

PASQUA PAPARELLA, GIUSEPPE MARTINO

Amministrazione Provinciale di Bari – Servizio Laboratorio Ambientale ed Acquario
Molo Pizzoli (Porto) 70123 Bari, Italia
Via Papa Pacelli, 17 - 70056 Molfetta (BA), Italia
e-mail: pasquapaparella@libero.it

VARIAZIONI SPAZIO-TEMPORALI DELLE CONDIZIONI TROFICHE DELLE ACQUE COSTIERE PUGLIESI DAL FIUME CANDELARO A BRINDISI (1998-1999)

RIASSUNTO

Nel 1998 l'Amministrazione Provinciale di Bari-Servizio Laboratorio di Biologia Marina, ha svolto un monitoraggio marino costiero per conto del Ministero dell'Ambiente, al fine di valutare le condizioni trofiche delle acque costiere pugliesi.

Il tratto di costa esaminato comprende 12 transetti, dalla foce del fiume Candelaro (FG) a Brindisi (BR). Con una sonda multiparametrica sono stati registrati la temperatura, il pH, l'ossigeno disciolto, la salinità e la clorofilla "a". In laboratorio, sui campioni di acqua di mare superficiale, sono stati determinati i nutrienti ed il fosforo totale.

L'elaborazione dei dati ha permesso di evidenziare, nel corso dell'indagine, l'esistenza di due aree marine costiere con differenti caratteristiche trofiche: una con un maggior carico trofico dovuto soprattutto allo sversamento dei fiumi, che sfociano nella zona ubicata a nord dell'area di indagine, precisamente nel tratto di costa compreso fra Candelaro e Bari; l'altra con un carico trofico minore e ubicata nella parte meridionale dell'area di indagine, cioè da Cozze a Brindisi.

Il confronto dei dati ottenuti in questa indagine con quelli di un'indagine ministeriale svoltasi nel 1992, ha evidenziato un considerevole aumento di azoto nel 1998, con conseguente squilibrio nel rapporto N/P.

SUMMARY

In the 1998 the Marine Biology Laboratory of Provincial Administration of Bari carried out a survey along Apulian coastal waters, to assessment the risk of eutrophication in the marine areas.

Twelve transects, with sampling stations at the distance of 500 m and 3000 m

from the coast, were investigated: Candelaro, Cervaro, Carapelle, Ofanto, Barletta, Molfetta, Bari, Cozze, Monopoli, Villanova, Specchiolla, and Brindisi.

Temperature, pH, salinity, dissolved O₂, chlorophyll "a" were recorded in the superficial sea waters by a YSI 6600 multiprobe. The N-NH₃, N-NO₂, N-NO₃, P-PO₄ and total phosphorus were estimated in the laboratory according Strickland e Parsons (1972).

The data survey were used for the ANOVA and Cluster analysis, nutrient ratio and Trix index to determine the trophic conditions of investigated area.

The survey revealed that the northern area of study, comprised from Candelaro to Bari, showed a greater trophic load than the southern investigated area, comprised from Cozze to Brindisi. The northern area receives the discharge of some rivers: Candelaro, Cervaro, Carapelle and Ofanto.

The survey of 1998 revealed an increase of N and a great unbalance of the N/P ratio, if compared with data from survey of 1992.

INTRODUZIONE

Le condizioni trofiche di un tratto di costa sono spesso influenzate dal carico organico delle acque dei fiumi che sfociano nell'area antistante. Il caso più noto è quello del fiume Po nell'Adriatico settentrionale. Nel nord Adriatico si versano circa 30.000 tonnellate di P e 152.000 tonnellate di N; di questi circa il 60% di P (CHIAUDANI and VIGHI, 1982) ed il 75 % di N proviene del fiume Po (CHIAUDANI *et al.* 1980). Fin dagli anni '60 le coste del nord-ovest Adriatico sono state interessate da fenomeni di eutrofizzazione, che hanno provocato spesso abnormi fioriture algali (BONI *et al.* 1993, FONDA UMANI *et al.* 1993), formazioni di mucillagini e fenomeni di anossia.

Il trasporto di enormi quantità di nutrienti nell'Adriatico settentrionale, determina un deciso aumento di produzione primaria (GILMARTIN and REVELANTE 1980; MALEJ *et al.*, 1995).

Di contro, l'Adriatico meridionale e, in particolar modo la costa pugliese, solo in pochi casi è stato oggetto di studio al fine di individuare le aree a maggior rischio di eutrofizzazione (CAROPPO *et al.*, 1999 b; MARANO *et al.*, 1992; MARTINO *et al.*, 2000; PAPARELLA *et al.*, 1994; RIZZI *et al.*, 1994; VILICIC *et al.* 1995), nonostante la presenza di corsi d'acqua, dei quali il più importante è l'Ofanto.

La Regione Puglia, su incarico del Ministero dell'Ambiente, nel 1998 ha affidato al Laboratorio di Biologia Marina della Provincia di Bari il compito di monitorare le acque costiere pugliesi, nel tratto di costa compreso fra il fiume Candelaro e Brindisi (circa Km 180), al fine di individuare le aree a rischio eutrofizzazione.

L'indagine, svoltasi da Luglio '98 a Giugno '99, ha permesso di caratterizzare dal punto di vista trofico l'area costiera oggetto di studio.

MATERIALI E METODI

Nel tratto costiero oggetto dell'indagine (Fig. 1) sono stati individuati n° 12 transetti: Candelaro, Cervaro, Carapelle, Ofanto, Barletta, Molfetta, Bari, Cozze, Monopoli, Villanova, Specchiolla, Brindisi. Su ogni transetto sono stati effettuati 2 prelievi di acqua di mare superficiale: uno a 500 m e l'altro a 3000 m dalla costa.

I prelievi hanno avuto cadenza quindicinale nei mesi estivi e mensile nel resto dell'anno.

In ciascun punto di prelievo sono state annotate le condizioni meteo-marine e, mediante una sonda multiparametrica YSI 6600, sono stati rilevati i valori di temperatura, pH, salinità, ossigeno disciolto, e clorofilla "a". In laboratorio, su ogni campione di acqua di mare, sono stati determinati i nutrienti (STRICKLAND and PARSONS, 1972).

Con i logaritmi decimali delle concentrazioni medie annuali dei nutrienti e della clorofilla "a", è stata calcolata la matrice di dissimilarità fra le stazioni esaminate, per poter effettuare l'analisi di Cluster, mediante la distanza euclidea.

Al fine di valutare le differenze trofiche nelle stazioni prese in esame, è stata effettuata l'analisi della varianza (ANOVA).

Successivamente, sono state calcolate le rette di regressione dei logaritmi dei rapporti nutrizionali tra biomassa (espressa in clorofilla a) e nutrienti (espressi in N totale inorganico e P ortofosfato) per valutare l'omogeneità del sistema (INNAMORATI, 1989; INNAMORATI and GIOVANARDI, 1992).

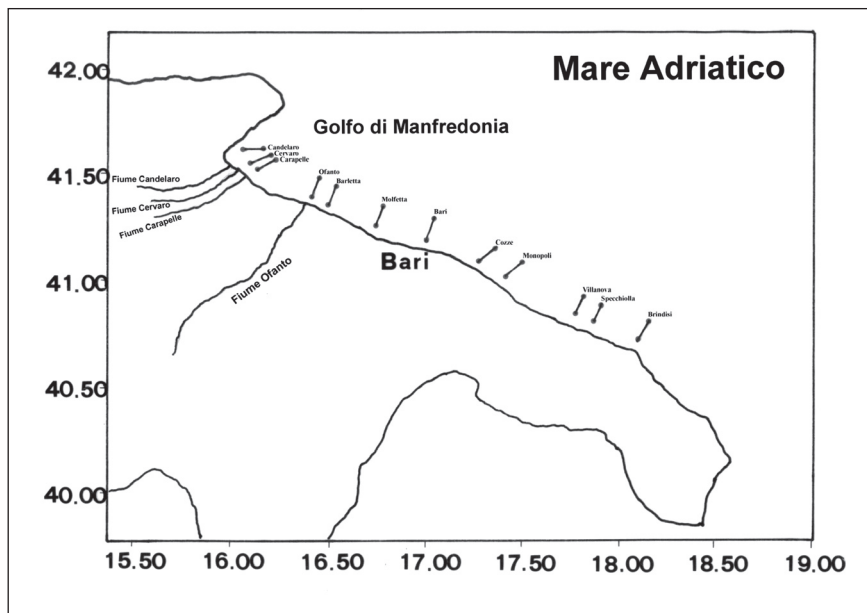


Fig. 1 - Stazioni di campionamento.

Inoltre, è stato calcolato anche l'indice Trix (VOLLENWEIDER *et al.*, 1998), introdotto in Italia dal D.Lgs. 152/99 per la classificazione delle acque marine dal punto di vista trofico. L'indice Trix sintetizza i parametri chimici e chimico-fisici fondamentali in un insieme di semplici valori numerici, consentendo l'utilizzo di una scala di valori (2-8) che fornisce informazioni sullo stato trofico delle acque.

La formula per il calcolo del TRIX è = $(\text{Log}(\text{Chl a} \cdot \text{IOD}\% \cdot \text{N} \cdot \text{P}) - (-1.5)) / 1.2$.

RISULTATI

I risultati dell'indagine svolta (Tab. 1), (Fig. 2), hanno rivelato che la concentrazione media annuale più alta di ammoniaca ($6,64 \mu\text{M l}^{-1}$) è stata individuata nella stazione di Candalaria 500 e quella più bassa ($0,56 \mu\text{M l}^{-1}$) a Cozze 3000; la concentrazione media più alta di nitriti è stata individuata a Candalaria 500 ($1,93 \mu\text{M l}^{-1}$) e la più bassa sia a Cozze 500 che a Brindisi 3000 ($0,19 \mu\text{M l}^{-1}$). La concentrazione media più alta di nitrati è stata riscontrata a Candalaria 500 ($38,60 \mu\text{M l}^{-1}$) e quella più bassa a Brindisi 3000 ($1,62 \mu\text{M l}^{-1}$). Per l'ortofosfato la concentrazione media più alta è risultata a Candalaria 500 ($1,56 \mu\text{M l}^{-1}$) e quella più bassa a Barletta 3000 ($0,12 \mu\text{M l}^{-1}$). Per il fosforo totale, la concentrazione media più alta si è avuta a Candalaria 500 e quella più bassa a Bari 3000.

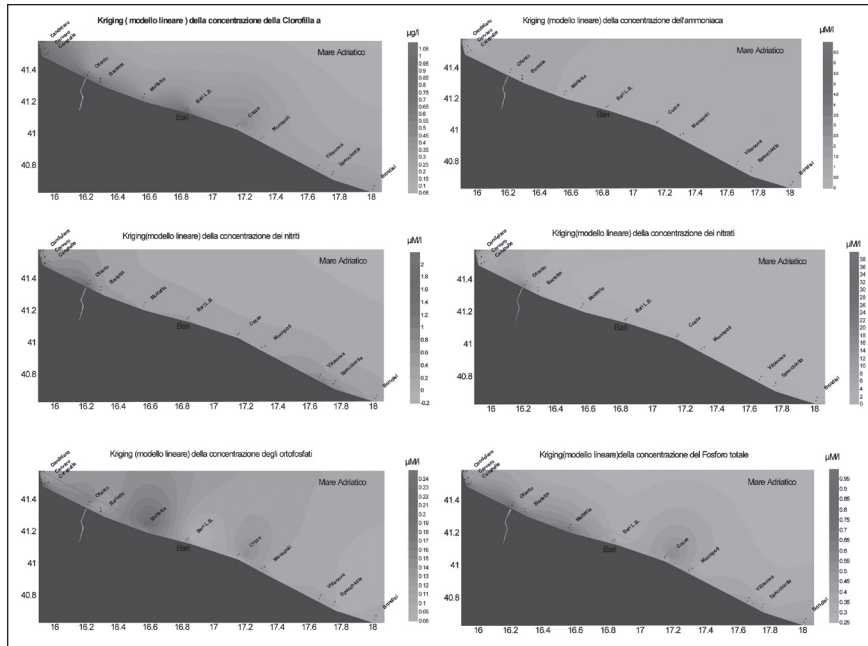


Fig. 2 - Kriging delle concentrazioni medie annuali dei parametri chimici analizzati nell'indagine.

Tab. 1 - Medie annuali dei risultati dell'indagine.

	mg/l	mM/l	mM/l	mM/l	mM/l	mM/l	
Candelaro 500							
	Clorofilla "a"	N-NH ₃	P-PO ₄	N-NO ₃	N-NO ₂	P tot.	Trasparenza
Media	0,622	6,642	0,242	38,381	2,150	0,904	1,950
Dev. St.	0,441	17,275	0,317	82,060	2,752	0,991	1,439
Min.	0,030	0,100	0,010	0,520	0,020	0,060	0,300
Max	1,650	65,730	0,940	287,420	9,420	3,060	4,000
Var.	0,194	298,420	0,100	6733,924	7,575	0,982	2,072
Candelaro 3000							
	Clorofilla "a"	N-NH ₃	P-PO ₄	N-NO ₃	N-NO ₂	P tot.	Trasparenza
Media	0,700	1,499	0,132	13,482	0,684	0,427	4,214
Dev. St.	0,549	1,036	0,164	29,959	0,554	0,432	1,672
Min.	0,080	0,140	0,010	0,040	0,040	0,030	1,500
Max	1,880	3,680	0,520	114,880	2,090	1,530	7,000
Var.	0,302	1,074	0,027	897,549	0,307	0,186	2,797
Cervaro 500							
	Clorofilla "a"	N-NH ₃	P-PO ₄	N-NO ₃	N-NO ₂	P tot.	Trasparenza
Media	0,904	1,184	0,131	7,250	0,770	0,518	2,193
Dev. St.	0,797	1,050	0,132	7,220	0,873	0,496	1,432
Min.	0,160	0,030	0,010	0,440	0,020	0,070	0,500
Max	2,480	3,970	0,320	26,760	3,390	1,970	5,000
Var.	0,635	1,103	0,018	52,123	0,762	0,246	2,051
Cervaro 3000							
	Clorofilla "a"	N-NH ₃	P-PO ₄	N-NO ₃	N-NO ₂	P tot.	Trasparenza
Media	0,689	1,139	0,131	5,924	0,643	0,488	4,300
Dev. St.	0,458	0,715	0,175	5,931	0,673	0,537	1,691
Min.	0,090	0,090	0,010	0,070	0,050	0,040	1,500
Max	1,770	2,750	0,590	19,760	2,410	1,660	7,000
Var.	0,210	0,512	0,031	35,174	0,453	0,289	2,860
Carapelle 500							
	Clorofilla "a"	N-NH ₃	P-PO ₄	N-NO ₃	N-NO ₂	P tot.	Trasparenza
Media	0,756	1,536	0,208	8,086	1,129	0,514	2,093
Dev. St.	0,560	1,679	0,272	10,202	1,674	0,800	1,410
Min.	0,140	0,010	0,010	0,300	0,030	0,050	0,300
Max	2,240	6,830	0,980	36,860	6,050	2,620	4,000
Var.	0,313	2,820	0,074	104,074	2,801	0,640	1,988
Carapelle 3000							
	Clorofilla "a"	N-NH ₃	P-PO ₄	N-NO ₃	N-NO ₂	P tot.	Trasparenza
Media	0,698	1,301	0,141	4,717	0,634	0,514	4,179
Dev. St.	0,499	0,838	0,134	4,337	0,876	0,571	1,613
Min.	0,210	0,110	0,010	0,090	0,020	0,040	1,000
Max	1,740	2,840	0,400	15,920	3,360	1,720	7,000
Var.	0,249	0,702	0,018	18,809	0,767	0,327	2,600
Ofanto 500							
	Clorofilla "a"	N-NH ₃	P-PO ₄	N-NO ₃	N-NO ₂	P tot.	Trasparenza
Media	0,774	1,085	0,143	18,314	1,354	0,732	1,964
Dev. St.	0,787	0,742	0,186	38,497	1,980	0,729	1,163
Min.	0,100	0,020	0,020	0,210	0,110	0,050	0,200
Max	2,980	2,350	0,670	146,470	6,710	2,020	4,000
Var.	0,620	0,550	0,035	1482,021	3,921	0,531	1,353
Ofanto 3000							
	Clorofilla "a"	N-NH ₃	P-PO ₄	N-NO ₃	N-NO ₂	P tot.	Trasparenza
Media	0,423	1,349	0,161	7,781	0,817	0,547	5,607
Dev. St.	0,397	0,950	0,262	11,082	1,151	0,716	3,460
Min.	0,050	0,060	0,010	0,120	0,070	0,060	0,500
Max	1,490	2,960	0,980	33,270	4,030	2,760	13,000
Var.	0,158	0,903	0,068	122,808	1,325	0,512	11,968

Barletta 500							
	Clorofilla "a"	N-NH ₃	P-PO ₄	N-NO ₃	N-NO ₂	P tot.	Trasparenza
Media	0,662	1,454	0,146	4,544	0,557	0,611	2,379
Dev. St.	0,386	1,827	0,227	6,219	0,413	0,724	1,237
Min.	0,020	0,010	0,010	0,070	0,040	0,060	0,300
Max	1,270	7,090	0,870	21,850	1,310	2,160	4,000
Var.	0,149	3,337	0,052	38,672	0,171	0,523	1,530
Barletta 3000							
	Clorofilla "a"	N-NH ₃	P-PO ₄	N-NO ₃	N-NO ₂	P tot.	Trasparenza
Media	0,448	1,079	0,103	4,849	0,470	0,442	6,057
Dev. St.	0,405	0,688	0,136	7,820	0,378	0,496	3,225
Min.	0,050	0,060	0,010	0,050	0,010	0,030	0,300
Max	1,360	2,140	0,470	29,120	1,210	1,520	11,000
Var.	0,164	0,474	0,018	61,153	0,143	0,246	10,400
Molfetta 500							
	Clorofilla "a"	N-NH ₃	P-PO ₄	N-NO ₃	N-NO ₂	P tot.	Trasparenza
Media	0,540	0,849	0,154	3,311	0,361	0,644	6,221
Dev. St.	0,509	0,559	0,249	3,788	0,200	0,849	3,124
Min.	0,120	0,050	0,010	0,090	0,050	0,070	0,300
Max	1,820	1,980	0,970	11,510	0,800	3,210	11,000
Var.	0,259	0,312	0,062	14,351	0,040	0,720	9,757
Molfetta 3000							
	Clorofilla "a"	N-NH ₃	P-PO ₄	N-NO ₃	N-NO ₂	P tot.	Trasparenza
Media	0,346	0,971	0,203	2,207	0,338	0,509	10,714
Dev. St.	0,329	0,771	0,300	2,773	0,213	0,789	5,373
Min.	0,030	0,040	0,010	0,050	0,100	0,050	1,500
Max	1,200	2,460	0,990	9,030	0,790	2,980	20,000
Var.	0,108	0,595	0,090	7,689	0,045	0,623	28,874
	mg/l	mM/l	mM/l	mM/l	mM/l	mM/l	
Bari 500							
	Clorofilla "a"	N-NH ₃	P-PO ₄	N-NO ₃	N-NO ₂	P tot.	Trasparenza
Media	0,767	0,961	0,122	3,018	0,464	0,415	5,179
Dev. St.	0,483	0,652	0,152	2,663	0,397	0,395	1,947
Min.	0,020	0,020	0,010	0,090	0,030	0,040	1,000
Max	1,850	1,770	0,560	8,710	1,220	1,200	8,000
Var.	0,233	0,425	0,023	7,091	0,158	0,156	3,793
Bari 3000							
	Clorofilla "a"	N-NH ₃	P-PO ₄	N-NO ₃	N-NO ₂	P tot.	Trasparenza
Media	0,434	0,763	0,079	2,243	0,333	0,301	10,071
Dev. St.	0,226	0,655	0,095	2,400	0,261	0,266	4,122
Min.	0,130	0,050	0,010	0,030	0,040	0,030	3,000
Max	0,820	1,800	0,320	9,980	0,980	0,900	16,000
Var.	0,051	0,429	0,009	5,761	0,068	0,071	16,995
Cozze 500							
	Clorofilla "a"	N-NH ₃	P-PO ₄	N-NO ₃	N-NO ₂	P tot.	Trasparenza
Media	0,342	0,839	0,104	2,201	0,259	0,386	8,714
Dev. St.	0,317	0,669	0,120	1,850	0,275	0,285	2,730
Min.	0,120	0,020	0,010	0,110	0,010	0,050	4,000
Max	1,380	1,810	0,290	5,590	1,120	0,780	13,000
Var.	0,100	0,447	0,015	3,422	0,075	0,081	7,451
Cozze 3000							
	Clorofilla "a"	N-NH ₃	P-PO ₄	N-NO ₃	N-NO ₂	P tot.	Trasparenza
Media	0,513	0,559	0,149	1,830	0,282	0,583	14,000
Dev. St.	0,733	0,486	0,202	1,674	0,233	0,745	5,392
Min.	0,020	0,030	0,010	0,090	0,090	0,030	5,000
Max	2,850	1,850	0,740	5,360	1,000	2,800	25,000
Var.	0,537	0,236	0,041	2,802	0,054	0,555	29,077

Monopoli 500							
	Clorofilla "a"	N-NH ₃	P-PO ₄	N-NO ₃	N-NO ₂	P tot.	Trasparenza
Media	0,278	0,771	0,121	1,718	0,340	0,390	9,821
Dev. St.	0,181	0,603	0,129	1,181	0,391	0,304	3,791
Min.	0,030	0,010	0,010	0,040	0,040	0,040	2,500
Max	0,620	1,790	0,370	3,930	1,530	0,880	17,000
Var.	0,033	0,363	0,017	1,394	0,153	0,093	14,370
Monopoli 3000							
	Clorofilla "a"	N-NH ₃	P-PO ₄	N-NO ₃	N-NO ₂	P tot.	Trasparenza
Media	0,275	0,696	0,101	1,584	0,305	0,325	13,357
Dev. St.	0,216	0,689	0,116	1,224	0,379	0,261	5,500
Min.	0,040	0,070	0,010	0,010	0,020	0,020	7,000
Max	0,870	2,840	0,270	3,940	1,420	0,740	26,000
Var.	0,046	0,475	0,014	1,499	0,143	0,068	30,247
Villanova 500							
	Clorofilla "a"	N-NH ₃	P-PO ₄	N-NO ₃	N-NO ₂	P tot.	Trasparenza
Media	0,327	1,004	0,118	1,856	0,846	0,459	7,857
Dev. St.	0,330	0,651	0,134	1,847	1,280	0,577	3,348
Min.	0,020	0,020	0,010	0,010	0,020	0,020	3,000
Max	1,370	2,350	0,410	6,300	4,870	2,270	15,000
Var.	0,109	0,423	0,018	3,410	1,638	0,333	11,209
Villanova 3000							
	Clorofilla "a"	N-NH ₃	P-PO ₄	N-NO ₃	N-NO ₂	P tot.	Trasparenza
Media	0,268	0,735	0,110	1,797	0,456	0,365	13,429
Dev. St.	0,182	0,592	0,151	1,608	0,542	0,375	5,374
Min.	0,030	0,050	0,010	0,020	0,020	0,030	7,000
Max	0,650	2,030	0,520	5,600	1,990	1,250	27,000
Var.	0,033	0,350	0,023	2,585	0,294	0,140	28,879
Specchiolla 500							
	Clorofilla "a"	N-NH ₃	P-PO ₄	N-NO ₃	N-NO ₂	P tot.	Trasparenza
Media	0,324	0,771	0,101	2,152	0,681	0,386	7,179
Dev. St.	0,378	0,611	0,124	1,749	1,174	0,301	2,478
Min.	0,020	0,030	0,010	0,010	0,090	0,030	3,000
Max	1,530	2,040	0,440	6,420	4,390	0,870	14,000
Var.	0,143	0,373	0,015	3,060	1,377	0,091	6,139
Specchiolla 3000							
	Clorofilla "a"	N-NH ₃	P-PO ₄	N-NO ₃	N-NO ₂	P tot.	Trasparenza
Media	0,289	0,574	0,090	2,174	0,402	0,344	14,071
Dev. St.	0,204	0,575	0,113	2,112	0,523	0,311	5,916
Min.	0,010	0,020	0,010	0,010	0,060	0,020	7,000
Max	0,760	1,850	0,370	7,780	1,900	1,020	26,000
Var.	0,042	0,330	0,013	4,460	0,274	0,097	34,995
Brindisi 500							
	Clorofilla "a"	N-NH ₃	P-PO ₄	N-NO ₃	N-NO ₂	P tot.	Trasparenza
Media	0,376	1,029	0,111	1,996	0,311	0,436	4,143
Dev. St.	0,354	1,048	0,125	1,662	0,307	0,545	0,691
Min.	0,050	0,030	0,010	0,150	0,020	0,020	2,500
Max	1,250	3,830	0,410	5,940	1,110	2,150	5,000
Var.	0,125	1,098	0,016	2,762	0,094	0,297	0,478
Brindisi 3000							
	Clorofilla "a"	N-NH ₃	P-PO ₄	N-NO ₃	N-NO ₂	P tot.	Trasparenza
Media	0,275	0,780	0,105	1,466	0,272	0,397	14,643
Dev. St.	0,220	0,566	0,122	0,992	0,288	0,421	3,411
Min.	0,010	0,010	0,010	0,070	0,020	0,040	9,000
Max	0,710	2,010	0,380	3,050	1,140	1,250	22,000
Var.	0,048	0,321	0,015	0,985	0,083	0,177	11,632

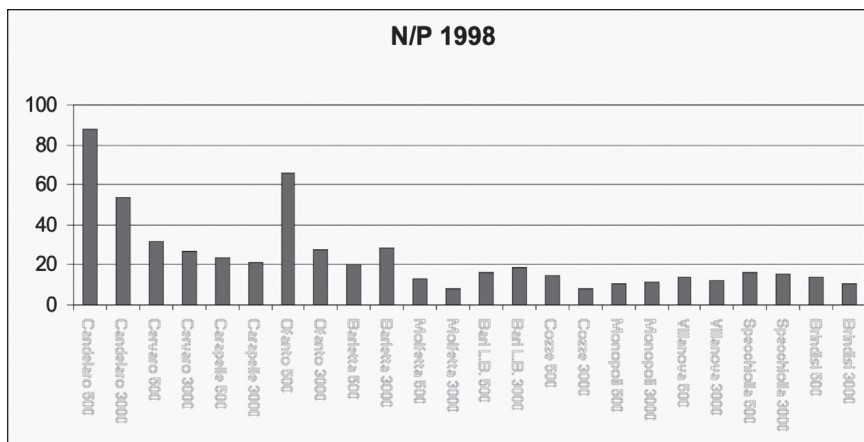


Fig. 3 - Andamento del rapporto N/P delle stazioni esaminate.

Anche la concentrazione media della clorofilla “a” è stata più alta nell’area costiera antistante la foce dei fiumi, e precisamente ad Ofanto 500, con un valore di $2,96 \mu\text{g l}^{-1}$ e quella più bassa a Brindisi 3000 con $0,63 \mu\text{g l}^{-1}$.

Il rapporto N/P è risultato più elevato nell’area interessata dalla foce dei fiumi (Fig. 3).

L’analisi della varianza ha mostrato differenze significative fra le stazioni esaminate (Tab. 2).

L’analisi di Cluster ha evidenziato l’esistenza di due gruppi di stazioni indagate: uno comprendente le stazioni ubicate nel tratto di costa da Candelaro a Bari, cioè la parte settentrionale dell’area di indagine, l’altro comprendente le stazioni ubicate nel resto dell’area (Fig. 4), cioè nella parte meridionale del tratto di costa oggetto di indagine. Da questi due gruppi, inoltre, si individua il distacco di una stazione, quella di Candelaro 500, che risulta maggiormente produttiva.

A seguito di questi risultati, sono state calcolate le rette di regressione dei logaritmi dei rapporti di nutrizione fra le due aree evidenziate dall’analisi di Cluster, cioè quella a nord e quella a sud dell’intero tratto di costa; il coefficiente angolare delle due rette ottenute (Fig. 5) è risultato pari a 0,9521 nell’area meridionale dell’indagine e pari a 0,4854 nell’area settentrionale.

L’indice Trix è risultato più alto nel tratto di costa compreso fra il fiume Candelaro e Bari (Fig. 6) e più basso nel resto dell’area di studio.

Tab. 2 - Test dell’ANOVA ad una via sulle medie annuali di clorofilla e nutrienti.

ANOVA Table						
Factor	SS	Df	Ms	F(cal)	P(F<=F(cal))	F(0,05)
A (Between Groups)	589,3703	5	117,8741	10,6792 *** (P<=0,001)	1,00E-08	2,279822
R(A) (Within Groups)	1523,206	138	11,03772			
AR (Total)	2112,576	143				

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

L'indagine condotta ha evidenziato anche per l'anno 1998 la presenza di due aree marine con caratteristiche trofiche differenti, confermando la situazione già evidenziata in precedenti campagne (AA.VV., 1993; MARANO *et al.*, 1992; PAPARELLA *et al.*, 1994; RIZZI *et al.*, 1993; MARTINO *et al.*, 2000).

Questo risultato si evince sia dalle differenti concentrazioni di nutrienti e clorofilla, sia dalle analisi dell'Anova e Cluster. Il calcolo del coefficiente angolare delle rette di regressione dei rapporti nutrizionali, risultato più basso a nord che a sud, sta a significare che il sistema individuato nell'area settentrionale dell'indagine risulta meno stabile rispetto a quello dell'area meridionale. Infatti, la tendenza della retta di regressione ad assumere una pendenza di 45° , come quella calcolata nell'area a sud, è sintomo di stabilità dei sistemi e della regolarità degli andamenti stagionali (MONTANARI *et al.*, 2000). Le rette interpolate con k tendente ad 1 rappresentano situazioni di equilibrio, in cui la biomassa cresce mantenendo inalterato il rapporto di composizione dell'acqua. (INNAMORATI, 1989).

Anche il valore numerico dell'indice Trix, più alto a nord che a sud, indica una differenza dal punto di vista trofico tra le due aree, e precisamente, a nord acque con un stato trofico medio, occasionalmente intorbidite e colorate e, quindi con uno stato qualitativo definito "Buono"; a sud, indica presenza di acque con uno

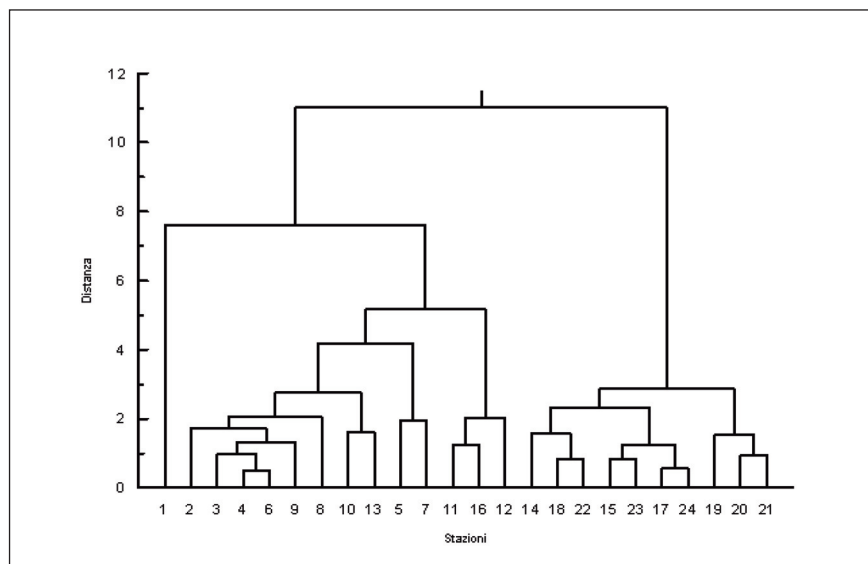


Fig. 4 - Cluster delle stazioni esaminate (1 = Candelaro 500; 2 = Candelaro 3000; 3 = Cervaro 500; 4 = Cervaro 3000; 5 = Carapelle 500; 6 = Carapelle 3000; 7 = Ofanto; 8 = Ofanto 3000; 9 = Barletta 500; 10 = Barletta 3000; 11 = Molfetta 500; 12 = Molfetta 3000; 13 = Bari 500; 14 = Bari 3000; 15 = Cozze 500; 16 = Cozze 3000; 17 = Monopoli 500; 18 = Monopoli 3000; 19 = Villanova 500; 20 = Villanova 3000; 21 = Specchiolla 500; 22 = Specchiolla 3000; 23 = Brindisi; 24 = Brindisi 3000).

stato trofico basso, scarsa produttività, buona trasparenza, assenza di colorazioni anomale, buona ossigenazione nelle acque del fondo e, quindi, uno stato qualitativo "Elevato".

Pertanto, anche per l'anno 1998, l'area costiera oggetto del nostro studio è caratterizzata a nord: 1) da acque costiere di natura oligo-mesotrofiche secondo la definizione di VOLLENWEIDER e KERÉKES (1982) o, secondo il D. Lg. 152/99, da

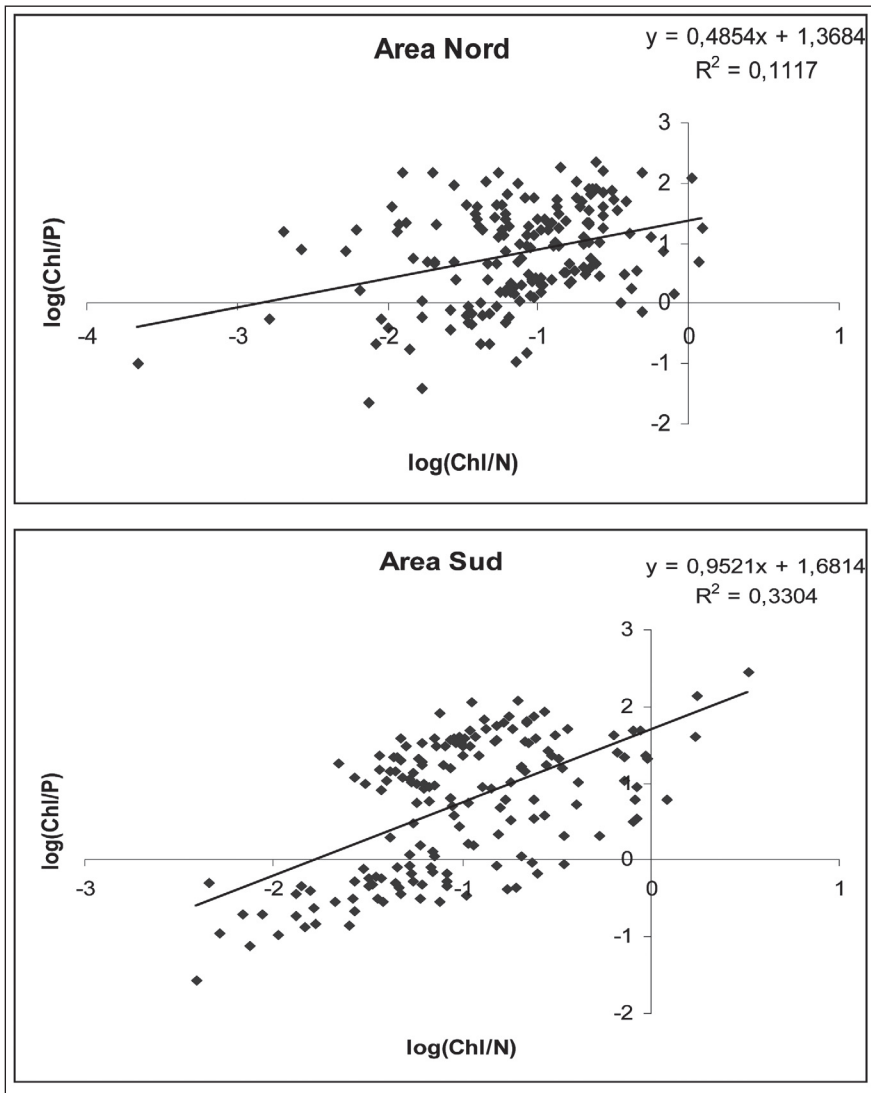


Fig. 5 - Rapporti nutrizionali nell'area settentrionale e meridionale dell'indagine.

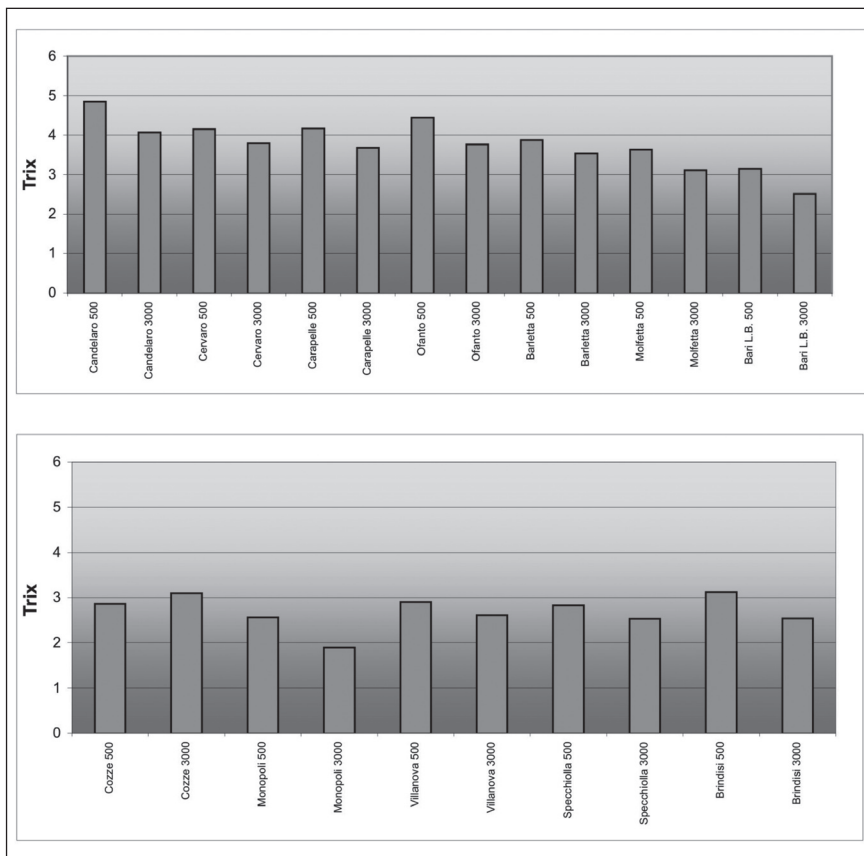


Fig. 6 - Valori del Trix nelle due aree considerate.

acque con un indice trofico definito Buono, dovuto prevalentemente allo sversamento del carico organico presente nei corsi d'acqua, quali Candelaro, Cervaro, Carapelle ed Ofanto con fondali bassi e sabbiosi e correnti circolatorie interne al Golfo. A sud, è caratterizzata: 1) da acque decisamente oligotrofiche o, secondo il D. Lg. 152/99, da acque con indice trofico definito Elevato, assenza di corsi d'acqua che sfociano in mare, fondali profondi con coste rocciose e correnti con direzione prevalentemente NW-SE.

Rispetto ad una precedente indagine ministeriale, sullo stato trofico delle acque costiere pugliesi, svoltasi nell'anno 1992, si è evidenziato un aumento del rapporto N/P, risultato più marcato nelle acque costiere ubicate a nord dell'indagine (Fig. 7) e decisamente spostato a favore dell'azoto a causa, soprattutto, degli ammendanti e concimi chimici azotati, utilizzati in agricoltura e, in parte trasportati in mare dai fiumi attraverso il dilavamento delle acque piovane.

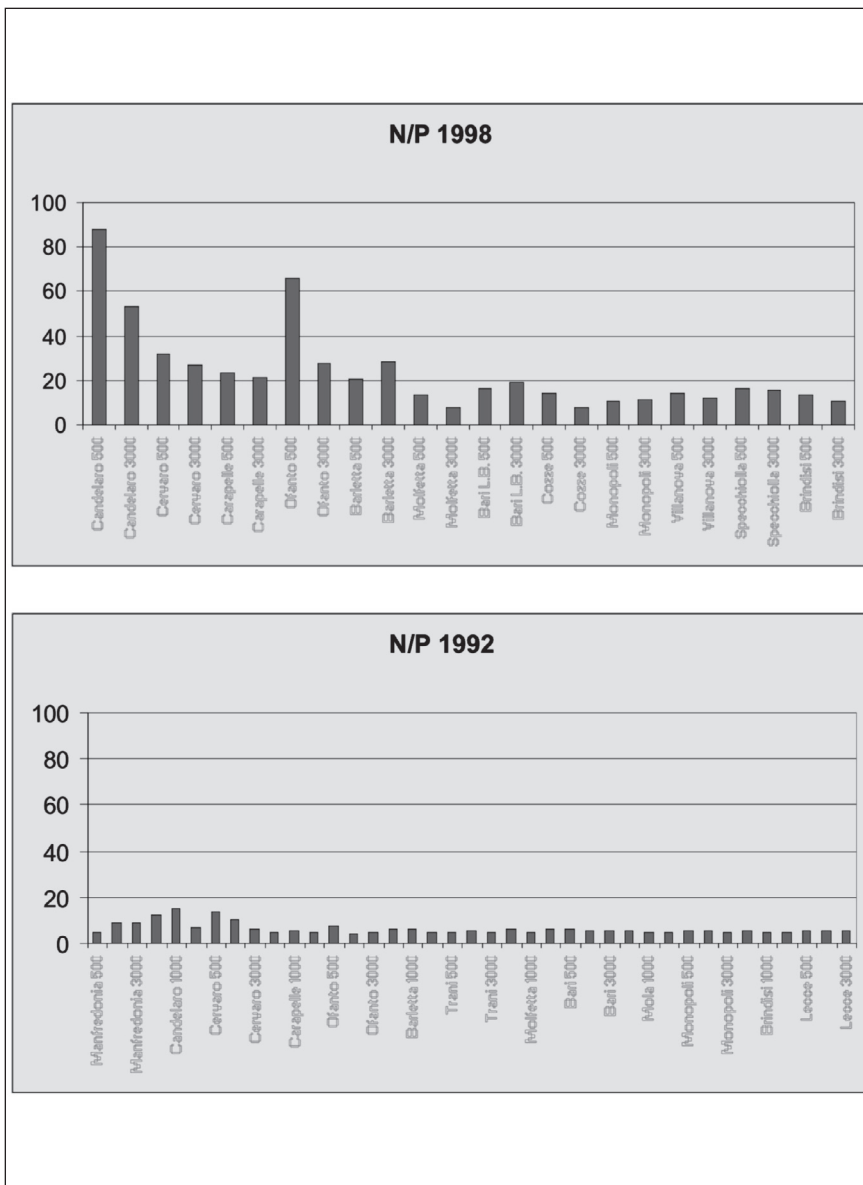


Fig. 7 - Rapporti N/P nelle due indagini considerate.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia la Regione Puglia e l'Amministrazione Provinciale di Bari per aver permesso lo svolgimento dell'indagine sul Monitoraggio marino costiero.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., 1993 - Monitoraggio acque costiere adriatiche da Aprile '92 a Marzo '93. Relazione finale. Regione Puglia.
- BONI L., MILANDRI A., POLETTI R., POMPEI M., 1993 - DSP-cases along the Emiglia-Romagna coast (Northwestern Adriatic Sea). In: Smayda TJ, Shirmizu Y (eds). Toxic phytoplankton blooms in the sea. Elsevier, Amsterdam, pp. 475-481.
- CAROPPO C., FIOCCA A., SAMMARCO P. MAGAZZÙ G., 1999b - Seasonal variations of nutrients and phytoplankton in the coastal SW Adriatic Sea (1995-1997). *Botanica Marina*, 42: 389-400.
- CHIAUDANI G., VIGHI M., 1982 - Multistep approach to identification of limiting nutrients in Northern Adriatic eutrophied waters. *Water Research*, 21: 219-229.
- CHIAUDANI G., MARCHETTI R., VIGHI M., 1980° - Eutrophication in Emilia-Romagna coastal waters (North Adriatic Sea, Italy): a case history. *Progress of Water Technology*, 12: 185-192.
- FONDA UMANI, S., FRANCO, P., GHIRARDELLI, E., MALEJ, A., 1993 - Outline of oceanography and the plankton of the Adriatic Sea. In: Colombo G, Ferrari I, Ceccherelli VU, Rossi R (eds). Marine eutrophication and population dynamics. Proc. 25th European Marine Biology Symposium. Olsen & Olsen, Fredensborg, pp. 347-365.
- GILMARTIN M., REVELANTE N., 1980 - Nutrient in put and the summer nanoplankton bloom in the Northern Adriatic Sea. *PSZN I: Marine Ecology*, 1 :169- 180
- INNAMORATI M., 1989 - Proprietà statistiche e processi di rinnovo dei nutrienti e del fitoplancton in mare. *Oeobalia*, vol. XV-1: 357-374.
- INNAMORATI M., GIOVANARDI O., 1992 - Interrelationships between phytoplankton biomass and nutrients in the eutrophicated areas of North-Western Adriatic sea. *Science Total Environmental*, Suppl. 1992, Elsevier Science Publication. B.V., Amsterdam: 235-250.
- MALEJ A., MOZETIC P., MALACIC V., TERZIC S., AHEL M., 1995 - Phytoplankton responses to freshwater inputs in a small semienclosed gulf (Gulf of Trieste, Adriatic Sea). *Marine Ecology Progress Series* 120: 111-121.
- MARANO G., PAPARELLA P., RIZZI E., DE ZIO V., MARTINO G., ROSITANI L., 1992 - Monitoraggio dell'Adriatico pugliese: nota preliminare. *Atti dell'Accademia europea per l'Ambiente. Conferenza Internazionale su "Problemi Ambientali e Sanitari di Suolo ed Acque Costiere nell'Area Mediterranea". Napoli 8-9-10 Ottobre 1992.*
- MARTINO G., LO CAPUTO S., DE RUGGERI P., PAPARELLA P., SGOBBA A., 2000 - Monitoraggio delle acque costiere marine nel basso Adriatico nell'anno 1998. *Dati preliminari. Biologia Marina Mediterranea*, 7 (1): 770-773.
- MONTANARI G., GIOVANARDI F., MELLEY A., 2000 - Gli indici trofici delle acque marine costiere. *ANPA.CTN_AIM.1/2000.*
- PAPARELLA P., MARANO G., MARTINO G., LO CAPUTO S., 1992-1994 - Analisi delle acque costiere adriatiche pugliesi. *Accademia Pugliese delle Scienze. Estratto da Atti e Relazioni. Vol. XLIX.*

- RIZZI E., PAPARELLA P., MARANO G., MARTINO G., 1994 - Popolamenti fitoplanctonici nell'Adriatico meridionale. *Biologia Marina Mediterranea*, 1(1): 195-199.
- STRICKLAND J.D.H., PARSONS T.R., 1972 - A practical handbook of seawater analyses. *Bulletin of Fisheries Research Board of Canada*, 167: 49-90.
- VILICIC, D., LEDER, N., GRZETIC, Z., JASPRICA, N., 1995 - Microphytoplankton in the strait of Otranto (eastern Mediterranean). *Marine Biology*, 123: 619-630.
- VOLLENWEIDER, R.A., GIOVANARDI F., MONTANARI G., 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.
- VOLLENWEIDER R.A., KEREKES J.J., 1982 - OECD. Eutrophication of waters: Monitoring assessment and control. Paris.