

Per quanto riguarda i dati atmosferici, il procedimento è stato inizialmente quello di focalizzare l’attenzione su un’area che coprisse completamente la fascia costiera in cui avvengono i campionamenti.

L’area identificata con il nome di “*area 3*” è quella formata dai punti che costituiscono il quadrato corrispondente alla griglia che va dai 44° ai 45° di latitudine e dai 12° ai 13° di longitudine, ed è stata calcolata la media giornaliera.

Questa è stata poi ulteriormente suddivisa in due sub – aree:

- area 1: 12° - 12.5° E, 44° - 45° N
- area 2: 12.5° - 13°E, 44° - 45° N

per ogni punto campionato si hanno i seguenti parametri di riferimento:

- temperatura dell'aria [C°];
- umidità relativa [%];
- copertura nuvolosa totale [%];
- pressione media a livello del mare [mbar];
- componente zonale del vento a 10 m [m/s];
- componente meridionale del vento a 10 m [m/s].

Questi dati sono stati successivamente mediati per ottenere medie giornaliere. L'attenzione si è concentrata soprattutto sulla componente zonale (\bar{u}) e meridionale (\bar{v}) del vento, dalle quali è stato possibile calcolarne la direzione e intensità. Per poter calcolare l'anomalia del vento si è passati a calcolare la climatologia giornaliera del vento dal 1998 al 2002.

L'intensità del vento è indicato come:

$$|\bar{u}_w| = \sqrt{(u - \bar{u})^2 + (v - \bar{v})^2} = (\tilde{\beta} - \bar{\beta})$$

in cui $\tilde{\beta}$ rappresenta l'intensità giornaliera del vento nelle tre aree definite, mentre $\bar{\beta}$ rappresenta la climatologia calcolata dal '98 al '02. Allo stesso modo la direzione del vento è definita come:

$$\theta = \arctg \left[\frac{(v - \bar{v})}{(u - \bar{u})} \right] = (\tilde{\theta} - \bar{\theta})$$

Per poter fare una correlazione con i parametri marini, si è scelto di procedere nel modo seguente facendo delle debite premesse. La zona di studio è particolarmente complessa da un punto di vista geomorfologico, così come qualsiasi altra zona costiera. Il vento infatti vicino a costa e una volta a contatto con la terraferma subisce delle modificazioni, sia in direzione che in intensità. Si notano infatti delle variazioni da punto a punto e capita talvolta di notare come in punti vicini, e quindi su zone altrettanto vicine spirano venti in diverse direzioni. Per questo motivo si è scelto seguendo la rosa dei venti, di suddividere l'intero quadrante in 5 venti principali, al contrario della tradizionale divisione dei venti (*fig.8*).

Tutto il 1° quadrante, da est / nord – est dai 10° a 90°, BORA – LEVANTE;

Da 90° a 202° SCIROCCO, sud / sud - est;

Da 202° a 292°, quindi l'intero 3° quadrante, est / sud - est LIBECCIO - PONENTE ;

Da 292° a 350°, MAESTRALE; infine da nord e quindi dai 350° a 10°, TRAMONTANA.



Fig. 8: *Rosa dei venti*

Nel caso specifico si è cercato di identificare il vento dominante e non considerare dei limiti molto rigidi nel valutare la direzione del vento. Da ricordare che per il vento la suddivisione delle stagioni è differente, infatti si definisce inverno da gennaio a marzo, primavera da aprile a giugno, estate luglio – settembre, autunno ottobre – dicembre.

L'analisi si è sviluppata, andando a selezionare i giorni di *Scirocco*, *Bora*, *Libeccio* e *Maestrale*, una volta fatta questa suddivisione si è andati a vedere se questi giorni erano prossimi ai giorni di campionamento, ricordando che il numero dei giorni di campionamento dei dati marini è di 39 nell'intero anno. Sono stati scelti i giorni antecedenti il campionamento, indifferentemente 2 giorni, 1 giorno prima e lo stesso giorno. Si presuppone infatti che la variazione dei parametri che si vogliono studiare sia l'effetto causato dal vento non tanto dello stesso giorno quanto di almeno un paio di giorni antecedenti, presupponendo che il mare abbia una certa "memoria" in seguito a venti che spirano per più giorni di seguito. In un primo momento erano stati considerati separatamente i giorni di vento antecedenti a quelli del campionamento Daphne, ma si è subito abbandonata questa ipotesi in quanto la correlazione non era statisticamente significativa poiché i dati a disposizione erano pochi. Dalle Fig.9, e 10 si può notare l'andamento dell'intensità del vento del 2002 confrontata con la climatologia che va dal 1998 al 2002. Si può notare come vari l'andamento rispetto alla media climatologica.

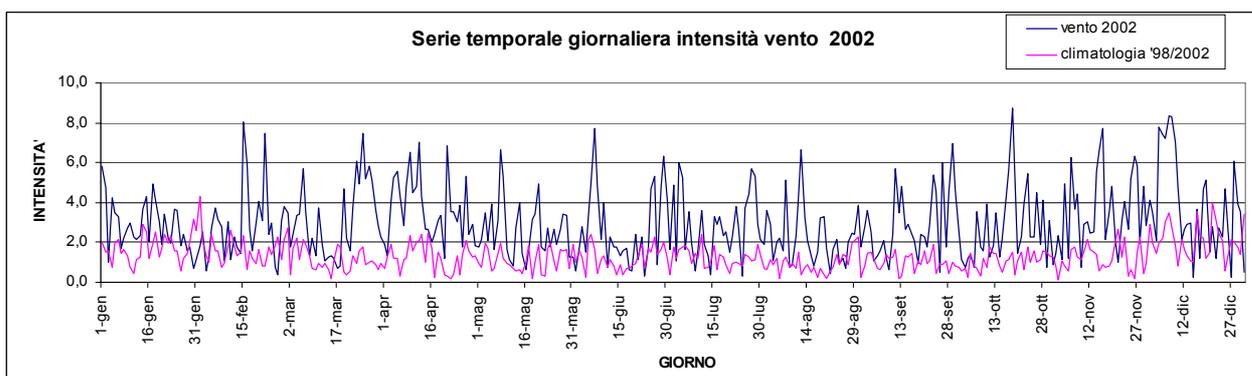


Fig. 9: Serie temporale giornaliera dell'intensità del vento nel 2002 e confronto con la climatologia

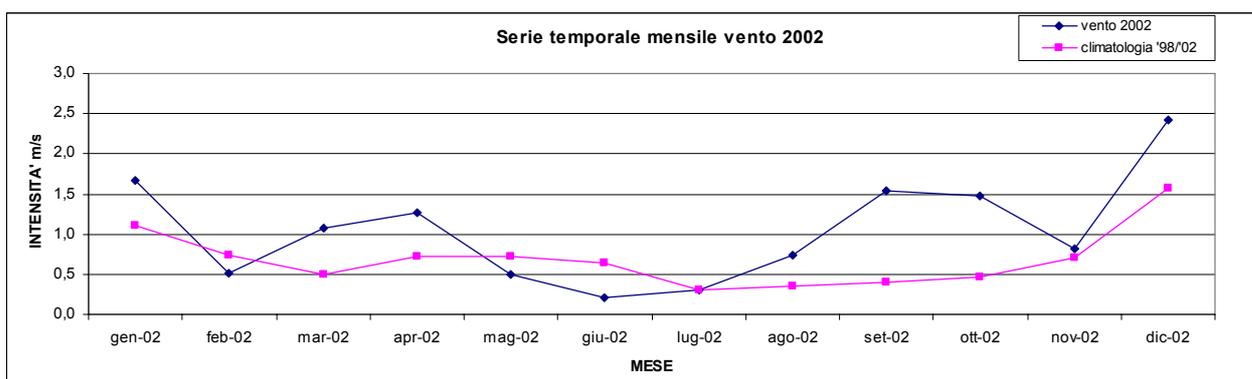


Fig.10: Serie temporale mensile dell'intensità del vento nell'area 3 nel 2002 e confronto con la climatologia '98/'02

3.3 ANALISI DELLE CORRELAZIONI

3.3.1 CORRELAZIONE TRA DATI MARINI

Per quanto riguarda i dati marini ci si è soffermati in particolare sulla correlazione tra TRIX e parametri che lo compongono con la salinità e temperatura.

Il parametro che meglio si correla con il TRIX è la clorofilla. Questo parametro insieme all'ossigeno, rappresenta un indicatore di produttività diretta, mentre il DIN e il P tot., possono essere considerati indicatori di produttività potenziale. Si può vedere come l'andamento del TRIX è molto ben correlato con la clorofilla soprattutto nel periodo primavera – estate, infatti si hanno valori bassi con una concentrazione bassa di biomassa microalgale, e alti quanto la concentrazione aumenta. Questo dimostra che l'Indice Trofico è espressione di una produttività diretta, nella costa emiliano – romagnola. Nel periodo autunnale quando la concentrazione di clorofilla è bassa a tenere alto il valore dell'indice è il DIN.

OSSIGENO DISCIOLTO

L'ossigeno disciolto rientra come parametro indicatore dello stato trofico delle acque superficiali, le fluttuazioni attorno al valor vero sono conseguenti all'apporto di ossigeno che proviene dai processi fotosintetici, mentre abbassamenti sono conseguenti a spostamenti o risalite di acque meno ossigenate dal fondo. In concomitanza con incrementi microalgali si verificano fenomeni di sovrasaturazione, questo dimostrato dalla presenza di picchi di clorofilla "a" in assonanza con gli incrementi dell'ossigeno (fig 11, 12, 13). La media annuale conferma il trend negativo nord – sud. Le medie stagionali indicano valori più elevati in inverno e primavera.

CLOROFILLA "a"

Il parametro è indicatore della biomassa algale, e il suo andamento annuale è in stretta correlazione con le variazioni di ossigeno. Si nota una differenza tra le aree, la zona A è caratterizzata da una maggiore presenza di picchi (fig 11d), o comunque da valori che si mantengono piuttosto elevati rispetto alla zona C (fig 13d), più lontana dalla foce del fiume Po. Quest'ultima zona presenta valori piuttosto bassi e costanti durante tutto l'arco dell'anno, eccetto il picco invernale e primaverile.

AZOTO TOTALE

L'azoto presenta una spiccata correlazione con le portate fluviali. I valori più alti si hanno nei periodi invernali e autunnali, si mantiene una concentrazione abbastanza bassa durante il periodo estivo. Variazioni si notano anche tra le zone, infatti la zona C, più lontana dagli scarichi dei fiumi ha valori di azoto leggermente più bassi, nel periodo estivo in particolare la concentrazione è intorno ai 20µg/l, assai lontana dai valori estivi delle altre zone. Associata ad alti valori di DIN vi sono alti valori di clorofilla e ossigeno disciolto.

FOSFORO TOTALE

Il fosforo totale che entra a far parte dell'indice trofico, presenta delle accentuate fluttuazioni nelle stazioni settentrionali in quanto come già detto per l'azoto direttamente influenzate dagli apporti del Po le medie (Tab. 5) mostrano come ci sia un trend in diminuzione da Nord a Sud, dai 41 µg/l circa nella zona A di media, ai 22 µg/l della zona C.

Tab.5: *Superosservazioni per ciascuna variabile*

zona	Salinità	Temperatura	TRIX	Ossigeno	Chl"a"	DIN	P tot.
Zona A	26.90	18.16	6.41	9.38	15.14	458.93	41.54
Zona B	30.43	18.03	5.84	8.53	13.35	279.86	25.80
Zona C	31.92	17.91	5.42	8.13	9.87	203.05	22.73

Le tabelle 6-7 evidenziano le correlazioni quantitative fra i parametri marini. In particolare l'attenzione è stata riposta sui parametri che concorrono nella formulazione del TRIX. Le due tabelle così distinte

mostrano i valori per cui si ha un coefficiente di correlazione superiore al limite di significatività del 5% nella prima, e il livello dell'1% nella seconda.

Tab 6: Correlazione dati marini, livello $\alpha = 5\%$, $r_1=0.325$ S (salinità), T (temperatura)

$r > r_1$	zona A		zona B		zona C	
	S	T	S	T	S	T
TRIX	-0.636	-0.003	-0.514	-0.353	-0.457	-0.583
O ₂	-0.495	-0.316	-0.429	-0.515	-0.402	-0.613
Chl "a"	-0.356	-0.214	-0.328	-0.361	-0.372	-0.493
DIN	-0.656	-0.489	-0.661	-0.494	-0.564	-0.555
P.tot	-0.616	0.249	-0.737	-0.076	-0.287	0.081
S	1	-0.150	1	-0.020	1	-0.040
T		1		1		1

Tab 7: Correlazioni dati marini, livello di significatività $\alpha = 1\%$, $r_2 = 0.418$.

$r > r_2$	zona A		zona B		zona C	
	S	T	S	T	S	T
TRIX	-0.636	-0.003	-0.514	-0.353	-0.457	-0.583
O ₂	-0.495	-0.316	-0.429	-0.515	-0.402	-0.613
Chl "a"	-0.356	-0.214	-0.328	-0.361	-0.372	-0.493
DIN	-0.656	-0.489	-0.661	-0.494	-0.564	-0.555
P.tot	-0.616	0.249	-0.737	-0.076	-0.287	0.081
S	1	-0.150	1	-0.020	1	-0.040
T		1		1		1

Dalle tabelle sono evidenti le correlazioni negative, o anticorrelazioni che vi sono tra salinità, temperatura e TRIX e tutti i parametri che lo compongono, così come per la temperatura, questo già si era visto dai grafici che mostravano le variazioni annuali dei parametri nelle tre zone. E' interessante notare come molte correlazioni siano altamente significative e come nella zona C i valori siano correlati in numero maggiore rispetto alle altre due zone.

Se ci concentriamo sul TRIX si può vedere come sia ben correlato con la salinità, e non con la temperatura. La correlazione con la salinità la si può considerare indiretta.

A determinare i valori di TRIX contribuisce in maniera diretta l'apporto di nutrienti provenienti dai fiumi, e una tale apporto sarà naturalmente accompagnato da una bassa salinità, quindi saranno anticorrelate. Quindi quando si hanno ingenti apporti fluviali, grandi quantità di nutrienti, si avrà il versamento di acque a bassa salinità che rimangono confinate in superficie e a loro volta danno valori alti di TRIX. Non è così immediata invece la correlazione con la temperatura, come si può vedere dalla tabella.

3.3.2 CORRELAZIONE TRA DATI MARINI E ATMOSFERICI

Nelle tabelle 8 – 9 – 10 sono evidenziate le correlazioni che si sono studiate.

Tab 8 – 9 - 10: *Correlazioni tra dati marini e venti, evidenziati i valori con livello di significatività $\alpha = 5\%$.*

Tab.8

zona A		vento							
		bora		scirocco		libeccio		maestrale	
		intensità	direzione	intensità	direzione	intensità	direzione	intensità	direzione
parametri marini	TRIX	0,031	-0,168	-0,110	0,085	-0,173	-0,240	-0,198	0,056
	O ₂								
	Chl "a"								
	DIN	0,068	0,078	0,479	0,179	-0,134	-0,029	-0,195	0,426
	P.tot								
	S	0,067	-0,149	-0,355	-0,190	0,195	0,328	0,178	-0,088
	T	-0,205	0,094	-0,322	-0,034	-0,018	-0,181	0,073	-0,501
G. di libertà			24		10		23		15

Tab.9

zona B		vento							
		bora		scirocco		libeccio		maestrale	
		intensità	direzione	intensità	direzione	intensità	direzione	intensità	direzione
parametri marini	TRIX	0,041	-0,170	0,100	-0,246	-0,104	-0,236	-0,111	0,213
	O ₂								
	Chl "a"								
	DIN	0,042	0,048	0,551	0,193	-0,104	-0,110	-0,116	0,561
	P.tot								
	S	0,106	-0,061	-0,309	-0,216	0,262	0,424	0,169	-0,352
	T	-0,197	0,102	-0,291	-0,072	-0,042	-0,194	0,084	-0,511
G. di libertà			24		10		23		15

Tab.10

zona C		vento							
		bora		scirocco		libeccio		maestrale	
		intensità	direzione	intensità	direzione	intensità	direzione	intensità	direzione
parametri marini	TRIX	0,112	-0,091	0,113	-0,277	-0,096	0,310	-0,155	0,510
	O ₂								
	Chl "a"								
	DIN	0,244	-0,148	0,138	-0,075	-0,050	0,286	-0,155	0,350
	P.tot								
	S	-0,046	0,052	0,090	0,268	0,023	0,064	0,031	-0,271
	T	-0,221	0,244	-0,147	-0,138	0,050	-0,589	0,123	-0,446
	G. di libertà		23		11		25		11

Le tabelle mostrano come non vi siano correlazioni significative tra il vento e i parametri marini eccetto che per poche situazioni. Le uniche correlazioni che hanno una probabilità superiore al 95% di verificarsi, riguardano la temperatura e il vento di *Maestrale*, nella zona A e B, esse sono negative. Evidentemente anche se il numero di campionamenti, non è elevato (17 nella zona A e B) questo vento proveniente da nord – ovest, riesce a cambiare la struttura del campo di temperatura nella zona considerata. Questo vento potrebbe determinare situazioni di upwelling e di spostamento delle masse d’acqua così come cambiamenti locali della temperatura dovuti all’evaporazione. Entrambe le ipotesi sono plausibili e non abbiamo il modo di verificarle in questo studio. Nel futuro se sarà possibile continuare, il parametro più adatto a rivelare la dinamica del TRIX e del vento potrebbe essere la velocità verticale alla base dello strato di Ekman, che dipende dalla componente verticale del rotore del vento.

Per quanto riguarda il *Libeccio* le uniche due correlazioni significative sono quelle con la salinità nella zona B e con la temperatura nella zona C. Nel 2002 si sono verificati molti episodi di *Libeccio*, ben 25 campionamenti per la zona B e 27 per la zona C. Le correlazioni però non sono significative facendo pensare quindi che la correlazione del TRIX e delle variabili di ecosistema marino usate non siano dirette e quindi evidenziabili con la correlazione

I due restanti venti, *Bora* e *Scirocco*, che sono molto poco frequenti nel 2002 e i campionamenti corrispondenti ai giorni di *Scirocco* sono stati pochi (12 – 13). Leggermente superiori quelli di *Bora*. Un’ipotesi plausibile poteva essere quella per cui quando spira vento di scirocco si potesse verificare una variazione del TRIX, o meglio dei nutrienti. Questo vento che spira da sud, sud – est, contrasterebbe in un certo senso l’uscita dei nutrienti dai fiumi e potrebbe verificarsi un abbassamento delle concentrazioni soprattutto nella zona C. In realtà così non è stato, forse anche a causa dello scarso numero di campionamenti a disposizione.

Capitolo 4 - CONCLUSIONI

Lo scopo di questa tesi è stato quello di identificare una possibile correlazione tra TRIX e forzante ventoso. In primo luogo si è passati al calcolo dell'indice Trofico, confrontato poi con quello pubblicato. L'area in cui è stato calcolato il TRIX è la costa emiliano romagnola monitorata dalla Daphne. La stessa è stata suddivisa poi in sub aree A – B – C, già identificate come qualitativamente diverse. Si è proceduto alla correlazione tra salinità e temperatura e i corrispettivi componenti del TRIX, e si è analizzata la serie temporale di questi valori lungo tutto il 2002. Per quanto riguarda i dati atmosferici, si è presa in considerazione l'area che copre la zona di campionamento, denominata "area 3". Si è passati poi al calcolo della correlazione tra TRIX e parametri quali salinità, temperatura, DIN, fosforo, ossigeno disciolto, clorofilla "a" nelle tre zone (A, B, C) e "area 3". Scartando le due precedenti suddivisioni in "area 1" e "area 2". Come si è visto dalle correlazioni e dai commenti precedenti non si sono trovate significative correlazioni. In particolare alcuna con il TRIX. L'ipotesi di poter correlare in particolare il TRIX con l'andamento dei venti, non è certamente una soluzione da scartare a priori, anche se non si è giunti a correlazioni significative.

Innanzitutto, si possono fare diverse considerazioni sullo studio fatto:

- 1) La serie temporale del vento considerata nello studio è troppo corta, un solo anno di riferimento è troppo poco;
- 2) Il numero di campionamenti dei dati marini è altrettanto scarso, solo 39 in un anno;
- 3) I dati del vento oltre a coprire zone di mare, coprono anche aree di terra, e in questo modo il forzante diminuisce o subisce delle modificazioni.
- 4) I campionamenti delle acque vengono fatti settimanalmente durante l'estate e con scadenza quindicinale durante l'inverno. Naturalmente i dati hanno una variabilità che si misura su scale corte, giorno – settimana, quella del vento è ancora più corta, dalle 6 ore al giorno. Per questo motivo è difficile dire in che modo e quale tipo di vento influisca sulla variazione dei parametri marini.

Bibliografia

- AA.VV. (2002). Eutrofizzazione delle acque costiere dell'Emilia Romagna- Rapporto annuale 2002, ARPA: 1-198.
- AA.VV. (2003). "Verso la gestione integrata delle zone costiere." I quaderni di ARPA: 1-168.
- Agostini V.N. and Bakun A. (2002). "'Ocean triads" in the Mediterranean Sea: physical mechanism potentially structuring reproductive habitat suitability (with example application to European anchovy, *Engraulis encrasicolus*)." Fisheries Oceanography **11**(3): 129-142.
- Artegiani A., Bregant D., Paschini E., Pinardi N., Raicich F. and Russo A. (1997a). "The Adriatic Sea general circulation. Part I: air sea interactions and water mass structure." Journal of Physical Oceanography **27**: 1492-1514.
- Artegiani A., Bregant D., Paschini E., Pinardi N., Raicich F. and Russo A. (1997b). "The Adriatic Sea general circulation. Part II: baroclinic circulation structure." Journal of Physical Oceanography **27**: 1515-1532.
- Cushman-Roisin B., Gacic M., Poulain P.M. and Artegiani A. (2001). Physical Oceanography of the Adriatic Sea: Past, Present and Future, Kluwer Academic Publishers.
- Maggiore A., Zavatarelli M., Angelucci M.G. and Pinardi N. (1998). "Surface Heat and Water Fluxes in the Adriatic Sea: Seasonal and Interannual Variability." Phys. Chem. Earth **23**(5-6): 561-567.
- Vollenweider R.A., Rinaldi A. and Montanari G. (1992). Eutrophication, structure and dynamics of a marine coastal system: results of ten year monitoring along the Emilia Romagna coast (Northwest Adriatic Sea). Marine Coastal Eutrophication. Elsevier: 63-106.
- Vollenweider R.A., Giovanardi F., Montanari G. and Rinaldi A. (1998). "Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index." Environmetrics **9**: 329-357.
- Zavatarelli M., Pinardi N., Kourafalou V.H. and Maggiore A. (2002). "Diagnostic and prognostic model studies of the Adriatic Sea general circulation: Seasonal variability." Journal of Geophysical Research **107**(C1): 4/1- 4/20.

Appendice A

DATI MARINI

Tab.5 : Zona A. Valori delle superosservazioni per i giorni di campionamento a disposizione

Data	SALINITA'	T.media	TRIX	O.D.s	Chl"a"	DIN	P.T.
	psu	°C		mg/l	µg/l	µg/l	µg/l
02/01/02	35.14	6.12	5.015	9.48	5.5	192.41	12.30
21/01/02	34.28	4.32	5.024	10.29	9.4	202.18	7.76
04/02/02	31.15	5.81	6.947	11.79	42.5	615.01	29.27
19/02/02	30.34	7.14	6.437	10.50	17.4	539.71	50.59
05/03/02	24.67	9.63	7.730	12.51	42.2	1006.56	50.31
12/03/02	18.48	12.64	8.217	15.94	48.7	1080.58	70.21
19/03/02	25.89	12.22	7.205	13.19	25.1	699.95	24.98
03/04/02	29.14	13.63	6.096	9.49	14.2	214.91	34.38
15/04/02	33.16	12.72	6.342	7.36	8.0	497.27	51.50
26/04/02	29.74	15.80	6.431	9.64	10.0	496.67	26.00
03/05/02	27.66	18.28	6.535	8.58	20.2	420.46	38.87
06/05/02	31.94	15.72	6.051	7.33	5.7	441.47	46.66
13/05/02	11.00	18.34	7.954	12.44	41.7	1213.96	66.30
22/05/02	24.18	20.37	6.839	10.19	10.2	537.55	36.59
28/05/02	32.45	18.16	5.715	7.81	6.8	163.96	22.60
10/06/02	29.19	19.94	6.344	9.16	7.1	238.96	37.08
18/06/02	18.55	26.98	7.255	10.82	17.2	460.93	49.27
24/06/02	23.34	28.69	6.145	8.06	10.4	137.38	38.30
01/07/02	28.02	25.38	5.706	7.66	9.4	66.56	49.17
09/07/02	29.83	26.10	5.580	8.17	6.6	37.94	78.24
16/07/02	31.14	24.42	5.282	6.47	5.3	145.22	33.47
22/07/02	25.89	25.99	6.728	10.50	12.3	311.99	37.91
29/07/02	25.12	26.50	6.812	10.31	16.5	130.90	56.01
05/08/02	30.32	27.56	5.626	7.88	8.3	52.19	36.52
13/08/02	30.90	24.23	5.622	6.53	9.1	189.80	31.57
20/08/02	18.56	26.98	7.522	12.40	29.1	358.53	49.76
27/08/02	26.89	25.23	5.923	7.73	11.8	87.27	39.85
04/09/02	22.21	24.29	7.089	10.12	15.2	447.71	46.90
18/09/02	28.44	22.20	6.578	8.86	13.9	299.95	44.78
25/09/02	30.29	20.65	6.167	6.18	6.7	328.61	39.22
03/10/02	27.84	18.73	6.707	9.33	11.2	591.86	33.91
08/10/02	28.41	19.34	6.634	8.82	15.7	368.53	36.14
15/10/02	29.77	18.39	6.077	7.95	7.4	549.08	38.66
25/10/02	34.27	18.41	6.052	6.20	4.9	630.83	37.43
29/10/02	33.07	17.20	5.712	8.04	9.6	232.91	31.39
05/11/02	27.36	15.43	7.315	10.86	42.3	365.95	44.15
28/11/02	14.01	14.16	6.135	8.79	4.1	1136.13	54.75
02/12/02	10.95	11.88	6.577	9.16	5.2	1365.41	63.33
16/12/02	25.62	8.67	6.005	9.22	3.8	1041.09	43.95

Tab.6: Zona B. Valori delle superosservazioni per i giorni di campionamento a disposizione

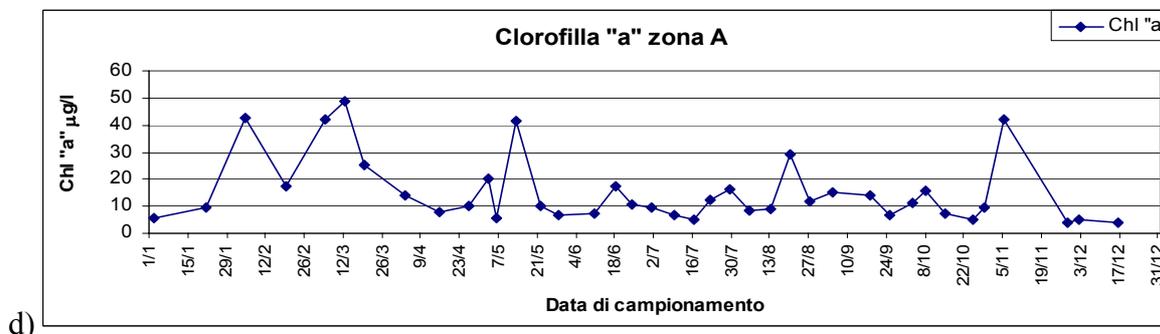
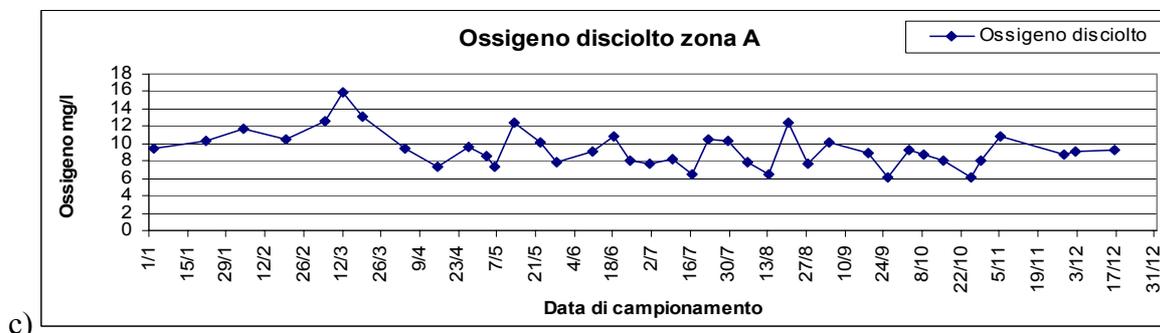
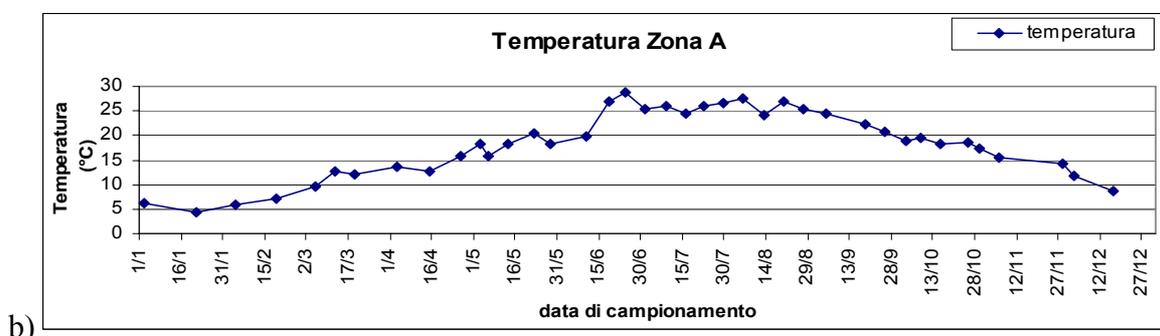
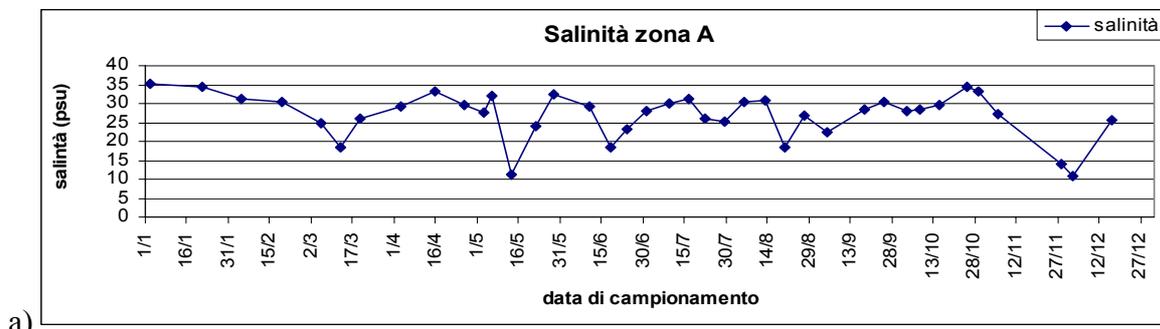
Data	SALINITA'	T.media	TRIX	O.D.s	Chl"a"	DIN	P T.
	psu	°C		mg/l	µg/l	µg/l	µg/l
02/01/02	35.23	5.64	5.04	9.79	6.51	197.12	16.04
21/01/02	34.47	4.14	5.57	10.55	22.31	160.02	12.17
04/02/02	29.78	5.94	7.36	13.91	67.22	422.89	21.46
19/02/02	29.10	7.17	6.82	11.04	27.94	613.04	31.02
05/03/02	32.30	9.17	6.42	10.36	24.64	369.32	18.31
12/03/02	24.11	12.46	7.95	17.09	46.79	596.10	48.35
19/03/02	33.98	10.30	6.07	8.76	10.63	202.39	15.02
03/04/02	31.26	12.88	5.83	8.62	12.86	199.56	23.98
15/04/02	31.52	12.87	6.17	7.59	13.03	320.73	38.83
26/04/02	30.69	15.33	6.20	8.79	9.31	407.08	25.08
03/05/02	32.38	17.29	5.50	7.98	7.54	221.38	20.61
06/05/02	36.00	14.65	5.18	6.94	3.98	112.39	19.09
13/05/02	19.11	18.65	7.84	11.84	56.96	759.57	55.32
22/05/02	29.09	21.10	5.16	8.00	2.60	213.92	17.75
28/05/02	33.65	18.95	4.41	7.73	1.66	110.82	12.37
10/06/02	34.42	18.45	5.37	8.71	6.65	56.45	26.79
18/06/02	24.23	26.64	5.95	8.57	4.27	239.68	19.48
24/06/02	27.48	27.75	5.65	7.01	4.43	181.35	24.07
01/07/02	29.06	25.68	4.90	6.38	3.70	73.48	30.55
09/07/02	33.00	25.95	4.44	7.12	1.97	44.60	14.67
16/07/02	32.93	24.78	4.77	6.95	7.13	63.06	15.43
22/07/02	33.01	25.47	5.03	7.73	5.84	33.28	19.81
29/07/02	29.76	26.17	5.61	8.26	9.74	29.44	32.58
05/08/02	32.91	27.21	4.91	6.95	5.89	15.40	20.76
13/08/02	35.55	23.52	5.56	4.54	3.54	114.90	20.36
20/08/02	25.04	26.39	7.02	11.42	37.09	127.21	32.07
27/08/02	30.22	25.22	5.18	7.39	10.04	44.51	20.37
04/09/02	28.64	24.71	6.08	8.48	9.34	110.72	27.76
18/09/02	32.36	22.31	5.76	6.18	6.91	142.02	21.91
25/09/02	31.17	20.84	6.43	5.49	6.09	408.51	39.47
03/10/02	32.54	19.22	5.63	7.58	6.68	182.33	19.16
08/10/02	31.59	19.38	6.01	8.50	18.54	74.65	20.24
15/10/02	32.02	18.94	5.62	6.85	5.99	278.19	23.85
24/10/02	36.63	18.55	6.19	6.19	3.80	616.14	28.72
29/10/02	35.68	17.84	5.74	7.36	10.80	112.04	24.76
05/11/02	30.20	15.40	6.66	9.74	28.47	231.76	27.50
28/11/02	24.29	14.96	5.73	7.96	2.16	767.72	34.79
02/12/02	14.67	11.96	6.37	8.99	4.15	1163.83	52.62
16/12/02	26.79	9.17	5.52	9.24	3.28	896.97	32.91

Tab 7: Zona C. Medie di campionamento dei valori presi in esame con le rispettive medie annuali.

Data	SALINITA'	T.media	TRIX	O.D.s	Chl"a"	DIN	P.T.
	psu	°C		mg/l	µg/l	µg/l	µg/l
03/01/02	35.38	5.39	5.61	8.72	6.68	180.12	15.10
22/01/02	34.82	4.46	5.63	10.49	19.04	169.68	10.34
05/02/02	31.17	5.60	6.90	13.00	48.68	355.93	19.14
18/02/02	28.27	7.47	6.78	10.37	49.65	613.24	42.15
04/03/02	35.44	8.61	5.28	8.44	5.84	156.05	13.06
11/03/02	31.17	10.14	6.71	12.73	19.70	322.01	18.57
18/03/02	31.13	11.71	6.76	12.84	32.20	257.45	14.88
04/04/02	32.68	12.40	5.37	8.48	10.24	149.75	21.28
16/04/02	31.90	13.57	6.03	8.83	13.83	317.45	33.62
02/05/02	34.71	15.62	5.00	7.72	4.38	132.56	19.04
07/05/02	36.05	14.59	5.05	6.72	3.22	81.07	13.24
14/05/02	20.43	19.78	7.50	12.67	36.75	453.83	38.34
21/05/02	31.15	20.48	4.94	7.69	2.47	140.56	16.66
27/05/02	33.19	20.06	5.01	9.31	1.47	101.11	14.64
04/06/02	35.40	19.46	4.76	5.46	0.98	69.30	14.58
11/06/02	35.08	18.70	5.18	9.77	3.17	102.46	9.84
17/06/02	29.48	25.01	5.04	7.82	1.39	116.14	14.57
27/06/02	28.36	26.63	4.85	6.29	2.84	144.48	21.35
03/07/02	31.10	24.63	4.92	5.88	1.80	129.47	16.42
08/07/02	33.03	24.95	4.15	6.45	1.27	63.92	103.18
18/07/02	33.22	24.75	4.49	7.18	7.67	50.87	13.37
23/07/02	33.40	25.49	4.27	7.22	2.24	23.21	12.56
30/07/02	28.99	25.63	5.27	7.98	8.38	19.36	33.86
06/08/02	33.98	26.40	4.24	6.88	3.57	17.64	13.85
12/08/02	33.52	24.31	4.47	5.87	2.86	32.09	13.65
19/08/02	27.79	25.85	5.55	8.05	15.27	61.94	22.42
26/08/02	30.30	25.41	4.93	6.76	4.94	63.45	17.42
05/09/02	30.61	24.20	5.44	7.45	7.76	64.88	31.91
17/09/02	34.38	23.18	5.50	6.17	3.49	152.08	19.61
27/09/02	31.57	20.32	6.12	5.91	4.84	326.35	31.56
02/10/02	32.80	19.08	5.68	6.55	6.00	222.83	20.44
09/10/02	31.59	18.06	5.40	8.87	12.69	33.12	16.62
16/10/02	31.95	18.54	5.19	6.52	5.28	89.81	13.58
21/10/02	36.46	19.04	5.59	5.50	2.33	367.49	13.15
28/10/02	36.79	18.74	4.95	6.58	2.94	131.66	18.17
07/11/02	33.56	15.35	6.08	8.35	18.61	144.75	36.63
28/11/02	34.17	16.29	5.42	6.97	2.60	322.14	25.20
11/12/02	21.94	9.84	5.82	9.16	3.10	1008.74	30.77
20/12/02	27.79	8.85	5.59	9.46	4.88	729.81	31.64

CORRELAZIONE DATI MARINI

Fig.11: Zona A - Variazione annuale dei parametri considerati . a) Salinità, b) temperatura, c) ossigeno disciolto, d) clorofilla "a", e) DIN, f) P totale.



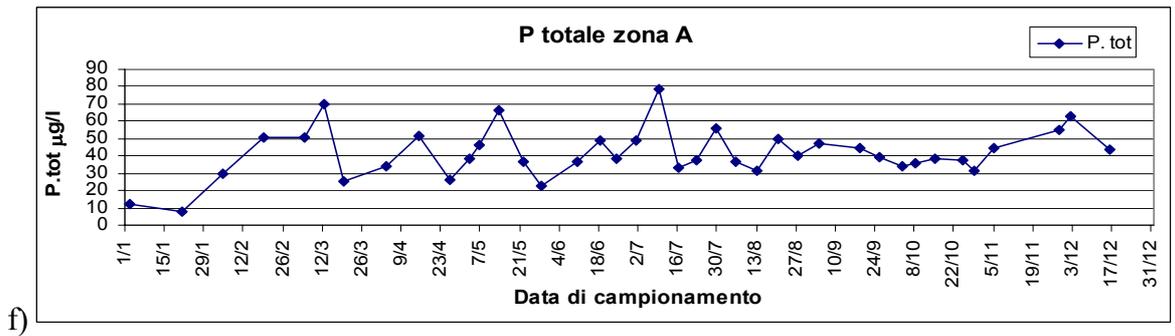
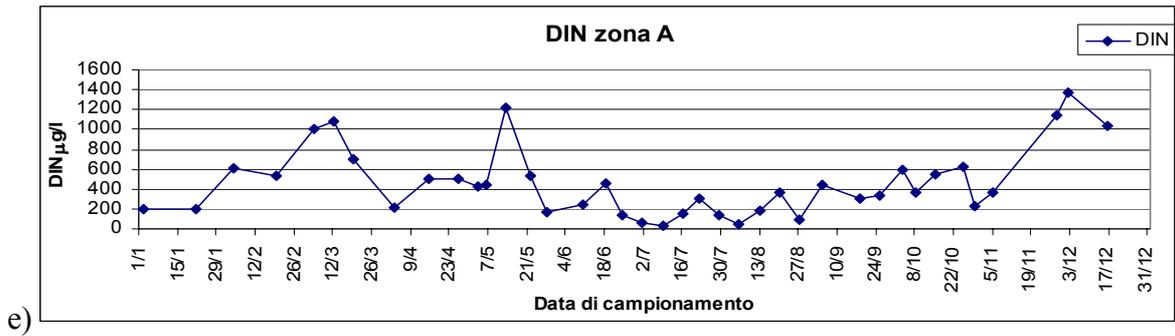
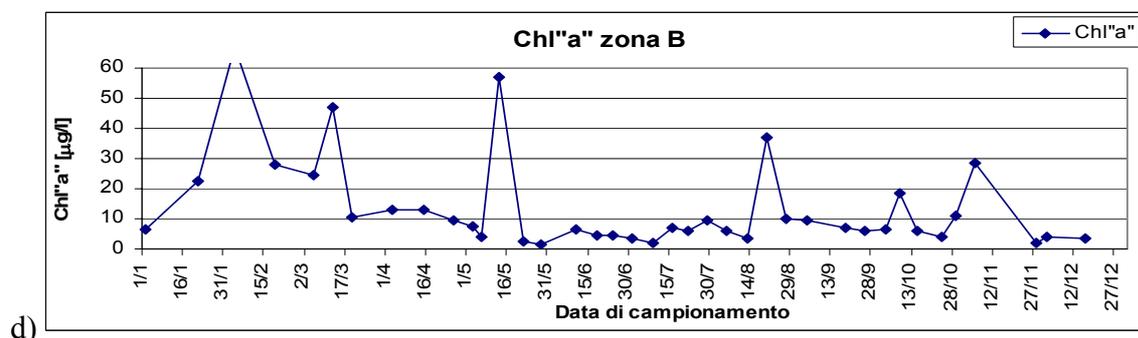
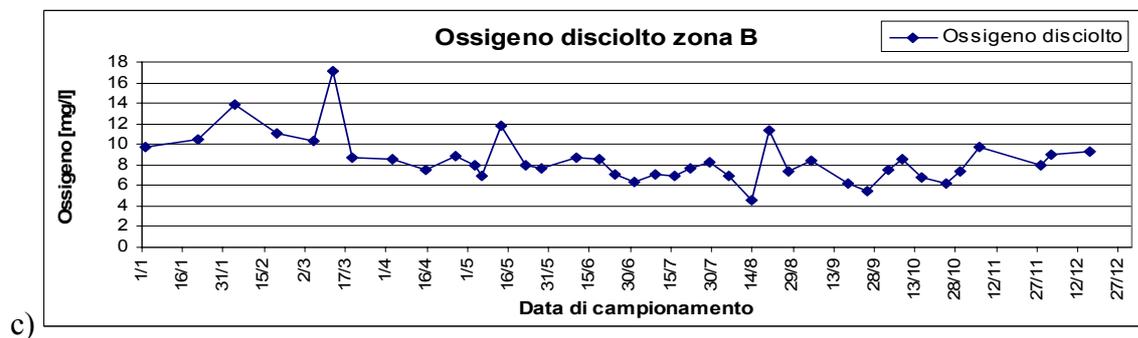
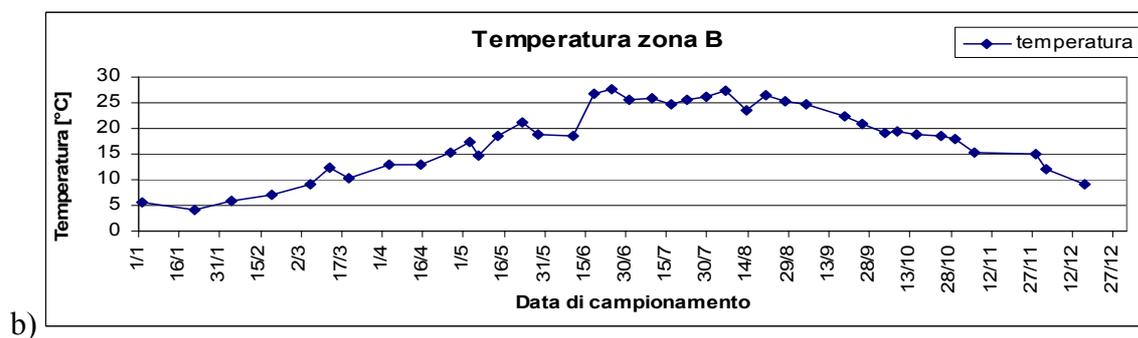
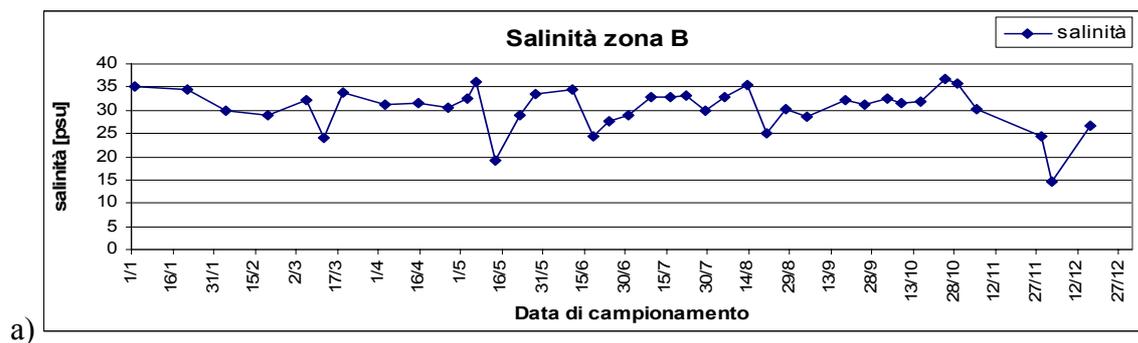


Fig.12: Zona B – Variazione annuale dei parametri considerati . a) Salinità, b) temperatura, c) ossigeno disciolto, d) clorofilla "a", e) Din, f) P totale.



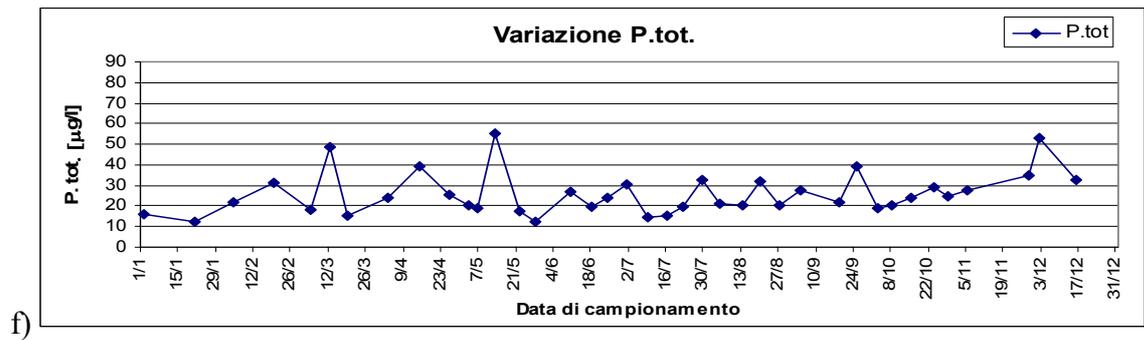
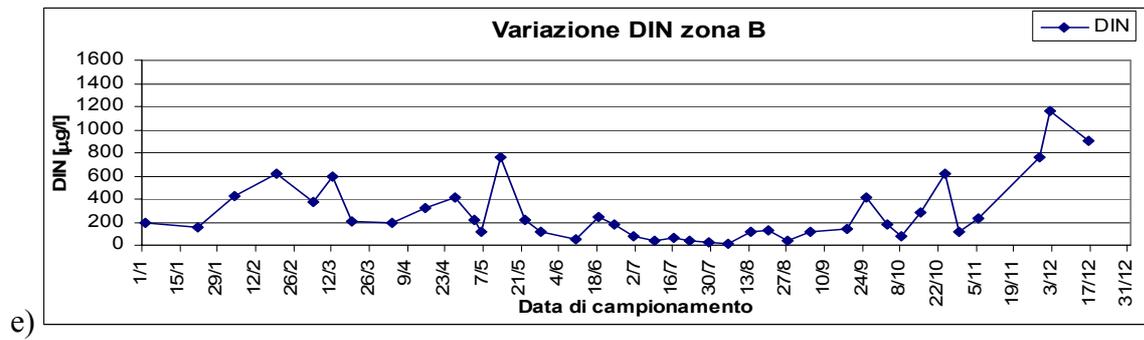
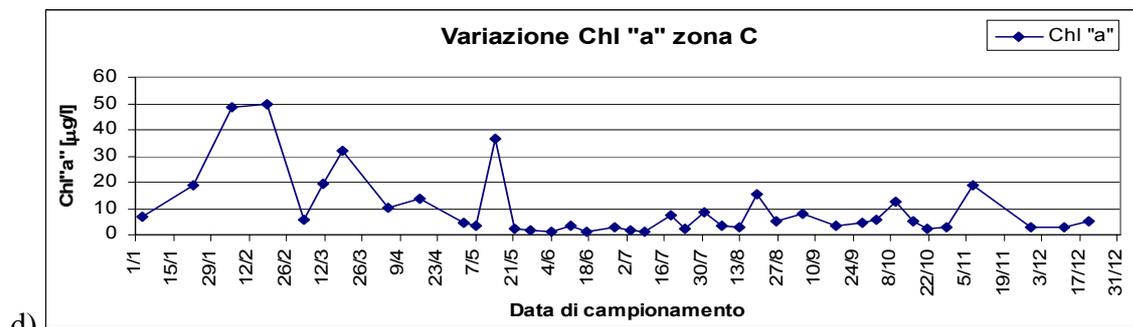
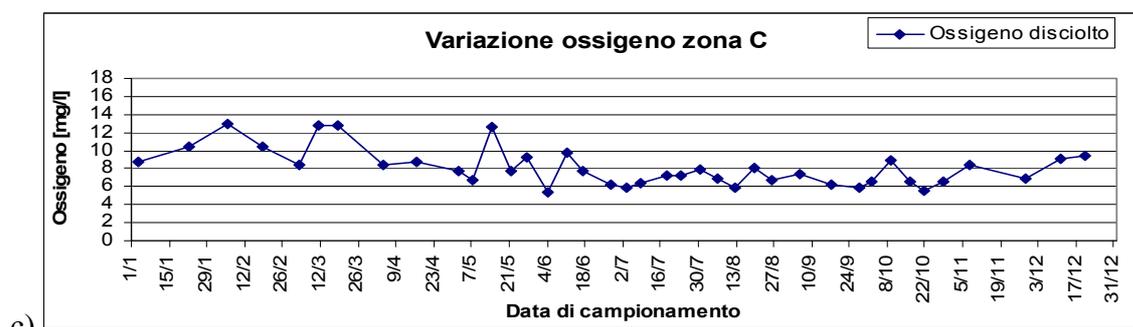
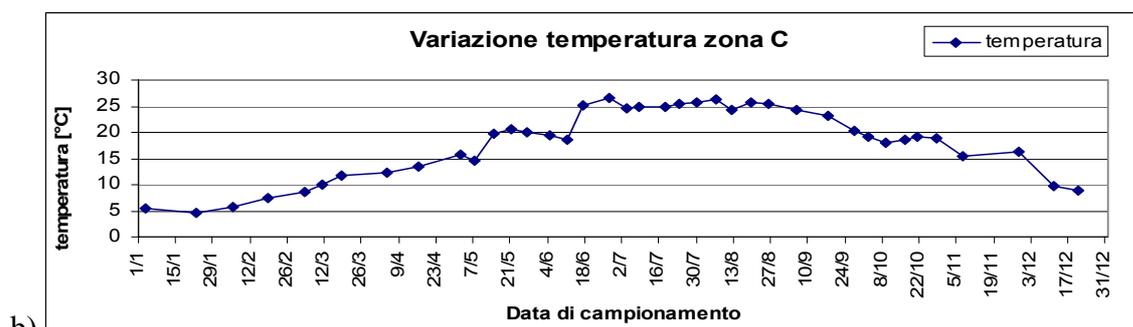
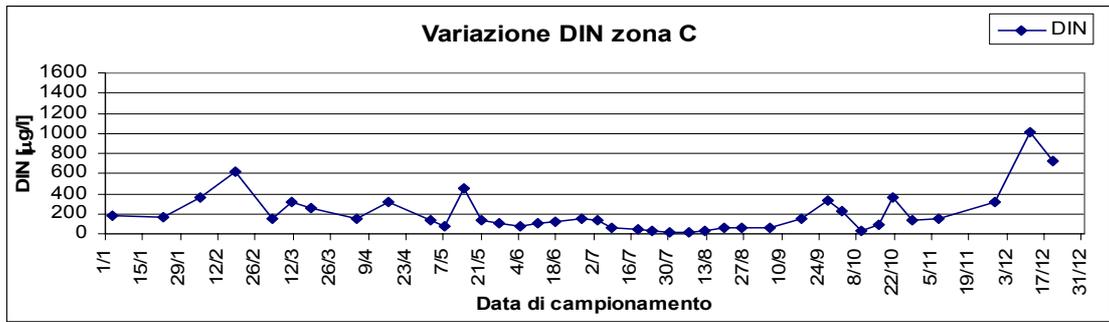
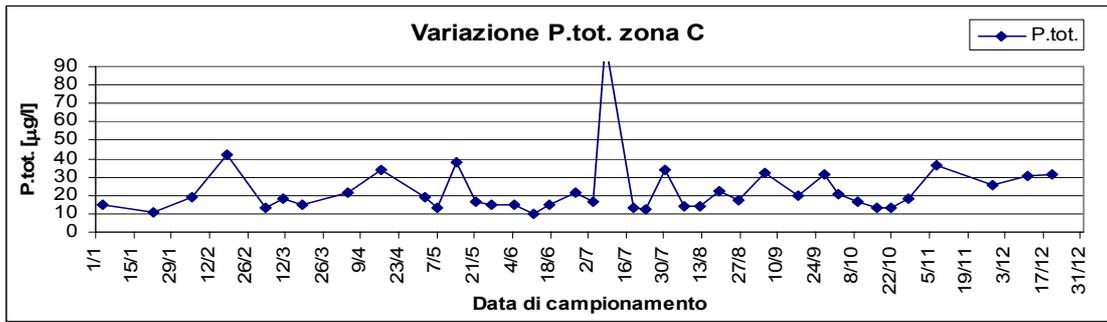


Fig.13: Zona C – Variazione annuale dei parametri considerati . a) Salinità, b) temperatura, c) ossigeno disciolto, d) clorofilla "a", e) Din, f) P totale.





e)



f)