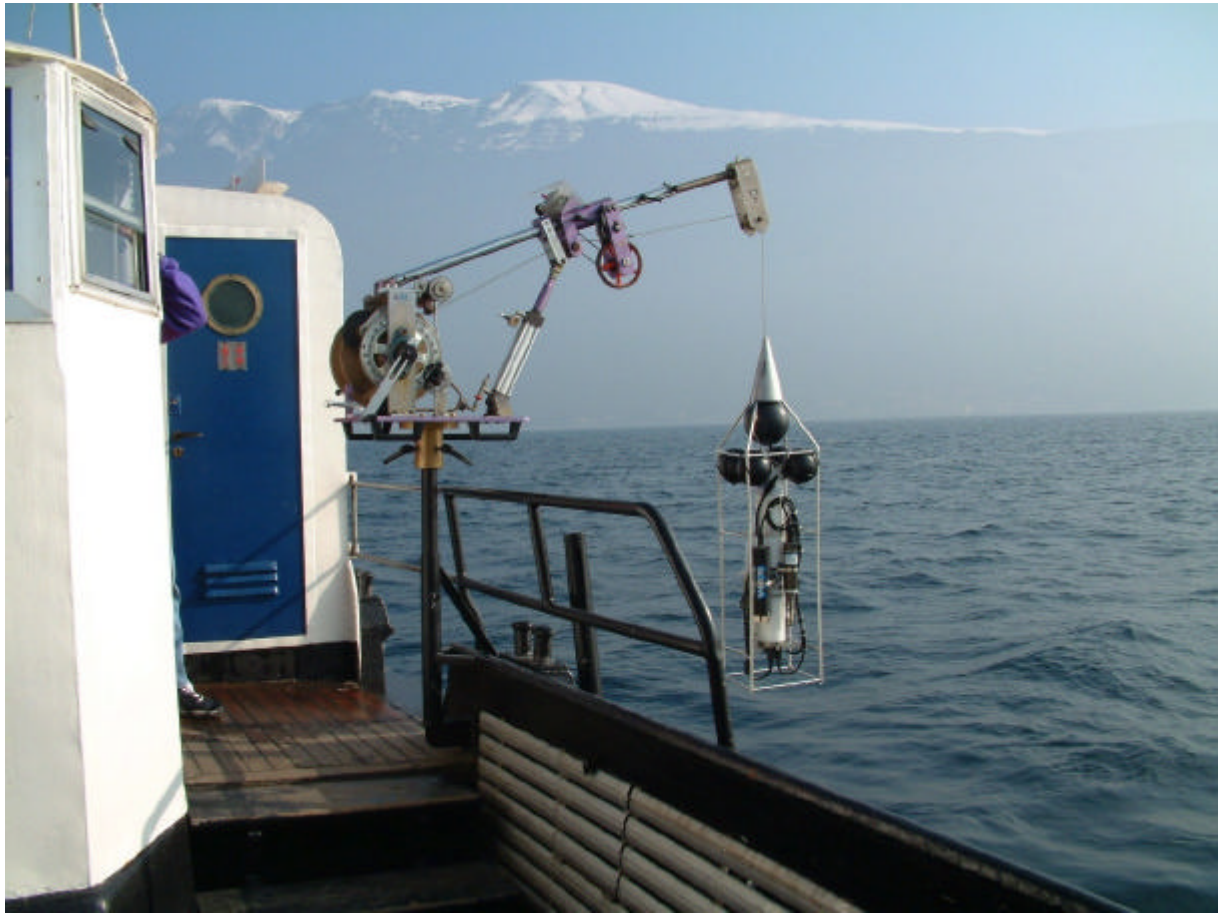


11 LAGO DI GARDA



INDICATORI

Il movimento turistico
Il traffico
Ossigeno disciolto
Coliformi totali e fecali
Streptococchi fecali
Fosforo
Biovolume e clorofilla A
Trasparenza
Indice di eventi sfavorevoli
Batteri vitali non coltivabili
Controlli sulle acque di balneazione
Andamento nel tempo dello stato di qualità

AUTORI

GIORGIO FRANZINI
OTTORINO PIAZZI

COLLABORATORI

LIVIO MARANGON
NICO SALMASO
CATERINA SIGNORETTO
PIETRO CANEPARI

11.1 Introduzione

Il lago di Garda è un lago subalpino profondo, naturale e aperto. L'immissario principale è il fiume Sarca (a nord del Bacino) mentre l'emissario è il fiume Mincio (a sud del bacino). Indicativamente la sua collocazione geografica è ottenibile disegnando un rettangolo su una mappa avente come vertici i seguenti punti (Latitudine//Longitudine): N45 53 04.0//E10 30 37.0; N45 53 04.0//E10 52 35.0; N45 26 02.0//E10 52 35.0; N45 26 02.0// E10 30 37.0

Il Garda è il più grande (contiene 49 km³ d'acqua) ed il più esteso (368 km²) lago italiano, da solo rappresenta oltre il 30% del volume d'acqua dolce raccolto nei bacini naturali ed artificiali italiani

Tabella 11.1: Variabili Morfometriche del Lago di Garda (Fonte: Nico Salmaso, Fabio Decet, Sandro Consolaro, Paolo Cordella - "Caratteristiche chimiche e situazione trofica del Lago di Garda nel corso dell'episodio di mescolamento delle acque della primavera del 1999". Rivista Acqua e Aria n° 9 Novembre/Dicembre 1999).

Parametro	Valore Pubblicato	Unità di misura
Superficie	368(*)	km ²
Lunghezza	51,9	km
Larghezza massima	16,7	km
Profondità massima	350	m
Profondità media	133	m
Volume	49,03	km ³
Portata emissario (Fiume <i>Mincio</i>)	58	m ³ /s
Tempo teorico di ricambio	26,8	anni
Quota media del lago	65	m
Bacino imbrifero (lago incluso)	2260	km ²
Altezza massima Bacino imbrifero (lago incluso)	3556	m

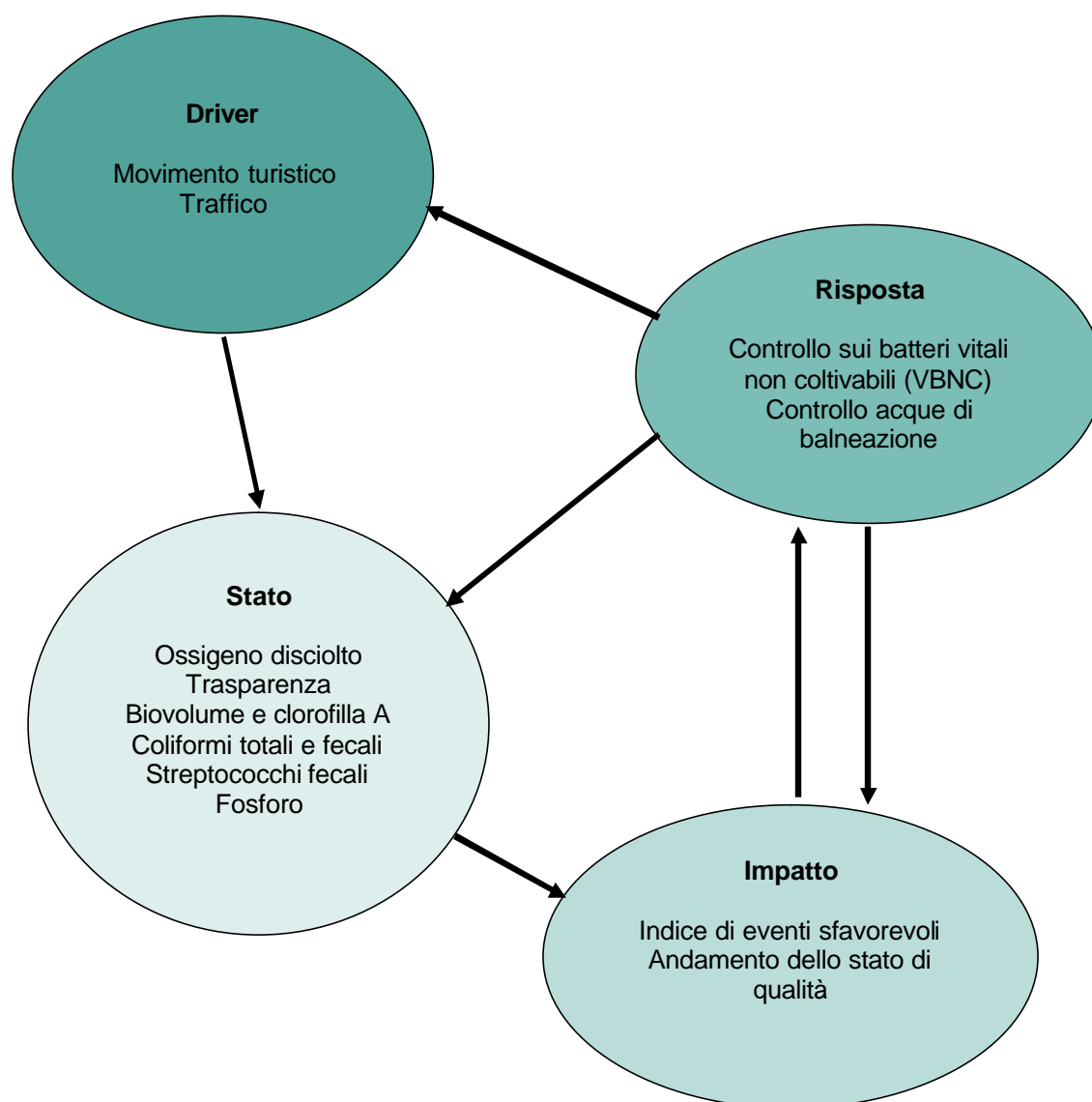
(*) Superficie di competenza della Provincia di Verona 170 km² (circa 46%).

Il bacino è situato in una delle aree più densamente popolate e produttive d'Italia. Il clima, grazie alla struttura del bacino imbrifero e al lago stesso, è mite. Tali caratteristiche fanno del Lago una consistente e strategica risorsa per molte attività economico-commerciali:

- turismo: rappresenta il punto di forza dell'economia del Garda. Il luogo è rinomato e conosciuto in tutta Europa per la buona qualità dei servizi, per la bellezza e per tutte le attività ricreative che trovano qui terreno fertile: sport acquatici, sport classici, pesca sportiva, manifestazioni socio-culturali, parchi divertimenti di rilievo etc...
- agricoltura: grazie al clima caratteristico vengono prodotti rinomati vini e oli pregiati molto noti.
- navigazione di linea e da diporto (turistica): ogni anno migliaia di unità trovano una ambiente ideale per la navigazione da diporto. Questo ha favorito lo sviluppo di tutte quelle attività che sono collegate alla navigazione come i cantieri per il rimessaggio e la manutenzione delle barche, gru di alaggio, officine nautiche, distribuzione carburanti etc..

L'enorme importanza economica del bacino mette in ombra altri aspetti, importanti per la vita locale, che non devono mai essere trascurati. Il lago, infatti, rappresenta un imponente serbatoio di acqua dolce di buona qualità per uso irriguo e per l'approvvigionamento di acqua per il consumo umano.

11.2 Gli indicatori utilizzati



11.3 Il turismo

11.3.1 Introduzione

Le caratteristiche principali del turismo del lago di Garda sono così riassumibili:

- si tratta di un turismo proveniente, oltre il 62%, dall'estero. E' stato appurato che, in ordine decrescente, i più assidui frequentatori delle acque interne italiane sono tedeschi, inglesi, austriaci, olandesi, francesi, svizzeri, belgi, statunitensi e giapponesi. Gli ospiti tedeschi da soli rappresentano circa un terzo degli stranieri ospitati;
- è caratterizzato da una forte stagionalità, difatti la maggior parte delle strutture ricettive del lago viene chiusa nei mesi invernali nonostante, in alcune aree, la mitezza del clima potrebbe far prolungare la stagione anche in altri periodi dell'anno oltre a quello estivo
- l'accesso alle località rivierasche tramite le strade di comunicazione non sempre è agevole: di sovente, infatti, risulta assai trafficata la viabilità che conduce ad esse; vere e proprie situazioni di congestione del traffico si possono rilevare nei fine settimana di tutto l'anno sulla Gardesana Orientale
- è caratterizzato da un intenso coinvolgimento dell'economia locale: il turismo fa infatti muovere l'economia delle stazioni di soggiorno non solo per quanto attiene gli addetti del settore, ma anche per quelli di altri settori (commercio) e persino di altri comparti economici (primario);
- richiede una attenta valutazione in merito a questioni correlate al locale ecosistema, quali ad esempio la qualità delle acque di balneazione, la tutela del territorio che ne consenta una piena e corretta fruibilità da parte del turista, la tranquillità dei luoghi ed, infine, la dotazione e la disponibilità dei servizi;
- è un turismo che esige anche l'organizzazione di iniziative di intrattenimento, siano esse di carattere culturale, sportivo, escursionistico oppure si tratti di effettuazione di gite. Al riguardo non si deve trascurare il fatto che il turista del lago di Garda può agevolmente effettuare visite alle contigue città monumentali oppure alle vicine località montane.

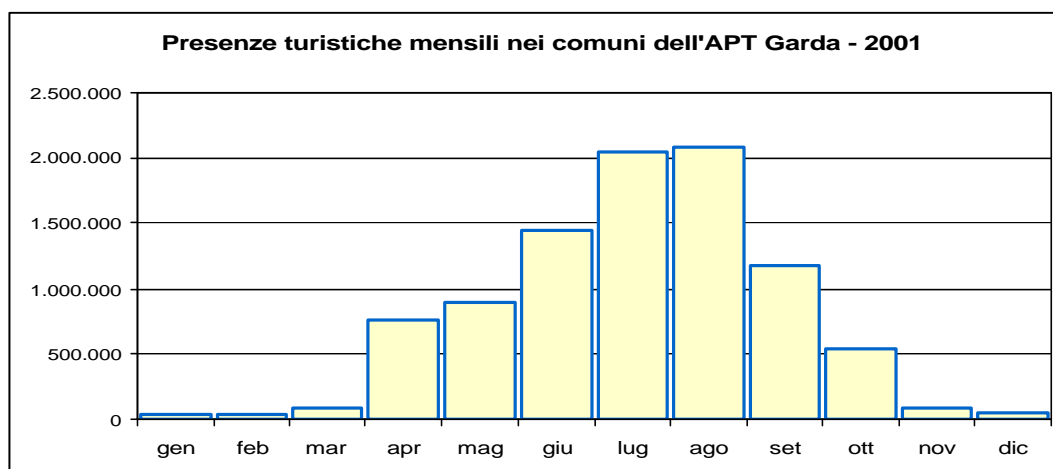
11.3.2 Gli indicatori utilizzati

Nome indicatore	DPSIR	Obiettivo	Disponibilità dati	Situazione attuale
Il movimento turistico	D	Come sta variando il flusso turistico del lago di Garda?	😊	😐
Il traffico	D	Quanto incide il traffico veicolare indotto dal turismo sul traffico complessivo?	😞	😞

Il turismo**Il movimento turistico**

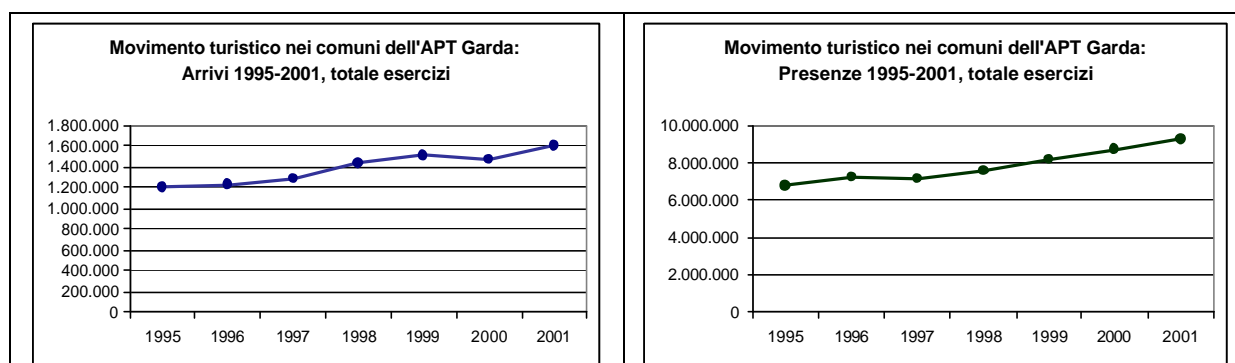
La zona del Garda, ed in particolare i comuni che si affacciano sul lago, è una meta turistica assai frequentata, soprattutto d'estate per quanto riguarda il turismo residente, ma anche nella stagione invernale da turisti pendolari, provenienti dai comuni circostanti e soprattutto dal comune di Verona. I comuni che si affacciano sul lago presentano tutti un Indice di Pressione Turistica calcolato su base annuale molto elevato, in alcuni casi addirittura superiore al 50%. Alcuni fanno registrare un numero di presenze addirittura superiore a quello del comune di Verona, ben più esteso e con una popolazione residente molto maggiore. Nell'anno 2000 si sono avute 2.037.971 di presenze a Lazise, 1.552.279 a Bardolino, 1.406.546 a Peschiera del Garda, contro 1.236.475 a Verona. La presenza di turisti residenti presenta una variabilità stagionale molto marcata, come si nota in fig 11.3.1, ed interessa prevalentemente il periodo compreso tra i mesi di aprile e ottobre, con massimo in luglio e agosto

Figura 11.3.1 Presenze turistiche mensili nei comuni dell'APT Garda nell'anno 2001 (Fonte: APT Garda)



Anche il trend degli arrivi-presenze di turisti è in continuo aumento negli ultimi anni: come si vede infatti nelle figure sottostanti si è passati dal numero di arrivi pari a circa 1.200.000 del 1995 al 1.600.000 arrivi del 2001 con un incremento complessivo pari al 33%.

Figura 11.3.2 Andamento nel tempo del movimento turistico nei comuni dell'APT Garda espresso sia come numero di arrivi sia come numero di giorni di presenza (Fonte: APT Garda)



Il turismo**Il traffico**

Il turismo è, oltre che una risorsa, una fonte di pressioni aggiuntive, dato che comporta un rilevante, anche se temporaneo, aumento di popolazione, con conseguente aumento di traffico, inquinamento atmosferico e acustico, produzione di rifiuti e di reflui urbani. Questo può non essere un problema se le varie infrastrutture (es. impianti di depurazione dei reflui urbani) sono dimensionate in modo adeguato alla popolazione totale, comprendente residenti e turisti.

La correlazione diretta fra presenze turistiche e pressioni ambientali si può notare ad esempio nel caso del traffico veicolare: considerando le entrate e le uscite di veicoli leggeri dal casello di Peschiera dell'autostrada A4 Brescia-Padova si nota, come atteso, lo stesso marcato andamento stagionale presentato dall'afflusso di turisti, con un evidente picco nella stagione estiva. In agosto si registra il 113% in più rispetto a gennaio, andamento completamente diverso da quello del non lontano casello di Verona Sud della stessa autostrada: in tal caso l'andamento nel tempo è molto più piatto e con valori massimi nei mesi di settembre e ottobre, e minimi nei mesi di gennaio e agosto. Un'andamento analogo si nota per il casello di Affi dell'autostrada A22 Brennero-Modena, l'altro casello di accesso alla zona del Garda, soprattutto per i turisti provenienti dalla Germania.

Figura 11.3.4 Veicoli leggeri in entrata ed in uscita dal casello di Peschiera, dell'autostrada A4, nell'anno 2001
(Fonte: Autostrada A4 S.p.A)

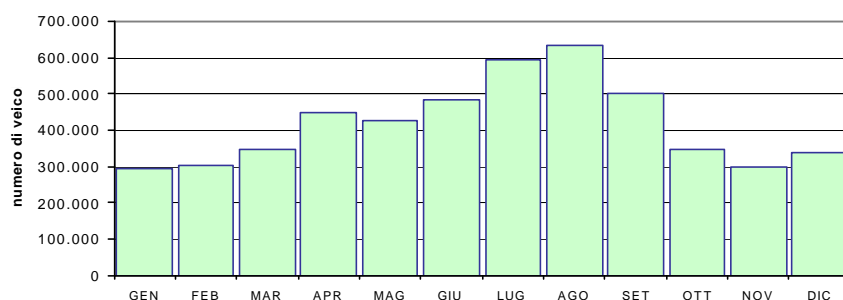


Figura 11.3.5 Veicoli leggeri in entrata ed in uscita dal casello di Verona Sud, dell'autostrada A4, nell'anno 2001
(Fonte: Autostrada A4 S.p.A)

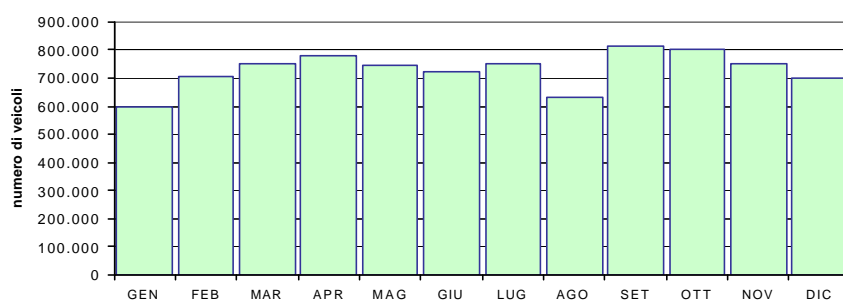
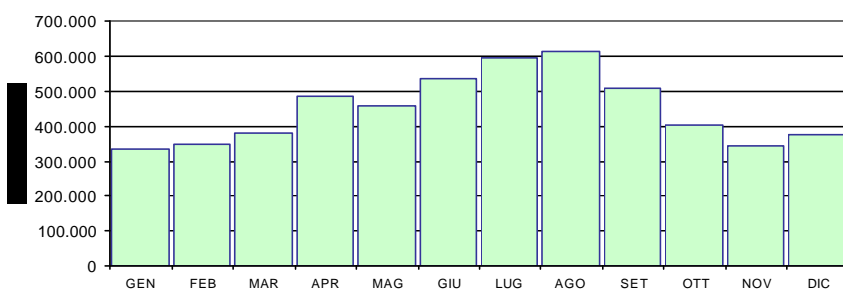


Figura 11.3.6 Veicoli leggeri in entrata ed in uscita dal casello di Affi, dell'autostrada A22, nell'anno 2001
(Fonte: Autostrada A22 S.p.A)



11.4 La qualità delle acque di balneazione

11.4.1 Introduzione

Una delle principali attrattive del Lago di Garda è la balneazione. Come lago naturale la normativa che ne regola l'uso a tale scopo è il D.P.R. n. 470 del 08.06.1982 e successive integrazioni e modificazioni. Tale norma stabilisce, tra l'altro, quali Enti sono preposti al controllo della balneabilità, i punti di campionamento, il periodo di balneazione e la frequenza dei controlli ed infine i valori limite da rispettare ed i criteri per la valutazione della qualità delle acque di balneazione.

L'Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto (ARPAV), attraverso il proprio Dipartimento Provinciale di Verona – Servizio Territoriale - Ufficio Lago di Garda - (in passato era il Presidio Multizonale di Prevenzione), è incaricata di eseguire i controlli ispettivi per accertarne l'idoneità delle acque, nel periodo di balneazione, effettuando le analisi e la determinazione dei parametri previsti dal decreto.

La Regione Veneto deve provvedere ogni anno all'individuazione delle zone idonee alla balneazione e di quelle non idonee, sulla base dei dati delle analisi routinarie dei due periodi precedenti, inoltre stabilisce quali sono i punti di campionamento.

Ai Sindaci dei Comuni rivieraschi spetta il compito di contrassegnare, con cartelli sul territorio, le zone balneabili e quelle non balneabili, di emanare le ordinanze che dichiarano le zone temporaneamente non idonee oppure le ordinanze di revoca dell'interdizione temporanea alla balneazione. Tutto ciò viene svolto sulla base delle proposte di ordinanza che l'ARPAV – Dipartimento di Verona invia ai Comuni, in funzione dei risultati dei controlli.

I punti di campionamento, e quindi le zone aperte alla balneazione, sulla riva veronese del Garda sono 65. La Regione Veneto per ogni zona stabilisce, utilizzando le coordinate geografiche, il punto di inizio, il punto di fine ed il punto di campionamento. IL DPR 470/82 stabilisce che il periodo di campionamento inizia il 01 Aprile (un mese prima che si apra la stagione balneare canonica) e termina il 30 settembre (salvo estensioni in funzione delle esigenze del luogo). Stabilisce inoltre che, la frequenza dei controlli programmati (misure sul campo e campionamenti) deve essere almeno bimensile e che, nel caso di una analisi programmata non favorevole, si proceda a breve distanza con 5 indagini suppletive.

L'idoneità di una zona per la balneazione viene mantenuta se le indagini routinarie danno esito positivo, cioè se i risultati delle analisi rispettano i limiti previsti del DPR 470/82.

Una zona di balneazione viene dichiarata, a cura del comune competente per territorio e su proposta dell'ARPAV- Dipartimento Provinciale di Verona, temporaneamente non idonea quando ad un controllo routinario non favorevole seguono 5 analisi suppletive tra le quali almeno 2 risultano non favorevoli.

La revoca del divieto temporaneo alla balneazione può essere fatta se 2 controlli routinari consecutivi, successivi alla chiusura, danno esito favorevole.

Tabella 11.4.1 Valori limite per la balneabilità delle acque del lago di Garda (Allegato 1 DPR 470/82 e succ. modificazioni ed integrazioni).

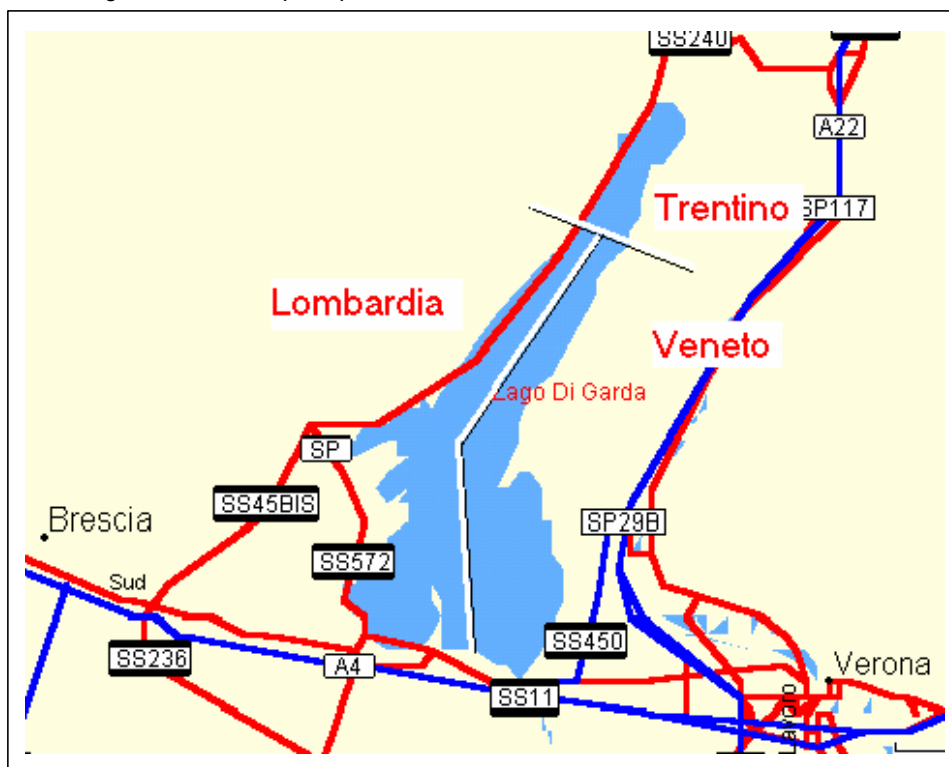
Parametro	Unità di misura	Valore limite	
		Minimo	Massimo
Coliformi totali	ufc/100 ml		2000
Coliformi fecali	ufc/100 ml		100
Streptococchi fecali	ufc/100 ml		100
Salmonelle	ufc/100 ml		0
pH	unità pH	6	9
Colorazione		Assenza di colorazioni insolite	
Trasparenza	m (disco secchi)	1	
Oli minerali	mg/l		0.5
Tensioattivi	mg/l		0.5
Fenoli	mg/l		0.05
Ossigeno disciolto	% Saturazione	70(*)	120(°)

(*) In regime di deroga il valore è 50 (°) In regime di deroga il valore è 170

Il valore limite di ossigeno disciolto del 120%, per la natura del lago di Garda, è un valore troppo restrittivo, infatti nei primi mesi di balneazione tale valore viene spesso superato. Il parametro in questione viene utilizzato come indicatore della proliferazione algale. Il valore limite è stato posto a 120% per cautelarsi dalla possibile presenza di alghe tossiche nel fitoplancton. Nel rispetto delle normative vigenti, D.P.R. 470/1982, L. 322/1985 e L. 271/1988 ed operando un opportuno piano di sorveglianza algale per accertare che le concentrazioni delle alghe potenzialmente tossiche sia nei limiti accettabili è possibile chiedere (con un provvedimento regionale) al Ministero della Sanità la possibilità di derogare da tale parametro. Il consenso di derogare da tale parametro viene sancito con un Decreto Legge.

Per quanto riguarda il lago di Garda la sorveglianza algale iniziata nel 1987 ha sempre consentito di ottenere la deroga al parametro ossigeno

Figura 11.4.1 Il Lago di Garda e le principali vie di comunicazione



11.4.2 Gli indicatori utilizzati

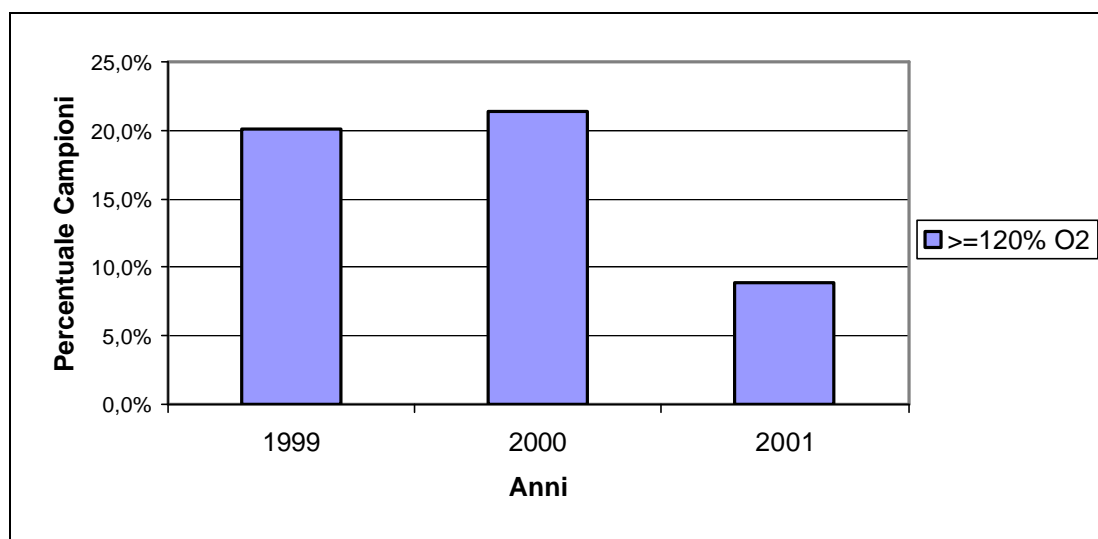
Nome indicatore	DPSIR	Obiettivo	Disponibilità dati	Situazione attuale
Ossigeno disciolto	S	I livelli di ossigeno disciolto rappresentano motivo di preoccupazione?	😊	😊
Coliformi totali e fecali	S	E' variato il numero di analisi sfavorevoli a causa dei coliformi totali e fecali?	😊	😊
Streptococchi fecali	S	E' variato il numero di analisi sfavorevoli a causa degli streptococchi fecali?	😊	😊
Indice di eventi sfavorevoli	I	Qual è l'andamento della qualità delle acque di balneazione?	😞	😞
Batteri vitali non coltivabili	R	Può essere utilizzato come un indice di carico antropico?	😞	😞

Acque di balneazione**Ossigeno disciolto**

Il parametro ossigeno disciolto è stato scelto ed incluso tra i parametri indicatori di qualità delle acque di balneazione (DPR 470/82 e succ. mod. ed int.). L'ossigeno è un prodotto della fotosintesi delle alghe (fitoplancton) presenti nell'acqua: un aumento di ossigeno disciolto può, quindi, essere una conseguenza di un aumento della concentrazione algale nella zona fotica. Dato che tra le alghe del fitoplancton ci possono essere dei ceppi tossici, ad un aumento di concentrazione algale corrisponde un aumento potenziale del rischio sanitario relativo all'impiego delle acque del lago per la balneazione. Pertanto, in via cautelativa, sono stati posti dei limiti di concentrazione di ossigeno disciolto. A quanto disciplinato dal DPR 470/82 è possibile derogare realizzando un piano di sorveglianza algale, atto a dimostrare che la eventuale presenza di alghe tossiche non rappresenta un rischio sanitario dati i bassi livelli di concentrazione.

La tendenza dei livelli di ossigeno disciolto durante le stagioni balneari prese in considerazione (1999, 2000, 2001) è riportata nel grafico di Figura 11.4.2. Il numero (in percentuale) di campioni aventi ossigeno disciolto superiore o uguale al 120% (limite previsto dal DPR 470/82) è in netto calo. Questo è dovuto, molto probabilmente, ad oscillazioni stagionali determinate da una diminuita produzione del lago, durante la stagione balneare, legata più ad eventi climatici che ad una variazione dello stato trofico del lago. Comunque sia, anche grazie alla deroga arrivata tempestivamente, una sola analisi routinaria nel 2001 è risultata sfavorevole per l'elevata concentrazione di ossigeno.

Figura 11.4.2 Variazione negli anni della percentuale di campioni di acqua del lago con valori di Ossigeno disciolto superiore al valore limite del 120%. (Fonte: Dipartimento provinciale ARPAV di Verona)



Acque di balneazione**Coliformi totali e fecali**

I livelli di concentrazione dei coliformi totali e fecali sono importanti perché rappresentano un indice di contaminazione (di origine fecale) recente da carichi antropici provenienti da insediamenti urbani a da impianti di collettamento in avaria.

L'andamento delle analisi sfavorevoli per superamento dei limiti, previsti dal DPR 470/82, relativi ai coliformi totali e ai fecali merita una particolare considerazione. Come risulta nei grafici di figura 11.4.3 e 11.4.4, dal 1999 al 2001 il numero (in percentuale) dei campioni sfavorevoli legati a questi parametri è in netto aumento. Inoltre si nota che sono in aumento i campioni sfavorevoli con un superamento delle 10000 ufc per i coliformi totali e delle 1000 ufc dei coliformi fecali. Questo conferma che attualmente sul Garda avvengono ancora immissioni di liquami improvvise e massicce dovute probabilmente a rotture di tubazioni, tracimazioni in seguito a forti piogge etc., e che il 2001 è stato decisamente l'anno peggiore. A causa di ciò la stagione 2002 inizierà, in applicazione quanto disposto dall'art. 7 del DPR 470/82 (successivamente modificato dall'art. 18 della L. 422/2000) con 2 spiagge (loc. S. Benedetto e loc. Pioppi) chiuse per 6 mesi a causa del superamento del limite di 1/3 di analisi ruotinare sfavorevoli eseguite nel 2001, proprio a causa dei coliformi totali e fecali.

Figura 11.4.3 Andamento negli anni della percentuale di campioni di acqua del lago sfavorevoli per i valori di Coliformi totali. (Fonte: Dipartimento provinciale ARPAV di Verona)

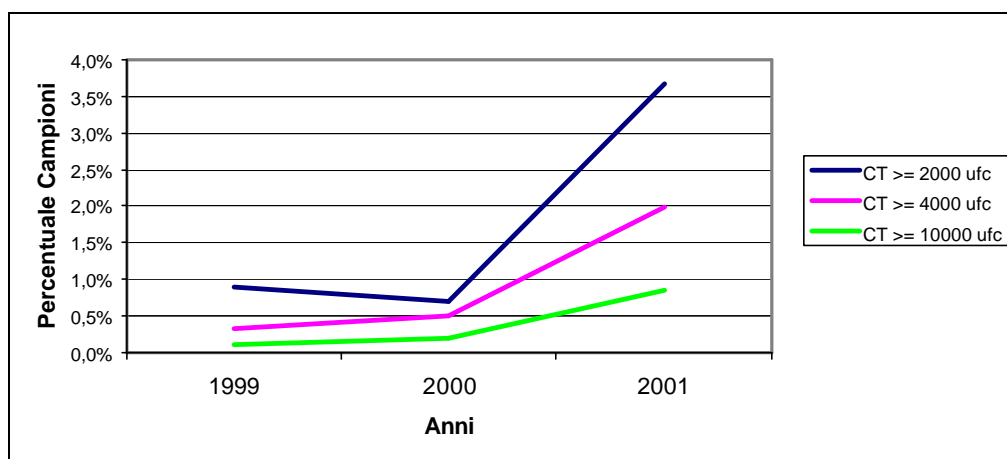
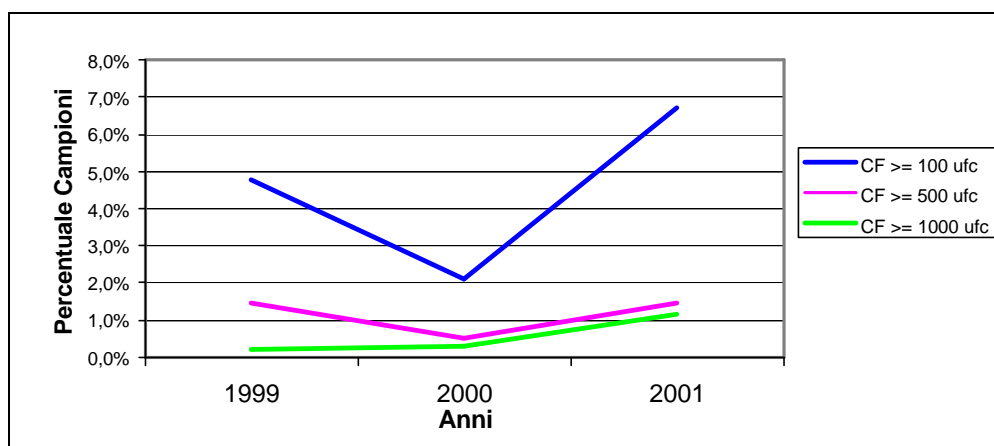


Figura 11.4.4 Andamento negli anni della percentuale di campioni di acqua del lago sfavorevoli per i valori di Coliformi fecali. (Fonte: Dipartimento provinciale ARPAV di Verona)

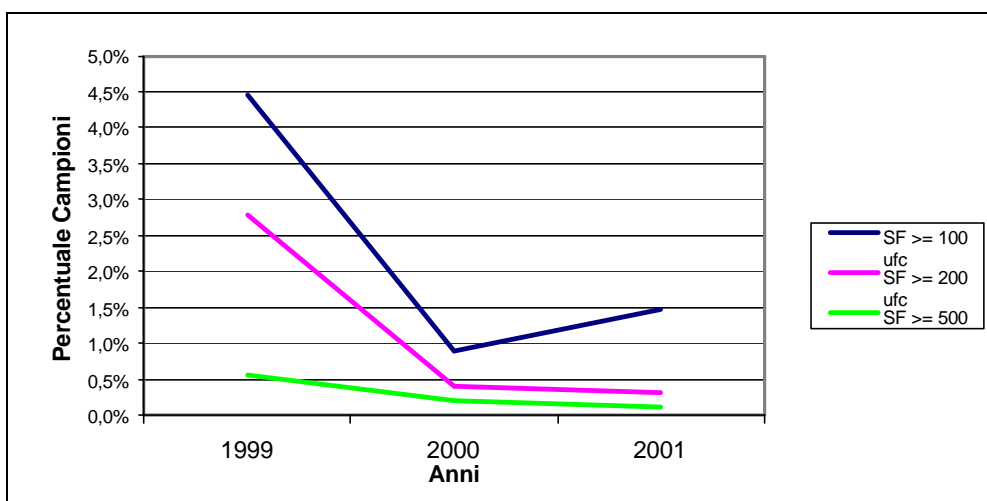


Acque di balneazione

Streptococchi fecali

Negli ultimi anni si nota una diminuzione dei superamenti dei limiti previsti dal DPR 470/82 per il parametro concentrazione di streptococchi fecali (grafico di figura 11.4.5). L'andamento è in netta diminuzione dal 1999 al 2000 per poi leggermente rialzarsi nel 2001. Questo probabilmente è dovuto alla presenza nel gruppo degli streptococchi fecali, rinvenuti nel lago, di specie che sono biochimicamente simili a questi ma più prettamente ambientali come per esempio lo *Streptococcus casseliflavus*. Tale germe, rinvenuto anche durante un'indagine approfondita svolta nel 1997 dall'allora PMP dell'ULSS 20 di Verona, vive in stretta correlazione con la vegetazione presente. Quindi, se la popolazione di streptococchi fecali è rappresentata in buona percentuale da ceppi di questo tipo, ci si può aspettare che ad una bassa produzione di macrofite ed alghe corrisponda un diminuito numero di analisi sfavorevoli per streptococchi fecali. Così è stato, almeno per quanto riguarda le ultime tre stagioni balneari. Tutto ciò sarà oggetto di nuove indagini future.

Figura 11.4.5 Andamento negli anni della percentuale di campioni di acqua del lago, risultati sfavorevoli per i valori di Streptococchi fecali. (Fonte: Dipartimento provinciale ARPAV di Verona)



Acque di balneazione	Indice di eventi sfavorevoli
----------------------	------------------------------

Per ottenere un quadro completo dei risultati dei rilevamenti effettuati negli ultimi tre anni si è pensato di elaborare un indice che potesse riassumere in maniera semplice tutti i parametri determinati durante le campagne di campionamento per poterli poi confrontare direttamente su un'unica mappa tematica. L'indice è stato chiamato indice di eventi sfavorevoli ed è stato elaborato sulla base dei risultati analitici degli ultimi 3 anni: non è applicabile ad altri laghi e non è utilizzabile per comparazioni con eventi accaduti al di fuori degli anni 1999, 2000 e 2001.

Per ogni punto di campionamento, per ogni parametro determinato e riportato nella tabella 11.4.2, è stato calcolato l'indice di eventi sfavorevoli come somma dei punteggi ottenuti per ciascun parametro

Tabella 11.4.2 Punteggi da assegnare ai diversi parametri per la valutazione dell'indice degli eventi sfavorevoli

Parametro	Intervallo 1		Intervallo 2		Intervallo 3		Intervallo 4	
	estremo	punteggio	estremo	punteggio	estremo	punteggio	estremo	punteggio
Coliformi Totali (ufc/100 ml)	>2000	1	>4000	2	>10000	3		
Coliformi Fecali (ufc/100 ml)	>100	1	>500	2	>5000	3	>10000	4
Streptococchi Fecali (ufc/100 ml)	>100	1	>200	2	>500			
Salmonelle (ufc/100 ml)	>0	1						
pH	<6	1	>9	1				
Ossigeno Disc. % sat. (senza deroga)	>120%	1						
Ossigeno Disc. % sat. (con deroga)	>170%	1						

Dalle mappe tematiche dell'indice di eventi sfavorevoli appare chiaro che il sistema di collettamento per i trasferimenti dei carichi antropici a valle del lago di Garda non sempre è sufficiente a prevenire l'inquinamento delle acque del bacino. Infatti vi sono zone che troppo spesso, a causa di elevati carichi organici, vengono interdette alla balneazione. Le possibili provenienze di tali reflui inquinanti possono essere: immissioni dovute a cattivo funzionamento o a rotture degli impianti di collettamento; immissioni, accidentali e non, attraverso gli affluenti di carichi non collettati dal bacino imbrifero; immissioni (illegali o accidentali) attraverso i sistemi di raccolta delle acque piovane di reflui.

Se si confrontano le mappe tematiche dei tre anni in questione, 1999, 2000 e 2001, si nota che sono principalmente due le zone del lago più colpite da eventi sfavorevoli: la zona tra il paese di Lazise e Castelnuovo del Garda (punti 281 Taoli – 283 Sentieri Bottona– 412 i Ronchi) e la zona in prossimità del paese di Peschiera (punti 295 – i Pioppi, 403 – loc. Palazzo S. Benedetto, 404 – loc. Maraschina). La prima zona ha come fonti di immissione di carichi organici i due affluenti (Torrente Bosca ed il Rio Dugale), e occasionalmente i pluviali dei campeggi quando si hanno tracimazioni in occasione di forti precipitazioni, a causa di occlusioni o rotture delle condotte interne delle acque scure. Oltretutto in parecchie occasioni, soprattutto durante la stagione estiva del 2001, si sono rinvenute chiazze di residui organici nel porto vecchio di Lazise, di discrete dimensioni e di origine ignota.

La seconda zona ha come possibili fonti di inquinamento le eventuali perdite dalle condotte e dalla stazione di pompaggio del sistema di collettamento. Si sono avute infatti in zona frequenti rotture (loc. Maraschina) di una certa gravità, oltre che lavori di "manutenzione" svolti nella primavera del 2001 sulle condotte in zona Pioppi che con ogni probabilità hanno avuto come effetto collaterale sversamenti a Lago.

Per individuare le potenziali fonti di inquinamento sono state vagliate anche altre ipotesi come: carichi provenienti da affluenti; rotture del sistema fognario del paese di Peschiera del Garda e conseguente sversamento dei reflui nel lago; immissioni di acque scure nel sistema delle condotte pluviali. Le indagini svolte sino ad ora dalle autorità competenti non hanno portato a nessuna conclusione.

Figura 11.4.6 Applicazione dell'indice degli eventi sfavorevoli ai risultati dei controlli alla balneazione effettuati sul Lago di Garda negli anni 1999, 2000 e 2001 (Fonte: Dipartimento Provinciale ARPAV di Verona)

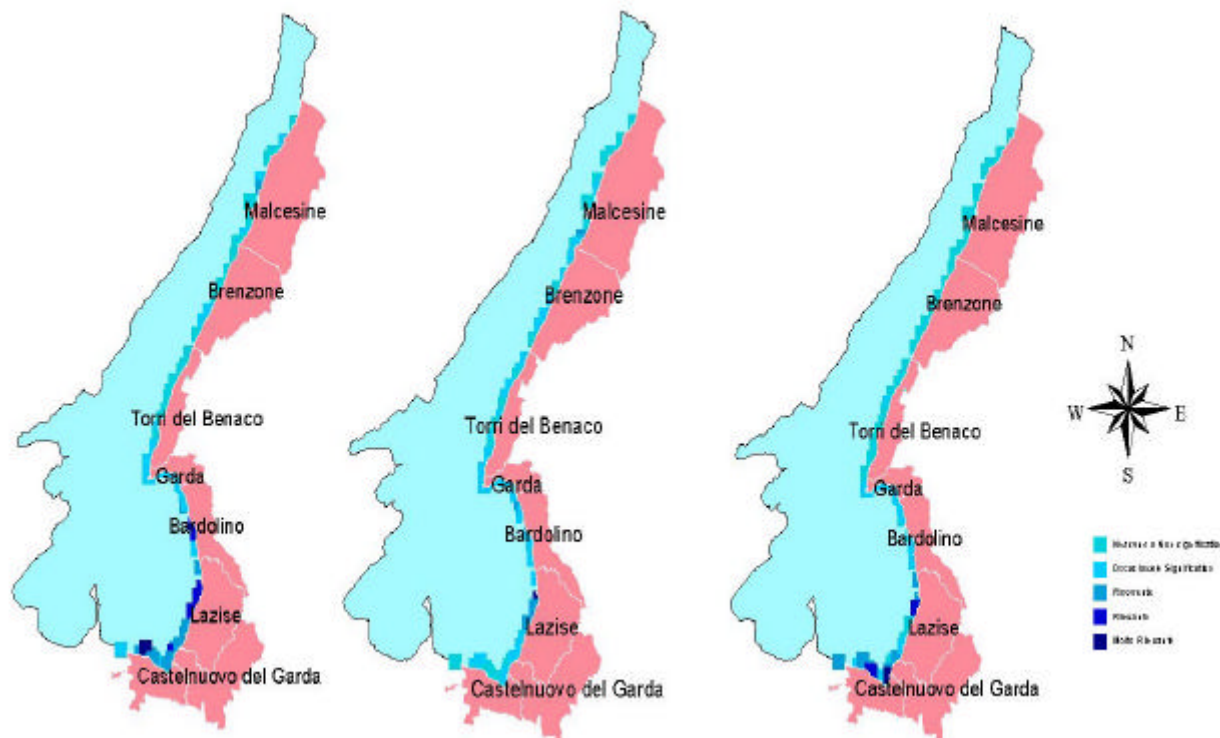


Tabella 11.4.3 Alcuni esempi di valori elevati di inquinamento microbiologico riscontrati nel 2001, nelle acque del Lago di Garda. (Fonte: Dipartimento Provinciale ARPAV di Verona).

Punto	Data	Coliformi Totali (ufc/100 ml)	Coliformi Fecali (ufc/100 ml)	Streptococchi Fecali (ufc/100 ml)
295	18/08/2001	22000	1500	
295	25/05/2001	38000	2300	
295	01/06/2001	9700	1200	
402	18/04/2001	60000	6000	600
402	25/05/2001	39000	2500	150
402	31/05/2001	160000	3500	
403	24/08/2001	11000	2350	155

Questa serie di eventi sfavorevoli hanno portato la Regione Veneto, in virtù del DPR 470/82 e successive modificazioni ed integrazioni, a dichiarare le zone relative ai punti di campionamento 295 e 403 non balneabili per tutto il periodo di balneazione anno 2002 a causa del numero di campioni routinari non conformi superiore ad 1/3 di quelli esaminati.

Oltre al peggioramento della qualità delle acque di balneazione del Garda le immissioni di carichi organici, provenienti dal bacino imbrifero, rappresentano anche la principale causa della tendenza al peggioramento dello stato trofico delle acque del Lago nella sua complessità. Questa tendenza al peggioramento è emersa dai risultati delle indagini limnologiche effettuate, dal 1992 ad oggi, dal Dipartimento ARPAV di Verona con la collaborazione del Dipartimento di Biologia dell'Università di Padova.

Acque di balneazione**Batteri vitali non coltivabili**

L'acqua rappresenta una via molto efficiente di trasmissione di malattie infettive, primariamente, ma non solo, a carico del tratto gastro-intestinale. I parametri principali di valutazione della qualità microbiologica delle acque destinate alla balneazione o alla coltivazione di frutti di mare sono rappresentati dagli indicatori di inquinamento fecale e, ove necessario, dalla ricerca di specifici patogeni. Negli ultimi anni i saggi tradizionali utilizzati per il controllo microbiologico delle acque sono stati oggetto di critiche molto severe mosse da più parti per la loro presunta inadeguatezza alla tutela della salute dell'uomo. Una critica deriva dalla dimostrazione che gli organismi dello zoo- e del fito-plancton presentano una cospicua popolazione microbica adesa e possono fungere da serbatoio di batteri patogeni. Un'altra critica che viene mossa ai metodi microbiologici tradizionali deriva dalla recente dimostrazione dell'esistenza dello "stato vitale ma non coltivabile (VBNC)", una strategia sviluppata dai batteri eutrofi per sopravvivere in condizioni non favorevoli. Batteri in questo stato, perdono la capacità di formare colonie sui convenzionali terreni di coltura ma mantengono la propria vitalità e la capacità di ricrescere in opportune condizioni.

Un altro aspetto interessante di questo fenomeno è la dimostrazione che le cellule VBNC, almeno di alcune specie, mantengono le caratteristiche di virulenza. Di conseguenza è probabile che nell'ambiente naturale le forme VBNC siano predominanti e costituiscano, non essendo rilevabili con i metodi colturali in uso, una seria minaccia alla salute pubblica. Sulla base di questi risultati è evidente che le misure per il controllo dell'acqua non possono basarsi solo sui metodi tradizionali ma debbano considerare nuovi approcci analitici per meglio proteggere la salute dell'uomo. E' in corso uno studio, in collaborazione con il Dipartimento di Patologia- Sezione di Microbiologia dell'Università di Verona, della durata di 18 mesi per valutare il ruolo del plancton come serbatoio di batteri indicatori di inquinamento fecale e di patogeni responsabili di malattie a trasmissione idrica, attraverso il confronto dei batteri coltivabili presenti in campioni di acqua e plancton raccolti nel lago di Garda.

Inoltre per valutare l'importanza delle forme VBNC nelle nostre acque, verranno sviluppati metodi molecolari (PCR-quantitativa, RT-PCR, RT-PCR-competitiva) per il loro rilevamento sia in forma libera che adesa al plancton.

Per il raggiungimento di questi obiettivi, nel 2001, sono stati fatti i primi campionamenti pilota per consentire di elaborare un programma adeguato per l'attività del 2002.

Nel 2002, quindi, si procederà con scadenza mensile alla raccolta a strascico di campioni di plancton utilizzando un retino con maglie da 100 mm e di campioni di acqua in siti del lago ritenuti potenzialmente contaminati a seguito di attività antropiche.

I primi risultati del 2001 si riferiscono a campionamenti mensili svolti da maggio ad ottobre (6 mesi) nella zona di Lazise.

Per ogni campionamento sono stati prelevati 15 litri di acqua (0.5 m integrati) per la ricerca dei batteri liberi ed è stata effettuata una raccolta di zooplancton, per analizzarne i batteri adesi al carapace, con retino a strascico ad una profondità media di 50 cm, filtrando 70 m³ d'acqua.

La raccolta dei 15 litri di acqua viene effettuata nel punto 001, la filtrazione a strascico viene eseguita seguendo la rotta riportata in figura 11.4.7.

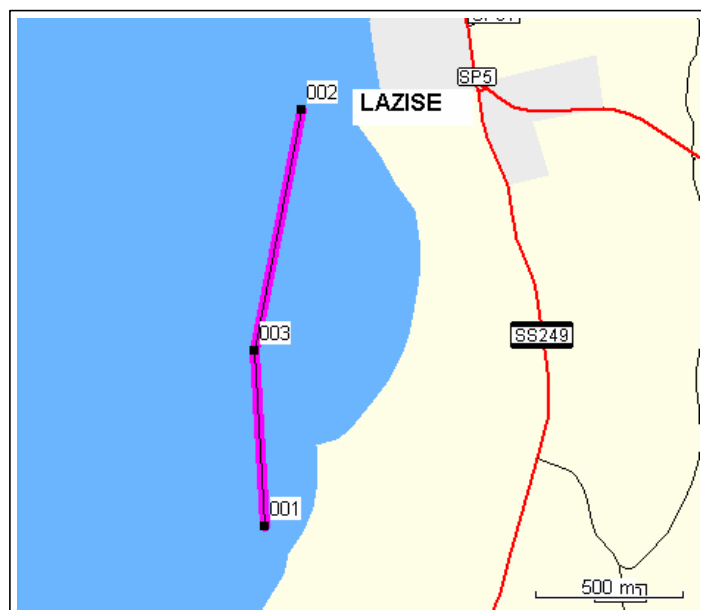
Tabella 11.4.4 Coordinate geografiche dei tre punti caratterizzanti la rotta per la filtrazione a strascico

Punto	Coordinate Geog. WGS 84	
001	N45 29 25.9	E10 43 34.5
002	N45 30 12.3	E10 43 40.2
003	N45 29 45.5	E10 43 32.8

Ai campioni raccolti sono applicate le tecniche di indagine microbiologica classica (con i terreni di coltura) e i metodi di amplificazione degli acidi nucleici (PCR). Questa ultima tecnica permette di accertare la presenza dei batteri in stato VBNC.

Sono stati ricercati *S. aureus*, Salmonelle, Shigelle, *Vibrio*, *Campylobacter*, *Pseudomonas* e gli indicatori di inquinamento fecale *E. coli* ed enterococchi. Inoltre nei campioni di acqua e di plancton è stata anche effettuata la ricerca di *E. coli* e di *Enterococcus faecalis* applicando tecniche di biologia molecolare quale la PCR utilizzando primer per il riconoscimento di specifici geni quali *pbp5* per *E. faecalis* e uid per *E. coli*.

Figura 11.4.7 Rotta seguita dal battello per il prelievo e per la filtrazione a strascico nell'analisi dei VBNC



L'andamento dei livelli di zooplancton mostra, come atteso, un aumento graduale nel periodo della primavera-estate ed un picco nel settembre: da 800 organismi/m³ si è arrivati a 5000/m³.

Per quanto concerne la flora batterica coltivabile adesa allo zooplancton, non si osserva alcuna correlazione fra concentrazione di batteri gram positivi (stafilococchi ed enterococchi) ed aumento del numero di elementi zooplanctonici. mentre, si è stabilita una precisa e diretta correlazione per quanto riguarda la concentrazione di batteri gram negativi isolati (*E. coli*, *Aeromonas*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Pseudomonas*). Per quanto concerne i batteri liberi nell'acqua (cioè quelli non adesi al plancton) i loro valori variano in modo discontinuo nel tempo dell'indagine.

Interessanti risultati si sono ottenuti con la ricerca di specifiche sequenze di *E. faecalis* e di *E. coli* dai campioni di acqua e di plancton. Molti dei campioni che hanno fornito esito negativo alla ricerca col metodo colturale dei due indicatori di inquinamento fecale, si sono dimostrati positivi applicando la ricerca col metodo PCR. In particolare si tratta di campioni prelevati nei mesi maggio, luglio, ottobre.

In conclusione si può affermare che la discrepanza tra i risultati ottenuti con gli esami colturali classici e con i metodi PCR è tutt'altro che trascurabile e che l'ipotesi della presenza dei VBNC è un dato su cui bisogna ulteriormente indagare. Interessante è il fatto che i potenziali VBNC, rilevati con tecnica PCR, sono stati rinvenuti sia liberi nell'acqua che adesi allo zooplancton. Essi appartengono sia a specie Gram positive che Gram negative.

Nel 2002 si proseguiranno le indagini mirate ad accertare se lo zooplancton può rappresentare per l'ambiente lacustre un serbatoio di batteri (cosa che avviene in ambiente marino) e se lo stato VBNC di alcune specie batteriche possa rappresentare un potenziale rischio sanitario per i bagnanti.

11.5 La qualità delle acque del Lago di Garda

11.5.1 Introduzione

La qualità delle acque di un lago è intimamente connessa con il livello di stato trofico del lago stesso. Lo stato trofico è un indice legato alla "produttività", cioè legato alla massa di sostanza organica (biomassa) sintetizzata dagli organismi presenti nel lago (fitoplancton) in una unità di volume e di tempo. Si intuisce facilmente che più nutrienti sono disponibili nell'acqua più è produttivo un lago. Infatti la presenza di grandi quantità di nutrienti rende disponibile agli organismi grandi quantità di materiale per accrescersi e riprodursi. Il processo di peggioramento della qualità delle acque in seguito ad una eccessiva produttività è detto eutrofizzazione ed avviene quando vi sono immissioni eccessive dal bacino imbrifero di nutrienti (soprattutto nitrati e fosfati quasi sempre di origine antropica). Un sistema per classificare i laghi è stato proposto dall'OECD (Organisation for Economic Co-Operation and Development - 1982 Eutrophication of waters. Monitoring, assessment and control), ed è riportato nella tabella 11.5.2

Per avere una valutazione completa dello stato delle acque si deve tener conto, oltre che della concentrazione di fosforo, anche di altri importanti parametri quali trasparenza, ossigeno disciolto (ipolimnico), azoto, clorofilla α e biomassa algale.

I laghi subalpini in origine erano laghi oligotrofi. In concomitanza allo sviluppo economico iniziato negli anni '50 – '60 le condizioni di questi bacini hanno subito un rapido processo di eutrofizzazione. In particolare questo evento ha portato il lago di Garda ad una situazione di oligo-mesotrofia. Per arrestare questo processo di "peggioramento" è stato costruito un impianto di convogliamento ed adduzione dei reflui urbani. Presto si è capito che questo impianto sofisticato ma fragile ha risolto solo in parte il problema (le immissioni nel lago, in maniera più o meno consistente, persistono) e che, alla prova degli studi scientifici svolti dall'ARPAV in collaborazione con il Dipartimento di Biologia dell'Università di Padova, il viaggio del bacino verso l'eutrofia è stato solo di poco rallentato. L'eutrofizzazione, come è noto, provoca un peggioramento della qualità delle acque con il manifestarsi di noti fenomeni quali: aumento della biomassa fitoplanctonica, cambiamenti nella struttura e nella composizione delle comunità planctoniche (in particolare aumento della presenza di cianobatteri, spesso rappresentati da ceppi tossici), eccessivo consumo di ossigeno ipolimnetico con conseguente possibile sviluppo di composti tossici. La buona qualità delle acque del Garda per l'impiego ai fini potabili o ricreativi è a rischio, anche se non nell'immediato, grazie all'enorme inerzia nel manifestare i cambiamenti tipica dei laghi sudalpini profondi.

Apporti di nutrienti (N, P) derivanti dai carichi antropici gravanti sul bacino imbrifero (soprattutto negli ultimi 50 anni) hanno causato un peggioramento dello stato trofico del lago portandolo da una situazione di oligotrofia (situazione originale del bacino) verso la mesotrofia. Infatti con i dati in nostro possesso attualmente il Garda è classificabile come un lago oligo-mesotrofico. A tutt'oggi la tendenza al peggioramento, seppur lenta, è confermata

Tabella 11.5.1 I livelli di concentrazione di fosforo per la valutazione dello stato trofico (Fonte: OCSE)

Stato di riferimento	Concentrazioni medie annuali di Fosforo (mg/m^3)
ultraoligotrofia	<4
oligotrofia	<10
mesotrofia	10-35
eutrofia	35-100
ipertrofia	>100

Nelle sezioni che seguiranno spesso si farà riferimento ad un bacino Est ed ad un bacino Ovest. Il lago di Garda infatti "funzionalmente" può essere suddiviso in due parti principali: bacino occidentale o Ovest, il più esteso (oltre il 93%) con profondità massima di 350 m (in corrispondenza di Brenzone) ed il bacino orientale o Est con profondità massima di 70 m (in corrispondenza di Bardolino). Il motivo di questa suddivisione risiede nel fatto che esiste una faglia sommersa tra Sirmione e Punta S. Vigilio che di fatto costituisce una sorta di sbarramento naturale che impedisce l'omogeneizzazione tra le acque delle due zone. Questa specie di "montagna sommersa" ha come culmine la "Secca di Garda" (profondità 3-6 m), dove vi è stato collocato un palo di segnalazione: "il Pal del Vo".

Figura 11.5.1 I due bacini caratterizzanti il lago di Garda posti alla destra ed alla sinistra della linea che congiunge Punta San Vigilio e Sirmione



11.5.2 Gli indicatori utilizzati

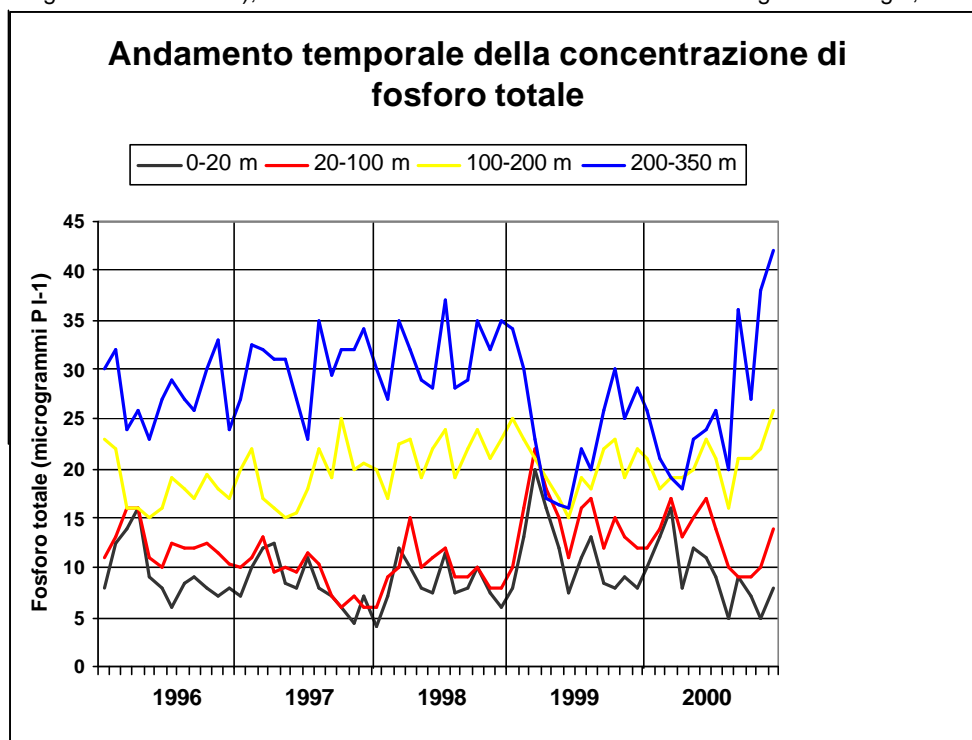
Nome indicatore	DPSI R	Obiettivo	Disponibilità dati	Situazione attuale
Fosforo	S	Qual è lo stato trofico del lago in base ai valori di concentrazione del fosforo totale?	😊	😐
Biovolume e clorofilla A	S	Qual è lo stato trofico del lago in base ai valori di biomassa?	😊	😐
Trasparenza	S	Qual è lo stato trofico del lago in base ai valori di trasparenza?	😊	😐
Andamento nel tempo dello stato di qualità	I	Qual è l'andamento nel tempo dello stato di qualità del Lago?	😊	😐

Lo stato trofico del lago di Garda**Fosforo**

Il fosforo è uno dei nutrienti principali necessari per la vita del fitoplancton. In prima analisi si può dire che, ad una elevata disponibilità di fosforo, corrisponde una elevata proliferazione algale con un conseguente peggioramento della qualità delle acque del lago. In realtà, oltre all'aumento della biomassa fitoplanctonica, si possono osservare altri effetti negativi quali: il cambiamento della struttura e composizione delle comunità vegetali ed animali, il consumo dell'ossigeno ipolimnetico con possibilità di produzione di composti tossici, ecc.. Per questi motivi, i livelli e l'andamento delle concentrazioni di fosforo totale, sono fondamentali per avere una indicazione sullo stato trofico e sulla qualità delle acque del bacino. Il fosforo da solo non è la causa scatenante di fioriture algali, è necessaria la presenza anche di altri nutrienti (come l'azoto ecc..) e che vi siano le condizioni ambientali tali da permetterlo. Per esempio concentrazioni di 10 mg/m^3 di fosforo e 30 mg/m^3 di azoto creano condizioni idonee per le fioriture algali. Le indagini limnologiche sul lago di Garda vengono svolte con campionamenti mensili su 4 stazioni. I punti di campionamento sono stati scelti opportunamente in base alle caratteristiche del lago stesso.

Una caratteristica del lago di Garda importante è l'oligomissi, cioè le acque del bacino solo in determinate situazioni eccezionali (inverni piuttosto rigidi) sono soggette a rimescolamenti verticali completi. Questo influenza la ridistribuzione dei nutrienti nei vari strati d'acqua. Tra il 1991 ed il 2001 il lago di Garda è stato caratterizzato da fenomeni di circolazione completa solo 3 volte: nel 1991, nel 1999, e nel 2000. Durante gli anni di circolazione incompleta si è visto che il rimescolamento delle acque non ha interessato lo strato d'acqua profondo ($>200 \text{ m}$). Negli anni del rimescolamento incompleto la concentrazione di fosforo totale nelle acque profonde (280-350 m) è stata di $25 - 35 \text{ } \mu\text{g/l}$. Le concentrazioni negli strati superficiali, data la non completa circolazione delle acque è rimasta bassa ($\leq 15 \text{ } \mu\text{g/l}$). Nell'occasione delle complete circolazioni (anni 1999 e 2000) i livelli di fosforo totale degli strati superficiali (0-20 m) hanno raggiunto i loro massimi storici con valori fino a $20 \text{ } \mu\text{g/l}$. Questo testimonia il fatto che il fosforo, introdotto negli anni passati dai carichi antropici, è solo apparentemente "confinato" negli strati ipolimnetici (cosa che si pensava in passato); ma che in realtà basta un evento stagionale, come un inverno particolarmente rigido, per aumentare le concentrazioni di fosforo nella zona fotica delle acque del lago con conseguente aumento della produzione algale (peggioramento delle qualità delle acque).

Figura 11.5.2 - Concentrazione di fosforo totale in differenti strati nel punto di massima profondità dal 1996 al 2000 in località Brenzone: media dei valori ponderati sui volumi del bacino occidentale. (Fonte: Salmaso N. (Università degli Studi di Padova), Decet F. (ARPAV DAP Belluno), Franzini G. (ARPAV DAP Verona), Cordella P. (Università degli Studi di Padova); 2001 – AIOL – Associazione Italiana Oceanologia Limnologia, 14:109-123)



Lo stato trofico del lago di Garda

Biovolume e clorofilla A

Un fenomeno tipico dell'eutrofizzazione è l'aumento della biomassa fitoplanctonica: ad un aumento della biomassa corrisponde anche un cambiamento in composizione delle comunità planctoniche ed in particolare aumenta la presenza di cianobatteri, tra i quali spesso si trovano ceppi tossici.

La produzione primaria (tra cui la biomassa algale) di una lago subalpino profondo come il Garda, è strettamente correlata alle concentrazioni di fosforo che ne rappresenta il principale fattore limitante. Il rifornimento di fosforo negli strati eufotici (zona dove arriva luce a sufficienza per la fotosintesi) avviene attraverso le immissioni dal bacino imbrifero (ciò che sfugge dagli impianti di raccolta reflui, dilavamento del bacino imbrifero, affluenti ecc..) e dai processi di riciclo dovuti al mescolamento tardo-invernale e primaverile di acque superficiali, impoverite di fosforo dal consumo estivo ed autunnale, con acque profonde ricche di nutrienti. Il massimo rifornimento di fosforo si ha in condizioni di massimo rimescolamento.

La clorofilla a è uno dei parametri (macrodescrittori) utilizzato per determinare lo stato trofico e la situazione di produttività di un lago, ovvero la sua produzione primaria. La concentrazione di clorofilla α è legata alla quantità di pigmento fotosintetico ed è, quindi, indice della biomassa algale presente in superficie e lungo la colonna d'acqua.

Il biovolume è un indice che esprime la biomassa algale ed è direttamente rappresentativo della effettiva popolazione fitoplanctonica presente.

Grazie alle campagne di indagini svolte tra il 1991 e il 2001, si è visto che ad un aumento dei livelli di fosforo nell'acqua, dovuto ai fenomeni di rimescolamento completo (anni 1991, 1999 e 2000) corrisponde un aumento dei valori di clorofilla a ed una conseguente diminuzione della trasparenza nei periodi primaverili. Durante i periodi di rimescolamento completo si evidenzia la tendenza dello stato trofico del Garda verso la mesotrofia. Basti pensare che i valori medi e massimi di clorofilla a riscontrati tra il 1994 e il 1995, periodi caratterizzati da rimescolamento incompleto, sono stati rispettivamente di 3.1 e 6.0 $\mu\text{g/l}$ contro i 4.6 e 9.4 $\mu\text{g/l}$ corrispondenti agli anni 1999-2000, caratterizzati da rimescolamento completo delle acque,.

Il rifornimento di nutrienti apportato dagli eventi di completa circolazione, oltre che ad accrescere le comunità fitoplanctoniche, ha avuto anche un altro importante effetto: sono variate le proporzioni tra i diversi taxa. Come esempio si riporta in Figura 11.5.4 ciò che è accaduto per le cianoficee tra le quali vi sono spesso taxa tossici responsabili di un deciso peggioramento della qualità delle acque. Si nota infatti che, in corrispondenza agli anni 1999 e 2000, le specie appartenenti alle cianoficee si sono sviluppate con maggior consistenza rispetto all'incremento totale dell'intero biovolume. Questo significa che le nuove comunità fitoplanctoniche si sono arricchite proprio di quelle specie "indesiderate".

Figura 11.5.3 Andamento dei valori di clorofilla a massima e media annuali (valori previsti dall'O.E.C.D. per la valutazione di Stato trofico) dal 1991 al 2000. Sui grafici sono anche riportati i valori di riferimento dell'O.C.S.E. per la determinazione dello stato trofico (m: mesotrofia; o: oligotrofia; u: ultraoligotrofia). (Fonte: Salmasso N. (Università degli Studi di Padova), Decet F. (ARPAV Dipartimento Provinciale di Belluno), Franzini G. (ARPAV Dipartimento Provinciale di Verona), Cordella P. (Università degli Studi di Padova); 2001 – AIOL – Associazione Italiana Oceanologia Limnologia, 14:109-123)

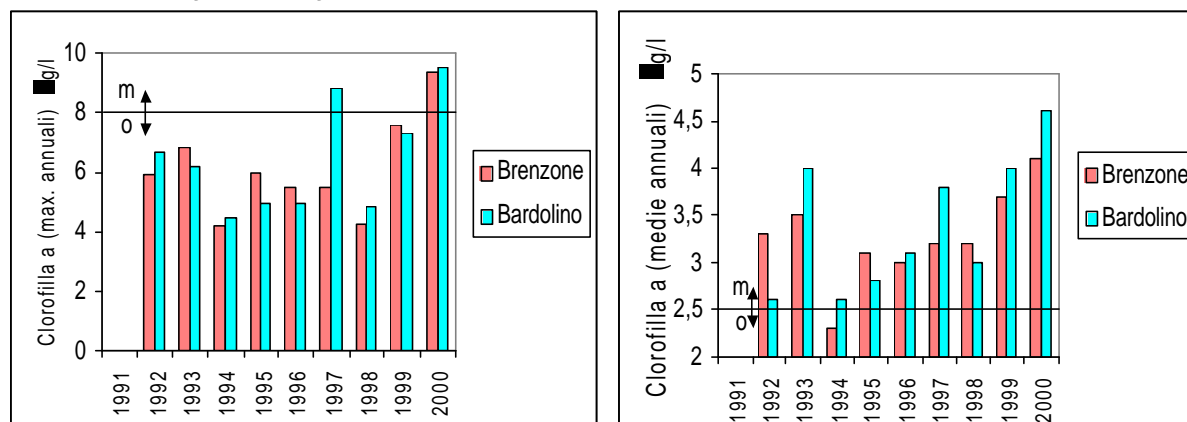
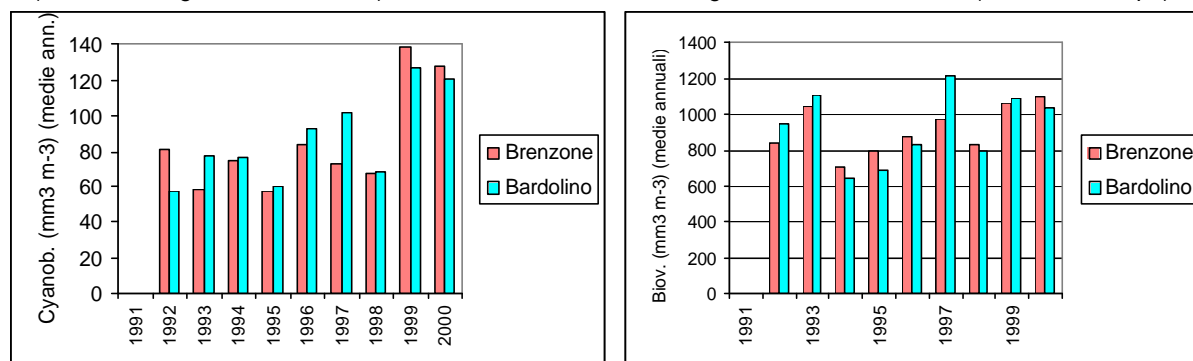


Figura 11.5.4 Andamento dei valori di biovolume medio annuo Totale e di cianoficee dal 1991 al 2000. (Fonte: Salmasso N. (Università degli Studi di Padova), Franzini G. (ARPAV Dipartimento Provinciale di Verona) & Cordella P. (Università degli Studi di Padova); 12 – 14 Settembre 2001 Congresso SITE – Sabaudia (in fase di stampa))



A tale proposito si riporta che fioriture di cianoficee si sono manifestate nel 1991 nella zona del bacino est, mentre inaspettate fioriture si sono manifestate a Nord del bacino Ovest nella tarda estate del 2000. Infine nell'autunno del 2001, grazie ad un periodo abbastanza lungo di condizioni meteo favorevoli, una serie di fioriture hanno interessato la parte centro-sud del bacino Ovest e tutto il bacino Est

Lo stato trofico del lago di Garda**Trasparenza**

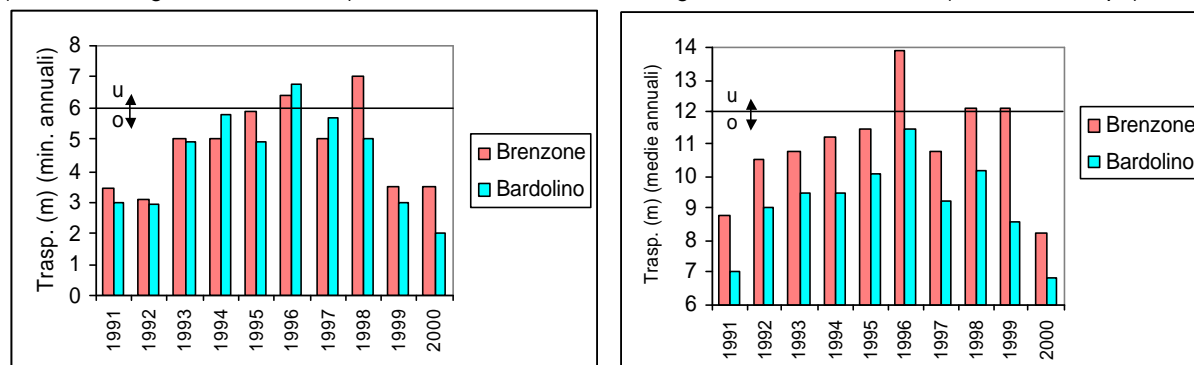
Il valore della trasparenza alla luce dell'acqua viene determinato tramite l'impiego del disco di Secchi. Si tratta di un disco bianco che viene immerso nell'acqua con l'ausilio di una corda metrica. Si cala lentamente il disco di Secchi, osservandolo con un baticospio, fino a quando non è più visibile. La profondità espressa in metri alla quale il disco di Secchi non è più visibile è detta trasparenza. In linea generale ad una elevata trasparenza corrisponde, oltre che una miglior qualità estetica, un miglior stato trofico dell'acqua del lago. Ovviamente per avere una valutazione esaustiva dello stato trofico delle acque devono essere presi in considerazione anche tutti gli altri parametri previsti dall'OECD. Il fattore che principalmente influenza la trasparenza delle acque del lago di Garda è rappresentato dal particolato in sospensione e dalla sua composizione. La componente inorganica di questo influisce poco (Salmaso & Decet 1998) mentre il maggior contributo deriva dalla biomassa pelagica presente. Alla luce di questa semplice considerazione si può dare una giusta chiave di lettura ai dati rilevati durante le campagne di indagine svolte sul lago di Garda dall'ARPAV- Dipartimento di Verona in collaborazione con l'Università di Padova dal 1991 al 2001.

Tabella 11.5.2 Valori di riferimento per la classificazione dello stato di qualità di un Lago (Fonte: OCSE 1982)

STATO TROFICO	Clorofilla a (mg m^{-3})		Trasparenza (m)		P_{tot} (mg m^{-3})
	Media annua	Max	Media annua	Min	Media annua
Ultraoligotrofia	<1	<2.5	>12	>6	<4
Oligotrofia	<2.5	<8	>6	>3	<10
Mesotrofia	2.5-8	8-25	6-3	3-1.5	10 – 35
Eutrofia	8-25	25-75	3-1.5	1.5-0.7	35 – 100
Ipereutrofia	>25	>75	<1.5	<0.7	>100

I valori medi più alti (nella zona dell'ultraoligotrofia) di trasparenza si sono avuti intorno al 1995-1996-1997. In assoluto i valori più alti relativi a questi periodi si sono avuti in corrispondenza dei mesi collocati tra la fine dell'inverno e la primavera (massimo a Brenzone aprile-1996: 27.5 m). Questi valori trovano una spiegazione nel fatto che si sono combinati due fenomeni: la riduzione della massa fitoplanctonica dovuta alla diminuzione della temperatura dell'acqua e la diluizione delle acque dovuta alla circolazione tardo primaverile dell'acqua. I valori di trasparenza minimi assoluti sono stati registrati nei periodi conseguenti ai fenomeni di circolazione completa delle acque negli anni 1991-1992 e 1999-2000. Le basse trasparenze sono state causate dall'elevato sviluppo del fitoplancton legato al fenomeno di rifornimento di fosforo della zona fotica dovuto al rimescolamento completo delle acque.

Figura 11.5.5 Andamento dei valori di trasparenza massima e media annuali (valori previsti dall'O.E.C.D. per la valutazione di Stato trofico) dal 1991 al 2000. Sui grafici sono anche riportati i valori di riferimento dell'O.C.S.E. per la determinazione dello stato trofico (m: mesotrofia; o: oligotrofia; u: ultraoligotrofia). (Fonte: Salmaso N. (Università degli Studi di Padova), Franzini G.(ARPAV Dipartimento Provinciale di Verona) & Cordella P. (Università degli Studi di Padova); 12 – 14 Settembre 2001 Congresso SITE – Sabaudia (in fase di stampa)



Lo stato trofico del lago di Garda**Andamento nel tempo dello stato di qualità**

Se si osservano i dati riportati nelle tabelle e si confrontano con i valori di riferimento (Tabella 11.5.2) si può vedere che il lago di Garda nel periodo che va dal 1992 al 1998 (periodo di mescolamento delle acque incompleto) si classifica tra oligotrofia e la mesotrofia. Prendendo invece in considerazione gli ultimi due anni (periodi di circolazione completa) si può notare un deciso spostamento verso la mesotrofia. Anche solo dall'analisi dell'andamento dei valori minimi di trasparenza si può capire la causa di ciò. Il rimescolamento completo ha rifornito di nutrienti gli strati più alti, il che ha causato un aumento della produttività del lago e quindi un aumento della biomassa con conseguente minor trasparenza e un aumento del rischio di fioriture di alghe potenzialmente tossiche.

Queste considerazioni dimostrano quanto sia importante fermare ogni tipo di immissione di carichi antropici dal bacino imbrifero. Infatti le immissioni di nutrienti, anche se localizzate negli strati più profondi (come gli sfioratori del sistema di collettamento) comunque daranno il loro contributo negativo e porteranno il bacino verso la mesotrofia.

In conclusione si può affermare che il lago di Garda offre ancora delle acque di qualità invidiabile. Non deve essere comunque dimenticato che i tempi di ricambio completo delle acque sono molto lunghi, pari a circa 27 anni. Questo significa che anche i tempi di cambiamento delle condizioni trofiche sono di conseguenza molto elevati, ultradecennali. L'inerzia che caratterizza il Garda è tale che, se per assurdo, ad un certo punto dovessimo riscontrare livelli di alghe tossiche elevati a causa del raggiungimento di uno scadente stato trofico, pur smettendo istantaneamente di apportare nutrienti dal bacino imbrifero i miglioramenti si vedrebbero dopo decenni.

Tabella 11.5.3 Parametri significativi (OECD 1982) per la valutazione dello stato trofico del Lago di Garda (Fonte: Salmaso N. (Università degli Studi di Padova), Decet F. (ARPAV Dipartimento Provinciale di Belluno), Franzini G. (ARPAV Dipartimento Provinciale di Verona), Cordella P. (Università degli Studi di Padova); 2001 – AIOL – Associazione Italiana Oceanologia Limnologia, 14:109-123)

Bacino Ovest (Brenzone) (§)				
Anno	Disco Secchi m	Clorofilla A µg/l		P-Totale µg/l
	Minimo	Media 0-20 m	Max 0-20 m	Media 0-20 m
1991	3,4			
1992	3,1	3,3	5,8	
1993	5	3,5	7,1	
1994	5	2,3	4,2	
1995	5,9	3,1	6	10
1996	6,4	3	5,6	10
1997	5	3,2	5,6	8
1998	7	3,1	4,4	9
1999	3,5	3,7	7,7	12
2000	3,5	4,1	9,3	11
2001	4,2	3,2	5,5	10

Bacino Est (Bardolino) (§)				
Anno	Disco Secchi m	Clorofilla A µg/l		P- Totale µg/l
	Minimo	Media 0-20 m	Max 0- 20	media 0-20
1991	3			
1992	2,9	2,8	6,7	
1993	4,9	4	6,2	
1994	5,8	2,8	4,5	
1995	4,9	2,8	5,2	10
1996	6,8	3,1	5,2	10
1997	5,5	3,8	8,7	9
1998	5	3	4,9	8
1999	3	4	7,4	11
2000	2	4,6	9,4	10
2001	3	3,8	8,8	9

[Torna all'indice generale](#)