

GROTTE



Gruppo Speleologico Piemontese CAI - UGET
anno 63 - n. 173 - gennaio-giugno 2020

Sommario

NOTIZIE DAL GRUPPO

- | | | |
|---|--------------------------------|--------------|
| 2 | Notiziario | AA. VV. |
| 3 | 9-12-90 | U. Lovera |
| 4 | Veliko | U. Lovera |
| 6 | Paolo Chiesa e Michele Messina | B. Dematteis |

ESPLORAZIONI E ALTRO

- | | | |
|----|--|------------------------------------|
| 8 | Attività primo semestre 2020 | M. Taronna, L. Zaccaro |
| 11 | Straldi e Cappa: le novità esplorative | S. Callaris |
| 14 | Liberazione e qualcosa altro | I. Cicconetti |
| 18 | Tao. Sabbie Nere e pozzo della mazzetta | L. Zaccaro |
| 20 | Che aria tira alla Voragine del Pa'? | M. e L. Motta |
| 24 | Le esplorazioni degli ultimi anni al Colle dei Signori | G. Giordani e J. Lamboglia (ASMPG) |

SPELEOSUB

- | | | |
|----|-------------------|------------|
| 27 | La nube nel pozzo | A. Eusebio |
|----|-------------------|------------|

BIOSPELEOLOGIA

- | | | |
|----|-------------------------------|--|
| 29 | La vendetta dei pippi | V. Balestra |
| 32 | Cavernicolo sarai tu! | E. Lana |
| 37 | Attività biospeleologica 2020 | E. Lana, A. Casale, P.M. Giachino,
M. Chesta, V. Balestra |

Recensioni

- | | | |
|----|--|------------|
| 45 | Dal fondo del pozzo ho guardato le stelle - A. Gobetti | A. Gabutti |
| 46 | Elenco soci | |

Rivista edita dal Gruppo Speleologico Piemontese. Fondata nel 1959, è la continuazione del Bollettino mensile informativo (1958). La rivista pubblica articoli originali, recensioni e notizie di Speleologia scientifica e esplorativa e il notiziario del Gruppo Speleologico Piemontese.

ISSN 2612-3584



La rivista "Grotte" è rilasciata nei termini della licenza Creative Commons Attribution 4.0 Unported (CC BY 4.0): <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.it>.

Politica editoriale: www.gsptorino.it

Direttore Responsabile: Alberto Riccadonna
(autorizz. Trib. Saluzzo n. 64/73, 13/10/1973)

Comitato di Redazione: M. Di Maio, M. Taronna, U. Lovera,
L. Zaccaro, V. Bertorelli, C. Marinone, D. Trombin

Impaginazione: Side Design di D. Alterisio - www.side-design.it

Spedizione in supplemento a:

CAI UGET NOTIZIE n° 3 di maggio - giugno 2021

Spedizione in A.P. TORINO, comma 20c, art. 2, Legge 662/96

Contatti: info@gsptorino.it, www.gsptorino.it,

Facebook: Gruppo Speleologico Piemontese

Stampa: La Grafica Nuova, via Somalia, 108/32 Torino

Foto di copertina: "Arrembaggio!" Ph. M. Gaggero

Che aria tira alla Voragine del Pa'?

Testo di Michele e Luigi Motta, foto di M. Taronna

In un sistema di qualche decina di km e almeno 16 ingressi, è quasi utopia sperare di comprendere appieno la circolazione atmosferica. Da non pararci nemmeno, con i pochissimi dati di cui disponiamo. Altro discorso è limitarsi alla galleria iniziale sfociante alla Voragine del Pa', la cui struttura relativamente semplice promette di essere molto più facilmente comprensibile. E chissà che, di galleria in galleria, qualche nostro discendente alla fine tracci un quadro completo di tutta l'atmosfera di Piaggia Bella?

Gradienti termici altimetrici

A furia di considerare le grotte come una specie di esseri viventi, si rischia di dimenticare che... non hanno polmoni: dire che una grotta "soffia" è come dire che l'imboccatura di un sassofono o che un camino soffia: in realtà nel primo caso è il sassofonista che ci soffia dentro, nel secondo è il calore del fuoco che espande i gas; grotte, sassofoni e camini sono solo dei condotti. Nel caso delle grotte l'aria esce perché non vuole stare in

Posizione	Quota	T _{ss}	T ₁₅	T _w	T _s	T _c	T _{a50}	RH
Inizio imbuto ingresso	2157 ca.	5,9	6,0	8,8	2,0		5,9	85
Fondo imbuto ingresso	2130 ca.	4,0			0,0	-0,2	4,1	96
Base saltino iniziale	2115 ca.	4,5	4,9		1,1	0,5	6,8	78
Sala Bianca	2057 ca.	3,8			4,5	4,2	8,7	64
Imbocco "passaggio segreto"	2017 ca.	3,7			5,1	4,9	8,7	66
Sorgente dei Lupi del Pas	2020 ca.	3,7	3,7	3,8	4,4	4,2	8,8	69
"cresta Besson"	1980 ca.	4,8			0,4	0,5	8,9	58
Sala Besson	1960 ca.				3,0	3,0	7,9	68

Tab. 1 – Misure alla Voragine del Pas il 29.9.2019. Quota: m s.l.m. Temperature: °C. T_{ss}: sedimento del pavimento a 1 cm di profondità (sonda a penetrazione Pt100, ± 0,1 °C). T₁₅: idem a 15 cm. T_w: acqua. T_s: superficie pavimento (sonda a IR). T_c: superficie soffitto (sonda a IR). T_{a50}: aria a 50 cm dal pavimento (sonda Pt100 per aria). RH: % umidità relativa.

Posizione	Quota	T _{ss}	T _{a50}	RH
Imbocco	2157 ca.	5,6	15,9	
II data logger	2090 ca.	4,6	13,7	42
III data logger "Via delle Barelle"	2030 ca.	3,9 (T _s 4,0)	11,3	55
"punto caldo"	1890 ca.	11,2		
Galleria principale presso deviazione Solai	1885 ca.	5,6		
Gallerie del Solai	1902 ca.	6,3		

Tab. 2 – Misure il 7.08.2020 (stessi simboli di tab. 1).

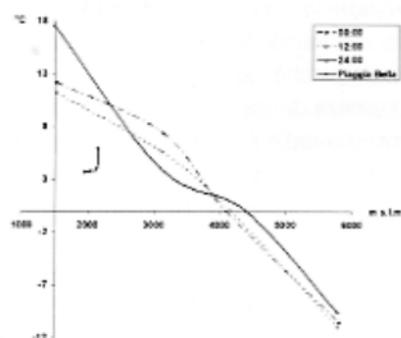


Fig. 1 – Variazione altimetrica delle temperature a Levaldigi (elaborazione da dati dei palloni-sonda ARPA) e in Piaggia Bella il 29 settembre 2019, ore UTC. T media 19 °C, min. 12 °C, max. 25 °C; RH medio 74%, min. 50%, max. 100%; vento medio 6 km/h, max. 11 km/h; cielo con nubi sparse senza precipitazioni.

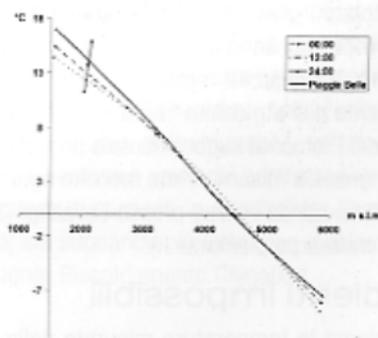


Fig. 2 – Variazione altimetrica delle temperature misurate dai palloni-sonda e in Piaggiabella il 7 agosto 2020. Media 23 °C, min. 15 °C, max. 30 °C, RH medio 72%, min. 48%, max. 100%; vento medio 6 km/h, max. 11 km/h; cielo sereno.

grotta (al contrario degli speleologi), il che vuol dire o che sta venendo scaldata e quindi si espande (situazione tipica delle grotte con singolo imbocco o degli antri in cui si accende un fuoco), o che sta muovendosi da un ingresso all'altro in una grotta con più ingressi, in genere per la differenza di densità / pressione con l'atmosfera esterna. Ciò lo si può esprimere, come si fa in meteorologia per l'atmosfera libera, in termini di gradiente altimetrico e instabilità atmosferica. In linea di massima sia nella troposfera sia in grotta l'aria tende a essere sempre più fredda con l'altitudine. I gradienti in grotta però in genere differiscono da quelli dell'atmosfera libera, in quanto influenzati dalla vicinanza di roccia e acqua a differente temperatura (come nello strato superadiabatico della troposfera, l'aria vicinissima al suolo). Grazie all'opera evangelizzatrice di Badino, tutti (o quasi?) gli speleologi sanno che il gradiente altimetrico è di $-6,5$ °C/km in atmosfera standard; qualche iniziato (spero) saprà anche che nell'atmosfera reale varia molto con le stagioni. Temporaneamente può addirittura invertirsi, in occasione del passaggio di perturbazioni atmosferiche; e quasi sempre, i movimenti convettivi originati dal riscaldamento del terreno o, al contrario, la subsidenza dell'aria quando il suolo si raffredda, rendono l'atmosfera reale molto differente da quella standard cara ai fisici, con gradienti lineari solo nelle stagioni intermedie, parabolici nelle altre. In Piemonte Biancotti et al. (1998) hanno calcolato i gradienti medi lungo i versanti nei diversi mesi dell'anno (nella fascia altimetrica 90-2300 m). Da qualche tempo è anche disponibile il gradiente dell'atmosfera libera (cioè distante dal suolo) del Piemonte sudoccidentale per un preciso giorno, grazie a misure dirette raccolte ogni 12 ore con palloni-sonda liberati presso Levaldigi (384 m s.l.m.; www.arpa.piemonte.it).

Gradienti impossibili

Analizziamo le temperature misurate nella prima parte della Voragine del Pa' il 29.9.2019 (tab. 1). Il gradiente termico del sedimento, leggermente positivo fra 1 e 15 cm di profondità (Tss e T15), indica che siamo ancora nella stagione di progressivo riscaldamento del pavimento di questo ingresso in Piaggia Bella (in attesa dei risultati dei data-logger, possiamo immaginare che il massimo termico sia

autunnale, come nella maggior parte delle grandi grotte liguri e piemontesi, vedasi Motta & Motta, 2014 e 2019); il gradiente lungo l'asse della galleria indica una dinamica termica omogenea sino alla Sorgente dei Lupi del Pas. L'acqua entrante nel sistema è relativamente calda (Tw), e alla Sorgente dei Lupi del Pas tende a portare la temperatura del pavimento alla propria (come avviene normalmente in grotte senza fortissima circolazione d'aria).

L'aria lungo la galleria mostra alcune inversioni termiche (Ta50 in tab. 1), ovviamente inspiegabili in un'atmosfera statica. Anche dove non c'è inversione termica è impossibile che l'atmosfera sia statica, visto l'altissimo gradiente altimetrico che ad esempio, tra l'ingresso e la Sala Bianca, risulta circa il doppio del massimo possibile in un'atmosfera statica a quella temperatura e umidità. In generale, la distribuzione delle temperature indica che, mentre nella dolina d'ingresso probabilmente l'aria è piuttosto statica, avendo temperatura vicina a quella del suolo, nella galleria è in squilibrio termico con gli altri materiali, rispetto ai quali risulta sempre più calda. Poiché stiamo parlando della stagione calda e di aria uscente da un ingresso basso, cioè proveniente da quote più alte e raffreddata dalle pareti della grotta, il trovare quest'aria nettamente più calda sia di quella esterna, sia di acqua e roccia della galleria, può essere spiegato plausibilmente solo con un riscaldamento dinamico. In altri termini, la geometria della galleria è tale da comprimere il flusso d'aria proveniente dagli ingressi alti. Per di più questa ipotesi spiega perfettamente perché l'aria sia così secca, nonostante la presenza di una circolazione idrica e la forte evaporazione dalle superfici della galleria, tale da raffreddare le superfici sino a temperature sotto lo zero presso l'ingresso!

Il riscaldamento da compressione sembrerebbe avvenire fra Sala Besson e gallerie verso l'imbocco della Voragine del Pa', che dovrebbero avere sezione inferiore.

Nell'estate 2020, in occasione della posa dei data-logger, si è misurato un gradiente termico inverso molto elevato e temperature dell'aria ancora maggiori che nel settembre 2019 (tab. 2), nonostante che la roccia fosse circa fredda come nel 2019. Nell'ipotesi sopra esposta, la differenza fra i gradienti misurati nel 2019 e 2020 si spiega analizzando

le differenze di potenza nel "motore" che comprime l'aria nella galleria: la differenza termica fra l'aria alla quota degli imbocchi alti e l'interno di Piaggia Bella. Dalla fig. 1 appare evidente che il 29.09.2019 l'aria dell'atmosfera libera (e a maggior ragione quella al suolo, vista la giornata soleggiata) sia a mezzogiorno, sia a mezzanotte, era molto più calda di quella in grotta anche alla quota degli imbocchi alti (2525 m s.l.m., dove è variata fra 8 e 10 °C). Perciò nelle gallerie sfocianti nella Voragine del Pas l'atmosfera dal punto di vista termico era estremamente stabile, e quindi di per sé l'aria avrebbe dovuto ristagnare nella grotta, senza uscire dall'imbocco.

Il 7 agosto 2020 (quindi in una fase più precoce della stagione di circolazione di tipo estivo) l'aria nell'imbocco della Voragine del Pa' era più calda dell'atmosfera libera (fig. 2): in teoria l'atmosfera di questo tratto della galleria era considerabile instabile e avrebbe potuto contribuire alla fuoriuscita di aria. Tuttavia il divario termico era basso e ancora più basso relativamente all'aria esterna presso il suolo, calda a causa del cielo sereno (quindi questo fenomeno, da solo, non può certo spiegare la forte corrente in uscita dall'imbocco della Voragine del Pa', e occorre invocare ancora una volta l'effetto camino). Anche rispetto all'atmosfera libera alla quota degli imbocchi alti, l'aria della galleria sfociante alla Voragine del Pa' era più calda: la sua condizione termica tendeva quindi a contrastare la circolazione per effetto camino. Nonostante ciò, la corrente d'aria era intensa. La circolazione per effetto camino ha evidentemente abbastanza potenza per vincere questo contrasto, il che diventa ovvio nella nostra ipotesi dinamica: se la temperatura della galleria è regolata dal riscaldamento dinamico da compressione, l'alta temperatura dell'aria è una conseguenza dell'effetto camino, e può esserci solo finché l'effetto camino è abbastanza potente da creare una corrente d'aria che non solo riscalda

per compressione, ma impedisca all'aria di raffreddarsi restando a lungo a contatto con la roccia.

Le condizioni dell'atmosfera libera nei due giorni analizzati somigliano moltissimo per quanto riguarda vento e umidità relativa, mentre differiscono per gradiente altimetrico, che alle 12:00 era 3,48 °C/km nel 2019, 4,07 °C/km nel 2020, e per temperatura alla quota degli imbocchi alti, che a 2500 m s.l.m. era 7,8 °C nel 2019, 10,5 °C nel 2020.

Le prime conclusioni

Piaggia Bella nel suo complesso sembra proprio funzionare a camino, ma la galleria della Voragine del Pa' (come probabilmente le gallerie sorelle, ad esempio quella del Buco delle Radio) sembra piuttosto l'interno di un flauto per incantatori di serpenti ricurvo verso l'alto, nel punto in cui si restringe. Al termine a monte della Sala Besson, l'aria che circola spinta dall'effetto camino, viene compressa dalla riduzione della sezione di flusso, e quindi si scalda (compressione adiabatica di un gas perfetto). Essa tende quindi a un costante squilibrio termico con roccia e acqua. Forse ciò non è particolarmente insolito in Piaggia Bella: ad esempio, l'anomalia termica del "punto caldo" nella zona Galleries Suicides, in cui la temperatura risale improvvisamente da 5,6 °C a 11,2 °C, potrebbe benissimo avere la stessa causa.

Se questa dinamica è vera, la temperatura dell'aria nelle gallerie presso la Voragine del Pa' dipende indirettamente dalla temperatura dell'aria che entra in Piaggia Bella, la quale regola la potenza dell'effetto camino. Potremo verificare questa ipotesi una volta recuperati i data-logger... per il momento possiamo dire che, probabilmente, se trovate la galleria più ventosa e calda del normale, è solo che l'incantatore di serpenti in alto (mister Gradiente Termico) sta suonando più forte: non incolpate subito il signor Riscaldamento Climatico...

Bibliografia e siti web

Biancotti, A., Bellardone, G., Bovo, S., Cagnazzi, B., Giacomelli, L., and Marchisio, C. (1998) – *Distribuzione regionale di piogge e temperature*. Regione Piemonte, 80 p., Torino (I).

Motta L., Motta M. (2014) – *Oscillations of temperatures in Piedmont caves remarkable for speleofauna*. SCIECONF 2014, EDIS, Zilina (SK), 412-417.

Motta M., Motta, L. (2019) – *Le stagioni delle grotte – il microclima delle grotte del Finalese ligure*. Lulu, Raleigh (NC, USA).

<https://www.arpa.piemonte.it/rischinaturali/tematismi/meteo/osservazioni/radiosondaggio/radiosondaggio.html>