

SERGIO DAMBROSI<sup>1</sup>

## LA STAZIONE IPOGEA SPERIMENTALE DI MONITORAGGIO AMBIENTALE DI TREBICIANO

### ABSTRACT

*6 April 1841: Antonio Federico Lindner reaches the bottom of the Cave of Trebiciano. Five months before he had identified its entrance. The search for the underground river that certainly is flowing deep is a real obsession for him and leads him to squander the family fortune.*

*Lindner was looking for new water supply for the city of Trieste, trusting in a profit, and was not interested in speleological research. He discovered the cave that was considered the deepest in the world for over 70 years. Since then countless events have affected caves, and research and studies continue to this day.*

*This work is limited to illustrate the historical and technological evolution of the Hypogea Experimental Environmental Monitoring Station. It reports the sequence of interventions that have been necessary to make the cave accessible and easily usable for scientific research; it illustrates the difficulties that have been overcome, the bureaucratic solutions and the methodologies adopted, the workarounds used to face the environmental adversity, the instruments applied and the reasons why they have been preferred to others. The aim of this work is to make the whole speleological community participate in this project, to encourage cavers to compare their own experiences with the consolidated experiences of this Station and stimulate them to expand the network of similar sites in the usually frequented territories.*

### RIASSUNTO

6 Aprile 1841: Antonio Federico Lindner raggiunge il fondo della Grotta di Trebiciano. La ricerca di quel fiume sotterraneo, che doveva certamente scorrere in profondità, era diventata per lui una ossessione e lo aveva portato a dilapidare il patrimonio di famiglia. Lindner cercava l'acqua per la città di Trieste, confidando in un tornaconto economico, e non era interessato alla ricerca speleologica. Trovò comunque quella che per oltre 70 anni rimase la grotta più profonda al mondo. Da allora innumerevoli sono state le vicende che hanno interessato la cavità e le ricerche e gli studi continuano tuttora.

Questo articolo illustra l'evoluzione storica e tecnologica della Stazione Ipogea

---

<sup>1</sup> Società Adriatica di Speleologia - Trieste

Sperimentale di Monitoraggio Ambientale (S.I.S.M.A.) installata nell'area prossima alla grotta. Viene riportata la sequenza degli interventi che si sono resi necessari per rendere la grotta nuovamente percorribile e facilmente utilizzabile ai fini della ricerca scientifica; sono illustrate le difficoltà incontrate e superate, le soluzioni burocratiche e le metodologie adottate, gli espedienti utilizzati per fronteggiare l'avversità dell'ambiente, le strumentazioni impiegate e le motivazioni che hanno portato a preferirle rispetto ad altre. Lo scopo di questo lavoro è rendere partecipe al progetto S.I.S.M.A. la collettività speleologica, per confrontare le esperienze tecnico-scientifiche con quelle consolidate in questa Stazione in un futuribile progetto comune di ampliamento della rete di analoghi siti nelle aree carsiche di rilevante importanza.

## La Storia

Lindner scopre la Grotta di Trebiciano e il fiume Timavo che scorre sul fondo. Il livello dell'acqua è ad una profondità tale - meno 329 metri - da rendere irrealizzabile l'idea di portarla in superficie e convogliarla sino alla città di Trieste, considerando le difficoltà tecniche e i costi. Alla sua morte improvvisa altri progetti si innescano per trovare soluzioni al grave problema della carenza d'acqua per la città. Tutti però naufragheranno, anche con esiti drammatici, senza che la questione venga risolta. Esaurito l'interesse per una sua utilizzazione pratica, la grotta viene declassata a "curiosità del territorio".

Anno 1876, Radunanza della Società Adriatica di Scienze Naturali, Muzio de Tomasini risveglia l'interesse dell'assemblea con un intervento: *"Le indagini che vi erano state praticate in precedenza, erano come fu esposto, esclusivamente dirette a scopi idrotecnici, ed appena superficialmente avevasi in esse preso nota dei momenti e dati che in linea di fisica generale, di configurazione geologica, e di altri oggetti scientifici pure presentavano non lieve interesse. Costituitasi nella nostra città una Società di scienze naturali, cui è compito lo studiare ed illustrare le condizioni fisiche del patrio territorio, si presentò alla Direzione sociale, il riflesso, non potersi da lei preferire la caverna di Trebich, quale oggetto che fra gli speciali del nostro territorio è indubitanamente a nessun altro secondo per la sua importanza ed ella lo avrebbe senz'altro reso argomento di sue diligenti perquisizioni, qualora queste fossero state possibili nelle attuali condizioni. Onde ottenerne la possibilità, la Direzione reputò doversi rivolgere all'inclito Municipio, siccome Autorità, che per la natura della cosa stessa, e per l'ingerenza precedentemente presavi, dimostravasi a ciò eminentemente chiamata. Sopra queste considerazioni si appoggiava l'istanza del 3 Maggio a.s.(n.d.r.: 1875) colla quale veniva pregato l'inclito Municipio a volere far ridurre in istato servibile gli attrezzi di discesa, onde si potesse procedere a una visita regolare ed esatta, alla quale si aveva intenzione d'invitare Notabilità scientifiche, nazionali ed estere.*

In realtà il Municipio promise un intervento economico per la realizzazione del progetto ma i fondi disponibili si rivelarono insufficienti e l'iniziativa non decollò.

Nel 1884 Emilio Morpurgo redige una prima monografia sulla Grotta di Trebiciano e comunica che la Società Alpina delle Giulie nel maggio dello stesso anno avrebbe acquisito dal proprietario del fondo "l'esclusivo diritto di visita" della stessa. Parallelamente la

Società avvia i necessari e importanti lavori di riadattamento delle scale che dureranno un paio di mesi. Poco si sa della grotta sino ai primi anni del 1900, quando Eugenio Boegan produce un'altra monografia, ben più ampia e completa di quella precedente del Morigio, e completa uno studio sulle rilevazioni meteorologiche e idrologiche effettuate durante un decennio (1910-1921).

E' questo un documento che oggi diventa prezioso e di grande attualità, se pensiamo alle indagini in atto sulle attuali variazioni climatiche. Esaurito il piano di rilevamento del Boegan e pubblicati i risultati, la grotta non esaurisce la propria funzione di supporto agli studi - il tracciamento delle acque eseguito da Guido Timeus ne è un esempio - ma rimane in attesa di altri entusiasti esploratori.

Nel 1953 la Sezione Geo-speleologica della Società Adriatica di Scienze decide di forzare il sifone attraverso il quale l'acqua del fiume fluisce nella caverna Lindner, per scoprire che cosa c'è oltre. Walter Maucci e Stefano Bartoli si inoltrano nella galleria sommersa sino ad emergere dopo un centinaio di metri in una saletta che però preclude qualsiasi prosecuzione. Non male per l'epoca, visto che viene superato ogni record mondiale e che il lavoro pubblicato al Congresso di Parigi ottiene un importante successo.

Anche durante questa esplorazione si utilizzano però scalette da grotta, visto che le scale in pitch-pine del Boegan erano già seriamente deteriorate e a tratti inutilizzabili. La grotta è diventata nel frattempo di proprietà comunale e nel 1971 la stessa Sezione Geo-speleologica ottiene dal Comune di Trieste la concessione di fruizione del bene, estesa anche all'ex officina posta a 500 metri dall'ingresso, da utilizzare quale magazzino. Da questo punto iniziano i lavori di ripristino della cavità, lavori che continuano tuttora, affidati alla Sezione che nel frattempo ha cambiato la propria denominazione in Società Adriatica di Speleologia.

## **Gli allestimenti**

Ci si rende ben presto conto che l'impresa rifugge da qualsiasi improvvisazione e che richiederà un'attenta programmazione anche a lungo termine. Il primo passo è quello di rendere agibili alcune gallerie, quasi completamente colmate dai materiali franati. In alcune si può infatti avanzare solo strisciando. Vengono eretti dove possibile dei muri di contenimento, alle spalle dei quali vengono ammassati i materiali di risulta asportati dalle gallerie e parte delle vecchie scale di legno rese fradice dai molti anni di permanenza in grotta. Poi, in varie fasi determinate dalle disponibilità economiche del momento, si procede all'installazione di nuove scale metalliche. Successivamente vengono tese all'interno una prima linea elettrica e una telefonica a supporto delle altre operazioni di adeguamento.

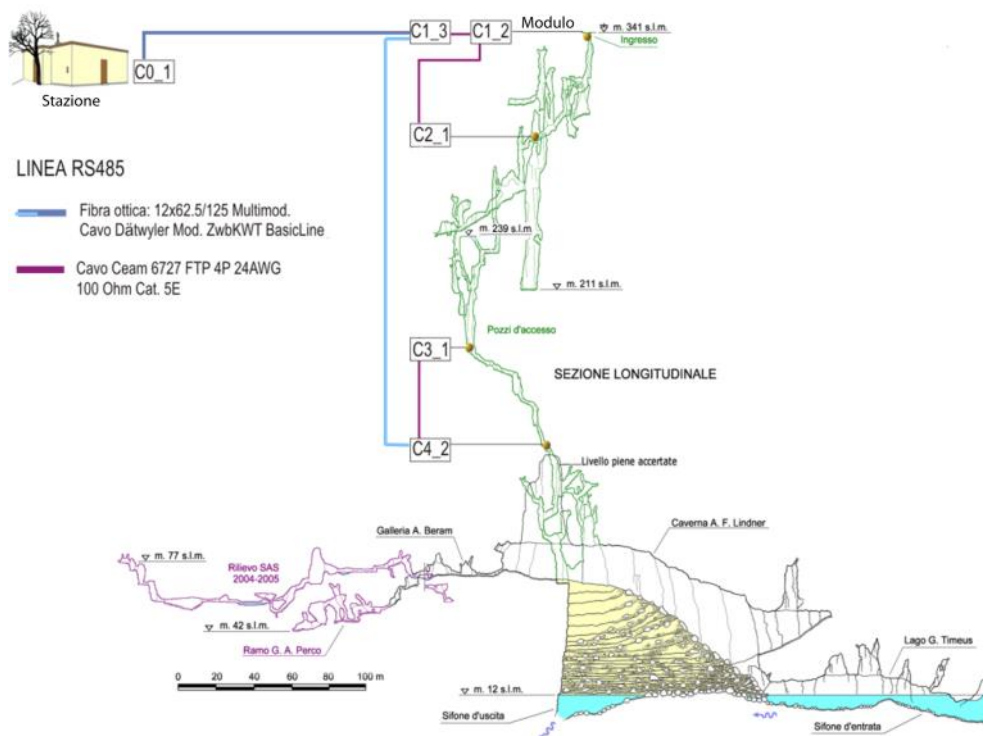
Contemporaneamente, si avvia un processo di pianificazione a lunga scadenza. Bisogna programmare gli interventi tecnici, coinvolgere le istituzioni, inoltrare richieste di permessi e vigilare sull'iter burocratico di ciascuno. Tutto è complicato dal fatto che il sito è posto al di fuori del perimetro abitato e per di più in *Zona di Protezione Speciale*. Per far installare una linea elettrica sono necessari un paio d'anni; per quella telefonica quattro anni, con un ricorso ed una udienza a Napoli presso il Garante delle Comunica-

zioni; l'ARPA regionale richiede il certificato d'origine del materiale di ritombamento utilizzato che deve essere autoctono e prodotto "senza l'impiego di macchine lubrificate"; altre autorizzazioni vengono richieste alla Direzione Avifauna della R.A.F.V.G. Ottenere queste licenze comporta grande dispendio di tempo e soprattutto di denaro: ad esempio, la dichiarazione di conformità del materiale di ritombamento fa lievitare il suo prezzo del 100%.

Per buona sorte, alcune realtà locali, opportunamente sensibilizzate su quanto sia importante valorizzare e conservare un così particolare bene pubblico, assicurano il loro aiuto economico: la Fondazione CRT, la Camera di Commercio Industria e Agricoltura di Trieste, il Fondo Trieste, Il Comune di Trieste e altri imprenditori privati. Solo grazie a questi contributi si riesce a ristrutturare il fabbricato fatiscente dell'ex-officina ed a edificare, all'ingresso della grotta, il Modulo Scientifico (escamotage linguistico escogitato per superare il blocco edilizio in Z.P.S.), nonché ad interrare il cavidotto che collega con una linea dati ed una elettrica l'ex-officina con il Modulo e ad installare tutto l'impianto di trasmissione dati dalla profondità di -220 metri (al limite delle piene del fiume) alla superficie e all'ex-officina che solo allora diventa Stazione Sperimentale Ipogea.

## La struttura

La configurazione degli elementi prevede la Stazione propriamente detta in cui è



installata la principale postazione informatica, dotata di 2 accessi Internet: una linea fissa e una a mezzo parabola rivolta a un altro *access point*. Alla Stazione giungono le fibre ottiche e altri cavi in rame provenienti, tramite il cavidotto sotterraneo, dal Modulo. La linea elettrica è separata tramite trasformatori d'isolamento per bloccare eventuali extra tensioni provocate dalla scariche atmosferiche. Alla Stazione pervengono, via WiFi, anche i dati meteorologici rilevati da un'altra postazione distante 700 metri e alimentata a pannelli solari (Grotta Luftloch). Nello stesso fabbricato trovano posto una piccola officina e un laboratorio per il collaudo e la taratura degli strumenti.

A 500 metri dalla Stazione è ubicato il Modulo costituito da 2 locali separati da porte a tenuta, necessarie in caso di piene del fiume. L'ambiente, comunicante con la grotta, è provvisto di numerose prese d'aria per smaltire le sovrappressioni delle piene, mentre il secondo ospita la gestione dei segnali elettrici. Provvede inoltre a tutte le alimentazioni in corrente alternata e continua necessarie al funzionamento dell'impianto. Anche qui sono stati utilizzati 2 trasformatori d'isolamento. Gli strumenti di rilevamento immersi nell'acqua a 329 metri di profondità diventano un riferimento di terra preferenziale che può causare gravi problemi.

Dal Modulo, proseguendo verso il fondo, troviamo 3 serie di pannelli di gestione resi impermeabili (C2-50m, C3-150m, C4-220m) che hanno la funzione di assicurare le comunicazioni con la superficie, alimentare tramite una batteria a tampone le strumentazioni da essi dipendenti, acquisire segnali analogici periferici e trasformarli in digitali, assicurare il collegamento a una rete Ethernet. L'alimentazione tra i vari pannelli è assicurata da una linea a 24V (2x6mmq) mentre il collegamento è assicurato da una linea in fibra ottica 62.5/125 $\mu$ m, due linee rete Cat. 5 a quattro coppie, una linea telefonica. Considerato che una linea Ethernet non avrebbe dovuto superare i 100 metri di lunghezza e che la distanza tra le postazioni era ben maggiore, si è optato di utilizzare una coppia delle fibre ottiche disponibili (6 coppie, in grado di operare su chilometri di linea) dal Modulo all'ultimo pannello a -220m. Da -220m, un cavo Rete Cat. 5 è stato fatto risalire sino a -170m mentre, dal Modulo, un altro cavo Cat. 5 è stato fatto scendere sino a -50m. In questo modo, ogni pannello è collegato alla Rete e le distanze ammesse sono ampiamente rispettate. Alcune scatole di derivazione riempite di resina isolante semifluida accolgono i cavi provenienti a monte di ogni pannello. Il loro scopo è quello di fungere da "sifone" per impedire la fuoriuscita dell'olio isolante dai cavi nei pannelli. Si è osservato infatti che ogni cavo - per quanto garantito impermeabile all'acqua - non resiste alle infiltrazioni del vapore acqueo, che in grotta è elevatissimo. Per questo motivo, ogni cavo utilizzato a Trebiciano è riempito di olio ai Siliconi 100cSt. Per ottenere questo risultato sono sufficienti un compressore, un serbatoio d'olio, una pressione non superiore a 1Atm e qualche settimana di pazienza. Il successo è assicurato.

## **Gli strumenti**

Tutti i "sensori" utilizzati nelle ricerche - temperatura, livello acqua, CO<sub>2</sub>, elettrochimici, conducibilità elettrolitica, ecc. - hanno una caratteristica comune: il loro bassissimo livello di tensione in uscita, pochi millivolt. È sufficiente la resistenza di qualche me-

tro di cavo e quella poca tensione si dissipa in calore e scompare o viene gravemente compromessa, rendendo impossibile ogni apprezzamento quantitativo. Un sensore, da solo, è praticamente inutile.

Per questo motivo, ad ogni dispositivo di questo tipo deve essere abbinato nelle immediate adiacenze un convertitore/trasmittitore capace di fornire un segnale più potente, in grado di essere "letto" anche a distanza. Ci sono vari standard dedicati a soddisfare questa esigenza: analogici o digitali. Per questa Stazione, si è optato, per alcuni rilevamenti, per lo Standard analogico 4-20mA. Questa soluzione è considerata superata con l'evoluzione del digitale, ma presenta alcuni vantaggi. È uno standard che da decenni viene utilizzato dall'industria, permette linee della lunghezza di centinaia di metri e anche i convertitori più recenti sono abilitati a un output con queste caratteristiche. A livello zero, lo strumento deve fornire una corrente di 4 mA, a fondo scala la corrente sale a 20mA. Se il cavo di trasmissione dovesse interrompersi, la corrente scenderebbe a zero ma non si incorrerebbe nell'errore di considerare quello zero come valore di lettura visto che il reale "zero del sensore" dovrebbe erogare 4mA.

La conversione al valore reale si ottiene facilmente con l'applicazione dell'equazione della retta  $y=mx+q$ , dove q corrisponde ai 4mA, o 0.4V se applichiamo in parallelo una resistenza di precisione da 100 Ohm. Anche nel caso di tarature sul campo, un multimetro e una semplice calcolatrice sono sufficienti, se abbinati a un comparatore: metro, termometro, ecc.. Di seguito si ritiene ora utile fornire alcune specifiche tecniche degli strumenti utilizzati, tutti con output 4-20mA.

**Temperatura.** Il sensore prescelto è del tipo PT100 (resistenza in platino che alla temperatura di 0°C presenta una resistenza di 100 Ohm). La resistenza aumenta al salire della temperatura, decresce invece nel caso opposto. Con una precisione di linearità dichiarata dello 0.1% si trovano in commercio a qualche decina di Euro. Quale trasmettitore abbinato è stato individuato lo Status SEM206P (circa 100 Euro) che possiede la caratteristica di poter regolare l'ampiezza della scala tramite PC. Ovviamente, più limitata sarà l'escursione impostata (in grotta ad esempio, 0-20°C), maggiore sarà la sua precisione. Possiamo trovare ulteriori informazioni su: <https://www.status.co.uk/product/pt100-temperature-transmitter/>

**Livello.** Dopo attente valutazioni, è stato acquistato un trasmettitore di livello ATM.1ST/N della S.T.S.: [https://www.stssensors.com/it/products/gp-sts-level/pp-sts-level-atm/atm\\_1st\\_n-4/](https://www.stssensors.com/it/products/gp-sts-level/pp-sts-level-atm/atm_1st_n-4/) HYPERLINK "[https://www.stssensors.com/it/products/gp-sts-level/pp-sts-level-atm/atm\\_1st\\_n-4/%20%20](https://www.stssensors.com/it/products/gp-sts-level/pp-sts-level-atm/atm_1st_n-4/%20%20)", trasmettitore per misure di livello a pressione assoluta (0-100m, +/- 0.3%). Il prezzo dell'apparecchio si aggira attorno ai 600-700 Euro. Le correzioni dovute alla sovrappressione provocata dalle piene vengono corrette con un manometro differenziale.

**Velocità e direzione del vento.** In questo campo sono state effettuate numerose prove con strumenti diversi. Alla fine, anche se il costo non è lieve (1000 Euro), si è optato per un anemometro a ultrasuoni, sensibile e preciso. Ha il vantaggio di includere la specificità anemoscopica che permette di individuare, oltre alla velocità, la direzione del vento. Ulte-

riori informazioni: <http://gillinstruments.com/products/anemometer/windsonic.htm> Considerato l'uso meteo-speleologico, non è necessaria tutta la rosa dei venti, ma è importante conoscere se l'aria entra o esce e a quali velocità, specialmente quelle basse. Si sta valutando la possibilità di realizzare autonomamente un apparecchio adatto a un prezzo abbordabile. Sono state effettuate numerose prove con termometri a filo caldo, estremamente sensibili e precisi, ma mancanti della caratteristica anemoscopica (ne servirebbe una coppia) che è la base delle misure in grotta. Gli anemometri a palette e gli anemoscopi a bandiera sono inefficaci per basse velocità in quanto l'attrito ostacola la rotazione delle parti in movimento.

**Misurazioni di CO<sub>2</sub>.** Per questi rilevamenti si è fatto riferimento alla strumentazione Vaisala, specialista nelle misurazioni di questo gas. L'apparecchio utilizzato è il GMP251 (600 Euro) con scala 0-10% CO<sub>2</sub>: *HYPERLINK "%20https://www.vaisala.com/it/products/instruments-sensors-and-other-measurement-devices/instruments-industrial-measurements/gmp251" https://www.vaisala.com/it/products/instruments-sensors-and-other-measurement-devices/instruments-industrial-measurements/gmp251*. Il trasmettitore è stato comunque adattato, rispetto alla struttura originale, per renderlo compatibile con il suo utilizzo in grotta: un contenitore stagno, un filtro per l'umidità - potenziale pericolo di danneggiamento della sonda a raggi infrarossi, una pompa di aspirazione con limitatore di flusso, un timer per l'intervento della pompa, un convertitore di tensione.

**Conducibilità.** È stata adottata una sonda a induzione, preferita a quelle convenzionali a contatti metallici in vista (e quindi facilmente ossidabili). Alcune specifiche si trovano sul sito: <http://www.kemital.it/805/Conduktivimetri> È attualmente in fase di funzionamento e non è stata impiegata per lunghi periodi.

**Conversione dei dati.** Tutte le apparecchiature periferiche sin qui descritte sono state selezionate per operare con Standard 4-20mA e con tale standard i segnali entrano nei pannelli di gestione dopo aver percorso qualche centinaio di metri. Considerata l'ulteriore lunghezza della linea (500m per giungere al Modulo e altri 500m per arrivare alla Stazione) si è giudicato opportuno convertire i segnali analogici in digitale (RS485). Si sono utilizzati apparecchi della serie Adam prodotti dalla Advantech: [http://tnt.etf.bg.ac.rs/~msl/sms/lab/ADAM-4000\\_Manual\\_Ed\\_10\\_3.pdf](http://tnt.etf.bg.ac.rs/~msl/sms/lab/ADAM-4000_Manual_Ed_10_3.pdf). Tutti gli acquisitori adottati sono del tipo Adam 4017 (8 ingressi analogici, 16bit) che convertono il segnale in Standard RS485. La linea RS485 viene realizzata con un twisted-pair (doppino) al quale possono essere derivati in parallelo fino a 256 moduli (ognuno con il proprio indirizzo) su una lunghezza di linea di oltre 1000 metri. Accanto a questi è stato necessario installare un ulteriore convertitore per portare lo RS485 a RS232 per poterlo collegare alla porta seriale del PC. Altri convertitori per Fibra Ottica sono inseriti sulla linea RS485 per evitare le induzioni prodotte dalle scariche atmosferiche al twisted-pair. Il costo non è certo trascurabile e per ogni apparecchio si aggira attorno ai 200-300 Euro. Poi, ovviamente, è indispensabile un programma di lettura e interpretazione dei dati che in tempo reale salvano dalla profondità.

**Nota bene!** In alcune grotte del Carso triestino è stata accertata la presenza di CO<sub>2</sub> gassosa

con concentrazione talvolta superiore al 5%, soglia al limite della pericolosità. Si è constatato che CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> procedono in conserva: all'aumento di CO<sub>2</sub> risponde una pari diminuzione di O<sub>2</sub>. Il prezzo dei rilevatori di CO<sub>2</sub> è parecchio elevato per le concentrazioni richieste, per cui si è optato per l'acquisto di analoghi apparecchi progettati per misurare (direttamente e con allarme sonoro) la percentuale di O<sub>2</sub> ad un costo ragionevole (200-300 Euro), ma con durata del sensore limitata a 2 anni. Si tratta di un sensore elettrochimico che esaurisce la propria reattività in quel lasso di tempo. Per questo tipo di misura è stato scelto un apparecchio della BW Technologies: <https://www.honeywellanalytics.com/~media/honeywell-analytics/products/gasalert-extreme/documents/gasalert-extreme-user-manual.pdf?la=en>. La concentrazione di O<sub>2</sub> in atmosfera è pari a 20.9%. A valori inferiori di ossigeno in cavità corrispondono valori superiori di CO<sub>2</sub>.

## Conclusioni

La Stazione Ipogea Sperimentale di Monitoraggio Ambientale (S.I.S.M.A.) è ormai una realtà del territorio. La Società Adriatica di Speleologia (S.A.S.) ha dedicato alla struttura, oltre a ingenti fondi propri, un'ampia parte dei contributi economici ricevuti negli anni e il costante impegno di alcuni soci. Potrebbe essere gratificante stendere un elenco di quanti si sono impegnati nel progetto ma inevitabilmente se ne dimenticherebbe qualcuno, e questo sarebbe estremamente spiacevole. Attualmente si stanno acquisendo i livelli idrometrici del fiume, la temperatura dell'acqua, le concentrazioni di CO<sub>2</sub>, le differenze barometriche tra la superficie e la profondità a -220m (subito al di sotto c'è il massimo limite registrato delle piene). Un sismologo di Praga (Institute of Rock and Structure Mechanics) ha impiantato la sua stazione di rilevamento dei movimenti della crosta acquisiti attraverso una telecamera telecomandata direttamente dalla Repubblica Ceca.

La S.A.S. è da sempre aperta a ogni collaborazione in ambito scientifico e non ha mai posto ostacoli a ricercatori di qualsiasi provenienza. Personalmente auspico che così potrà essere anche per il futuro. La S.A.S. accoglie inoltre suggerimenti e consigli che possano coadiuvarla a migliorare e implementare ulteriormente la Stazione.

## Bibliografia

- BOEGAN E., *"La Grotta di Trebiciano"*, Alpi Giulie, 14 (5): 131-136, (6): 157-169, 15 (1): 10-22, (5-6): 113-135, Trieste 1909-1910
- BOEGAN E., *"La Grotta di Trebiciano, studi e rilievi dal 1910 al 1921"*, Alpi Giulie 23 (4-6): 114-151, Trieste lug.-dic. 1921
- <http://www.boegan.it/wp-content/uploads/2011/08/LaGrottadiTrebicianoWEB.pdf>
- DAMBROSI S., *"Indagine sulla presenza del Diossido di Carbonio in alcune cavità naturali del Carso Classico"*, Tesi del corso di Laurea in Geologia, Università degli Studi di Trieste, 2016
- DOUCHET M., *"Au coeur du Karst primitif"*, Le Fil, Bulletin de liaison de la Commission Nationale de Plongée Souterraine, 2017
- FORTI F., SEMERARO R., ULCIGRAI F., *"Carsogenesi e morfologia dell'Abisso di Trebiciano"*, Atti e memorie della Commissione E. Boegan, vol. XVIII (1978): 51-99, Trieste 1979 - <https://>



sastrieste.it/index.php/2019/11/15/forti-f-semeraro-r-ulcigrai-f-carsogenesi-e-geomorfologia-dellabisso-di-trebianco/

MAUCCI W., *"Organizzazione tecnica e risultati delle ricerche sul corso ipogeo del Timavo"*, Atti del I Congr. Intern. de Speleologie, Paris 1953, vol. 2: 201-203, Paris 1955 - <https://sastrieste.it/index.php/2019/11/15/maucci-w-1953-organizzazione-tecnica-e-risultati-delle-ricerche-sul-corso-ipogeo-del-timavo/>

MORPURGO E., *"La Grotta di Trebianco"*, Atti e Memorie della Società Alpina delle Giulie, 1886-1887: 123-140 - <https://www.boegan.it/wp-content/uploads/2020/11/02-%E2%80%93-La-Grotta-di-Trebianco.pdf>

RADACICH M., *"Provvedimenti d'acqua per la città di Trieste nel secolo XIX con riferimento alla Grotta di Trebianco (VG 17)"*, Alpi Giulie 85 (1-2): 11-29, Trieste 1991

SEMERARO R., BALLARIN L., BRUN C., DAMBROSI S., FORTI F., *"Tracer test in the vadose Zone of the Trebianco Abyss near an Uncontrolled Landfill (the Karst of Trieste)"*, Intern. Conf.: "the quality of Life and Environment: a Must for the European Integration", Constanta 2006 - <https://sastrieste.it/index.php/2019/11/15/rino-semeraro-luciano-ballarin-clarissa-brun-sergio-dambrosi-fulvio-forti-2006-tracer-test-in-the-vadose-zone-of-the-trebianco-abyss-near-an-uncontrolled-landfill-the-karst-of-trieste/>

TIMEUS G., *Sui mezzi d'indagine nell'idrologia sotterranea. Nuovi metodi*, Boll. della Soc. Adriatica di Sc. Nat., 25 (2): 217-231, Trieste 1911

TIMEUS G., VORTMANN G., *L'applicazione del cloruro di litio nelle indagini di idrologia sotterranea*, Boll. della Soc. Adriatica di Sc. Nat., vol. 25 (2): 238-246, Trieste 1911

TOMMASINI M., *"Memoria letta nella radunanza generale della Società Adriatica di Scienze naturali, il dì 7 gennaio 1877"*, Bollettino della S.A.S.N., 2 (1876): 372-376, Trieste, Tipografia del Lloyd Austro-Ungarico, 1877 - <https://sastrieste.it/index.php/2019/11/15/tommasini-m-1876-memoria-letta-nella-radunanza-generale-della-societa-adriatica-di-scienze-naturali-il-di-7-gennaio-1877/>

ULCIGRAI F., *"Successione stratigrafica dell'Abisso di Trebianco"*, Atti e memorie della Commissione E. Boegan, vol. XVI (1976): 21-44, Trieste 1977 - <https://sastrieste.it/index.php/2019/11/15/ulcigrai-f-1976-successione-stratigrafica-dellabisso-di-trebianco/>