

Nota breve – Short note

Idrochimica e monitoraggio idrogeologico degli afflussi e deflussi del Lago di Tovel

Andrea BORSATO^{1*}, Flavio CORRADINI² & Paolo FERRETTI¹

¹Museo Tridentino di Scienze Naturali, Via Calepina 14, I-38100 Trento

²Dipartimento Valorizzazione delle Risorse Naturali, Istituto Agrario di San Michele all'Adige, Via Mach 1, I-38010 San Michele all'Adige (TN)

*E-mail dell'Autore per la corrispondenza: borsato@mtsn.tn.it

SUMMARY - *Hydrochemistry and hydrogeological monitoring of Lake Tovel inflows and outflows* - We present the results of the physical-chemical analyses carried out during the warm 2002 season on six sampling sites around Lake Tovel: two inflowing streams, three peri-lacustrine springs and the lake outlet. Moreover, the continuous monitoring of discharge, electrical conductivity and temperature of the main incoming stream and of the lake outlet allow to precisely define the physical-chemical evolution of the lake during the warm season.

Parole chiave: Lago di Tovel, idrochimica, monitoraggio idrogeologico

Key words: Lake Tovel, hydrochemistry, hydrogeological monitoring

Durante la prima annata di monitoraggi del progetto SALTO (Borghi *et al.* 2006) si sono effettuati, da maggio a tutto ottobre, una serie di campionamenti bisettimanali delle acque affluenti al lago per contribuire, con la loro caratterizzazione chimico-fisica, a una migliore interpretazione dell'idrochimica lacustre. In questa nota si presentano i risultati analitici di tale indagine, corredati da alcuni dati (portata, temperatura e conducibilità elettrica) ottenuti con monitoraggio in continuo nell'ambito della contemporanea campagna idrometrica sulle stesse acque (Borsato & Ferretti 2006). Sei punti di campionamento hanno riguardato i principali corsi d'acqua superficiali che alimentano per via diretta (Torrente Rislà) o indiretta (Torrente S. Maria Flavona) il lago, nonché le principali sorgenti perilacuali ubicate tutte all'interno della Baia Rossa (Fig. 1). Le metodologie del monitoraggio in continuo sono descritte in Borsato & Ferretti (2006), mentre per la descrizione delle tecniche analitiche si rimanda a Corradini & Boscaini (2006). Gli andamenti di portata, temperatura e conducibilità elettrica delle due stazioni principali (Torrente S. Maria Flavona e Torrente Tresenga, emissario del lago) confrontati con i dati della stazione meteorologica di Tovel (Eccel 2006) sono riportati nella figura 2; la sintesi dei risultati chimico-fisici (medie di 13 campionamenti per cia-

scun sito indagato) è riportata nella tabella 1, mentre l'andamento degli stessi durante il periodo d'indagine è visualizzato nella figura 3.

*Torrente S. Maria Flavona (SMF)
quota campionamento 1410 m s.l.m.*

La temperatura del torrente presenta un chiaro andamento stagionale, con valori massimi (medie giornaliere) intorno ai 10 °C durante la prima settimana di agosto, e è condizionata solo in maniera minore dall'andamento delle portate (Fig. 2), che risponde immediatamente alle precipitazioni. L'idrochimica è caratterizzata da un contenuto dominante, rispettivamente per anioni e cationi, di ione bicarbonato e ione Ca, con un valore medio di quest'ultimo di $32,8 \pm 3,6$ mg l⁻¹, uno dei più alti, durante i mesi estivi, tra quelli dei punti indagati; l'evoluzione temporale nella concentrazione di Ca e HCO₃, che trova riflesso anche nell'andamento della conducibilità elettrica (Fig. 2), subisce forti diluizioni durante la fusione nivale in maggio e a seguito dei maggiori eventi di precipitazione meteorica estiva/autunnale in novembre (non esistono analisi corrispondenti). Alcune piene sono precedute da un breve aumento della conducibilità elettrica, che testimonia il pistonnamento di acque più vecchie residenti nell'acqui-

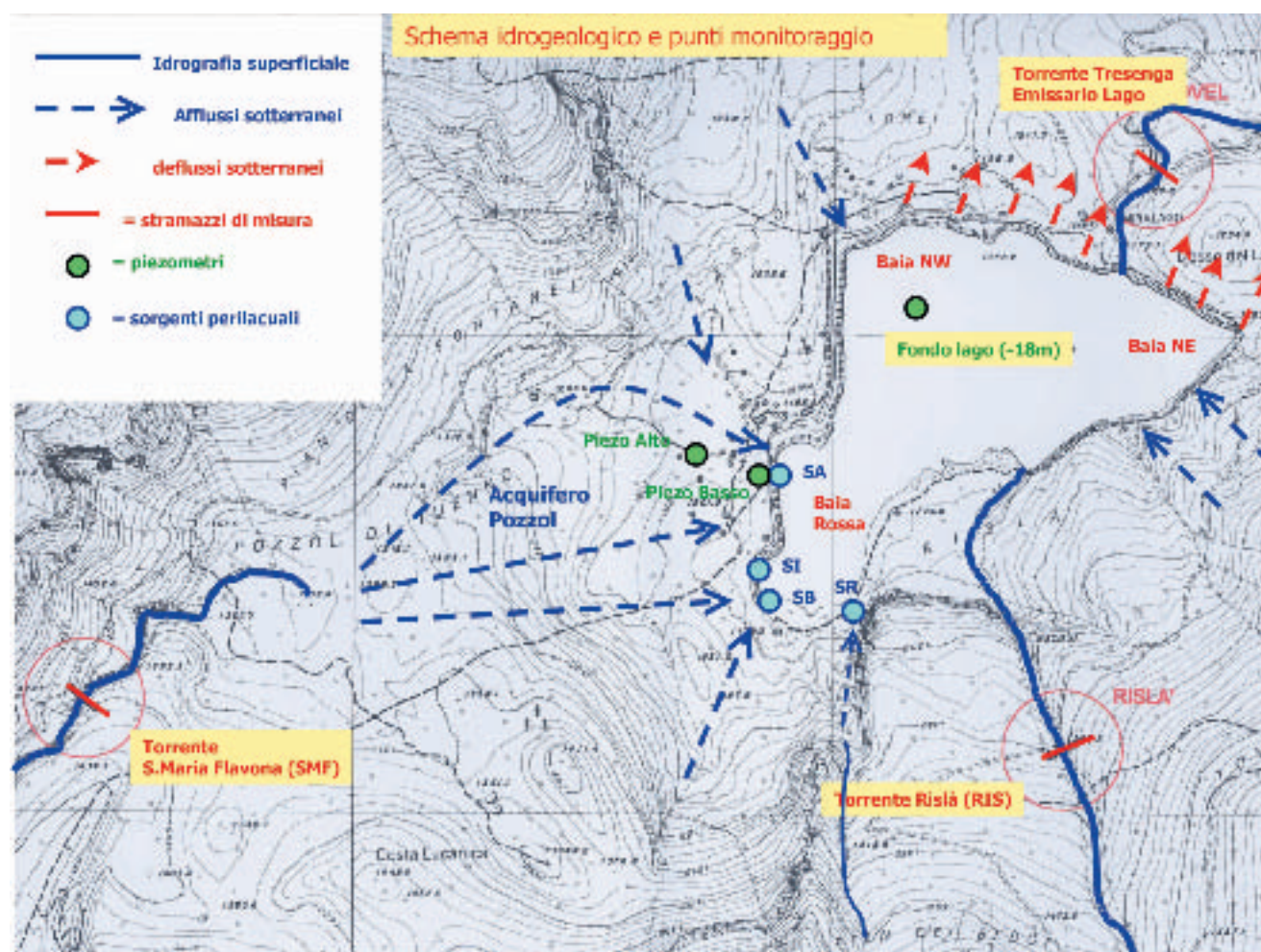


Fig. 1 - Schema idrogeologico del Lago di Tovel con l'ubicazione delle stazioni di monitoraggio e dei punti di campionamento.
 Fig. 1 - Hydrogeological sketch of Lake Tovel with the location of the monitoring sites and of the sampling points.

fero (Borsato 2001). Per quanto riguarda i nutrienti, il Torrente S. Maria Flavona presenta il contenuto medio più elevato di fosforo totale ($5,8 \pm 5 \mu\text{g l}^{-1}$), con punte massime fino a $19 \mu\text{g l}^{-1}$ nel mese di agosto per poi ritornare progressivamente ai valori medi di $5 \mu\text{g l}^{-1}$ verso fine ottobre.

Torrente Rislà (RIS)

quota campionamento 1360 m s.l.m.

L'andamento delle portate (Borsato & Ferretti 2006) e della temperatura è simile a quello del Torrente S. Maria Flavona. Le sue acque presentano concentrazioni medie di Ca di poco inferiori a quelle del Torrente SMF e sono sistematicamente arricchite di solfati e silice, elementi che derivano direttamente dalle litologie affioranti nel bacino dove prevale, rispetto al bacino del Torrente SMF, il Calcare di Zu (Ferretti & Borsato 2006a). È l'acquifero, fra quelli indagati, con le più alte concentrazioni medie di nitrati ($565 \pm 65 \mu\text{g l}^{-1}$, come N), mentre il basso contenuto

di fosforo totale (mediamente $2,2 \pm 1,3 \mu\text{g l}^{-1}$), sempre inferiore ai $5 \mu\text{g l}^{-1}$, riflette l'assenza nel bacino di alimentazione di fonti di contaminazione specifica dell'elemento, al di là di quelle strettamente connesse ai processi naturali. Anche la concentrazione media della forma reattiva solubile è risultata essere la più bassa, con valori medi intorno al limite di rilevazione analitica ($1,0 \mu\text{g l}^{-1}$). Pertanto, relativamente al fosforo, i contenuti medi del Torrente Rislà potrebbero essere orientativamente considerati i valori naturali di riferimento per l'intera area oggetto di studio, privi fra il resto di impatto da allevamento di bestiame.

Sorgente Albergo Lago Rosso (SA)

quota media 1177 m s.l.m.

È una scaturigine lineare, lunga circa cento metri di riva, che affiora in differenti punti nella parte più settentrionale della Baia Rossa. Essa è evidente quando il livello del lago è alto e rappresenta il più cospicuo afflusso d'acqua nella Baia Rossa, mentre quando

Tab. 1 - Valori medi dei parametri chimico-fisici.

Tab. 1 - Average values of the physical-chemical variables.

Parametro	Unità	Torr. SMF	Torr. Rislà	Sorgente SA	Sorgente SI	Sorgente SR	Emissario
temperatura	°C	6,5 ± 1,4	6,6 ± 2,1	5,6 ± 0,2	4,7 ± 0,1	4,8 ± 0,2	10,9 ± 2,3
conducibilità in situ (20°C)	µS cm ⁻¹	198 ± 21	192 ± 11	198 ± 8	177 ± 7	160 ± 18	171 ± 6
conducibilità labor. (20°C)	µS cm ⁻¹	199 ± 20	195 ± 11	199 ± 8	180 ± 8	162 ± 18	167 ± 19
pH (20°C)		8,2 ± 0,07	8,2 ± 0,04	8,0 ± 0,05	8,0 ± 0,05	8,0 ± 0,04	8,2 ± 0,07
alcalinità (CaCO ₃)	mg l ⁻¹	117 ± 13	112 ± 6	116 ± 5	104 ± 6	93 ± 11	100 ± 3
durezza	°F	10,9 ± 3,50	10,6 ± 3,25	10,9 ± 3,30	9,8 ± 2,98	8,7 ± 2,80	9,4 ± 2,83
azoto nitrico (N-NO ₃)	µg l ⁻¹	455 ± 72	565 ± 75	505 ± 47	481 ± 50	449 ± 84	414 ± 39
azoto ammonico (N-NH ₄)	µg l ⁻¹	<20	<20	<20	<20	<20	<20
azoto totale (N)	mg l ⁻¹	0,5 ± 0,08	0,6 ± 0,09	0,5 ± 0,05	0,5 ± 0,06	0,5 ± 0,10	0,5 ± 0,04
fosforo reattivo (P-PO ₄)	µg l ⁻¹	2,7 ± 2,6	1,0 ± 0,9	2,3 ± 1,0	4,0 ± 5,5	2,1 ± 0,6	1,1 ± 1,0
fosforo totale (P)	µg l ⁻¹	5,8 ± 5,1	2,2 ± 1,3	3,8 ± 1,7	5,2 ± 6,2	2,8 ± 1,0	2,8 ± 1,9
silice (SiO ₂)	mg l ⁻¹	0,77 ± 0,13	0,88 ± 0,13	0,84 ± 0,10	0,74 ± 0,07	0,73 ± 0,09	0,62 ± 0,14
bicarbonati (HCO ₃ ⁻)	mg l ⁻¹	143 ± 16	137 ± 8	142 ± 6	127 ± 7	113 ± 13	122 ± 4
solfati (SO ₄ ⁼)	mg l ⁻¹	1,83 ± 0,34	2,5 ± 0,41	1,7 ± 0,12	1,6 ± 0,12	1,9 ± 0,42	1,6 ± 0,12
cloruri (Cl ⁻)	mg l ⁻¹	0,29 ± 0,10	0,27 ± 0,07	0,34 ± 0,12	0,29 ± 0,08	0,24 ± 0,10	0,27 ± 0,08
calcio (Ca ⁺⁺)	mg l ⁻¹	32,8 ± 3,64	31,5 ± 2,40	33,3 ± 1,12	28,6 ± 1,54	24,8 ± 2,93	27,3 ± 0,79
magnesio (Mg ⁺⁺)	mg l ⁻¹	8,57 ± 1,13	8,66 ± 0,76	8,23 ± 0,56	8,13 ± 0,63	7,60 ± 1,05	7,92 ± 0,41
sodio (Na ⁺)	mg l ⁻¹	0,19 ± 0,04	0,16 ± 0,02	0,19 ± 0,04	0,18 ± 0,05	0,18 ± 0,09	0,16 ± 0,03
potassio (K ⁺)	mg l ⁻¹	0,16 ± 0,03	0,14 ± 0,03	0,16 ± 0,05	0,14 ± 0,03	0,16 ± 0,14	0,14 ± 0,03
stronzio (Sr ⁺⁺)	µg l ⁻¹	18 ± 14	15 ± 11	17 ± 13	14 ± 10	14 ± 12	14 ± 11
bario (Ba ⁺⁺)	µg l ⁻¹	12 ± 14	11 ± 11	12 ± 13	10 ± 11	9 ± 10	10 ± 11
Sr/Ca (x1000)	molare	0,61 ± 0,48	0,50 ± 0,38	0,51 ± 0,39	0,50 ± 0,37	0,59 ± 0,46	0,51 ± 0,39
Mg/Ca	molare	0,43 ± 0,04	0,46 ± 0,05	0,41 ± 0,02	0,47 ± 0,04	0,51 ± 0,06	0,48 ± 0,02

il lago scende per più di 2-3 metri sotto il livello di sfioro dell'emissario si esaurisce quasi completamente. Come tutte le sorgenti perilacuali di Tovel, la sua quota segue le oscillazioni di livello del lago e i punti di affioramento variano a seconda del livello del lago e della portata della sorgente (cfr. Ferretti & Borsato 2006b, Figg 2, 3). Il confronto dei dati di temperatura permette di evidenziare come la sorgente ($T_{media} = 5,5 \pm 0,2$ °C) sia in equilibrio con la temperatura dell'acquifero Pozzol (Fig. 1), che si mantiene costante intorno ai $5,4 \pm 0,1$ °C nell'arco di tutto l'anno (Borsato & Ferretti 2006). La concentrazione media di Ca ($33,3 \pm 1,1$ mg l⁻¹) è sostanzialmente uguale a quella del Torrente S. Maria Flavona e subisce poche escursioni nel corso di tutto il periodo di campionamento, a testimonianza della forte inerzia geochimica dell'acquifero sotterraneo legata al suo grande volume. Anche il rapporto Mg/Ca ($0,41 \pm 0,02$) e il contenuto di solfati ($1,75 \pm 0,12$ mg l⁻¹) e di silice ($0,84 \pm 0,1$ mg l⁻¹) sono simili a quelli del Torrente SMF (Mg/Ca= 0,43

$\pm 0,04$; $SO_4^{2-} = 1,83 \pm 0,34$ mg l⁻¹; $SiO_2 = 0,77 \pm 0,13$ mg l⁻¹), a conferma della sua alimentazione da parte del Torrente SMF e della poca reattività di questi elementi all'interno dell'acquifero Pozzol.

Sorgente "Stazione IASMA" (SI) quota media 1177 m s.l.m.

È una sorgente pressoché puntiforme ubicata al margine sud-occidentale della Baia Rossa, poco a sud della stazione meteorologica dell'Istituto Agrario di San Michele all'Adige. Rispetto alla Sorgente Albergo Lago Rosso, tende a esaurirsi meno rapidamente, nonostante abbia una portata più ridotta. Anch'essa in seguito a significativi abbassamenti del livello lacustre sgorga progressivamente sempre più in basso fino a scomparire del tutto. Confrontando la sua temperatura media ($T = 4,7 \pm 0,2$ °C) con quella della sorgente SA e dell'acquifero Pozzol si notano valori inferiori di quasi un grado, indicativi di un

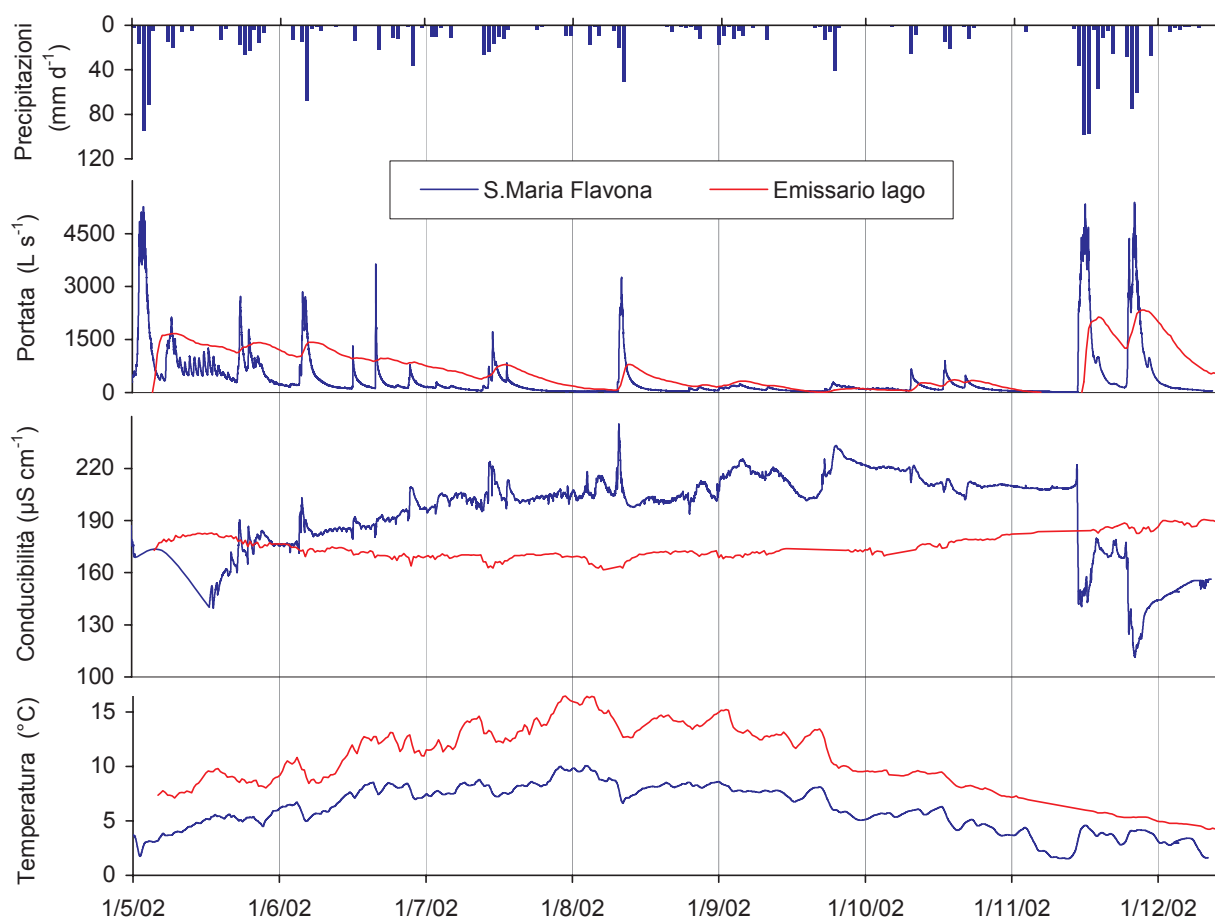


Fig. 2 - Andamenti di portata, conducibilità elettrica e temperatura del Torrente S. Maria Flavona (in blu) e del Torrente Tresenga, emissario del Lago di Tovel, (in rosso) durante la primavera-autunno 2002, confrontati con la piovosità giornaliera (stazione meteorologica di Tovel) (Eccel 2006).

Fig. 2 - Continuous monitoring of discharge, electrical conductivity and temperature of the main incoming stream S. Maria Flavona (in blue) and of the lake outlet Torrente Tresenga (in red) during spring-autumn 2002. The daily rainfall data (Tovel station) are also reported (Eccel 2006).

contribuito da parte di acque più fredde provenienti da zone di alimentazione a quota media più elevata (Ferretti & Borsato 2006b). Tale ipotesi è suffragata anche dal confronto tra i valori medi di conducibilità elettrica della sorgente ($177 \pm 7 \mu\text{S cm}^{-1}$), del Torrente SMF ($198 \pm 21 \mu\text{S cm}^{-1}$) e della sorgente SA ($198 \pm 8 \mu\text{S cm}^{-1}$). La minor mineralizzazione delle acque della sorgente rispetto a quelle dell'acquifero Pozzol si osserva in tutti i principali componenti disciolti (HCO_3^- , Ca, SO_4 , Mg e SiO_2), mentre è più elevato il contenuto di fosforo totale che presenta singoli picchi fino a $20 \mu\text{g l}^{-1}$ tra fine luglio e settembre.

Sorgente "Baia Rossa" (SB)
quota media 1177 m s.l.m. (non campionata)

Sgorga diffusamente lungo un breve tratto di costa nascosto dalla fitta vegetazione in corrispondenza dell'estremità più meridionale della Baia Rossa. Al disgelo primaverile, quando ancora il livello del

lago si trova più di 2-3 metri sotto il livello di sfioro dell'emissario e le altre sorgenti perilacuali non sono ancora attive, la sorgente forma un rigagnolo dotato di una discreta portata. Una volta risalito il livello sopra lo sfioro, la polla è riconoscibile solo in base alle misure di temperatura e conducibilità elettrica. Presenta infatti i più bassi valori medi di temperatura ($4,5 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$) e di conducibilità elettrica ($155 \pm 9 \mu\text{S cm}^{-1}$) rispetto agli altri sei punti analizzati, simili comunque a quelli delle sorgenti "Stazione IASMA" e "Roccione". Escluso il periodo primaverile di disgelo, anche questa sorgente segue l'oscillazione del lago, esaurendosi quando il lago scende di qualche metro sotto lo sfioro.

Sorgente "Roccione" (SR)
quota media 1180 m s.l.m.

È la più importante di un gruppo sorgentizio situato al margine sud-orientale della Baia Rossa.

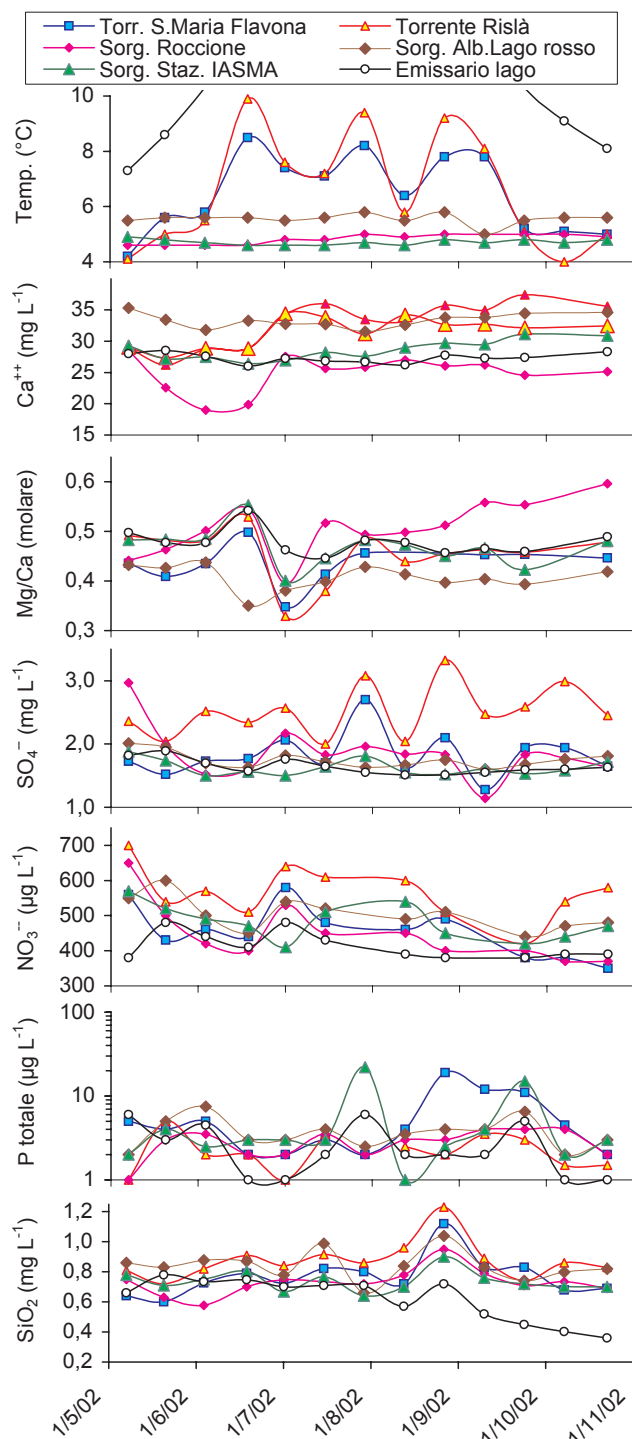


Fig. 3 - Andamento bisettimanale dei principali parametri chimico-fisici.

Fig. 3 - Bi-monthly trend of the main physical-chemical variables.

Apparentemente sembra scaturire tra gli strati della piccola parete rocciosa in Dolomia Principale che la sovrasta. Il punto di emergenza è in realtà al contatto tra la roccia e i depositi detritici che le si accostano e si abbassa solamente quando il livello lacustre rag-

giunge il minimi stagionali. Pur variando la quota di affioramento e riducendosi notevolmente durante il lungo periodo di magra invernale, questa è la sorgente più persistente rispetto alle altre della Baia Rossa. Presenta valori medi di temperatura ($4,8 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$) e conducibilità elettrica ($159 \pm 18 \text{ } \mu\text{S cm}^{-1}$) paragonabili alle sorgenti dell'estremità meridionale della Baia Rossa (SI e SB), sebbene la concentrazione di Ca sia inferiore e il rapporto Mg/Ca aumenti regolarmente a partire da luglio. Il contenuto medio di fosforo totale è molto basso ($2,8 \pm 1 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$), simile a quello del Torrente Rislà.

*Emissario: Torrente Tresenga
quota campionamento 1170 m s.l.m.*

La temperatura del torrente ha un chiaro andamento stagionale del tutto simile, sebbene di circa $5 \text{ }^\circ\text{C}$ più calda, a quella del Torrente SMF (Fig. 2), e risente in maniera minore dell'andamento delle portate con valori massimi in corrispondenza dei minimi di portata. I valori massimi delle medie giornaliere ($16,5 \text{ }^\circ\text{C}$) si presentano durante la prima settimana di agosto. La conducibilità elettrica è molto stabile ($171 \pm 6 \text{ } \mu\text{S cm}^{-1}$), con un andamento inverso a quello della temperatura a causa della maggior precipitazione di CaCO_3 nel lago alle temperature più elevate (Fig. 2). Rispetto alle sorgenti periacquale, l'acqua dell'emissario appare sistematicamente impoverita in carbonati (ad eccezione della sorgente SR), solfati, nitrati e silice. Quest'ultima, in particolare, subisce una drastica diminuzione da fine luglio ($\text{SiO}_2 = 0,77 \text{ mg l}^{-1}$) a fine ottobre ($\text{SiO}_2 = 0,35 \text{ mg l}^{-1}$), a causa del consumo biogenico all'interno del lago durante la tarda estate e l'autunno.

BIBLIOGRAFIA

Borghi B., Borsato A., Cantonati M., Corradini F. & Flaim G., 2006 - Studio sul mancato arrossamento del Lago di Tovel - Il Progetto SALTO (2001-2004). *Studi Trent. Sci. Nat., Acta Biol.*, 81 (2004), Suppl. 2: 1-4.

Borsato A., 2001 - Characterisation of a high-altitude alpine karst aquifer by means of temperature, conductivity and discharge monitoring (Centonia spring, Brenta Dolomites, N-Italy). In: Mudry J. & Zwahlen F. (eds), *Proceedings of 7th Conference on Limestone Hydrology and Fissured Media*. Besançon (France), 20th-22nd September 2001: 51-54, 2001.

Borsato A. & Ferretti P., 2006 - Monitoraggio idrometrico del Lago di Tovel e del suo bacino. *Studi Trent. Sci. Nat., Acta Biol.*, 81 (2004), Suppl. 2: 205-223.

Corradini F. & Boscaini A., 2006 - Fisica e chimica delle acque del Lago di Tovel (Trentino, Alpi centrali). *Studi Trent. Sci. Nat., Acta Biol.*, 81 (2004), Suppl. 2: 307-326.

Eccel E. & Toller G.B., 2006 - Inquadramento climatico del Lago di Tovel e del suo bacino. *Studi Trent. Sci. Nat., Acta Biol.*, 81 (2004), Suppl. 2: 247-258.

Ferretti P. & Borsato A., 2006a - Geologia e geomorfologia della Valle e del Lago di Tovel. *Studi Trent. Sci. Nat.*,

Acta Biol., 81 (2004), Suppl. 2: 173-187.

Ferretti P. & Borsato A., 2006b - Studio idrogeologico della Valle e del Lago di Tovel. *Studi Trent. Sci. Nat., Acta Biol.*, 81 (2004), Suppl. 2: 189-203.