G. PEROTTI

Kronio
le Stufe di San Calogero e il loro flusso vaporoso

ACCADEMIA
GIOENIA
CATANIA

BOLL. ACC. GIOENIA SCI. NAT.	Vol. 27	n. 348	pp. 435-475	Catania 1994

BOLL. ACC. GIOENIA SCI. NAT.	Vol. 27	n. 348	pp. 435-475	Catania 1994

Kronio
le Stufe di San Calogero e il loro flusso vaporoso (*)

G. PEROTTI
Commissione Grotte "E.Boegan", Società Alpina delle Giulie - CAI
P.zza Unità d'Italia 3 - Trieste.

RIASSUNTO

Da una grotta che si apre sul Monte Kronio di Sciacca esce una grande quantità di aria calda satura di vapore; nel corso di varie esplorazioni effettuate dalla Commissione Grotte "*E. Boegan*" si sono potuti raccogliere gli elementi che permettono oggi la stesura di questo studio L'A., dopo una brevissima descrizione del sistema ipogeo e della sua storia, descrive le caratteristiche del flusso vaporoso ed esprime le sue idee sull'origine e sui fattori che ne determinano la dinamica.

Parole chiave: Stufe, Kronio, Sciacca, Sicilia.

SUMMARY

A cave opens near the top of Mount Kronio (Sciacca) and sends forth an issue of hot air saturated with steam. The Commissione Grotte "*E. Boegan*" explored this site several times, and succeeded in gathering the data reported in this paper. After briefly describing the hypogean structure and its history, the Author outlines the features of the steam issue and sets forth his opinion as to its origin and to the factors causing its dynamics fill.

Key words: Stoves, Mt. Kronio, Sciacca, Sicily.

(*) Atti del II Convegno Regionale Siciliano di Speleologia, Catania, 8-11/12/94.

Premessa

A NE della città di Sciacca (AG) si eleva isolato, sino a quota 386 m, il massiccio calcareo del Monte Kronio o San Calogero (fig. 1). Dalle sue falde meridionali, a quote inferiori ai 60 m, sgorgano numerose vene di acque termali sfruttate fino dal tempo dei Romani a scopo curativo. In prossimità della vetta, da alcune cavità carsiche fuoriesce aria calda e satura di umidità; la maggior parte di questa proviene dalla grotta *Stufe di San Calogero*, dove nella caverna detta *Antro di Dedalo* da un'angusta apertura arriva un getto con una portata media di 4 metri cubi al secondo (fig. 2). Anche questa zona, sino dal medioevo, è adibita a cure termali.

Geologia e tettonica

Le rocce del monte sono costituite (dall'alto in basso) (fig. 3): da calcari porosi (cretaceo), calcari (giurassico), calcari dolomitici (triassico); l'insieme confina a Nord con terreni marnosi del miocene e a Sud con una copertura detritica (pleisto-cene-olocene) dove si notano vari livelli di spiaggia.

Gli strati sono a prevalente andamento orizzontale da Est a Ovest con un leggero accenno ad anticlinale e sono inclinati di 10°/20° verso NO.

Le faglie che si riscontrano hanno due direzioni prevalenti:

- la principale NE-SO che caratterizza l'area e la scarpata meridionale del monte;

- la secondaria, quasi ortogonale a questa, per NO-SE;

parallelamente a queste si è generata una fitta serie di diaclasi che rendono il massiccio altamente fessurato e quindi predisposto ad una intensa carsificazione.

All'interno della montagna si sviluppa un importante sistema ipogeo che, spingendosi sicuramente fino a 350 m di profondità, costituisce il

Fig. 1 - Mappa della Sicilia con ubicazione di Sciacca e del Monte Kronio.

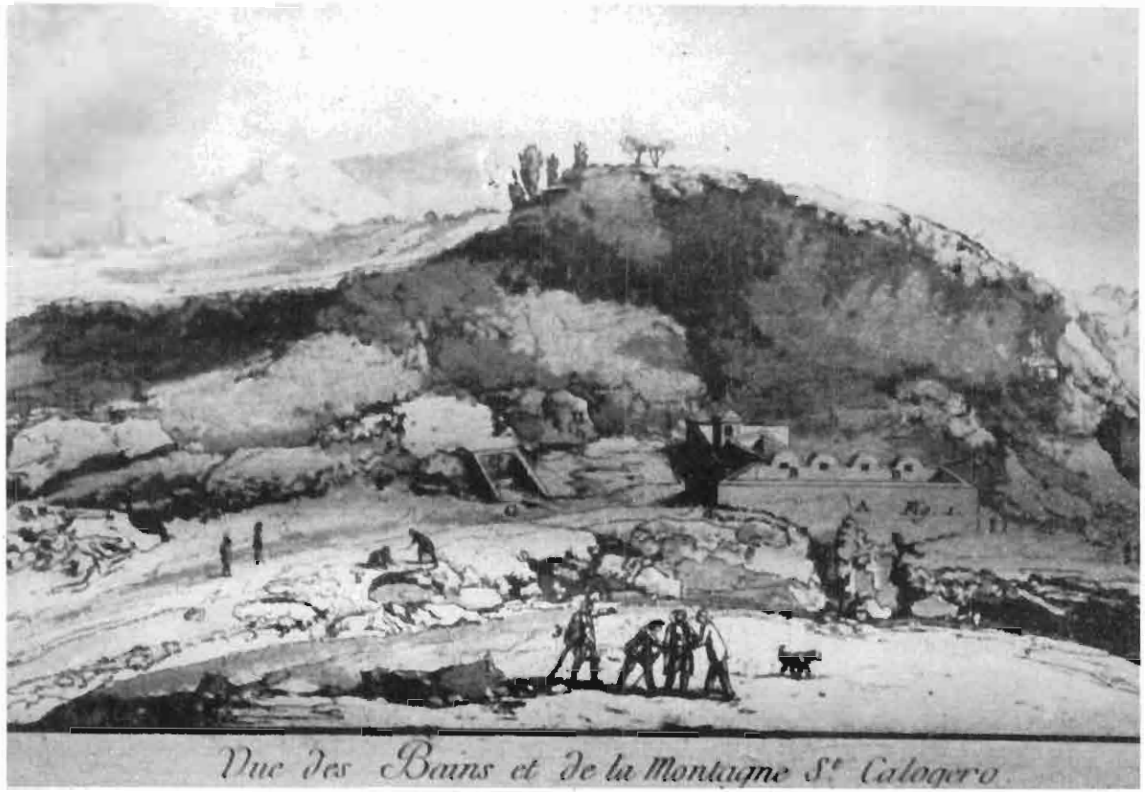


Fig. 2 - Il Monte Kronio con i suoi vapori (da una stampa di DE FORBIN, 1822).

Fig. 3 - La falesia meridionale, lungo la quale si aprono tutte le grotte.

più grosso inghiottitoio fossile esistente in Sicilia. Mano a mano che sprofonda le sue gallerie ed i suoi pozzi aumentano di dimensione, mentre una rete di meandri e di cunicoli confluiscono in essi. Alcuni raggiungono l'esterno mentre di altri, ostruiti, si notano i resti sulle pareti del monte.

La genesi del sistema è indubbiamente dovuta ad un grosso corso d'acqua che, scorrendo a quota superiore a quella dell'attuale vetta sui terreni impermeabili marnosi dei quali rimane traccia, giunto sui calcari altamente fessurati venne da questi catturato, in parte o totalmente, dando origine ad un corso ipogeo ad andamento prevalentemente verticale.

Scomparso il fiume, le successive erosioni marine lungo la faglia meridionale, e quelle naturali in corrispondenza degli attuali graben, hanno lasciato isolato, come oggi lo vediamo, lo horst del Monte Kronio e portato alla luce parte della rete ipogea.

Il sistema ipogeo

Il sistema ipogeo può essere diviso in tre zone: la superiore, a quota 376 m, costituita da una galleria parallela alla parete del monte che ad essa si affacciava con 6 (ora 4) ampie aperture. Una serie di cunicoli la affiancano all'interno verso Nord. In origine era totalmente invasa dai vapori; e ciò sino a quando, con la costruzione di muri separatori concepiti per concentrare il vapore in ambienti più ristretti, alcuni tratti divennero freddi (*Grotta del Santo*, *Grotta dell'Eremo*) lasciando caldi l'*Antro di Fazello*, l'*Antro di Dedalo* e la *Stufa degli animali* (fig. 4). Questa galleria è stata intensamente frequentata sia in epoca preistorica che in quella classica e moderna (fig. 5).

Dalla parte Est di questa sprofonda il *Pozzo Medeot*, inizialmente con un tratto inclinato di 30° seguito da un fusoide di 15 m per poi continuare, con un altro tratto inclinato di 60°, fino alla profondità di 36 m.

Qui ha inizio la zona mediana che è costituita da due gallerie: la *Bellitti*, larga da 5 a 10 m ed alta sino a 20m, che dirigendosi verso NO per circa 80 m finisce con un lungo e tortuoso cunicolo; e, dopo un ulteriore salto di 8 m, la *Di Milia*, larga come la precedente ma più bassa (4-10 m) con una lunghezza di circa 50 m prima in direzione Nord e

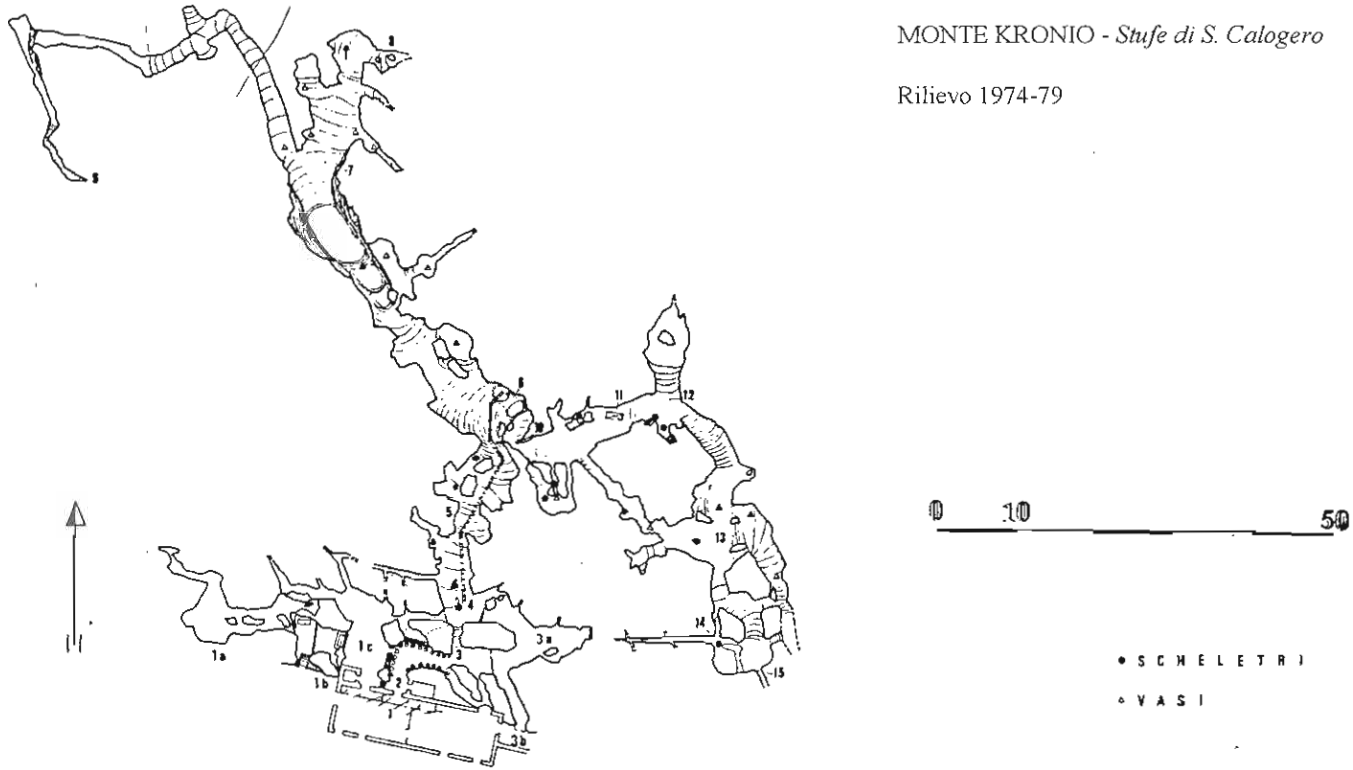
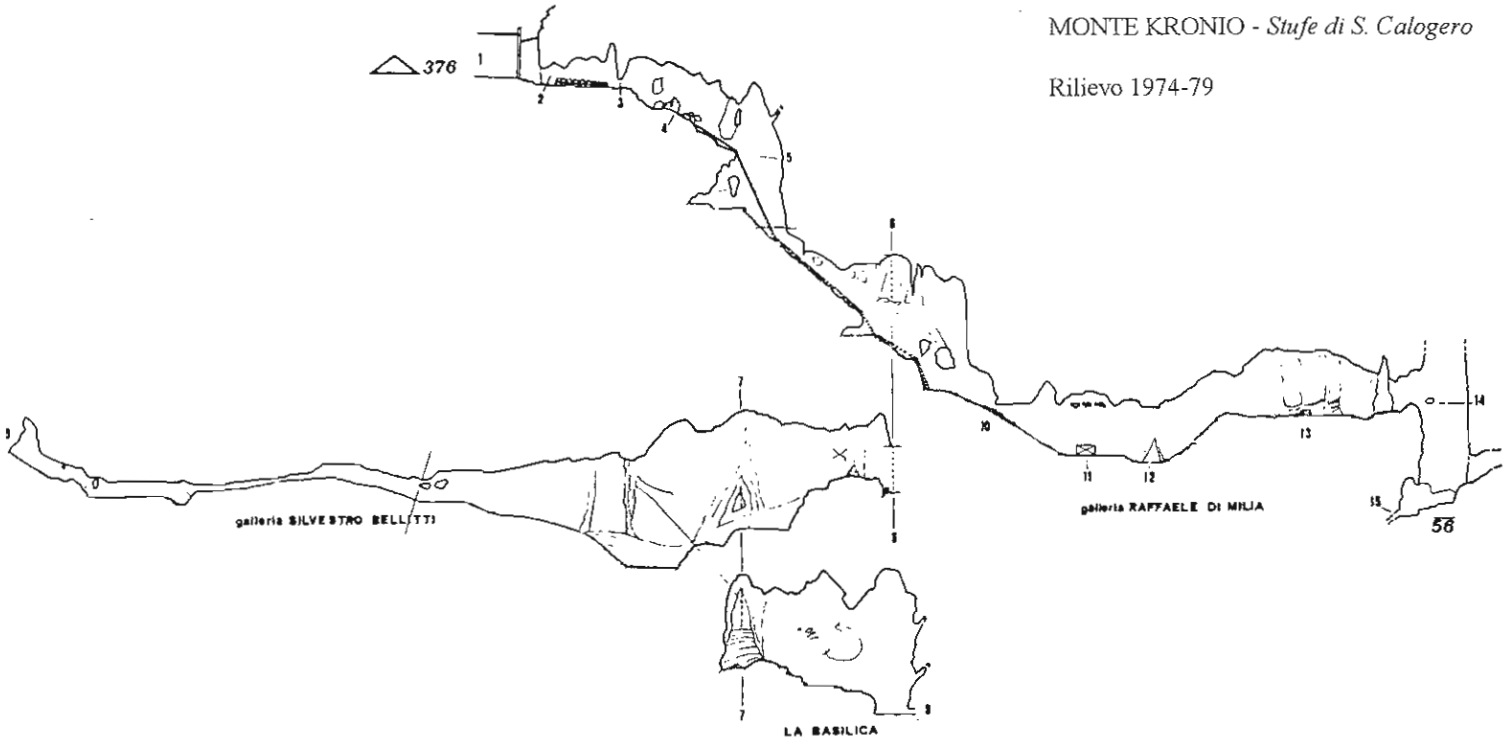


Fig. 4 - 1ª) Grotta dell'Eremo - 1ᵇ) Grotta del Santo - 1ᶜ) Stufa degli animali; 2) Antro di Dedalo; 3) Antro di Fazello; 6/9) Galleria Bellitti; 10/14) Galleria Di Milia; 15) il *Pozzacchione*.

MONTE KRONIO - *Stufe di S. Calogero*

Rilievo 1974-79



0 10 50

Segue fig. 4

Fig. 5 - L'Antro di Dedalo con i sedili. Sul fondo si distingue la strettoia dalla quale fuoriesce il flusso vaporoso

quindi per SE. Al suo termine, con un salto di 14 m, si giunge sul fondo di una caverna - il *Pozzacchione* - dalla quale partono alcuni cunicoli. La galleria continua poi verso SE con un tratto molto difficoltoso, non esplorati per mancanza di mezzi tecnici.

In queste gallerie sono deposti numerosi gruppi di grandi vasi, parecchi dei quali perfettamente integri e rimasti nella collocazione originale, databili attorno al 2000 a.C. e indubbiamente portati laggiù quale corredo funerario di morti dei quali rimane ancora qualche resto. Nel *Pozzacchione*, invece, abbiamo scoperto un dramma della preistoria: lo scheletro perfettamente conservato di un uomo che, precipitando nella caverna, si era fratturata una gamba e che, trascinandosi in uno dei cunicoli, vi morì 4000 anni fa.

A questa zona appartiene anche la *Grotta del Lebbroso*, sistema di cunicoli che si apre a quota 340 m ad una distanza di 60 m Est dalle *Stufe*. Anche questa cavità emana un flusso vaporoso (circa 0,5 mc/h); essa comunica sicuramente con il tratto inesplorato di cui sopra. La conformazione dei cunicoli e l'aria caldo-umida impediscono di proseguire più oltre la sua esplorazione.

Esistono inoltre ancora piccole emissioni di aria vaporosa da fessure o piccoli cunicoli affacciantisi sulla parete, ma con portate e di entità irrilevante.

La zona inferiore è caratterizzata dal fatto che, dalle cavità sino ad ora note e certamente da quelle non ancora identificate, anziché uscire vapore viene aspirata aria verso l'interno del monte (figg. 6/7). Noi vi siamo giunti attraverso una serie di meandri, con passaggi strettissimi (fig. 8), partendo dalla grotticella *Cucchiara* a quota 281 m. Internandosi per circa 100 m si giunge all'enorme *Pozzo Trieste* (fig. 9), caverna alta 120 m e dal diametro di 20/30 m alla quale ci si affaccia con una serie di *finestroni* (fig. 10) che si aprono sulla sua parte meridionale e che sono collegati tra loro da un reticolo di gallerie e pozzetti. Questo costituisce, allo stato attuale delle conoscenze, l'elemento più interessante del sistema; qui si potrebbe pure giungere dall'interno proseguendo per la galleria inesplorata della zona mediana, che sbuca poco sotto la volta della caverna. Nella brevissima permanenza sul fondo è stata notata una continuazione, sempre di notevoli dimensioni, che sprofonda verso Sud.

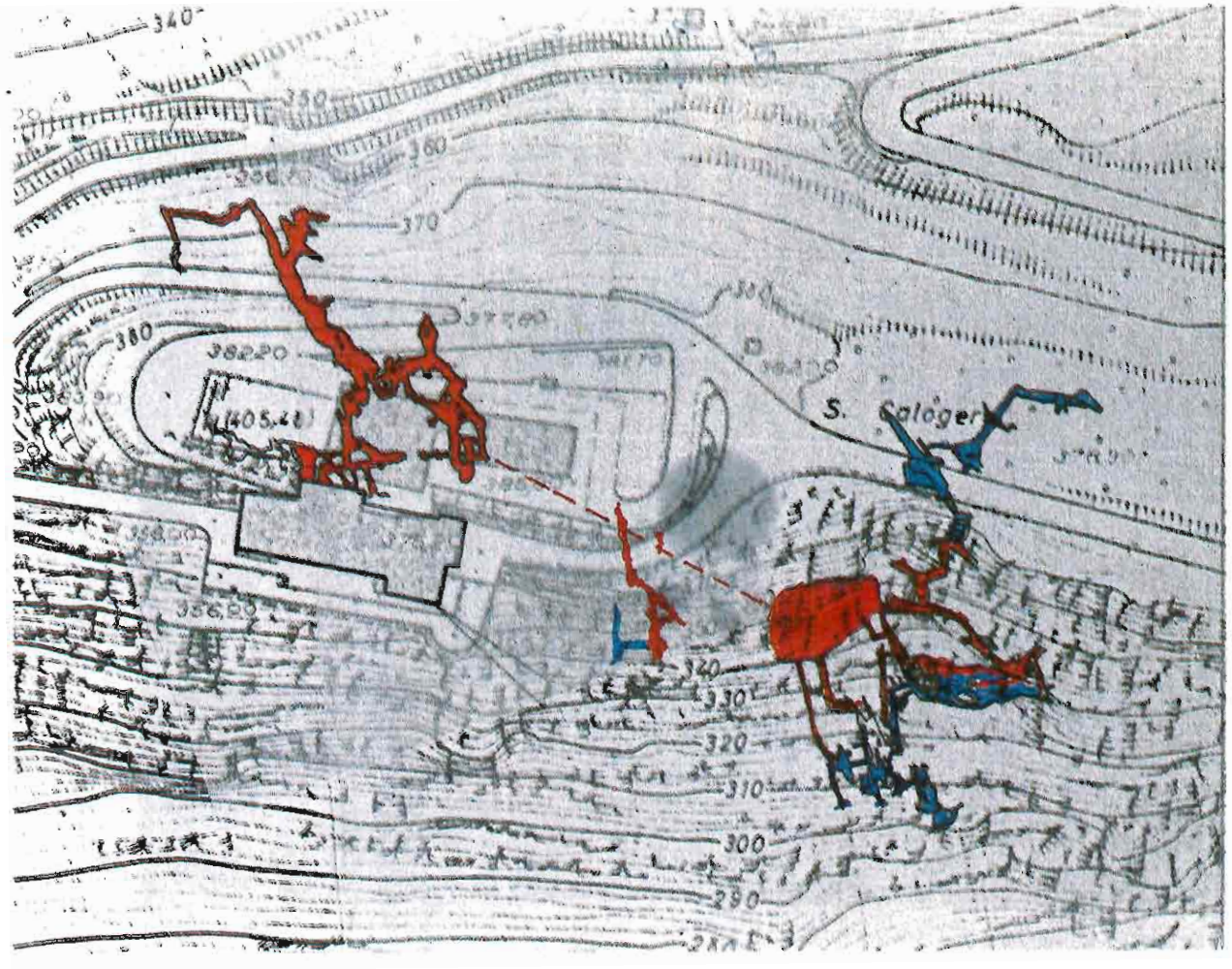


Fig. 7 - Rilievo del sistema sino ad ora esplorato con indicazione della circolazione del flusso.

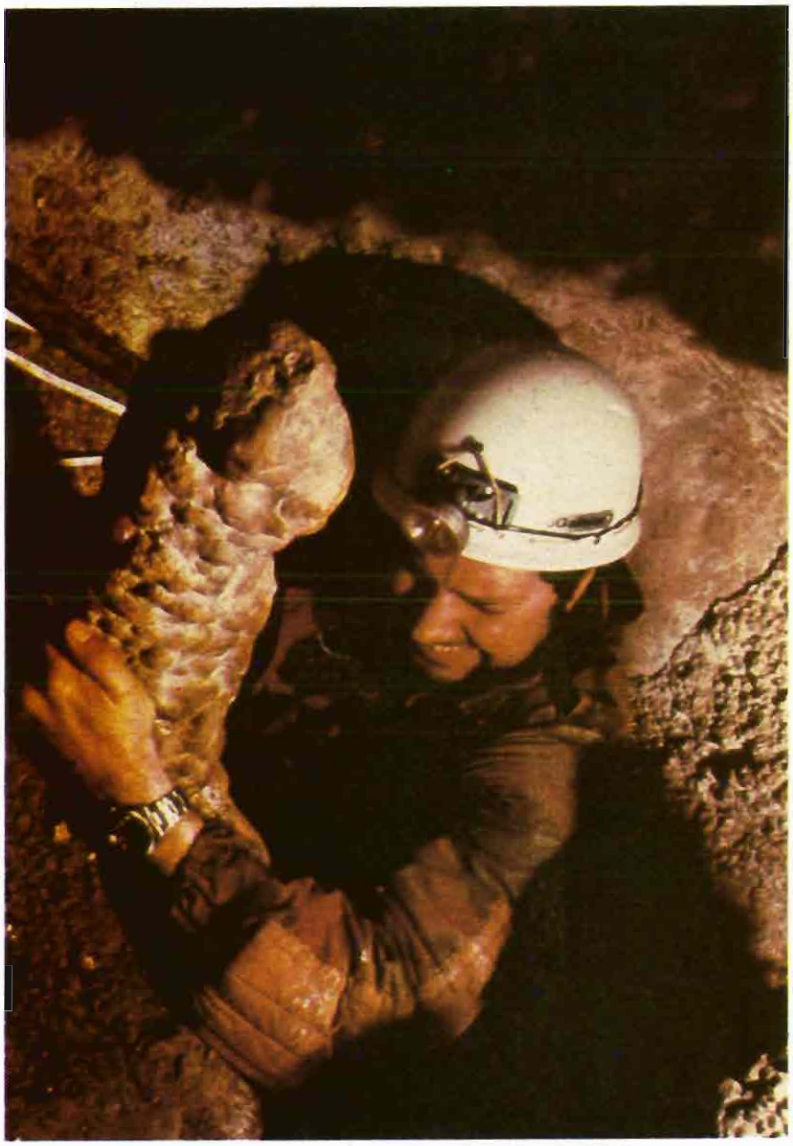


Fig. 8 - Grotta Cucchiara: la *Botola*, strettoia completamente ostruita dallo speleologo, attraverso la quale viene aspirata circa 1/3 dell'aria esterna.

Fig. 9 - Meandri che collegano la Grotta Cucchiara con il Pozzo Trieste.

Fig. 10 - Pozzo Trieste, il grande *finestrone*.

Qualora si dimostrasse che l'aria in entrata nella *Grotta del Gallo*, galleria posta molto più in basso a quota 180 m, rientri nella aspirazione del sistema, allora anche questa cavità dovrebbe essere considerata come facente parte della zona inferiore.

La frequentazione nel tempo

Sin da quando gli antichi agricoltori del neolitico arrivano in Sicilia, un gruppo di questi trova riparo nella galleria alta lasciandovi una ricchissima documentazione sulla sua vita. Il deposito archeologico, dello spessore di circa 3 m, permette di distinguere tutte le varie fasi delle civiltà che si sono succedute dalla fine del mesolitico (circa 8000 anni fa) fino all'inizio dell'età del bronzo (4000 anni fa), epoca alla quale sono attribuiti i grandi vasi (fig. 11) deposti nelle gallerie della zona mediana. È interessante notare che lungo il *Pozzo Medeot* si sono trovate le tracce di come questo veniva attrezzato per consentirne la percorribilità: ripiani artificiali per l'appoggio delle scale e rudimentali lucerne per portarvi la luce.

L'avvento del flusso caldo fa abbandonare la grotta che viene rifrequentata solamente 1500 anni più tardi, con l'arrivo dei Greci che la adibiscono a luogo di culto. È dell'epoca, probabilmente, la leggenda che attribuisce la costruzione delle *Stufe* al mitico Dedalo, il quale per sfuggire alle ire di Minosse aveva trovato rifugio presso Cocalo, re dei Sicani [1].

Come viene tramandato da DIODORO SICULO (I secolo a.C.), è con i Romani che ha inizio l'utilizzazione termale, ed a tale periodo andrebbe attribuita la pavimentazione con lastre di terracotta i cui resti sono stati di recente ritrovati nella *Stufa degli animali*.

Dopo un periodo di abbandono, nel IV secolo l'eremita Calogero, che veniva dalla Bitinia, ne ripristina l'uso migliorandone notevolmente l'efficacia: concentra il vapore in una zona più ristretta (*Antro di Dedalo*) (fig. 12) dividendo l'ambiente con muri a secco; pone contro questi

---

[1] Sulla parete del monte si apre pure la *Grotta di Cocalo*.

Fig. 11 - Gruppo di grandi vasi posti all'inizio della Galleria Bellitti.

Fig. 12 - L'Antro di Dedalo nell'antichità, HOUEL, stampa 1788.

dei sedili di pietra [2] ed esclude dal vapore tutto il lato occidentale della galleria. Rimane solo un po' di calore nella *Stufa degli animali*, che così venne chiamata perché - grazie alla temperatura più bassa - qui venivano portati a curarsi asini e cavalli.

L'ambiente interno rimane pressappoco così fino ai nostri giorni, salvo forse il successivo pavimento in pietra, ed ora è inglobato in un moderno stabilimento termale.

Il flusso vaporoso

Premetto che tutte le conclusioni od ipotesi che seguono sono basate sulle pochissime, brevi e rilevate a grandi intervalli di tempo, osservazioni che ci è stato possibile raccogliere nel corso delle nostre varie spedizioni nelle *Stufe*. Mai infatti sono state fatte registrazioni a carattere continuativo, neppure quelle molto semplici sulle temperature del flusso in uscita.

Solo quando si avrà la possibilità di disporre di dati raccolti con cadenza almeno oraria e per cicli annuali, e si avrà una maggiore conoscenza della morfologia interna, sarà possibile dire qualche cosa di definitivo e certo sulla dinamica del flusso.

Origine del flusso

È indubbio che l'emissione di aria calda e satura di vapore dalle cavità alte del Kronio sia dovuta al fatto che il grosso inghiottitoio, che inizia con le *Stufe*, è in comunicazione con una delle falde pedemontane di acqua termale: l'aria contenuta nei grandi vuoti sotterranei, riscaldandosi al contatto con i vapori da questa provenienti, assume un moto ascensio-

---

[2] Gli antichi autori riportano che su ogni sedile erano indicate in caratteri arcani le malattie che sullo stesso si curavano. Sono convinto che si trattava di semplici erosioni dovute al vapore, al tempo ed alla fantasia degli autori, nessuno dei quali afferma di averle lette personalmente. Si tramanda pure che le scritte siano state cancellate dai medici onde evitare la concorrenza.

nale per fuoriuscire in prossimità della vetta; nel contempo viene sostituita da altra aria, aspirata dall'esterno attraverso condotti posti più in basso. Si è così venuto a creare un sistema di tiraggio a ciclo continuo che proseguirà, con le attuali caratteristiche, sino a quando la falda termale continuerà a fornire le calorie necessarie alla sua energia. Praticamente funziona come una stufa con fumaiolo, il tutto però di notevoli dimensioni, dato che in questo caso il fumaiolo ha più di 300 m di tiraggio e la portata complessiva è di almeno 4/5 metri cubi al secondo.

Non mi risulta che esista un'altra grotta che venga riscaldata non da acqua calda che la percorra, né da emanazioni vulcaniche, bensì da acque che si trovano tanto più in basso: il fenomeno è probabilmente unico al mondo.

L'aria aspirata si riscalda sia miscelandosi ai vapori che si elevano dall'acqua termale e che provvedono a saturarla di vapore, sia al contatto con le pareti di roccia nelle quali è incamerata un'enorme massa di calore. Se consideriamo che il vuoto complessivo può essere valutato in almeno un milione di metri cubi e che il flusso emesso giornalmente si aggira sui 330.000 metri cubi, l'aria aspirata rimane all'interno della cavità per almeno tre giorni. I due elementi che spiegano perché, qualunque sia la temperatura esterna, quella del flusso rimane invariata in tutti i periodi dell'anno sono: il grandissimo vuoto ed il volano termico costituito dalla roccia.

Le variazioni di portata

Le variazioni di portata sono influenzate da parecchi fattori: come già detto l'enorme vuoto interno (circa un milione di metri cubi) comunica con l'esterno solamente attraverso ridottissime aperture (con sezione di circa un metro quadrato, sia per l'aspirazione che per l'emissione); per tale ragione la pressione dell'aria racchiusa nella cavità è sì influenzata da quella atmosferica esterna, ma manifesta una notevole isteresi nell'equilibrarsi con questa, e ciò soprattutto nel caso di repentine variazioni (passaggio di fronti). Praticamente, se la pressione esterna cala, il flusso delle *Stufe* aumenta e l'aspirazione diminuisce, se invece la pressione esterna aumenta si ha il fenomeno opposto.

Il tiraggio naturale è più o meno intenso in funzione della differenza tra la temperatura esterna variabile e quella interna sempre costante, per cui aumenta con il clima freddo. Il vento, se di una certa intensità e soprattutto se proveniente dai quadranti meridionali, oppone al flusso una certa resistenza, rallentandolo.

L'effetto congiunto di questi tre fattori determina la velocità del flusso e di conseguenza la sua portata complessiva. Nei brevi periodi nei quali ci è stato possibile effettuare delle misurazioni abbiamo avuto la fortuna di potere osservare due situazioni limite:

- al passaggio di un fronte caldo, con relativo brusco notevole calo di pressione atmosferica e raffiche provenienti da Sud a 100 km/h, la portata del flusso alle *Stufe* ha raggiunto i 12 mc al secondo, mentre nella *Grotta del Lebbroso*, per effetto del vento, il flusso era bloccato;

- con temperatura esterna di 30°, calma di vento e pressione atmosferica costante, il flusso si è invece fermato.

Caratteristiche chimico-fisiche

Il flusso contiene costantemente, sia all'uscita che all'interno della cavità, una percentuale di umidità relativa prossima al 100%; solamente in alcune zone, ove incontra aria leggermente più fredda, si ha una modesta sovrasaturazione che dà origine ad una leggera foschia subito eliminata col precipitare dell'acqua in sospensione. Comunque all'interno l'aria è quasi ovunque perfettamente limpida.

Non mi è stato possibile trovare alcuna analisi chimica del flusso, a parte quella del ZIINNO, tutt'altro che attendibile, che comunque riporto: Ossigeno cc 137, Azoto cc 365, Anidride carbonica cc 14, Acido cloridrico cc 3, Acido solfidrico cc 2.

Indubbiamente nel flusso è presente una certa quantità di acidi che aumenta mano a mano che ci si inoltra nel sistema; come abbiamo potuto constatare per la continua aggressione esercitata sui calcari che vengono trasformati in gesso, e sui nostri materiali che, dopo una certa permanenza all'interno, mostravano i chiari segni di corrosione. Talvolta è

possibile vedere il pulviscolo di gesso trasportato dalla corrente d'aria; questo però non raggiunge mai l'esterno in quanto si deposita insieme con la condensa. I depositi di gesso, piuttosto ingenti, si presentano in forma fangosa o come concrezioni.

Sicuramente l'acidità è data in buona parte dall'acido solfidrico (H_2S) liberato dall'acqua termale che, ossidandosi al contatto dell'aria ed in presenza di catalizzatori organici (FORTI, 1987), si trasforma in acido solforico per poi reagire con il carbonato di calcio producendo gesso:

$$H_2S + 2O_2 = H_2SO_4; \; H_2SO_4 + CaCO_3 = CaSO_4 + CO_2 + H_2O.$$

L'analisi dei campioni dell'atmosfera presi alle varie profondità potrebbe fornire dati interessantissimi per la comprensione del chimismo interno e forse anche sul perché degli effetti terapeutici delle *Stufe*. Noi, purtroppo, non abbiamo mai avuto i mezzi per farlo.

Il flusso nel tempo

Una fortunata coincidenza con l'archeologia ha permesso di datare l'inizio del flusso vaporoso nella zona alta della grotta.

Premesso che con le attuali condizioni ambientali una prolungata permanenza nella caverna sarebbe impossibile, è indubbio che le genti che qui abitavano dovevano avervi trovato una situazione perfettamente normale. Con inizio nel mesolitico, del quale si trovano reperti nello strato più basso del giacimento archeologico, abbondantissimi reperti indicano come qui la frequentazione sia stata quasi continuativa sino all'età del bronzo (stile di Malpasso - 2000 a.C.), epoca alla quale sono riferibili anche le deposizioni trovate nelle gallerie della zona mediana.

Dopo tale periodo un esiguo strato sterile segna un salto di circa 1500 anni senza alcuna presenza umana; solo i Greci lasciano elementi che indicano come allora la caverna diventi luogo di culto. Ciò avvalora la convinzione che il flusso vaporoso sia intervenuto improvvisamente circa 4000 anni fa, forse in conseguenza di un grosso sommovimento tellurico che ha messo in comunicazione il sistema ipogeo con le acque calde sgorganti alla base del monte. È quindi ben logico che le genti ivi

stanziate abbiano abbandonato piene di terrore la zona non avvicinandovisi più: doveva essere la manifestazione di un dio infero, nascosto nei recessi più profondi della montagna.

Solo quando arrivano i Greci, che conoscevano fenomeni del genere, gli uomini si avvicinano nuovamente alla grotta per dedicarla al culto di qualche divinità ctonia. Successivamente, nel IV secolo d.C. - sono i tempi di San Calogero - vengono eseguite opere per creare zone ristrette dove il vapore più concentrato possa dare temperature più elevate (*Antro di Dedalo* e *Stufa degli animali*) [3] , mentre la parte occidentale della galleria, così esclusa, diventa fredda.

Risale a tale periodo la posa dei sedili di pietra nell'*Antro di Dedalo*; probabilmente tutto ciò, come pure l'ostruzione delle due aperture affacciantisi all'esterno (poi chiamate *Buco del Fico* e *Buco dell'Orecchio*) è stata opera dell'eremita poi divenuto Santo.

È pure alquanto probabile che prima che tali opere modificassero le sezioni di uscita del flusso, le caratteristiche di questo fossero diverse. Per il momento non è possibile avanzare ipotesi in merito, almeno sino a quando non si avranno dati più certi sugli elementi del sistema. È da segnalare pure come, dopo il 1958, si sia notata una lieve diminuzione della temperatura (circa 1,5° C) probabilmente dovuta a variazioni nella situazione esterna.

Il bilancio termico

Per la prima volta mi sento in grado di azzardare una ipotesi, credo abbastanza vicina alla realtà, sulla dinamica del flusso vaporoso.

Ci troviamo in presenza di un sistema, termicamente isolato, nelle pareti di roccia del quale è immagazzinata una grandissima quantità di calore. Questo costituisce il volano termico che permette di mantenere costante la temperatura interna, qualunque siano le variazioni di portata e

---

[3] Dopo l'esplorazione del 1958, dietro nostro consiglio, sono stati ostruiti alcuni cunicoli che apportavano aria fredda, così da permettere alla *Stufa degli animali* di portarsi ad una temperatura prossima a quella dell'*Antro di Dedalo*.

di temperatura dell'aria che in esso transita, per uscire poi dalla zona superiore.

Il veicolo che distribuisce il calore nel sistema *atmosfera-roccia* è costituito dal vapore che promana dall'acqua termale presente nella zona più profonda della cavità; questo provvede anche a fornire l'umidità che porta a saturazione il flusso riscaldato.

Dato che l'inghiottitoio deve essersi formato in epoche molto antiche, è probabile che si spinga in profondità a livelli anche inferiori a quello attuale del mare, e ciò in funzione delle regressioni marine e del conseguente abbassamento delle acque di fondo. Per tale ragione non si può escludere che alla quota della falda termale la grotta termini con un laghetto oppure in una zona dove un ampio piano detritico consenta l'esistenza di acque a pelo libero. Queste, reintegrate termicamente di continuo dalle zone più profonde, evaporando forniscono l'energia necessaria per mantenere a regime il sistema.

L'aria aspirata si riscalda, sia miscelandosi con il vapore e quindi anche umidificandosi ulteriormente, sia per liminazione con la roccia delle pareti. La perdita di calore erogato da queste ultime viene reintegrata dalla condensa che su di esse si deposita restituendo il calore di vaporizzazione. Questo processo è chiaramente riscontrabile sulle pareti del *Pozzo Trieste*.

I principali fattori che contribuiscono a fissare le caratteristiche del flusso sono: la temperatura media annuale esterna, quella dell'acqua termale, la superficie a pelo libero ed il ricambio della stessa, la sezione delle bocche di aspirazione.

Le caratteristiche che riscontriamo oggi sono probabilmente quelle che si sono stabilizzate dopo che San Calogero, con i suoi lavori, aveva notevolissimamente diminuita la sezione di efflusso, ciò dato che non risulta sia stata successivamente apportata alcuna variazione.

L'equilibrio allora creatosi è però estremamente delicato e labile, e la più piccola variazione ad uno solo dei fattori sopra citati porterebbe senz'altro, dopo un certo tempo, a modifiche del flusso stabilizzate o progressive.

Un serio campanello d'allarme - da tempo lo faccio presente - è che, dalle prime misure esatte della temperatura (BELLITTI, 1783) sino a quelle registrate da noi nel 1958, non vi era stata alcuna variazione,

mentre ora riscontriamo una diminuzione di oltre un grado. Perché? Potremmo avanzare parecchie ipotesi, la più probabile delle quali è: modifiche alle sezioni di aspirazione.

Ho cercato di ipotizzare con il calcolo i valori degli elementi regolatori ancora sconosciuti. L'entità degli altri è solamente orientativa, dato che non abbiamo rilevazioni certe; in tutti i casi ritengo che i risultati possano darci un'idea piuttosto esatta sugli ordini di grandezza. Il rapporto matematico applicato potrà comunque servire da base quando saranno possibili calcoli più esatti.

ELEMENTI DI CALCOLO E VALORI ASSUNTI:

q = flusso orario: 18000 mc/h (5 mc/sec)
ts = temperatura flusso emesso (sistema): 37° C
te = temperatura media annua aspirata: 18° C
tf = temperatura falda termale: 58° C
ue = umidità assoluta a te: 0,015 Kg/mc
us = umidità assoluta a ts: 0,044 Kg/mc
ps = peso specifico medio aria: 1,15 Kg/mc
cs = calore specifico aria: 0,24 Cal/Kg
λ = calore di vaporizzazione: 606,5 Cal/Kg.

La quantità di energia termica che il flusso sottrae ogni ora alla falda termale è data dalla differenza tra il calore contenuto nel flusso emesso e la quantità di calore dell'aria aspirata, secondo la seguente espressione matematica:

$$A = q\,[ps \times cs\,(ts - te) + (us - 0{,}65\,ue)] = \mathbf{468000\ Cal/h}$$

Se esaminiamo il fenomeno nelle sue varie fasi abbiamo:

- per portare il flusso dalla temperatura te a quella ts:

$$B = q[(ts-te)ps \times cs+(us-0{,}65\,ue)] = \mathbf{94.392\ Cal/h}$$

- per portare il vapore proveniente dall'acqua termale necessario a portare l'umidità del flusso da **ue** (considerata al 65%) sino ad **us**:

$C = q\ (us - 0{,}65\ ue) = \underline{\mathbf{616{,}5\ Kg/h}}$

- tale massa di vapore cede per miscelazione calore per:

$D = C\ (tf - ts) = \underline{\mathbf{12.946\ Cal/h}}$

- che a completamento si rende necessario ancora altro vapore che condensandosi ceda il suo calore di evaporazione pari a:

$$E = \frac{B - D}{\lambda - ts} = \underline{\mathbf{143\ Kg/h}}$$

- complessivamente dalla falda vengono sottratti ogni ora:

$F = C + E = \underline{\mathbf{759\ Kg}}$ di acqua termale

con un contenuto di energia termica:

$A = \lambda\ (C + E) + E\ (tf - te) = \underline{\mathbf{466.355\ Cal/h}}$

Avendo ricavato la quantità di acqua termale che evapora ogni ora, ora ci interessa conoscere anche la superficie a pelo libero, laghetto o non, che si trova al fondo della grotta: Possiamo applicare al nostro caso, e con i nostri valori, la formula di DALTON sull'evaporazione dove: **Δf** è la differenza tra la pressione di vapore dell'acqua e dell'aria (100) e **p** è la pressione atmosferica.

$$1000\ F = S \times 650\ \frac{Df}{p}\ 60 \text{ per cui } S = \frac{1000\ F \times P}{Df \times 60 \times 650} = 148mq$$

Nella realtà invece abbiamo una serie di evaporazioni e riscaldamenti che inizia con l'incontro dell'aria appena entrata con la condensa esistente sulle pareti e con il calore delle stesse, quindi con il miscelamento con il flusso risalente ed infine con il contatto con l'acqua termale; il calcolo di un tale ciclo sarebbe molto complesso e forse impossibile. Comunque reputo che l'impostazione assunta non ci conduca molto lontano dalla realtà.

A titolo di pura curiosità possiamo dire che l'energia termica fornita al sistema è quella occorrente per portare ogni ora 36 mc di acqua dalla temperatura in falda a quella del flusso in uscita.

Deduzioni

I calcoli sono stati impostati come se il fenomeno si svolgesse nel modo più elementare, mentre invece è assodato che il processo è ben più complesso: oltre che con la miscelazione al vapore, la trasmissione del calore all'aria avviene anche per liminazione con le pareti di roccia; inoltre, data la grande quantità di condensa che si nota sulle pareti del *Pozzo Trieste*, l'evaporazione deve essere maggiore di quella teorica. Comunque credo che, per ciò che era più interessante conoscere, pur tenendo presente l'inesattezza dei valori a calcolo come ordine di grandezza, circa la superficie a pelo libero dell'acqua termale, dovremmo avere circa 130/170 mq, superficie più che compatibile con le caratteristiche morfologiche della cavità.

È evidente che la cessione di calore **A** è una costante che può essere influenzata solo minimamente da variazioni in tempo medio-breve dagli altri fattori che determinano le caratteristiche del flusso (temperature **tf** e **te** e portata **q**). Modifiche a tali fattori potrebbero essere dovute esclusivamente ad una non probabile modifica della temperatura della falda, di quella media atmosferica esterna, oppure ad una deliquenziale modifica alle sezioni delle bocche aspiranti, per esempio a seguito di lavori sulle pendici del monte; come purtroppo può essere avvenuto in questi ultimi anni.

Altro grosso pericolo è rappresentato da un'eventuale variazione nella quota del livello della falda termale, causata per esempio da eccessivo emungimento; dato che la grotta non è un tubo a sezione costante,

bensì un condotto a sezione più che irregolare, ciò porterebbe ad una variazione della superficie a pelo libero **S**, che come abbiamo visto è direttamente proporzionale all'erogazione di calore **A** e quindi alla temperatura **ts** del sistema e delle *Stufe* ed all'effetto terapeutico delle stesse.

Per quanto riguarda la presenza dell'acqua termale alla base della cavità si possono avanzare due ipotesi:

- esiste uno scorrimento di acque che, dopo aver ceduto parte del loro calore, scaricano in toto o in parte all'esterno dando forse origine alle sorgenti termali meno calde (Acqua Santa, Molinelli, tutte attorno ai 30°C);

- si tratta di un sistema chiuso, alimentato termicamente dal profondo, dove i movimenti convettivi riportano l'acqua che si è raffreddata emergendo nel sistema più freddo.

È pure da aggiungere che l'acqua di condensa che si nota in esubero, con ogni probabilità ritorna solo in parte nella falda mentre la rimanenza, attraverso fratture carsiche, raggiunge l'esterno mescolandosi quindi alla falda freatica.

Difficoltà ambientali e mezzi per superarle

L'esplorazione del sistema ipogeo non presenterebbe alcuna difficoltà di carattere speleologico se non fosse per l'ambiente ostile. La temperatura a 37/38°C congiunta con il 100% di umidità impedisce la evaporazione del sudore e quindi la termoregolazione cutanea dello organismo. Tale situazione genera, dopo una certa permanenza sotto sforzo, uno stato patologico la cui sintomatologia più evidente è data da poliapnea, con oltre 50/60 atti respiratori al minuto, ipotensione arteriosa, tachicardia sino ad oltre 200 pulsazioni ed uno stato di iperemotività accompagnato dalla difficoltà di compiere azioni coordinate, anche del carattere più semplice. Con una permanenza lavorativa di oltre 40/50 minuti si rischia il collasso per colpo di calore.

Nel nostro campo, a quanto ci risulta, questo è stato il primo caso di un'esplorazione in simili condizioni e pertanto, non esistendo altre esperienze, si sono dovuti escogitare tecniche e materiali completamente nuovi. Non essendo possibile modificare le condizioni ambientali si è risolto il problema modificandole attorno all'esploratore facendogli indossare una tuta nella quale, un compressore sistemato all'esterno, immette continuamente un getto di aria secca. Una rete di tubi, montata all'inizio dei lavori, consente allo speleologo di muoversi con sufficiente libertà, lasciandolo senza protezione solo per brevi periodi. Si è calcolato che la quantità di aria secca necessaria a fare evaporare il sudore di una persona che compie lavori del genere si aggira attorno ai 10/15 litri al secondo.

Discendere il pozzo su una scaletta speleologica restando allacciati al tubo dell'aria costituiva una fatica improba. Con il contributo dell'Azienda delle Terme abbiamo potuto montare (è stato un grosso lavoro) una scaletta metallica (fig. 13) che arriva fino alla base del pozzo, che ora si può risalire abbastanza agevolmente in non più di 8/10 minuti. Con tali accorgimenti è stato possibile prolungare la permanenza nelle gallerie mediane sino a 2/3 ore.

Grazie all'esperienza acquisita ed agli errori commessi, siamo ormai in grado di approntare attrezzature perfettamente rispondenti allo scopo, e di progettarne altre ancora più complesse qualora si dovessero continuare le esplorazioni nel *Pozzo Trieste* ed oltre.

Resta solamente da dire che, anche se ora tutto sembra facile, i pericoli in agguato sono molti ed imprevedibili e che quindi è sempre indispensabile procedere con la massima prudenza adottando tutti i possibili sistemi di sicurezza. Alcune nostre drammatiche esperienze passate lo consigliano.

Storia delle esplorazioni

Le cronache dei secoli passati riportano solo scarse notizie su tentativi di animosi che hanno avuto il coraggio di infilarsi nella strettoia dell'*Antro di Dedalo* dalla quale esce il soffio caldo, per inoltrarsi in ambienti sconosciuti descritti come "*bolgia infernale ove si sentono*

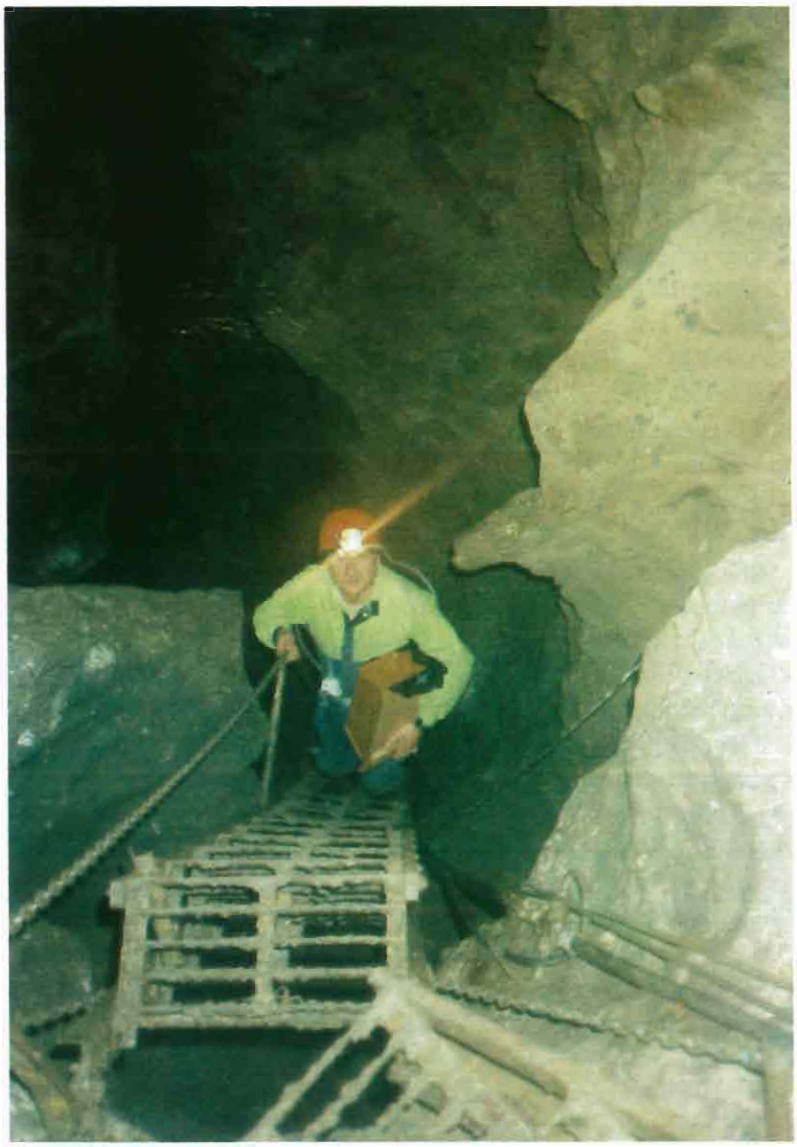


Fig. 13 - Il pozzo con la scala montata nel 1974.

spaventosi rumori e soffiano venti saturi di zolfo, dovendo vincere lo sbalzo di pressione di 2,5 atmosfere con l'esterno" (sic! - e questo dato è riportato da tutti gli autori!!). A quanto risulta quasi tutti si sono fermati all'inizio del pozzo, e solo due volte vi è stato un tentativo di discesa.

Nel 1699 il calzolaio BUJELLA, essendosi infilato in un cunicolo che congiunge la *Stufa degli animali* con l'*Antro di Fazello*, da una fessura del muro (esisteva sino ad alcuni anni fa) intravedeva i sedili dell'*Antro di Dedalo* riferendo poi di aver vista la "*dimora degli listrigoni*". In una successiva visita scivola in prossimità dell'ingresso, e lì è lasciato morire nonostante le sue invocazioni di aiuto.

Nel 1780 circa il medico BELLITTI si spinge sino in prossimità del pozzo e ci lascia un interessante volume nel quale, per la prima volta, sono riportati attendibili dati sulla temperatura dell'ambiente.

Nel 1788 il pittore francese Jean HOUEL traccia a memoria una planimetria della galleria alta, abbastanza verosimile. Sempre in tale epoca Giuseppe TAUROMINNA, legato ad una fune, si fa calare nel pozzo; dopo poco però "*fu ritratto con gli occhi quasi spenti, le labbra e le gote contratte, tutto pieno di pustole, contuso e lacero che pareva un cadavere*". Nel 1903 il prof. DI MILIA, che ha poi presentato una validissima memoria sui fenomeni carsici del Monte Kronio, si spinge fino al fusoide del pozzo, da lui denominato *pseudocratere*, e ne dà una descrizione abbastanza attendibile.

Nel 1908 vi è un altro tentativo di discesa effettuato dai saccensi BRIGHENTI e DI STEFANO che raggiungono la base del fusoide per poi essere recuperati "*...in preda a violento cardiopalmo che li costrinse per due ore a letto...*".

Mi scuso per essermi prolungato tanto su queste notizie; penso sia un dovuto riconoscimento a persone che, nonostante le erronee conoscenze del tempo, hanno dimostrato di possedere un notevole coraggio e spirito di avventura.

Nel 1942 finalmente intervengono gli speleologi. Su richiesta dell'Ente Nazionale per il Turismo la nostra Società manda a Sciacca gli amici MEDEOT e BOEGAN con il compito di rilevare planimetricamente la galleria alta per rendere possibile la stesura del progetto dell'attuale stabilimento termale. Eseguito il loro compito, il pozzo è troppo interes-

sante: MEDEOT riesce a discenderlo sin quasi alla base ma deve risalirlo stremato; in due soli è impossibile.

1957, Gennaio. Con lui ed altri cinque amici siamo a Sciacca per affrontare l'impresa della quale si era da allora tanto parlato e che assumerà aspetti del tutto imprevisti, eccezionali e drammatici. Si scopre la *Galleria di Milia* (figg. 14/15) e si intravedono i grandi vasi. Ma TINÉ, nella sua veste di archeologo, che con COLONI ha percorso quasi tutta la galleria, viene riportato alla superficie in gravi condizioni, ed è salvato a stento.

1958, Giugno. Si ritenta attrezzati con un primo tipo di tuta (fig. 16), perfetta come idea ma assolutamente sbagliata nella realizzazione. Comunque si riesce a scattare qualche fotografia dei vasi: è la loro prima documentazione (in merito alla loro esistenza vi era stato qualche scetticismo).

1962, Febbraio. Su incarico della Sovrintendenza di Agrigento diamo inizio agli scavi archeologici nel'*Antro di Fazello*; questi continueranno per molti anni ancora. Nell'occasione si collauda con ottimi risultati un nuovo tipo di tuta.

1974, Ottobre. Il ritorno è alla grande: montiamo la scala metallica nel pozzo e scopriamo la *Galleria Bellitti* con le deposizioni ivi esistenti. Documentiamo fotograficamente quasi tutti i vasi e riusciamo a girare anche qualche ripresa in Super-8.

1978, Ottobre. Giterella in cinque per un esame più accurato delle altre cavità del monte; si scopre subito la serie di meandri che, dalla *Grotta Cocchiara*, si interna nel monte sino a sbucare nel *Pozzo Trieste* che vediamo, con comprensibile emozione, per la prima volta.

1979, Marzo. Si ritorna subito: montato una specie di trampolino metallico su una delle *finestre*, GHERBAZ riesce a calarsi sino al fondo. Al momento di risalire però il sistema si inceppa e passano settanta interminabili minuti prima che riesca il suo recupero. È stata la spedizione più sfortunata: GHERBAZ salvato per miracolo e due partecipanti infortunati. In compenso però riportiamo a casa una importante documentazione su alcuni valori del flusso e - esplorando il *Pozzacchione* - la scoperta del nostro predecessore ivi morto.

Fig. 14 - *Cunicolo del caro Estinto*, Galleria Di Milia, corredo di vasi con resti umani.

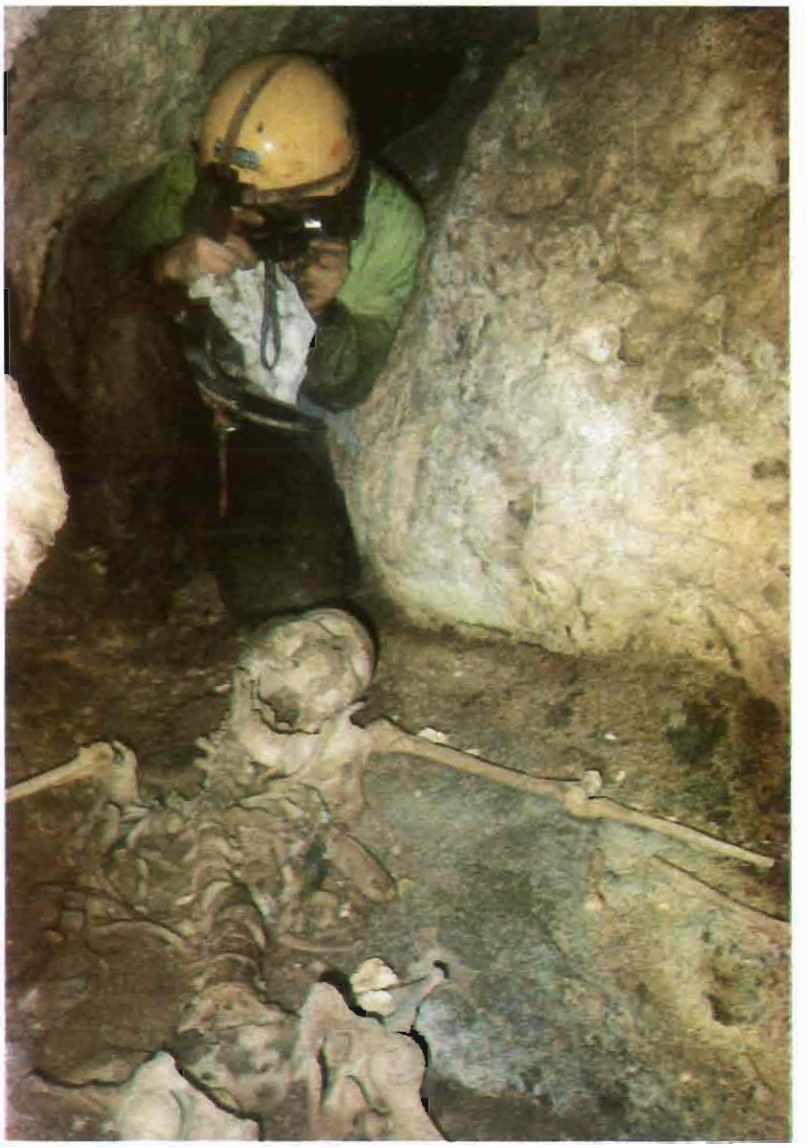


Fig. 15 - Il *Pozzacchione* con i resti dell'uomo precipitato 4000 anni prima della sua scoperta.

Fig. 16 - Spedizione 1958: speleologo con tuta del primo tipo nella Galleria Di Milia.

1984, Ottobre. Altra ricognizione alle pareti del monte per individuare altre zone di aspirazione, e più attenta esplorazione del complesso *Cucchiara-Pozzo Trieste*.

1986, Novembre (fig. 17). Su incarico della Sovrintendenza viene esaminata la possibilità di istallare nelle gallerie mediane telecamere mobili, con lo scopo di far vedere all'esterno le deposizioni ivi esistenti.

Dal 1942 ad oggi 33 uomini hanno attraversato l'Italia e, mossi solamente dalla loro passione e dal loro entusiasmo, si sono avventurati nei recessi del Kronio sorretti all'inizio da un'esaltazione che consentiva sforzi eccezionali, e successivamente con tranquilla sicurezza, per indagare sui suoi misteri. Siamo stati seguiti dall'entusiasmo dei sinceri amici, dall'interesse di qualcuno e dalla indifferenza di molti. MARINI in un giorno di sconforto disse: "*Se cercassimo petrolio o un tesoro ('a truvatura) forse ci prenderebbero più sul serio*".

Gli anni sono passati, ma chi vi è entrato non potrà mai dimenticare le grotte del Kronio, e per noi questo è tanto. Saremmo felici se ci fosse possibile avere la certezza di aver fatto comprendere che "*'a truvatura*" esiste e la hanno proprio là, ma che - essendo un bene prezioso - è necessario vegliare continuamente sulla sua integrità per non perderla per sempre.

Conclusione

Siamo convinti che le pochissime osservazioni ed i lunghi pensamenti ci hanno portato a formulare delle ipotesi abbastanza prossime alla realtà sul fenomeno dei vapori delle *Stufe di San Calogero*. Nulla di certo però potrà dirsi sino a quando non sarà possibile ragionare con valori reali, registrati con continuità e per cicli annuali. A tal proposito è in corso il progetto per un impianto automatico di monitoraggio del flusso; ahimé, con fondi insufficienti.

È assolutamente indispensabile inoltre la conoscenza totale di tutto il siste

ma ipogeo, dai cunicoli di aspirazione a - possibilmente - la zona ove è presente l'acqua termale. L'equilibrio del sistema è estremamente labile, piccole modifiche all'ambiente possono portare a danni non facilmen-

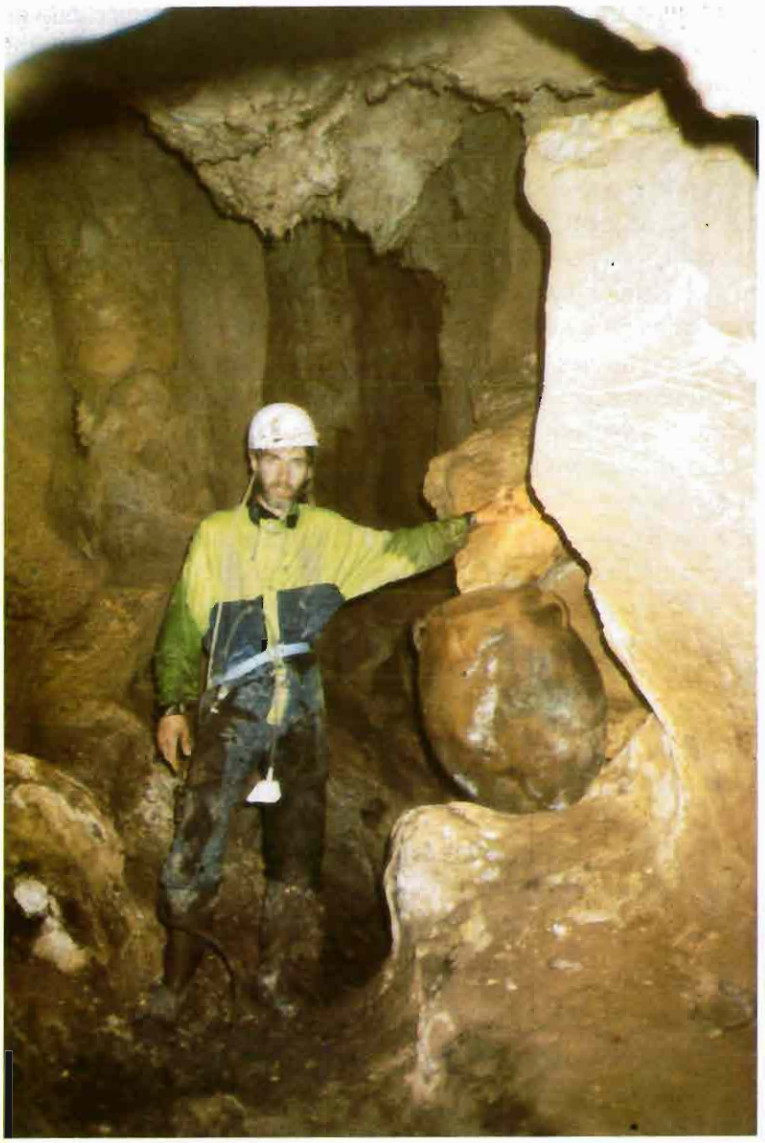


Fig. 17 - Spedizione 1986: speleologo con tuta del secondo tipo nella Galleria Bellitti.

te riparabili. Lo dimostra la diminuzione di temperatura riscontrata in questi ultimi anni, che probabilmente è dovuta a lavori eseguiti sulla montagna: ciò dovrebbe suonare come un grosso campanello di allarme. Oggi si comincia a parlare anche di piccole variazioni nella falda: queste, come già detto, potrebbero portare anche alla scomparsa del flusso nelle *Stufe*.

Non è detto che in alcuni casi non vi sia la possibilità di porre rimedio ad eventuali degradi, ma solo la conoscenza perfetta del fenomeno e degli elementi che lo regolano possono consentire interventi efficaci; altrimenti si corre il rischio di causare danni ancora maggiori. Data la dinamicità dei nostri tempi, e le conseguenti modifiche ambientali, bisognerebbe quindi essere pronti in qualsiasi momento.

Alle *Stufe* sono legati ingenti interessi economici e, giustamente, molto è stato fatto per la loro valorizzazione; a mio modesto avviso obietto però che sarebbe stato forse opportuno eseguire qualche piccola opera in meno e destinare la somma corrispondente allo studio ed alla investigazione del fenomeno. Quello che ad oggi è stato fatto per aumentare le conoscenze in merito è solo opera del nostro volontariato. Qualora vi fosse l'intenzione di approntare un piano di salvaguardia per le *Stufe*, è indispensabile che preventivamente vengano eseguite una serie di rilevazioni che qui di seguito elenco in ordine di priorità:

1. impianto della rete di monitoraggio (già programmata) che registri con continuità, per mezzo di sensori collocati in determinati punti della grotta, la temperatura, la pressione, le portate IN-OUT, prevedendo la sua possibile estensione anche ad asltre zone che eventualmente si individuassero in base alle rilevazioni di cui a seguito;

2. esplorazione sistematica della zona inferiore: *Pozzo Trieste* e sistemi che in esso confluiscono, tentando pure - qualora ciò fosse possibile - di raggiungere la falda termale;

3. indagine esterna a tappeto delle zone calcaree del monte, rilevando e posizionando anche le più piccole cavità esistenti, allo scopo di riuscire ad individuare le altre bocche di aspirazione;

4. determinazione con l'impiego di traccianti dell'appartenenza delle aspirazioni al sistema delle *Stufe*, e studio degli eventuali sistemi autonomi;

5. esplorazione del tratto ancora sconosciuto che collega la zona mediana con la parte alta del *Pozzo Trieste*;

6. Nel corso dei lavori interni prelievo ed analisi di campioni di atmosfera alle varie profondità;

7. rilevazione della temperatura delle pareti sino ad almeno tre metri del loro spessore, per valutare la quantità di calore da esse immagazzinato, che costituisce il volano termico del flusso.

Si tratta di una mole di lavoro non indifferente che richiede soprattutto parecchio tempo, con l'impiego di personale che non è sempre - e per lunghi periodi - disponibile. L'impegno economico sarebbe invece relativamente modesto, in considerazione del vantaggio che si ricaverebbe nel potere, come già precedentemente detto, approntare i programmi per un tempestivo intervento qualora si notassero ulteriori segni di degrado; i quali a mio avviso - e spero di sbagliarmi - prima o poi dovranno presentarsi.

Non posso chiudere senza un grande grazie ai compagni di avventura che con i loro sudori mi hanno permesso di scrivere questa breve memoria; ma anche senza esprimere la nostra gratitudine a cinque persone che, tra i tanti amici che abbiamo a Sciacca, ci sono sempre state vicine a sostenerci con il loro disinteressato affetto: il Priore di San Calogero, Mons. Guglielmo Pisa; il Dott. Alberto Scaturro, l'Avv. Felice Alba, l'Avv. Carlo Pulejo e, l'ultimo che ci è rimasto, l'intramontabile Dott. Arturo Politi. Grazie ancora!

Bibliografia precedente

ANELLI F., 1955 - *Ricognizione esplorativa in territorio di Sciacca*, Kronion n° 5

BACCI A., 1571 - *De Thermis*, Venezia

CIACCIO M., 1900 - *Sciacca, notizie storiche e documenti*, Sciacca

CIANCIMINO C., 1833 - *Studio sulle acque minerali e stufe naturali*, Sciacca

DI MILIA R., 1903 - *Fenomeni carsici e pseudovulcanici del Monte San Calogero*, Atti Acc. Gioenia, Catania

DIODORO SICULO, I sec. a.C. - *Historiartum Priscarum*, Bologna

FARINA V., 1864 - *Le Terme Selinuntine*, Sciacca

FAZELLO T , 1558 - *De Rebus Siculis decades duæ*

GHEZZI E., 1927 - *Sciacca antica, Terme selinuntine*, Messina

HOUEL J., 1788 - *Voyage pittoresque des îles de Sicile, de Malta et de Lipari*, Paris

LICATA G., 1881 - *Le Terme Selinuntine*, Sciacca

MAGLIENTI D., 1846 - *Descrizione delle acque termominerali e Stufe*, Palermo

RICCHIENA A., 1923 - *Le Stufe di San Calogero*, Catania

SANTANGELO M., 1940 - *Relazione sulle misure di radioattività delle acque e dei vapori*, La Rivista Scientifica 12

SCATURRO A., 1940 - *Le acque termali e la stufa naturale di Sciacca*, Palermo

--- 1949 - *La stufa naturale del Monte San Calogero*, Kronion 2

--- 1961 - *La grotta sudatoria di Dedalo*, Terme e Riviere 10

--- 1963 - *Le grotte sudatorie naturali*, Bologna

SOMMARUGA G., 1953 - *Le manifestazioni idrominerali della Sicilia*, Rivista mineraria siciliana ott.

ZINNO, 1881 - *Analisi dell'acqua di Sciacca, Stufe di San Calogero*, Napoli.

Bibliografia attuale

AURELI A., 1994 - *Idrogeologia del bacino termale di Sciacca*, ed. Pitagora.

BONE N., 1991 - *Sciacca 91*, Progressione 25, CAI Trieste.

BOEGAN B., 1944 - *Prima esplorazione della grotta termale di San Calogero, 19-26/9/42*, Le Grotte d'Italia vol V°.

--- 1955 - *Esplorazione della grotta termale di San Calogero*, Kronion n° 7, Sciacca.

BUSULINI E., 1958 - *Siamo entrati dopo 4000 anni nella grotta dei sacrifici umani*, Tempo Illustrato n° 21.

--- 1962 - *A Sciacca nell'Antro di Dedalo*, Storia Illustrata n° 7.

DIQUAL A., 1979 - *Sciacca 1979*, Progressione n° 4.

FINOCCHIARO C., 1958 - *L'esplorazione 1958 delle stufe vaporose di San Calogero - Aspetti tecnici e risultati*, Atti del II Congresso Internazionale di Speleologia, Bari.

FORTI P., ROSSI A., 1987 - *Le concrezioni poliminerali della Grotta di Santa Ninfa*, Atti e Memorie XXVI, CAI Trieste.

GUIDI P., 1979 - *La Commissione Grotte Boegan sul Monte Kronio*, Speleologia 11.

GUIDI P., MARINI D., PEROTTI G., 1979 - *Le grotte vaporose del Monte Kronio. Quarant'anni di ricerche a Sciacca*, Atti e Memorie XIX, CAI Trieste.

LEGNANI F., MODUGNO G., RAIMONDI A., 1959 - *Sudorazione ed elettroliti*, La Modernografica, Trieste.

MARINI D., 1978 - *Pozzo Trieste*, Progressione n° 2.

--- 1978 - *Nella Stufa di San Calogero*, Le Alpi Venete n° 32.

--- 1979 - *Toccato il fondo del pozzo nero*, Progressione n° 4.

PEROTTI G., 1957 - *Avventure speleologiche*, Realtà Nuova 1/8.

--- 1962 - *Esplorazione e scavo archeologico nelle Stufe*, Relazione CAI Trieste.
--- 1974 - *V spedizione speleologica nelle Stufe di San Calogero*, Relazione CAI Trieste.

--- 1983 - *Acqua, neve, carburo*, Progressione n° 10.

--- 1990 - *Le Grotte di San Calogero*, Sciacca città degna, Vol. 4°.

PERELLI R., 1984 - *Sciacca 1984*, Progressione n° 14.

SCHIAVATO M., 1978 - *Discesa all'inferno nelle grotte del Kronio*, Panorama n° 27, Fiume.

--- 1978 - *Le sei spedizioni fino al Pozzo Trieste*, Panorama n° 27, Fiume.

--- 1979 - *La discesa al Pozzo Trieste, sfiorata la tragedia*, Panorama n° 28, Fiume.

TINÉ S., 1960 - *Giacimenti dell'età del rame in Sicilia*, Bollettino di Paletnologia, vol. 69.

--- 1968 - *Lo stile del Kronio in Sicilia, lo stile Ghar Dalan a Malta e le successioni del Neolitico*, Atti XIII riunione scientifica I.I.P.P.

--- 1979 - *Stufe di San Calogero, interpretazione storico-archeologica*, Atti e Memorie XIX, CAI Trieste.