



Federazione  
Speleologica  
Sarda

*Società  
Speleologica  
Italiana*

# QUADERNI DIDATTICI

CLUB ALPINO ITALIANO



Con il patrocinio della  
Commissione Centrale per la Speleologia

Erga  edizioni



MAURO CHIESI GIANLUCA FERRINI GIOVANNI BADINO

# L'IMPATTO DELL'UOMO SULL'AMBIENTE DI GROTTA



QUADERNI DIDATTICI della  
Società Speleologica Italiana

Coordinamento editoriale:

*Giovanni Badino, Carlo Balbiano, Natalino Russo*

Per entrare in contatto con gli Autori rivolgersi alla  
sede della Società Speleologica Italiana  
Via A. Zamboni, 67 - 40127 - Bologna

© Società Speleologica Italiana

Si fa espresso divieto di riprodurre in qualsiasi  
maniera, anche parzialmente,  
il contenuto dei Quaderni.

*Quaderni didattici della  
Società Speleologica Italiana*

- 1 Geomorfologia e speleogenesi carsica**  
*Leonardo Piccini*
- 2 Tecnica speleologica**  
*Angelo De Marzo, Giuseppe Savino*
- 3 Il rilievo delle grotte**  
*Chiara Silvestro*
- 4 Speleologia in cavità artificiali**  
*Giulio Cappa*
- 5 L'impatto dell'uomo sull'ambiente di grotta**  
*Mauro Chiesi, Gianluca Ferrini,  
Giovanni Badino*
- 6 Geologia per speleologi**  
*Valentina Malcapi, Leonardo Piccini*
- 7 Storia della speleologia**  
*Franco Utili*
- 8 Il clima delle grotte**  
*Carlo Balbiano*

Edizione riservata  
realizzata nel mese di ottobre 1999 da  
ERGA EDIZIONI  
Via Biga 52 r. - 16144 Genova  
Tel. 010.8328441 - Fax 010.8328799  
[www.erga.it](http://www.erga.it)

**QUADERNI DIDATTICI  
DELLA  
SOCIETÀ SPELEOLOGICA ITALIANA**

**5**

Mauro Chiesi, Gianluca Ferrini, Giovanni Badino  
**L'IMPATTO DELL'UOMO  
SULL'AMBIENTE DI GROTTA**

## PRESENTAZIONE

Quando il presidente Giovanni Badino lanciò la proposta di coedizione delle dispense fra Società Speleologica Italiana e Federazioni Speleologiche Regionali, aderimmo con convinzione dal primo momento. Poiché questa operazione editoriale ha un respiro di livello nazionale abbiamo ricercato una presentazione da parte di Parlamentari nazionali.

Nostri graditi interlocutori non potevano che essere l'On. Tore Cherchi, che è stato uno dei primi a rendere possibile l'istituzione del catasto delle grotte in Sardegna, ed il Sen. Fausto Giovanelli.

Entrambi sono attivamente interessati alle specificità della Società Speleologica Italiana.

Leggendo le loro righe, siamo convinti che vada costituendosi il nucleo di un gruppo parlamentare "Amici delle Grotte".

*Angelo Naseddu*  
(presidente Federazione Speleologica Sarda)



*Qualche tempo fa, trovandomi a Santander nel nord della Spagna, pensai di cogliere l'occasione per visitare le celeberrime grotte (las cuevas) di Altamira. L'uomo del paleolitico superiore (XIV/XI a.C.) ha dipinto le volte di quelle cavità naturali con tanti e tanto mirabili disegni che di esse si parla come della della "Cappella Sistina dell'arte preistorica".*

*Arrivato sul posto, ho scoperto che vengono ammessi alla visita non più di cinque persone per giorno; è possibile prenotarsi e attendere con pazienza il proprio turno che non sarà prima di trenta mesi.*

*Il mio disappunto è durato un breve attimo.*

*Quelle grotte sono state dipinte da uomini vissuti quindici/sedicimila anni fa. Solamente nel 1879 l'uomo contemporaneo, un cacciatore, ne scoprì l'ingresso. Qualche tempo dopo, un archeologo dilettante, accompagnato dalla figlia, ebbe la fortuna di vedere i grandi disegni dei nostri antenati e ne comunicò la scoperta in un convegno.*

*L'isolamento ha fatto sì che quei capolavori potessero giungere fino a noi attraversando, intatti, un tempo di molti millenni.*

*Negli anni successivi la sempre più intensa frequentazione di studiosi e di visitatori ha alterato le condizioni microclimatiche di quella cavità; i segni dell'usura sono rapidamente comparsi. Di quel passo, la suprema manifestazione dell'arte preistorica era destinata alla rovina irreversibile.*

*Studi mirati hanno determinato il grado di impatto che la grotta potesse tollerare senza apprezzabili modificazioni delle condizioni che hanno consentito per millenni la conservazione di quei disegni: al più cinque visitatori per giorno.*

*Riflettendo su tutto questo, volentieri ci mettiamo in fila e attenderemo il nostro turno per almeno due anni e mezzo: quelle grotte devono custodire un tesoro che appartiene all'uomo che verrà fra mille o diecimila anni.*

*In un tempo infinitamente più lungo di quello che ci separa dal Maddaleniano di Altamira, le forze della natura hanno scavato e "modellato" le grotte, creato cascate, colonne, sculture naturali dalle forme affascinanti ed inquietanti. Sono un patrimonio della umanità, messo a repentaglio talvolta dall'incuria, talvolta dal saccheggio, talvolta dalla presunzione e talvolta dal consumismo che nulla rispetta.*

*La dispensa che leggiamo ci insegna come fruire di queste meraviglie rispettandole.*

*Grande merito quindi alla Società Speleologica Italiana ed alla Federazione Speleologica Sarda per questo sforzo editoriale che, nella sintesi, cerca impostare una sorta di codice di autoregolamentazione, in un paese in cui parlare di regole sta diventando sempre più difficile.*

*Verso coloro che lo hanno scritto, con scienza e con amore, siamo in debito di un grazie.*

*Tore Cherchi  
(parlamentare della repubblica)*

*Sotto i nostri piedi c'è un mondo meraviglioso. Il 27% della superficie del territorio del nostro Paese è caratterizzato dall'affioramento di terreni carsificabili, sono trentaduemila le grotte rilevate e iscritte al catasto nazionale. Quasi il sessanta per cento delle acque che beviamo o che utilizziamo per scopi produttivi proviene direttamente o indirettamente da acquiferi carsici. È grazie all'attività di documentazione e di studio scientifico degli speleologi che questi immensi valori ambientali ci vengono svelati ed è possibile comprenderne la particolare sensibilità e delicatezza.*

*Credo così tanto ad azioni di questo genere - da ambientalista per vocazione, prima ancora che per professione - da aver contribuito alla stesura del disegno di legge 2612, "Norme quadro in materia di speleologia" per la tutela delle grotte italiane, del paesaggio carsico e degli acquiferi che racchiudono e per la valorizzazione e l'incentivazione dell'attività volontaristica speleologica.*

*L'azione legislativa è importante, ma sono altrettanto significative e necessarie le attività tese ad incrementare le conoscenze riguardo ad un patrimonio ambientale così poco accessibile, come quello sotterraneo, ma già così bisognoso di tutela specifica.*

*Vanno conservate al meglio le principali grotte turistiche italiane - visitate da un numero di persone proporzionalmente superiore a quello dei nostri monumenti più importanti - e al tempo stesso vanno preservati gli ambienti quasi incontaminati delle grotte esplorate da pochi appassionati.*

*È fondamentale, a mio avviso, per perseguire questi obiettivi di tutela del delicato patrimonio sotterraneo e di turismo sostenibile, che consenta ai più di fruirne, l'attività di documentazione e di conoscenza, della quale questi corsi e queste dispense rappresentano utili strumenti e mezzi.*

*Sen. Avv. Fausto Giovanelli  
Presidente della Commissione Ambiente, Territorio e Beni Ambientali del Senato*



## INDICE

	pag
Introduzione .....	1
<b>1. Impatto dell'uomo sull'ambiente di grotta .....</b>	<b>2</b>
1.1. Il "livello energetico" di una grotta .....	2
1.2. Il concetto di "capacità ricettiva" di una grotta.....	3
1.3. Scala del problema, fattori di degrado, rimedi, responsabilità.....	3
<b>2. Il degrado prodotto dagli speleologi .....</b>	<b>4</b>
2.1. Le contaminazioni chimiche .....	4
2.2. I danni fisici .....	6
2.3. Le asportazioni .....	9
2.4. Danni biologici.....	9
2.5. Etica e deontologia speleologica: proposte .....	9
<b>3. Il degrado prodotto dal turismo sotterraneo .....</b>	<b>10</b>
3.1. Speleologi e grotte turistiche .....	11
3.2. il monitoraggio preliminare all'adattamento turistico .....	12
3.3. Criteri generali per adattamenti turistici rispettosi dell'ambiente carsico .....	13
<b>4. Conclusioni .....</b>	<b>16</b>
<b>Bibliografia essenziale .....</b>	<b>18</b>

## INTRODUZIONE

Qualche anno fa le grotte erano accessibili in due modi, quello speleologico e quello turistico.

I rari speleologi si spingevano con grandi difficoltà tecniche a decine di ore dagli ingressi; là ponevano campi base, abbandonavano carburo esausto e materiale, riemergevano con l'impressione di aver toccato il Centro della Terra. Dall'altra parte certe grotte venivano adattate nelle loro porzioni meno profonde per un turismo di massa: vi erano installati sentieri, scavate gallerie, messe in opera luci di ogni sorta per sfruttare il "bene grotta" inteso come un complesso di concrezionamenti di cui non esisteva, all'esterno, qualcosa di analogo. Le grotte erano così sfruttate quasi come "miniere di scenografie" in mezzo alle quali rintracciare concrezioni evocative di qualcosa di noto: presepi, elefanti, madonne. Negli anni il numero di speleologi è cresciuto, le tecniche si sono affinate, i corsi di speleologia arrivano normalmente nei posti dove decenni fa arrivavano stremati i nostri predecessori. Abbandonarvi materiali non è più ammissibile, come non si devono abbandonare sui sentieri esterni: le grotte hanno cominciato a mostrare d'essere molto più grandi di quel che si pensava, ma anche molto meno capaci di sopportare l'impatto degli esploratori.

Dall'altra parte le grotte turistiche hanno mostrato di essere ambienti fragili: le scenografie hanno mostrato tendenza a sfaldarsi sotto l'urto di milioni di visitatori. Le miniere rischiavano di esaurirsi. I due cammini, quello della fruizione speleologica e quello della fruizione turistica del mondo sotterraneo, hanno cominciato ad avvicinarsi sino ad intersecarsi in questi anni: abbiamo scoperto che le grotte vanno protette sia dagli adattamenti imprudenti sia dagli speleologi ignoranti.

Questo lavoro delinea proprio le idee di protezione delle grotte dall'impatto antropico come si sono andate evolvendo in questi anni, nelle sue due parti naturali: protezione dagli speleologi e protezione dagli adattamenti turistici.

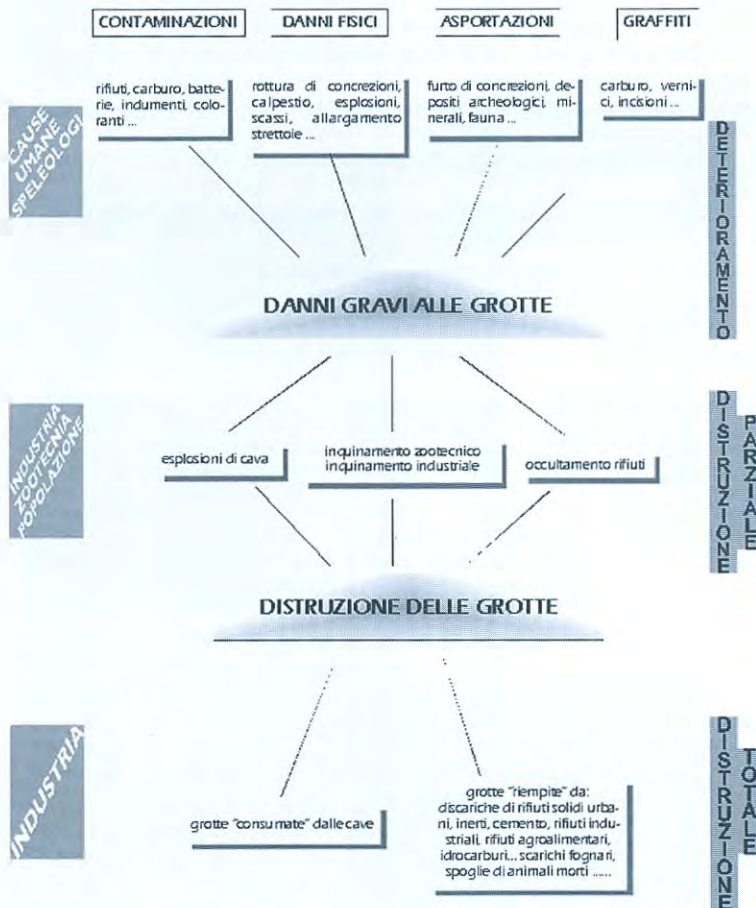


Fig.1 Principali cause di degrado delle grotte (da SSI & CAI, 1989; ridisegnato)



## 1. L'IMPATTO DELL'UOMO SULL'AMBIENTE DI GROTTA

Ogni frequentazione dell'ambiente sotterraneo, sia pure sporadica, provoca un'alterazione all'ecosistema. Può trattarsi di un'alterazione temporanea, con un generico aumento d'energia del sistema, oppure permanente, come nella rottura di concrezioni (fig.1). Gli speleologi disattenti sono i soggetti che arrecano i maggiori danni ai sistemi ipogei da loro esplorati (la totalità delle cavità conosciute) al contrario dei turisti (nel nostro paese lo 0,3% ca. delle grotte conosciute è in qualche modo attrezzato per la visita turistica). L'inquinamento e la distruzione sono causati dall'ignoranza, o dalla sottovalutazione, degli effetti nocivi conseguenti a determinate azioni.

La responsabilizzazione del singolo è sempre la migliore azione di protezione dell'ambiente. Chi ha vissuto l'evoluzione nell'approccio al mondo ipogeo negli ultimi decenni ha compreso la necessità di modificare alcuni comportamenti "speleologici" in grotta. Solo a partire dagli anni ottanta, incredibilmente, si è diffusa fra gli speleologi italiani la coscienza di dover limitare (!) le "scarburate" e l'abbandono dei materiali esplorativi. Tale esigenza nasceva come reazione sensoriale al degrado: la vista di "oggetti" estranei, perciò indesiderati, nell'ambiente. Lo speleologo scopriva le tracce invadenti d'altri speleologi, vedendosi diminuire così quella sensazione di "integrità" che tanto appaga neofiti e veterani. La "wilderness" delle grotte era in serio pericolo; e lo è tuttora.

La prima reazione di molti di noi fu quella di scarburare nei luoghi più nascosti o impensabili, di sotterrare il nostro mucchietto grigio-chiaro, con il risultato di aumentarne la concentrazione. Solo cominciando a studiarne gli effetti abbiamo potuto renderci conto di quali e quanti danni noi speleologi possiamo arrecare inconsapevolmente al nostro fragile ambiente sotterraneo.

Questo testo riassume semplici regole di comportamento per un corretto rapporto tra l'uomo "speleo" e l'ambiente grotta: osservarle significa ridurre sensibilmente l'ineliminabile impatto che l'uomo stesso produce nei confronti del delicato mondo ipogeo.

### 1.1. Il "livello energetico" di una grotta

Introdotta da Heaton (1986), il concetto di *livello energetico di una grotta* è un primo fondamentale parametro da considerare perché ci permette di prevedere, in prima approssimazione, il peso relativo dell'influenza dell'uomo sull'ambiente ipogeo. Si distinguono tre differenti livelli energetici, via via decrescenti di vari ordini di grandezza: alto, medio, basso.

1. le grotte ad alta energia sono quelle interessate periodicamente da eventi imponenti quali le alluvioni;
2. le grotte a media energia sono interessate da apporti energetici da parte di piccoli corsi d'acqua, del vento e degli animali;
3. le grotte a bassa energia, infine, sono quelle in cui il flusso energetico è in pratica ridotto al solo stillicidio.

Va da sé che in grotte della prima categoria non vi sono problemi all'introduzione di visitatori: i periodici apporti energetici naturali sono in grado di cancellare, riazzerandole, le modificazioni indotte dalle visite. Le grotte a energia intermedia, ricche di concrezioni, possono al contrario essere pesantemente disturbate da un flusso di visite quando il conseguente apporto energetico diviene confrontabile con il bilancio ener-

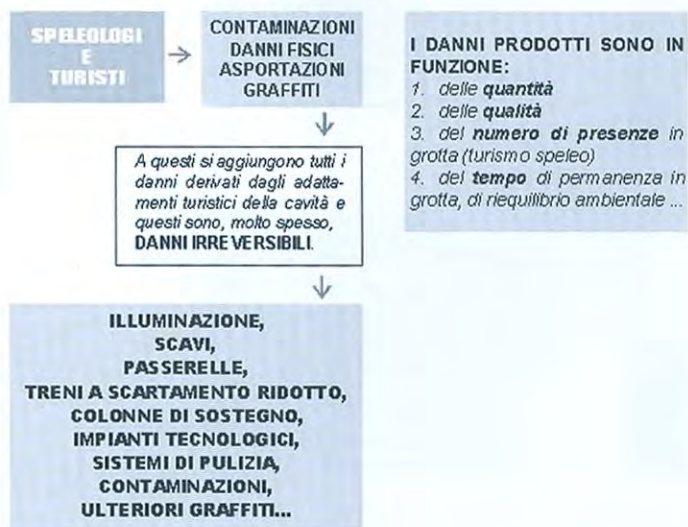


Fig.2 Principali cause di alterazione ambientale indotte alle grotte dalla frequentazione umana



getico della grotta stessa. Le grotte a bassa energia, infine, non devono essere frequentate: l'influenza indotta dalla presenza umana è in grado di perturbare irreversibilmente l'equilibrio generale dei parametri ambientali.

## 1.2. Il concetto di "capacità ricettiva" di una grotta

Dal punto di vista del flusso di energia o di massa, la quasi totalità delle grotte deve essere considerata come un ambiente quasi isolato; al fine di mantenere la perturbazione dell'ambiente entro una soglia accettabile di reversibilità, occorre limitare la modificazione dei parametri ambientali fondamentali.

La *capacità ricettiva di una grotta* (A.A. CIGNA, 1983) può essere definita "... come il massimo numero di visitatori accettabili in una determinata unità di tempo e con condizioni definite, che non implica una permanente modificazione di un parametro rilevante". Questa importante definizione, riferita originariamente alle grotte turistiche, è applicabile indistintamente a tutte le grotte. Riconoscendo che i parametri ambientali subiscono fluttuazioni naturali nel tempo, si pone l'attenzione a quelle variazioni che a seguito della frequentazione di visitatori si scostano da tali andamenti naturali. In questo modo è possibile determinare, secondo il tipo di grotta, quali parametri "critici" sono da tenere costantemente sotto controllo con particolare riguardo. Ecco perché la Società Speleologica Italiana ritiene indispensabile effettuare un monitoraggio preliminare ad ogni progetto di adattamento turistico: si devono rilevare i valori naturali di riferimento e stabilire la dinamica naturale del sistema, che è esclusivo e caratteristico di ogni grotta.

## 1.3. Scala del problema, fattori di degrado, rimedi, responsabilità

Parleremo da qui in avanti di uomo "speleologico", accomunando lo "speleologo" al "turista" sotterraneo, anche se a qualcuno potrà sembrare una forzatura. Se però ci impegniamo ad analizzare il problema dal punto di vista dell'ecosistema grotta, ci accorgeremo che non vi è sostanziale differenza, sia sotto il profilo della scala del problema (nel nostro caso una singola cavità) sia sotto il profilo dell'analisi dei fattori di degrado producibili. E' noto che molte delle grotte turistiche italiane stanno letteralmente "consumandosi", biglietto di ingresso dopo biglietto. Noto a tutti dovrebbe essere che nell'ambiente ipogeo "profondo" il principale veicolo di (eventuali) danneggiamenti o inquinamenti diretti è lo speleologo che, con i suoi comportamenti, può causare guai anche gravi e irreparabili. Meno noto è che nelle grotte adatte con efficienza e attenzione alla tutela del bene naturale sfruttato turisticamente, è assai più facile intervenire preventivamente e mitigare gli impatti causati dalla frequentazione umana, oltretutto scoraggiare comportamenti distruttivi. Molte, troppe, grotte assiduamente visitate sarebbero meglio conservate se fossero state oggetto di adeguata protezione. Come?

1. adattamento turistico intelligente. Meglio 10.000 turisti controllati e instradati su un unico percorso che 100 speleologi incontrollati (tra i quali qualcuno potrebbe ritenersi "proprietario" della grotta poiché speleologo);
2. chiusura totale.

La soluzione 2. è quella che ci interessa, ovviamente, di meno. Vediamo allora (fig.2) che, alla scala di una singola grotta, la qualità dei danni producibili è essenzialmente identica tra quelli speleologici e quelli turistici: il danno aumenta in funzione della frequenza dei passaggi nelle varie aree sensibili della grotta. L'adattamento turistico, quindi, influisce prevalentemente sulla quantità del danno piuttosto che sulla qualità, fatti salvi ovviamente i casi in cui all'adattamento turistico corrispondano opere infrastrutturali interne (percorsi, disostruzioni, apertura nuovi ingressi, ecc.) ed esterne (apertura di strade, piazzali di sosta, ecc.) pesanti e irreversibili. D'altra parte, alcuni fattori di danno irreversibile alle grotte possono derivare esclusivamente da esplorazioni di tipo speleologico: si pensi alle grandi disostruzioni che in questi anni sono state svolte con l'ausilio di mezzi e tecniche sempre meno esplorative e sempre più simili a coltivazioni di cava. Inquadrando il problema alla scala di una singola grotta, benché ancora distinguibile in turistica o non turistica, le possibili risposte ai problemi esposti sono essenzialmente le medesime, richiamando tutte (fig.3) a:

1. valutazione preventiva delle condizioni ambientali precedenti alle esplorazioni/visite;
2. minimizzazione dell'impatto da visitatori/speleologi;
3. codice di comportamento etico/deontologico.

Se, viceversa, il problema è esteso su di una scala territoriale (la tridimensionalità del paesaggio carsico esterno ed interno), vediamo che allora le risposte possibili si spostano a livello dell'intera popolazione e la soluzione va dunque ricercata nell'azione di governo e gestione del territorio.

Le politiche di protezione ambientale non raggiungono buoni risultati se sono basate esclusivamente sull'imposizione di vincoli. Lo dimostra il problema dei rifiuti abbandonati in montagna dagli escursionisti. Si è sempre trattato di operazioni "illegali", ma solo una diffusione capillare del concetto di montagna come bene collettivo ha portato alla virtuale soluzione del problema. Dovremo dunque fare grandi sforzi nella responsabilizzazione del singolo, cioè nella divulgazione, attività fondamentale e insostituibile della speleologia.



scala del problema <b>SINGOLA CAVITA'</b>		scala <b>TERRITORIALE</b>
<b>TURISTICA</b>	<b>NON TURISTICA</b>	
valutazione preventiva impatto attrezzature	codice di comportamento speleologico (etica speleologica)	legislazione e pianificazione territoriale che sanciscano, riconoscendo le particolari dinamiche ambientali proprie dei territori carsici, ad elevato rischio "l'ambito carsico"
valutazione preventiva impatto umano (numero massimo di visitatori/ora)	regolamentazione delle visite per le grotte più frequentate (cavità a numero chiuso)	controlli e nuova taratura delle specifiche di legge degli scarichi civili e industriali e degli spargimenti agronomici
"grottizzare" i turisti	campagne di pulizia delle cavità compromesse da rifiuti	bonifica discariche e reflui siti in territorio carsico
	campagne di educazione ambientale, sorveglianza applicazione di regole di comportamento etico	<b>a.</b> individuazione aree carsiche a rischio idrogeologico <b>b.</b> istituzione oasi di protezione dei fenomeni carsici <b>c.</b> pianificazione riferita a parchi territoriali carsici <b>d.</b> individuazione compatibilità ambientale turismo speleologico

Fig.3 I possibili tipi di risposta al degrado dei territori carsici sono in funzione della scala di ampiezza del problema (da SS I & CAI, 1989; ridisegnato)

## 2. IL DEGRADO PRODOTTO DAGLI SPELEOLOGI

Affrontiamo ora il delicato problema dell'impatto delle attività di esplorazione delle grotte.

Di per sé parrebbero relativamente più gravi di quelle di ogni altra attività, poiché gli esploratori avanzano in territori assolutamente vergini. D'altra parte sono esse che permettono l'esistenza stessa della speleologia, quindi della coscienza dell'esistenza del mondo sotterraneo. Vanno dunque condotte con estrema cautela e con la maggiore consapevolezza possibile sia del fatto che il nostro impatto è inevitabile, sia dei modi per ridurlo. Le contaminazioni indotte dalle esplorazioni ipogee alla nostra grotta, in funzione della quantità, qualità e durata nel tempo, possono avere effetti irreversibili. Ma è corretto pensare che la grotta, nella sua dinamica evolutiva naturale, non subisca mai impatti analoghi? Se sezioniamo una stalattite troveremo senz'altro bande di accrescimento diverse: molte ci segnalano inversioni climatiche, altre potrebbero indicarci periodi di frequentazione umana preistorica (nerofumo), altre ancora hanno registrato fratture o inclinazioni per terremoti. Ha senso quindi preoccuparci di quello che possiamo produrre con le nostre esplorazioni? Poiché non esiste una soluzione valida in ogni caso, anteponiamo alla discussione che segue due considerazioni fondamentali:

1. ogni grotta, anche la più "esplorativa", ha una sua peculiare "capacità ricettiva": superata questa soglia alcuni dei suoi parametri fondamentali (temperatura, umidità, flussi energetici, concentrazione di CO<sub>2</sub> o altri gas ecc.) possono modificarsi;
2. tutti noi amiamo le grotte intatte e ci rattristiamo nel vederle contaminate dalle azioni che l'uomo "speleologico", turista o speleo-esploratore che sia, compie più o meno consapevolmente.

Analizziamo in dettaglio le più diffuse sorgenti di contaminazione e degrado introdotte nelle grotte, più o meno consapevolmente, dall'attività degli speleologi.

### 2.1. Le contaminazioni chimiche

*Non abbandonare nulla in grotta: tutto quello che è entrato con te deve uscire.*

Il carburo.

è la sostanza maggiormente introdotta dagli speleologi in grotta. Le sue polveri esauste producono una



deturpazione permanente se abbandonate sulle concrezioni perché la reazione tra l'idrossido di calcio e l'anidride carbonica porta in breve alla cementazione del carburo esausto, con formazione di nuove concrezioni artificiali. Inoltre un gran numero di reazioni possibili sono alcaline, con relativi effetti inquinanti. In ogni caso quindi bisogna assolutamente evitare di contaminare con carburo piccoli volumi d'acqua perché provoca la morte di ogni forma vivente. Il carburo esausto va riportato in superficie in ogni caso, in contenitori identici a quelli utilizzati per il carburo integro.

#### Le pile.

Nel casco per alimentare la luce di emergenza e nelle apparecchiature fotografiche lo speleologo trasporta più o meno consapevolmente alcune "bombe ecologiche": le batterie, capaci di liberare sali metallici (Pb, Zn, Hg, Cd, Ni, Ag) in presenza di acidi forti. La rottura dell'involucro delle pile può perciò causare corrosione diretta sulle concrezioni, grave inquinamento acido in piccole quantità di acqua (vaschette ecc.) ma, principalmente, possono causare un gravissimo inquinamento chimico in volumi enormi di acque di grotta rendendole inutilizzabili per scopi idropotabili. Quantifichiamo:

1. una pila allo Zinco può inquinare da 5 a 30 metri cubi di acqua;  
 2. una pila al Cadmio può inquinare da 3.000 a 15.000 metri cubi di acqua;  
 3. una pila al Mercurio può inquinare da 15.000 a 30.000 metri cubi di acqua (30 milioni di litri).

Anche se fortunatamente non tutto il potere inquinante di una pila viene realmente sviluppato, da questi dati puramente stechiometrici è facile dedurre che le pile esauste devono essere assolutamente riportate in superficie ed eliminate solamente attraverso la raccolta differenziata.

#### I materiali biodegradabili (e non).

Due sono le categorie di materiali biodegradabili che a volte vengono abbandonati in grotta: i materiali inorganici e quelli organici. Tra i materiali inorganici comprendiamo quelli ferrosi o di alluminio come scatolette, chiodi, cavetti e simili. In sé hanno una bassa potenzialità inquinante, ma sono biodegradabili solo in tempi lunghissimi. Potenzialmente hanno quindi un potere deturpante simile a quello di tutte le sostanze non biodegradabili che possiamo immettere nell'ambiente. Una bottiglia in plastica si degraderà (forse) in un tempo compreso tra i 100 e i 1.000 anni; una gomma da masticare in 5 anni almeno, una lattina di birra in non meno di 50 anni.

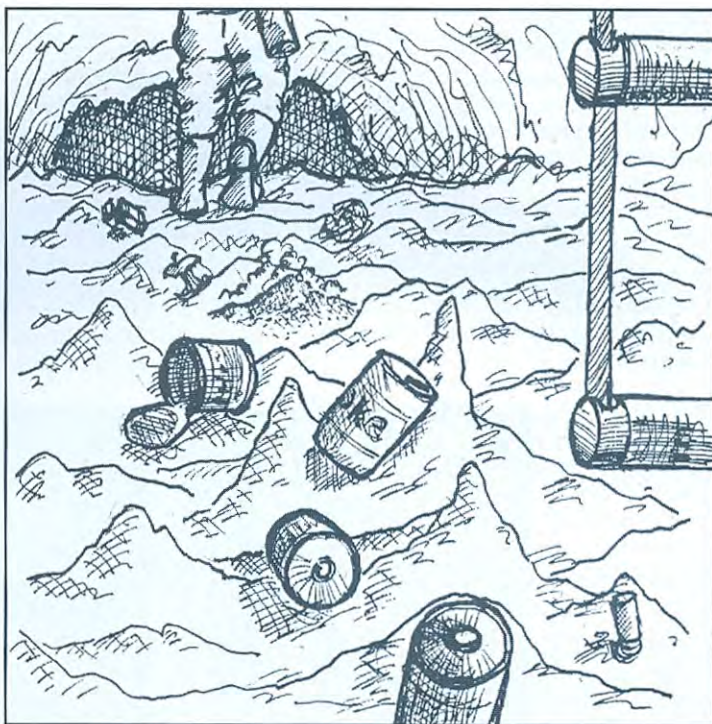
Viceversa alcuni usuali e diffusi materiali organici hanno una reale capacità inquinante:

1. i mozziconi di sigaretta, che liberano sostanze solubili tossiche (nicotina, catrame ecc.) capaci di sterminare la fauna presente in piccoli volumi d'acqua (e si degraderà completamente in non meno di 1-2 anni);
2. gli alimenti, che possono divenire il supporto trofico per batteri o virus patogeni veicolati all'interno delle grotte dagli escrementi degli speleologi.

La commistione di questi rifiuti può causare la formazione di composti organico-metallici che, essendo molto più assimilabili, sono potenzialmente assai più tossici.

Ancora una volta quindi è indispensabile ribadire che nessun tipo di rifiuto deve essere abbandonato in grotta. Nell'attrezzamento dei bivacchi fissi, interni ed esterni ai grandi complessi carsici, occorre occuparsene seriamente. Nel caso di eventuali operazioni di "pulizia" delle grotte (fig.4), con temporaneo stoccaggio di sacchi impermeabili ripieni di spazzatura, occorre anche ricordare di:

1. tenere sempre rigorosamente separati i rifiuti inorganici da quelli organici;
2. non seppellire mai il materiale metallico o vetroso;
3. non depositare mai rifiuti in zone interessate da flussi idrici, anche saltuari.



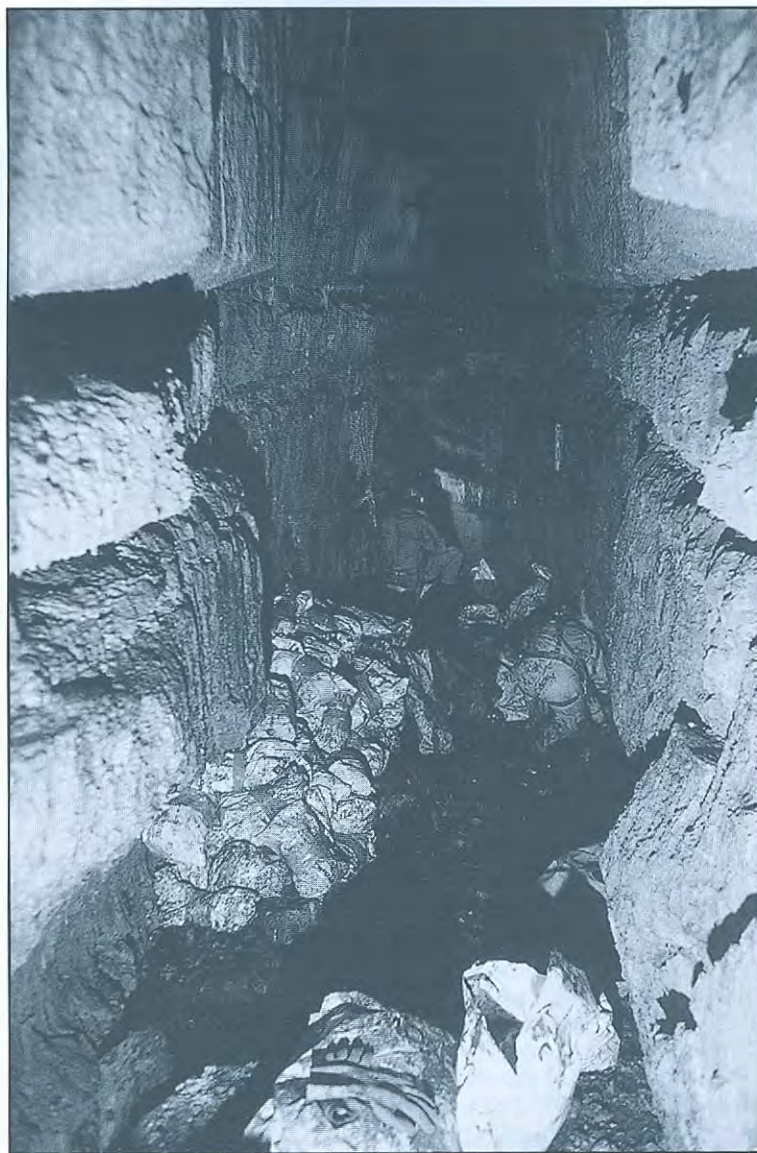


## 2.2. I danni fisici

*Non lasciare alcuna traccia del tuo passaggio.*

Gli ambienti che esploriamo non sempre sono a misura d'uomo e dobbiamo in qualche modo adattarli per poterli percorrere. Poniamo attenzione alle concrezioni che pendono dal soffitto ed asteniamoci, se è il caso, dall'esplorazione di ambienti particolari che dopo il nostro passaggio lo sarebbero sicuramente assai meno. Per questo negli ambienti concrezionati non è opportuno trasportare materiale sporco e ingombrante.

A volte noi stessi possiamo risultare troppo sporchi e ingombranti: entreremmo nel salotto buono con i vestiti di grotta? Evitiamo perciò ogni contatto inutile con le concrezioni: toccare le concrezioni o sporcarle di fango significa alterare in qualche modo la loro crescita naturale perché si modifica il velo d'acqua superficiale da cui dipende il loro sviluppo, nelle innumerevoli e stupefacenti forme conosciute.



*Fig.4 Insaccamento dei rifiuti abbandonati da decenni di esplorazioni speleologiche. Sala Paradiso (-400), abisso Spluga della Preta (VR). Foto Operazione Corno d'Aquino.*



Ricordiamo infine di spegnere l'acetilene e utilizzare l'illuminazione elettrica nelle zone concrezionate o mineralizzate anguste e con scarsa corrente d'aria (a bassa energia), e in tutte le zone frequentate dai pipistrelli.

I graffiti, il nerofumo.

*Nulla aggiunge alla grotta la tua firma, gli toglie solo integrità.*

Le scritte a nerofumo che deturpano le pareti delle nostre cavità ci ricordano "come eravamo": meno maturi ed attenti all'ambiente; le scritte recenti ci ricordano invece che ancora molto resta da fare.

Bisogna assolutamente evitare di apporre scritte, dediche, segnali o altro con nerofumo o vernici: le indicazioni di prosecuzione o i capisaldi delle poligonali di rilievo, pochi, utili e ben posti, debbono essere realizzati in modo da potere essere rimossi terminato il rilievo. In grotte veramente labirintiche lasciamo pezzetti di nastro colorato come indicazioni di direzione. Occorre sempre fare attenzione con l'acetilene: anche poco nerofumo può rovinare le cortine stalattitiche che sfiora, annerendole e deviandone le direzioni di accrescimento. Si noti che il problema del nerofumo dell'acetilene è più grave di quanto appaia dalle sole scritte.

Esso si deposita visibilmente a causa della incompleta combustione quando accostiamo la fiamma ad una parete (fredda). Ma anche quando la fiamma brilla libera in mezzo ad un pozzo sta sprigionando un poco di particelle incombuste nell'ambiente, tanto più se l'impianto non funziona al meglio (beccucci non tarati, carburo di bassa qualità, bassa pressione ecc.). Ricordiamo che può saturarsene l'aria di una saletta immacolata, anche se lì per lì, prima che venga abbattuto dalle condensazioni sulle pareti, non è possibile accorgersene. Perciò quando entriamo in ambienti simili spegniamo la fiamma (il gas incombusto in quelle quantità è innocuo) e ammiriamoli alla luce dell'elettrico, togliendoci la tuta e gli stivali fangosi: solo così rimarranno intatti e immacolati.

Gli attrezzamenti e le chiodature di progressione.

Sono indispensabili e hanno un impatto in sé irrilevante se sistemati pensando ad una progressione a lungo termine: se messi bene non se ne dovranno impiantare altri nel tempo.

Eppure bisogna ricordare che errori di sovrapposizione e proliferazione di spit se ne sono fatti tanti, con impatti sgradevoli per l'integrità della grotta.

Per imparare a chiodare (e non solo per l'estetica) cerchiamo di farlo su qualche masso di cava o di ravanello, al limite sul muro di casa, non all'attacco di un pozzo.

Gli attrezzamenti permanenti.

Ci riferiamo ad attrezzamenti fissi specifici per la progressione in sicurezza di grotte ad alta frequentazione speleologica (chiodature con resine, traversi ecc.) e li definiamo "adattamento turistico di ordine zero", cioè il livello più basso dell'adattamento, per utilizzare il quale è necessaria una preparazione specifica di chi percorre la grotta. Per questo nel realizzarli dobbiamo rispettare le medesime regole che auspichiamo per il turismo sotterraneo: reversibilità e sicurezza.

E' evidente che si tratta di adattamenti turistici ma notiamo che hanno il pregio di limitare le mitragliate di chiodi di progressione messi male. A titolo di ottimo "cattivo esempio" citiamo il pozzo da 131 metri che dà accesso alla Spluga della Preta, vicino Verona: due enormi e ineludibili attacchi avrebbero risparmiato tanti metri quadri di roccia mitragliata e centinaia di spit messi male, tra i quali è davvero difficile trovare quello buono.

La responsabilità di questi attrezzamenti, tra i quali sono da ricordare i bivacchi fissi fuori e dentro i grandi complessi sotterranei, ha carattere di interesse collettivo e sarebbe quindi opportuno che se ne occupassero le Federazioni Speleologiche Regionali.

Le disostruzioni per la progressione.

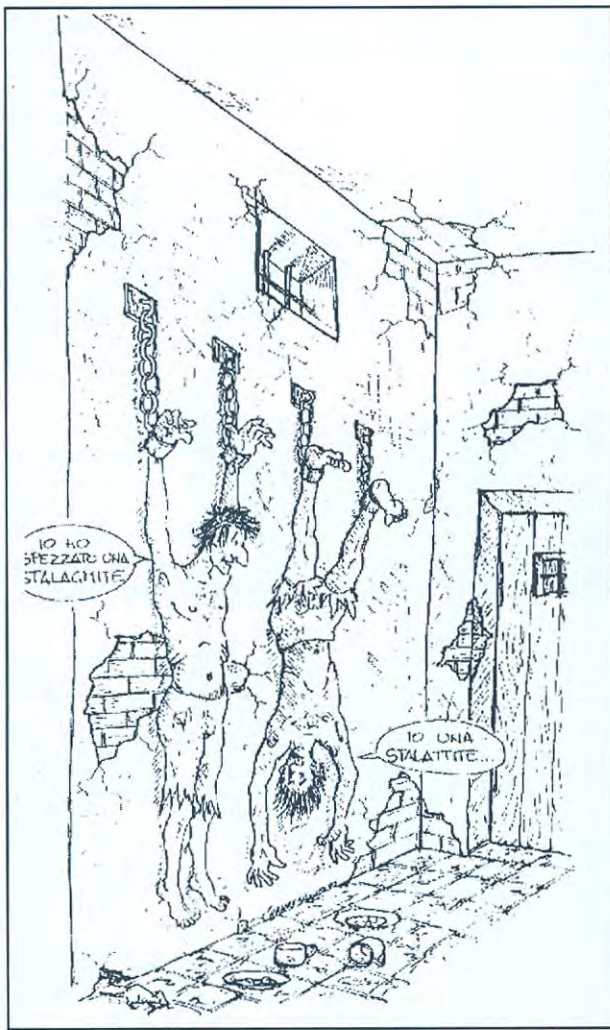
Le nuove tecniche di disostruzione a microcariche, ma anche la pazienza di tanti speleologi cavasassi, da alcuni anni stanno fruttando tantissime vie nuove e prosecuzioni e dunque vanno fatte, ma certamente dobbiamo imparare ad agire con maggiore attenzione, attrezzandoci di volta in volta di conseguenza.

Le disostruzioni vanno eseguite solo in modo mirato, con ragione e con l'obiettivo di ottenere variazioni minime: se la grotta è stretta e angolosa, rassegniamoci e teniamocela così.

Se avessimo i mezzi per fare gallerie che ci portino comodamente nelle zone esplorative, avrebbe significato scavarle? Vogliamo andare dentro la montagna, o arrivarci? Oltre a inaccettabili danni strutturali le







Lo svuotamento artificiale di un sifone altera la circolazione dell'acqua distruggendo un microambiente fino a quel momento disponibile per la fauna acquatica e, in particolare, apre una nuova via per l'aria la cui circolazione può modificarsi in modo difficilmente prevedibile e su una scala che solitamente non possiamo valutare. Lo svuotamento dei sifoni deve essere perciò temporaneo e anche in questo caso occorre prevedere di ripristinare le condizioni naturali, poiché all'eliminazione permanente di un sifone può corrispondere un'alterazione irreversibile all'ambiente di grotta, caso estremo e inaccettabile di adattamento della grotta all'uomo.

#### Gli spietramenti dei pozzi.

Sono indispensabili per la sicurezza, ma anch'essi da fare con cautela poiché rappresentano un altro adattamento della grotta all'uomo. Il secondo principio della termodinamica ci fa notare la differenza fra buttare a terra una tazzina o dei cocci: nel primo caso otteniamo cocci, cioè qualcosa di diverso, nel secondo riotteniamo cocci, la stessa roba che avevamo fatto cadere. Il motivo è che nell'urto si aumenta il disordine del sistema: se il sistema era ordinato si disordina, se era disordinato lo rimane. Se dunque sospettiamo che sotto ad un pozzo ci siano strutture ordinate (una sala concrezionata, un compagno), è meglio non scaricare sassi per non trovare cocci di concrezioni o cocci di compagni. Vale a dire: scarica se sotto non ci sono strutture ordinate, altrimenti scendi di conserva con la tua corda nel sacco (altra struttura ordinata), metti dentro i sassi "mortalì" e depositali al fondo.

Disostruzioni per la sicurezza ed il soccorso.

Questo è un terreno davvero scivoloso, in cui inevitabilmente tocchiamo altre sensibilità, altre etiche.

Le grotte non sono pericolose di per se stesse, lo diventano quando ci entriamo come anche le strettoie. Ha senso demolirle perché sono pericolose? Le tecniche di oggi ci hanno messo in una posizione di forza rispetto alle strettoie, ma ragionevolmente non possiamo pensare di correggerle tutte. Un tempo in caso di incidente i feriti dovevano "tentare" di passarle, con brutti ricordi per tutti. Oggi, sviluppandosi le tec-

disostruzioni possono arrecare danni enormi modificando la circolazione dell'aria nella montagna. Diamo qualche semplice regola: se la zona dove vogliamo disostruire o allargare è a basso trasferimento, con corrente d'aria più debole di quella tipica di quella zona di grotta, non possiamo fare grossi danni: disostruiamo con attenzione ma sereni. Se invece la corrente d'aria è violenta significa che non ha alternative al suo fluire. Disostruire in quel punto significa rischiare di fare danni immensi: in alta montagna rischiamo di riempire o svuotare di neve (o ghiaccio) decine di metri di pozzi; in zone temperate possiamo distruggere intere regioni concrezionate.

Sono effetti gravissimi, purtroppo già osservati e verificati. In queste condizioni risulta assolutamente necessario prevedere di installare una chiusura che ripristini il flusso d'aria come era prima del nostro passaggio. Anche se la grotta "chiude", per noi, alla base del primo pozzo e diventa impraticabile, la disostruzione effettuata durante l'esplorazione trascinerà i suoi effetti sulle correnti d'aria. In genere bastano pochi sassi, o provvisoriamente qualche tavola di legno, per rendere completamente innocuo il nostro transito. Comportiamoci quindi come esigiamo che si comporti chi gestisce le "grotte turistiche".

#### Lo svuotamento dei sifoni.

Nel corso delle esplorazioni gli speleologi si trovano spesso di fronte ad un sifone: per molti, ma non per tutti, questo rappresenta "la fine della grotta". Le alternative possibili sono tre: o si torna indietro, o si ricorre alla collaborazione degli speleosub, oppure si svuota il sifone.



niche e gli strumenti per le “ospedalizzazioni” in grotta, gli allargamenti vanno graduati non sulle possibilità tecniche di eseguirli ma sulle esigenze del ferito.

Il CNSAS e le Federazioni Speleologiche Regionali hanno la responsabilità di indicare quali sono particolarmente pericolose per chi ci si infila e per le caratteristiche di frequentazione di quella grotta; si concentrino lì le eventuali esercitazioni di disostruzione. Per le esercitazioni di funzionamento delle tecniche si usino, viceversa, le cave.

### 2.3. Le asportazioni

*Nulla della Natura vale la pena di collezionare in casa tua: i “reperti” esposti sul mobile di salotto perdono irrimediabilmente la loro bellezza, così come la grotta da cui provengono.*

Lasciamo intatti i depositi archeologici e paleontologici, i concrezionamenti, le mineralizzazioni e la fauna presente. Poiché ci occupiamo di documentazione del mondo sotterraneo possiamo fotografarli e rilevarli sommariamente per segnalare la presenza agli enti e autorità competenti per quel settore (Società Speleologica Italiana e Istituto Italiano di Speleologia, Soprintendenze, Musei, Comuni, Carabinieri ecc.). Le fotografie sono le uniche cose

che possiamo (anzi, dobbiamo...) portare via in gran quantità, ma facciamo attenzione nel prenderle e, ovviamente, portiamo all'esterno tutti i rifiuti conseguenti (scatole, pile, bulbi, ecc.).

Per le eventuali analisi mineralogiche di speleotemi e per la determinazione di specie che si suppongono non studiate basteranno o pochi grammi di minerale ben campionato, o un mirato campionamento faunistico, prelievi che solo specialisti di settore sanno eseguire correttamente.



### 2.4. Danni biologici

*Uccidi solo il tempo (se proprio ritieni che quello che hai sia molto...).*

Occorre considerare la grotta come un ambiente biologicamente (*biotopo*) molto fragile, ricordiamo che le forme di vita in genere sono microscopiche e delicatissime.

Evitiamo il calpestio dei depositi di guano, sono l'unico “pascolo” disponibile per molti animali.

Non disturbiamo il riposo dei nostri sacri animali totemici, i pipistrelli (in particolare durante il letargo), producendo rumore e illuminazione violenti ed inutili: il consumo energetico impiegato da un pipistrello per svegliarsi anticipatamente dal letargo invernale ridurrà di molto le sue scorte energetiche con grave pericolo per la sua sopravvivenza.

Dobbiamo per questo evitare la visita di cavità frequentate da colonie di pipistrelli: hanno già troppi guai e uno degli impegni degli speleologi è proteggerli, non infastidirli.

Non abbandoniamo mai trappole con cibo: la raccolta della fauna deve essere assolutamente limitata solo a quegli esemplari da destinare alla determinazione specialistica e solo nell'ambito di specifiche ricerche scientifiche.

### 2.5. Etica e deontologia speleologica: proposte

La montagna delle grotte è di tutti, noi che cominciamo a conoscerla dentro abbiamo qualche diritto ma anche molti doveri in più! è dovere di ogni speleologo cosciente e responsabile prevenire e correggere ogni danneggiamento alle grotte e alle riserve idriche che racchiudono. Tramite le commissioni ambientali degli organismi speleologici nazionali (SSI e CAI) è possibile che le situazioni di degrado riscontrate vengano risanate ed i responsabili individuati e puniti.

Quali regole etiche e deontologiche proponiamoci di:

1. prevenire i danni all'ambiente facendo attenzione alla fiamma del casco: spegnendola per tempo, all'esterno, si evitano pericoli di incendio; spegnendola per tempo, all'interno, si evita l'annerimento delle salette concrezionate;
2. le grotte di media e bassa quota si aprono spesso in terreni di proprietà privata: occorre intrattenere rapporti cordiali con i proprietari e i conduttori, tenendoli al corrente delle attività che si svolgono nel sottosuolo e donando loro copie del materiale frutto delle esplorazioni (fotografie, rilievi ecc.);



3. evitare di arrecare danni alle coltivazioni adiacenti gli ingressi;
  4. richiedere autorizzazioni al passaggio ogni qual volta è possibile, rispettando scrupolosamente le disposizioni dei proprietari o degli Enti di gestione dei Parchi o Riserve Naturali;
  5. divulgare sempre la particolare dinamica e vulnerabilità degli acquiferi carsici avvertendo della loro particolare capacità di accumulo di inquinanti, della incapacità di autodepurazione e delle possibilità di restituzione in massa (concentrata) degli inquinanti accumulati al fine di far conoscere le possibili gravi compromissioni della potabilità delle captazioni di acque.
  6. evitare di pubblicizzare la scoperta di una nuova grotta prima che siano state prese le necessarie misure di protezione: si eviterà di attirare eventuali curiosi (inesperti ed esposti a rischi di incidente) e di raccoglitori clandestini di concrezioni, mineralizzazioni, fauna o altro, che probabilmente danneggerebbero irrimediabilmente l'integrità della grotta appena scoperta;
  7. attribuire grande importanza all'educazione ecologica fornita dai corsi di speleologia e nella formazione delle guide del turismo speleologico;
  8. fornire al turista sotterraneo ogni informazione utile alla comprensione della importanza della conservazione del patrimonio ipogeo e degli acquiferi carsici;
  9. evitare l'eccesso di ripetizioni, anche se le grotte più delicate sono quelle che ci attirano di più; evitiamo in assoluto le esplorazioni con gruppi troppo numerosi; riserviamo ai corsi di speleologia le grotte meno delicate;
  10. evitare il calpestio inutile, in ogni caso, sempre e ovunque, anche in ambienti vastissimi; per far questo si possono creare sentieri visibili, ad esempio con una semplice fettuccia di cotone rosso appoggiata al suolo, per passare tutti sul medesimo percorso e limitare arealmente i danni conseguenti.
- Se avessimo già seguito queste regole avremmo tanti chilometri di grotte ancora pressoché intatte dopo migliaia di visite speleologiche e avremmo migliori rapporti con le popolazioni del luogo; se non si comincerà a farlo continueremo a lamentarci, di fatto, di noi stessi.

### 3. IL DEGRADO PRODOTTO DAL TURISMO SOTTERRANEO

L'adattamento turistico delle grotte è ciò che permette l'irruzione del mondo "esterno" nel "nostro" mondo. Le grotte turistiche non sono certo tra le principali cause del degrado del territorio e se ben gesti-

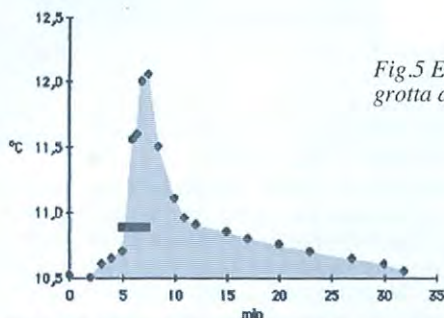


Fig.5 Esempi di alterazione della temperatura di grotta al passaggio di un gruppo di turisti

Diagramma della temperatura dell'aria misurata nella grotta di Remouchamps (Belgio) in corrispondenza del passaggio (presso il Boudoir des Fées) di un gruppo di 87 turisti (tratto nero) (da: Merenne-Schuuraker, 1975, fig. 3-f, ridisegnato).

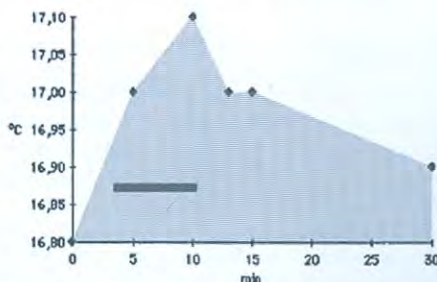


Diagramma della temperatura dell'aria misurata nelle Grotte di Castellana in corrispondenza del passaggio (nel Corridoio del deserto) di un gruppo di 105 turisti (tratto nero). (da: Cigna, 1988, fig. 2., ridisegnato)



te, possono diventare un insostituibile mezzo di conoscenza, e quindi di conservazione, dell'ambiente carsico nel suo insieme. Il "sacrificio" della naturalità di una cavità può ripagare ampiamente in termini di conoscenza dell'ambiente ipogeo da parte di un ampio pubblico, facilitando l'opera di conservazione dei valori ambientali del territorio carsico nel suo insieme. La conoscenza è il presupposto fondamentale per la difesa collettiva della natura.

Studiando, abbiamo compreso che chiunque visiti una grotta può introdurre un inquinamento termico, chimico e biologico. Il calore emanato tende a rialzare la temperatura (fig.5), la produzione di CO<sub>2</sub> può incrementare i livelli naturali fino a limiti di guardia per la stessa salute dei visitatori.

Ancora da studiare, perciò difficile da controllare, è l'inquinamento biologico: ogni visitatore è avvolto da una "nube" di polvere (composta di batteri, spore di alghe, licheni e muschi, particelle di pelle, peli, capelli, particelle di tessuto provenienti dallo sfregamento dei vestiti, ecc.) che costituisce una consistente introduzione, sia organica sia inorganica, che finisce per depositarsi in parte sulle concrezioni come neoformazioni grigiastre. Le spore introdotte attraverso questo meccanismo possono in seguito svilupparsi in vicinanza delle fonti luminose, se esse non sono sistemate correttamente oppure emettono luce con uno spettro utilizzabile per la fotosintesi clorofilliana. Questa "polvere" e le "fioriture vegetali" rendono a volte necessario "lavare" con getti vaporizzati le parti concrezionate delle più frequentate grotte turistiche. L'impatto ambientale dei singoli turisti, l'abbiamo spiegato in precedenza, ha modi analoghi a quello degli speleologi: diminuito per la (normalmente) breve permanenza in grotta, ma aumentato per il numero enormemente superiore di visite. D'altra parte, in genere, il danneggiamento del "bene grotta" non comporta un danno diretto al singolo speleologo, mentre danneggia direttamente il gestore nel caso di grotte turistiche. Per questo, spesso, è più alta l'attenzione protezionistica dei gestori di grotte aperte al pubblico che degli speleologi disattenti. In linea di massima possiamo affermare che:

1. l'esplorazione di una grotta implica sempre un suo adattamento, anche se parziale (chiodature, messe in sicurezza ecc.);
2. gran parte degli attrezzamenti speleologici delle grotte devono essere considerati alla stregua di adattamenti di "ordine zero" dell'ambiente;
3. gran parte degli speleologi deve essere considerata "turista", perché le esplorazioni geografiche riguardano solo una piccola percentuale del tempo impiegato sottoterra dagli speleologi.

La Società Speleologica Italiana ritiene che l'impatto dell'attività speleologica debba soddisfare gli stessi requisiti richiesti ai gestori delle grotte per gli adattamenti turistici di "ordine superiore", che sono:

1. la non alterazione irreversibile dei parametri fisici-chimici-biologici di grotta rispetto a quelli riscontrabili nella situazione naturale precedente all'adattamento turistico;
2. la non compromissione irreversibile del paesaggio interno ed esterno alla cavità mediante opere infrastrutturali distruttive e impattanti;
3. una corretta opera di informazione e di educazione ambientale da parte di guide professionali;
4. la conservazione del bene naturale deve essere anteposta ad ogni altra considerazione di carattere economico nella gestione del bene turistico speleologico, affidandosi a comitati scientifici di controllo di livello nazionale e internazionale;
5. una parte degli utili di gestione provenienti dallo sfruttamento del bene naturale carsico devono essere investiti nella ricerca e in opere di salvaguardia ambientale.

In pratica, con l'insieme di queste regole, la Società Speleologica Italiana intende proteggere le grotte sia dagli speleologi disattenti sia dagli adattamenti turistici ad alto impatto. In questo senso, c'è completa identità di obiettivi fra la speleologia moderna e gli adattamenti turistici a basso impatto ambientale.

### 3.1. Speleologi e grotte turistiche

Il mondo speleologico non vede quasi mai di buon occhio l'adattamento turistico di una grotta perché solitamente questa si ispira a concetti di fruizione di massa che, oltre alla perdita di "naturalità" dell'ambiente ipogeo interno ed esterno, possono portare al suo degrado e spesso alla sua compromissione.

E' ovvio che questo atteggiamento di rifiuto da parte degli speleologi si origina da speculazioni ed errori presenti e passati. Ma, analizzando un po' più attentamente la questione, i problemi ambientali indotti dalle grotte turistiche si rilevano in poche decine di cavità: questo tipo di strutture in Italia rappresentano solo lo 0,3% ca. delle cavità naturali attualmente conosciute.

Va rilevato anche che il turismo sotterraneo coinvolge circa 2.5 milioni di persone all'anno solo in Italia, fornisce un cospicuo introito finanziario e rivela, di fatto, un potenziale interesse naturalistico specifico assolutamente da non trascurare (fig.6).

Nel mondo la situazione è analoga: sono circa 700 (180 solo negli Stati Uniti) le grotte turistiche con flussi superiori a 50.000 visitatori/anno, da cui possiamo stimare che almeno trenta milioni di persone all'anno vengano avvicinate al mondo sotterraneo. Queste grotte diventano di fatto delle infrastrutture turistiche dove il rendimento della "azienda grotta" deve coesistere con la conservazione del bene che è alla base di questo rendimento.



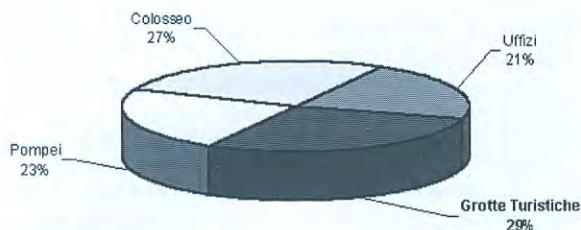


fig. 6 Distribuzione del flusso turistico in Italia nel 1998 (da: fonti RAI, 1999)

Parallelamente a questo afflusso esiste una sempre più folta schiera di appassionati speleo (che, per il fatto di indossare casco e tuta variopinta, non sono poi, spesso, tanto meno pericolosi di vocianti turisti) percorre in lungo e in largo sempre i soliti sentieri sotterranei di grotte "non turistiche". Per restare nel nostro paese, diciamo che se i 10.000/12.000 speleologi italiani distribuissero omogeneamente la loro attività nelle oltre 32.000 cavità conosciute (iscritte al catasto nazionale delle grotte), il danno ambientale relativo sarebbe pressoché ininfluenza. Sappiamo che di fatto non è così: ci sono grotte, in ogni regione italiana, consumate ripetizione dopo ripetizione, con danni conseguenti a volte gravi e irreversibili.

### 3.2. Il monitoraggio preliminare all'adattamento turistico

Allo scopo di studiare la dinamica del sistema si deve provvedere all'installazione di centraline di controllo ad acquisizione automatica e registrazione continua, poste in punti ben scelti, per registrare l'andamento giornaliero e stagionale dei principali parametri ambientali quali la temperatura, l'umidità, la concentrazione di anidride carbonica, la conducibilità delle acque.

Può risultare di particolare importanza il rilievo della velocità e del flusso delle masse d'aria messe in relazione all'andamento delle temperature esterne e degli altri fattori climatici locali. Queste ultime misure sono oggi relativamente facili da eseguire, grazie alla disponibilità di termo-anemometri digitali, portatili, sensibili anche alle piccole correnti d'aria. Alla fine di un ciclo di misure della durata minima di un anno, si ha un'idea dell'andamento del clima sotterraneo; si può così stabilire la "capacità ricettiva" del sistema definendo il massimo spostamento tollerabile di uno dei parametri caratterizzanti l'ambiente dai suoi valori normali senza che questo ne subisca danni permanenti.

Il dato sarà di riferimento per i monitoraggi che dovranno essere effettuati durante le opere di adattamento (fase di cantiere) e la definitiva apertura al pubblico (fase di gestione).

Per dimostrare quantitativamente la rilevanza del problema analizziamo un esempio pratico: quello delle Grotte di Castellana in provincia di Bari, una fra le più importanti e antiche grotte turistiche italiane. Confrontando l'andamento della temperatura dell'aria tra le misure effettuate negli anni 1958-59 con quelle del 1982, Forti e Cigna (1983) rilevarono un generalizzato aumento complessivo di circa 3 °C (fig.7), mentre le variazioni naturali al mutare delle stagioni erano sostanzialmente trascurabili ( $\pm 0,02$  °C). L'aumento considerevole dei valori non era certo legato a fluttuazioni naturali ma doveva essere imputato ad un non corretto sfruttamento turistico dell'ambiente.

Assumendo i valori di volume, densità e calore specifico dell'aria delle grotte di Castellana, risultò che la quantità di calore necessaria per innalzarne di 3 °C la temperatura era di circa  $0,4 \cdot 10^9$  J.

Le cause di tali alterazioni potevano essere quindi ricercate nell'illuminazione elettrica (che a lato di una potenza di impianto di complessivi 105 kW introduceva nell'ambiente  $690 \cdot 10^9$  J all'anno).

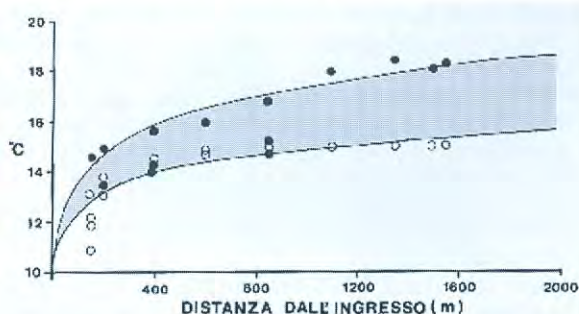


fig.7 Andamento delle temperature dell'aria nella grotta di Castellana. I cerchi si riferiscono alle misure effettuate nel 1958-60 (Mongelli, 1961), mentre i punti si riferiscono alle misure effettuate nel 1982 (Forti & Cigna, 1983)(da: Cigna, 1988, fig. 3; ridisegnato)



Un'altra fonte di calore era sicuramente quella dei visitatori. Una persona che cammina emana circa 170 W che, rapportati ad una durata di visita di 80 minuti, corrispondono ad un'energia ceduta all'ambiente di  $0,8 \cdot 10^6$  J. Considerando che nell'intervallo fra le due misure si erano contati 6.690.000 visitatori ci si assestava su un rilascio totale, nel periodo indicato, di circa  $5 \cdot 10^{12}$  J. Un'altra fonte poteva essere cercata nell'immissione di aria calda dall'esterno ad opera di un pozzo di aerazione costruito nel 1967; non erano disponibili i dati di funzionamento ma era assai probabile che fosse poco determinante poiché l'isoterma media annua di Castellana si aggira attorno ai  $16^\circ$  C, vicina alla temperatura della grotta.

Gli apporti di calore dovuti all'illuminazione e al numero di visitatori erano perciò molto maggiori dell'energia necessaria ad aumentare la temperatura dell'aria interna di  $3^\circ$ C: la perturbazione ambientale doveva dunque essere dovuta a loro (occorre notare come, nel corso degli anni, si instauri un equilibrio tra aria della grotta e roccia in cui si apre: l'effetto "volano" di quest'ultima riporterebbe in parità il bilancio termico del sistema).

Confrontando i dati della temperatura con il numero di visitatori/anno, che è passato da centomila del 1958 ai quattrocentomila del 1982, Cigna (1989) concluse che la capacità ricettiva andava compresa fra questi due valori, e che inoltre era opportuna la sostituzione delle lampade esistenti con altre a luce fredda e che doveva essere ulteriormente parcellizzato l'impianto. A distanza di un decennio e solo grazie al proseguimento del monitoraggio in grotta, la speleologia potrà (quando saranno presentati i dati decennali) trarre conclusioni circa l'utilità degli interventi adottati in questo lasso di tempo dall'ente gestore.

### 3.3. Criteri generali per adattamenti turistici rispettosi dell'ambiente carsico

Ogni grotta attrezzata, anche minimamente, per la visita turistica deve essere costantemente controllata: l'andamento dei parametri registrati in continuo viene messo in relazione ai flussi di visita e all'andamento dei parametri climatici esterni.

Le variazioni di temperatura legate al rilascio di calore dei visitatori e dell'impianto di illuminazione devono risultare assorbite dall'ambiente, senza provocare alterazioni delle condizioni naturali della grotta nel tempo. È evidente che le eventuali alterazioni registrate dovranno essere compensate da una diminuzione dell'energia immessa: minore calore da illuminazione, minore calore dai visitatori.

In grotte a basso flusso d'aria l'andamento della  $CO_2$  deve essere attentamente controllato; infatti se si assume che un individuo ne emetta 2 litri al minuto e si considera una durata media di visita di un'ora, considerando anche il contemporaneo consumo di ossigeno, in piccoli volumi d'aria si può arrivare ben

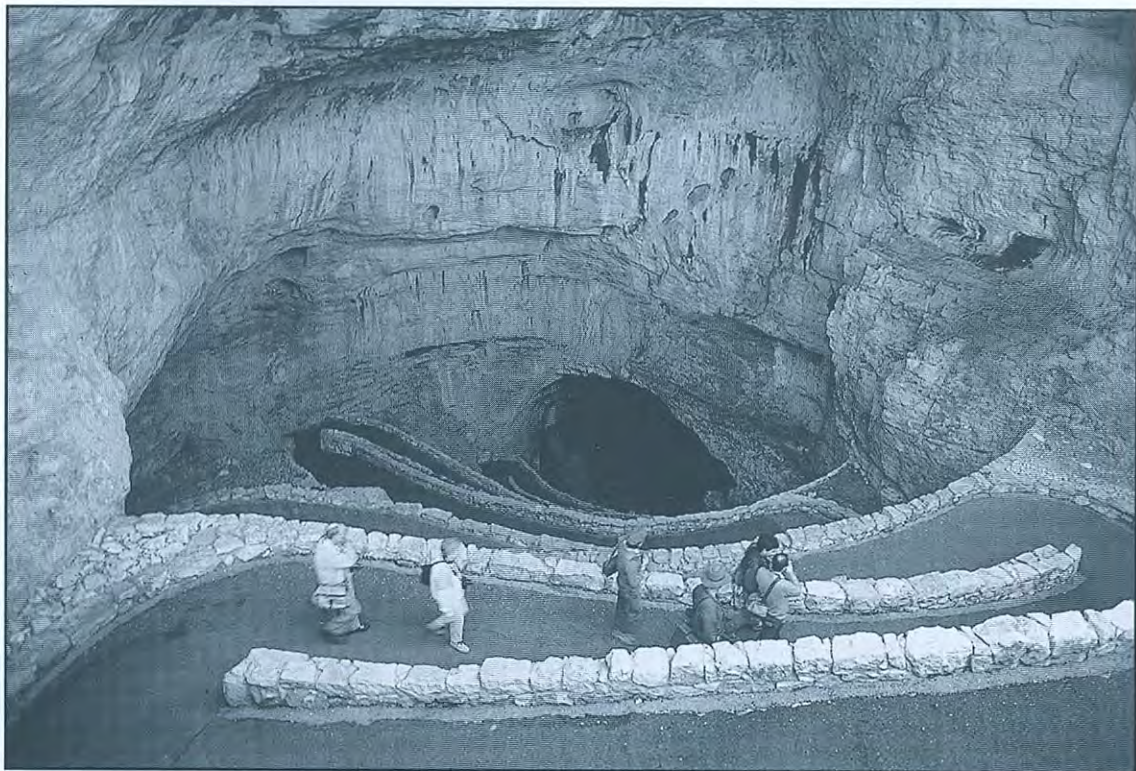


fig. 8 Percorso di accesso turistico al sistema sotterraneo delle Carlsbad Cavern's (New Mexico-USA). Foto Mauro Chiesi



presto a concentrazioni assai elevate che non sempre il sistema riesce a smaltire in tempi brevi. In particolari casi, la presenza di fonti endogene di CO<sub>2</sub> può elevare la concentrazione fino alla soglia limite di abitabilità del 4%. Questo scompenso potrebbe inoltre significativamente influenzare il delicato equilibrio fra condizioni di concrezionamento e corrosione a favore di quest'ultime innescando, al limite, fenomeni di corrosione delle concrezioni.

Da tutto quanto è stato spiegato diventa chiaro che è indispensabile che l'ente che gestisce la grotta turistica includa in sé una commissione tecnico-scientifica, come quelle già operanti in alcune delle esperienze più evolute di grotte turistiche e di Parco Naturale a connotazione carsica (Parco dei Gessi Bolognesi, Riserve Naturali carsiche della Sicilia). A queste commissioni, composte da specialisti nominati dalle organizzazioni speleologiche nazionali e internazionali, va affidato il compito di analizzare i dati del monitoraggio ambientale e determinare conseguentemente le azioni di mitigazione dell'impatto prodotto dalle visite, oltre a promuovere e coordinare le necessarie condizioni per lo svolgimento di ricerche scientifiche specialistiche all'interno della grotta e nell'area carsica.

Il turismo di massa.

Sia all'esterno sia all'interno ci sono problemi da risolvere per l'adattamento turistico, ma comunque ogni azione ed ogni opera infrastrutturale deve rispondere ai requisiti di minimo impatto e reversibilità prima descritti (fig.8). Sta di fatto che la grotta non è una struttura isolata, ma una parte nascosta del paesaggio carsico, in questo ben integrata. La "visita alla grotta" non può prescindere da una visione del contesto di paesaggio in cui si trova. Il momento precedente all'entrata in grotta dovrebbe introdurre all'ambiente sotterraneo tramite la lettura dei tratti esterni del paesaggio carsico: sentieri didattico-naturalistici con tavole esplicative che introducano all'ingresso vero e proprio, lasciato nello stato più naturale possibile. Passare dal negozio di souvenir e/o dal bar direttamente in una galleria concrezionata tramite una porta di ferro aumenta l'errata sensazione di estraneità e di isolamento del mondo sotterraneo dall'ambiente che lo racchiude.

Relativamente alle sistemazioni interne per masse considerevoli di visitatori, la tendenza corretta è quella di optare per strutture a basso impatto, che possano essere facilmente rimosse qualora si decida di ritornare alle primitive condizioni (fig.9). Quindi niente colate di cemento, piuttosto passerelle metalliche assemblabili.

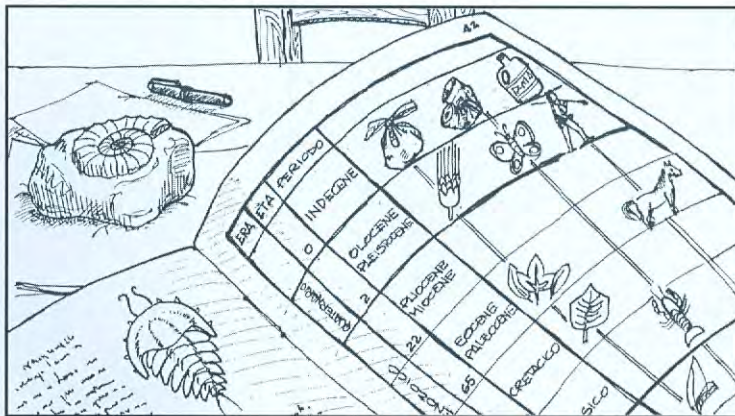
Il tipo di illuminazione deve essere calibrata sulla singola cavità in funzione della sua dinamica interna,



fig.9 Toilettes (maschili) attrezzate all'interno delle Carlsbad Cavern's (New Mexico-USA) nelle vicinanze degli "stores" e del ristorante sotterraneo. Foto Mauro Chiesi.



prima analizzata con il monitoraggio preventivo. In generale l'illuminazione dovrebbe preferibilmente orientarsi su lampade a scarica nei gas, a basso consumo e basso inquinamento termico, piuttosto che su quelle a incandescenza che presentano un maggior rilascio di calore. Le lampade a scarica nei gas presentano un'efficienza più elevata e spettri di emissione che non consentono lo sviluppo del processo clorofilliano limitando così lo sviluppo della cosiddetta "lampenflora" costituita prevalentemente da



alghe e muschi le cui spore sono inconsapevolmente introdotte in grotta proprio dalla massa turistica. Di contro questo tipo di illuminazione non permette accensioni e spegnimenti frequenti ed è conveniente lasciarla in funzione per tutto l'orario di visita. Nel caso di utilizzo di lampade ad incandescenza, dove non sussiste il problema dello spegnimento/riaccensione, può essere conveniente "parcellizzare" l'impianto sia per problemi di sicurezza che per illuminare tratti di grotta solo quando transitati da visitatori, limitando così l'apporto di calore.

Per quanto riguarda l'apporto energetico di una fonte di illuminazione basti pensare che, a soli 50 cm da un punto luce ad incandescenza da 1 kW, dopo pochi secondi dall'accensione la temperatura della roccia sale da 15° a più di 25° e l'umidità scende dal 90-100 % al 55-60 % e che, sempre a causa del riscaldamento, si innescano rilevanti correnti d'aria. Ciò induce rapidamente ad una sensibile alterazione locale del processo concrezionario, che di luogo in luogo può portare alla distruzione o alla neoformazione di speleotemi di chiara origine antropica.

Abbiamo già visto che le disostruzioni possono modificare la circolazione d'aria in una montagna: la cosa vale anche per le grotte turistiche, tanto più se vengono aperti nuovi ingressi.

Per questo, qualora si dovessero realizzare gallerie di accesso artificiali per agevolare il flusso-deflusso dei visitatori, si impone l'installazione di un sistema di porte stagne affinché il sistema non si perturbi nella sua circolazione. Vi sono due possibilità: un sistema di almeno 3 porte stagne (una di scorta) con camera di compensazione interposta; un sistema di "porte ad aria" ove un flusso laminare "forzato" d'aria, oltre a impedire gli scambi tra l'atmosfera esterna e quella di grotta, riesca a "lavare" i visitatori dalla polvere e dalle spore vegetali con un effetto "aspirapolvere".

## Il turismo speleologico.

In alternativa al turismo di massa si comincia a praticare il "turismo speleologico". In pratica si tratta di "adattare" il turista alla visita in sicurezza dell'ambiente sotterraneo piuttosto che adattare la grotta alle esigenze del turista; la visita deve avvenire sotto il costante controllo da parte di guide speleologiche allo scopo formate tecnicamente e culturalmente. È la forma più "speleologica" di accostarsi al mondo delle grotte: coinvolgente, istruttiva, immediata e rispettosa dell'ambiente.

Già alcune forme di turismo sotterraneo si sono orientate negli ultimi anni verso questa soluzione che, in termini di attrezzamenti permanenti, risulta la meno impattante. È il caso, ad esempio, della Grotta della Spipola (Bologna) e di Onferno (Rimini) dove, oltre a ricevere un equipaggiamento personale di tipo leggero, il turista viene accompagnato da guide di formazione culturale speleologica.

Alle grotte di Frasassi (Ancona), Su Mannau (Iglesias), alle Carlsbad Cavern's (New Mexico, U.S.A.), sono organizzate visite "speleologiche" oltre il percorso illuminato. Le attrezzature permanenti possono essere così ridotte al minimo e la grotta può essere visitata da un turista medio grazie a modeste facilitazioni infrastrutturali, per lo più dettate da motivazioni di sicurezza.

Proprio per le loro peculiari finalità di base, gli adattamenti di una grotta per il turismo speleologico non di massa non determinano alterazioni morfologiche rilevanti: la grotta è visitata per quello che è.

Sono evidenti le analogie con la pratica della speleologia esplorativa, con tutti gli impatti ambientali che la caratterizzano, però, ed occorre di conseguenza molta attenzione. In questo modo si offre la possibilità ad una più vasta utenza di accedere a punti altrimenti poco accessibili della grotta.

I turisti "speleologici" tuttavia debbono essere sempre guidati e istruiti con estrema attenzione, poiché alla lunga questo può indurre danni enormi alla grotta. Questo problema è già molto avvertito, ad esempio, nelle grotte di Frasassi: parti del percorso "non turistico" sono state ridotte in condizioni disastrose, in parte irrecuperabili, proprio dalle visite "speleo-escursionistiche" e, nel complesso, si può ragionevolmente affermare che il danneggiamento a quel meraviglioso complesso sia sfuggito di mano proprio nelle parti non attrezzate per il turismo di massa. Ottimi modelli di organizzazione e controllo dei danni deri-



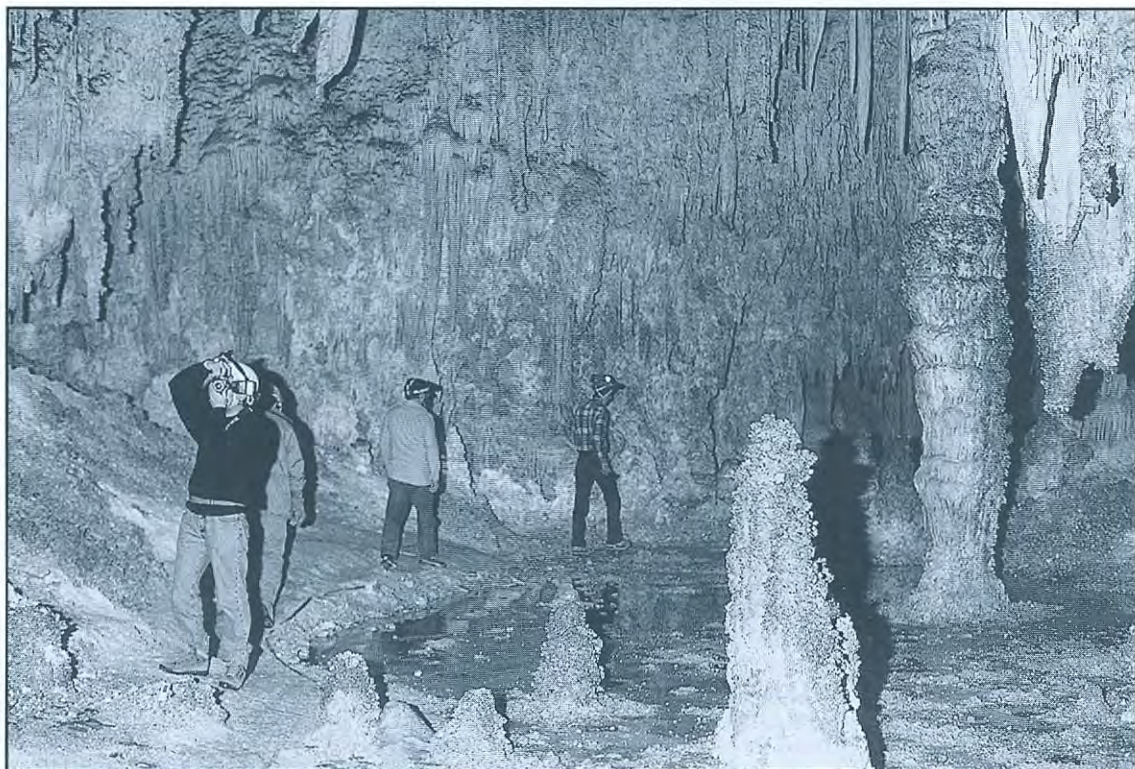


fig.10 Percorso speleo-escursionistico delle Carlsbad Cavern's. Si notino: la fettuccia indicatrice del percorso e, ai piedi del fotografo, un catarinfrangente di segna-via. Foto Mauro Chiesi.

vanti dallo speleo-escursionismo, sono da anni operanti, a titolo di esempio, alle Carlsbad Cavern's nel Nuovo Messico. Ogni gruppo speleo-escursionistico, sempre non numeroso, è accompagnato almeno da una guida speleologica locale (speleologi pagati dall'ente gestore la grotta, in questo caso un Parco Nazionale) che informa e fa rispettare le regole di base della visita:

1. non si entra con vestiario o calzature sporchi di fango;
2. si cammina solo ed esclusivamente in fila indiana, seguendo attentamente i segnali (amovibili) che sono posti sul terreno (fettucce colorate, piccoli segnali catarinfrangenti di colore bianco o verde per il senso di entrata e rosso per l'uscita);
3. non si abbandona mai, per nessun motivo, il percorso consentito;
4. nei passaggi più angusti si spegne obbligatoriamente la lampada a carburo;
5. si fotografa tutto quello che si può fotografare, ma solo dal percorso segnalato;
6. non si fuma, non si mangia, non si beve: così tutto ciò che con noi è entrato, con noi se ne esce (e se proprio non se ne può più, esistono luoghi attrezzati per ogni evenienza fisiologica!).

In questo modo, dopo alcune decine di migliaia di visite, la parte non turistica delle Carlsbad può essere vista da chiunque nelle medesime condizioni di come l'hanno vista i suoi primi esploratori. E non è poco (fig.10).

Nello stesso Stato, in pieno territorio desertico, nelle grotte di gesso permiano (splendide) è assolutamente vietato l'uso dell'acetilene. A noi europei, di primo acchito, potrebbe sembrare un eccesso assurdo. E' dopo avere visitato quelle grotte che abbiamo deciso di studiare seriamente i problemi che abbiamo discusso in questa dispensa (fig.11).

#### 4. CONCLUSIONI

Ogni forma di frequentazione dell'ambiente sotterraneo può provocare un'alterazione all'ecosistema grotta. Grotte turistiche incontrollate e speleologi disattenti arrecano danni consistenti ai sistemi ipogei: inquinamento e distruzione sono causati da ignoranza e sottovalutazione degli effetti conseguenti a determinate azioni.

Abbiamo cercato di mettere in luce alla scala di una grotta i fattori di degrado, le responsabilità, i possibili rimedi che ogni "uomo speleologico", turista o esploratore esperto che sia, deve adottare.

Per costruire una coscienza collettiva dell'importanza del rispetto e della salvaguardia dell'ambiente ipogeo, gli speleologi e le grotte turistiche devono acquisire e perseguire obiettivi comuni.



Gli speleologi possiedono e sviluppano tecniche, strumenti, organizzazione e diffusione sul territorio per studiare e documentare il mondo sotterraneo. Le associazioni speleologiche possono offrire alle società che gestiscono a fini turistici dei frammenti di mondo ipogeo: esplorazioni interne e selezione di motivi di interesse della grotta, consulenza su problematiche relative all'impatto sulla cavità, formazione del personale sui temi speleologici, pubblicità e divulgazione della grotta non come "cavità" ma come "forma" della montagna.

Gli speleologi stanno uscendo dalle grotte per spiegare cosa vi trovano.

Cerchiamo perciò collaborazione perché l'occasione della visita alla grotta turistica sia un momento di avvicinamento non tanto a "quella grotta" quanto, piuttosto, alla speleologia come disciplina di studio del territorio carsico e del mondo ipogeo in generale.



*fig.11 Stalattiti e colonne di gesso all'interno della Cristal's Cave nei gessi permiani del New Mexico (USA). In queste grotte, ad accesso regolamentato, è assolutamente vietato l'uso di lampade a carburo. Foto Mauro Chiesi.*

## **Ringraziamenti**

Questo lavoro nasce dagli appunti raccolti in anni di esplorazioni e amicizia con tanti speleologi come noi innamorati della purezza delle grotte, in tutto il mondo.

Un particolare ringraziamento, per le utili osservazioni e la correzione del testo, a Carlo Balbiano D'Aramengo, Alejandra Canedo, Arrigo A. Cigna, Maria Dematteis, Paolo Forti, Giuseppe Moro, Angelo Naseddu, Bartolomeo Vigna.

Disegni originali: Daniele Iori, tratti da SSI & CAI, 1989



ATTI DEL SIMPOSIO INTERNAZIONALE GROTTI TURISTICHE E MONITORAGGIO AMBIENTALE, 1995 (a cura di Cigna A.A.); Frabosa Soprana (CN), 1-389

BADINO G., 1998: *Fisica del clima sotterraneo*; Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia – 7 – serie II, Bologna: 1-137

CIGNA A.A., 1988: *La capacità ricettiva delle grotte turistiche quale parametro per la salvaguardia dell'ambiente sotterraneo. Il caso delle Grotte di Castellana*; Atti XV C.N.S., Gruppo Puglia Grotte-Comune di Castellana Grotte, 999/1012

HEATON T., 1986: *Caves. A tremendous Range in Energy Environments on Earth*. National Speleological Society News, August: 301-304

HUPPERT G., BURRI E., FORTI P. & CIGNA A., 1993: *Effects of tourist development on caves and karst*. in: P.W. Williams ed. "Karst terrains, environmental changes, human impact", Catena supplement, 25, 251-268

SSI & CAI, 1989 (a cura di Chiesi M.): *Problemi di inquinamento e salvaguardia delle aree carsiche*; Nuova Editrice Apulia, 1-142

SSI & CAI, 1990 (a cura di Chiesi M. e Panzica La Manna M.): *Prendete solo fotografie, lasciate solo (poche) impronte di stivali, uccidete solo il tempo, vademecum dell'etica speleologica*; Tipolitografia Bertani & C., Reggio Emilia, 1-16

Supporti didattici audiovisivi:

*LA PROTECTION DU MILIEU SOUTERRAIN*, 1985, Ministère de l'Education pédagogique (in collaborazione con F.F.S.), libretto con 24 diapositive e 2 audiocassette di commento automatico

*PROTEZIONE DELL'AMBIENTE CARSICO*, 1990, CAI & SSI, videoquaderno della collana "verde montagna" con testo e 48 diapositive





È ormai passato più di un quarto di secolo da quando, con il Manuale di Speleologia, edito dalla Longanesi, la speleologia italiana tentò di darsi un testo di riferimento complessivo sulla speleologia, intesa nei suoi vari aspetti di “discorso sul mondo sotterraneo”. Da allora le numerose scuole di speleologia in Italia hanno avvicinato al mondo delle grotte molte decine di migliaia di persone ma, stranamente, senza riprendere il progetto di dare un ausilio didattico completo a chi realizzava e seguiva i corsi.

In passato la Società Speleologica Italiana ha provveduto a coprire il settore più critico, quello delle tecniche di progressione sicura in grotta, con una serie di testi ma gran parte degli altri argomenti rimanevano totalmente scoperti.

Un paio d'anni fa il Direttivo ha deciso di rimettere mano al progetto, articolandolo in una serie completa di Quaderni Didattici. Lo scopo, naturalmente, era quello di fornire manualistica ai corsi tenuti dalla Commissione Nazionale Scuole di Speleologia della SSI, ma strada facendo ci siamo accorti che, più ambiziosamente, potevamo cercare di dare un'informazione dettagliata sul mondo delle grotte anche ad un pubblico ben più vasto, trattandone tutti gli aspetti: Geomorfologia e Speleogenesi, Rilievo, Speleologia in Cavità Artificiali, Impatto dell'Uomo sull'Ambiente, Tecniche di Base, Storia della Speleologia, Geologia per Speleologi, Clima, Reazioni a Emergenze, Primo Soccorso, Idrogeologia Carsica, Immagini, Documentazione, Organizzazione della Speleologia, Grandi Grotte del Mondo, Vita nelle Grotte, Riempimenti e altri in progetto.

Siamo sicuri che questa iniziativa sarà un passo importantissimo per una migliore conoscenza del mondo sotterraneo.



*La grotta di Antiparos (Grecia) in una incisione del XVII secolo.*