

MUSEO CIVICO DI SCIENZE NATURALI DI BRESCIA

GAETANO BARBATO MARIO GROTTOLO
SERGIO RESOLA

INDAGINE SUL LAGO D'IDRO

**Aspetti chimico-fisici, microbiologici
e fitoplanctonici**

MONOGRAFIE DI «NATURA BRESCIANA»
N. 15 - 1990

«NATURA BRESCIANA»
Direttore responsabile U. Vaglia
Autorizzazione del Tribunale di Brescia N. 233 del 10.V.1965

Promodis Italia editrice - Brescia, 1990

GAETANO BARBATO MARIO GROTTOLO
SERGIO RESOLA

INDAGINE SUL LAGO D'IDRO
Aspetti chimico-fisici, microbiologici
e fitoplanctonici

INDICE

PRESENTAZIONE	p.	5
PREMESSA	»	7
ASPETTI CHIMICO-FISICI (Sergio Resola)	»	9
ASPETTI MICROBIOLOGICI (Mario Grottole)	»	45
NOTIZIE SUL FITOPLANCTON (Gaetano Barbato)	»	69

SERGIO RESOLA*

INDAGINE SUL LAGO D'IDRO: ASPETTI CHIMICO-FISICI

RIASSUNTO - Per un periodo di tredici mesi sono state studiate le caratteristiche chimico-fisiche delle acque superficiali del lago d'Idro. Una sola stazione di campionamento, Pian d'Oneda, ha rivelato la presenza di una alta concentrazione di nutrienti, derivanti verosimilmente dagli scarichi della fognatura di Ponte Caffaro e di una piscicoltura insediata a ridosso del lago.

Nella stagione estiva è stato frequentemente superato il valore limite della concentrazione di ossigeno disciolto fissato dal DPR n. 470/82 per la balneazione; ciò ribadisce tuttora la necessità della deroga regionale emanata nel 1987.

Sono stati studiati gli immissari del lago più significativi ed individuato grossi apporti di nutrienti nel fiume Caffaro-Chiese e nello scarico della piscicoltura in Pian d'Oneda.

Un controllo effettuato lungo la colonna d'acqua ha confermato lo stato meromittico del lago.

SUMMARY - During a period of 13 months we have examined the physical-chemical characteristics of superficial water of lake Idro.

Only one sampling station, Pian d'Oneda, has shown a large quantity of nutrients, probably brought by sewerage and by pisciculture waste water.

In the summer months the concentrations of oxygen dissolved has often exceeded the value of 120%, the upper limit fixed by D.P.R. n. 470/82 for bathings; therefore, is still necessary the regional derogation from such a limit issued in 1987.

We have analysed water quality of some affluents, founding an high amount of nutrients in the Caffaro-Chiese and in the pisciculture waste water in Pian d'Oneda.

Examination in the deep waters has confirmed meromittic state of lake Idro.

INTRODUZIONE

Eutrofia è un termine di derivazione greca (eu=buon, trophè=nutrimento) che sta ad indicare un eccessivo arricchimento di sostanze nutrienti in un ambiente acquatico disponibili per la biomassa vegetale.

Vi è un processo naturale di eutrofizzazione che si realizza in tempi estremamente lunghi ed è determinato dal dilavamento del suolo ad opera delle acque circolanti. Le sostanze vegetali o minerali che sono trascinate nel corpo idrico fungono una vera e propria azione fertilizzante.

Altre cause di eutrofizzazione fra le più comuni sono da considerare quelle domestica, agricola ed industriale che possono accelerare enormemente il processo naturale di "invecchiamento" del corpo idrico.

* P.M.I.P. uo chimica USSL 41 Brescia.

In un lago, la presenza di un'ampia disponibilità di nutrienti permette un eccezionale rigoglio della flora acquatica ed un conseguente aumento della produttività ittica. Segue poi a questa prima fase positiva la morte dei vegetali e la loro caduta sul fondo. Qui, imputridendo, essi consumano enormi quantità di ossigeno disciolto determinando finanche stati di anossia, letali per gli organismi bentonici aerobi. Lo stadio finale è costituito dalle condizioni di anaerobiosi in cui la mineralizzazione delle sostanze organiche procede a discapito delle molecole ossidate (nitrati, solfati) con produzione di sostanze tossiche (ammoniaca, acido solfidrico).

Sono stati individuati una quindicina di elementi e composti essenziali richiesti per lo sviluppo delle alghe, ma, secondo la legge di Liebig, è sufficiente la scarsità anche di uno solo di questi a bloccare tale sviluppo. Allo stato attuale delle conoscenze ritenuto, in generale, che l'eutrofizzazione abbia nel fosforo il suo fattore limitante.

Il monitoraggio, condotto dal novembre '87 al novembre '88 mediante controlli mensili, ha interessato il centro lago e buona parte delle stazioni rutinariamente controllate nel corso della stagione di balneazione, a norma del D.P.R. n. 470/82. Sono stati altresì presi in considerazione la punta nord orientale del lago (spiaggia Baitoni), la confluenza dei fiumi Caffaro-Chiese ed alcuni immissari minori: il torrente Re, lo scarico della piscicoltura in Pian d'Oneda, il torrente Baitoni ed il rio Morbio (vedi cartina).

In data 16/06/88, a centro lago, sono stati inoltre eseguiti campionamenti sulla verticale.

MATERIALI E METODI

Le misure del pH, della temperatura e dell'ossigeno disciolto sono eseguite sul campo. Le restanti analisi chimiche sono effettuate sui campioni raccolti in bottiglie di PVC da 1 litro e trasportati in laboratorio in contenitori refrigerati.

Temperatura: termometro a bulbo di mercurio con campo di misura da 0 a 50°C e sensibilità di 0,1°C.

ph: piaccamento Radiometer mod. PHM80 a compensazione manuale della temperatura.

Ossigeno disciolto: cella polarografica e membrana semipermeabile, strumento YSI mod. 54. Il controllo della misura strumentale e l'analisi in colonna d'acqua sono eseguite con il metodo Winkler.

Azoto ammoniacale: metodo all'indofenolo (IRSA '84).

Azoto nitroso: per diazotazione e successiva copulazione (IRSA '72).

Azoto nitrico: metodo al salicilato (IRSA '86).

Fosforo solubile: metodo al blu di molibdeno (IRSA '82).

Fosforo totale: digestione acida per tre ore a 95°C con persolfato e successiva determinazione al blu di molibdeno.

Alcalinità: titolazione potenziometrica a ph 4,5.

Cloruri: metodo al ferricianuro (modificato) (APHA '80)

Solfati: misura turbidimetrica (IRSA '79)

Sodio, calcio, magnesio: analisi per spettrofotometria di emissione e plasma, strumento Beckman Spectrospan VI

Potassio: spettrofotometria di assorbimento atomico, strumento Pye Unicam mod. SP90A

Conducibilità elettrica specifica: misurazione a 18½C con strumento Radiometer CDM 83

Trasparenza: con disco Secchi

Livello idrometrico: la lettura effettuata sulla scala idrometrica situata in località "Prato della fame" in Baitoni.

Il campionamento della colonna d'acqua è eseguito con bottiglia "Kemmerer", contenente un termometro a bulbo di mercurio.

RISULTATI E CONSIDERAZIONI SUI DATI RILEVATI ALLA SUPERFICIE DEL LAGO

Per l'intera durata del monitoraggio le risultanze analitiche hanno evidenziato sempre una sostanziale omogeneità di quasi tutta la superficie del lago, che per ragioni di semplificazione sarà rappresentata nel prosieguo tramite la media dei valori misurati in ciascuna delle stazioni di campionamento. Il solo punto di disomogeneità riscontrato, in riferimento ad alcuni parametri specifici, è localizzato nella zona nord-occidentale del lago, Pian d'Oneda.

Per tracciare il quadro della situazione in forma sufficientemente chiara e sintetica si riportano in tabella I i dati analitici rilevati mensilmente in Pian d'Oneda ed i corrispondenti valori medi calcolati per le restanti stazioni del lago. Sono, altresì, riportati un completo elenco delle determinazioni eseguite nel corso del monitoraggio, tabelle VI-XVIII, ed una breve analisi statistica relativa ai soli dati di superficie, tabella XIX.

Temperatura

L'andamento della temperatura media superficiale del lago è direttamente correlato con la variabilità interannuale degli eventi meteorologici (fig. 1). La massima escursione termica osservata è compresa tra 5,4 e 24,9°C, misurati rispettivamente nel marzo e nell'agosto '88, ed il valor medio annuale è pari a 13,3°C.

Tra le temperature medie annuali misurate per ciascuna stazione di controllo non sono emerse differenze significative (fig. 2). Differenze degne di nota, sono state registrate nel febbraio e nel marzo '88 in Pian d'Oneda dove la temperatura ha superato le restanti stazioni rispettivamente di 3, 6 e 2,2°C (tab. I).

pH

Il lago è un sistema naturalmente tamponante in grado, cioè di opporsi a grosse variazioni di pH. Tale capacità gli è conferita dalla presenza nelle acque del sistema bicarbonati-carbonati-anidride carbonica. Quando una massiccia proliferazione algale produce un forte consumo di CO₂ il pH dell'acqua subisce un incremento, frenato dai processi che operano un reintegro della CO₂ stessa. Primo fra tutti la trasformazione dei bicarbonati in carbonati, che libera anidride carbonica secondo la reazione: $2 \text{HCO}_3^- = \text{CO}_3^{--} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$. Altri meccanismi efficaci sono la respirazione degli organismi presenti e la solubilizzazione in acqua della CO₂ atmosferica.

Il potere tampone di un'acqua dipende dal pH ed è direttamente proporzio-

Tab. I - Confronto mensile fra i dati riscontrati in Pian d'Oneda (b) ed i valori medi calcolati per le rimanenti stazioni del lago (a).

mese	nov87	dic87	gen88	feb88	mar88	apr88	mag88	giu88	lug88	ago88	set88	ott88	nov88
Temp. aria (*) °C	15	6	6	5	1	12	16	20	22	22	10	18	7
Temp. acqua °C	(a) 11,7	7,7	6,3	6,0	6,0	9,3	15,1	20,2	21,0	23,9	17,7	15,7	10,1
pH	(b) 12,2	7,9	5,7	9,6	8,2	10,2	14,8	20,4	20,0	23,8	17,6	16,2	10,0
	(a) 8,06	7,88	8,01	8,06	8,10	8,06	8,92	9,04	8,84	8,80	8,95	8,75	8,43
Ossigeno	(b) 8,04	7,88	7,97	7,79	7,70	8,13	8,85	9,03	8,81	8,81	8,92	8,76	8,06
	(a) 97	84	81	92	96	103	127	129	127	118	122	124	90
NH ₃ -N	(b) 104	86	84	88	87	115	125	138	128	123	118	127	127
	(a) 4	4	4	5	18	8	9	12	11	11	11	5	9
NO ₂ -N	(b) 5	137	240	240	108	68	43	18	17	17	5	8	213
	(a) 11	10	4	4	5	7	7	8	6	6	5	7	7
NO ₃ -N	(b) 14	12	7	9	10	9	7	9	6	6	4	7	11
	(a) 555	553	532	567	543	557	567	382	241	241	256	250	393
PO ₄ -P	(b) 585	683	640	822	935	598	610	375	247	247	310	316	446
	(a) 1	1	2	3	1	3	1	1	4	4	2	6	5
P tot.	(b) 1	35	11	93	118	9	6	2	6	6	2	9	49
	(a) 14	7	10	14	11	12	11	10	14	14	11	12	14
Alc.	(b) 33	51	23	112	153	39	45	15	13	13	12	24	64
	(a) 2,0	1,9	2,0	1,9	2,0	2,0	1,9	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,9
Cl ⁻	(b) 2,0	1,8	1,8	2,0	2,2	1,9	1,9	1,6	1,6	1,7	1,7	1,6	1,9
	(a) 0,7	0,6	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,9	1,0	0,9
SO ₄ ²⁻	(b) 0,9	0,8	0,7	1,1	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	1,0	1,1	1,0
	(a) 28,1	31,0	31,0	36,3	40,3	32,1	27,9	26,0	20,1	20,1	18,0	29,2	30,1
Na ⁺	(b) 28,0	29,0	29,0	29,0	32,0	30,0	29,0	27,0	19,0	19,0	16,0	29,0	26,0
	(a) 1,0	1,1	1,0	0,9	1,1	1,1	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	0,9	0,7
K ⁺	(b) 1,0	1,7	1,3	2,5	2,3	1,3	1,1	1,0	1,0	1,0	1,1	0,9	1,2
	(a) 0,7	0,8	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6
Ca ⁺⁺	(b) 0,7	0,9	0,7	1,0	1,3	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6
	(a) 36,2	34,6	34,9	35,4	37,6	35,1	34,7	30,1	29,1	29,1	29,1	35,2	37,8
Mg ⁺⁺	(b) 37,3	31,7	29,3	32,9	37,3	33,7	35,9	30,5	30,5	27,7	27,7	33,9	35,1
	(a) 9,1	10,0	10,8	10,7	11,5	10,8	8,8	8,2	7,7	7,7	7,1	8,2	8,1
Trasp.	(b) 8,8	10,0	9,2	11,5	12,3	10,3	8,6	8,1	7,5	7,5	7,1	8,1	8,4
	(a) 4,4	10,0	10,0	5,9	5,7	3,4	4,0	4,0	4,2	5,4	4,8	5,4	4,9
Liv. idr.	(b) 2,5	10,0	10,0	3,5	4,0	4,0	3,0	2,5	2,5	4,5	4,5	5,5	5,0
	(a) 1,8	1,8	1,8	1,1	1,3	2,0	3,9	5,6	5,8	2,8	0,4	0,4	1,6

(*) misurata il mattino alle ore 9 circa.

nale alla alcalinità; a parità di questa il potere tampone è minimo per valori di pH prossimi a 8,3, e attorno a tale valore, perciò, si osserveranno le variazioni di pH più accentuate (fig. 3).

L'andamento temporale del pH mostra, come atteso, una stretta correlazione con le fluttuazioni della temperatura e dell'ossigeno disciolto (figg. 1 e 5). Lo sviluppo della biomassa algale, infatti, promosso da un innalzamento della temperatura, causa accelerate produzioni di ossigeno ed elevati consumi di CO₂ che determinano a loro volta l'innalzamento del pH.

Dal maggio al settembre '88 sono stati misurati nel lago d'Idro valori di pH elevatissimi, mediamente compresi tra 8,8 e 9,0. Quest'ultimo è il limite massimo consentito per le acque di balneazione, secondo il citato D.P.R..

Tra le singole stazioni di campionamento non sono evidenziate differenze rilevanti del pH (fig. 4). I valori maggiori sono, comunque, individuati nelle stazioni settentrionali Villaggio Olandese e Baitoni; il meno elevato, pH = 8,37, è misurato in Pian d'Oneda che appare risentire in misura maggiore la presenza di immissioni.

Ossigeno disciolto

L'ossigenazione di un corpo idrico si realizza attraverso la solubilità diretta dell'ossigeno atmosferico in acqua e attraverso il processo biologico della fotosintesi clorofilliana operato dalla biomassa vegetale. I fattori che promuovono la solubilità dell'ossigeno atmosferico sono in primo luogo una bassa temperatura, una elevata pressione ed una bassa salinità. Alla pressione di una atmosfera, ad esempio, la concentrazione massima di ossigeno disciolto ottenibile (il 100% di saturazione), in acqua distillata esposta all'aria, è di 14,6 mg/l a 0 °C; essa si riduce a 9,1 mg/l a 20 °C e a 7,5 mg/l a 30 °C. Quando si esponga la medesima acqua ad una atmosfera di ossigeno puro si ottiene un netto incremento della concentrazione di ossigeno disciolto, che diviene pari a 40 mg/l circa a 0°C. Ciò spiega i valori di sovrasaturazione registrati in condizioni di eutrofia; infatti, con la proliferazione algale assume grossa rilevanza l'attività fotosintetica e con essa la concentrazione di ossigeno puro. Tale fenomeno risulta circoscritto al solo strato superficiale del lago dove il fitoplancton si concentra, essendo massima l'energia radiante disponibile. La misura dell'ossigeno disciolto risulta, pertanto, un parametro essenziale per seguire il processo evolutivo della biomassa algale.

Scendendo lungo la verticale l'ossigenazione delle acque dipende in misura crescente dai moti di avvezione e, cioè dal maggiore o minore approfondimento dello strato rimescolato. Nell'ipolimnio la biomassa decantata è soggetta a decomposizione con enorme consumo di ossigeno disciolto; quand'esso non sia adeguatamente reintegrato e, cioè, in mancanza di una forte idrodinamica, si determina localmente uno stato di anossia con effetti deleteri sull'ecosistema.

Alla superficie del lago d'Idro i valori medi mensili dell'ossigeno disciolto hanno registrato nel corso dell'anno ampie fluttuazioni, comprese tra l'81% in saturazione, misurato nel mese di gennaio, ed il 129%, nel mese di giugno (fig. 5). Dal maggio all'ottobre '88, con l'esclusione dell'agosto per ragioni di elevata temperatura, l'ossigeno disciolto ha superato costantemente la soglia del 120% in saturazione. Il valore più elevato, 138%, è stato misurato nel mese di giugno in Pian d'Oneda.

Secondo la normativa nazionale il tenore in ossigeno disciolto delle acque destinate alla balneazione dev'essere compreso tra il 70 ed il 120% in saturazione;

tali valori sono derogabili dalle Regioni rispettivamente a 50 e 170% qualora sia messo in atto uno studio per accertare l'assenza di alghe tossiche. Grazie all'adozione di tale provvedimento meno restrittivo il lago d'Idro ha potuto beneficiare nel corso del 1988 della balneabilità.

Le stazioni con la più elevata concentrazione media di ossigeno disciolto sono risultate Pian d'Oneda e Villaggio Olandese, rispettivamente con 112 e 109% di saturazione. La concentrazione media meno elevata, 106%, è riscontrata in Vantone, a Crone e Lemprato (fig. 6).

Trasparenza

La trasparenza è una misura indiretta della quantità di particolato in sospensione. Nel Lago d'Idro, essendo il moto ondoso generalmente debole e scarsa quindi la risospensione del sedimento fine, la trasparenza è prevalentemente funzione della proliferazione algale. È riscontrata, difatti, una correlazione inversa della trasparenza con gli indici di produttività, ossigeno e pH (fig. 7). I valori maggiori della trasparenza, 10 m, sono riscontrati nel dicembre '87 e nel gennaio '88 su tutta la superficie del lago; i valori minori, al di sotto di 4 m, sono misurati in Pian d'Oneda nel novembre '87 e dal febbraio al luglio '88, e nelle altre stazioni per un periodo molto più ristretto, dal maggio al giugno '88.

È individuabile nel lago un leggero gradiente della trasparenza: più elevata nella parte bassa dove, perciò, risulta minore la produttività algale, e meno elevata nella zona settentrionale, compresa tra Villaggio Olandese, Pian d'Oneda a Baitoni dove i fenomeni eutrofici si rivelano relativamente più intensi (fig. 8).

Azoto Ammoniacale, Nitroso, Nitrico

I composti azotati rivestono un ruolo fondamentale nel metabolismo animale e vegetale, subendo complesse reazioni di intertrasformazione. In condizioni aerobiche, l'azoto ammoniacale derivante dalla degradazione delle proteine subisce naturalmente processi di ossidazione batterica ad azoto nitroso e ad azoto nitrico, utilizzabile a sua volta dai vegetali per la sintesi delle proteine. In condizioni anaerobiche l'azoto nitrico svolge un'importante funzione di riserva di ossigeno riducendosi ad azoto ammoniacale. Al suo esaurimento segue la più dannosa riduzione dei solfati che genera acido solfidrico.

Per le tre forme dell'azoto sono registrati in Pian d'Oneda sensibili incrementi di concentrazione rispetto alle restanti stazioni (tab. I e figg. 9, 10). Ciò vale in modo particolare per l'azoto ammoniacale che risulta dieci volte più concentrato, con valori medi di 85 $\mu\text{g/l}$ contro gli 8 $\mu\text{g/l}$ del lago (fig. 13). Le concentrazioni massime sono evidenziate in Pian d'Oneda dal dicembre '87 al marzo '88 ed ancora nel novembre '88, secondo un andamento inversamente correlabile con la temperatura dell'aria (tab. I). Le cause sono innanzitutto da ricercare nella minore efficienza dei presidi depurativi presenti nella zona, a causa della bassa temperatura ambientale, ed in occasionali scarichi abusivi. Assume, inoltre, rilevanza il basso livello idrometrico che impedisce una maggiore diluizione degli sversamenti.

Nelle restanti stazioni del lago l'azoto ammoniacale e nitroso hanno mostrato per l'intero corso del monitoraggio concentrazioni minime e modeste oscillazioni attorno ai rispettivi valori medi, 8 e 7 $\mu\text{g/l}$.

L'azoto nitrico ha subito dal giugno all'ottobre '88 un forte decremento, pas-

sando da 382 a 250 $\mu\text{g}/\text{l}$. Ciò può essere attribuito al consumo algale e, principalmente, alla stratificazione estiva delle acque. Solamente nel tardo autunno il rimescolamento degli strati superficiali, indotto dalle peggiorate condizioni atmosferiche, ha reso possibile il ripristino delle più elevate concentrazioni. In presenza di una adeguata ventosità, infatti, sono generate in seno al lago correnti di risulta, upwelling, che trascinano in superficie le acque degli strati inferiori più ricche di nutrimenti e, perciò, in grado di innescare blooms algali.

Fosforo solubile e Fosforo totale

Elemento nutritivo per eccellenza, il fosforo riveste nella biochimica un ruolo di primaria importanza; un ingrediente essenziale del protoplasma cellulare, entra nella costituzione di numerose proteine e composti biologici di riserva ed è un elemento indispensabile nei principali fenomeni enzimatici naturali.

Assieme all'azoto, il fosforo è uno dei parametri maggiormente usati per definire il livello di produttività di un corpo idrico.

Nelle acque si trova generalmente disciolto in quantità modeste, derivando dalla naturale erosione dei suoli, dagli scarichi civili ed industriali e dal dilavamento del terreno agrario.

In Pian d'Oneda anche il fosforo, analogamente ai composti azotati, è risultato presente in concentrazioni di gran lunga superiori alle restanti stazioni di campionamento. I valori massimi sono misurati nel febbraio e nel marzo '88 rispettivamente con 93 e 118 $\mu\text{g}/\text{l}$ di fosforo solubile e con 112 e 153 $\mu\text{g}/\text{l}$ di fosforo totale (figg. 11-12).

Nel resto del lago i valori medi mensili del fosforo solubile hanno segnato costantemente valori contenuti intorno ai 3 $\mu\text{g}/\text{l}$, ai limiti di sensibilità del metodo analitico.

Il fosforo totale ha subito anch'esso nel tempo solo lievi scostamenti dal valor medio, 12 $\mu\text{g}/\text{l}$, e a differenza dell'azoto nitrico non ha fatto registrare alcun evidente calo estivo, verosimilmente a causa del rilevante contributo di fosforo metabolico della biomassa algale.

La bassa concentrazione di fosforo riscontrata alla superficie del lago determina una condizione di fosforo limitazione. Secondo Chiaudani e Vighi (1975), infatti, il fosforo diviene il fattore limitante quando il rapporto "azoto totale inorganico/fosforo solubile" è maggiore di dieci: per il lago d'Idro tale rapporto è risultato pari a 27,7.

Volleinwaider ha proposto uno schema di valutazione del livello di produttività delle acque dolci lacustri, dopo la circolazione invernale, rappresentato in tab. II.

Tab. II - Proposta formulata da Vollenwaider per la valutazione del livello di produttività delle acque dolci lacustri.

	Fosforo totale $\mu\text{g}/\text{l}$	Azoto inorganico $\mu\text{g}/\text{l}$
1) Ultra-oligotrofi	< 5	< 200
2) Oligo-mesotrofi	5-10	200-400
3) Meso-eutrofi	10-30	300-650
4) Eu-politrofi	30-100	500-1.500
5) Politrofi	> 100	> 1.500

Nel lago d'Idro il fosforo e l'azoto rilevati in superficie hanno assunto nel periodo gennaio-maggio '88 valori medi rispettivamente di 12 e 567 $\mu\text{g/l}$ e, secondo Wollenwaider, tali acque sono classificabili "meso-eutrofiche".

Costituenti più comuni dello spettro ionico.

Le concentrazioni ioniche di un corpo idrico superficiale sono direttamente correlate alle caratteristiche litologiche e pedologiche del bacino versante. Le acque circolanti dipendono, infatti, strettamente dal chimismo delle rocce su cui scorrono; ad esempio, per dilavamento di calcari, dolomiti e gessi possono aversi nell'acqua elevate concentrazioni di calcio, magnesio e solfati.

Nel lago d'Idro le concentrazioni ioniche totali sono risultate intermedie tra quelle dei laghi di Garda e di Iseo, con valori che oscillano tra 4,09 e 5,80 meq/l ed un valore medio annuale di 5,06 meq/l. È osservabile in tab. III un andamento stagionale delle stesse con i valori più elevati nel periodo gennaio-aprile, con un massimo nel mese di marzo, ed i valori meno elevati da giugno a settembre, in corrispondenza della massima stratificazione estiva. Dal mese di ottobre la concentrazione ionica ritorna poi a crescere in seguito al parziale rimescolamento delle acque.

La componente anionica prevalente è costituita dai bicarbonati, assunti uguali è alla alcalinità totale, che assumono nell'arco dell'anno valori compresi tra 99 e 121 mg/l. Seguono in ordine decrescente i solfati, 18-40 mg/l, i nitrati, 1,07-2,51 mg/l, ed i cloruri, 0,6-1,0 mg/l (figg. 17-22).

Il calcio costituisce la componente cationica prevalente, 28-38 mg/l; seguono il magnesio, 7-11,5 mg/l, il sodio, 0,7-1,1 mg/l, ed il potassio, 0,5-0,8 mg/l (figg. 23-30).

I valori più elevati di alcalinità, calcio, magnesio e solfati sono individuati nelle stazioni più meridionali del lago, Crone e Lemprato, verosimilmente a causa della particolare litologia del fondale.

Livello idrometrico

Nel corso del monitoraggio sono state osservate variazioni assai rilevanti del livello idrometrico, occorse in brevi lassi di tempo. Ad esempio, tra il 13 luglio ed il 15 settembre '88 è stato registrato un abbassamento del livello di ben 5,4 m (fig. 31).

L'esame complessivo dei dati raccolti, tuttavia, non ha permesso di individuare con certezza alcun nesso diretto, da più parti suggerito, tra le escursioni del livello idrometrico del lago ed il manifestarsi di intensi fenomeni eutrofici. A parere dell'autore, le cause di questi ultimi vanno attribuite, invece, a fattori, di cui si dirà ampiamente in seguito, quali l'accentuata stratificazione delle acque ed il loro sal-tuario e parziale rimescolamento.

Tab. III - Concentrazioni ioniche medie (meq/l)

	nov87	dic87	gen88	feb88	mar88	apr88	mag88	giu88	lug88	ago88	set88	ott88	nov88
HCO ₃ ⁻	2,000	1,900	2,000	1,900	2,000	2,000	1,900	1,600		1,700	1,700	1,700	1,900
SO ₄ ⁻	0,585	0,645	0,645	0,756	0,840	0,669	0,581	0,541		0,419	0,375	0,608	0,627
NO ₃ ⁻	0,040	0,039	0,038	0,040	0,039	0,040	0,040	0,027		0,017	0,018	0,018	0,028
Cl ⁻	0,020	0,018	0,021	0,017	0,019	0,019	0,020	0,020			0,026	0,029	0,025
S.A.	2,645	2,602	2,704	2,714	2,898	2,728	2,541	2,189			2,119	2,355	2,580
Na ⁺	0,045	0,049	0,045	0,037	0,049	0,048	0,044	0,039		0,044	0,044	0,041	0,032
K ⁺	0,017	0,020	0,016	0,017	0,018	0,018	0,015	0,015		0,015	0,015	0,014	0,015
Ca ⁺⁺	1,804	1,728	1,743	1,767	1,875	1,750	1,729	1,501			1,451	1,754	1,885
Mg ⁺⁺	0,746	0,826	0,888	0,879	0,949	0,889	0,724	0,678		0,630	0,584	0,672	0,665
S.C.	2,613	2,622	2,692	2,700	2,891	2,705	2,512	2,234			2,094	2,481	2,598

Tab. IV - Analisi in colonna d'acqua effettuata il 16 giugno '88

Profondità m.	Temp °C	pH	Oss. % sat	NH ₃ -N µg/l	NO ₂ -N µg/l	NO ₃ -N µg/l	PO ₄ -P µg/l	P tot. µg/l	Alc. meq/l	SO ₄ ⁻ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Cond. µS/cm
m. 0,2	19,8	9,02	132	7	8	377	1	10	1,6	28	0,9	0,6	30	8,3	188
m. 30	7,0	7,52	50	8	2	526	8	17	2,4	44	1,0	0,7	45	12,5	335
m. 75	7,0	7,12	1	197	1	27	172	181	3,1	58	1,1	1,2	58	16,5	359

ESAME DEI DATI ACQUISITI IN COLONNA D'ACQUA.

La quantità e la distribuzione dei nutrienti in un lago dipendono in primo luogo dall'apporto degli immissari, dal rilascio dei sedimenti bentonici e dalla idrodinamica del lago.

I campionamenti del 16/06/88, effettuati a centro lago sulla verticale, in superficie, a 30 m. e 75 m. di profondità, hanno mostrato, procedendo verso il basso, un progressivo peggioramento della qualità dell'acqua. In particolare è osservato un forte incremento di fosforo, azoto ammoniacale e concentrazione salina, e corrispondentemente una brusca diminuzione di azoto nitrico e di ossigeno disciolto (fig. 33, tab. IV). A 75 m. di profondità, inoltre è chiaramente avvertito l'odore putrido dell'idrogeno solforato.

Il quadro evidenzia un'accentuata stratificazione delle acque ed un grave stato di ipossia già in atto a soli 75 m. di profondità.

La meromissi del lago d'Idro, cioè la mancanza di un periodico rimescolamento delle acque profonde, è nota e documentata in letteratura dai lavori di Voltenwaider (1962), Barbato (1972) e del C.N.R.-I.R.S.A. (1985). Per un utile confronto sono stati affiancati in fig. 34 i dati del C.N.R. relativi a nitrati, ammoniaca e fosforo, in superficie ed in profondità, ed i valori medi superficiali misurati nel presente studio. Inoltre, si riportano in fig. 35 i dati del C.N.R. relativi alle concentrazioni di ossigeno disciolto epilimnico ed ipolimnico dei laghi Garda, Iseo ed Idro.

È agevole constatare quanto l'ipolimnio del lago d'Idro si distingua per la scarsa ossigenazione delle sue acque, indice di una situazione pesantemente compromessa.

Tale condizione è ipotizzabile sia destinata nel tempo a peggiorare a causa del continuo accumulo sul fondo di sostanza organica in decomposizione. Secondo i recenti dati raccolti dall'Autore nel marzo e nel novembre '89 ed ancora nel marzo '90, non è più possibile riscontrare la presenza di ossigeno disciolto già a soli 60 metri di profondità.

Tale situazione è da attribuire, in primo luogo, alla struttura geomorfologica delle alture circostanti il lago e della stessa valle lacustre che impediscono, difatti, l'instaurarsi di un efficace moto ondoso e, perciò, il completo rimescolamento delle acque.

Va aggiunto, altresì, che se questo rimescolamento dovesse oggi riprodursi determinerebbe certamente un grave disastro ecologico poiché renderebbe asfittiche anche le acque superficiali con immaginabili conseguenze.

Secondo i dati di letteratura il rimescolamento tardo invernale del lago d'Idro interessa solamente i primi 35-40 m. della colonna; se da un lato esso permette l'ossigenazione, almeno, di questo strato del lago, dall'altro determina il riporto in superficie di acque più ricche di nutrienti, idonee a stimolare la crescita algale.

Nei laghi di Garda ed Iseo il rimescolamento periodico interessa, invece, l'intera colonna d'acqua ed assicura in tal modo una buona omogeneità e l'ossigenazione dell'intero corpo idrico. Tale processo è vantaggiosissimo perché rallenta di fatto il naturale "invecchiamento" del corpo idrico.

ESAME DEI DATI ACQUISITI SUGLI IMMISSARI

Parlando di immissari va tenuto presente che si tratta di realtà mutevoli, e quindi il giudizio emerso da un limitato numero di osservazioni assume necessariamente un valore indicativo. Pur con i limiti suesposti, l'indagine ha conseguito interessanti informazioni in merito all'apporto di nutrienti.

La concentrazione massima del fosforo è stata riscontrata nello scarico della piscicoltura, installata a ridosso del lago in Pian d'Oneda, ed è risultata in media dodici volte superiore a quella del Caffaro-Chiese (fig. 36). Nello stesso scarico sono state, inoltre, riscontrate le più elevate concentrazioni di ammoniaca, nitrati, cloruri, solfati, sodio e potassio (figg. 37-39).

Il Rio Morbio ed il torrente Baitoni hanno rivelato anch'essi concentrazioni di fosforo superiori a quelle del Caffaro-Chiese, e concentrazioni superiori, inoltre, per tutti i parametri chimici indagati ad eccezione del potassio e dei solfati. Il minor contenuto in fosforo è rinvenuto nel torrente Re, che ha superato in concentrazione il Caffaro-Chiese solo per il calcio, magnesio e nitrati.

Nell'ottobre '88 sono state eseguite sugli immissari misure approssimate della portata (fig. 32) che consentono di effettuare una stima di larga massima del carico di nutrienti svesato (figg. 42-45).

I dati più significativi riguardano gli apporti di fosforo del fiume Caffaro-Chiese e dello scarico della piscicoltura, calcolati rispettivamente in 23,8 e 7,3 Kg/d. È importante osservare che nonostante le notevoli differenze di portata, 15 e 0,38 mc/s rispettivamente, e di bacino idrografico, la piscicoltura risulta contribuire ben per il 23% del carico complessivo di fosforo contro il 74% del Caffaro-Chiese.

Anche il torrente Baitoni, lungo il corso del quale è pure installata una piscicoltura, è risultato contribuire con una quota di fosforo affatto trascurabile, il 24%. Il Rio Morbio ed il torrente Re hanno dato contributi più modesti, lo 0,7 e lo 0,4% rispettivamente.

L'apporto di azoto, invece è dovuto in più larga misura al fiume Caffaro-Chiese, con l'88% circa del carico complessivo; seguono lo scarico della piscicoltura, 3,2%, il torrente Baitoni, 1,0%, il torrente Re, 0,7%, il Rio Morbio, 0,1%.

Per ragioni di chiarezza va precisato, comunque, che lo scarico della piscicoltura non ha mai superato i limiti del fosforo e dell'azoto imposti dalla L. n. 319/76, corrispondenti a 500 $\mu\text{g/l}$ e 10000 $\mu\text{g/l}$ rispettivamente. In considerazione del livello trofico del lago, tuttavia, le Autorità locali potrebbero vincolare gli scarichi a limiti più restrittivi.

In tab. V è effettuato un confronto tra i carichi teorici di fosforo e di azoto: stimati dal C.N.R. (1985) ed i valori ricavati sperimentalmente nel corso del monitoraggio.

Tab. V - Confronto tra il carico di nutrienti misurato ed i carichi teorici ed ammissibili secondo il Cnr-Irsa (1985)

	'87-'88	CNR-IRSA 1985
Carico Fosforo (Kg/a)	11700	
Carico Azoto (Kg/a)	378941	
Carico Fosforo teorico (Kg/a)		11300
Carico Azoto teorico (Kg/a)		169100
Carico Fosforo ammissibile (Kg/a)		15100
Carico Azoto ammissibile (Kg/a)		226500

I dati di tabella V evidenziano: 1) che il carico di fosforo sperimentalmente determinato è dello stesso ordine di grandezza del teorico; 2) che il carico di azoto risulta superiore al doppio del teorico; 3) che a causa dell'elevato apporto di azoto è possibile una evoluzione del lago ad un grado di trofia maggiore. Il carico di fosforo misurato risulta, invece, inferiore al carico ammissibile.

CONCLUSIONI

La distribuzione delle caratteristiche chimico-fisiche indagate risulta sostanzialmente omogenea per la quasi totalità della superficie del lago. Fa eccezione la sola località "Pian d'Oneda" che risulta particolarmente interessata da scarichi civili ed assimilabili.

Lungo la verticale si rileva un sensibile peggioramento della qualità dell'acqua, imputabile alla condizione meromittica del lago. La mancanza di un periodico e completo rimescolamento delle acque ne determina la stratificazione e l'accumulo sul fondo delle sostanze tossiche e maleodoranti.

La condizione attuale del lago d'Idro appare molto compromessa così come emerge dai dati di letteratura e confermati in senso peggiorativo da uno studio dell'Autore, ancora in corso. Alla luce di tali risultanze non è ragionevole prevedere per il lago d'Idro un miglioramento spontaneo a causa del continuo apporto di sostanze nutrienti operato dagli immissari.

Nel corso del 1989 l'eutrofizzazione del lago d'Idro si è più intensamente manifestata, come evidenziato nel confronto tra i valori mensili del pH nelle stagioni di balneazione '88 ed '89 (fig. 46). L'incremento del pH registrato nel 1989 è notevole ed è frutto, certamente, di condizioni meteorologiche favorevoli ma anche di un'ampia disponibilità di nutrienti in superficie, consentita dall'apporto degli strati inferiori.

Tab. VI - Determinazioni del 4 novembre '87

Posizione	Temp. °C	pH	Oss. % sat	NH ₃ -N µg/l	NO ₂ -N µg/l	NO ₃ -N µg/l	PO ₄ -P µg/l	P.Tot µg/l	Alc. meq/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻⁻ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Trasp m
Vesta	11,5	8,05	99	4	11	547	1	13	2,0	0,7	28	1,0	0,7	36,7	9,1	5,0
Vantone	11,5	8,03	99	3	12	561	1	10	2,0	0,7	28	1,1	0,7	36,3	9,4	5,0
Crone	11,4	8,06	89	4	10	555	1	12	2,0	0,7	28	1,0	0,7	37,3	8,8	6,0
Lemprato	11,2	8,06	87	4	7	560	1	21	2,0	0,8	29	1,1	0,7	36,9	9,2	6,0
Miramonti	11,5	8,09	94	4	10	549	1	19	1,9	0,7	29	1,0	0,6	34,5	9,5	6,0
Palafitte	11,9	8,05	100	4	11	565	1	12	1,9	0,8	28	1,1	0,7	36	9,3	3,2
Centro lago	11,9	8,03	100	3	11	563	1	15	2,0	0,7	29	1,1	0,7	36,5	8,4	3,2
Vill. Olandese	12,5	8,09	106	5	17	547	1	10	1,9	0,7	27	1,0	0,6	34,7	8,9	2,5
Pian D'Oneda	12,2	8,04	104	5	14	585	1	33	2,0	0,9	28	1,0	0,7	37,3	8,8	2,5
Torrente Re		8,38		1	1	820	3	6	3,3	0,4	10	0,5	0,4	29,8	19,6	

Tab. VII - Determinazioni del 15 dicembre '87

Posizione	Temp. °C	pH	Oss. % sat	NH ₃ -N µg/l	NO ₂ -N µg/l	NO ₃ -N µg/l	PO ₄ -P µg/l	P tot µg/l	Alc. meq/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻⁻ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Trasp m
Vesta	7,8	7,89	83	3	10	557	2	8	1,9	0,6	31	1,1	0,8	34,7	10,0	10,0
Vantone	7,6	7,90	83	5	10	581	1	6	1,9	0,6	31	1,2	0,8	34,7	10,0	10,0
Crone	7,6	7,86	83	3	10	561	1	9	1,9	0,6	31	1,1	0,7	34,5	10,1	10,0
Lemprato	7,7	7,86	84	3	10	469	2	6	1,9	0,7	32	1,2	0,8	34,7	10,3	10,0
Miramonti	7,8	7,85	85	3	10	552	1	5	1,9	0,7	31	1,1	0,8	34,7	10,0	10,0
Palafitte	7,8	7,88	85	3	10	580	1	5	1,9	0,6	31	1,1	0,7	34,5	10,1	10,0
Centro lago	7,8	7,88	84	5	10	570	1	6	1,9	0,6	31	1,1	0,8	34,5	10,1	10,0
Villaggio Oland.	7,8	7,91	86	9	12	550	2	7	1,9	0,6	30	1,1	0,8	34,7	9,8	10,0
Pian d'Oneda	7,9	7,88	86	137	12	683	35	51	1,8	0,8	29	1,7	0,9	31,7	10,0	10,0
Fiume Chiese	5,0	7,96		3	1	674	9	11	1,6	0,7	24	1,1	0,7	27,7	8,7	

Tab. VIII - Determinazioni del 13 gennaio '88

Posizione	Temp. °C	pH	Oss. % sat	NH ₃ -N µg/l	NO ₂ -N µg/l	NO ₃ -N µg/l	PO ₄ -P µg/l	P.Tot µg/l	Alc. meq/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Trasp m
Vesta	6,4	8,02	81	3	3	541	2	10	2,0	0,6	31	1,0	0,6	35,1	10,8	10,0
Vantone	6,3	7,99	81	3	4	538	2	10	2,0	0,8	31	1,1	0,7	35,1	10,8	10,0
Crone	6,3	8,01	81	3	3	505	2	10	2,0	0,8	31	1,0	0,6	35,3	10,8	10,0
Lembrato	6,3	8,05	81	3	3	523	2	10	2,0	0,7	32	1,0	0,6	35,7	11,1	10,0
Miramonti	6,3	8,01	80	3	3	523	2	10	2,0	0,8	31	1,0	0,6	34,5	10,9	10,0
Palafitte	6,3	8,02	80	3	4	532	2	10	2,0	0,8	31	1,0	0,6	34,3	10,8	10,0
Centro lago	6,3	8,00	80	5	4	517	2	9	2,0	0,9	31	1,0	0,6	34,9	10,7	10,0
Vill. olandese	6,4	8,00	81	5	5	560	2	10	2,0	0,6	30	1,1	0,7	34,5	10,5	10,0
Pian d'Oneda	5,7	7,97	84	240	7	640	11	23	1,8	0,7	29	1,3	0,7	29,3	9,2	10,0
Torrente Re		8,48		0	1	710	2	8	3,4	0,4		0,5	0,3	40,1	19,1	
Fiume Chiese	4,6	8,06		3	2	548	2	6	1,4	0,3	24	0,9	0,6	23,1	6,6	

Tab. IX - Determinazioni del 10 febbraio '88

Posizione	Temp. °C	pH	Oss. % sat	NH ₃ -N µg/l	NO ₂ -N µg/l	NO ₃ -N µg/l	PO ₄ -P µg/l	P.Tot µg/l	Alc. meq/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Trasp m
Vesta	5,8	8,06	91	3	4	554	2	12	1,9	0,6	37	0,9	0,7	36,5	10,2	7,0
Vantone	5,8	8,05	94	3	4	535	3	13	1,9	0,6	36	1,0	0,6	36,3	10,1	7,0
Crone	6,3	8,14	96	4	4	527	2	10	1,9	0,6	38	0,8	0,7	35,7	10,9	7,0
Lembrato	6,3	8,11	96	4	4	548	3	16	2,0	0,6	41	0,8	0,6	38,5	11,1	7,0
Miramonti	6,2	8,09	90	4	4	560	3	14	1,9	0,6	39	0,8	0,6	35,7	11,1	7,0
Palafitte	6,0	8,03	92	4	4	598	3	15	1,9	0,6	36	0,8	0,7	34,7	11,0	5,0
Centro lago	6,0	8,02	91	6	4	572	3	13	1,9	0,6	36	0,8	0,7	35,1	10,8	5,0
Villaggio oland.	6,2	8,02	91	8	5	591	6	14	1,8	0,6	32	0,9	0,7	32,3	10,3	5,0
Pian d'Oneda	9,6	7,79	88	240	9	822	93	112	2,0	1,1	29	2,5	1,0	32,9	11,5	3,5
Baitoni	5,6	8,03	87	8	5	619	5	17	1,9	0,7	32	0,9	0,7	33,9	10,6	3,5
Scar. Piscic.		7,67		341	20	987	180	195	2,0	1,6	29	4,5	1,3	33,5	11,2	
Fiume Chiese	4,6	8,07		37	4	675	3	12	1,5	0,6	21	0,8	0,7	25,7	7,9	
Torr Baitoni (*)	7,75			6	9	1250	40	47	4,0	1,2	16	1,3	0,8	45,1	25,0	

(*) Unitamente al Rio Morbio

Tab. X - Determinazioni del 9 marzo '88

Posizione	Temp. °C	pH	Oss. % sat	NH ₃ -N µg/l	NO ₂ -N µg/l	NO ₃ -N µg/l	PO ₄ -P µg/l	P.Tot µg/l	Alc. meq/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻⁻ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Trasp m
Vesta	5,7	8,10	102	14	5	529	1	10	2,0	0,7	42	1,1	0,7	38,9	11,3	6,0
Vantone	5,4	8,02	95	18	5	540	2	11	1,9	0,7	42	1,1	0,7	36,5	11,4	6,0
Crone	6,2	8,16	91	15	5	540	1	9	2,0	0,6	41	1,1	0,7	38,1	11,6	6,0
Lemprato	6,2	8,06	90	11	5	540	2	12	2,0	0,6	43	1,2	0,7	38,4	11,9	6,0
Miramonti	6,5	8,14	95	12	1	540	1	10	2,0	0,7	41	1,1	0,7	37,7	11,8	6,0
Palafitte	6,4	8,05	90	22	5	542	2	10	2,0	0,7	39	1,1	0,7	37,3	11,3	5,5
Centro lago	6,1	8,10	94	22	5	540	2	13	2,0	0,7	39	1,1	0,7	37,3	11,5	5,5
Villaggio oland.	6,2	8,11	98	23	5	575	1	14	2,0	0,7	39	1,2	0,7	37,3	11,6	5,0
Pian d'Oneda	8,2	7,70	87	108	10	935	118	153	2,2	0,7	32	2,3	1,3	37,3	13,3	4,0
Baitoni	5,4	8,16	106	28	5	540	1	11	2,0	0,7	37	1,1	0,7	36,7	11,4	5,0
Torrente Re		8,57		5	5	720	4	8	3,3	0,5	9	0,4	0,3	36,3	21,6	
Scar. Piscic.		7,72		1240	11	970	151	261	2,1	1,9	27	2,7	1,7	35,5	12,0	
Fiume Chiese	6,6	8,19		91	6	900	25	35	2,4	0,5	28	1,6	0,9	38,7	12,8	
Torr Baitoni (*)		8,03		228	13	1080	31	63	3,8	1,2	14	1,5	0,6	44,5	22,7	

Tab. XI - Determinazioni del 15 aprile '88

Posizione	Temp. °C	pH	Oss. % sat	NH ₃ -N µg/l	NO ₂ -N µg/l	NO ₃ -N µg/l	PO ₄ -P µg/l	P.Tot µg/l	Alc. meq/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻⁻ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Trasp m
Vesta	9,2	8,06	103	7	7	545	3	14	2,0	0,7	32	1,1	0,7	35,7	10,8	5,0
Vantone	9,0	8,07	99	7	7	545	2	17	2,0	0,7	32	1,1	0,7	35,9	10,6	7,0
Crone	9,3	8,01	100	10	5	536	3	4	2,0	0,7	33	1,1	0,7	35,7	11,1	6,0
Lemprato	9,5	8,05	100	5	7	545	3	7	2,0	0,7	34	1,2	0,7	35,5	11,2	6,5
Miramonti	9,3	8,06	102	10	6	545	2	14	2,0	0,7	33	1,1	0,7	33,5	11,1	6,0
Palafitte	9,2	8,07	102	7	6	545	3	12	1,9	0,7	32	1,1	0,7	33,7	11,0	6,0
Centro lago	9,3	8,08	103	5	7	545	3	10	1,9	0,6	32	1,1	0,7	35,5	10,9	6,0
Vill. olandese	9,2	8,07	102	9	7	589	2	15	1,9	0,7	31	1,1	0,7	33,5	10,6	5,0
Pian d'Oneda	10,2	8,13	115	68	9	598	9	39	1,9	0,7	30	1,3	0,8	33,7	10,3	4,0
Baitoni	9,3	8,11	113	11	7	616	3	12	2,0	0,7	30	1,1	0,7	36,7	9,9	4,0
Scar. piscic.		7,7		953	13	1178	131	175	2,0	0,9	29	2,5	1,6	34,3	11,0	
Fiume Chiese	6,6	8,06		31	5	866	4	13	2,0	0,6	32	1,1	0,7	37,1	10,0	
Torr Baitoni (*)		7,90		175	10	1062	31	39	3,9	0,8	25	1,5	0,6	54,1	20,9	

(*) Unitamente al Rio Morbio

Tab. XII - Determinazioni del 12 maggio '88

Posizione	Temp. °C	pH	Oss. % sat	NH ₃ -N µg/l	NO ₂ -N µg/l	NO ₃ -N µg/l	PO ₄ -P µg/l	P.Tot µg/l	Alc. meq/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻⁻ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Trasp m
Vesta	15,0	8,89	133	8	7	545	5	14	1,9	0,7	28	1,0	0,6	35,3	8,7	3,5
Vantone	15,2	8,95	127	8	7	545	1	12	1,9	0,7	28	1,0	0,6	35,5	8,6	3,5
Crone	15,0	8,86	123	7	6	545	0	6	1,9	0,7	30	1,0	0,6	34,5	9,7	3,5
Lemprato	15,0	8,96	133	7	6	590	0	6	1,9	0,7	28	1,1	0,6	33,9	9,6	3,5
Miramonti	15,0	8,94	125	9	8	580	1	9	1,7	0,7	27	0,9	0,6	31,7	8,3	3,5
Palafitte	15,2	8,94	125													3,5
Centro lago	15,2	8,93	125	9	6	580	1	14	1,9	0,7	27	1,0	0,6	35,1	8,6	3,5
Villaggio Oland.	15,4	8,93	129	10	7	590	3	16	1,9	0,7	28	1,0	0,6	35,5	8,6	3,5
Pian d'Oneda	14,8	8,85	125	43	7	610	6	45	1,9	0,7	29	1,1	0,7	35,9	8,6	3,0
Baitoni	15,2	8,90	127	14	6	545	1	12	1,9	0,7	28	1,0	0,6	35,7	8,5	3,0
Scar. Piscic.		7,45		416	10	1150	174	195	2,2	0,9	28	2,3	1,4	36,5	9,1	
Fiume Chiese	11,4	8,37		21	5	860	6	14	1,9	0,7	23	1,1	0,6	33,1	8,9	
Torr. Baitoni		8,70		31	8	1050	24	34	4,2	0,8	18	1,8	0,7	65,5	15,8	
Rio Morbio		8,80		18	5	610	23	31	3,4	0,7	14	1,7	0,6	59,9	8,5	

Tab. XIII - Determinazioni del 16 giugno '88

Posizione	Temp. °C	pH	Oss. % sat	NH ₃ -N µg/l	NO ₂ -N µg/l	NO ₃ -N µg/l	PO ₄ -P µg/l	P.Tot µg/l	Alc. meq/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻⁻ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Trasp m
Vesta	19,4	8,94	128	11	8	372	1	11	1,6	0,7	23	0,9	0,6	28,9	8,2	3,5
Vantone	19,0	9,11	127	35	8	381	1	9	1,7	0,7	23	0,9	0,6	30,5	7,9	4,0
Crone	20,4	9,03	128	6	8	399	1	9	1,7	0,7	27	0,9	0,6	31,5	8,3	5,0
Lemprato	20,4	9,02	128	8	8	399	1	10	1,6	0,8	27	0,9	0,6	29,5	8,3	5,0
Miramonti	20,4	9,02	128	9	8	404	1	9	1,7	0,7	27	0,9	0,6	31,7	8,3	5,0
Palafitte	20,5	9,02	132													4,0
Centro lago	19,8	9,02	132	7	8	377	1	10	1,6	0,7	28	0,9	0,6	30,1	8,3	4,0
Villaggio Oland.	22,2	9,06	132	8	8	361	2	11	1,5	0,7	27	0,9	0,6	27,9	8,4	3,0
Pian d'Oneda	20,4	9,03	138	18	9	375	2	15	1,6	0,8	27	1,0	0,6	30,5	8,1	2,5
Baitoni	19,9	9,15	130	13	8	370	1	14	1,7	0,8	24	0,9	0,6	30,5	8,2	2,5
Scar. piscic.		7,34		323	22	1053	170	200	2,2	2,5	35	2,4	1,3	39,7	11,4	
Fiume Chiese	16,6	8,25		20	9	850	4	22	2,3	0,5	27	1,0	0,8	40,9	10,1	
Torr. Baitoni		8,78		11	9	390	3	25	2,3	1,3	26	1,0	0,6	39,3	10,7	
Rio Morbio		8,90		13	9	379	14	21	1,6	1,1	26	0,9	0,6	29,1	8,5	

Tab. XIV - Determinazioni del 13 luglio '88

Posizione	Temp. °C	pH	Oss. % sat	Trasp. m
Vesta	20,0	8,87	132	3,3
Vantone	20,0	8,89	127	4,0
Crone	23,0	8,84	125	5,0
Lemprato	22,0	8,84	127	5,0
Miramonti	22,0	8,84	129	5,0
Palafitte	21,0	8,83	132	4,0
Centro lago	21,0	8,83	125	5,0
Villaggio Oland.	20,0	8,82	128	3,0
Pian d'Oneda	20,0	8,81	128	2,5
Baitoni	20,0	8,83	120	3,5

Tab. XV - Determinazioni del 17 agosto '88

Posizione	Temp. °C	pH	Oss. % sat	NH ₃ -N µg/l	NO ₂ -N µg/l	NO ₃ -N µg/l	PO ₄ -P µg/l	P.tot µg/l	Alc. meq/l	SO ₄ ⁻⁻ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Trasp m
Vesta	23,4	8,83	109	12	7	237	3	13	1,6	16	1,0	0,6	7,8	5,5
Vantone	23,0	8,83	111	16	7	239	4	15	1,6	17	1,0	0,6	7,6	6,0
Crone	24,9	8,79	120	8	7	256	5	15	1,7	29	1,0	0,6	7,5	5,5
Lemprato	24,6	8,79	120	7	5	238	4	15	1,7	22	1,0	0,6	7,8	5,5
Miramonti	24,4	8,79	120	9	5	229	3	13	1,7	22	1,0	0,6	7,8	5,5
Palafitte	24,5	8,85	121	12	6	238	6	16	1,7	19	1,0	0,6	7,6	5,5
Centro lago	24,5	8,84	122	9	6	244	3	12	1,7	19	1,0	0,6	7,4	6,0
Villaggio Oland.	23,8	8,81	123	13	7	245	5	14	1,7	18	1,0	0,6	7,8	5,0
Pian d'Oneda	23,8	8,81	123	17	6	247	6	13	1,7	19	1,0	0,6	7,5	4,5
Baitoni	22,4	8,70	114	13	6	245	3	15	1,7	19	1,0	0,6	7,6	4,5
Torrente Re	18,0	8,34	4	4	4	625	4	11	2,2	7	0,3	0,3	20,0	
Scar. pisc.	11,2	7,42	458	25	1045	154	3	194	2,3	28	3,1	1,4	11,8	
Fiume Chiese	14,4	7,80	14	6	480	3	3	11	1,6	18	1,2	0,6	10,7	
Torr. Baitoni	12,4	8,4	24	8	254	21	44	44	3,4	16	1,6	0,7	21,4	
Rio Morbio	16,4	8,90	41	12	261	34	68	68	3,1	19	2,6	0,6	20,2	

Tab. XVI - Determinazioni del 15 settembre '88

Posizione	Temp. °C	pH	Oss. % sat	NH ₃ -N µg/l	NO ₂ -N µg/l	NO ₃ -N µg/l	PO ₄ -P µg/l	P.Tot µg/l	Alc. meq/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻⁻ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Trasp m
Vesta	17,2	8,96	121	10	4	238	0	11	1,6	0,9	17	1,0	0,6	27,5	7,1	5,0
Vantone	17,2	8,95	121	10	4	245	0	2	1,5	0,9	19	1,0	0,6	26,4	7,0	5,0
Crone	18,2	8,94	127	13	4	248	2	10	1,7	0,9	18	1,0	0,6	29,7	7,2	5,0
Lemprato	17,6	8,94	129	16	4	248	2	12	1,7	1,0	22	1,1	0,6	31,1	7,4	5,0
Miramonti	18,2	8,99	125	13	4	261	2	11	1,7	0,9	17	1,0	0,6	30,5	7,1	5,0
Palafitte	18,2	8,96	125	10	6	273	3	12	1,7	0,9	17	1,0	0,6	29,5	7,0	5,0
Centro lago	17,8	8,97	124	8	8	267	3	14	1,7	0,9	17	1,0	0,6	29,5	7,1	4,5
Villaggio Oland.	18,4	8,97	127	10	4	278	2	9	1,7	0,9	18	1,0	0,6	29,9	7,0	5,0
Pian d'Oneda	17,6	8,92	118	9	4	310	2	12	1,7	1,0	16	1,1	0,6	27,7	7,1	4,5
Baitoni	16,9	8,90	102	12	4	248	1	14	1,6	1,0	17	1,0	0,6	27,5	7,0	4,0
Scar. piscic.	11,5	7,66		714	8	1071	152	237	2,3	3,0	27	2,5	1,3	40,9	10,0	
Fiume Chiese	15,4	8,75		19	3	420	3	14	1,6	0,8	15	1,1	0,6	27,1	6,5	
Torr. Baitoni	10,2	7,99		197	10	370	41	46	3,8	1,3	11	1,6	0,6	52,5	17,2	
Rio Morbio	12,2	8,35		337	8	395	213	264	3,6	1,2	17	1,7	1,1	50,1	17,6	

Tab. XVIII - Determinazioni del 19 ottobre '88

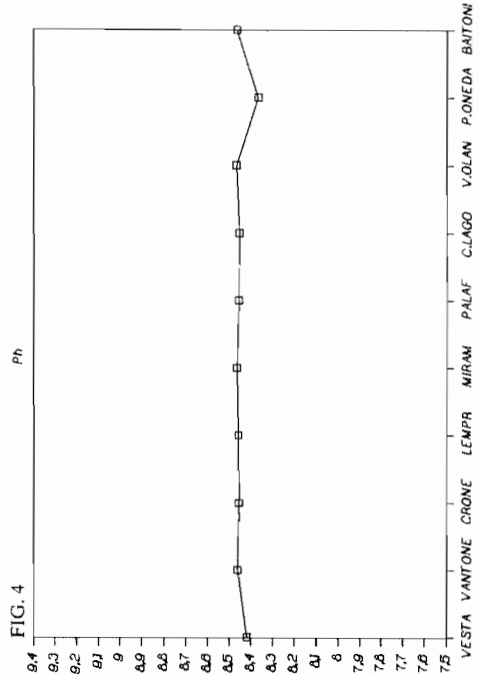
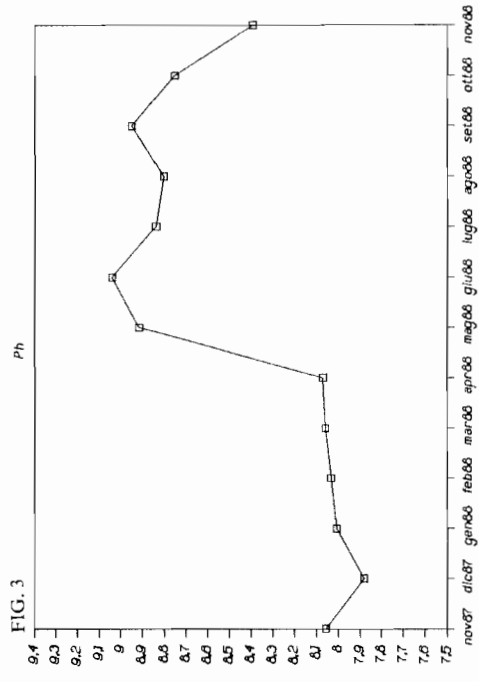
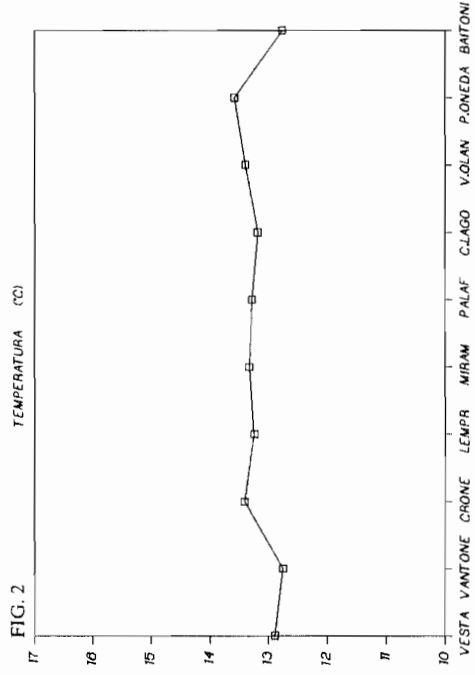
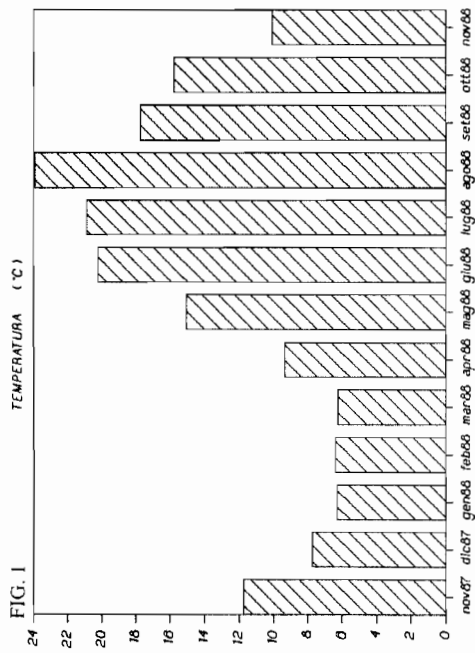
Posizione	Temp. °C	pH	Oss. % sat	NH ₃ -N µg/l	NO ₂ -N µg/l	NO ₃ -N µg/l	PO ₄ -P µg/l	P.Tot µg/l	Alc. meq/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻⁻ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Trasp m
Vesta	16,1	8,34	125	4	7	241	6	11	1,6	1,0	34	1,0	0,6	33,7	8,2	5,5
Vantone	15,8	8,82	127	4	6	256	4	9	1,7	1,0	34	1,0	0,6	35,9	8,1	5,5
Crone	15,6	8,75	117	8	7	258	4	12	1,7	1,0	34	0,9	0,5	35,9	8,1	5,5
Lemprato	15,4	8,79	118	4	7	249	11	15	1,6	1,0	36	0,9	0,5	34,5	8,3	5,5
Palafitte	15,6	8,80	125	4	7	230	5	12	1,7	1,0	34	0,9	0,6	35,9	8,1	5,5
Centro lago	15,6	8,82	125	4	7	241	3	14	1,6	1,0	34	0,9	0,5	33,7	8,3	5,5
Villaggio Oland.	15,8	8,86	132	6	7	233	7	12	1,7	1,0	34	0,9	0,5	35,9	8,1	5,0
Pian d'Oneda	16,2	8,76	127	8	7	316	9	24	1,6	1,1	34	0,9	0,5	33,9	8,1	5,5
Baitoni	15,9	8,85	129	4	7	281	7	14	1,7	1,1	34	1,0	0,6	35,7	8,2	5,5
Scar. piscic.	10,8	7,29		774	11	828	156	170	2,1	3,9	38	2,5	1,3	41,5	10,6	
Fiume Chiese	10,8	7,66		30	4	575	12	16	1,5	0,8	17	0,6	0,5	29,3	5,4	
Torr. Baitoni	12,4	7,51		200	23	771	34	44	4,0	1,5	20	1,4	0,6	59,5	18,2	
Rio Morbio	14,1	8,00		411	14	1475	238	238	3,6	2,1	15	2,0	1,0	49,1	18,4	

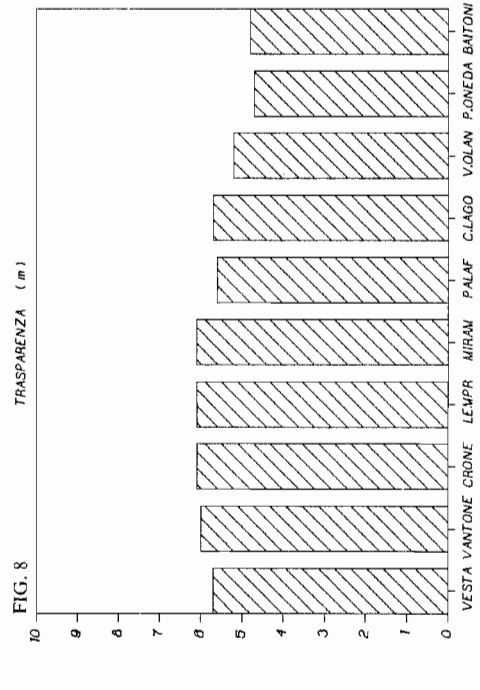
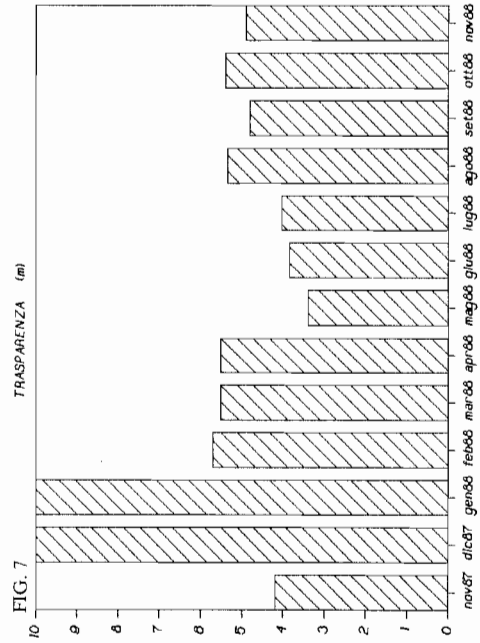
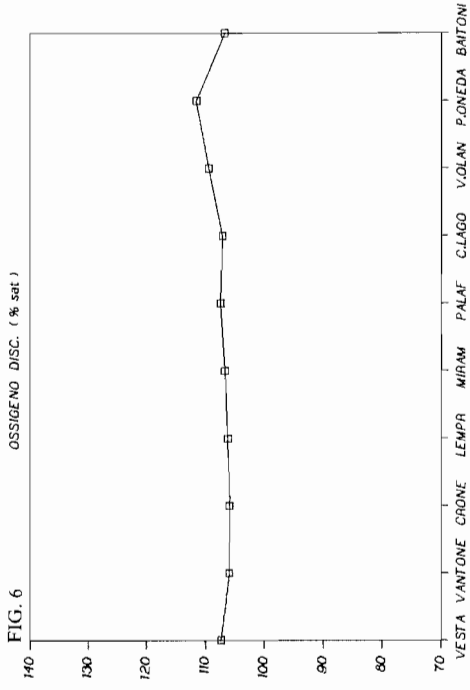
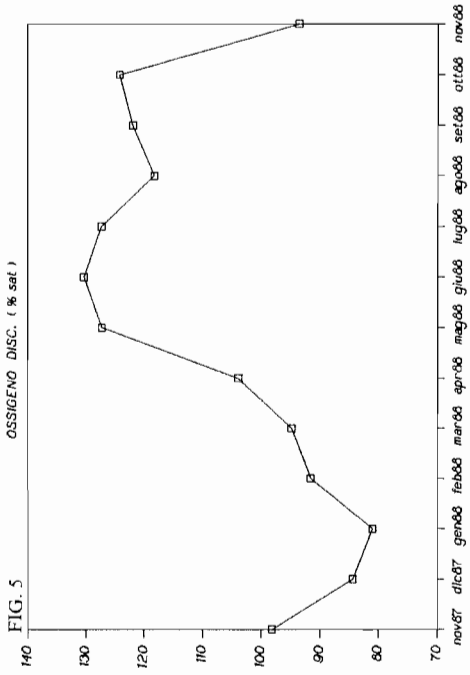
Tab. XVIII - Determinazioni del 17 novembre '88

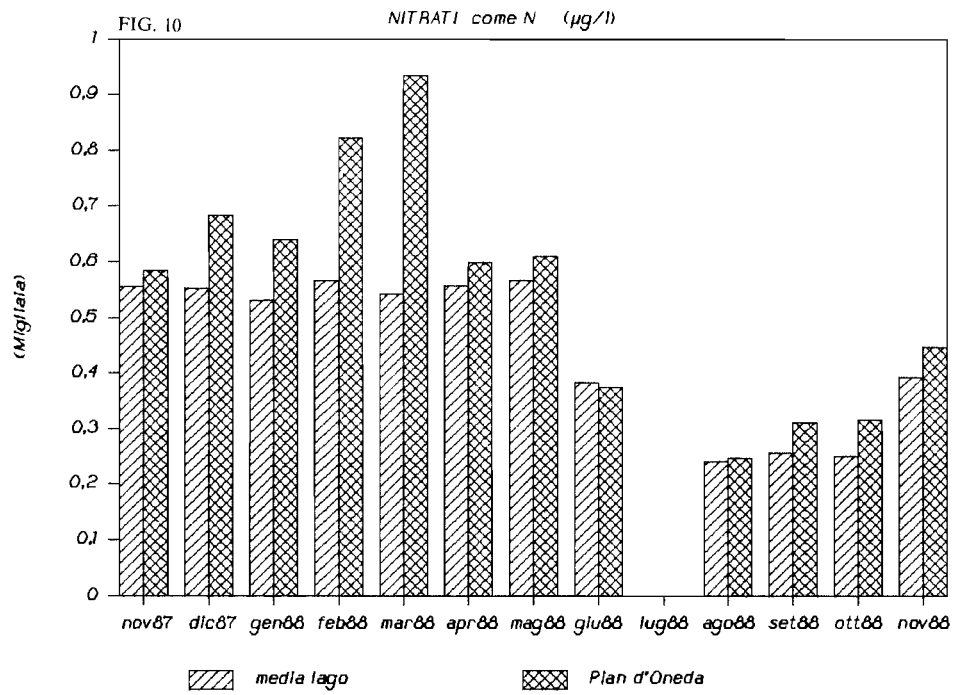
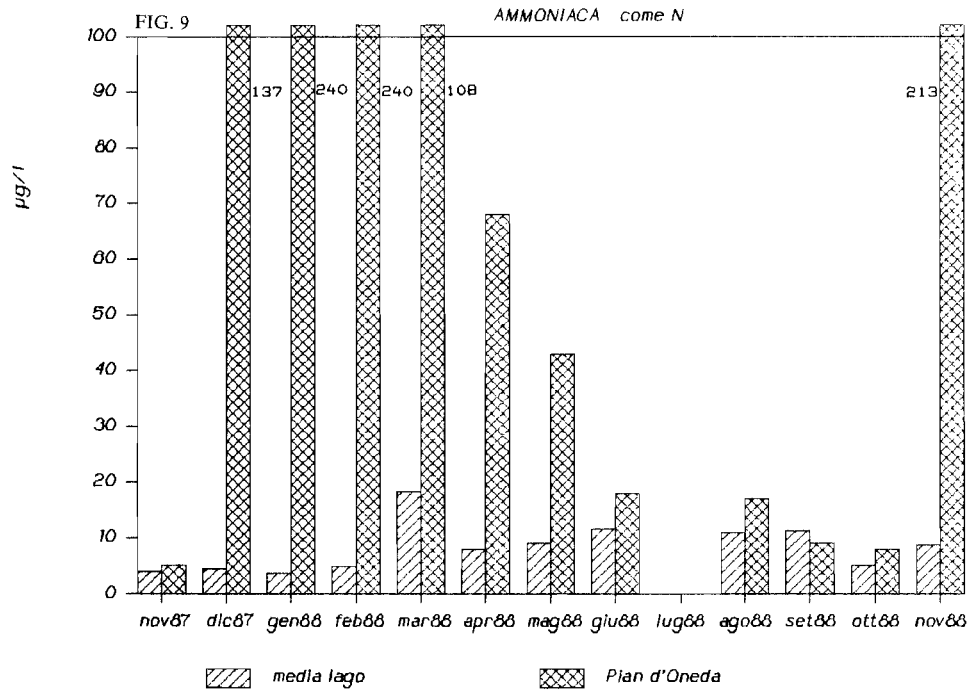
Posizione	Temp. °C	pH	Oss. % sat	NH ₃ -N µg/l	NO ₂ -N µg/l	NO ₃ -N µg/l	PO ₄ -P µg/l	P.Tot µg/l	Alc. meq/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻⁻ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Trasp m
Vesta	10,1	8,43	88	7	6	381	6	15	1,9	0,9	29	0,7	0,6	36,9	8,0	5,0
Vantone	10,0	8,39	87	8	6	401	5	14	1,9	0,9	31	0,8	0,6	37,5	8,2	5,0
Crone	10,1	8,48	97	8	6	398	5	14	1,9	0,9	32	0,8	0,6	38,1	8,1	4,5
Lemprato	10,0	8,43	97	9	6	383	5	15	1,9	0,9	35	0,8	0,6	38,9	8,4	4,5
Palafitte	10,1	8,43	87	10	8	390	4	12	1,9	0,9	27	0,8	0,6	36,3	7,9	5,0
Centro lago	10,1	8,37	87	9	7	398	5	15	1,9	0,9	28	0,6	0,6	36,5	8,3	5,5
Villaggio Oland.	10,2	8,44	88	9	8	405	5	12	2,1	0,9	28	0,7	0,6	40,7	7,9	5,0
Pian d'Oneda	10,0	8,06	127	213	11	446	49	64	1,9	1,0	26	1,2	0,6	35,1	8,4	5,0
Baitoni	10,0	8,42	91	10	8	379	9	14	1,9	0,9	29	0,7	0,6	37,3	7,8	5,0
Scar. piscic.	10,0	7,69		946	16	850	250	409	2,3	2,6	27	2,7	1,8	40,5	10,2	
Fiume Chiese	8,6	8,42		113	10	867	39	48	2,7	0,7	19	1,1	0,7	43,5	11,3	
Torr. Baitoni	10,8	8,08		244	36	822	8	32	4,0	1,2	13	1,3	0,6	55,1	18,5	
Rio Morbio	7,8	8,57		910	26	1930	333	399	3,6	1,1	11	4,4	0,6	43,7	18,8	

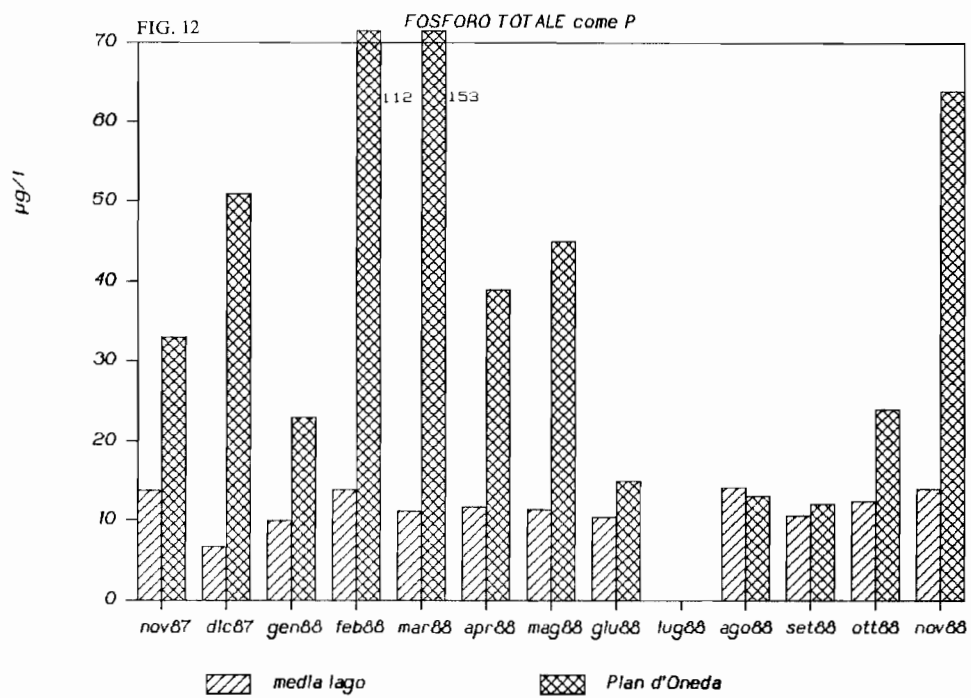
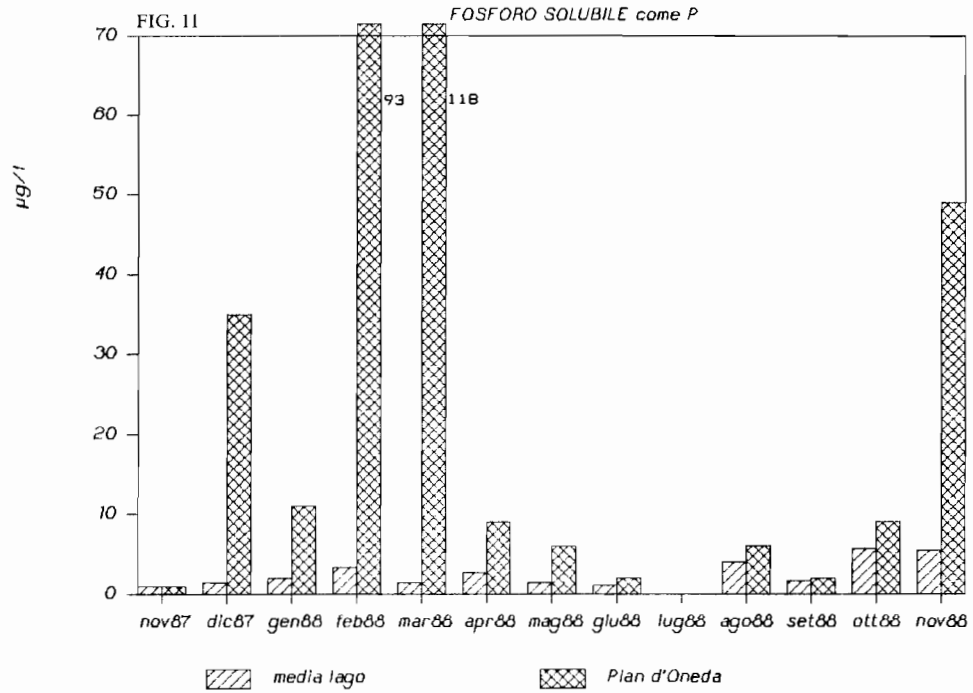
Tab. XIX - Dati statistici relativi alle determinazioni effettuate alla superficie del lago

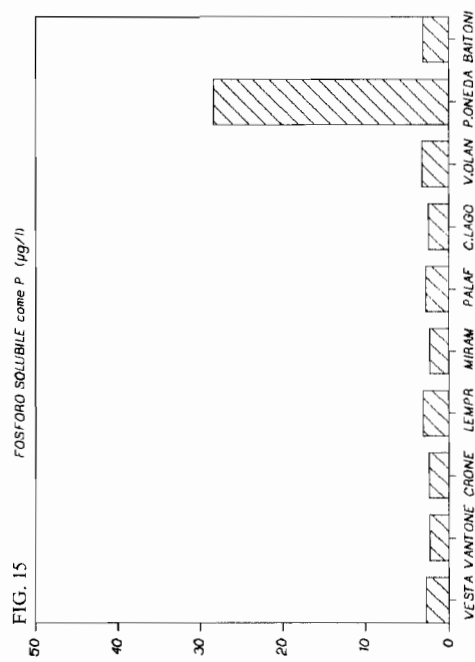
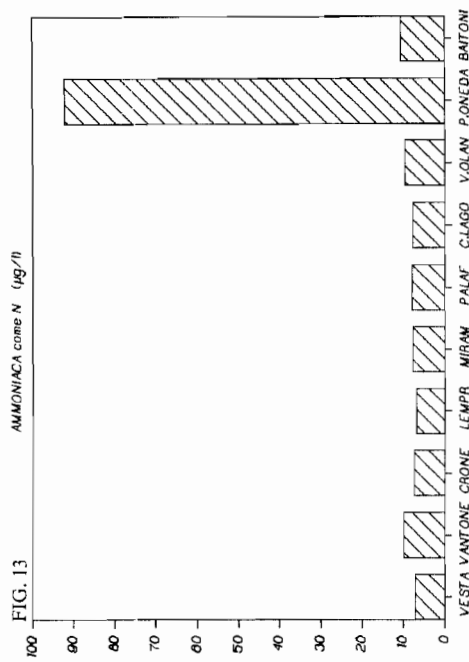
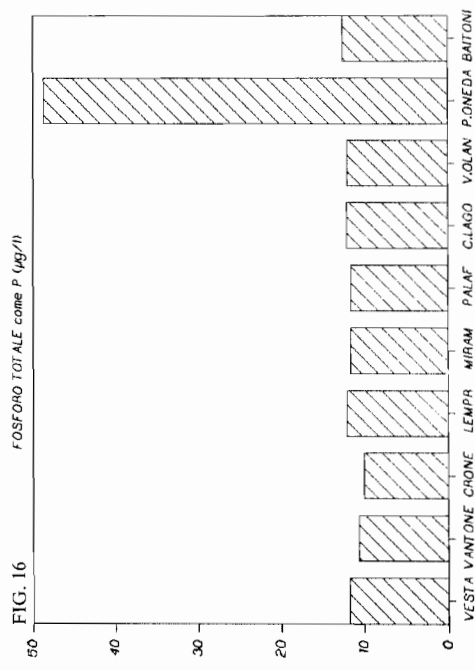
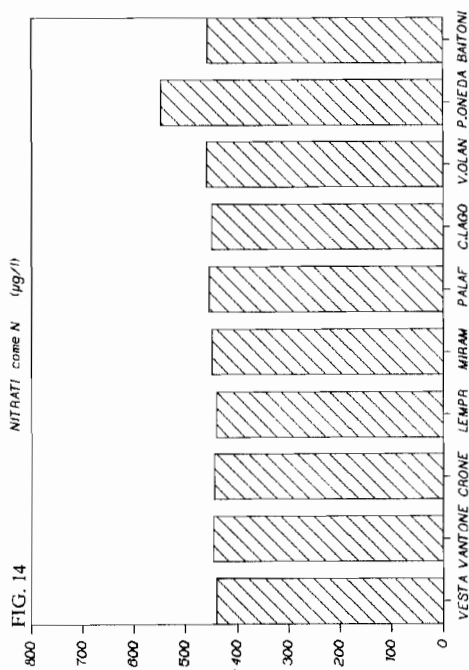
Posizione	Temp. °C	pH	Oss. % sat	NH ₃ -N µg/l	NO ₂ -N µg/l	NO ₃ -N µg/l	PO ₄ -P µg/l	P.Tot µg/l	Alc. meq/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻⁻ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Trasp m
Dimens. camp.	12,5	12,5	125	101	101	101	101	101	113	103	113	101	113	103	113	125
Media	13,3	8,45	108	8	7	448	3	12	1,8	0,8	28,9	1,0	0,7	34,4	9,3	5,5
Mediana	11,9	8,43	106	8	6	535	2	12	1,9	0,7	29,0	1,0	0,6	35,1	8,1	5,0
Moda	6,3	8,06	125	3+4	7	545	1	10	1,9	0,7	29,0	1,0	0,6	34,5	8,3	5,0
Varianza	36,0	0,19	326	30	6	17696	4	10	0,0	0,0	38,4	0,0	0,0	8,4	2,1	4,4
Minimo	5,4	7,70	80	3	1	229	0	2	1,5	0,6	16,0	0,6	0,5	26,4	7,0	2,5
Massimo	24,9	9,15	138	35	17	619	11	21	2,2	1,1	43,0	1,2	1,3	40,7	12,3	10,0
Range	19,5	1,45	58	32	16	390	11	19	0,7	0,5	27,0	0,6	0,8	14,3	5,3	7,5

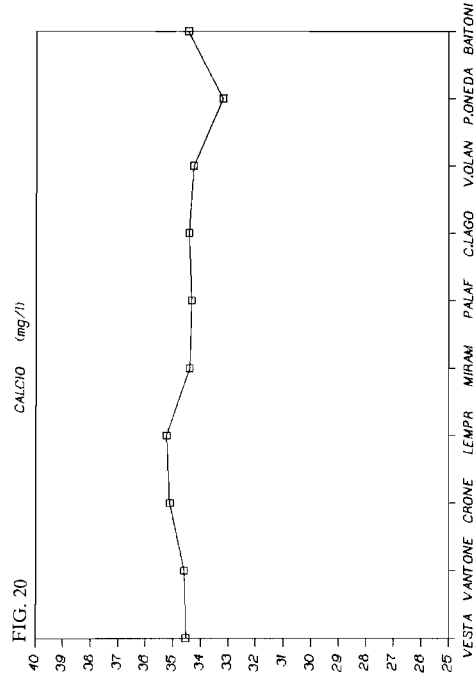
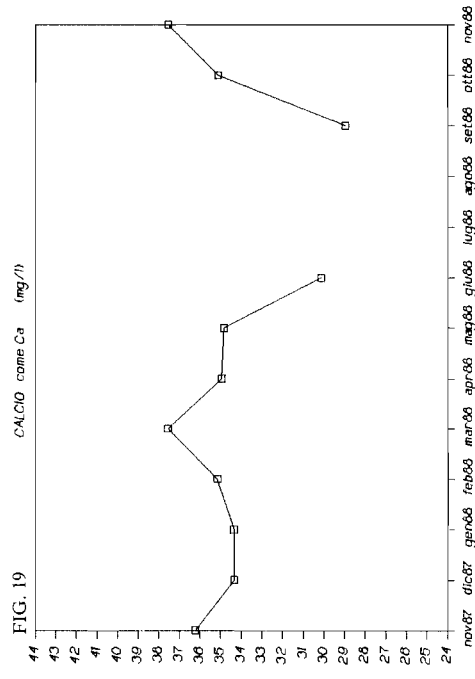
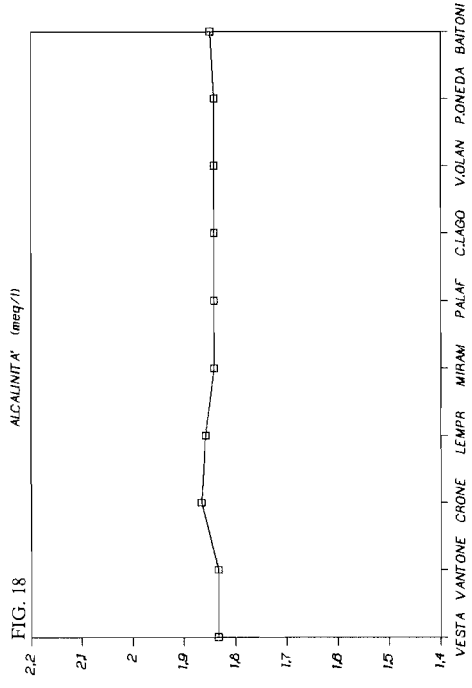
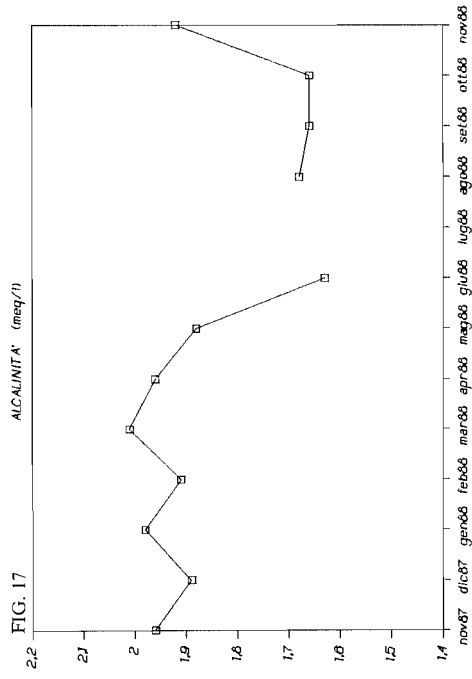


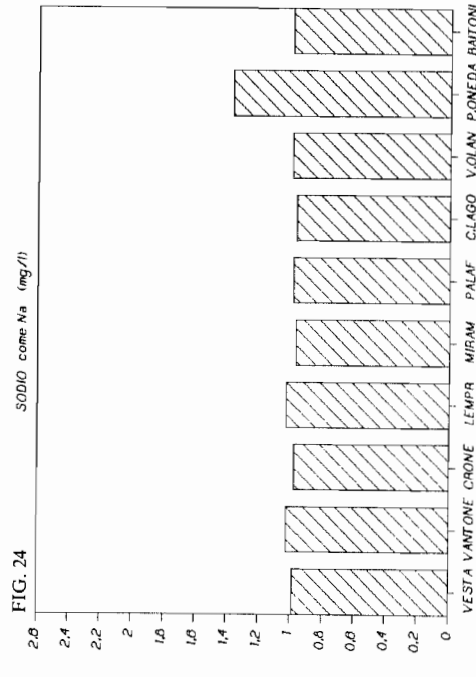
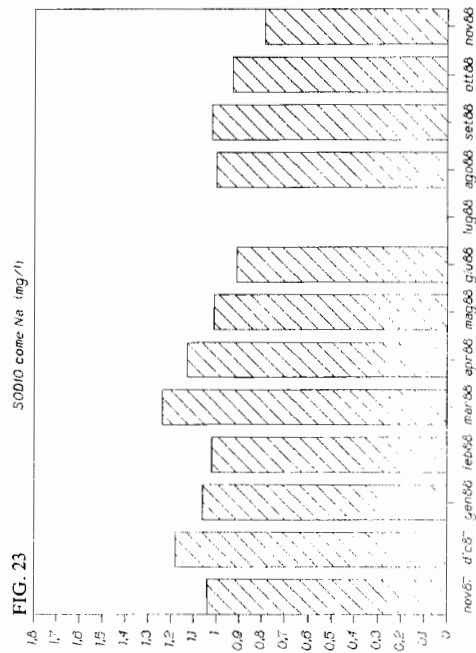
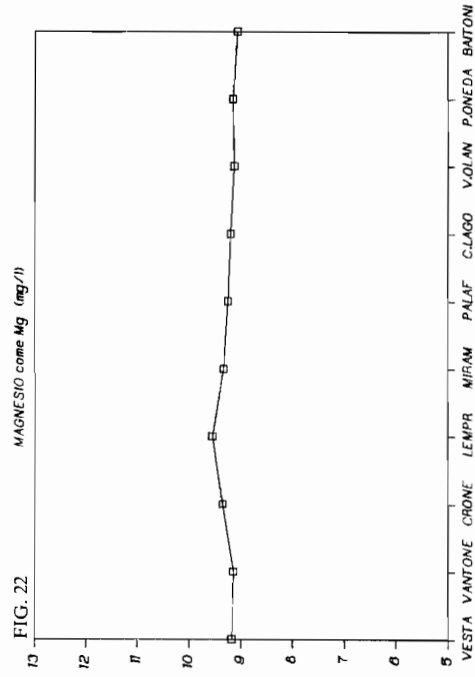
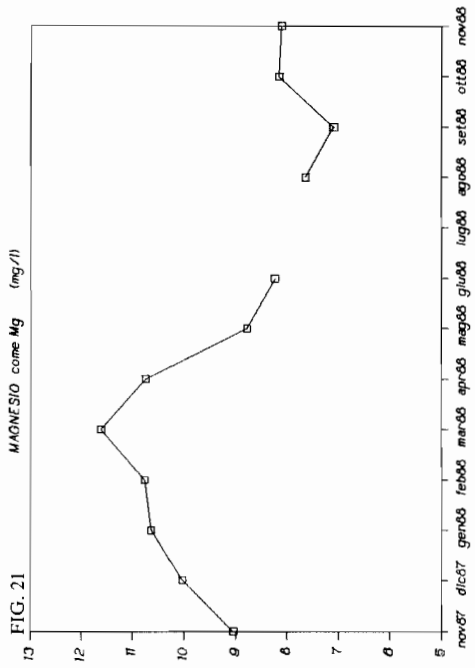


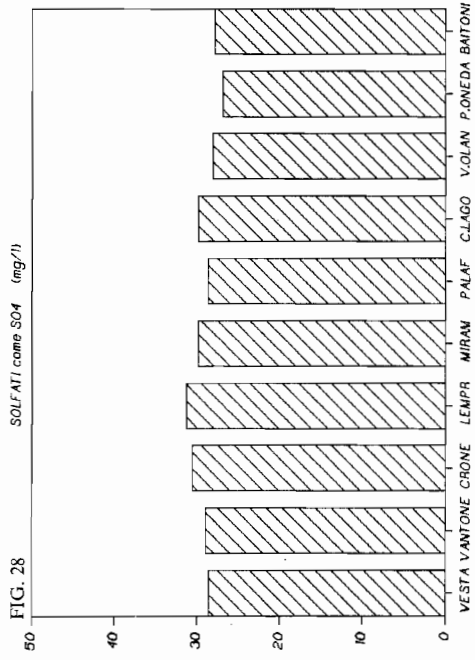
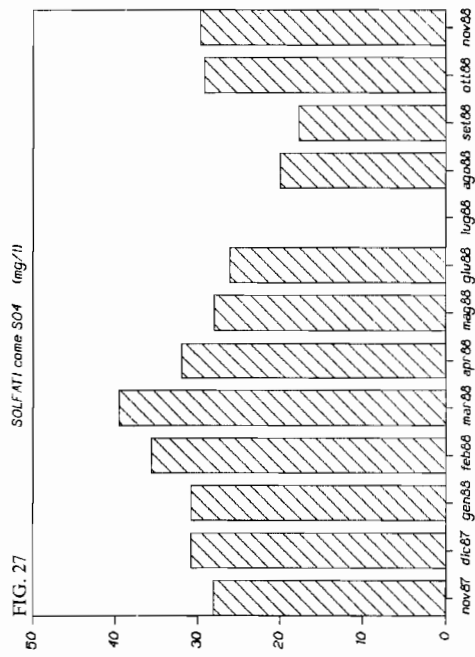
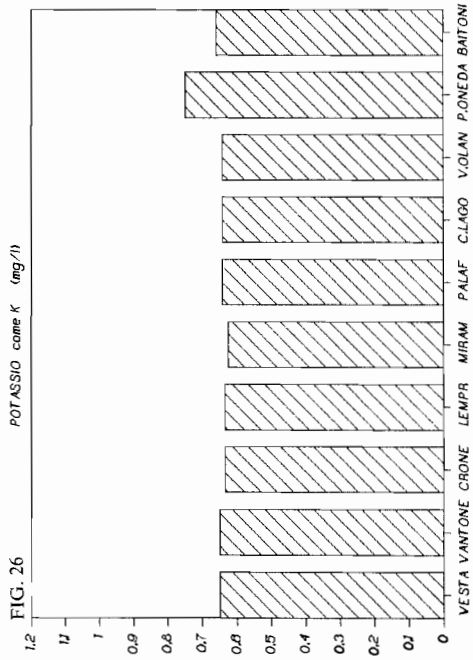
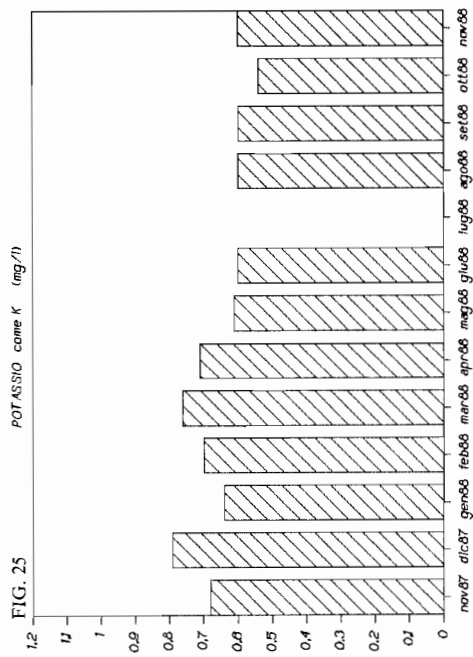


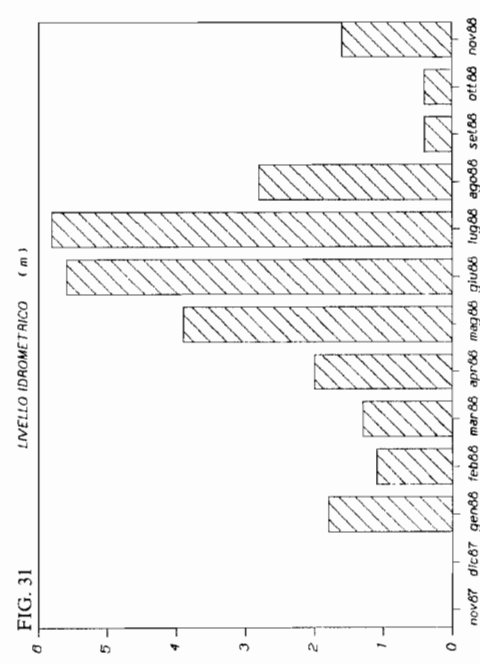
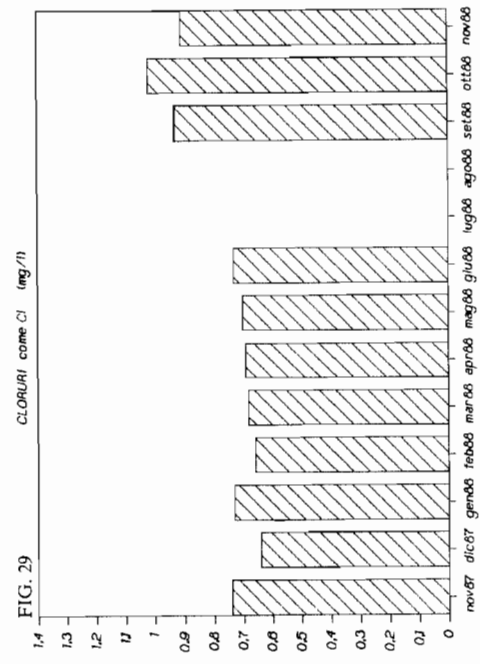
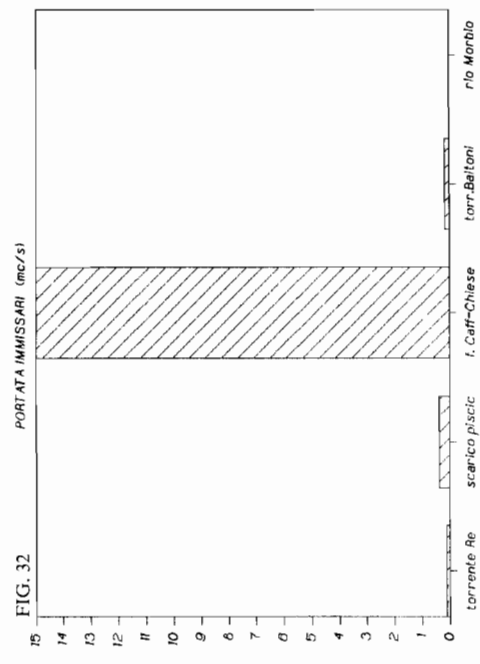
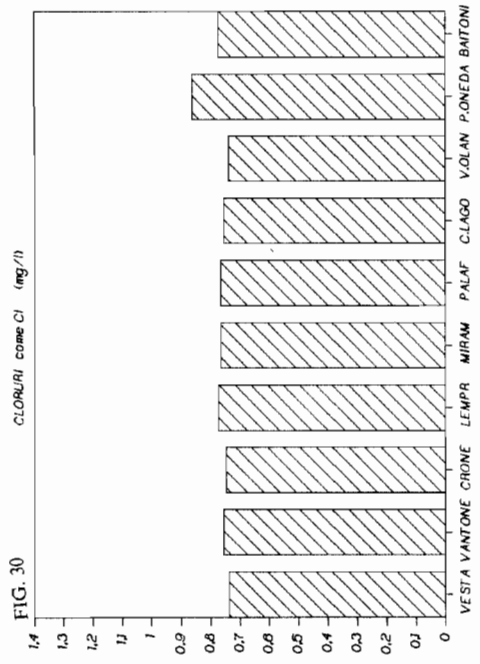


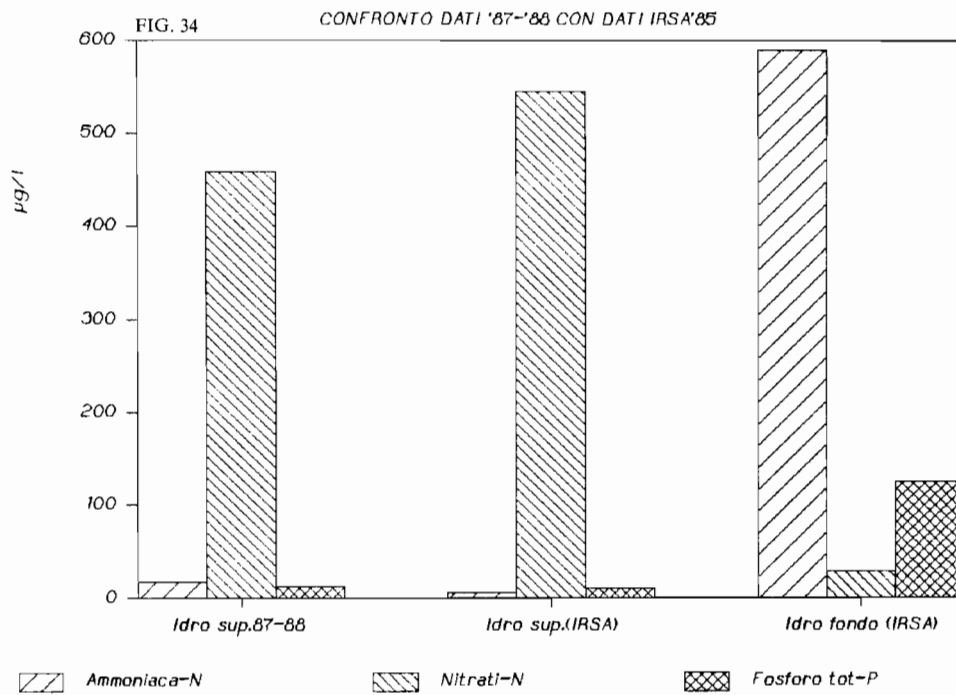
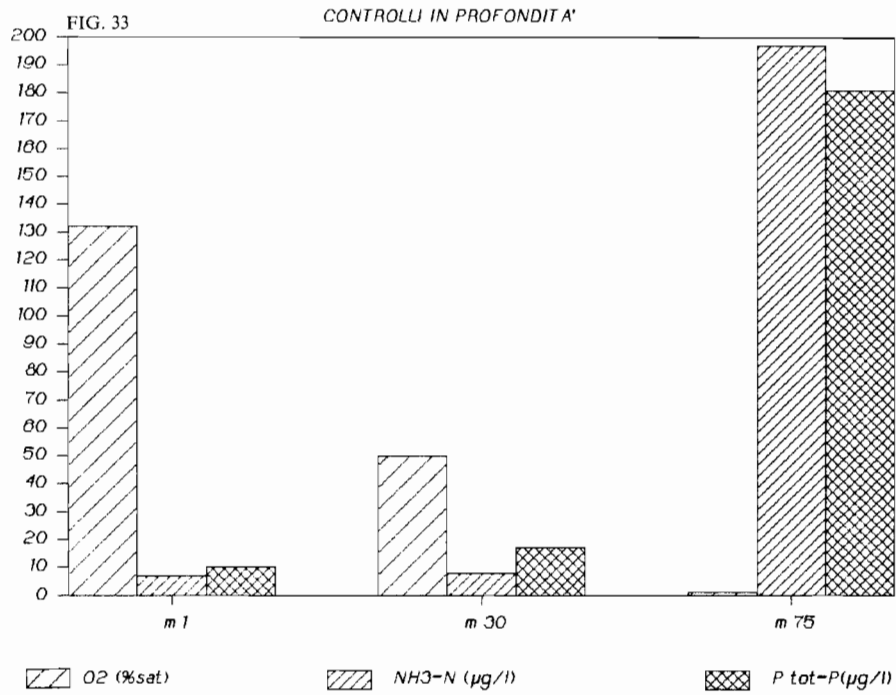


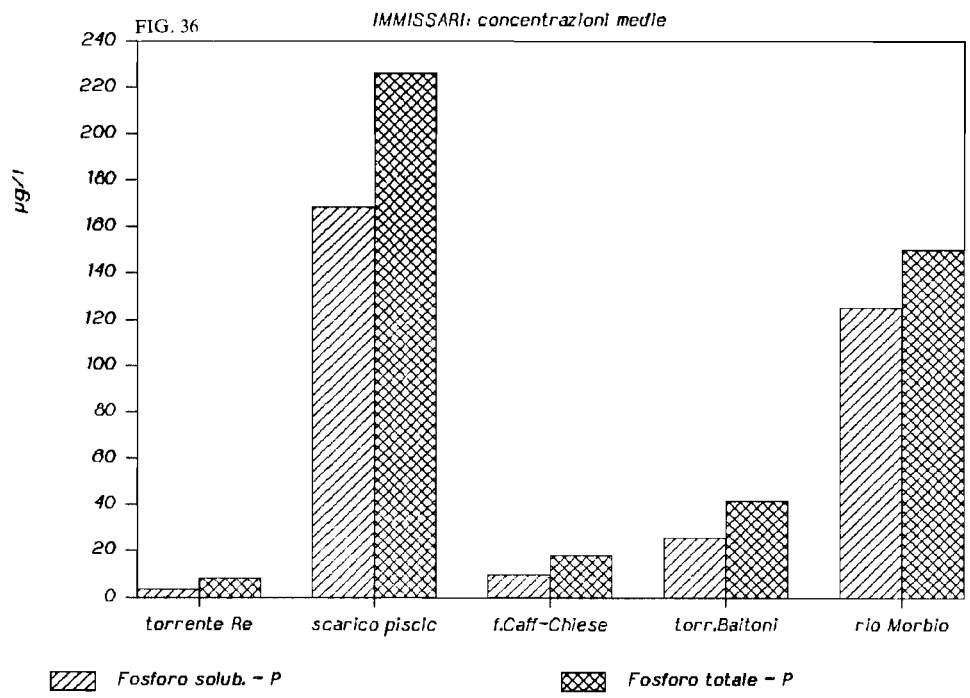
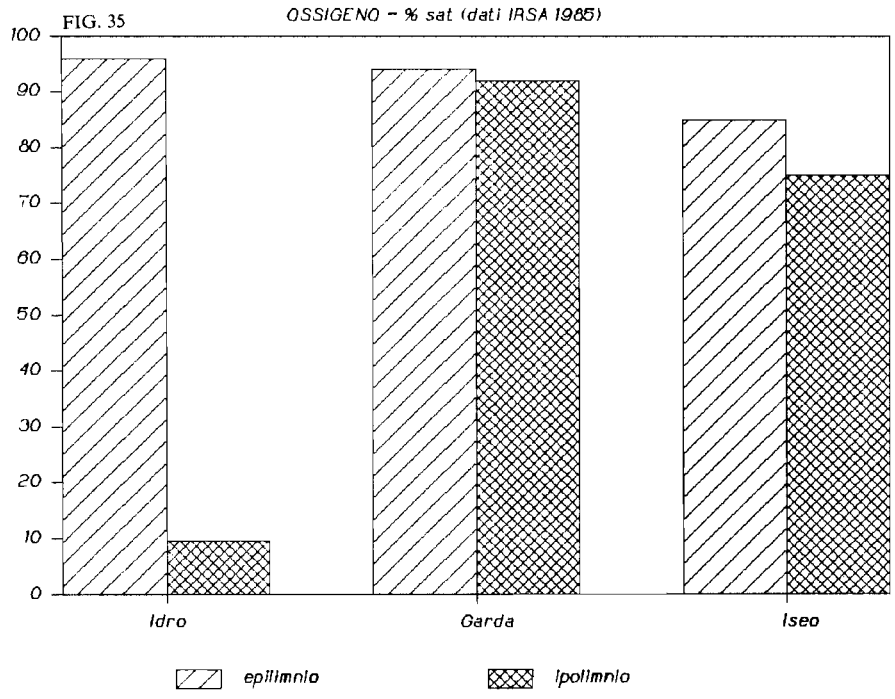


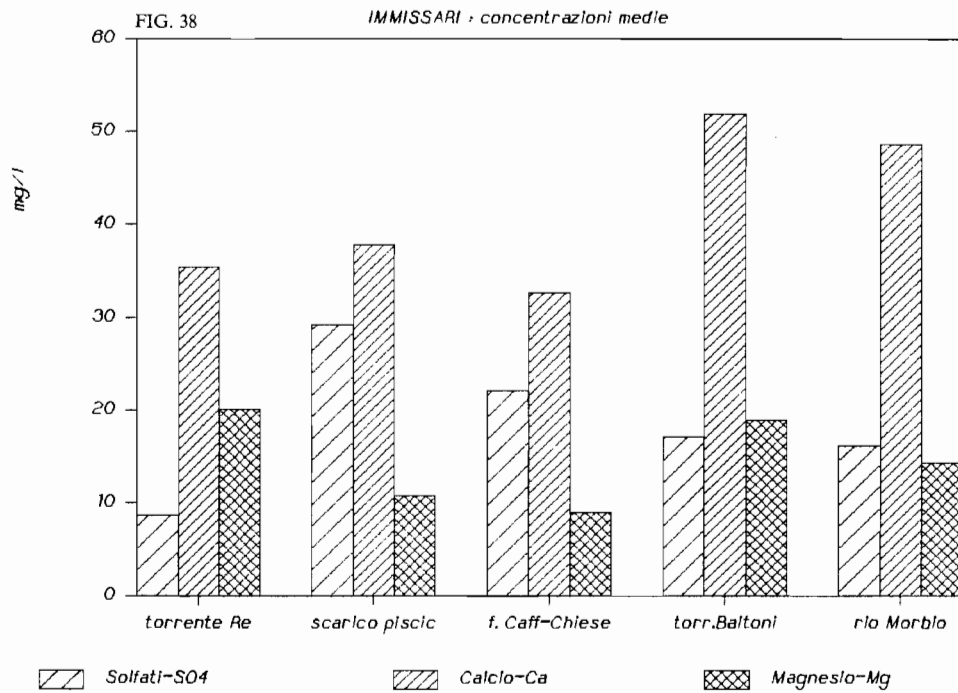
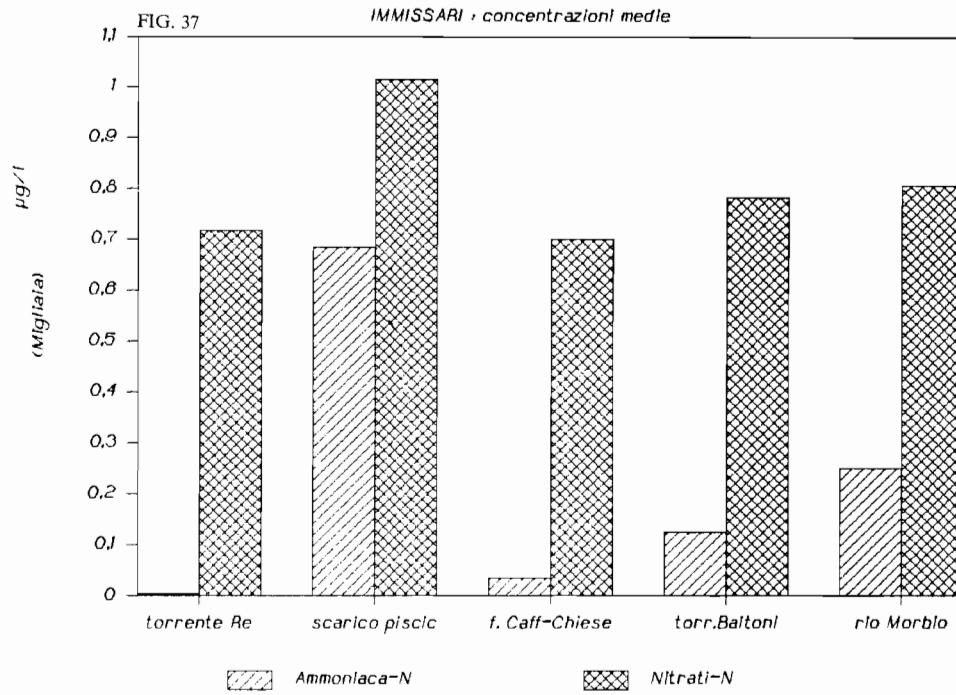


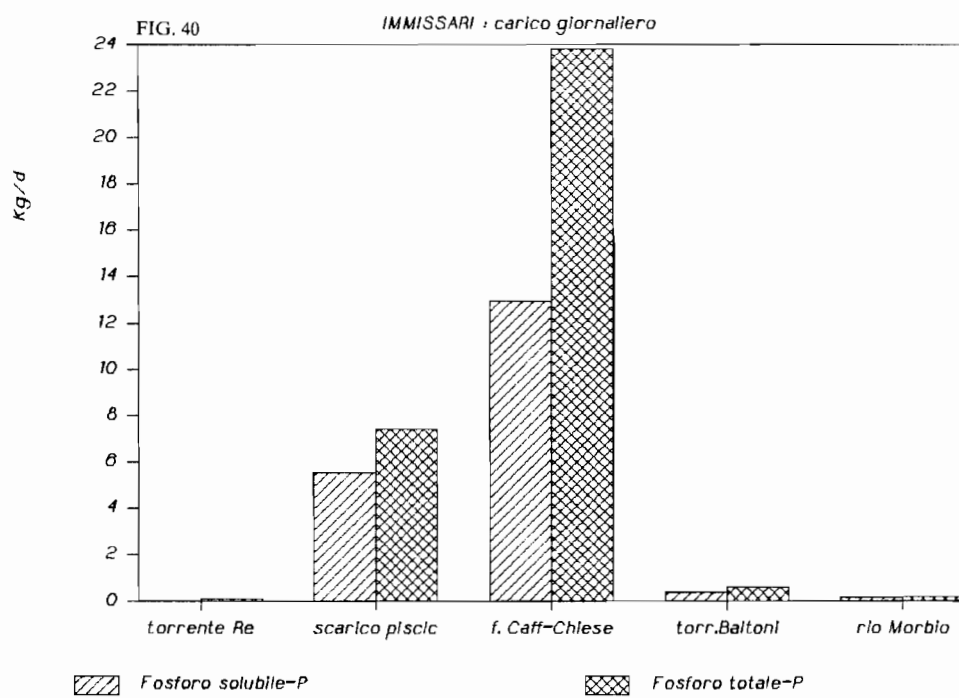
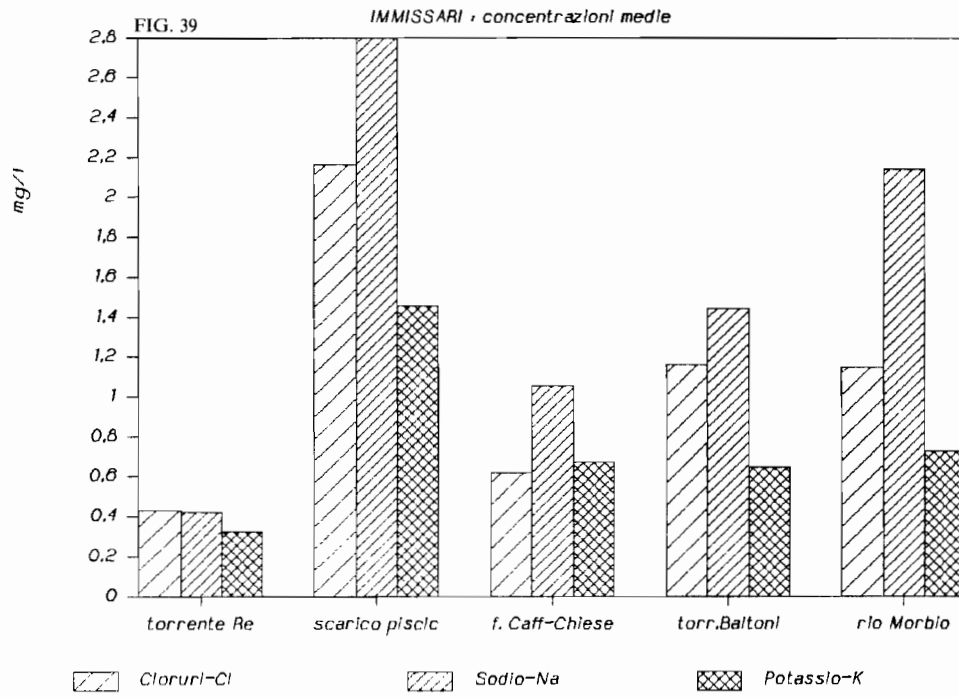


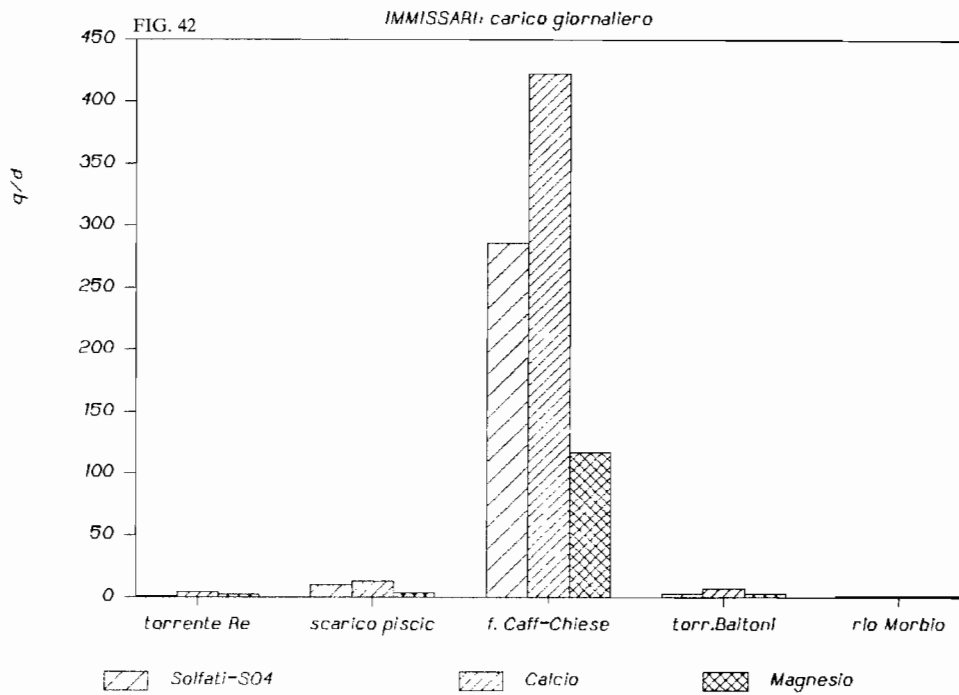
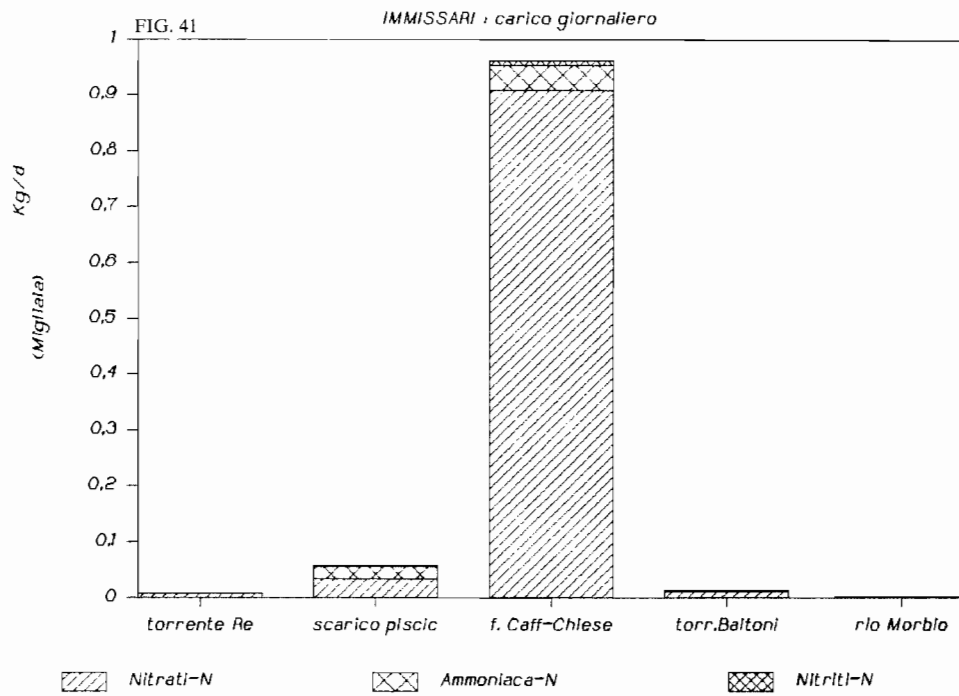


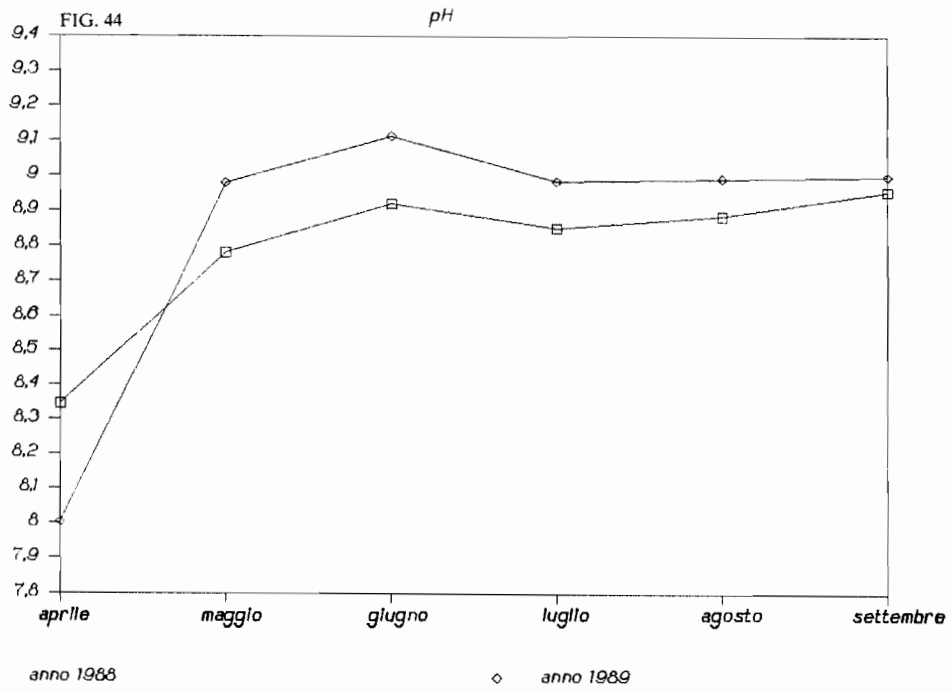
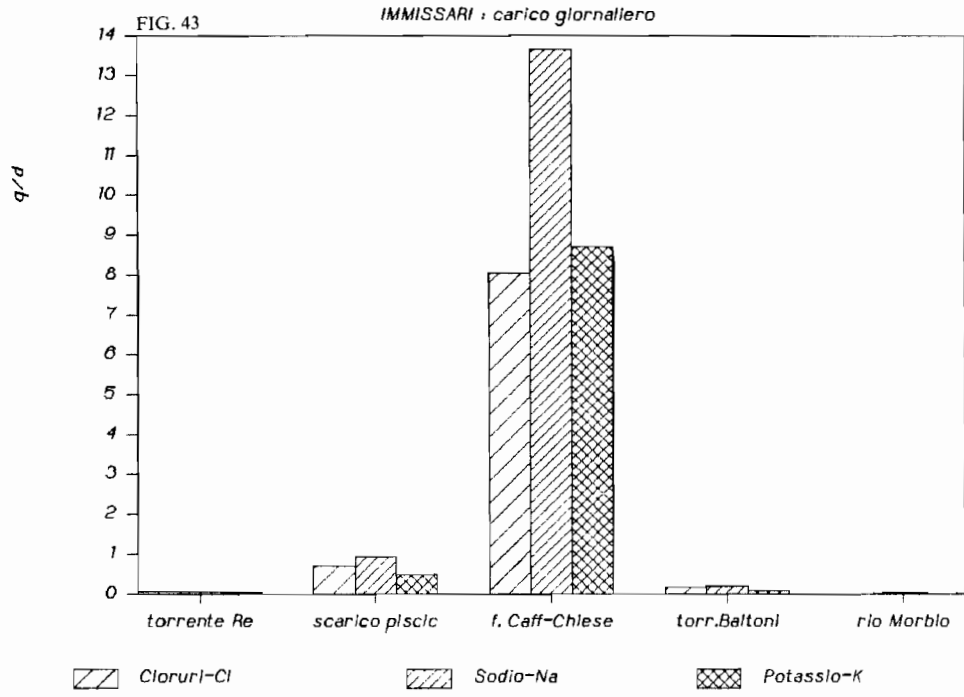












BIBLIOGRAFIA

- AMBROSETTI W., BARBANTI L., 1988. Recenti indagini di limnologia fisica sul lago Maggiore. *Acqua Aria*, 1:27-38.
- BARBATO G., 1975. Il lago d'Idro: caratteristiche fisiche e chimiche. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*; 32:261-295.
- CHIAUDANI G. e VIGHI M., 1975: Dynamic of nutrient limitation in six small lakes. *Verh. Internat. Limnol.*, 19:1319-1324.
- I.R.S.A., 1973. Relazione sulla qualità delle acque superficiali in Italia: rapporto 42c.
- I.R.S.A., 1985. Catasto dei laghi italiani: quaderno 72.
- MONTANARI G. et al., 1984. Formazione di condizioni anossiche nelle acque marine costiere dell'Emilia Romagna dal 1977 al 1982. *Inquinamento*, 11:33-39.
- PREMAZZI C., 1982. L'eutrofizzazione dei laghi lombardi. *Vitaoggi* 1982:22-29.
- RUGGIU D., 1988. Studi sullo stato trofico e sulla evoluzione trofica dei laghi. *Acqua Aria*, 1:39-51.

Indirizzo dell'Autore:
Sergio Resola, Via Viotto, 10 - 25100 Brescia

