

## 3.2. Chimica lacustre

### 3.2.1. Chimismo di base

Anche nel 2005 i campionamenti nella zona di massima profondità del Lago Maggiore (bacino di Ghiffa) si sono svolti con frequenza mensile ed hanno riguardato le seguenti quote: superficie, -5, -10, -20, -30, -50, -100, -150, -200, -250, -300, -360 metri. Inoltre il 15 Marzo e il 26 Settembre si è proceduto a campionamenti (superficie, -5, -10, -20, -30, -50, -100 metri) nella stazione di Lesa ubicata nella parte meridionale del Lago Maggiore al fine di valutarne le possibili differenze con la zona settentrionale.

Nella tabella 3.2.1 sono riportati pH, conducibilità e bilancio ionico relativi al quinquennio 2001-2005 per la stazione di Ghiffa e al triennio 2003-2005 per quella di Lesa. La figura 3.2.1a mostra invece la ripartizione percentuale dei diversi ioni nel campionamento del Marzo 2005. In entrambi i casi i dati si riferiscono a valori medi ponderati sui volumi dalla superficie al fondo delle misure effettuate su campioni raccolti in Marzo, quando generalmente è massima l'estensione verticale del mescolamento tardo invernale.

Tab. 3.2.1. Bilancio ionico (meq l<sup>-1</sup>), pH e conducibilità a 20 °C (μS cm<sup>-1</sup>) alla circolazione primaverile delle acque del Lago Maggiore (valori medi ponderati sui volumi) nelle stazioni di Ghiffa e Lesa.

	GHIFFA					LESA		
	20.03.01	18.03.02	17.03.03	15.03.04	14.03.05	18.03.03	16.03.04	26.09.05
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,82	0,82	0,80	0,81	0,81	0,79	0,82	0,81
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0,59	0,61	0,58	0,60	0,61	0,55	0,61	0,59
Cl <sup>-</sup>	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
<b>Σ anioni</b>	<b>1,54</b>	<b>1,56</b>	<b>1,51</b>	<b>1,54</b>	<b>1,55</b>	<b>1,46</b>	<b>1,56</b>	<b>1,53</b>
Ca <sup>++</sup>	1,08	1,10	1,06	1,11	1,13	1,02	1,12	1,12
Mg <sup>++</sup>	0,30	0,29	0,29	0,29	0,31	0,28	0,29	0,30
Na <sup>+</sup>	0,11	0,12	0,11	0,12	0,12	0,11	0,13	0,12
K <sup>+</sup>	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
<b>Σ cationi</b>	<b>1,53</b>	<b>1,54</b>	<b>1,50</b>	<b>1,56</b>	<b>1,59</b>	<b>1,45</b>	<b>1,58</b>	<b>1,58</b>
<b>Σ ioni</b>	<b>3,07</b>	<b>3,10</b>	<b>3,01</b>	<b>3,10</b>	<b>3,14</b>	<b>2,91</b>	<b>3,14</b>	<b>3,11</b>
pH	7,41	7,34	7,39	7,30	7,38	7,57	7,49	7,49
Conducibilità	147	146	143	147	147	142	149	146

Le acque del lago si caratterizzano per la prevalenza di calcio tra i cationi e bicarbonati tra gli anioni. Queste due specie ioniche, insieme a solfati e magnesio, rappresentano più del 90% del contenuto ionico delle acque, mentre le altre contribuiscono in misura compresa tra l'1 ed il 4%. Il contenuto ionico delle acque nella stazione di Ghiffa è rimasto pressoché invariato nel quinquennio di studio: da un anno all'altro infatti si osservano variazioni minime nelle concentrazioni degli ioni principali, così come nei valori medi di pH e conducibilità. Il contenuto ionico totale si è mantenuto stabile attorno a 3,10 meq l<sup>-1</sup>, il pH tra 7,30 e 7,40 e la conducibilità attorno a 145 μS cm<sup>-1</sup> a 20°C. L'anno di studio non ha presentato differenze degne di nota rispetto agli anni precedenti. I valori di pH (7,38), conducibilità (147 μS cm<sup>-1</sup>) e

contenuto ionico ( $3,14 \text{ meq l}^{-1}$ ) alla circolazione primaverile sono risultati del tutto simili a quelli del quinquennio considerato.

Anche confrontando la stazione di Ghiffa, a centro lago, con quella di Lesa, non si sono evidenziate differenze significative: solo i valori di pH appaiono leggermente più elevati a Lesa (7,49-7,57) rispetto a Ghiffa (7,30-7,41). I valori medi dell'anno di studio a Lesa sono risultati pressoché identici a quelli del 2004, mentre si discostano leggermente dai quelli del 2003, caratterizzato da un contenuto ionico inferiore ( $2,91 \text{ meq l}^{-1}$  rispetto ai  $3,11 \text{ meq l}^{-1}$  del 2005).

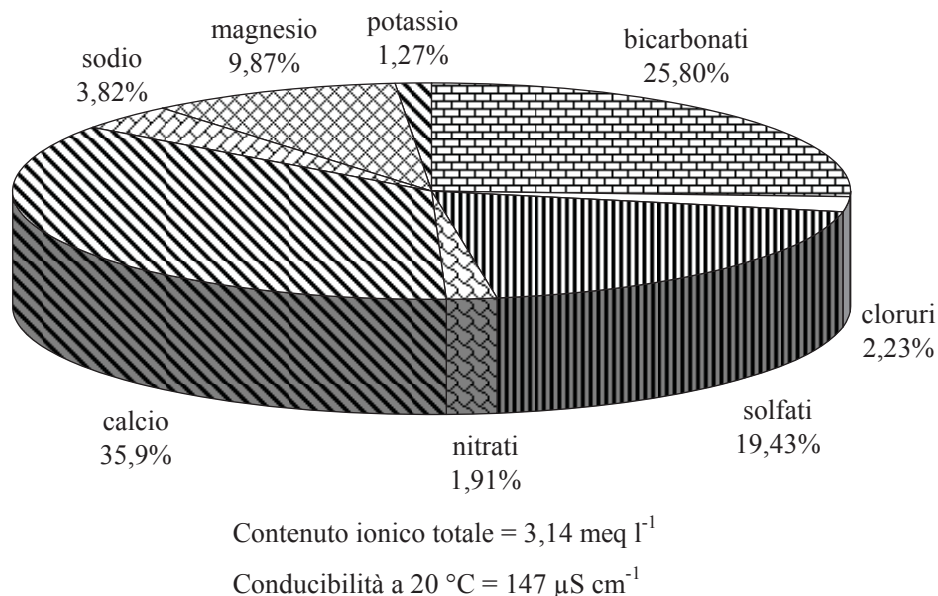


Fig. 3.2.1a. Lago Maggiore: ripartizione percentuale dello spettro ionico e valori medi di pH e conducibilità al 14 Marzo 2005 (valori medi ponderati sui volumi alla circolazione primaverile nella stazione di massima profondità).

La figura 3.2.1b riporta gli andamenti dei valori medi di pH nello strato epilimnico ed ipolimnico e quello dell'ossigeno in epilimnio per il periodo 1996-2005. Gli andamenti stagionali delle due variabili dipendono dai processi fotosintetici che interessano le acque superficiali e dal rimescolamento delle acque. I massimi di pH e di ossigeno, espresso come percentuale di saturazione, si registrano nelle acque superficiali nei mesi estivi, quando è massimo lo sviluppo delle alghe fitoplanctoniche e quindi la produzione di ossigeno da parte dei processi fotosintetici. I massimi estivi di pH sono in genere compresi tra 8,3 e 8,5, mentre i minimi dei mesi invernali sono pari a 7,3-7,4, con l'eccezione dell'inverno 1998-99, quando, in occasione di un evento di circolazione completa delle acque, si è registrato un minimo di 7,1.

L'ossigeno in superficie raggiunge valori di 110-115% come percentuale di saturazione in Luglio Agosto, per poi scendere a 75-80% nel periodo invernale. Anche nel caso di questa variabile, la circolazione dell'inverno 1998-99 ha determinato dei valori minimi invernali inferiori alla norma (65-70%). Nell'estate del 2003, in occasione di un periodo con temperature particolarmente elevate, si sono raggiunti valori particolarmente elevati di pH (8,5) e ossigeno (120%).

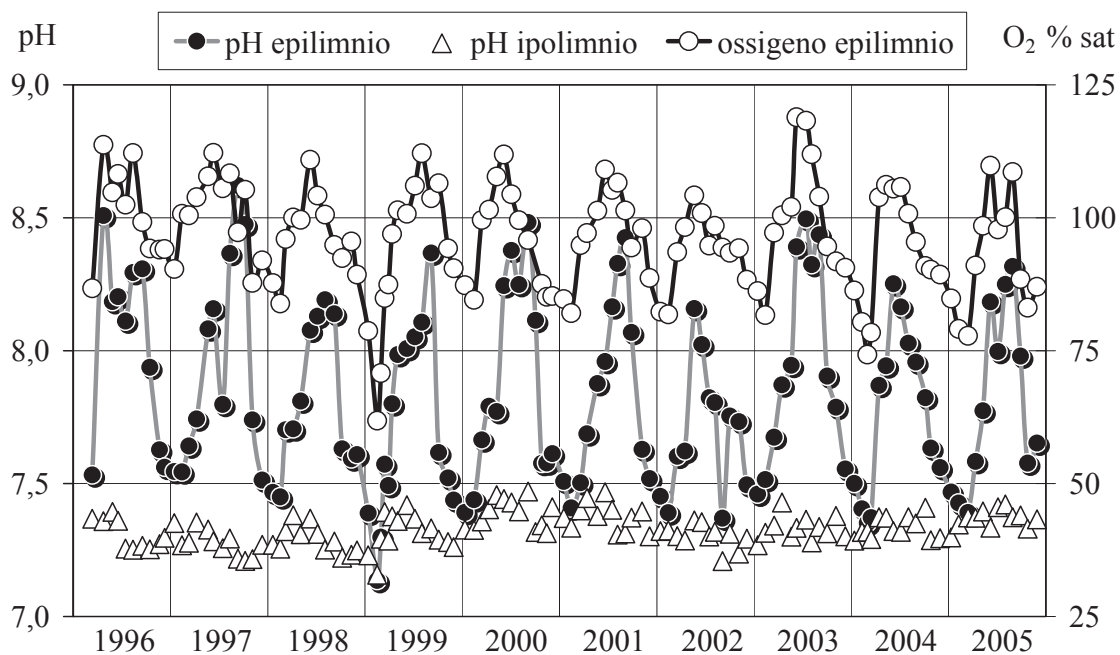


Fig. 3.2.1b. Lago Maggiore nel periodo 1996-2005: pH nello strato epilimnico (0-25 m) ed ipolimnico (25-370 m) e saturazione d'ossigeno nello strato epilimnico (valori medi ponderati sui volumi nella stazione di massima profondità).

Il pH in ipolimnio mostra variazioni molto più contenute rispetto a quelle delle acque superficiali poiché non risente dei processi di produzione e respirazione algale. Durante tutto il periodo considerato, i valori si sono mantenuti stabilmente tra 7,2 e 7,4.

L'anno di studio non ha mostrato andamenti particolari per quanto riguarda pH ed ossigeno. In generale i valori sono stati molto simili a quelli del 2004, con massimi di pH (8,32) ed ossigeno (110%) in epilimnio ad Agosto. I massimi sono stati solo leggermente inferiori a quelli del 2004, ma comunque in linea con quelli registrati nel decennio considerato. I valori di pH nell'autunno 2005 (7,6-7,7 a Ottobre-Novembre) sono risultati invece leggermente più elevati rispetto al 2004, e più in generale agli anni del periodo riportato in figura 3.2.1b.

Il 2005 è stato caratterizzato da un marcato raffreddamento delle acque lacustri e da un rimescolamento quasi totale dell'intera colonna d'acqua nella seconda metà di Marzo (vedi paragrafo 3.1.6). L'omogeneizzazione della massa d'acqua ha interessato però in modo completo solo i primi 250 m di profondità. Questo spiega perché l'andamento delle variabili chimiche nel 2005 non sia stato analogo a quello del 1999, caratterizzato da un mescolamento completo, bensì simile a quello degli altri anni del decennio considerato.

Il 2005 ha presentato diverse analogie con il 2003 per quanto riguarda l'andamento stagionale di alcune variabili chimiche. Entrambi gli anni sono stati caratterizzati da prolungati periodi di siccità e da volumi di precipitazione ridotti. Nel 2005 i valori di alcalinità e conducibilità si sono assestati attorno a 0,81-0,82 meq l<sup>-1</sup> e 145 μS cm<sup>-1</sup> a 20 °C, rispettivamente (Figg. 3.2.1c, d). Come nel 2003, anche nel 2005 non si è osservata la diminuzione estiva dei valori epilimnici di queste due variabili, che ha invece caratterizzato gli anni dal 1996 al 2002 ed il 2004.

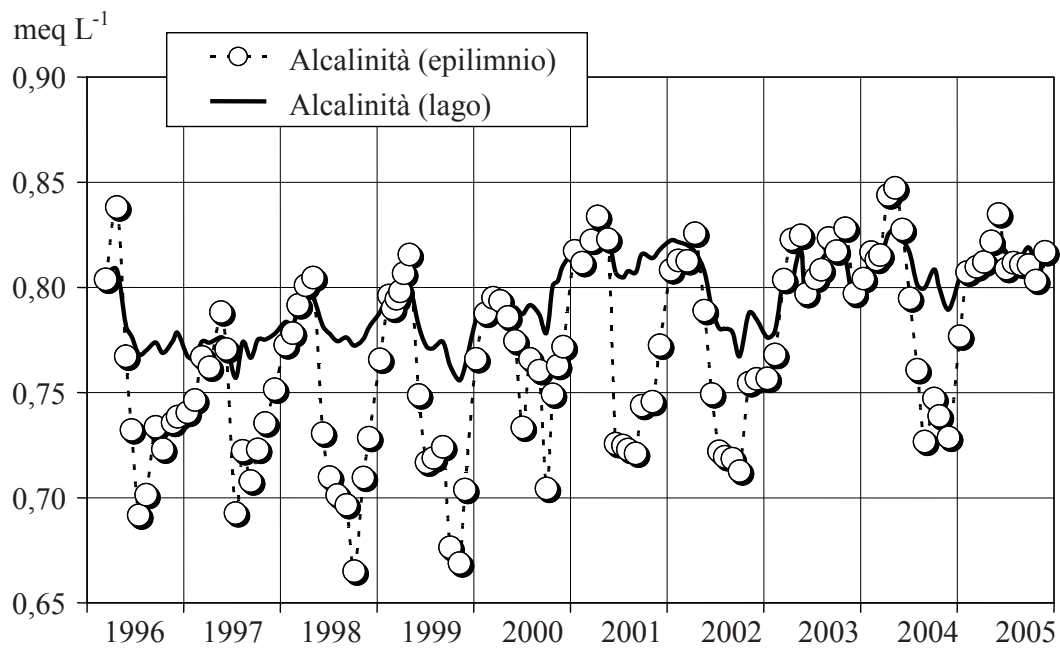


Fig. 3.2.1c. Lago Maggiore (Ghiffa). Andamento nel decennio 1996–2005 dei valori medi ponderati sui volumi d'alcalinità totale nello strato epilimnico (0-25 m) e nell'intero lago (0-370 m).

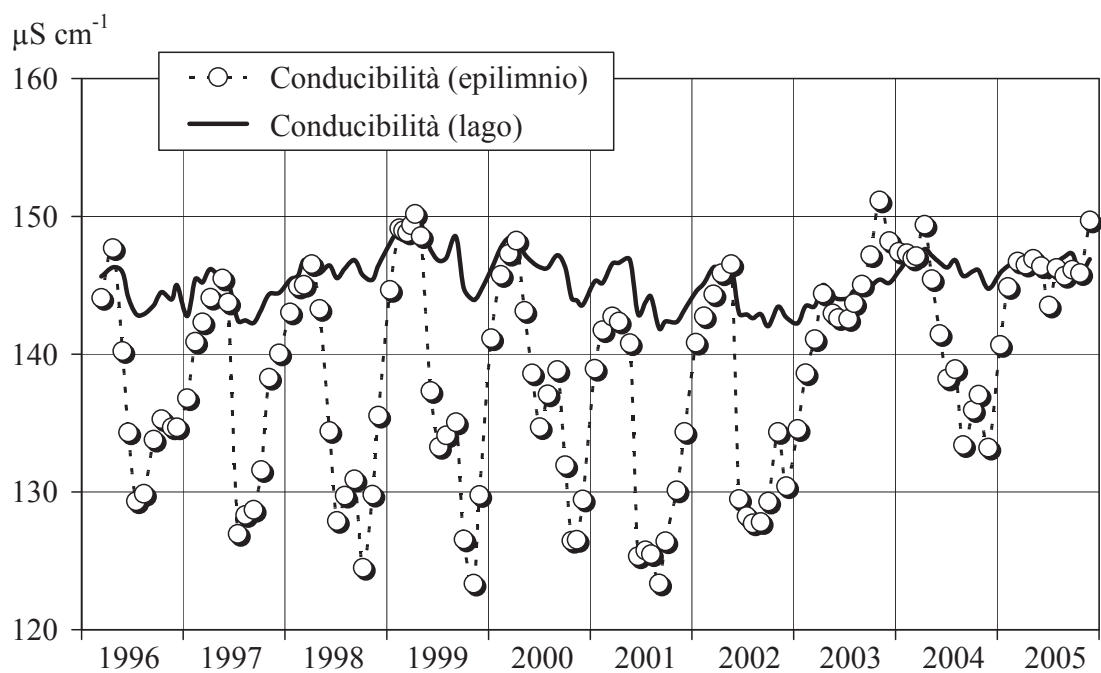


Fig. 3.2.1d. Lago Maggiore (Ghiffa). Andamento nel decennio 1996–2005 dei valori medi ponderati sui volumi di conducibilità a 20°C nello strato epilimnico (0-25 m) e nell'intero lago (0-370 m).

### 3.2.2. Composti dell'azoto

Le concentrazioni medie di azoto nitrico e totale rilevate nel 2005 nella stazione di Ghiffa (0,84-0,86 mg N l<sup>-1</sup> e 0,89-1,02 mg N l<sup>-1</sup>, rispettivamente) sono risultate del tutto simili a quelle dell'anno precedente ed ai valori misurati nel periodo 1996-2004 (Fig. 3.2.2a). Osservando l'andamento a lungo termine dei valori di nitrati si può tuttavia notare una lieve tendenza all'aumento: da 0,81-0,82 a metà degli anni '90 si è passati a 0,85-0,86 mg N l<sup>-1</sup>. L'azoto totale mostra invece valori costanti nel tempo, ma in generale più dispersi rispetto a quelli dell'azoto nitrico, soprattutto a partire dal 2000: le concentrazioni restano comprese tra 0,88 a 1,03 mg N l<sup>-1</sup>.

Nella stazione di Lesa si sono registrate concentrazioni medie di azoto nitrico e totale analoghe a quelle della zona di massima profondità sia in Marzo (rispettivamente 0,85 e 0,96 mg N l<sup>-1</sup>) che alla fine di Settembre (0,77 e 0,93 mg N l<sup>-1</sup>).

L'azoto organico rappresenta mediamente il 10-15% del contenuto totale di azoto delle acque e, come si può osservare in figura 3.2.2b, presenta variazioni minime nel corso dell'anno. Anche nel 2005 è rimasto pressoché costante, con valori compresi tra 0,09 e 0,18 mg N l<sup>-1</sup>. Le concentrazioni degli altri composti dell'azoto sono risultate trascurabili. L'azoto ammoniacale infatti è sempre stato inferiore a 6 µg N l<sup>-1</sup> sull'intera colonna d'acqua, raggiungendo valori di 17-18 µg N l<sup>-1</sup> in epilimnio nei mesi di Maggio e Giugno. L'azoto nitroso è risultato praticamente assente nelle acque del lago a Marzo, e presente con concentrazioni di 9-10 µg N l<sup>-1</sup> nelle acque superficiali in Settembre.

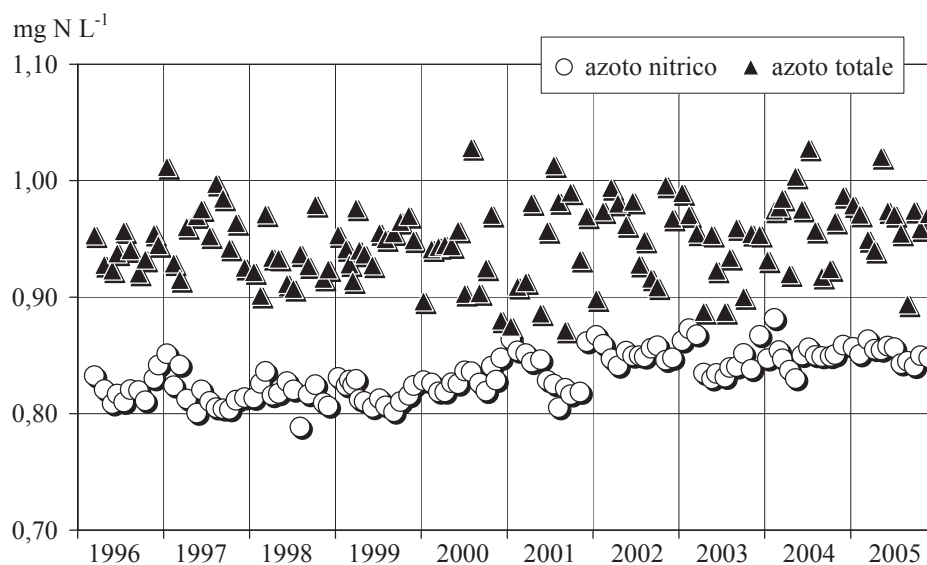


Fig. 3.2.2a. Lago Maggiore: concentrazioni di azoto totale e nitrico nel decennio 1996-2005 (valori medi ponderati sui volumi dalla superficie al fondo nella stazione di massima profondità).

Gli andamenti dei principali composti dell'azoto nelle acque epilimniche nel corso del 2005 non si sono discostati da quelli degli anni precedenti. I valori massimi di azoto nitrico (0,86 mg N l<sup>-1</sup>) sono stati rilevati nei mesi tardo invernali ed i minimi (0,70-0,71) in Agosto e Settembre, a causa del consumo da parte delle alghe fitoplanctoniche durante i mesi estivi. Questo andamento si è ripetuto in modo analogo per tutti gli anni dal 1996 al 2005; i minimi di nitrati nei mesi tardo estivi ed autunnali sono dovuti, oltre

che ai processi biologici a lago, al ridotto apporto da parte dei tributari nei mesi estivi, quando è massimo lo sviluppo vegetativo nei bacini e quindi il sequestro di azoto. L'azoto totale, rappresentato per l'85-90% da azoto nitrico, presenta un andamento analogo a quello dei nitrati, con minimi estivi attorno a 0,80 e massimi tardo invernali compresi tra 0,95 e 1,00 mg N l<sup>-1</sup>.

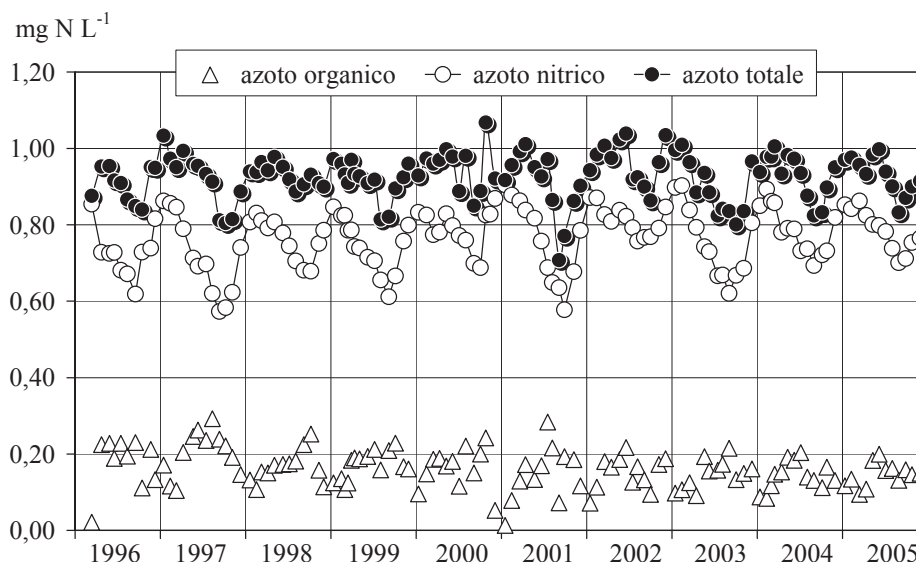


Fig. 3.2.2b. Concentrazioni di azoto nitrico, organico e totale nello strato epilimnico (0-25 m) nel decennio 1996-2005 (valori medi ponderati sui volumi nella stazione di massima profondità).

### 3.2.3. Composti del fosforo

Nel 2005, nella stazione di massima profondità, si sono misurate concentrazioni medie annue di fosforo reattivo e totale in epilimnio (rispettivamente 3 e 7  $\mu\text{g P l}^{-1}$ ), ipolimnio (7 e 10  $\mu\text{g P l}^{-1}$ ) e nell'intero lago (7 e 10  $\mu\text{g P l}^{-1}$ ) confrontabili con quelle rilevate negli anni tra il 1996 ed il 2004. I valori medi sulla colonna d'acqua nei diversi mesi dell'anno sono risultati compresi tra 4 e 9  $\mu\text{g P l}^{-1}$  per il fosforo reattivo e tra 9 e 13  $\mu\text{g P l}^{-1}$  per il fosforo totale (Fig. 3.2.3). Una situazione del tutto analoga si è osservata a Lesa, dove i tenori medi sulla colonna sono risultati identici a quelli di Ghiffa: 6 e 10  $\mu\text{g P l}^{-1}$  rispettivamente di fosforo reattivo e totale nel campionamento di Marzo, nonché 6 e 12  $\mu\text{g P l}^{-1}$  il 26 Settembre.

Come si può osservare dagli andamenti in figura 3.2.3, il contenuto di fosforo nelle acque non è variato in modo significativo nell'ultimo decennio, con concentrazioni di fosforo totale stabilmente comprese tra 8 e 12  $\mu\text{g P l}^{-1}$ . Questi livelli sono ragionevolmente attribuibili all'intera zona pelagica del lago, che può quindi essere definita oligotrofa. Non necessariamente questo giudizio positivo può però essere esteso anche alla zona litorale. Alcune zone rivierasche risultano infatti marcatamente affette dalla presenza di scarichi o dall'immissione a lago di acque tributarie ad elevato contenuto di nutrienti. In queste aree le acque costiere risultano di scarso valore qualitativo, a causa della presenza di fioriture algali, colorazioni anomale delle acque e

presenza di odori molesti. Di conseguenza, non essendo più idonee alla balneazione e in generale alla fruizione turistica o ricreativa, queste aree costiere vedono notevolmente diminuito il loro valore come risorsa idrica.

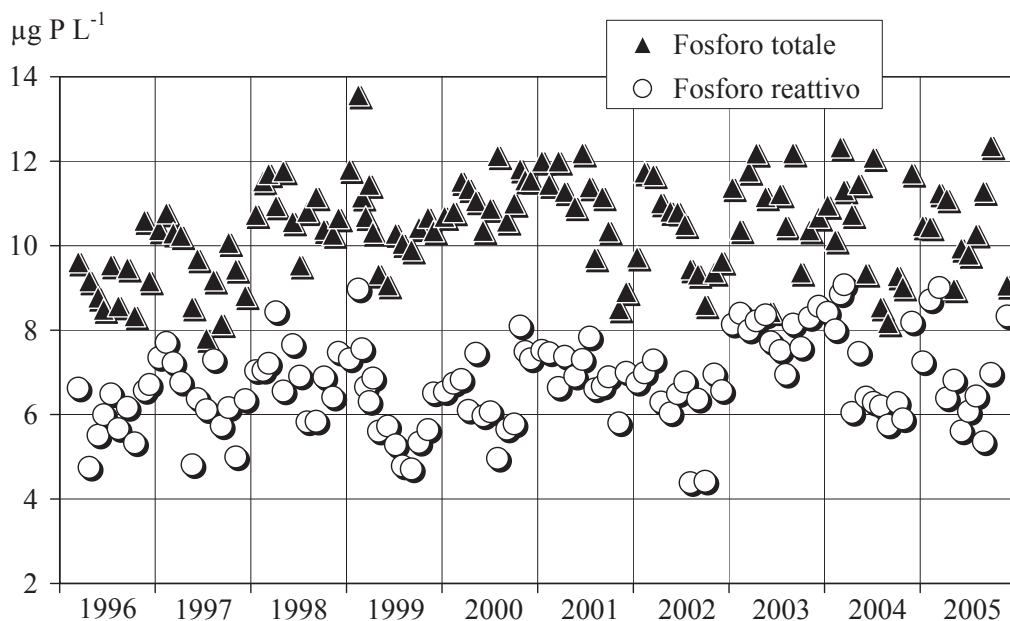


Fig. 3.2.3. Lago Maggiore: andamento delle concentrazioni di fosforo reattivo e totale nel decennio 1996-2005 (valori medi ponderati sui volumi dalla superficie al fondo nella stazione di massima profondità).

#### 3.2.4. Ossigeno disciolto

Come già discusso in precedenza, l'andamento del contenuto di ossigeno nelle acque epilimniche nel corso del 2005 non si è differenziato in modo significativo da quello degli anni precedenti (Fig. 3.2.1b). Il contenuto medio di ossigeno nelle acque della zona profonda, tra -200 e -370 metri, che rimane in genere separata dalla massa d'acqua sovrastante, è risultato invece sensibilmente maggiore nel 2005 rispetto agli anni precedenti (Fig. 3.2.4a). Le concentrazioni medie sono state infatti comprese tra 7,6 mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup> (67% di saturazione) in Gennaio e 9,8 mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup> (80% di saturazione) in Aprile, valori superiori anche a quelli registrati nel corso della piena circolazione del Febbraio 1999 ed indicativi di una consistente ossigenazione delle acque profonde. Come evidenziato nel paragrafo 3.1.6, il 2005 è stato infatti caratterizzato da un consistente raffreddamento delle acque lacustri e da un rimescolamento quasi completo delle acque nella seconda metà di Marzo.

La figura 3.2.4a mostra inoltre come i valori di ossigeno nella zona profonda si siano mantenuti su livelli di eccellente ossigenazione per tutto il periodo 1999-2005, a dimostrazione del buon livello qualitativo raggiunto dalle acque lacustri. Anche considerando l'intero ipolimnio, cioè lo strato compreso tra -25 e -370 m, si osserva come i valori di concentrazione di ossigeno si siano mantenuti compresi tra 7,8 e 9,7 mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup> (66-80% di saturazione) negli anni tra il 1999 ed il 2005 (Fig. 3.2.4b).

Da ultimo vanno segnalati contenuti medi di ossigeno nelle acque ipolimniche (strato 25-100 m) della stazione di Lesa simili a quelli di Ghiffa in Marzo (10,0 mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup>) e leggermente più bassi alla fine di Settembre (8,1 mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup>).

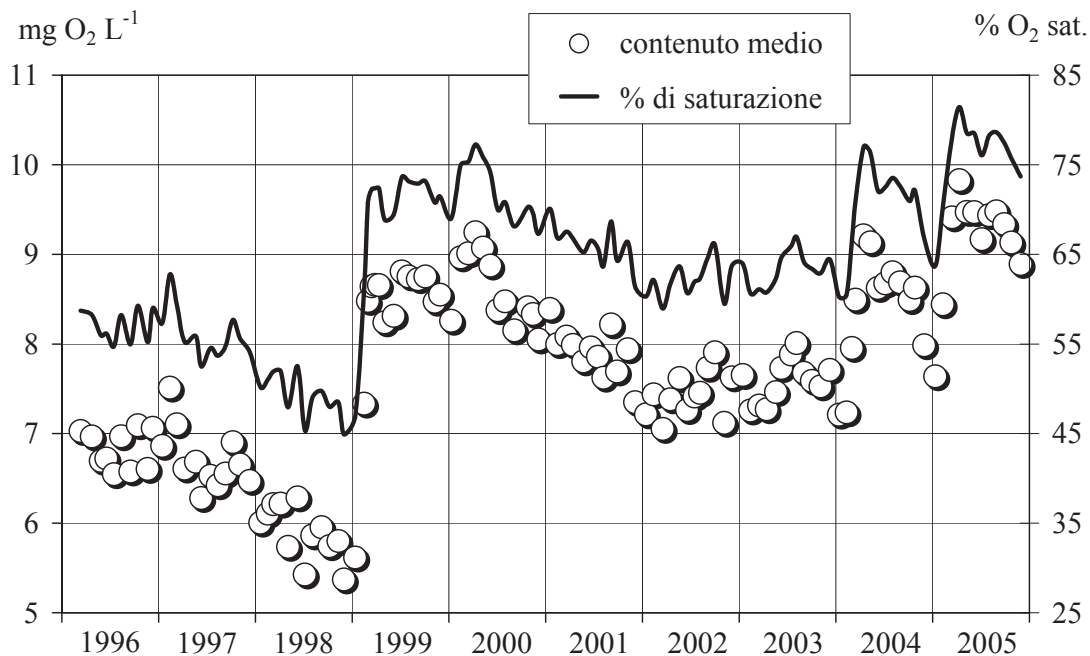


Fig. 3.2.4a. Lago Maggiore, stazione di Ghiffa. Andamento nel decennio 1996-2005 delle concentrazioni medie di ossigeno (valori ponderati sui volumi) e dei corrispondenti tenori di saturazione nello strato 200-370 m.

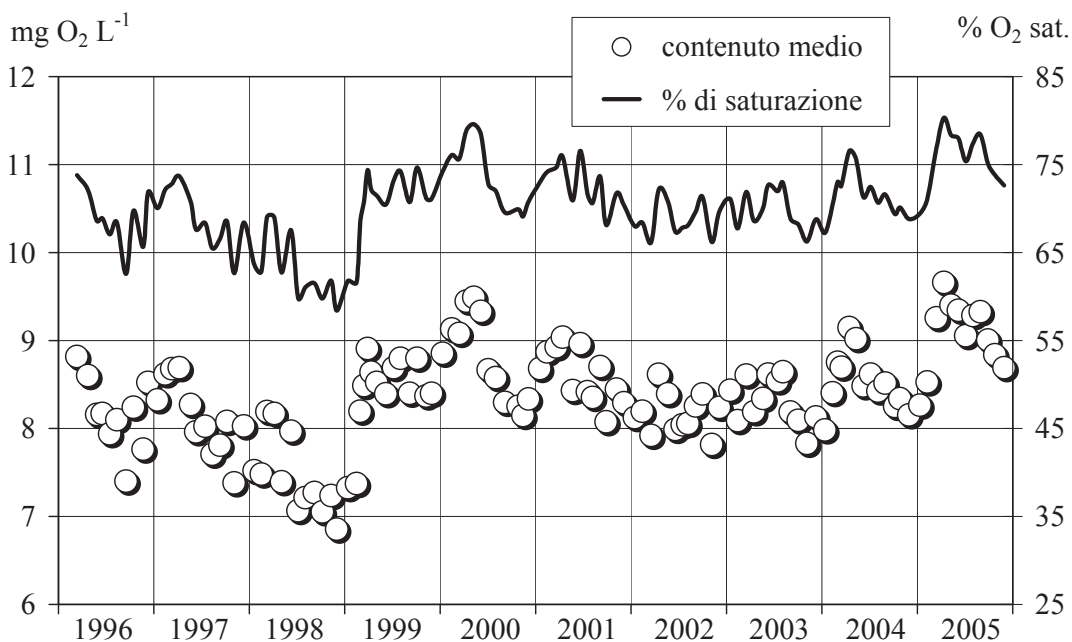


Fig. 3.2.4b. Lago Maggiore, stazione di Ghiffa. Andamento nel decennio 1996-2005 delle concentrazioni medie di ossigeno (valori ponderati sui volumi) e dei corrispondenti tenori di saturazione nello strato 30-370 m



### 3.2.5. Silicati reattivi

Nel 2005 le concentrazioni medie annue di silicati reattivi in epilimnio, ipolimnio e sull'intera colonna d'acqua sono risultate pari rispettivamente a 1,11, 1,70 e 1,62 mg Si l<sup>-1</sup>. Come già osservato negli anni precedenti, i valori minimi nelle acque superficiali sono stati misurati nei mesi tardo primaverili ed estivi (0,6-0,8 mg Si l<sup>-1</sup>) in corrispondenza delle fioriture di diatomee. I minimi estivi nel corso del 2005 sono risultati lievemente maggiori rispetto a quelli del 2003 e 2004 ma in linea con quelli degli anni tra il 1998 ed il 2002 (Fig. 3.2.5).

Nella parte meridionale del lago, a Lesa, nei due campionamenti effettuati nel 2005 si sono riscontrati valori leggermente più bassi sia nell'intera colonna (1,4 mg Si l<sup>-1</sup>) che in epilimnio (0,3 mg Si l<sup>-1</sup>).

Osservando l'andamento delle concentrazioni di silicati reattivi nell'ultimo decennio si nota come i valori misurati nel corso del 2005 siano stati simili a quelli degli ultimi 5 anni ma più elevati rispetto a quelli del periodo 1996-2000. I contenuti medi sull'intera colonna d'acqua nell'ultimo quinquennio risultano infatti attorno a 1,6 mg Si l<sup>-1</sup>, leggermente più elevati rispetto a quelli del quinquennio precedente (1,4 mg Si l<sup>-1</sup>). Gli studi sui popolamenti fitoplanctonici portano ad escludere una riduzione delle diatomee come possibile spiegazione per questo aumento nelle concentrazioni di silicati. Si può invece ipotizzare un aumento della riserva lacustre di materiali silicei a seguito delle piene degli anni 2000 e 2002, nel corso delle quali sono state veicolate a lago elevati quantitativi di particolato inorganico fine e scarsamente sedimentabile

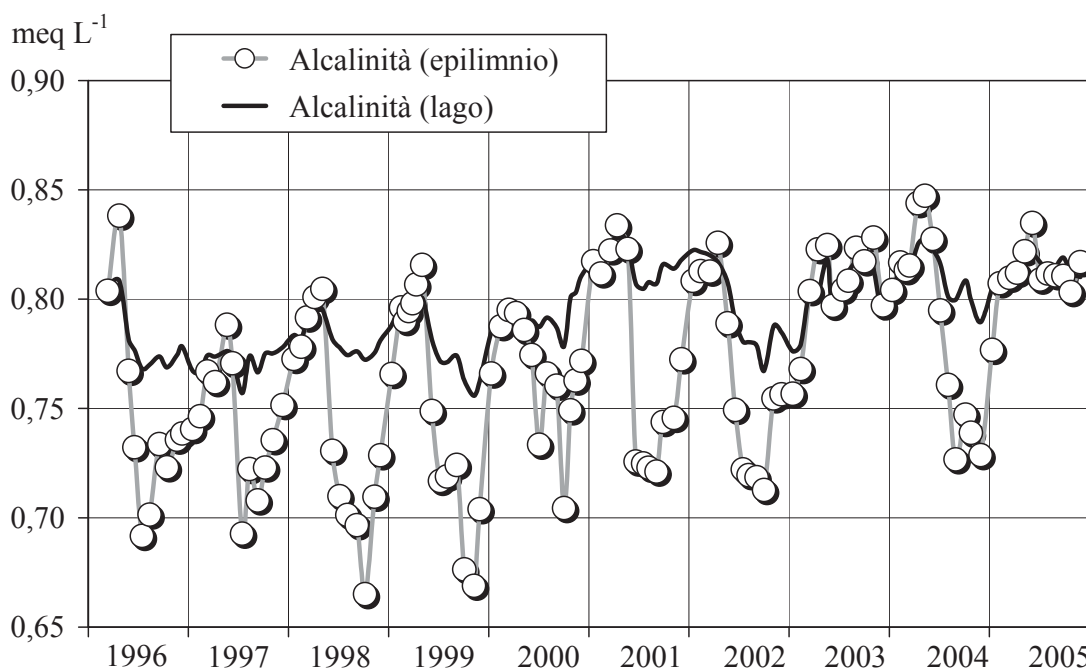


Fig. 3.2.5. Lago Maggiore (Ghiffa). Concentrazioni medie ponderate sui volumi di silicati reattivi nello strato epilimnico (0-25 m) e nell'intero lago (0-370 m) nel decennio 1996-2005.