

2.3.2. Carichi chimici

Gli apporti al Lago Maggiore dei principali nutrienti algali dai tributari e in uscita attraverso il Ticino emissario sono stati misurati nel corso del 2007 con le stesse metodologie di calcolo già impiegate negli anni precedenti. Per il Ticino emissario e 11 corsi d'acqua drenanti complessivamente circa il 71 % del bacino imbrifero (Ticino immissario, Cannobino, San Giovanni, San Bernardino, Toce alla chiusura del bacino della Val d'Ossola, Strona, Erno, Vevera, Bardello, Boesio, Tresa) i carichi sono stati calcolati dai valori di concentrazione e dai deflussi giornalieri. Le portate dei torrenti Boesio, Erno e S. Giovanni, non essendo disponibili dati per il 2007 a causa del mancato funzionamento degli strumenti di misura, sono state ricostruite sulla base della serie storica (1978-2006) e dei dati di portata disponibili per altri corsi d'acqua che presentassero un andamento stagionale simile.

Per i rimanenti tributari (Maggia, Verzasca e Giona), che coprono una porzione di bacino imbrifero pari al 18 % circa, gli apporti sono stati stimati dalla regressione lineare tra i contributi areali e le concentrazioni medie annuali. Come per gli anni passati, i carichi riportati nel presente rapporto potranno essere successivamente rivisti se venissero corrette le portate di alcuni tributari sulla base dei controlli delle sezioni di misura e della taratura delle curve di livello/portata.

Nella tabella 2.3.2a sono riportati i carichi di azoto ammoniacale, nitrico, organico e totale e di fosforo totale veicolati dai tributari ed in uscita dall'emissario nel biennio 2006-2007.

Tab. 2.3.2a. Lago Maggiore. Apporti annuali ($t a^{-1}$) di azoto e fosforo dai tributari campionati ed uscite attraverso l'emissario nel biennio 2006-2007.

	N-NH ₄		N-NO ₃		N _{org}		TN		TP	
	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007
Ticino Immissario ^(a)	45	28	1178	1412	41	217	1263	1658	10	12
Maggia ^(b)	22	13	795	903	38	60	855	976	6,9	4,3
Verzasca ^(b)	5,9	3,5	207	231	12	16	224	250	1,8	1,2
Cannobino ^(a)	9,5	2,9	181	182	16	26	206	211	2,1	1,8
San Giovanni ^(a)	0,2	0,4	31	47	1,7	5,1	33	52	0,2	0,4
San Bernardino ^(a)	1,7	0,5	174	118	12	10	188	128	0,7	0,4
Toce Ossola ^(a)	81	68	824	878	44	119	948	1066	23	26
Strona ^(a)	5,1	6,8	317	281	18	24	340	311	2,8	5,0
Erno ^(a)	0,2	0,6	32	28	1,6	3,0	34	31	0,5	0,6
Vevera ^(a)	0,7	0,7	14	10	1,1	0,4	16	11	0,3	0,2
Bardello ^(a)	15	25	85	168	17	70	117	263	19	40
Boesio ^(a)	12	7,2	128	61	18	25	158	93	15	8,2
Tresa ^(a)	53	57	567	493	101	117	721	667	19	16
Giona ^(b)	1,9	0,9	52	49	3	7	57	57	2,0	1,5
Totale campionati	252	214	4584	4862	324	699	5160	5775	102	117
Ticino emissario ^(a)	128	90	3565	4419	530	1023	4223	5533	62	66

^(a)Valori calcolati dai dati di concentrazione e dai deflussi

^(b)Valori calcolati dalla regressione fra concentrazione e contributi areali

Gli afflussi meteorici sull'intero bacino imbrifero sono stati pari a 1342 mm nel 2006 a 1199 mm nel 2007. Nonostante ciò, con l'eccezione dell'azoto ammoniacale, gli apporti totali sono risultati più elevati nel 2007 rispetto al 2006. I carichi complessivi

veicolati dalle acque tributarie di azoto ammoniacale, nitrico e totale sono passati rispettivamente da 252 a 214 t N a⁻¹, da 4584 a 4862 t N a⁻¹ e da 5160 a 5755 t N a⁻¹, con variazioni percentuali corrispondenti di -15 %, +6 % e +11 %. L'aumento maggiore ha riguardato i carichi di azoto organico, passati da 324 a 699 t N a⁻¹ (+115 %). Infine, gli apporti complessivi di fosforo sono aumentati da 102 t P a⁻¹ a 117 t P a⁻¹, con un aumento percentuale del 15 %.

Anche i carichi in uscita dal Ticino emissario, per il quale il deflusso medio annuale è stato di 205,8 m³ s⁻¹, rispetto a 168,1 del 2006, sono aumentati nel 2007 rispetto al 2006, con l'eccezione di quelli dell'azoto ammoniacale. L'aumento dei carichi in uscita è stato proporzionalmente maggiore rispetto a quello dei carichi totali in entrata per l'azoto nitrico e totale (+23 % e +31 %), mentre le uscite per il fosforo totale nel 2007 sono aumentate solo del 6 % rispetto al 2006 (Tab. 2.3.2a).

Il bilancio annuale dell'azoto totale calcolato per il 2007 è riportato in tabella 2.3.2b, a confronto con gli stessi bilanci relativi al periodo 1998-2006. La somma degli apporti di azoto totale dai tributari campionati (5800 t N a⁻¹), dall'areale non campionato (497 t N a⁻¹), dalla popolazione rivierasca (700 t N a⁻¹) e dalle precipitazioni atmosferiche sullo specchio lacustre (380 t N a⁻¹) nel 2007 è stata pari a 7400 t N a⁻¹, un valore più alto rispetto a quelli degli anni 2005 e 2006, ma inferiore a quelli del periodo 1998-2004. La ritenzione a lago, calcolata considerando il totale degli apporti e le uscite attraverso il Ticino emissario, è stata pari al 43 % delle entrate, valore massimo tra quelli dell'ultimo decennio (Tab. 2.3.2b).

Tab. 2.3.2b. Lago Maggiore. Bilanci annuali nel decennio 1998-2007 di azoto totale (t N a⁻¹). I totali parziali e complessivi sono approssimati alle centinaia.

<i>Tributari campionati</i>	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07
Ticino Immissario	2088	2658	2704	2216	2359	1356	2205	1160	1263	1658
Maggia	1267	1203	1568	1143	1704	953	1429	878	855	976
Verzasca	300	293	435	291	449	230	362	223	224	250
Cannobino	134	134	138	117	137	229	202	229	206	211
San Giovanni	137	88	100	82	179	31	91	38	33	52
San Bernardino	273	257	416	278	359	186	405	123	188	128
Toce (Ossola + Strona)	2212	2422	3692	1718	3070	1492	2621	1383	1288	1377
Erno	64	50	86	45	80	48	56	27	34	31
Vevera	71	43	107	50	61	75	43	15	16	11
Bardello	291	250	281	240	322	332	256	222	117	263
Boesio	221	237	233	134	196	110	238	99	158	93
Tresa	1344	1369	2141	1308	1904	697	920	479	721	667
Giona	82	78	112	75	111	64	100	54	57	57
<i>Tributari campionati</i>	8500	9100	12000	7700	10900	5800	8900	4900	5200	5800
Areale non campionato	728	780	1028	660	934	500	760	420	446	497
<i>Totale bacino emerso</i>	9200	9900	13000	8400	11800	6300	9700	5300	5600	6300
Fascia rivierasca	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
Precipitazioni sul lago	600	600	800	700	840	400	500	500	400	380
<i>Totale apporti</i>	10500	11200	14500	9800	13300	7400	10900	6500	6700	7400
Uscite da emissario	8200	9000	12900	8600	11800	4600	8000	4500	4200	4200
Ritenzione in lago	22%	20%	11%	12%	11%	38%	27%	31%	37%	43%

Le scarse precipitazioni che hanno caratterizzato l'ultimo quinquennio spiegano in larga parte i ridotti apporti di azoto calcolati per lo stesso periodo. La serie storica dei dati disponibili dimostra infatti l'esistenza di una correlazione tra queste due variabili, a conferma di come l'azoto derivi principalmente da sorgenti diffuse quali le deposizioni atmosferiche e il dilavamento (Fig. 2.3.2a). Per il bacino imbrifero del Lago Maggiore è stato calcolato che le deposizioni atmosferiche rappresentano il veicolo principale di azoto alle acque dei tributari e contribuiscono in maniera variabile tra il 65 % ed il 75 % agli apporti complessivi di azoto al lago [1]. Il 2006 ed il 2007 rappresentano in parte eccezione all'andamento correlato di volumi di precipitazione e carichi veicolati: l'anno di studio è stato infatti caratterizzato da un volume di precipitazione inferiore rispetto all'anno precedente, ma da un apporto complessivo di azoto più elevato (Fig. 2.3.2a).

In generale la variabilità idrologica interannuale ha avuto un ruolo importante nell'ultimo periodo, in cui si sono susseguiti anni molto piovosi come il 2002 (2330 mm come afflusso totale sul bacino), ed anni con precipitazioni estremamente scarse come il 2003 ed il 2005 (1043 e 991 mm rispettivamente). Anche nel 2007 l'afflusso totale sul bacino è stato sensibilmente inferiore alla media del periodo 1978-2005 (1668 mm). In generale precipitazioni ridotte determinano una situazione favorevole all'aumento delle concentrazioni nelle acque tributarie, e contemporaneamente ad una riduzione dei carichi veicolati a lago a causa della riduzione nelle portate. In realtà l'afflusso totale sul bacino del Lago Maggiore non è necessariamente indicativo della situazione dei singoli bacini versanti: a causa della distribuzione geografica delle precipitazioni, ad anni con un afflusso complessivo elevato non sempre corrispondono portate superiori alla media per tutti i corsi d'acqua, e viceversa. La variabilità idrologica si ripercuote ovviamente sui carichi veicolati a lago, soprattutto per l'azoto totale, spiegano larga parte della variabilità interannuale degli apporti che ha caratterizzato gli ultimi anni (Fig. 2.3.2a).

Per quanto riguarda i contributi dai singoli tributari, gli apporti di maggior rilievo di azoto totale derivano dal Toce, comprensivo dello Strona (24,7 %), e dal Ticino immissario (24,2 %), seguiti da Maggia (16,4 %) e Tresa con Margorabbia (13,8 %). I rimanenti corsi d'acqua contribuiscono per il 21,0 % circa (Fig. 2.3.2b). Queste percentuali sono rimaste pressoché invariate rispetto al 2006.

Per la maggior parte dei tributari gli apporti di fosforo totale calcolati per il 2007 non si sono differenziati in maniera significativa da quelli dell'anno precedente, ad eccezione del Bardello, per il quale i carichi veicolati sono più che raddoppiati (da 19 a 40 t P a⁻¹), e del Boesio, per il quale si è verificata invece una diminuzione da 15 a 8 t P a⁻¹ (Tab. 2.3.2a). Poiché per entrambi i corsi d'acqua le concentrazioni medie di fosforo totale non sono variate in modo significativo, la variazione nei carichi è da imputare principalmente alle portate.

Dopo il minimo storico del 2006, pari a 169 t P a⁻¹, gli apporti di fosforo totale a lago nel 2007 sono risaliti a 185 t P a⁻¹ (Tab. 2.3.2c e Fig. 2.3.2c). I contributi dai tributari campionati, dall'areale non campionato e dalla zona rivierasca sono stati pari a 117, 10 e 58 t P a⁻¹ rispettivamente.

Il Bardello contribuisce a quasi il 34 % degli apporti, seguito dal Toce, comprensivo dello Strona (26,6 %), e da Tresa e Margorabbia (13,5 %). I contributi degli altri tributari sono compresi tra il 3,7 % della Maggia ed il 10 % del Ticino immissario (Fig. 2.3.2d). Questa situazione ricalca quella del 2005, anno nel quale il contributo maggiore al carico totale di fosforo era stato quello del Bardello (31,8 %), mentre nel 2006 tale contributo era sceso al 18,4 %. Come già osservato relativamente ai carichi, rispetto al

2006 è diminuito significativamente il contributo del Boesio (da 14,3 a 7,0 %), così come quello di Tresa e Margorabbia (da 18,8 a 13,5 %; Fig. 2.3.2d).

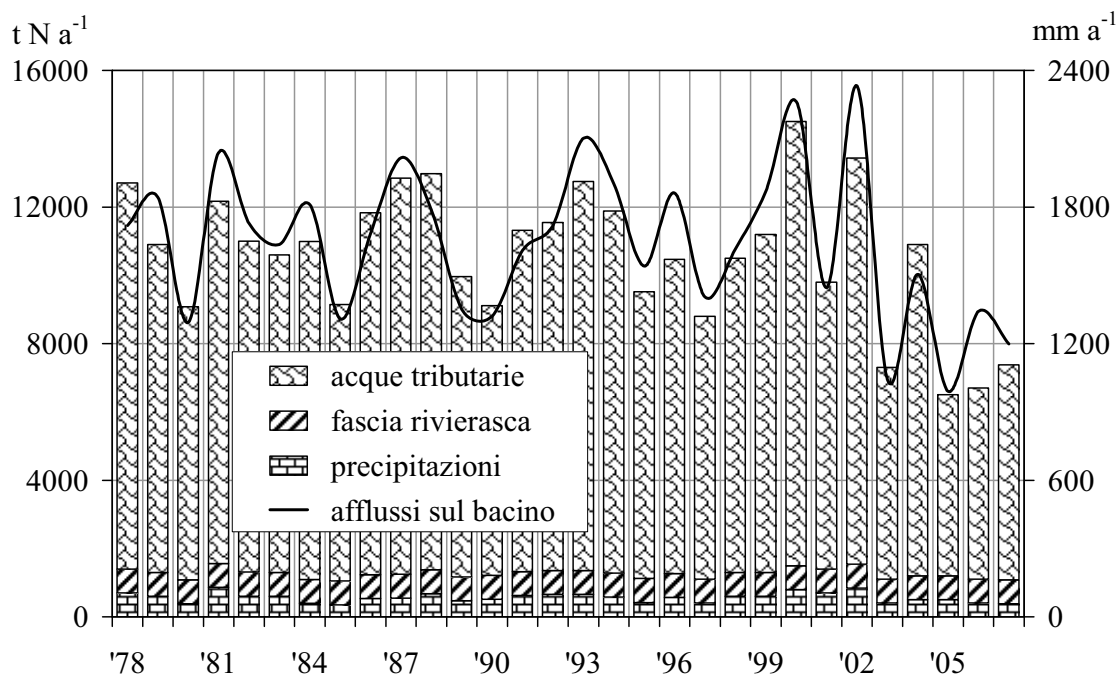


Fig. 2.3.2a. Lago Maggiore. Apporti annuali di azoto totale al lago dall'areale emerso, dalla zona rivierasca e dalle precipitazioni atmosferiche sullo specchio lacustre, in relazione con gli afflussi meteorici annuali sul bacino imbrifero.

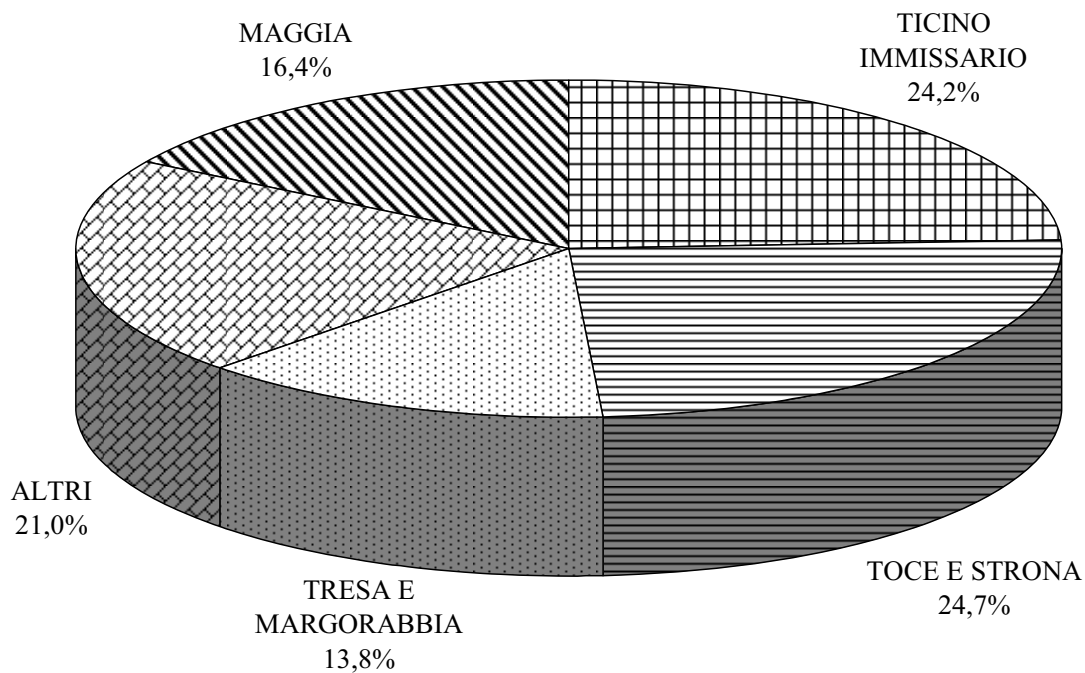


Fig. 2.3.2b. Lago Maggiore. Ripartizione degli apporti di azoto totale dai diversi tributari campionati. Valori percentuali relativi al 2007.

Tab. 2.3.2c. Lago Maggiore. Bilanci annuali nel decennio 1998-2007 del fosforo totale (t P a⁻¹).

<i>Tributari campionati</i>	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07
Ticino Immissario	21	30	22	27	22	19	12	10	10	12
Maggia	9	6	11	12	20	8	5	7	7	4
Verzasca	1,7	1,2	4	2,6	5,8	2,5	1,4	1,6	2	1,2
Cannobino	0,8	1,2	1	1,0	1,7	1,6	1,6	2,3	2	1,8
San Giovanni	0,9	0,7	1	0,9	3,1	0,6	0,6	0,4	0	0,4
San Bernardino	0,8	1,0	2	1,4	3,4	2,0	1,2	2,5	1	0,4
Toce (Ossola + Strona)	65	65	99	51	57	42	43	27	26	31
Erno	0,6	0,4	1	0,5	0,8	0,4	0,5	0,6	0	0,6
Vevera	1,2	0,6	1	0,7	0,8	1,4	0,4	0,2	0	0,2
Bardello	16	15	20	23	27	42	27	34	19	40
Boesio	12	13	9	6,3	7,8	6,0	14,9	9	15	8
Tresa	35	33	59	26	40	20	22	12	19	16
Giona	1,5	1,4	2	1,3	2,0	1,3	2,4	1,5	2	1,5
<i>Tributari campionati</i>	165	169	231	153	191	148	132	108	102	117
Areale non campionato	15	14	20	13	16	13	11	9	9	10
<i>Totale bacino emerso</i>	180	183	251	166	207	160	143	118	111	127
Fascia rivierasca	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
<i>Totale apporti</i>	238	241	309	224	265	218	201	176	169	185
Uscite da emissario	93	109	171	114	115	84	116	65	62	66
Ritenzione in lago	61%	55%	45%	49%	57%	61%	42%	63%	63%	64%

Le differenze tra 2006 e 2007 descritte per i carichi trovano conferma nei contributi areali annuali dei composti dell'azoto e del fosforo totale (Tab. 2.3.2d). Con l'eccezione dell'ammonio, per il quale i contributi totali da tutto l'areale campionato sono passati da 0,043 a 0,036 g N m⁻² a⁻¹, per tutti gli altri composti si è verificato un aumento dei contributi areali nel 2007: l'incremento per l'azoto totale (da 0,877 a 0,982 g N m⁻² a⁻¹) è dovuto principalmente all'aumento dei carichi areali di azoto organico (da 0,055 a 0,123 g N m⁻² a⁻¹), mentre più contenuta è stata la variazione per l'azoto nitrico (da 0,779 a 0,827 g N m⁻² a⁻¹). Per il fosforo totale il contributo medio per unità di superficie è passato da 0,017 g P m⁻² a⁻¹ nel 2006 a 0,020 g P m⁻² a⁻¹ nel 2007 (Tab. 2.3.2d). Questo aumento dei contributi totali da tutto l'areale trova riscontro dal confronto dei dati 2006-2007 per i singoli tributari: i carichi areali, sia dell'azoto che del fosforo totale, sono infatti aumentati in quasi tutti i corsi d'acqua, con l'eccezione di S. Bernardino, Vevera, Boesio e Tresa. Il Torrente Boesio ha mostrato un miglioramento per quanto riguarda azoto ammoniacale e fosforo totale, i cui contributi areali si sono pressoché dimezzati; al contrario per il Bardello si è verificato un aumento consistente dei carichi areali di tutte le variabili (Tab. 2.3.2d e Figg 2.3.2e, f). Per entrambi i corsi d'acqua, lo stato qualitativo delle acque ed i conseguenti effetti sulle acque lacustri dei carichi da essi veicolati rimangono ad oggi inaccettabili.

Per quanto riguarda gli altri tributari, assumendo come obiettivo un contributo areale massimo di fosforo pari a 0,02 g P m⁻² a⁻¹, e tenendo conto dei suoi andamenti medi nell'ultimo triennio (Fig. 2.3.2g), si può concludere come i corsi d'acqua Maggia, Verzasca, Ticino immissario e S. Giovanni presentino condizioni da buone a ottime. Il Torrente S. Bernardino, dopo i valori piuttosto elevati registrati nel 2005, ha visto il recupero di condizioni ottimali nel biennio seguente. Anche lo stato del Torrente Vevera

può essere considerato ad oggi accettabile per quanto riguarda il fosforo totale. La stessa conclusione può essere tratta considerando gli andamenti dell'azoto ammoniacale (Fig. 2.3.2h) ed organico (Fig. 2.3.2i). I rimanenti corsi d'acqua presentano un certo grado di alterazione, di entità più modesta per Toce Ossola e Strona, e più preoccupante invece per Erno, Giona e Tresa. Infine il Torrente Cannobino presenta uno stato di alterazione discontinuo, principalmente a carico dell'azoto ammoniacale, ed ha mostrato chiari segni di miglioramento nel 2007 rispetto agli anni precedenti (Figg. 2.3.2g, h, i).

A scala regionale i contributi areali confermano quanto già evidenziato per i carichi: le acque tributarie ticinesi presentano una condizione ottimale, quelle piemontesi moderatamente accettabile, mentre le acque lombarde continuano a essere caratterizzate da uno stato di compromissione elevato, soprattutto per quanto riguarda i contributi di fosforo totale e di azoto ammoniacale (Tab. 2.3.2e). Nel 2007 inoltre questa condizione ha visto un peggioramento marcato, da attribuire in larga parte all'aumento dei carichi veicolati dal Torrente Bardello.

Nel complesso i carichi areali di fosforo veicolati dalle acque tributarie nell'ultimo triennio (rispettivamente 0,018, 0,017 e 0,020 g P m⁻² a⁻¹) possono essere considerati compatibili con il mantenimento di uno stato oligotrofo delle acque lacustri. Nonostante ciò si rende necessario un controllo regolare dei singoli tributari per valutare la loro evoluzione temporale, soprattutto ai fini degli effetti sulla fascia rivierasca.

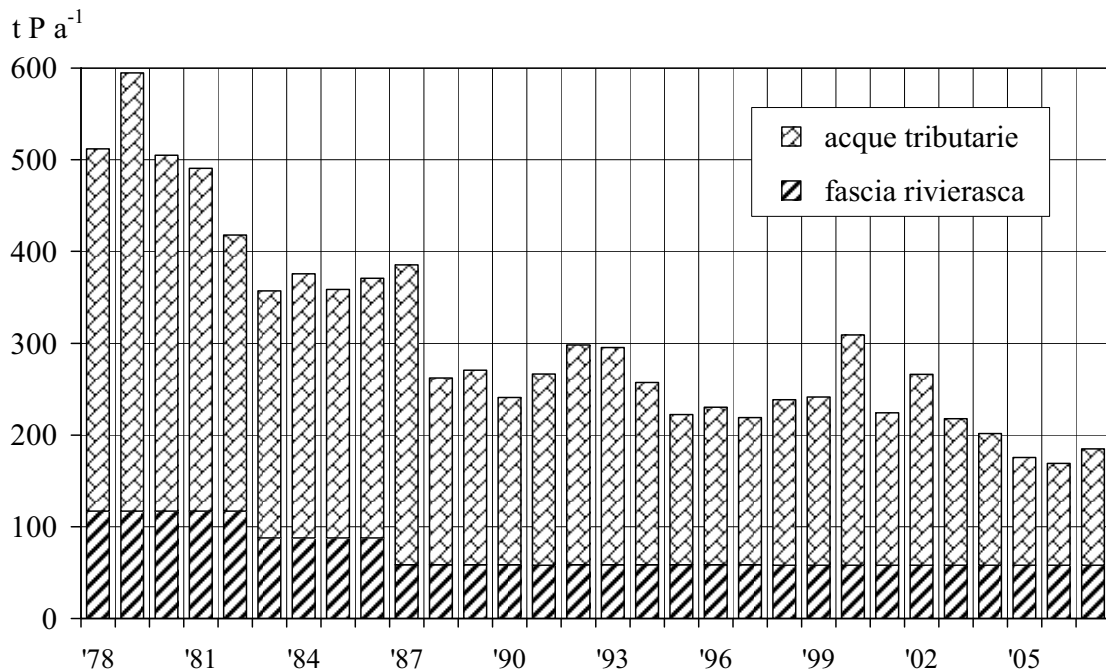


Fig. 2.3.2c. Lago Maggiore. Apporti annuali di fosforo totale al lago dall'areale emerso e dalla zona rivierasca nel periodo 1978-2007.

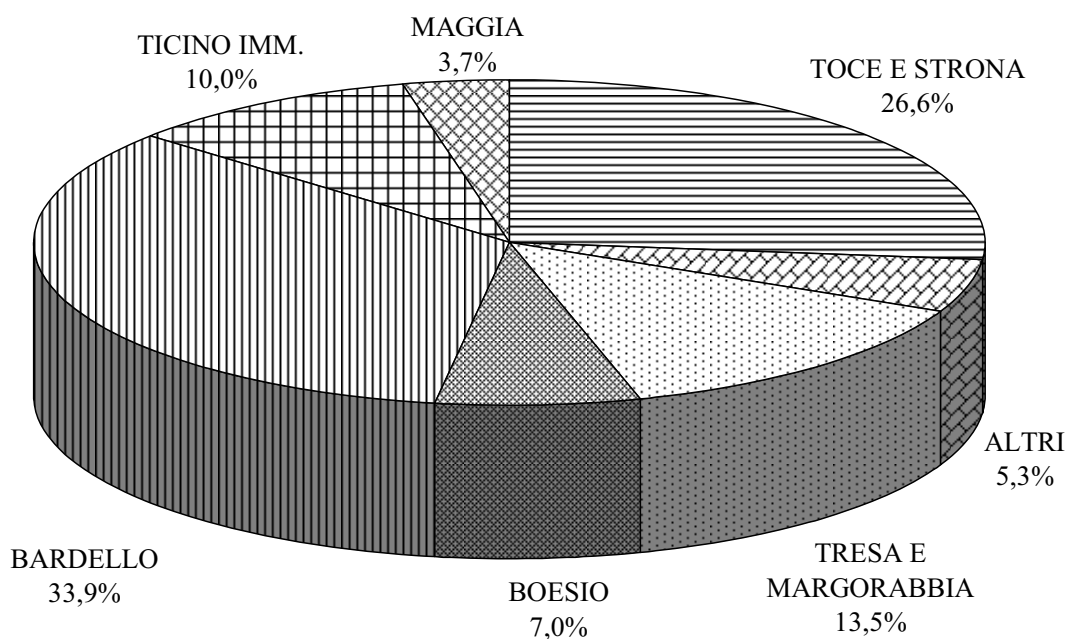


Fig. 2.3.2d. Lago Maggiore. Ripartizione degli apporti di fosforo totale dai tributari campionati. Valori percentuali relativi al 2007.

Tab. 2.3.2d. Lago Maggiore. Contributi areali annuali ($\text{g m}^{-2} \text{a}^{-1}$) di azoto ammoniacale, nitrico, organico, totale e fosforo totale nel biennio 2006-2007 dai tributari campionati e dall'emissario.

		N-NH ₄		N-NO ₃		N _{org}		TN		TP	
		2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007
Ticino Immissario	TIM	0,028	0,017	0,729	0,874	0,025	0,134	0,781	1,026	0,006	0,007
Maggia	MAG	0,024	0,013	0,858	0,976	0,041	0,101	0,923	1,054	0,007	0,005
Verzasca	VER	0,025	0,015	0,872	0,975	0,049	0,113	0,946	1,055	0,007	0,005
Cannobino	CAN	0,086	0,026	1,640	1,652	0,144	0,231	1,870	1,909	0,019	0,017
San Giovanni	SGI	0,003	0,007	0,518	0,769	0,028	0,084	0,549	0,861	0,004	0,007
San Bernardino	SBE	0,013	0,004	1,327	0,901	0,094	0,074	1,434	0,980	0,006	0,003
Toce Ossola	TOC	0,052	0,044	0,533	0,568	0,028	0,077	0,613	0,689	0,015	0,017
Strona	STR	0,023	0,030	1,419	1,257	0,079	0,107	1,521	1,394	0,013	0,022
Erno	ERN	0,006	0,023	1,259	1,090	0,062	0,115	1,327	1,228	0,019	0,024
Vevera	VEV	0,033	0,031	0,672	0,478	0,054	0,021	0,758	0,529	0,015	0,009
Bardello	BAR	0,112	0,183	0,632	1,249	0,128	0,525	0,872	1,956	0,140	0,295
Boesio	BOE	0,266	0,159	2,817	1,352	0,398	0,547	3,481	2,059	0,323	0,180
Tresa	TRE	0,070	0,076	0,752	0,654	0,134	0,155	0,956	0,885	0,025	0,021
Giona	GIO	0,039	0,017	1,041	0,983	0,069	0,108	1,149	1,145	0,040	0,030
Totale campionati		0,043	0,036	0,779	0,827	0,055	0,123	0,877	0,982	0,017	0,020
Ticino emissario	TEM	0,019	0,020	0,540	0,540	0,080	0,080	0,640	0,640	0,009	0,010

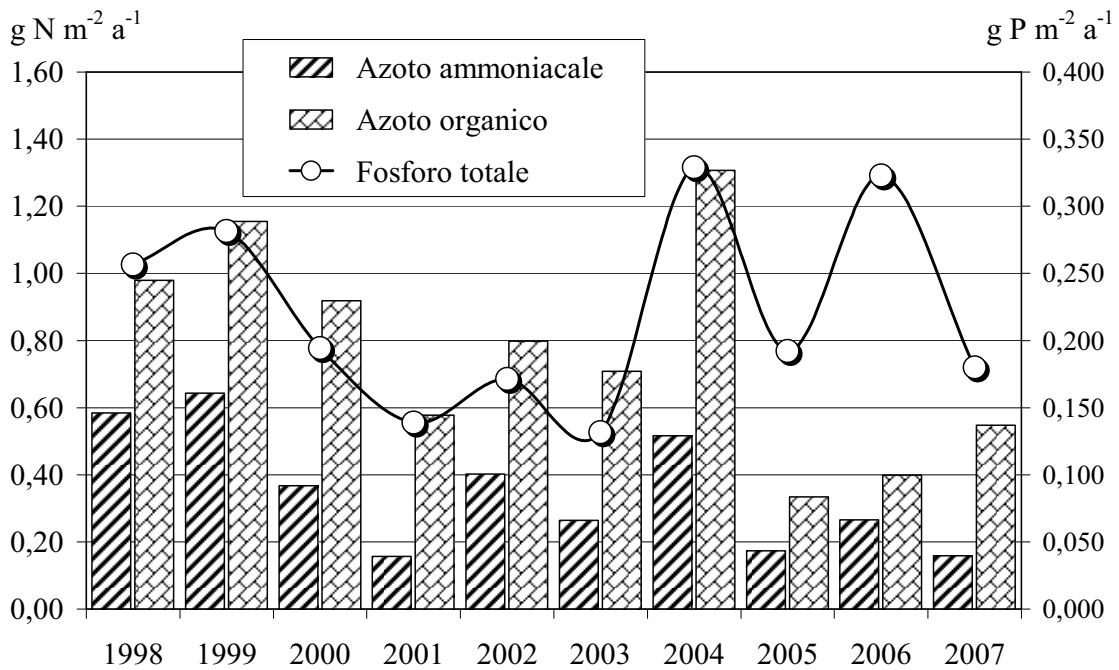


Fig. 2.3.2e. Lago Maggiore. Contributi areali annuali di fosforo totale, azoto ammoniacale e azoto organico dal Boesio dal 1998 al 2007.

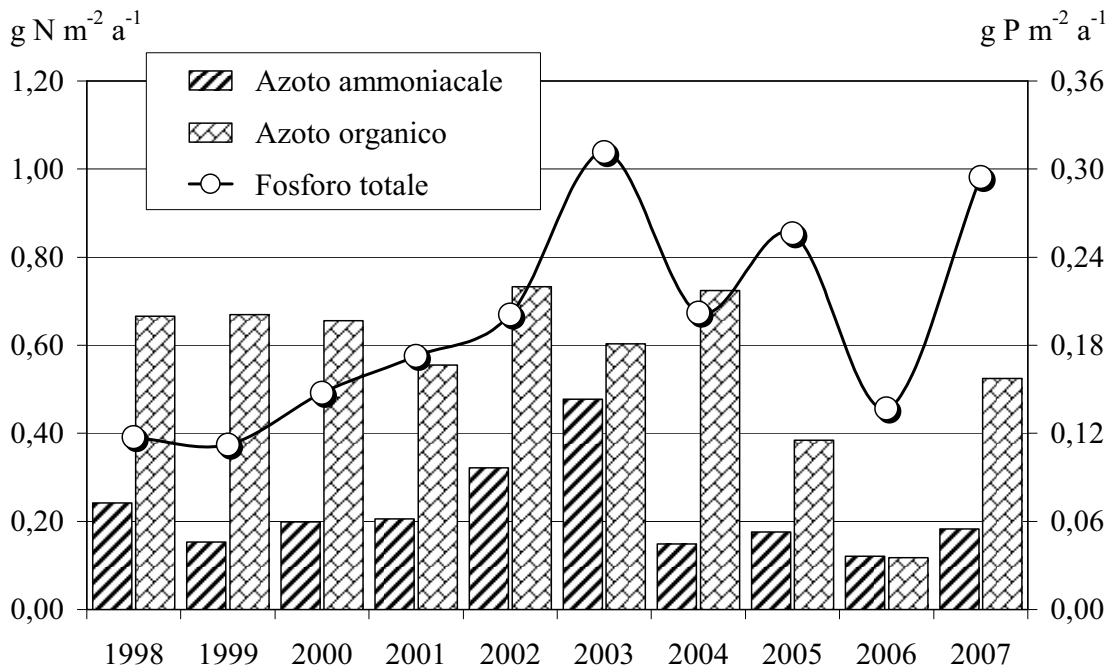


Fig. 2.3.2f. Lago Maggiore. Contributi areali annuali di fosforo totale, azoto ammoniacale e azoto organico dal Bardello dal 1998 al 2007.

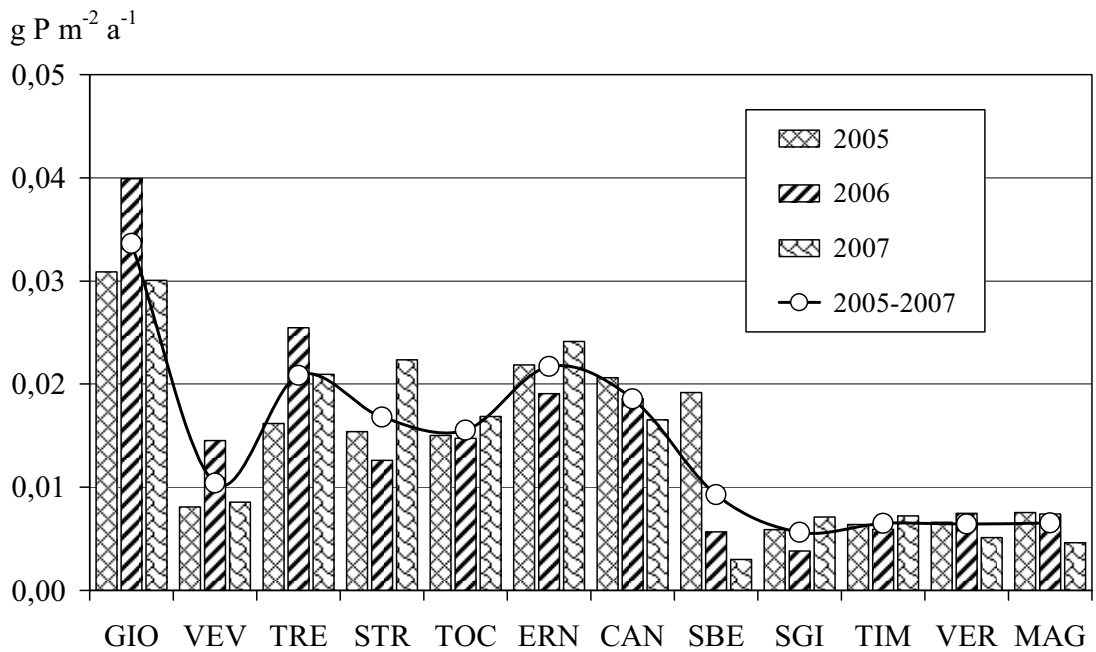


Fig. 2.3.2g. Lago Maggiore. Contributi areali di fosforo totale, annuali e medi, dai singoli tributari (esclusi Bardello e Boesio) nel triennio 2005-2007.

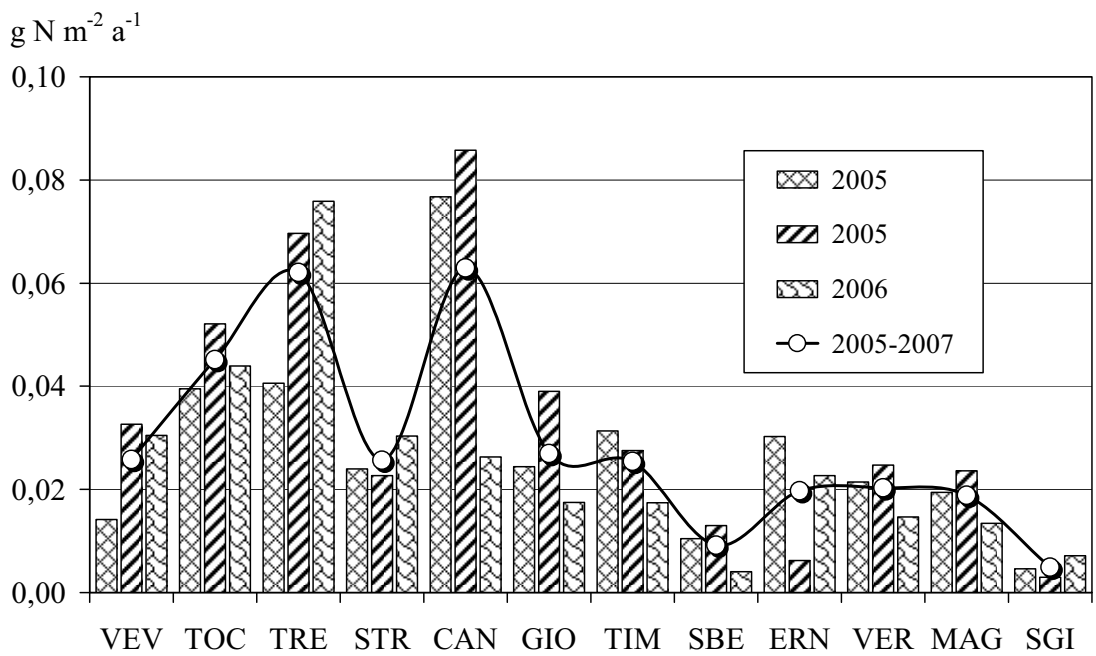


Fig. 2.3.2h. Lago Maggiore. Contributi areali di azoto ammoniacale, annuali e medi, dai singoli tributari (esclusi Bardello e Boesio) nel triennio 2005-2007.

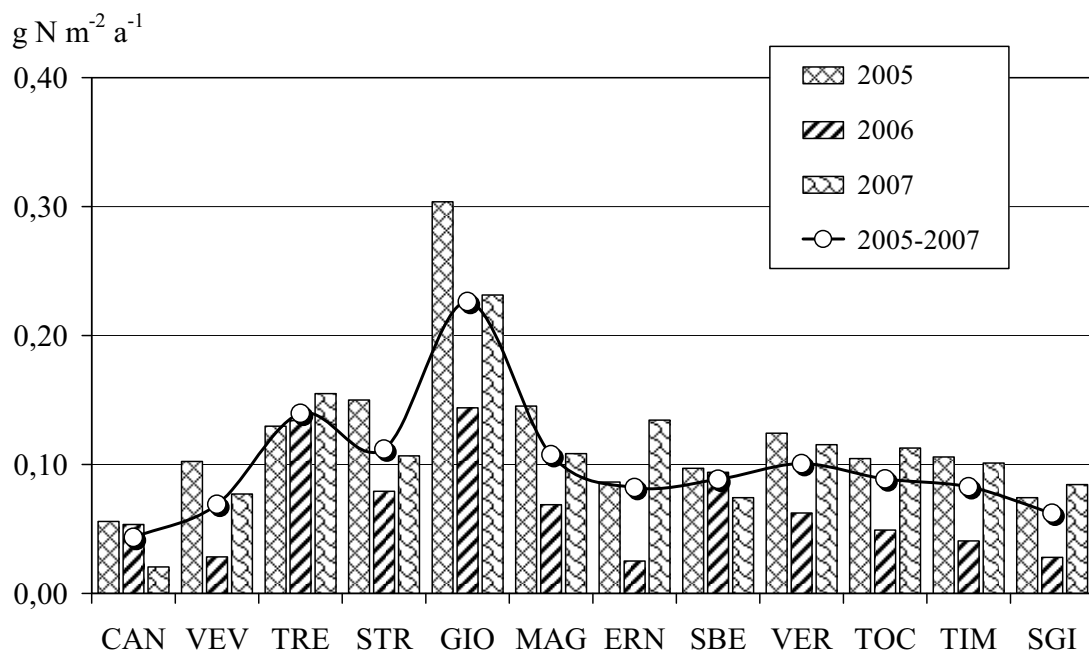


Fig. 2.3.2i. Lago Maggiore. Contributi areali di azoto organico, annuali e medi, dai singoli tributari (esclusi Tresa e Boesio) nel triennio 2005–2007.

Tab. 2.3.2e. Contributi areali di fosforo totale ($\text{g P m}^{-2} \text{a}^{-1}$) ed azoto ammoniacale ($\text{g N m}^{-2} \text{a}^{-1}$) e organico ($\text{g N m}^{-2} \text{a}^{-1}$) derivanti dalle acque tributarie ticinesi, piemontesi, lombarde e totali nel triennio 2005-2007.

	2005			2006			2007		
	<i>TP</i>	<i>NH₄</i>	<i>Norg</i>	<i>TP</i>	<i>NH₄</i>	<i>Norg</i>	<i>TP</i>	<i>NH₄</i>	<i>Norg</i>
Cantone Ticino	0,007	0,027	0,094	0,007	0,026	0,032	0,006	0,016	0,121
Piemonte	0,015	0,037	0,116	0,014	0,046	0,044	0,016	0,038	0,088
Lombardia	0,058	0,064	0,175	0,056	0,083	0,142	0,066	0,091	0,221
Acque tributarie	0,018	0,037	0,116	0,017	0,043	0,055	0,020	0,036	0,126