

Atti e Memorie della Commissione Grotte "E. Boegan"	Vol. 37 (1999)	pp. 143-153	Trieste 2000
---	----------------	-------------	--------------

FRANCO CUCCHI (\*) - STEFANO FURLANI (\*\*) - ENRICO MARINETTI (\*\*\*)

## MONITORAGGIO IN CONTINUO DEL LIVELLO DEL LAGO DI DOBERDÒ (°)

### RIASSUNTO

*Nel periodo compreso tra giugno 1998 ed ottobre 1999 è stato posizionato nel lago di Doberdò uno strumento contenente due datalogger per la misura in continuo del livello e della temperatura delle sue acque.*

*Le misure ottenute sono state confrontate con le precipitazioni e le escursioni di marea. I risultati dell'indagine hanno confermato che le caratteristiche e le modalità di riempimento e svuotamento del lago sono legate alle precipitazioni e al regime delle acque profonde provenienti da gallerie ipogee in pressione alimentate dal vicino sistema idrogeologico del Timavo e, specie in fase di magra, da quello dell'Isonzo-Vipacco. Dai confronti risulta che le oscillazioni di livello del lago, anche in magra, non risultano condizionate dal regime marino.*

*Una campagna topografica ha portato a definire con esattezza la quota media assoluta del livello del lago nel periodo considerato che è di 3,6 m s.l.m. Le oscillazioni di livello risultano superiori ai 6 m, la velocità di innalzamento non dipende dal livello poi raggiunto, quella di svuotamento risente del carico idraulico; le temperature del lago sono influenzate dalla temperatura esterna soprattutto in fase di magra.*

### SUMMARY

#### IN CONTINUUM MONITORING OF THE LEVEL OF THE LAKE OF DOBERDÒ

*In the period between June 1998 and October 1999 in the lake of Doberdò an instrument containing two data loggers was positioned in order to measure in continuum the level and temperature of its waters.*

*The measurements obtained were compared with rainfalls and tidal rises. The results of the survey confirmed that the characteristics and modalities of filling and emptying of the lake are linked to rainfalls and to the regime of the groundwaters flowing from hypogean galleries in pressure that are fed by the near hydrogeological system of the Timavo and, especially during low waters, by that of the Isonzo-Vipacco. From the comparisons it comes out that also during low waters the oscillations of the level of the lake are not conditioned by the sea regime.*

*A topographic survey led to define exactly the absolute average height of the level of the lake, which is of 3.6 m above the sea level in the period considered. The oscillations of the level are higher than 6 m, the velocity of the rise does not depend upon the level reached, that of emptying is affected by the hydraulic charge; the temperatures of the lake are influenced by the outside temperature especially during low water.*

---

(\*) Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine dell'Università di Trieste e Commissione Grotte "E. Boegan", CAI-SAG Trieste.

(\*\*) Geologo, Società di Studi Nettuno, Trieste.

(\*\*\*) Geologo, Aurisina, Trieste.

(°) Pubblicazione n. 2165 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche del CNR, L.R. 4 "Studi sulla vulnerabilità delle falde" coordinatore prof. M. Civita, U.O. 4.7 - Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine dell'Università di Trieste, responsabile prof. F. Cucchi.

## POVZETEK

### NEPREKINJENE MERITVE VIŠINE GLADINE DOBERDOBSKEGA JEZERA

*V obdobju, ki gre od junija 1998 do oktobra 1999 je delovala v Doberdobskem jezeru naprava, ki je vsebovala dva dataloggers, ki sta neprekinjeno merila nivo vodne gladine in temperaturo vode.*

*Izmerjene vrednosti so avtorji primerjali s padavinami in plimovanjem morja. Rezultati so potrdili, da je način polnjenja in praznjenja jezera povezan s padavinami in nihanjem podzemeljskih voda, ki prihajajo iz rovov, ki se nahajajo pod vodno gladino in ki jih napaja, v sušnem obdobju, bližnji hidrogeološki sistem Soče in Vipave in ob visokih vodah tudi Timave. Iz primerjav izhaja tudi, da nihanje gladine, tudi v suši, ni odvisno od stanja morja.*

*Redne topografske meritve so omogočile določitev točne povprečne višine vodne gladine jezera za obdobje meritev, ki znaša 3,6m nad morsko gladino. Nihanje gladine presega 6m. Hitrost naraščanja gladine ni odvisna od nato dosežene višine, medtem ko je hitrost praznjenja odvisna od nivoja vode v zaledju. Temperatura vode v jezeru občuti vpliv zunanje temperature, predvsem v sušnem obdobju.*

## Premessa

Il lago di Doberdò rappresenta una finestra morfologica sulla falda di base dell'acquifero del Carso Classico in corrispondenza del sistema sorgentifero e quindi uno degli elementi fondamentali nello studio dell'idrologia ipogea di questa importante risorsa idrica.

La comprensione delle relazioni tra i diversi sistemi idrici interagenti nell'area e la definizione del loro contributo alle fasi di impinguamento rappresentano pertanto indispensabili punti di partenza nello studio dell'idrologia carsica locale.

La campagna di monitoraggio in continuo delle oscillazioni del livello del lago e della temperatura delle acque eseguita dal Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine dell'Università di Trieste, nell'ambito di ricerche sovvenzionate dal G.N.D.C.I.-C.N.R., in collaborazione con speleosubacquei locali, è iniziata nel giugno 1998 e continua tuttora, con gli strumenti sempre in funzione <sup>(1)</sup>.

La ricerca si è articolata in più fasi: scelta del luogo, messa in posto della strumentazione, misurazione della quota assoluta del livello dell'acqua, risoluzione dei problemi tecnici relativi al miglior funzionamento degli strumenti, prelievo dei dati, loro elaborazione ed analisi.

Nel presente lavoro si analizzano i valori raccolti fino all'ottobre 1999, correlandoli con le precipitazioni e le escursioni di marea verificatesi nel periodo. L'analisi si inserisce in un progetto di ricerca più ampio che prevede di mettere in correlazione il bacino di Doberdò e le sorgenti di Duino con i sistemi idrici contigui del Carso Classico.

## Inquadramento geografico e geologico

Il lago di Doberdò si trova in Provincia di Gorizia (Italia) nel Comune di Doberdò del Lago (figura 1), in corrispondenza della terminazione occidentale del Carso Classico. Ha una superficie complessiva di circa 400.000 m<sup>2</sup> (foto 1), anche se durante i periodi di magra

---

<sup>(1)</sup> Si ringraziano la Società di Studi Nettuno per la collaborazione; Stavros Freatopoulos, istruttore subacqueo SSI, per il posizionamento e la manutenzione degli strumenti; Marco Manzoni per le misure GPS; Franco Stravisi, del Dipartimento di Scienze della Terra di Trieste, per i dati di temperatura atmosferica e precipitazione.

<sup>(2)</sup> Nel foglio 1:50.000 Gorizia e nella tavoletta 1:25.000 40a III NO "Monfalcone", al lago viene attribuita una quota di 5 m; nell'elemento 1:5.000 088151 "Bonetti" della Carta Tecnica Regionale Numerica del F.-V.G. una quota di 4 m.

essa si riduce a pochi metri quadrati (foto 2). Da un punto di vista prettamente idromorfologico, il lago ha un bacino imbrifero di circa 52 km<sup>2</sup> (MOSETTI, 1983), ma essendo inserito in un'area fortemente carsificata, l'alimentazione più che dal ruscellamento superficiale (peraltro quasi nullo) dipende dagli apporti dalla falda ipogea che il lago intercetta.

Morfologicamente le acque sono localizzate in un articolato graben, orientato NW-SE, delimitato a NE dai ripidi versanti di faglia dell'allineamento Colle Nero – M. Castellazzo – Jamiano e a SW dai colli di Sopra Selz – M. Debelj – Arupacupa. La depressione ha quota media inferiore a 10 m s.l.m., i colli si elevano dai 230 m ai 120 m circa.

Nell'area affiorano termini da francamente calcarei a dolomitici cretacei. Si tratta di litotipi afferenti a diverse unità litostratigrafiche ancora oggi in fase di studio e di definizione: calcari, calcari dolomitici, breccie dolomitiche e dolomie. Abbondanti, specie alle quote inferiori, le terre rosse ed altri depositi terroso-detritici sciolti. Secondo Martinis (1975), la superficie del lago ha una quota di circa 6 m s.l.m. nei periodi di magra e può raggiungere le quote di 8,5 e 12 m s.l.m. in casi eccezionali, con una oscillazione ordinaria di 2-3 metri. Si tratta di valori che risultano sostanzialmente differenti da quelli da noi rilevati.

Per definire la quota assoluta del livello del lago<sup>(2)</sup> è stata eseguita una campagna topografica mediante l'utilizzo di un GPS differenziale, il cui master è stato fissato su un caposaldo noto posizionato presso l'imboccatura del Pozzo dei Colombi (San Giovanni di Duino, TS), il ricevitore in corrispondenza della superficie lacustre.

I dati ottenuti il 4 febbraio 1999, alle ore 9:30, sono i seguenti: coordinate chilometriche Gauss-Boaga: 5076028.738, 2408633.752, quota 2.968 m.

Questo valore è quello da noi attribuito all'altezza d'acqua registrata dallo strumento in quel momento e quindi tutti i valori di quota riportati sono "assoluti". Essi potrebbero così costituire la base per definire le quote assolute medie, minime e massime del livello del lago.

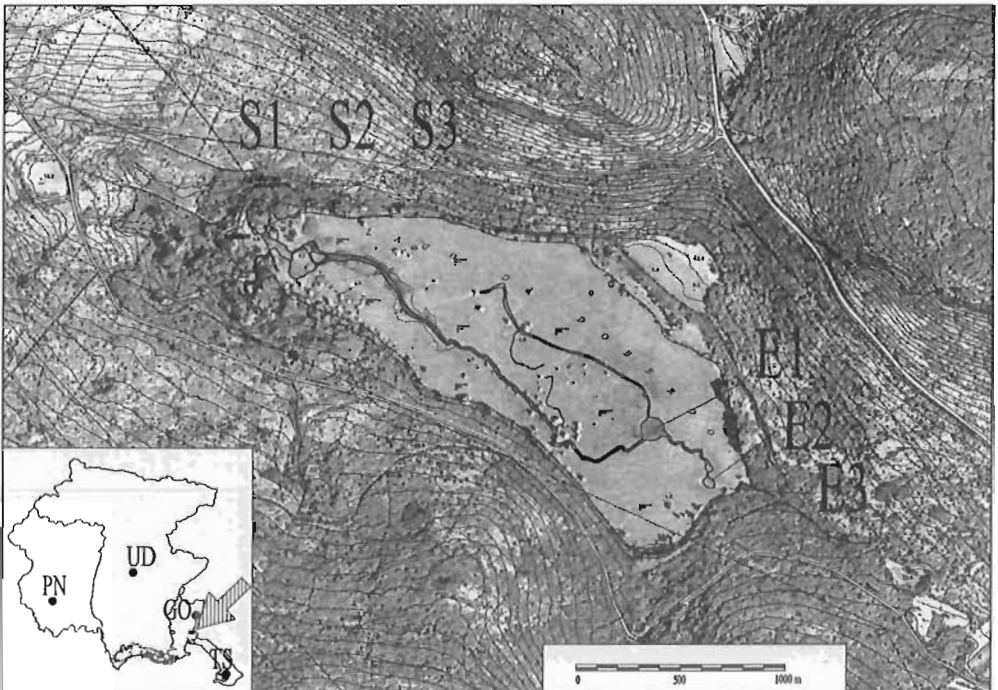


Fig. 1 - Il lago di Doberdò: S = sorgente, E = Estavelle. Lo strumento è stato posizionato in E2.



Foto 1 - Il lago di Doberdò in fase di piena.



Foto 2 - Il lago di Doberdò in fase di magra visto da nord: solo poche depressioni sono riempite d'acqua (quota di 2,51 m misurata in E2 in occasioni simili).

## Note idrogeologiche

Le precipitazioni variano da 1100 mm a 1300 mm annui (POLLI, 1984). Il picco massimo di piovosità si ha in ottobre, il secondario in giugno. I minimi, di solito, si verificano in febbraio e in luglio. In inverno le precipitazioni possono assumere carattere nevoso per 1-5 giorni l'anno. La stazione meteorologica installata nei pressi del lago, purtroppo operativa solamente dal 1967 al 1971, porta a definire una temperatura media annua locale di 12,4°C, con un'escursione media di 19,5°C. Il mese più caldo è luglio, il più freddo gennaio, con temperature medie rispettivamente di 31°C e -6°C.

L'umidità media annua nel periodo considerato è risultata del 65%, con casi estremi minimi del 15% in condizione di bora. Il lago si alimenta in minima parte dagli apporti meteorici diretti e dal ruscellamento superficiale in quanto è l'espressione dell'affioramento della falda ipogea contenuta nelle assise calcaree che formano il Carso isontino e monfalconese.

La falda carsica contenuta nel Carso Classico (sloveno, triestino, isontino) viene a giorno in una vasta zona, morfologicamente articolata, probabilmente punto di richiamo delle acque perché area in abbassamento o in minor sollevamento da alcuni milioni di anni. L'area comprende alcuni laghi, quello di Doberdò appunto, e quelli di Pietrarossa e di Sablici (ora bonificati), numerose sorgenti puntuali e diffuse: le sorgenti di San Giovanni di Duino, quelle diffuse nelle paludi del Lisert e di Moschenizza, quelle marine del tratto Monfalcone-Sistiana.

Il sistema idrologico carsico è dato da un reticolo di dreni principali del tutto sconosciuto cui fa capo una diffusa rete di discontinuità più o meno allargate dal carsismo. Il sistema isontino riceve alimentazione dalle acque meteoriche (che attraversano abbastanza rapidamente una zona vadosa intensamente carsificata potente mediamente 130 metri), da perdite laterali di corsi d'acqua (i fiumi Isonzo e Vipacco), da apporti della falda ipogea del Carso classico sloveno (area Opatjeselo – Kostanjevica - Selo – Brestovica). Con la falda contenuta nel Carso Classico triestino e sloveno le acque del Carso isontino hanno un rapporto complesso, consistente in apporti e/o in contributi di entità variabile in funzione dei rispettivi livelli piezometrici e delle condizioni di impingamento.

Nel settore nordoccidentale del lago di Doberdò sono riconoscibili alcune risorgive e nel settore sudorientale alcuni inghiottitoi che occasionalmente funzionano anche da risorgive (estavelles). Le acque defluiscono poi nel più vasto sistema sorgentifero che ad Est si confonde con quello delle acque provenienti dal "Sistema Timavo".

I primi studi risalgono al 1535, quando Giacomo Valvasone, nel *Discorso de' Bagni di Monfalcone e del Fiume Timavo*, sostiene che "la copia maggiore e perenne di tutte le sette bocche di Duino derivi occultamente dal lago di Dobradò".

Sono tuttavia le acque dell'Isonzo e del Vipacco ad alimentare per lo più i laghi di Doberdò e Pietrarossa, come dimostrato con traccianti da Timeus già nel 1907, da Mosetti e D'Ambrosi nel 1963 e, in base al chimismo delle acque, da Gemiti nel 1994.

A seconda del regime idrico la composizione delle acque cambia: in magra, prevalgono le "acque isontine" mentre in periodo di piena sono più cospicue le "acque carsiche".

## Strumentazione e misure

Per questa ricerca si sono impiegati due strumenti <sup>(3)</sup>, uno dei quali misura le variazioni di livello del lago e l'altro le escursioni termiche dell'acqua. Entrambe le sonde sono inserite al-

---

<sup>(3)</sup> Gli strumenti sono ideati e costruiti dalla ditta Meccatronica di Claudio Zupin, via Flavia 23/1 Trieste. Per la loro tipologia si veda: Crevatin G. e Al. (1999).

l'interno di un involucro di acciaio (un tubo lungo una ventina di centimetri) e disposte alle estremità; la chiusura ermetica a protezione dei datalogger e delle batterie è garantita da due tappi filettati muniti di guarnizione.

Il misuratore di pressione idrostatica, non automaticamente compensato con la pressione atmosferica, è stato costruito per misure di precisione (risoluzione di 0,1 cm) nell'intervallo 0,05 – 10 metri. È in grado di memorizzare, secondo un programma definibile dall'esterno, ben 16.092 misure. Nel nostro caso la lettura del livello avviene ogni 40 minuti.

Il misuratore di temperatura opera con notevole precisione in un intervallo da  $-10^{\circ}\text{C}$  a  $+40^{\circ}\text{C}$  ed è in grado di memorizzare 7.788 misure. Anch'esso effettua una lettura ogni 40 minuti. Gli strumenti, prima della messa in posto, sono stati testati in laboratorio con un'apposita strumentazione capace di riprodurre le pressioni idrostatiche e con un termometro di precisione. I sub li hanno posizionati sulla parete dell'imboccatura dell'inghiottitoio principale<sup>(4)</sup> ubicato in una lieve depressione nella parte sudoccidentale del lago (figura 2). Vengono così a trovarsi a -1 m s.l.m.

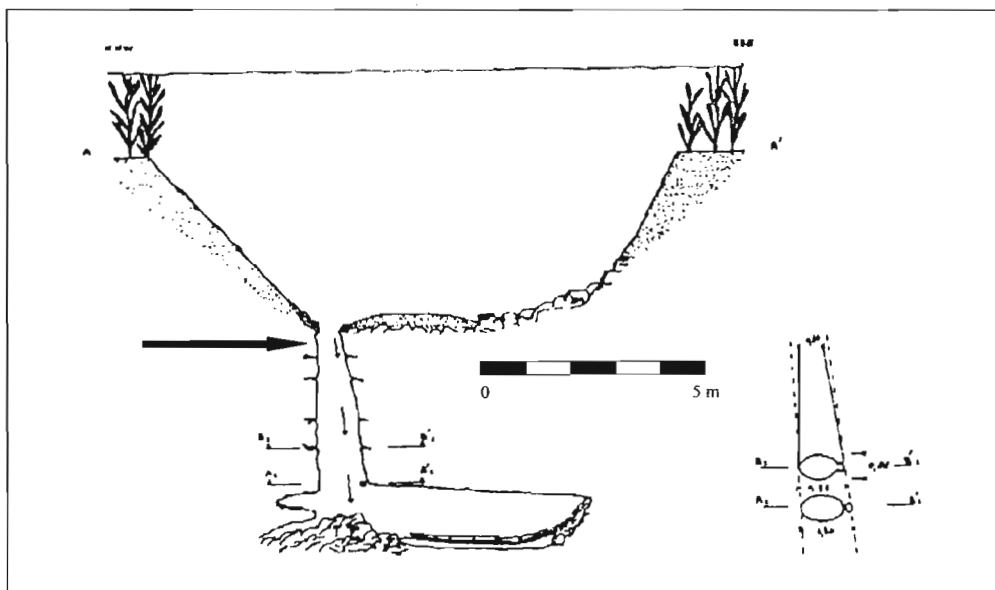


Fig. 2 - La freccia indica l'ubicazione della strumentazione all'inizio del pozzo di accesso all'estavella E2 (Rilievo di Freanopoulos, 1992).

### La temperatura delle acque

Scarse sono le fonti bibliografiche che riportino misure di temperatura nel lago di Doberdò o nei vicini laghi di Pietrrossa e Sablici: Timeus (1910) segnala una temperatura di  $11,5^{\circ}$  per il primo, con temperature dell'aria comprese tra i  $21^{\circ}$  e  $23,5^{\circ}$ . Una campagna di misurazioni effettuata nel periodo '75-'76 definisce in  $11,2^{\circ}\text{C}$  la temperatura media (GEMITI &

<sup>(4)</sup> Nel Catasto Regionale delle Grotte della Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia l'inghiottitoio risulta avere le seguenti caratteristiche: N° di Catasto 4925 VG; CTR Bonetti 088151 -  $13^{\circ}34'1''$ ,  $45^{\circ}49'46''$ ,36 - quota ing.:  $+0,5\text{ m}$  - prof.:  $5,5\text{ m}$  - svil.:  $10,5\text{ m}$  - rilevatore: Stavros Freanopoulos - data: 9 giugno 1991.

LICCIARDELLO, 1977). Durante le osservazioni effettuate tra l'85 e l'88 (CANCIAN, 1988) nella sorgente Nord, ai piedi di Castellazzo, risulta un'escursione media di soli 0,7°C (12,0-12,7°C), mentre nelle altre sorgenti la temperatura media è di 11,4°C con valori massimi di 13°C e minimi di 10°C.

Non è sempre chiaro tuttavia dove questi valori siano stati assunti, e in che condizioni meteorologiche.

I valori di temperatura delle acque, rilevati nel corso della nostra esperienza, riferiti al periodo dal 26 giugno 1998 al 13 ottobre 1999 (figura 3) risultano i seguenti:

minima: 3,8° C; massima: 21,2° C; media: 13,2° C.

A fronte della regolarità manifestata dalle sorgenti nel settore nordoccidentale si ha quindi la notevole variabilità delle temperature delle acque nel settore sudorientale del lago, in uscita dall'estavalle durante il regime normale e le fasi di decremento, in entrata durante le piene.

Le acque ipogee di alimentazione, a temperatura praticamente costante di circa 11°C, si riscaldano anche di 10°C e si raffreddano anche di 4°C, adattandosi alle condizioni esterne prima di essere riassorbite e convogliate verso i sistemi sorgentizi di Pietrarossa, Moschenitze, Lisert, Randaccio.

Il confronto tra precipitazioni, temperature dell'acqua e atmosferiche ha evidenziato la correlazione tra l'andamento delle temperature dell'aria, registrate nella stazione meteorologica dell'Area di Ricerca di Padriciano (383 m s.l.m.), e di quelle rilevate nel lago di Doberdò.

Particolarmente interessanti le oscillazioni diurne, superiori ai 5°C, che evidenziano la veloce tendenza all'equilibrio termico con la temperatura dell'aria: le oscillazioni sono nette durante il periodo tardo primaverile, estivo e pre-autunnale.

Le piogge influenzano decisamente il regime termico delle acque del lago: durante gli eventi di precipitazione intensa o prolungata le escursioni termiche diurne si riducono al minimo.

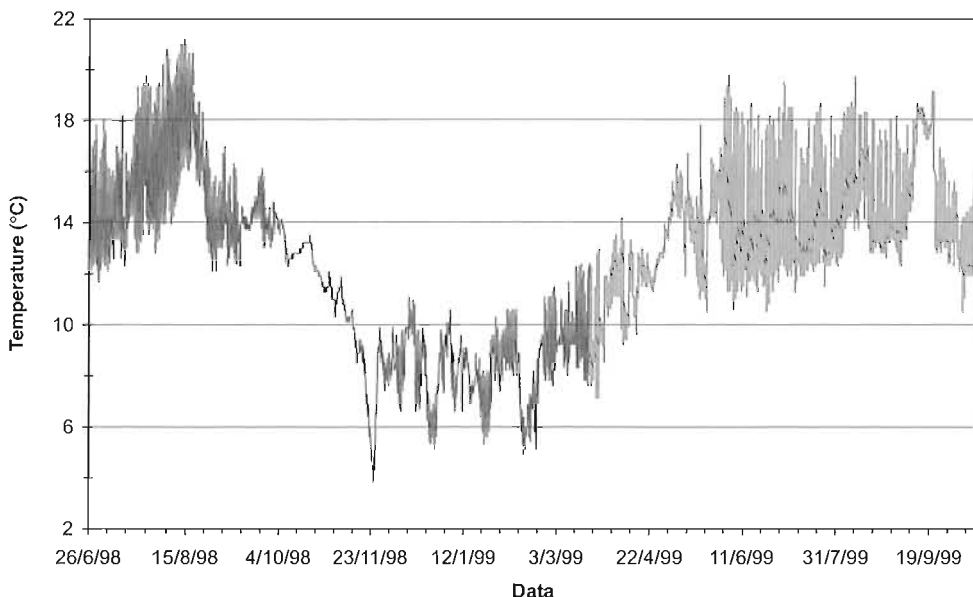


Fig. 3 - Temperature del lago di Doberdò nel periodo dal 27/5/98 al 13/10/99.

## Le oscillazioni del livello

Anche sulle oscillazioni di livello le informazioni sono scarse, se non contraddittorie. NICOLETTIS (1981), sulla base di una campagna di misure effettuate nel periodo '75 - '78 afferma che la crescita del livello è costante, con valori di circa 2 cm/ora, che essa si verifica in buon accordo con le precipitazioni e che a periodi di veloce svuotamento si alternano periodi durante i quali il lago si svuota più lentamente.

Analizzando le onde di piena nel periodo da noi considerato sono stati rilevati incrementi di livello superiori ai 14 cm/ora, con punte massime di 18 cm/ora (episodio del 21/9/99). Le velocità massime di decremento raggiungono i 4 cm/ora durante tutti i maggiori episodi di piena (figure 4 e 5).

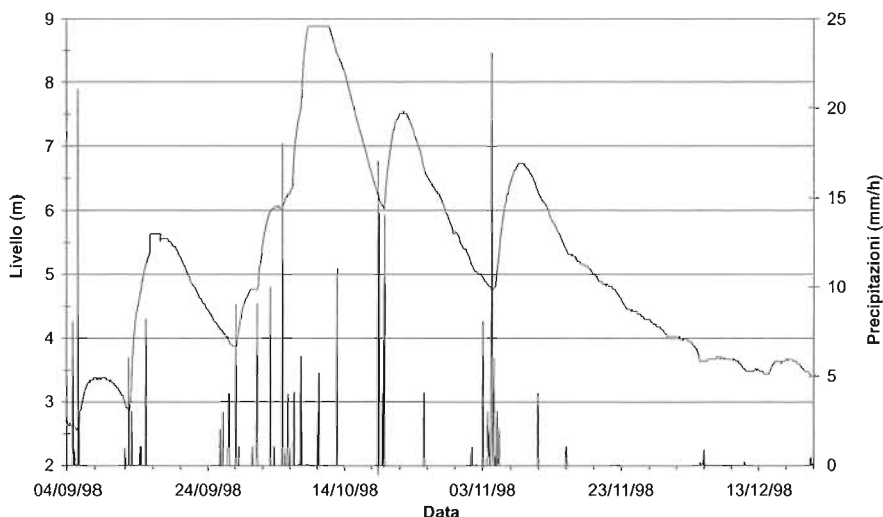
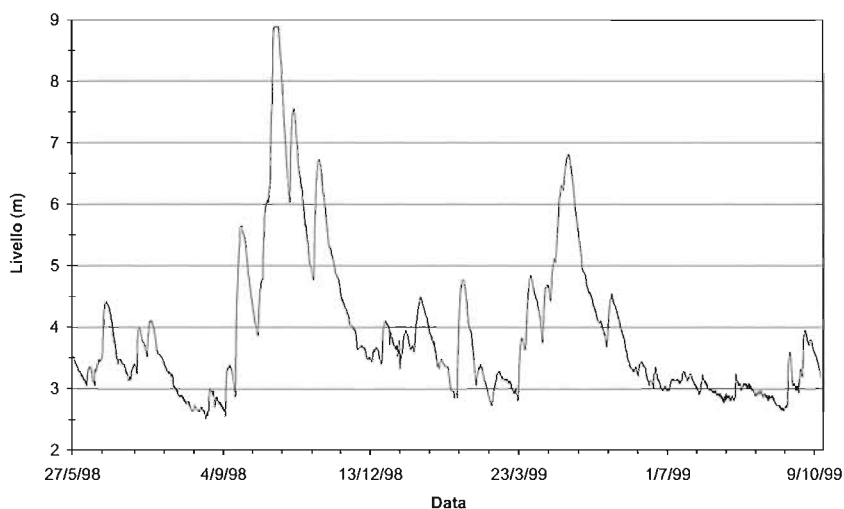


Fig. 4 - Livello del lago di Doberdò nel periodo dal 27/5/98 al 13/10/99.

Fig. 5 - Livello del lago e precipitazioni nel periodo dal 4/9/98 al 2/1/99.



Nel periodo sono stati rilevati i seguenti valori di livello assoluti (riferiti in base alle misure GPS al l.m.m.):

minimo: 2,51 m; massimo: 8,89 m; medio: 3,66 m;  
 escursione massima misurata: 6,38 m.

Dal grafico si può notare come lo strumento sia andato fuori scala, e l'escursione massima risulti maggiore rispetto a quella misurata. Si tratta di valori diversi da quelli proposti da MOSETTI (1983), che riferiva di escursioni massime di 6 m, ma con livelli minimi a quote più elevate.

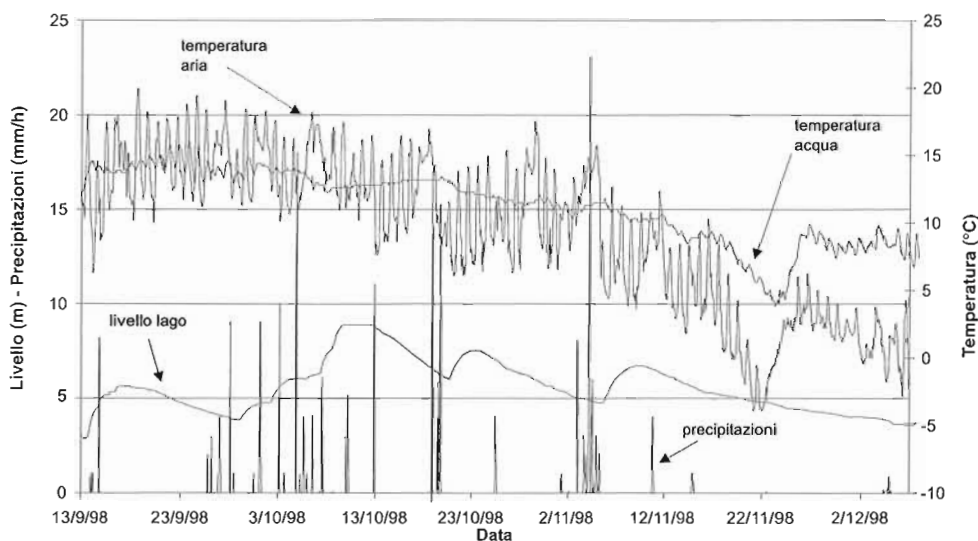


Fig. 6 - Confronto livello-precipitazioni-temperatura aria/acqua nel periodo dal 13/9/1998 al 7/12/98.

Dal confronto fra temperature e livello delle acque e da quello tra temperature dell'acqua e precipitazioni (figura 6) risulta che non sempre è individuabile una corrispondenza tra la piena e la variazione di temperatura, in quanto quando gli aumenti di livello sono consistenti le temperature hanno un andamento più costante. Dato che lo strumento è posizionato entro il pozzo di accesso dell'estavella, la velocità di deflusso o di efflusso durante le piene o subito dopo, comporta un lento, se non nullo, adattamento delle acque alla temperatura esterna ed a quella del lago. Infatti durante i due maggiori eventi di piena, i cui picchi massimi sono stati rilevati nell'ottobre '98 e nell'aprile '99 (escursioni rispettivamente di 6 e 4 m), le oscillazioni termiche si smorzano quasi del tutto.

Quanto affermato da NICOLETTIS (1981) sulla relazione esistente tra precipitazioni e velocità di riempimento del lago viene confermato dalle nostre osservazioni: come si può osservare (figura 5), in occasione delle precipitazioni abbondanti la risposta del lago è immediata. Sono rilevabili altresì precipitazioni minori cui non corrispondono variazioni di livello del lago.

Dall'analisi dei dati non si sono riscontrate particolari variazioni di livello attribuibili alle escursioni di marea (figura 7), cioè in disaccordo con NICOLETTIS (1981) che sostiene che in regime di magra e durante i periodi di svuotamento le maree influiscono sulle oscillazioni del lago.

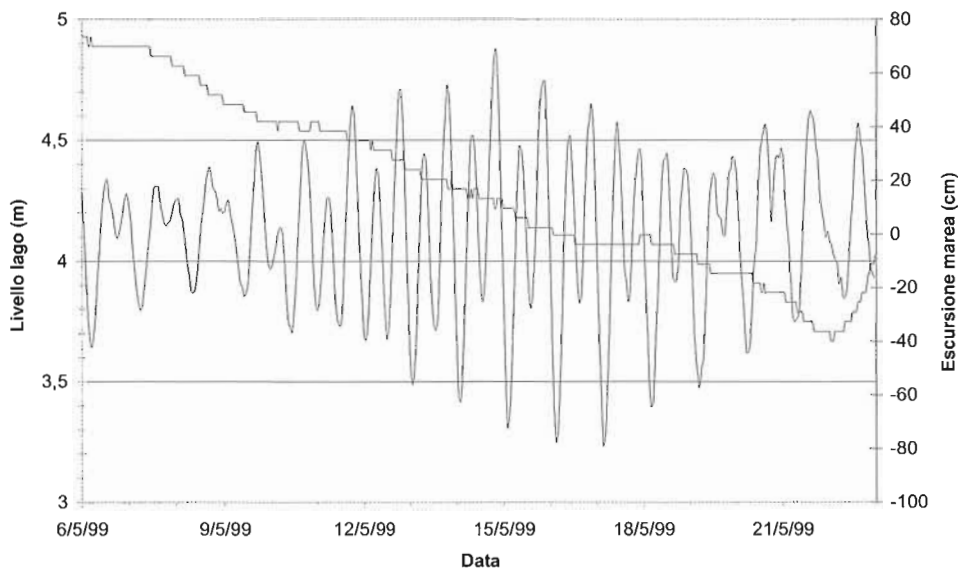


Fig. 7 - Confronto fra livello e escursione di marea dal 6 al 23 maggio 1999.

Dai nostri monitoraggi, anche analizzando in particolare i livelli durante i periodi di magra, le minime oscillazioni rilevate non risultano in sintonia con le escursioni di marea, nemmeno se elevate.

Le acque del lago quindi risulterebbero avere un regime diverso da quello riconosciuto da Krivic (1982) nella vicina area del Vallone di Brestovica, ove, nei pozzi scavati per l'approvvigionamento idrico, in occasione di particolari regimi di marea si notano escursioni della falda ipogea variabili da 2 cm a 10 cm, praticamente simultanee alle variazioni di livello del mare nel Golfo di Trieste.

## Conclusioni

Il lago di Doberdò è un lago carsico le cui caratteristiche di riempimento e svuotamento sono legate alle precipitazioni e al contributo delle acque di falda provenienti dal vicino sistema dell'Isonzo e del Vipacco, oltre che dal sistema Timavo.

La quota media della superficie dell'acqua risulta essere attorno ai 3,6 m s.l.m. Le massime oscillazioni di livello sono risultate superiori a 6 m.

Possiamo affermare che il primo influsso, nelle oscillazioni di livello, deriva dalle precipitazioni, che determinano il quasi immediato innalzamento del lago, con velocità costante, indipendente dal livello poi raggiunto. Gli svuotamenti viceversa risentono del carico idraulico raggiunto dall'episodio di piena e pertanto le velocità di deflusso sono maggiori in occasione delle piene più cospicue.

Dalle misure in continuo effettuate nell'inghiottitoio si può affermare che le temperature del lago sono influenzate dalla temperatura esterna soprattutto in fase di magra e che l'influenza sul livello del lago delle maree nel Golfo di Panzano è nulla.

## BIBLIOGRAFIA

- CANCIAN G., 1987 - *Doberdò e il suo lago*. Il Territorio, n. 20-21, pp. 52-58.
- CANCIAN G., 1988 - *Significato idrologico della concentrazione di ossigeno e anidride carbonica nelle acque sotterranee tra il lago di Doberdò e le risorgive del Timavo (Carso goriziano-triestino)*. Mondo Sotterraneo, n.s., a. XII (1-2), pp.11-29.
- CREVATIN G., CUCCHI F., MARINETTI E., ZUPIN C., 1999 - *Strumentazione per il monitoraggio in continuo di acque carsiche*. Mondo Sotterraneo, n.s., anno XXI, n°1-2 aprile-ottobre 1997, pp. 13-24. Pubbl. n°1878 del GNDCI, L.R.4.
- CUCCHI F., 1984 - *Note geomorfologiche e geologiche sul Carso Goriziano-Monfalconese*. In: Il Carso Isontino tra Gorizia e Monfalcone, Edizioni Lint, Trieste, pp. 37-53.
- FREANOPOULOS S., 1992 - *Ricerche subacquee nel lago di Doberdò*. Studi e ricerche, Società di Studi Carsici "A. F. Lindner", numero unico 1992, Fogliano (GO), pp. 63-68.
- GALLI M., 1999 - *Timavo, esplorazioni e studi*. Supplemento n. 23 di Atti e Memorie Comm. Grotte "E. Boegan", Trieste, pp. 195.
- GEMITI F., 1994 - *Indagini idrochimiche alle risorgive del Timavo*. Atti e Memorie Comm. Grotte "E. Boegan", Trieste, vol. 31, pp. 73-83.
- GEMITI F., LICCIARDELLO M., 1977 - *Indagini sui rapporti di alimentazione delle acque del Carso triestino e goriziano mediante l'utilizzo di alcuni traccianti naturali*. Annali del Gr. Grotte Ass. XXX Ottobre, Trieste, vol. VI, pp. 43-61.
- KRIVIC P., 1982 - *Transmission des ondes de marée à travers l'aquifère cotier du Kras*. Geologija, 25/2, pp. 309-325.
- LAGO L., 1989 - *Theatrum Adriae, dalle Alpi all'Adriatico nella cartografia del passato*. Edizioni Lint, Trieste, pp. 314.
- MARINETTI E., 1995 - *Idrogeologia del Timavo ipogeo – risultati della campagna di misure in continuo*. Tesi di laurea, rel. F. Cucchi, pp. 146.
- MARTINIS B., 1975 - *Indagini geologiche e geotecniche effettuate sull'altipiano di Doberdò (Gorizia) per il progettato protosincrotrone europeo da 300 GeV del Cern*. Società Cooperativa Tipografica, Padova, pp. 77.
- MOSETTI F., D'AMBROSI C., 1963 - *Alcune ricerche preliminari in merito a supposti legami di alimentazione fra il Timavo e l'Isonzo*. Boll. di Geof. Teor. ed Appl., Trieste - Vol. V, n. 17, pp. 69-84.
- MOSETTI F., 1983 - *Sintesi sull'idrologia del Friuli-Venezia Giulia*. Quaderni ETP, Rivista di Limnologia, n. 6, pp. 295.
- NICOLETTIS V., 1981 - *Il regime idrico del lago di Doberdò e della falda carsica monfalconese*. Natura Nascosta, n. 3, pp. 10-18.
- POLLI S., 1984 - *Aspetti climatici del Carso di Gorizia*. In: Il Carso Isontino tra Gorizia e Monfalcone, Edizioni Lint, Trieste, pp. 55-68.
- TIMEUS G., 1910 - *Studi in relazione al provvedimento d'acqua per la città di Trieste. Dati idrologici, chimici e batteriologici*. Ed. Caprin - Trieste, pp. 34-82.