

SILVIO POLLI

**PROPRIETÀ FISICHE DELL'ARIA USCENTE DALL'ABISSO DEI CRISTALLI  
(3960 VG) SUL CARSO DI TRIESTE****RIASSUNTO**

Dall'abisso dei Cristalli (3960 VG), sul Carso di Trieste, esce costantemente un flusso d'aria. Di questo sono state misurate le temperature, l'umidità, le velocità e le portate. Di tali misure si presentano i valori medi ed estremi, mensili ed annui. La portata media dell'aria uscente risulta di 21 milioni di metri cubi per anno, cui corrispondono 203 tonnellate d'acqua sotto forma di vapore acqueo.

**ABSTRACT**

A constant flow of air comes out of the Cristalli Abyss (3960 VG), in the Karst of Trieste. Its temperature, humidity, velocity and flow rate have been measured. The average and peak values are reported per month and year. The average flow rate of the outcoming air is 21 million cubic metres per year, equal to 203 tons of water in the form of water vapour.

**Le proprietà fisiche dell'aria**

Attraverso la bocca delle grotte e degli abissi fluisce sempre una corrente d'aria, anche se spesso non è percettibile. Tale flusso può essere alternato, cioè entrante ed uscente, come può verificarsi negli abissi, o anche contemporaneamente entrante al basso e uscente in alto, e viceversa, come avviene spesso nelle grotte con andamento suborizzontale. I diversi casi si verificano secondo la forma della cavità, la stagione e le condizioni meteoriche del momento.

Molto raro, almeno sul Carso di Trieste, è il caso di una cavità con flusso d'aria sempre uscente o sempre entrante. Sono state controllate le cosiddette "grotte soffianti" del nostro Carso e si è riscontrato che il flusso d'aria perdurava solamente in corrispondenza a determinate situazioni meteoriche o al massimo per un periodo stagionale, come avviene per esempio nella 1145 VG, presso Rupinpiccolo.

Un caso invece di aria sempre uscente è quello dell'Abisso dei Cristalli (3960 VG), le cui coordinate, riferite alla carta 1:25.000 dell'I.G.M., Poggioreale del Carso, ed. 4-1962, sono: lat. 45°43'53,5" N, long. 1°15'55,1" E di M. Mario (13°43'03,5" E Greenwich), quota 211 m.

Esso si trova 1125 m a NW di Gabrovizza S. Primo e vi si può arrivare per un'antica carra-reccia che parte da Gabrovizza e attraversa la linea ferroviaria presso l'ex Casello di q. 220 m. L'abisso viene pure a trovarsi circa 70 m ad Est della Grotta dell'Alce (62 VG).

L'abisso comprende una successione quasi verticale di pozzi e di caverne per una profondità di 205 m; il fondo del pozzo terminale risulta così alla quota di 6 m sul livello del mare. L'originaria stretta fessura soffiante è stata allargata nel 1953 per rendere accessibile l'ingresso della cavità.

Dal 1972 al 1986 sono state effettuate, con frequenza stagionale, misure di temperatura, di umidità relativa ed assoluta, della velocità e della portata del flusso d'aria, che è risultato sempre uscente, con valori massimi in dicembre-gennaio e minimi in luglio-agosto.

Le misure sono state eseguite alla profondità di 1,5 m, in corrispondenza della sezione minima dell'imboccatura. Per la determinazione delle temperature e dell'umidità è stato usato uno psicrometro ad aspirazione Assmann, con termometri divisi in 1/5 °C, tarati con termometro campione, e le "Aspirations-Psychrometer-Tafeln" del Deutsche Wetterdienst. Per la misura della velocità è stato adoperato un anemometro totalizzatore "La Filotecnica-Salmoiraghi" con otto pale rotanti, di alta sensibilità.

Nel 1972 la sezione dell'imboccatura nella quale venivano fatte le misure era di 0,36 mq, nella primavera del 1974 la bocca dell'ingresso è stata allargata ma la sezione minima è rimasta quasi inalterata.

Nella primavera del 1976, per opera del Gruppo Grotte dell'Associazione XXX Ottobre, Sezione di Trieste del C.A.I., tutta l'imboccatura è stata nuovamente ampliata e l'ingresso chiuso con un'inferriata quadrata di 1 m di lato, che successivamente è stata rimossa. La sezione minima dell'imboccatura, ad 1,5 m dall'apertura, è risultata così del 10% più larga della precedente. Di conseguenza, dal 1976 la sezione di efflusso considerata nella determinazione delle velocità e delle portate è risultata di 0,4 mq. A questa sezione sono state riportate le velocità e le portate misurate dal 1972 al 1975. Con ciò la serie dei valori dei deflussi è stata resa omogenea, cioè tutti i dati sono risultati confrontabili fra di loro, ed è da essi che sono state ricavate le tabelle presentate più avanti. Le misure termometriche non sono state invece alterate dal modesto allargamento della sezione dell'efflusso.

L'abisso, per la sua grande capacità volumetrica, si comporta certamente anche come "cavità barometrica", i cui relativi flussi della bocca sono però sopraffatti dalla forte corrente uscente e sono perciò molto difficilmente determinabili. Solamente in luglio ed in agosto, quando la corrente d'aria uscente è più debole, essi possono rendersi percettibili mediante delicate e lunghe misurazioni anemometriche.

Tabella 1

**Valori medi mensili e annui dell'aria uscente (1972-1986)**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Anno
<b>1. TEMPERATURA</b>													
Minima, °C	10,3	10,2	10,3	10,5	10,7	11,0	11,4	11,5	11,4	11,1	10,7	10,4	10,8
Massima, °C	10,7	10,6	10,7	10,9	11,1	11,4	11,8	11,9	11,8	11,5	11,1	10,8	11,2
Media, °C	10,5	10,4	10,5	10,7	10,9	11,2	11,6	11,7	11,6	11,3	10,9	10,6	11,0
<b>2. UMIDITÀ</b>													
Minima, %	98,6	98,5	98,2	97,9	97,6	97,0	96,5	96,4	96,6	97,0	97,8	98,5	97,6
Massima, %	99,9	99,9	99,8	99,5	99,2	98,8	98,5	98,2	98,2	98,6	99,2	99,9	99,1
Media, %	99,3	99,2	99,0	98,7	98,4	97,9	97,5	97,3	97,4	97,8	98,5	99,2	98,4
<b>3. VELOCITÀ</b>													
Minima, m/sec	2,0	1,9	1,7	1,5	1,1	0,8	0,6	0,5	0,9	1,6	2,0	2,1	1,39
Massima, m/sec	2,4	2,3	2,1	1,9	1,7	1,4	1,4	1,3	1,5	2,0	2,4	2,5	1,91
Media, m/sec	2,2	2,1	1,9	1,7	1,4	1,1	1,0	0,9	1,2	1,8	2,2	2,3	1,65
<b>4. PORTATA</b>													
Minima, mc/sec	0,80	0,76	0,68	0,60	0,44	0,32	0,24	0,20	0,36	0,64	0,80	0,84	0,56
Massima, mc/sec	0,96	0,92	0,84	0,76	0,68	0,56	0,56	0,52	0,60	0,80	0,96	1,00	0,76
Media, mc/sec	0,88	0,84	0,76	0,68	0,56	0,44	0,40	0,36	0,48	0,72	0,88	0,92	0,66

La Tab. 1.1 presenta i valori medi mensili ed annui delle temperature, in °C, della corrente uscente, misurate alla profondità di 1,5 m, in corrispondenza della sezione minima dell'imboccatura. La temperatura media di 15 anni di misure risulta di 11,0°C.

Molto piccola figura l'escursione annua, cioè la differenza di temperatura fra quella del mese più caldo e quella del mese più freddo: essa è di 1,3° per i valori medi e di 1,6° fra i valori estremi. Ciò indicherebbe un lungo percorso in strati rocciosi relativamente profondi e a temperatura quasi costante; e ciò risulterebbe pure dal fatto che la temperatura massima (agosto) e la minima (febbraio) appaiono ritardate di un mese rispetto a quelle dell'aria esterna all'abisso (Tab. 3). Molto rari sono stati, nei 15 anni, gli scostamenti di 0,5° dai corrispondenti valori medi, e ciò è avvenuto in relazione a mesi meteoricamente eccezionali.

La Tab. 1.2 presenta i valori medi, mensili ed annui, in percento, dell'umidità relativa, le cui misure sono state eseguite negli stessi momenti e condizioni di quelle della temperatura. L'umidità media annua risulta del 98,4% con un'escursione annua di 2 unità percentuali. La differenza fra i valori medi estremi (99,9% di gennaio e 96,4 di agosto) è di 3,5 unità percentuali. L'umidità media elevata e l'escursione molto piccola comportano un lungo percorso dell'aria in stratificazioni profonde (come è stato messo in evidenza per la temperatura) e un lungo contatto con flussi acquei.



Foto 1 — Abisso dei Cristalli, VG3960. L'imboccatura il 2.7.1972



Foto 2 — Abisso dei Cristalli, VG3960. L'imboccatura l'8.7.1984

Nella Tab. 1.3 sono dati i valori medi, mensili ed annui delle velocità, misurate in m/sec., nei tempi e condizioni delle misure termiche. La velocità media annua risulta di 1,65 m/s, l'escursione annua tra i valori del mese con massima velocità (gennaio) e quello con minima (agosto) è di 1,4 m/s. La velocità in gennaio figura 2,5 volte maggiore rispetto a quella di agosto, la velocità media invernale è doppia rispetto a quella estiva.

Nelle stagioni di autunno, inverno e primavera, l'efflusso è sempre forte e quasi costante durante tutta la giornata. Nei mesi di luglio ed agosto esso può talvolta non rendersi sensibile all'ingresso, ma basta allora scendere a 2 m dall'imboccatura per sentire, oltre che il debole flusso, anche la bassa temperatura e l'alta umidità. Solamente in tali casi, e in concomitanza di variazioni notevoli della pressione atmosferica, il debole flusso può risultare fluttuante, ma non alternato di senso.

L'escursione annua, in confronto a quelle della temperatura e dell'umidità, risulta notevolmente più ampia, infatti più rilevante è la differenza fra le velocità invernali e quelle estive. La corrente uscente appare maggiormente condizionata dalle situazioni meteoriche e climatiche stagionali.

La Tab. 1.4 presenta i valori medi mensili ed annui delle portate in mc/s della corrente uscente. Avendo riferito le portate tutte alla stessa sezione di 0,4 mq, esse risultano proporzionali alle corrispondenti velocità, per cui le considerazioni fatte per queste valgono pure per le portate. Il valore medio annuo risulta di 0,66 mc/s. Le portate invernali figurano doppie rispetto a quelle estive, mentre quelle autunnali appaiono leggermente superiori in confronto a quelle primaverili.

Nella Tab. 2 sono riportati i valori mensili delle portate medie in mc/s e quelli delle portate medie in mc/min., mc/ora, mc/giorno e mc/mese. La portata media annua di 20.780.928 mc/anno è stata ricavata quale somma dei 12 valori mensili. Essa è una media ponderata, ottenuta cioè tenendo conto del diverso numero di giorni dei singoli mesi. Considerando invece la media semplice (non ponderata) di 0,66 mc/s, si ottiene una portata media annua di 20.813.760 mc/anno.

L'enorme massa d'aria che esce dall'abisso in un anno, con temperature ed umidità quasi costanti, richiede una provenienza profonda e lontana attraverso fessurazioni con percorsi molto interni e complessi e in contatto con flussi acquei di notevoli portate.

Da una temperatura media annua di 11,0° e da un'umidità media del 98% si ricava (dalle citate "Aspirations-Psychrometer-Tafeln") una umidità assoluta di 9,78 g/mc di vapore acqueo.

Tabella 2

**Portate medie mensili e annue dell'aria uscente (1972-1986)**

	mc/s	mc/min.	mc/ora	mc/giorno	mc/mese
Gennaio	0,88	52,8	3.168	76.032	2.356.992
Febbraio	0,84	50,4	3.024	72.576	2.032.128
Marzo	0,76	45,6	2.736	65.644	2.035.584
Aprile	0,68	40,8	2.448	58.752	1.762.560
Maggio	0,56	33,6	2.016	48.384	1.499.904
Giugno	0,44	26,4	1.584	38.016	1.140.480
Luglio	0,40	24,0	1.440	34.560	1.071.360
Agosto	0,36	21,6	1.296	31.104	964.224
Settembre	0,48	28,8	1.728	41.472	1.244.160
Ottobre	0,72	43,2	2.592	62.208	1.928.448
Novembre	0,88	52,8	3.168	76.032	2.280.960
Dicembre	0,92	55,2	3.312	79.488	2.464.128
Anno	—	—	—	—	20.780.928
Media	0,66	39,6	2.376	57.024	1.731.744

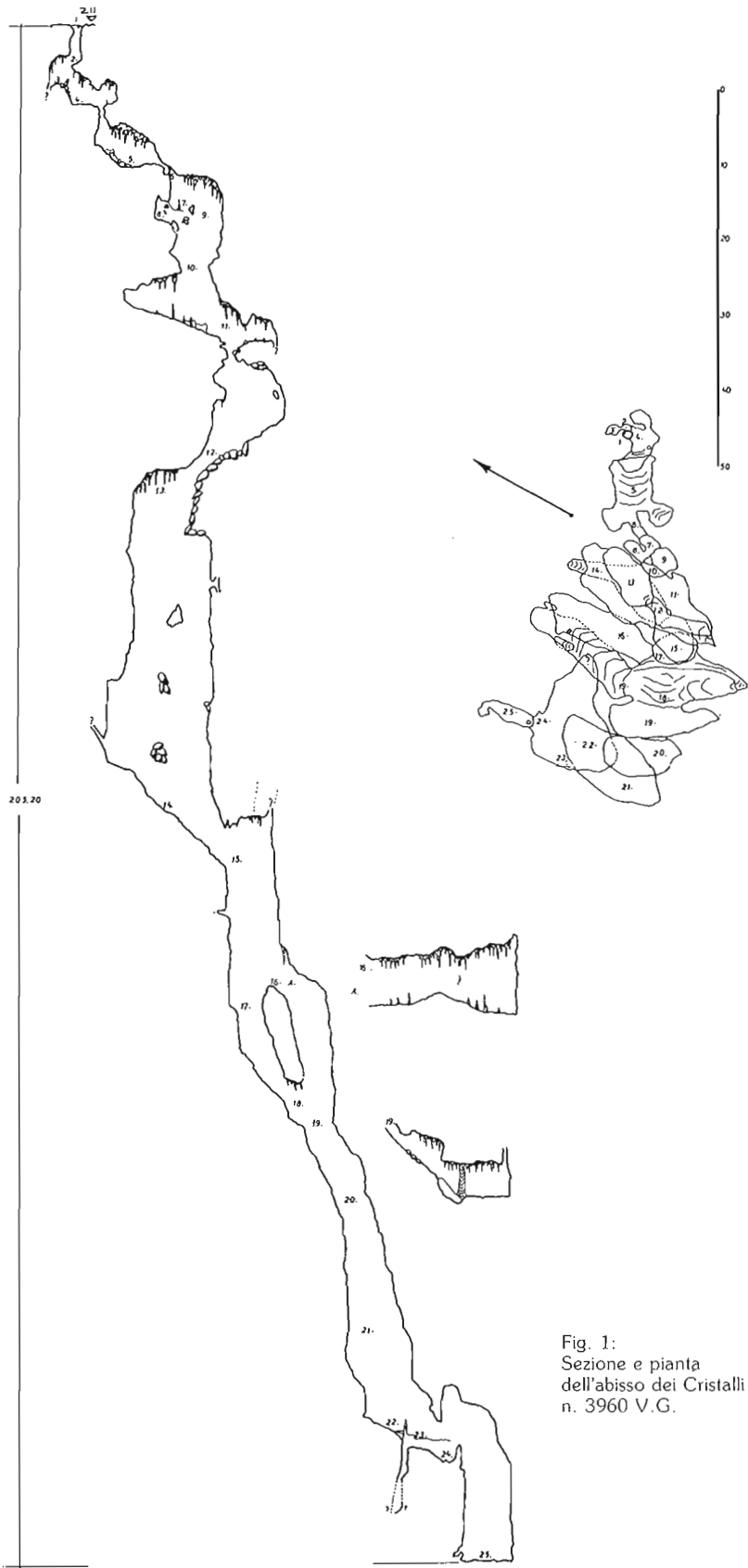


Fig. 1:  
 Sezione e pianta  
 dell'abisso dei Cristalli  
 n. 3960 V.G.

Tabella 3

**Valori medi della temperatura, umidità e precipitazioni all'esterno dell'abisso (1951-1980)**

Elemento meteorico	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Anno
Temperatura, °C	3,5	4,3	7,1	11,2	15,0	19,0	21,4	21,2	17,8	13,0	8,1	4,5	12,2
Umidità, %	73	71	67	67	68	68	64	65	69	72	74	74	69,3
Precipitazioni, mm	90	78	80	92	100	108	97	107	120	118	130	104	1224

Per cui in un anno fuoriescono dall'abisso 203.237.476 grammi di acqua, equivalenti a 203.237 kg, o anche a 203 tonnellate d'acqua sotto forma di vapore acqueo.

Nella Tab. 3 sono dati i valori medi mensili e annui delle temperature dell'aria, dell'umidità e delle precipitazioni all'esterno dell'abisso alla quota di 211 m. Essi sono stati ricavati da quelli di Gabrovizza S. Primo (235 m) tenendo conto sia della differenza di quota, sia della situazione ambientale, e sono riferiti al trentennio 1951-1980.

Il clima della zona corrisponde a quello del Carso triestino medio (POLLI, 1985). È un clima temperato, il cui carattere marittimo-mediterraneo tende al continentale subalpino. La zona risulta moderatamente soggetta alla bora in quanto fruisce ancora della copertura collinare ad oriente di essa.

Confrontando i dati dell'aria uscente dall'abisso con quelli della zona circostante, si può notare una temperatura media annua inferiore di 1° e il ritardo di un mese delle temperature estreme: agosto rispetto a luglio e febbraio rispetto a gennaio. L'escursione annua della temperatura risulta 14 volte minore, quella dell'umidità 5 volte minore. Più complessa è invece la relazione tra le precipitazioni e la portata dell'efflusso, in quanto gran parte delle precipitazioni invernali rimangono fissate dalla neve e buona parte di quelle estive risultano assorbite dal terreno e dalla vegetazione; comunque si può notare che alle massime piogge di novembre corrisponde il massimo delle portate di dicembre.

Tutto quanto è stato ora esposto risulta in concordanza con le precedenti considerazioni su una provenienza profonda dell'aria uscente, in contatto con flussi acquei e lungo complessi percorsi. Poca influenza potrebbero avere, sul forte efflusso dall'abisso, eventuali apporti d'aria da cavità meno profonde e più vicine ad esso.

**Bibliografia**

- MARINI D., 1985. *Nostra sorella aria*. Progressione 13, Comm. Grotte "E. Boegan", Trieste: 11-13.
- POLLI S., 1954. *La Grotta Gigante del Carso di Trieste quale cavità barometrica*. Atti VI Congr. Naz. Speleol., Trieste: 277-286.
- POLLI S., 1954. *Sulle misure di meteorologia ipogea*. Atti VI Congr. Naz. Speleol., Trieste: 272-276.
- POLLI S., 1956. *Cinque anni di meteorologia ipogea nella Grotta Gigante presso Trieste*. Atti VIII Congr. Naz. Speleol., Como 1956. Mem. IV, Tomo II, Como, 1958: 166-178.
- POLLI S., 1969. *Meteorologia ipogea nella Grotta "C. Doria" del Carso di Trieste - Quinquennio 1963-1967*. Atti e Mem. Comm. Grotte "E. Boegan", Vol. IX: 87-98.
- POLLI S., 1971. *Quattro anni di meteorologia ipogea nella Grotta Gigante presso Trieste (1958-61)*. Atti e Mem. Comm. Grotte "E. Boegan", Vol. X: 67-74.
- POLLI S., 1985. *Ambiente climatico degli stagni della Provincia di Trieste*. Atti Mus. civ. Stor. nat. Trieste, 37 (2): 217-233.
- DEUTSCHE WETTERDIENST, 1954. *Aspirations-Psychrometer-Tafeln*. Bad Kissingen: 1-183.