

Atti e Memorie della Commissione Grotte "E. Boegan"	Vol. 40 (2004)	pp. 37-44	Trieste 2005
---	----------------	-----------	--------------

GIACOMO CASAGRANDE (\*) – LUCA ZINI (\*)

## **VARIAZIONI DEL LIVELLO DELLE ACQUE AL FONDO DELLA GROTTA A.F. LINDNER (829/3988 VG) IN RELAZIONE ALLE PIENE DEL TIMAVO**

### **RIASSUNTO**

*In questo lavoro vengono esposti i risultati del monitoraggio in continuo del livello delle acque al fondo della grotta Lindner (829/3988VG, figura 2), frutto della collaborazione tra il Dipartimento di Scienze Geologiche Ambientali e Marine dell'Università degli Studi di Trieste e gli speleologi dell'Associazione XXX Ottobre di Trieste. Le indagini sono iniziate nel 1999 ed hanno portato fino al 2002 ad archiviare una quindicina di episodi di piena. Il monitoraggio è tuttora in corso, ma si ritiene che i dati raccolti permettano già di caratterizzare da un punto di vista idrogeologico questa cavità. Il quadro interpretativo dei dati è rapportato all'andamento dei livelli alle Foci del Timavo, principale sistema sorgentifero di tutto il Carso, in modo da inserire il comportamento idrodinamico della cavità nel quadro generale dell'idrogeologia del Carso triestino.*

### **SUMMARY**

*This article deals with water level monitoring at the bottom of Lindner cave (829/3988VG, picture 2), as result of collaboration between Department of Geological Environmental and Marine Sciences and XXX Ottobre Speleological Association of Trieste. Surveys began in 1999 and led to register about fifteen flood events until 2002. Monitoring is still going on, but collected data are more than enough to model hydrodynamic aspects of this cave. Data interpretation has also been referred to level at Timavo Springs, which are the main springs of entire Karst area, in order to find relations between water circulation inside this cave and general hydrogeology of Karst of Trieste area.*

### **POVZETEK**

*V tem članku so prikazani izsledki stalnega opazovanja višine vode na dnu jame Lindner (829/3988 VG, slika 2) in so sad sodelovanja med oddelkom za geološke vede, okolje in morja tržaške univerze in speleologi tržaškega društva XXX Ottobre. Raziskavo so začeli leta 1999, do leta 2002 pa so zabeležili približno 15 poplav. Opazovanje se sicer še vedno nadaljuje, domneva pa se, da doslej zbrani podatki lahko še omogočijo označitev jame iz hidrogeološkega vidika. Izsledke tega monitoringa so primerjali z nivojem vod ob izlivu najvažnejšega kraškega izvira Timave, tako da bi lahko povežali hidrodinamično vedenje jame Lindner v splošno hidrodinamično sliko tržaškega Krasa.*

---

(\*) Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine, Università degli Studi di Trieste, Via Weiss 2, 34100 Trieste - casagran@univ.trieste.it, zini@univ.trieste.it

## Breve inquadramento geografico

Il Carso classico è una idrostruttura complessa, costituita da un bacino di alimentazione di circa 600 km<sup>2</sup> che si estende nelle province di Trieste e Gorizia ed in territorio sloveno. L'area sorgentifera è costituita dal sistema delle risorgive del Timavo, del Sardos-Randaccio e del Lisert, con portate complessive medie superiori ai 30 m<sup>3</sup>/s che drenano le acque provenienti dalla parte meridionale del bacino (fiume Timavo Superiore – Reka), dalle perdite dei fiumi Isonzo e Vipacco (che vengono a contatto con i terreni calcarei nell'area più settentrionale del bacino), e dalle acque di infiltrazione. La grotta Lindner rappresenta uno dei punti di osservazione delle acque di fondo lungo una delle ipotetiche direttrici di deflusso sotterraneo del Carso triestino, interposta tra l'area sud-orientale (Grotte di San Canziano, Abisso di Trebiciano, Grotta Meravigliosa di Lazzaro Jerko) e le Foci del Timavo (figura 1).

## Strumentazione e posizionamento

La cavità è interessata da periodici riempimenti d'acqua sia al fondo dell'ampia galleria discendente (circa 9 m s.l.m.), che al fondo del ramo verticale che diparte a metà della galleria stessa (circa 2 m s.l.m.). Gemiti e Milani (1977) hanno già dimostrato come questi innalzamenti siano in stretta relazione con il regime delle acque alle Foci del Timavo, poste a 6.8 km di distanza dal fondo della cavità e storicamente note come principale via di drenaggio delle acque provenienti dal bacino infiltrativo del Carso Classico (GALLI, 2000). Lo strumento utilizzato (CREVATIN *et alii*, 1997) è un pressimetro dotato di data-logger con range di misura da 0 a 10 metri, installato a pochi centimetri dal fondo della cavità, alla base del pozzo da 30 metri. Lo strumento acquisisce una misura ogni 2 ore, intervallo che rapportato alle modalità di innalzamento e alla durata delle piene restituisce un grafico di andamento dei livelli di ottima approssimazione. Nei quattro anni di monitoraggio considerati (con esclusione del primo semestre 2000 per malfunzionamento dello strumento) sono stati 15 gli episodi di comparsa d'acqua al fondo della cavità, in 4 episodi lo strumento è andato fuori scala, evidenziando quindi livelli dell'acqua superiori a circa 12 m s.l.m. Va specificato che nei grafici proposti di seguito le oscillazioni minime di fondo scala sono dovute all'effetto delle variazioni di pressione atmosferica, mentre risultano invece nettamente staccate ed evidenti le oscillazioni dovute alla presenza d'acqua.

## Caratterizzazione delle piene nella cavità

In figura 3 viene riportato l'andamento delle piene e della piovosità nell'anno 2000, con uno zoom esemplificativo su di un singolo episodio per illustrare nel dettaglio la forma tipica delle curve di piena registrate. Ciò che distingue le piene alla grotta Lindner è infatti proprio il particolare andamento degli innalzamenti e degli abbassamenti, che si differenzia dalle normali curve di piena per una spiccata costanza del rateo di incremento e di quello di discesa dei livelli nell'ambito della singola piena: gli incrementi (pendenza delle curve) sono quasi sempre gli stessi anche per piene diverse. In particolare nella grotta Lindner è assente il tipico decremento a due fasi, cioè a esaurimento veloce all'inizio e seguente esaurimento lento, presente invece in tutti i siti monitorati del Carso Classico (tra cui l'Abisso di Trebiciano, le grotte di San Canziano, il lago di Doberdò, le sorgenti del Timavo). Il fatto è potenziale indice di un comportamento di "troppopieno" non interessato dalla presenza di un dreno diretto, che si attiva per risalita generale dei livelli nei dreni principali circostanti. Nel dettaglio la risalita presenta valori sempre prossimi a 0.25 m/ora, con uno stacco iniziale dell'innalzamento netto e costante; l'abbassamento, che presenta valori più variabili da piena a piena, risulta sempre dell'ordine di 0.10 m/ora.

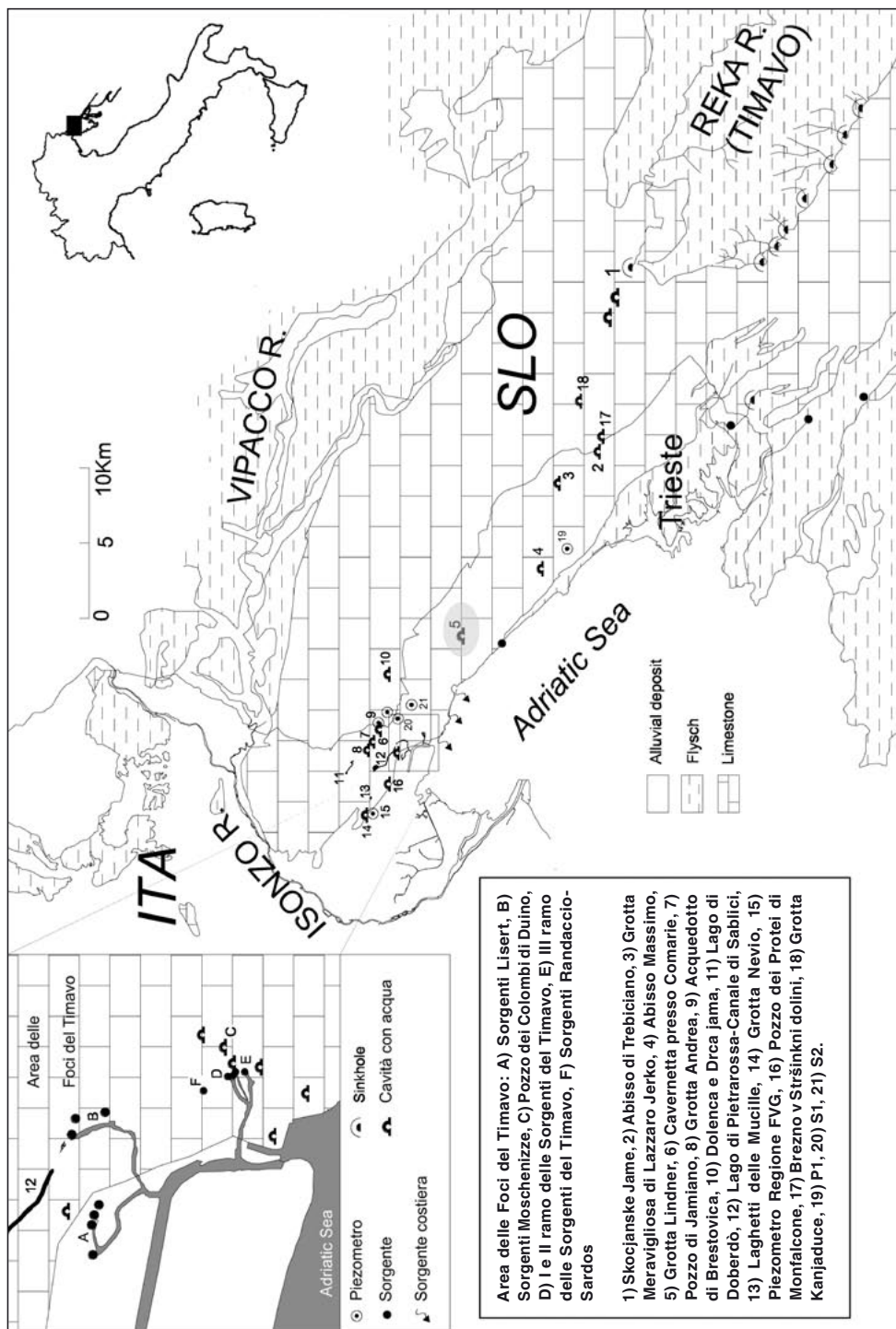


Figura 1 – Inquadramento generale dell'area del Carso classico e punti utili al monitoraggio delle acque sotterranee (cavità carsiche, sorgenti, laghi carsici e pozzi attrezzati a piezometro).

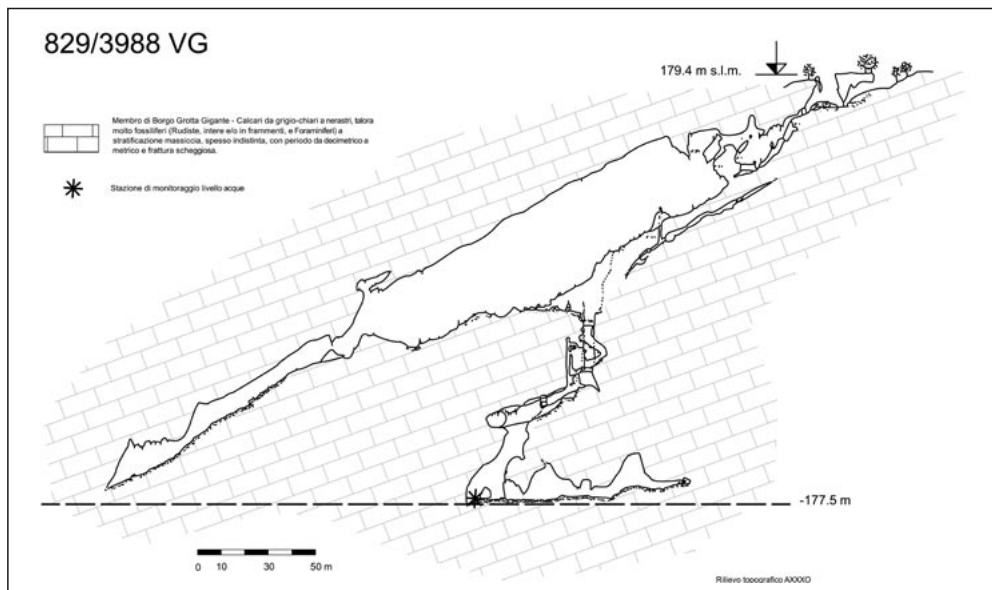


Figura 2 – Profilo della grotta Lindner e schizzo geologico dell’andamento della stratificazione. Viene riportata anche la posizione dello strumento utilizzato per il monitoraggio.

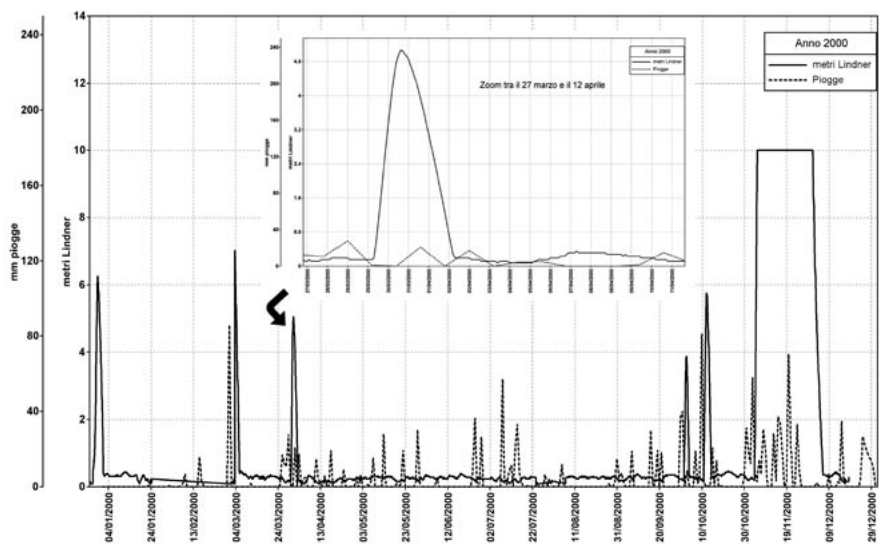


Figura 3 – Andamento dei livelli al fondo della grotta Lindner nell’anno 2000, raffrontati con la piovosità sul Carso triestino. Viene evidenziato l’andamento di una curva di piena, caratterizzata in generale da velocità costanti di incremento e decremento dei livelli. Nel novembre 2000 si è verificato un importante episodio di piena, con livello delle acque fuori scala (livello massimo misurato 10 m) per oltre 1 mese. I valori caratteristici di pendenza delle curve estrapolati indicano un’escursione ipotetica massima di circa 30 metri.

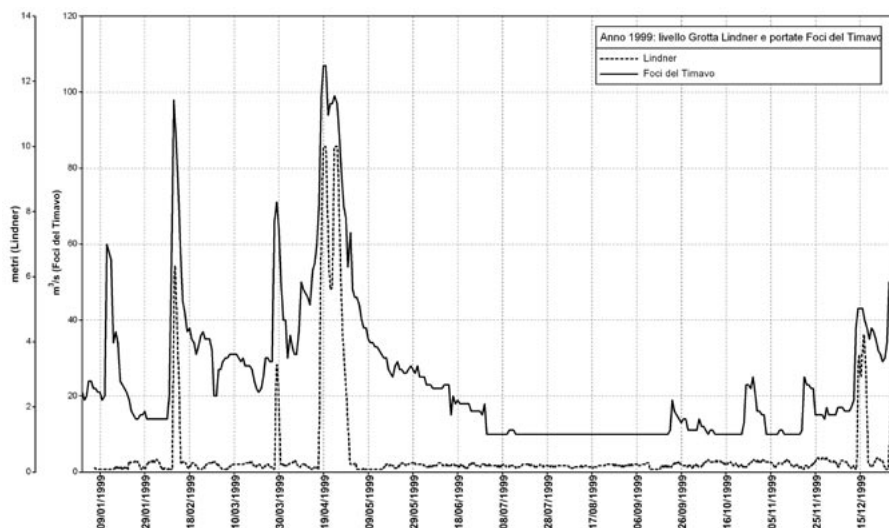


Figura 4 – Portate alle Foci del Timavo e livelli alla grotta Lindner per l’anno 1999. Si noti la stretta relazione tra gli eventi di piena alle Foci del Timavo e la presenza d’acqua al fondo della grotta Lindner, relegata agli episodi di piena più importanti delle Foci. L’innalzamento del livello nella cavità è inoltre sempre posticipato rispetto all’inizio della piena alle Foci del Timavo.

### Correlazione dei dati

Il regime idrico nella grotta Lindner è stato confrontato con quello alle Foci del Timavo, sia per la diretta relazione messa in evidenza già da Gemiti e Milani (1977) sia per la disponibilità di dati congruenti in entrambi i siti<sup>(1)</sup>. Le Foci del Timavo inoltre costituiscono l’area di fuoriuscita di buona parte delle acque di infiltrazione dell’intera struttura del Carso, e quindi anche una delle più probabili vie di drenaggio delle acque della grotta Lindner (o di una loro parte). Per il biennio 1999-2000 sono stati utilizzati i dati prelevati alle Foci con cadenza giornaliera e messi a disposizione dall’ACEGAS di Trieste; per il biennio 2001-2002 sono stati utilizzati dati di livello registrati mediante acquisitore automatico del DiSGAM con cadenza oraria.

In figura 4 viene riportato il confronto tra Lindner e Foci del Timavo per l’anno 1999, in figura 5 il confronto di due episodi di piena riferiti al novembre 2002. In generale si registra presenza d’acqua al fondo della Lindner solamente per gli episodi più importanti di piena alle Foci, quelli con picchi di portata superiori a 40-50 m<sup>3</sup>/s, ovvero quelli collegati a episodi

<sup>(1)</sup> Lungo le diverse direttrici di deflusso il Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine dell’Università di Trieste ha, da diversi anni, installato stazioni per il monitoraggio in continuo dei livelli e dei parametri chimico-fisici delle acque. I punti naturali di monitoraggio sono l’inghiottitoio di San Canziano (in Slovenia), le rare cavità che raggiungono il livello di base (Abisso di Trebiciano, Grotta Meravigliosa di Lazzaro Jerko, Grotta Lindner, Pozzo dei Colombi, tutti in Italia), le sorgenti (III Ramo del Timavo, Sorgenti di Aurisina) e le depressioni in cui affiora la falda carsica di base (laghi di Doberdò e Pietrarossa).

piovosi che come ordine di grandezza superano i 50 mm di pioggia distribuiti in pochi giorni (anche se le situazioni variano molto sia per le condizioni di impinguamento pregresse sia per il regime locale di precipitazione). Per i dati riferiti al biennio 2001-2002 (dati orari alle Foci, dati ogni 2 ore alla Lindner) è curioso notare che la presenza d'acqua al fondo della Lindner si ha praticamente nel momento in cui alle Foci il livello delle acque supera i 1.9 - 2.1 m s.l.m., fatto già segnalato da Gemiti e Milani (1977) che fissarono un valore di 2.0 m s.l.m. A questo proposito con il proseguimento del monitoraggio si conta di definire meglio il valore preciso ed il suo significato, legato probabilmente alla presenza di dreni a circolazione a pressione nei dintorni o al di sotto della cavità.

Significativo ai fini di una ricostruzione idrodinamica è il fatto che in tutti gli episodi l'inizio della risalita del livello alla grotta Lindner avviene in ritardo rispetto alla piena delle Foci del Timavo e più in generale rispetto a molti degli altri siti monitorati, tra cui anche l'Abisso di Trebiciano. In particolare la comparsa di acqua al fondo della grotta avviene con

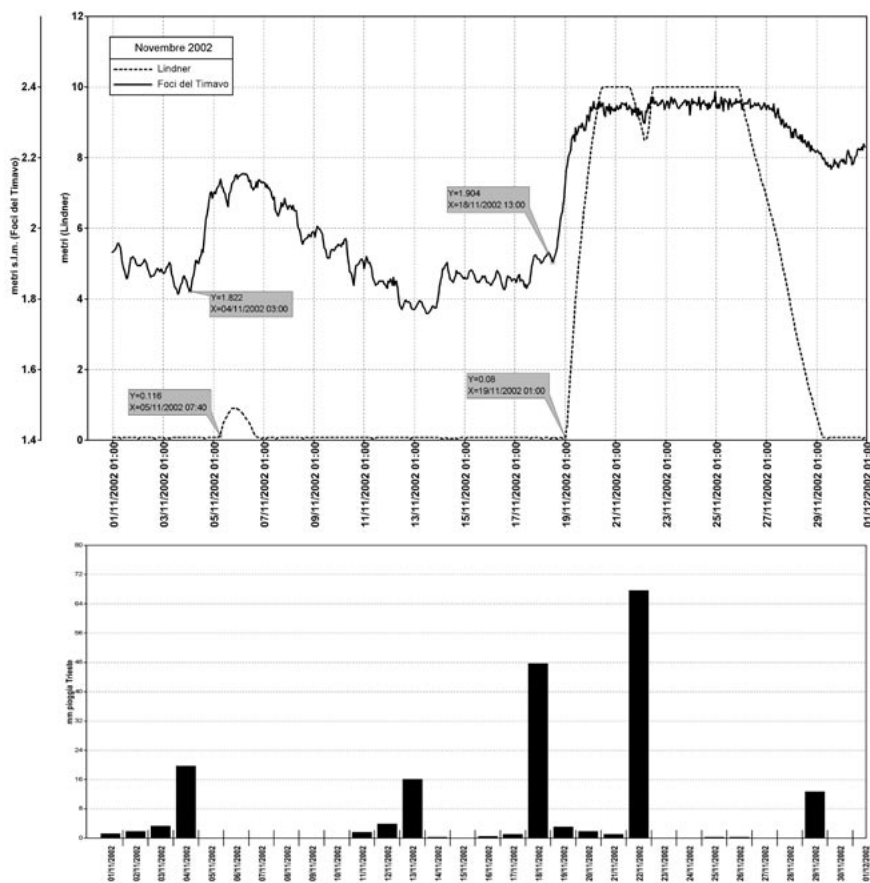


Figura 5. Particolare del livello alla grotta Lindner e del livello alle Foci del Timavo nel novembre 2002, rapportato anche alla piovosità mensile. Viene ben evidenziato il ritardo nell'innalzamento dei livelli nella grotta Lindner rispetto alla piena alle Foci. In particolare la comparsa d'acqua al fondo della grotta Lindner avviene in corrispondenza del superamento alle Foci del livello di 1.9-2.1 m s.l.m.



notevole ritardo, tra le 20 e le 30 ore dopo l'inizio dell'innalzamento del livello alle Foci. Il picco di piena alla grotta Lindner e alle Foci del Timavo tende a coincidere, differenziandosi al massimo di qualche ora.

Inoltre l'entità dell'innalzamento alla grotta Lindner non è assolutamente correlabile all'entità delle precipitazioni esterne. A titolo di esempio, in un evento del settembre 2001 a precipitazioni molto intense (oltre 150 mm a Sgonico, 79 mm in 5 giorni a Trieste) corrisponde un innalzamento relativo delle acque di 2.71 m. In un evento del marzo 1999 a precipitazioni più modeste (54 mm in 6 giorni a Padriciano) corrisponde un innalzamento relativo delle acque di 3.29 m. E' chiaro che l'innalzamento delle acque al fondo della grotta Lindner non è direttamente relazionato alle infiltrazioni locali, ma piuttosto ad un innalzamento generale delle acque di falda nell'area delle Foci del Timavo, e probabilmente anche al conseguente tamponamento dei principali dreni di deflusso dell'area settentrionale del Carso triestino verso le Foci del Timavo, con travaso di acque (fatto che giustifica il ritardo della piena rispetto agli altri siti) in zone non direttamente coinvolte dai principali dreni di deflusso.

## **Conclusioni**

La presenza d'acqua al fondo della grotta Lindner è strettamente connessa alla presenza di una fase di piena importante alle Foci del Timavo (livello acque almeno di 1.9-2.1 m s.l.m.) ed è quindi legata al circuito sotterraneo delle acque che sgorgano dalle Foci, o a parte di esse. Il ritardo con cui si presenta la piena al fondo della grotta Lindner rispetto a molti degli altri siti monitorati (tra cui anche l'Abisso di Trebiciano), la forma e l'andamento regolare delle curve dei livelli, la mancanza di relazione con le precipitazioni locali, portano a concludere che la cavità è interessata da un circuito sotterraneo legato indirettamente alle acque di fondo del sistema Timavo. La presenza d'acqua in fase di innalzamento dei livelli avviene "per travaso", conseguentemente all'innalzamento generale dei livelli e alla loro funzione di tamponamento sia sui deflussi provenienti da SE che sulle infiltrazioni locali, con una sorta di "arretramento" della piena dalle Foci del Timavo verso la cavità. In fase di esaurimento (discesa dei livelli) le acque presenti al fondo della grotta Lindner vengono convogliate in circuiti a circolazione profonda verso l'area delle Foci del Timavo, come dimostrato dal tracciamento con tretracoluro di carbonio effettuato nel 1982, rivisitato da Gemiti & Merlak in questo stesso volume.

## **Ringraziamenti**

Si ringraziano gli speleologi dell'Associazione XXX Ottobre per la disponibilità e il costante appoggio nelle operazioni di messa in posto dello strumento, fatto che ha permesso di rendere particolarmente brevi gli intervalli tra prelievo dello strumento, manutenzione e scarico dati.

## BIBLIOGRAFIA

1. CREVATIN G., CUCCHI F., MARINETTI E., ZUPIN C., 1997 – *Strumentazione per il monitoraggio in continuo di acque carsiche*. Mondo Sotterraneo, anno XXI (1-2):13-24.
2. CUCCHI F., CASAGRANDE G., MANCA P., ZINI L., 2001 – *Il Timavo ipogeo tra l'Abisso di Trebiciano e la Grotta Meravigliosa di Lazzaro Jerko (Carso Classico triestino, Italia)*. Le Grotte d'Italia, s.V: 39-48.
3. CUCCHI F., ZINI L., 2002 – *Underground Timavo river monitoring (Classical Karst)*. Acta Carsologica, vol. 31, n. 1: 75-84.
4. FAVRETTO D., MILANI G., 1972 – *Misura di livelli d'acqua nella grotta A. F. Lindner 3988 VG*. Annali Gruppo Grotte Ass. XXX Ottobre, vol. V: 7-14.
5. FAVRETTO D., MILANI G., 1975 – *Rilievi idrometrici alla grotta Lindner*. Atti I Conv. Speleologia del Friuli-Venezia Giulia, Trieste 1973: 121-124.
6. GALLI M., 1999 – *Timavo – esplorazioni e studi*. Supplemento n. 23 di Atti e Memorie della Commissione Grotte E. Boegan: 195 pp.
7. GEMITI F., MILANI G., 1977 – *Correlazioni tra i livelli d'acqua della grotta A. F. Lindner ed il fiume Timavo*. Annali Gruppo Grotte Ass. XXX Ottobre, vol. VI: 23-30.