SOCIETÀ ALPINA DELLE GIULIE
SEZIONE DI TRIESTE DEL CLUB ALPINO ITALIANO

ATTI E MEMORIE

della

Commissione Grotte "Eugenio Boegan"

Volume XXV

1986

PUBBLICATO A CURA DELLA GROTTA GIGANTE

TRIESTE 1986

TUTTI I DIRITTI RISERVATI

Direttore responsabile: Franco Cucchi
Editrice: Società Alpina della Giulie-Trieste — Stampato presso Tabographis-Trieste
Autorizzazione del Tribunale di Trieste n. 333 del 7-12-1966
Trieste 1987

ATTI

Atti e Memorie della Comm. Grotte "E. Boegan"	Vol. 25	pp. 7-14	Trieste 1986

RELAZIONE DELL'ATTIVITÀ DELLA COMMISSIONE GROTTE «E. BOEGAN» NELL'ANNO 1985

DALLE RELAZIONI ALL'ASSEMBLEA ORDINARIA DEL 3 APRILE 1986

Egregi Consoci,

L'anno 1985 che si è da poco chiuso ha visto la nostra Commissione Grotte impegnata in numerose attività di cui verrà data dettagliata relazione. Permettetemi di riferirvi gli avvenimenti che hanno interessato la Commissione Grotte nel suo insieme.

Nel 1985 si è proceduto alle varie sistemazioni ed alla chiarificazione dei rapporti con la società e delle competenze soprattutto per il valido e continuo apporto dei soci della CGEB.

È stato risolto il problema della "Redazione" prendendo in affitto un vasto locale ove è stato trasferito tutto il materiale che riguarda le numerose pubblicazioni della CGEB e dell'Alpina. Il lavoro di sistemazione del locale e di inizio di invio del materiale non è ancora finito, ma possiamo dire che solamente per il grosso lavoro eseguito da nostri soci, è stata possibile questa realizzazione in tempi brevi: ai soci che si sono attivamente occupati un grazie ed un invito a voler continuare in questa preziosa attività per la valorizzazione di un patrimonio che ben poche società possono vantare.

Un'altra realizzazione è stata quella della riorganizzazione della "Biblioteca speleologica", ossia la catalogazione delle riviste e dei più interessanti libri di speleologia. Il lavoro è durato alcuni mesi con notevoli difficoltà di catalogazione in particolare per le riviste straniere.

La CGEB è rappresentata nel Comitato che collabora alla stesura di una proposta di legge organica in materia di tutela del patrimonio speleologico, di definizione di aree carsiche e di diritto della speleologia ad effettuare le sue ricerche sotterranee. È attraverso la SSI che verrà presentata al Parlamento questa proposta di legge ed anche qui il contributo che la CGEB ha dato e darà, è di primaria importanza.

Grosse novità si sono avute nel corso dell'anno sulle Leggi Speleologiche regionali con il passaggio di competenza all'Assessorato Pianificazione e Bilancio. Anche grazie alla nostra opera di sensibilizzazione sono stati elevati i contributi annuali per l'attività dei Gruppi Grotte Regionali e quello per il Catasto Regionale.

Abbiamo ancora ottenuto un contributo straordinario per la microfilmatura del Catasto Regionale e per l'acquisto di apparecchi di fotocopiatura.

Il Presidente è stato chiamato a fa parte del PANATHLON INTERNATIONAL, quale rappresentante per la speleologia; per meriti di studio e di ricerca nei campi del carsismo e della speleologia ha ricevuto a Gorizia il premio "San Benedetto Abate" 1985.

Il 20/7 con una semplice cerimonia, la CGEB ha voluto fare una commemorazione di Carlo Finocchiaro. È stata posta una corona al monumento dedicato ai caduti della speleologia alla Grotta Gigante, presenti i familiari del "Maestro", numerosi soci ed amici.

Grotta Gigante

Tra le molteplici attività della CGEB, la più impegnativa è indubbiamente la gestione della Grotta Gigante. Importanti e assai articolate sono state le attività connesse con questo polo turistico, divenuto nell'arco degli ultimi anni secondo solo al Castello di Miramare: al 31.12.1985 abbiamo avuto quasi 110.000 visitatori. Nonostante un forte calo nel mese di maggio del turismo scolastico, per le elezioni avvenute in molte parti d'Italia, la diminuzione nel turismo estivo a causa della stagione estremamente favorevole alla balneazione, e la chiusura per i lavori sull'impianto elettrico, possiamo dire che la stagione è andata bene. Ciò è dovuto in particolare alla capillare propaganda pubblicitaria, che da Grado a Venezia Lido interessa i turisti con manifesti murali, depliant pubblicitari, ecc.

Tra le manifestazioni pubbliche ricordiamo quella della Befana, che è alla seconda edizione: malgrado la giornata particolarmente fredda, sono intervenuti oltre 200 bambini, tanto che non siamo riusciti a distribuire regalini a tutti i presenti. Il nuovo coro della SAG ha allietato i presenti con canzoni natalizie e di montagna. Anche una buona edizione del nostro "gran pampel", coreografico intruglio, ha allietato gli adulti presenti. La stampa locale ha posto questa nostra manifestazione in buon risalto, considerandola come la più simpatica di quante altre sono state fatte in città per ricordare la Befana.

Anche qui ringraziamo i numerosi soci della CGEB che hanno partecipato a questa festa e che in vari modi hanno contribuito alla sua perfetta riuscita.

Il 14 aprile, come ormai è consuetudine, è stata fatta l'illuminazione pubblica, simbolico inizio della stagione turistica allietata dalla Banda dei Bersaglieri, Sezione Enrico Toti di Trieste, che dal piazzale di fondo della Grotta ha suonato, possiamo dire in continuazione, per ben 2 ore.

Il 7 maggio in occasione del corso di roccia organizzato dalla Brigata Alpina Julia e tenutosi in Val Rosandra con la collaborazione del CAI, abbiamo riservato nel pomeriggio la visita alla Grotta Gigante ad un centinaio di alpini.

Il 15 agosto si è svolta per turisti nazionali e stranieri, la consueta salita e discesa su sole corde dall'ingresso alto. Non si è avuto in quell'occasione un grande flusso turistico a causa dello scarso risalto dato alla manifestazione da parte della stampa locale, non sempre attenta alle nostre iniziative di promozione che, ricordiamo, interessano con la Grotta Gigante l'intero turismo locale.

Infine il 27 ottobre abbiamo tenuto l'illuminazione pubblica di "fine stagione", con un concerto della Banda Refolo che ha riscosso un notevole interesse.

Numerose sono state nel corso dell'anno le visite particolari alla Grotta Gigante; tra le tante ricordo le visite di soci del CAI di Treviso, della Società Amici dei Musei di Firenze, del Questore di Trieste con ospiti della polizia di frontiera jugoslava, di alcuni gruppi dell'Associazione Industriali di Padova.

Il 1985 ha visto l'inizio di importanti lavori riguardanti la sistemazione dei servizi per i turisti. Abbiamo intrapreso, con un contributo regionale, la costruzione di un corpo aggiunto alla palazzina, in cui hanno trovato posto i servizi igienici ed il locale caldaie, procedendo anche a lievi modifiche interne.

La sala di aspetto ha trovato posto nel Museo di speleologia, dove è stato sistemato anche un telefono pubblico. Quest'anno abbiamo anche occupato il corpo aggiunto al Museo, costruito a suo tempo dall'Osservatorio Geofisico su terreno di nostra proprietà. Nel locale è stato siste-

mato il materiale elettrico e quello pubblicitario e di vendita. La sistemazione definitiva del locale, previa una serie di lavori edili, è rimandata al 1986.

Verso la fine dell'anno abbiamo dato inizio, sempre con un contributo della Regione, al totale rifacimento dell'impianto elettrico, per l'adeguamento alle nuove norme di legge. Con il 4 dicembre abbiamo chiuso la Grotta alle visite turistiche per permettere all'impresa il grosso ed impegnativo lavoro del passaggio dei nuovi cavi dall'esterno allo sbocco della Galleria nella Grande Caverna. Dovendo lavorare in parete non si poteva permettere al pubblico di passare per le strette scalinate interne, con fango, sassi, cavi che ingombravano praticamente tutto il tratto iniziale della Grotta.

In merito alla programmazione e direi vocazione turistica della Grotta Gigante, quest'anno vi è stata un'importante novità. L'Azienda Autonoma di Soggiorno e Turismo di Trieste si è accorta finalmente dell'enorme interesse che riveste la Grotta Gigante nel complesso problema turistico triestino. Abbiamo avuto numerosi contatti con l'Azienda, con l'ufficio di promozione turistica della Regione ed ormai la Grotta Gigante è entrata di diritto a far parte di tutte le iniziative turistiche che riguardano Trieste e la sua provincia.

È stato pubblicato un libro sulla Grotta Gigante, opera di alto valore di immagine e di contenuto anche storico sulla Grotta e sul nostro Carso distribuita in tutta Italia.

Si sono avuti numerosi contatti con l'Azienda turistica di Portorose che gestisce le Grotte di San Canziano allo scopo di concertare una propaganda comune per condurre i turisti a visitare il Carso nella sua interezza, dalle Bocche del Timavo alla Grotta Gigante, a Lipizza e alle Grotte di San Canziano.

Ciò ha costituito stimolo per la nostra Regione, che ci ha assicurato finanziamenti per il completamento del sentiero alto in Grotta Gigante, in modo da "bilanciare" le iniziative turistiche che vengono fatte oltre confine.

Dopo diversi incontri con il Soprintendente si è concordato che la Soprintendenza per i Beni archeologici e storici, sistemerà definitivamente il materiale preistorico con pannelli illustrativi dei vari periodi che hanno interessato la presenza dell'uomo sul Carso dal neolitico in poi.

Infine abbiamo definito, con le Assicurazioni Generali e dopo lunga trattativa, tutto il problema dei premi assicurativi che riguardano la Grotta, la sede sociale ed i nostri rifugi, ottenendo perfino una riduzione del tasso assicurativo.

Questo il quadro, complesso ed assai articolato che riguarda la Grotta Gigante la cui gestione non è nè semplice nè facile. Desidero qui ringraziare calorosamente il nostro Delise che con spirito di grande sacrificio e di profonda dedizione alla Commissione segue il complesso conteggio delle varie gestioni e mia moglie che si occupa attivamente di tutti i problemi di promozione turistica riguardanti la Grotta.

Attività scientifica

Come consuetudine alcuni soci hanno cominciato, continuato o terminato, nel corso dei 12 mesi del 1985, le loro personali ricerche, sempre condotte sotto il benevolo e caritatevole sguardo dei sostenitori. D'altronde la ricerca impegna la Commissione stornando fondi pari a quelli stanziati per l'acquisto di carburo, quindi non si può pretendere troppo.

È terminato (5 anni!) l'iter di misura delle "piastrelle" appese, come biancheria ad asciugare, a Borgo Grotta Gigante per misurarne le perdite di peso: si tratta di una iniziativa che cerca di definire la carsificazione in base a studi "sul campo" e non "a tavolino".

I risultati sono stati presentati alle "Journèes Internationales sur l'èrosion karstique" tenutesi a Metz (Francia) a maggio. Nell'occasione si sono anche presentati i dati relativi ai primi 7 anni di pazienti misure con micrometro dell'abbassamento delle superfici per corrosione-erosione. Va detto che il nostro lavoro è stato molto apprezzato.

Con punti di misura nuovi, le indagini continuano e va segnalato che la metodologia (l'apparecchiatura è figlia di un altro nostro valente e paziente socio) è stata esportata presso l'Università di Padova. Infine si prevede riattrezzare la piazzuola per esperimenti alle spalle del monumento presso la Grotta per misurare la dissoluzione di rocce di altre regioni e Nazioni.

È terminato il ciclo di misure chimico-fisiche delle acque di gocciolio della Grotta Gigante: ora bisogna trovare chi con pazienza riordini i dati e li confronti, terminando quanto altri con modestia e disponibilità hanno fatto.

Continua la raccolta dei dati meteorologici, continuano le ricerche biospeleologiche, sempre lunghe e delicate, proseguono le ricerche storiche, folkloristiche, letterarie, bibliografiche. In questi campi alcuni soci sono divenuti ormai punti di riferimento di quanti si interessano a questi, forse bistrattati, temi della speleologia.

Si sta approntando una complessa attrezzatura per misurare le caratteristiche della circolazione dell'aria nella Grotta di Padriciano, si vorrebbe rifare un ciclo di misure alla Doria, si vorrebbe ampliare la tipologia di indagini alla Grotta.

È sempre più difficile tenere alto l'onore dei nosti illustri progenitori ed anche dei vari Tommasini, Forti, ...

Dal punto di vista della diffusione di dati, idee, ricerche, esperienze, all'inizio dell'anno abbiamo distribuito Atti e Memorie 22 (1983), antologia celebrativa del centenario, e verso la fine dell'anno abbiamo stampato Atti e Memorie 23 (1984), che giorni fa abbiamo spedito agli amici della Commissione.

L'ultimo volume, con lavori bio-geo-speleologici interessanti e validi (ed internazionali) ha subìto l'iter per l'acquisizione della "nuova sede" della Redazione, che solo ora inizia ad essere quasi funzionale grazie al costante impegno di alcuni ed all'aiuto occasionale, ma fondamentale, di pochi altri.

È stata data alle stampe ed è uscita una nuova "Guida della Val Rosandra" che precede nelle librerie di alcuni mesi il ponderoso volume sul "Vallone di Doberdò" ormai alla stretta finale.

Soci hanno pubblicato loro lavori su Riviste varie diffondendo in Italia ed all'estero ciò che nel campo della speleologia (scientifica e/o esplorativa) si va facendo.

Soci hanno partecipato a Simposi, Convegni, Congressi e riunioni regionali, nazionali ed internazionali, talora presentando comunicazioni, sempre conoscendo e facendosi conoscere.

Attività

"Messico": La spedizione velico-speleologica che ha visto impegnati quattro soci della Commissione si è svolta nel periodo ottobre 1984-maggio 1985. La parte velica prevedeva la traversata atlantica nei due sensi, quella speleologica l'esplorazione di zone carsiche sulla Sierra Gorda, nel Messico centrale. Interessati all'iniziativa erano oltre a noi due gruppi speleologici di Katowice (Polonia) il K.K.S. e l'A.K.S.I.A.

I risultati esplorativi stono stati più che buoni. Nella prima zona presa in considerazione, Cerro Alto, si sono rilevate 35 nuove cavità, spesso di scarso interesse. Nella seconda, Mirasoles, le cavità esplorate sono state 56, con la Hoya de Puleo profonda 375 m, la Cueva Negra 233, la Doña Casimira 140.

Copia dei rilievi è stata consegnata a Carlos Lazcano, curatore dei Catasti delle cavità per gli stati di San Louis Potosì e Queretaro.

Quale gita turistica si è scelto il Sotano del Barro, la verticale più profonda del mondo: un pozzo unico di 400 metri. Articoli dettagliati sono comparsi su Atti e Memorie, Progressione 14, Alpi Giulie, Alp n°4, nonchè sulla terza pagina del "Piccolo".

"Fuori zona": Sul massiccio del Canin gran parte dell'attività è stata dedicata alla ricerca di nuove cavità dopo la conclusione delle esplorazioni all'abisso "Fonda" e al fondo del "Davanzo" raggiunto passando dal "Gortani" attraverso i rami scoperti nel 1984. Accurate battute sono state effettuate nell'area di Sella Ursic, sul Pic Majot (ove si è rinvenuta una nuova cavità lunga e profonda una settantina di metri), a Pala Celar e Conca Prevala. 19 nuove cavità sono state catastate sull'altopiano del Poviz mentre gli scavi in cavità promettenti non hanno dato risultati degni di ricordo. Non ci si è arresi e sono previste nuove campagne di scavo nella "Buse d'ajar" dove per il momento siamo arrivati, disostruendo il cunicolo d'ingresso a circa 300 metri di gallerie e condotte forzate.

Invano abbiamo cercato una comunicazione fra "S20" ed "ET5"; fin troppo attivo si è rivelato il nuovo ramo del "Picciola" a -330; pressochè minime le possibilità di forzare la sala terminale del "Goriuda", raggiunta nuovamente da speleosub della Commissione dopo 15 anni.

È proseguito il posizionamento di precisione delle cavità: completata la zona a Sud del Col delle Erbe (Boegan, Prez, ET5, S20, ecc.), quasi finita quella a Nord (manca il gruppo di cavità attorno al "Vianello"), completata la zona Gilberti-Funivia-Bila Pec. Fra l'altro è stato sistemato un caposaldo su una balza del Col delle Erbe.

In zona Avasinis numerose sono state le uscite per disostruzioni disagevoli in cavità dei Piani di Grignes. Qui una cavità fa ben sperare, ma le speranze si infrangono sinora contro fango e fessure impraticabili. La chilometrica "Eolo" è stata molto studiata dai fotografi e turisti non "speleologi" con conseguente degrado ambientale, con lesioni ai materiali lasciati in grotta, il che ha costretto a disarmare certe vie rallentando le esplorazioni.

Nuove gallerie per circa 100 metri sono state scoperte nella "Risorgiva IV di Mineres"; ricognizioni e uscite presso Erto e a nord del Monte Zermula hanno portato ad apprezzare gli inconsueti panorami esterni, ma nessun panorama ipogeo, salvo un pozzo da 50 metri di franosità. Battute e brevi esplorazioni ci hanno portato sul Piancavallo e a rivisitare tra l'altro l'"Abisso del Monte Raut" e, con amici di altri Gruppi, alla "Genziana", al "Landri Scur" e sul Monte Cavallo di Pontebba.

Nutrita come sempre la serie di visite a scopo turistico-fotografico-speleologico in giro per il mondo: "Spluga della Preta", "Abisso dei Fulmini", "Antro del Corchia", "Grotta Marelli" (VA), "Pozzo della Neve" (beata Campitello Matese!), "Grava dei Gentili" (Alburno). Ma anche, ed in spirito di pura amicizia con amici speleologici di Sesana e Divaccia, la "Grotta di Corgnale", vecchi e nuovi rami della "Grotta delle Torri di Lipizza", la "Krizna Jama", l'"Umberto sotto Corona", il lago di S. Canziano, la "Stoicovich" ed altre.

Sono state visitate cavità in Ungheria, in Cecoslovacchia, in Grecia, in occasioni di raduni e gite.

Ancora nostri soci hanno visitato o esplorato altre cavità in varie località, come le grotte nei gessi del Bolognese e della Sicilia, come le grotte in territori carsici italiani (Rossano Calabro) ed esteri, non meglio definibili visto l'inqualificabile gesto di chi, professandosi amico della Commissione, si è autoinvitato per distruggere una trentina di pagine del nostro "Libro delle Relazioni" creando un triste precedente di sciacallaggio.

"In sede": delle oltre 500 uscite effettuate dai soci, oltre la metà è stata dedicata alla ricerca di nuove grotte e alla visita speranzosa di vecchie grotte del nostro Carso. A questa bisogna si sono dedicati giovani e vecchi, con il risultato di aver portato al Catasto 18 delle 45 nuove grotte iscritte per la Venezia Giulia. La più bella fra le scoperte è l'abisso "Figaro" (-86 per 52 metri di lunghezza), soddisfacienti gli ampliamenti in profondità o in diramazioni di altre come la "Grotta del Gas" e la 4116. Numerose le uscite alla 12 per sopralluoghi operativi; terminato il rilievo di precisione alla "Grotta di Ternovizza".

"Varia": al solito soci a ciò delegati hanno partecipato a numerose riunioni della Commissione centrale per la speleologia del CAI, della Federazione Speleologica Triestina.

Su invito dei vertici della SSI e con "nomination" della Commissione e della Federazione, un socio ha partecipato attivamente alle riunioni per la predisposizione della bozza della nuova Legge quadro speleologica.

Tanto per non restare con le mani in mano, da un lato si è avviato il riordino dell'archivio fotografico della Commissione (migliaia di pezzi, di cui alcuni risalenti all'altro secolo), dall'altro si è collaborato alla costruzione del sentiero 7A (Vedetta Liburnia) in occasione del Centenario della consorella sezione di Fiume.

Corsi

Il XX Corso di Speleologia, organizzato dalla Commissione e tenutosi dal 5 novembre al 10 dicembre, ha visto la partecipazione di 33 allievi. 5 uscite pratiche, 10 lezioni teoriche, proiezioni di diapositive e filmati hanno consentito agli allievi di accostarsi al nostro mondo. Tuttavia, il notevole "quantitativo" ha richiesto un impegno forse eccessivo, per cui nel futuro vorremmo orientarci ad un numero massimo di 20-25 allievi onde ottenere da un lato un livello accettabile di impegno per gli istruttori, dall'altro un corso che non sia basato su uscite tipo "turismo sotterraneo" a passo di corsa.

Nuovamente operativi per quanto riguarda il Corso di speleologia per il Collegio del Mondo Unito: lezioni pratiche e teoriche diluite nel tempo ed inframezzate da lunghi silenzi visti i notevoli impegni degli studenti: piacere di stare in mezzo a gente in gamba desiderosa di imparare da noi i segreti del nostro mondo carsico.

"Magazzino": a testimonianza di una intensa attività (anche di un notevole ... consumo) la Commissione tramite i suoi soci e simpatizzanti (c'erano anche i 33 allievi del corso), ha consumato circa 3 quintali di carburo.

Solamente 400 nuovi metri di corda da 10 mm sono venuti ad arricchire il parco, ma ricordiamo che più di 600 m da 9 mm erano stati acquistati alla fine del 1984.

È stato necessario incrementare il materiale in dotazione per i Corsi onde dare a tutti gli allievi attrezzature uniformi, si sono comperati 30 sacchi nuovi a sostituire quelli ormai rotti, rattoppati ed insicuri.

Certo è difficile fare "i conti" dei consumi annuali, visto che materiale va e viene, che non tutto se ne va contemporaneamente, ma si può calcolare indicativamente che la Commissione in un anno brucia da 2 a 3 quintali di carburo, consuma da 600 a 1000 metri di corde, smarrisce o deteriora 25 fra moschettoni e placchette, usura una ventina di metri di fettuccia e cordini, una decina di sacchi e una quantità imprecisata di materiale da armo: ciò è frutto di una mole attività non indifferente, varia, molteplice.

Dalle relazioni di:
Fabio FORTI, Pino GUIDI, Franco CUCCHI, Tullio FERLUGA, Maurizio GLAVINA

MEMBRI DELLA COMMISSIONE GROTTE «EUGENIO BOEGAN»
AL 31 DICEMBRE 1985

ALBERTI Antonio
ALBERTI Giorgio
BAGLIANI Furio
BASSI Dario
BENEDETTI Andrea
BENUSSI Benno
BESENGHI Franco
BIANCHETTI Mario
BONE Natale
BRANDI Edgardo
CALLIGARIS Francesco
CANDOTTI Paolo
CASALE Adelchi
CLEMENTE Edoardo
COLONI Giorgio
COSMINI Bruno
COVA Bruno
COVA Mario
CUCCHI Franco
D'AMBROSI Carlo
DEDENARO Claudio
DELISE Marcello
DIQUAL Augusto
DRIOLI Mauro
DUDA Sergio
DURNIK Fulvio
EMILI Giorgio
FARAONE Egizio
FEDEL Aldo
FERESIN Fabio
FERLETTI Ermanno
FERLUGA Tullio
FILIPAS Luciano
FOGAR Franco
FORTI Fabio
FORTI Fulvio
GALLI Mario
GASPARO Fulvio
GERDOL Renato
GHERBAZ Franco
GHERBAZ Mario
GLAVINA Maurizio
GODINA Mauro
GUIDI Pino
IVE Roberto
KEMPERLE Livio
KLINGENDRATH Antonio
KOZEL Adalberto
LANDI Sabato
LEGNANI Franco
MARINI Dario
MARTINI Maurizio
MARTINUZZI Susanna
MELATO Mauro
MICHELINI Daniela
MIKOLIC Umberto
NUSSDORFER Giacomo
OIO Bruno
PADOVAN Elio
PEROTTI Giulio
PESTOTTI Fabio
PEZZOLATO Paolo
PRELLI Roberto
PRIOLO Giorgio
PRIVILEGGI Claudio
PRIVILEGGI Mario
RAVALLI Riccardo
REDIVO Bruno
RICCIARDIELLO Roberto
SAVI Glauco
SAVIO Spartaco
SERRA Sergio
SOLLAZZI Guido
SQUASSINO Patrizia
STEFFÈ Ado
STOCCHI Mauro
STOK Adriano
TOGNOLLI Umberto
TORELLI Louis
TRIPPARI Mario
VECCHIET Stelio
ZACCARIA Sergio
ZAGOLIN Angelo
ZERIAL Mauro
ZORN Angelo
ZUCCHI Stefano

MEMBRI ONORARI

†MISTRON Bruno
PINELLI Dino
POLLI Silvio
SCATURRO Alberto
SIEBERT Gerald
TINÈ Sante

CONSIGLIO DIRETTIVO PER L'ANNO 1986
eletto dall'Assemblea ordinaria del 10 aprile 1986

FORTI Fabio	Presidente
FERLUGA Tullio	Vicepresidente
DELISE Marcello	Segretario
CUCCHI Franco	Consigliere
GASPARO Fulvio	Consigliere
RICCIARDIELLO Roberto	Consigliere
STOCCHI Mauro	Consigliere

INCARICHI CONFERITI DAL CONSIGLIO DIRETTIVO
(seduta del 7 maggio 1986)

DUDA Sergio MARTINUZZI Susanna	Bibliotecari
DURNIK Fulvio	Economo
FORTI Fabio	Direttore della Grotta Gigante
GASPARO Fulvio	Direttore Staz. Met. Borgo Grotta Gigante
MARINI Dario	Curatore del Catasto VG
GLAVINA Maurizio SOLLAZZI Guido	Magazzinieri
FERLUGA Tullio	Bivacco VDP
GUIDI Pino	Archivio storico

ATTI E MEMORIE

Direttore Responsabile: CUCCHI Franco
Redazione: CATTARUZZA Lorella, CUCCHI Franco, FORTI Fabio, GASPARO Fulvio, GUIDI Pino, MARINI Dario
Segreteria: TOGNOLLI Umberto

PROGRESSIONE

Direttore Responsabile: MARINI Dario
Redazione: FERLUGA Tullio, MARINI Dario, SERRA Sergio, TORELLI Louis, BAGLIANI Furio, STOCCHI Mauro

BOLLETTINO DELLA STAZIONE METEOROLOGICA DI BORGO GROTTA GIGANTE

Redazione: GASPARO Fulvio

BRUNO BOEGAN
(1901-1985)

Sessantacinque anni di speleologia

Una sorte benevola ha voluto che nella nostra lunga storia nessuno sia morto dentro ad una grotta, ma 103 anni superano oramai la durata fisiologica della vita umana ed ogni tanto per qualcuno arriva fatalmente il momento del congedo. Se queste morti volute dalle leggi naturali sono meno dolorose, esse causano un progressivo sfilacciamento dei legami con quel passato nel quale la Commissione Grotte ha posto le basi su cui è stato costruito il nobile e solido edificio dove siamo. Nessuna cronaca scritta per quanto puntuale può valere la testimonianza diretta di chi ha vissuto un'epoca ed è stato presente ad importanti avvenimenti, per cui la scomparsa dei nostri vecchi soci che hanno svolto la loro attività tra le due guerre lascia un senso di vuoto in chi ha avuto la fortuna di conoscerli e soprattutto di sentirli raccontare.

Il 3 dicembre 1985 se ne è andato anche Bruno Boegan, il "Nonno", che a vent'anni (1921) aveva cominciato a far speleologia con la Commissione presieduta dallo zio Eugenio;

Bruno Boegan, seduto al centro,
in un locale del Carso (inizio anni '20) (Arch. Comm. Grotte "E. Boegan")

suo padre Felice assieme al fratello aveva fondato nel 1892 il Club Alpino dei Sette, che due anni più tardi confluì nella Società Alpina delle Giulie, vitalizzando il gruppo grotte che fino ad allora non era stato in grado di affrontare le grandi verticali. Dapprima apprendista al fianco di Rodolfo Battelini — rilevatore e disegnatore abilissimo —, Boegan prese parte a tutte le campagne esplorative che avevano per campo d'azione gli inesauribili territori carsici della Venezia Giulia. Nella spartizione dei compiti oculatamente predisposta dallo zio gli era affidato il delicato settore delle pubbliche relazioni, ed in particolare i rapporti — non sempre facili — con gli "indigeni", conoscitori dei luoghi e delle cavità. Si occupava inoltre di ogni problema logistico, nonchè della parte topografica per il posizionamento delle grotte, data la sua preparazione in materia. Uomo di fiducia e d'ordine, non fu propriamente elemento di punta, ma scese comunque in molte grotte di rilevante profondità ed eseguì numerosi rilievi, soprattutto in Istria. All'arrivo di un gruppetto di giovani in gamba (1936 — Finocchiaro, Medeot, Gabrielli, Perotti) egli in un certo senso si fece da parte, ma le sue migliori qualità e l'attaccamento al sodalizio si videro nel momento critico che seguì la morte di Eugenio Boegan, coincidente con lo scoppio della guerra; nello sbandamento generale Bruno Boegan si adoperò per mettere in salvo i beni sociali, in primo luogo il Catasto grotte che già nel 1915 — confiscato dalla polizia austriaca — aveva subìto la perdita irreparabile del prezioso materiale raccolto nei primi anni. Al termine del conflitto egli radunò i pochi superstiti ed intraprese l'opera di ricostruzione della Commissione formulando un programma adeguato alla mutata situazione geopolitica nel quale aveva un ruolo prioritario la riapertura al turismo della Grotta Gigante; gli allori del passato sarebbero preso appassiti mancando le risorse finanziarie occorrenti per varare nuove iniziative, senza le quali la Commissione sarebbe stata un gruppo alla stregua degli altri sorti in quegli anni. Nominato presidente nel 1949, egli passò volentieri la mano nel 1953 al "giovane" Carlo Finocchiaro che alla fine della prigionia era tornato al gruppo, fornendo prova immediata di essere la persona destinata a dare

Bruno Boegan, il secondo da sinistra, agli inizi degli anni '30 (Arch. Comm. Grotte "E. Boegan")

continuità all'azione promotrice svolta da Eugenio Boegan per lo sposalizio tra speleologia e scienza. Gli restò la gravosa carica di direttore della Grotta Gigante — lasciata a malincuore nel 1975 — e un posto fisso nel direttivo, dove si esprimevano gli aspetti più coloriti di un carattere franco e battagliero. Gli spetta ancora il grandissimo merito di esser stato con noi nelle spedizioni più serie (Sciacca, Preta, Alburni, Polidori) tra il 1956 ed il 1962, ufficialmente addetto alla cucina, ma in realtà ancora sovraintendente al campo, nonchè bandiera e mito vivente, magari perchè scambiato con l'illustre parente. Allora ci sfuggiva il vero significato della sua presenza e mentre eravamo lieti della sua cucina, molto meno piacevano i frequenti rimbrotti — peraltro giusti — espressi in tono alquanto burbero. Nonno invece — e lo abbiamo capito molto dopo — voleva bene a noi ragazzi ed era orgoglioso di quello che facevamo a maggior gloria della "sua" Commissione; lo ricordo — oramai sessantenne — con i crampi alle gambe sull'erta della Schialute verso l'Abisso Polidori, l'ultima campagna cui prese parte, perchè sul Canin non potè venir più a respirare il clima delle grandi esplorazioni, con il camion militare carico di scale in marcia su strade bianche e sconosciute, come ai suoi tempi. L'immagine del vecchio che prepara il pranzo aspettando i nipoti fuori della grotta pare oggi quasi una fiaba, ma anche noi segretamente abbiamo desiderato di chiudere il ciclo diventando nonni, cuochi o almeno cantastorie di imprese che invece non sono più nè grandi nè eroiche e maggiormente ci dispiace di non saper essere come quei pochi che per servire la Commissione hanno trascurato le cose piacevoli della vita, senza averne alcun tornaconto. Per la sua dedizione, l'onestà e l'amore per la speleologia sia accolto anche Bruno Boegan nella galleria dei ritratti di famiglia e con lui forse la parete è completa.

Dario Marini

Pubblicazioni di Bruno Boegan

1944 - *Prima esplorazione della grotta termale del Monte S. Calogero di Sciacca in provincia di Agrigento* - Le Grotte d'Italia, s 2, 5: 131-135.

1949 - *Che cosa è la speleologia* - Alpi Giulie, 1949 (1): 41-42.

1950 - *Coordiniamo la speleologia italiana* - Alpi Giulie, 1950: 1-2.

1950 - *Relazione dell'attività 1949-50* - Alpi Giulie, 1950: 2-7.

1951 - *L'attività esplorativa della Commissione Grotte della Società Alpina delle Giulie* - Atti del V Congr. Naz. di Speleologia, Salerno 1951: 79-80.

1955 - *Esplorazione della grotta termale del Monte San Calogero di Sciacca 16-26 settembre 1942* - Kronion, 6: 176-177.

1957 (con L. Medeot) - *Relazione sulla I^a^ esplorazione effettuata dal CAI di Trieste nelle grotte vaporose del Monte Kronio* - Kronion, 1-2: 15.

1974 - *Due riusciti esperimenti di rabdomanzia (1913-1928)* - Mondo Sotterraneo, 1974/75: 129-123.

1983 - *Renato Crisman* - Progressione 11, 6 (1): 48.

1983 - *60 anni di ricordi* - Progressionecento, 1983: 53-54.

1983 - *Anche questa è storia. Malefatte della vecchia Commissione* - Progressionecento, 1983: 84-85.

1985 - *Eligio Gortan* - Progressione 13, 8 (1): 36.

1985 - *Ricordo di due amici. Orseolo Pieri e Oscar Marsi* - Progressione 14, 8 (2): 49.

MEMORIE

Atti e Memorie della Comm. Grotte "E. Boegan"	Vol. 25	pp. 21-59	Trieste 1986

ALFREDO BINI *, MIRCO MENEGHEL **, UGO SAURO **

PROPOSTA DI LEGENDA PER UNA CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGICA DELLE AREE CARSICHE ***

RIASSUNTO

L'opportunità di una legenda specifica per cartografare nel dettaglio gli elementi geomorfologici delle regioni carsiche è sottolineata dalla varietà delle carte geomorfologiche di aree carsificate finora apparse. Nei fatti, le legende generali delle carte geomorfologiche di dettaglio sono per alcuni aspetti incomplete e per altri non in grado di evidenziare certi peculiari caratteri delle aree carsiche.

La legenda qui illustrata è probabilmente non esaustiva: è proposta come una legenda aperta, che può essere integrata e dalla quale ognuno può scegliere i simboli più adatti da utilizzare. La prima parte di legenda è dedicata alle morfologie carsiche, con colore atto ad evidenziare il ruolo della morfogenesi carsica nelle aree studiate. Le diverse caratteristiche litologiche, elemento importante agli effetti del controllo degli stili morfologici, possono essere cartografate con colori o simboli appositi. L'ultima sezione riguarda gli elementi del paesaggio legati all'opera dell'uomo, con simbologia atta ad evidenziare l'importanza dell'impatto sui territori carsici dell'attività antropica.

ABSTRACT

The usefulness of a specialized legend for detailed geomorphological mapping in karst regions is indicated by the variety of symbols in the geomorphological maps of karst areas published up to now.

In fact the general legend for geomorphological detailed mapping is in some aspects incomplete and in other aspects not suitable to highlight certain peculiar characters of karst environments.

The present legend probably is not exaustive: it is proposed as an open legend which can be integrated and from which everyone whould be able to choose the symbols to use in their own area.

The first section of the legend is devoted to karst landforms (red symbols), to evidence the rôle of karst morphogenesis in the studied areas. The differences in lithology which are important too for the control of the landform styles, can be evidenced by light ground colours, or by screens. The last section is devoted to elements of human landscape to show the importance of man's impact in the karst environment.

---

* Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Milano.

** Dipartimento di Geografia, Università di Padova.

*** Lavoro effettuato nell'ambito della Sezione Carsismo e Speleologia Fisica del Gruppo Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia del C.N.R. Il presente lavoro è frutto della collaborazione e discussione tra gli autori; in particolare A. Bini e U. Sauro hanno curato la legenda geomorfologica, M. Meneghel ha curato il glossario.

Le carte geomorfologiche

Dopo l'ultima guerra mondiale la cartografia geomorfologica è diventata un metodo fondamentale ed insostituibile per la rappresentazione delle forme del rilievo e per la comprensione delle loro interrelazioni spaziali, genetiche e cronologiche in contesti regionali.

Diverse scuole hanno messo a punto legende di carte geomorfologiche generali o speciali. Talune legende sono state codificate ed illustrate in pubblicazioni specifiche, mentre altre legende sono il frutto di ben definite esperienze di rilevamento sul terreno ed accompagnano le relative carte.

Punto di incontro delle scuole impegnate nello sviluppo di questo metodo è stata la Commissione per la ricerca e la cartografia geomorfologica dell'U.G.I. che si è costituita nel 1968 ed ha svolto un intenso lavoro di approfondimento scientifico e metodologico mirante alla standardizzazione di legende geomorfologiche generali rispettivamente a piccola, media e grande scala (DEMEK, 1976).

Perchè una legenda geomorfologica delle aree carsiche?

Tuttavia nè la legenda della Commissione dell'U.G.I., relativa alle carte geomorfologiche di dettaglio, nè le altre sinora proposte, risultano pienamente soddisfacenti per i geomorfologi che operano nelle aree carsiche. Questo fatto è comprovato dalla constatazione che la maggior parte delle carte geomorfologiche di aree carsiche pubblicate negli ultimi anni, si discosta sensibilmente dalle legende codificate.

I motivi della scarsa praticità o dell'inadeguatezza delle legende generali nell'applicazione alle aree carsiche possono essere così riassunti:

1) la mancata elencazione di vari tipi di forme carsiche, che rende problematica una definizione ed un approfondimento adeguati dei caratteri del rilievo carsificato;

2) la separazione troppo rigida delle forme sulla base della genesi, che non tien conto del fatto che, in particolare negli ambienti carsici, la maggior parte delle forme sono poligenetiche (si considerino per esempio le forme fluviocarsiche, glaciocarsiche, carsico-periglaciali ecc.);

3) la mancata elencazione di aspetti morfodinamici fondamentali alla comprensione del contesto ambientale, quali i caratteri idrologici delle cavità, i percorsi delle acque sotterranee, ecc;

4) l'eccessiva pesantezza delle legende generali dovuta all'elencazione di un gran numero di forme, molte delle quali non si ritrovano frequentemente nelle aree carsiche.

Non va dimenticato che le aree carsiche rappresentano dei contesti morfogenetici singolari per la prevalenza dell'erosione chimica rispetto alle altre azioni erosive, per le modalità di circolazione dell'acqua e per la presenza di forme sotterranee spesso correlate dal punto di vista genetico e/o funzionale con quelle superficiali.

Si giustifica perciò la presente proposta di legenda geomorfologica per aree carsiche. Tale legenda non si propone quindi come alternativa alle legende generali, ma vuole rappresentarne piuttosto una ulteriore specializzazione finalizzata appunto alle carte geomorfologiche di aree peculiari come quelle carsiche. Essa tien conto delle esperienze già acquisite nel rilevamento geomorfologico di questi ambienti. Questa legenda non pretende inoltre di essere nè definitiva, nè di uso universale per tutte le aree carsiche del mondo, essendo il risultato di una maturazione metodologica relativa principalmente ad aree carsiche alpine s.l. delle medie latitudini.

Appunti sulla legenda proposta

La legenda è stata concepita per carte a grande scala (maggiore o uguale a 1:100.000) ed a grandissima scala (maggiore o uguale a 1:10.000). Essa va utilizzata su basi cartografiche monocromatiche di colore bistro chiaro comprendenti coordinate geografiche, curve di livello, idrografia, principali toponimi ed elementi topografici.

La legenda si limita ad indicare gli aspetti morfografici con l'aggiunta di alcuni simboli geologici e di simboli idrologici. I caratteri geo-litologici e geologico-strutturali possono essere indicati in vari modi a seconda della complessità delle problematiche morfostrutturali.

Tra le possibilità aperte suggeriamo:

— una base litologica (o litologico-formazionale) e strutturale di fondo con colori tenui per ciascuna formazione o gruppo di formazioni raggruppate per analogia litologica e con simboli neri per gli aspetti geologico strutturali;

— come sopra ma con i colori tenui sostituiti da retini grigio chiari di significato litologico (es.: vari tipi di retini a "mattoni" per i vari tipi di calcari), disposti in modo da indicare le direzioni degli strati e quindi da fornire un quadro strutturale complessivo (questo sistema, talora utilizzato dai francesi, pur risultando tra i più razionali, presenta l'inconveniente di una difficile leggibilità, in particolare nelle aree ove ai retini litologici si sovrappongono fitte curve di livello e molti simboli geomorfologici);

— disegno di carte litologiche e strutturali schematiche separate, a scala uguale o più piccola di quelle geomorfologiche.

A questo punto va sottolineato come le diverse litologie vadano distinte più sulla base dei caratteri di degradabilità delle diverse rocce e resistenza nei confronti dei vari agenti dell'erosione, che in base a criteri puramente sedimentologici.

Nell'ambito della legenda geomorfologica il primo gruppo di forme è rappresentato da quelle carsiche, per le quali viene utilizzato il colore rosso che ha la funzione di far risaltare gli aspetti connessi con il processo morfogenetico più tipico dell'area. Dopo i campi solcati, le doline, le cavità carsiche ed i polje vengono indicate con simbologie a più colori alcune forme di origine mista, nell'ambito delle quali tuttavia attualmente prevale la morfogenesi carsica. Seguono i simboli delle cavità distinte su base morfografica e/o funzionale, quindi i simboli dei depositi più comuni.

I simboli idrologici sono in gran parte derivati dalla legenda idrologica internazionale.

Ai pochi simboli relativi agli elementi geologico-strutturali (in nero) seguono quelli delle forme tettoniche e strutturali (in marrone), quindi quelli relativi alla morfologia di versante ed alla morfologia fluviale (in verde), alla morfologia glaciale (in viola), alla morfologia periglaciale (in rosa), ed alla morfogenesi antropica (in grigio scuro). Questi ultimi comprendono numerose forme utili alla rappresentazione e documentazione dei vari aspetti dell'impatto dell'uomo sull'ambiente carsico, oggi tanto importanti nell'ottica della pianificazione di questi territori.

Aspetti quantitativi interessanti possono essere indicati scrivendo in piccolo delle cifre accanto ai simboli. Così accanto ai simboli idrologici possono essere aggiunti:

a) una cifra in azzurro indicante la portata media del corso d'acqua o della sorgente;

b) una o più cifre in giallo ad indicare la temperatura media o l'intervallo di variazione della temperatura dell'acqua;

c) una cifra in rosso ad indicare la durezza totale media espressa in gradi francesi.

Come si vede nella legenda non si suggerisce l'uso di più tonalità di uno stesso colore per distinguere le forme attive dalle forme inattive, o le forme recenti dalle forme antiche, perchè questa separazione può risultare particolarmente problematica in ambiente carsico, soprattutto per quanto riguarda le forme carsiche superficiali. Tuttavia il quadro morfodinamico e morfocronologico può risultare ben delineato sia sulla base delle interrelazioni fra le diverse forme, sia dalla lettura di dati quantitativi relativi alle portate, temperature e durezze.

Il glossario

Per facilitare la lettura e l'uso della legenda è stato aggiunto un sintetico glossario dei termini di più difficile comprensione e di tutti i termini relativi al carsismo. Per questi ultimi, quando conosciute, sono state indicate le traduzioni in inglese (E), tedesco (D) e francese (F); "int." sta per termine di uso internazionale. Si tenga presente che non sempre i significati del termine in italiano e di quelli corrispondenti indicati nelle altre lingue sono perfettamente congruenti.

La spiegazione dei termini è stata compilata riprendendo le definizioni riportate nella letteratura e considerando l'uso corrente dei termini stessi: non sono state perciò eliminate alcune ambiguità di significato.

Per i termini slavi, che talvolta vengono usati nella letteratura internazionale, si veda: GAMS, 1973.

Gli autori si augurano di aver reso, con questo lavoro, un servizio utile a chi vorrà impegnarsi nella cartografia geomorfologica delle aree carsiche, base indispensabile per qualsiasi tentativo di intervento pianificato sul territorio.

Bibliografia

ANELLI F., 1956. *Proposte di nomenclatura italiana dei fenomeni speleocarsici. Carsismo superficiale e carsismo sotterraneo.* A cura della "Rassegna speleologica italiana", Como, 36 p.

AA. VV., 1982. *Cartes geomorphologiques de karstes typiques.* Association Francaise de Karstologie, 48 p., 9 carte.

BASHENINA N.V., GELLERT J.F., JOLY F., KLIMASZEWSKI M., SCHOLZ E., 1968. *Project of the unified key to the detailed geomorphological map of the world.* "Folia Geographica II", serie geographica-phisica, Polska Akademia Nauk, Cracovia.

BINI A., CAPPA G., 1974. *Proposte di simbologia per carte morfologiche ed idrologiche di aree carsiche a grandissima scala.* Boll. Assoc. Ital. Cartografia, 32/4, 179-199.

BÖGLI A., 1960. *Kalklösung und Karrenbildung.* Zeit. für Geomorph., Suppl. 2, 4-21.

CIGNA A.A., 1966. *Dizionario speleologico. Speleological Dictionary.* Dritter Internationaler Kongress für Speläologie, Kommission für Konventionelle Zeichen und Terminologie, Sonderdruck aus Band V, Wien, 147-159.

COMMISSION FRANCAISE DES PHENOMENES KARSTIQUES, 1965. *Vocabulaire francais des phenomènes karstiques.* Centre Régional d'Equipement et de Documentation Pédagogiques de l'Académie d'Orléans, 76 p.

DEMEK J., 1972. *Manual of detailed geomorphological mapping.* I.G.U. Comm. Geomorph. Surv. Mapp., Academia, Praga.

DEMEK J., 1976. *The geomorphological cartography: achievements and unsolved problems.* Boll. Soc. Geogr. It., 7/9, 349-364.

GAMS I., 1973. *Slovenska Kraska Terminologija.* Kraska Terminologija Jugoslovanskih Narodov, Knjiga 1, Zveza Geografskih Institucij Jugoslavije, Ljubljana, 76 p.

GÈZE B., 1973. *Lexique des termes francais de spéléologie physique et de karstologie.* Ann. Spéléol., 28, 1, 1-20.

JOLY F., 1971. *Legende de la carte geomorphologique detaillée de la France 1:50.000.* CNRS.

LEHMANN H., 1960. *La terminologie classique du karst sous l'aspect critique de la morphologie climatique moderne.* Rev. Géogr. de Lyon, 35, 1, 6 p.

NICOD J., 1972. *Pays et paysages du calcaire.* Presses Univ. de France, Paris, 244 p.

JENNINGS J.N., 1985. *Karst Geomorphology.* Basil Blackwell, Oxford and New York, 293 p.

PANIZZA M., 1972. *Schema di legenda per carte geomorfologiche di dettaglio.* Boll. Soc. Geol. It., 91, 207-237.

PERNA G., SAURO U., 1978. *Atlante delle microforme di dissoluzione carsica superficiale del Trentino e del Veneto.* Mem. Museo Tridentino di Sc. Nat., 22, n.s., 176 p.

SAURO U., 1975. *The geomorphological mapping of "Karrenfelder" using very large scales: an example.* Atti Int. Symp. on field research methods for karst denudation, ed. I. Gams, Ljubljiana, 189-199.

SAURO U., 1977. *Proposte per una cartografia morfologica a grandissima scala dei campi solcati (lapiés).* Studi Trentini di Sc. Nat., 54, Acta Geologica, 163-176.

SAURO U., 1979. *Morfologia carsica.* In: Castiglioni G.B. "Geomorfologia", UTET, Torino, 208-254.

SPIRIDONOV A.I., 1975. *Geomorfologicheskoie kartografovanya.* Nedra, Mosca, 183 p.

SWEETING M.M., 1972. *Karst Landforms.* Macmillian, London, 362 p.

TRIMMEL H., 1978. *Die Karstverbreitung und Karstgefährdungskarten Österreich im Massstab 1:50.000.* Wiss Heft Höhle 27, Wien, 112 p.

UNESCO, 1970. *International legend for hydrogeological maps.* UNESCO - IASH - IAH - Inst. of Geol. Science, London.

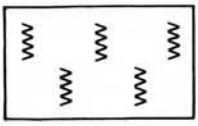
VERSTAPPEN H. TH., 1970. *Introduction to the ITC system of geomorphological survey.* KNAG Geografisch Tijdscrift, 4, 1, Amsterdam, 85-91.

a b

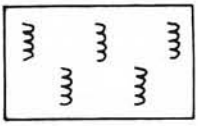
A FORME CARSICHE (in rosso)
KARST LANDFORMS (in red)

I CAMPI SOLCATI E KARREN
LIMESTONE PAVEMENTS AND KARREN

1 Campi solcati di tipo libero
Bare type limestone pavements

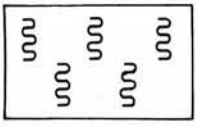


2 Campi solcati di tipo semilibero
Partly covered type limestone pavements

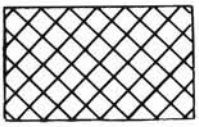


3 Campi solcati di tipo coperto
Subcutaneous limestone pavements

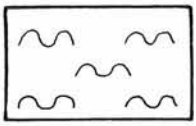
(a scale maggiori o uguali ad 1/10.000)
(for scales larger than 1/10.000)



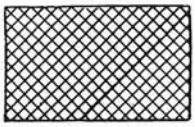
4 Campi solcati a crepacci
Grikes



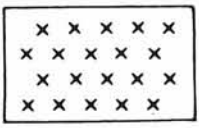
5 Campi solcati a Karren arrotondati
Rounded Karren



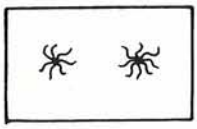
6 Grize
Shillow



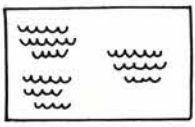
7 Campi solcati a Spitzkarren
Solution spikes



8 Karren a scannellature
Solution flutes



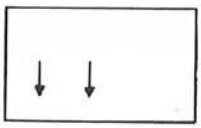
9 Superfici alveolate
Cockled and crinkled surfaces

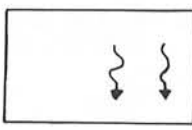


a b

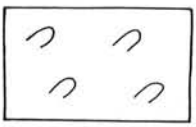
10 Campi solcati con solchi a doccia: a) rettilinei
b) a meandri

Solution runnels: a) rectilinear
b) meandering



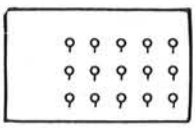


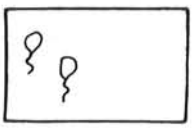
11 Campi solcati con Karren ad impronta
Heel-print Karren



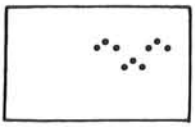
12 Campi solcati con vaschette di corrosione: a) piccole
b) grandi

Solution pans: a) small
b) big



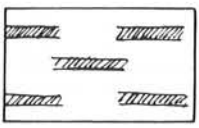


13 Campi solcati con fori
Cavernous Karren



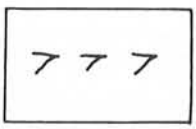
14 Crepacci di diaclase
True grikes

15 Crepacci di tipo trincea o bogaz
Grikes of trench type

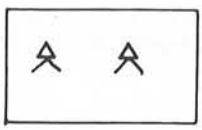


16 Incavi e nicchie del carso coperto
Solution hollows of the covered karst

17 Karren a denti di sega (lame dentate)
Sawtooth edges



18 Blocchi peduncolati
Perched blocks

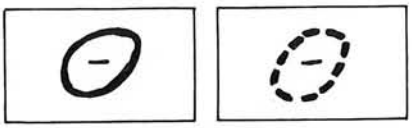


II DOLINE E CONCHE CARSICHE, POLJE
DOLINES, KARST DEPRESSIONS, POLJES

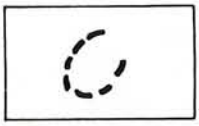
a b

31 Dolina
Doline

32 Grande conca carsica, uvala, depressione di origine mista (esclusi i polje): a) bordo netto, b) bordo poco netto (sono comprese le grandi depressioni glaciocarsiche di origine mista; il contorno segue la rottura di pendenza altopiano-versanti della conca oppure la curva di livello corrispondente alla quota della soglia più bassa).
Big karst depression, uvala, depression of complex origin (poljes excluded): a) sharp edge, b) not well defined edge (the big glaciokarstic depressions are included; the line follows the slope break at the summit of the depressions versants or the contour line corresponding to the elevation of the lowest rim)



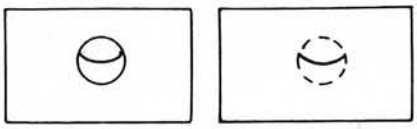
33 Relitto di perimetro di grande dolina o conca carsica smantellata o sventrata
Remnants of edge of big doline or karst depression partially demolished by erosion



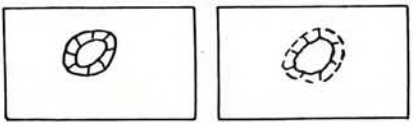
34 Spartiacque di grandi bacini carsici (compresi i polje)
Watersheds of big karst basins (poljes included)

Tipi di doline
Types of dolines

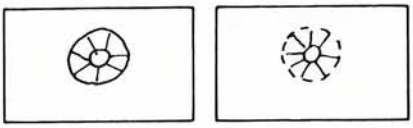
41 Dolina emisferica (a ciotola, a scodella): a) bordo netto, b) bordo poco netto
Basin doline (a) sharp edge, b) not well defined edge)



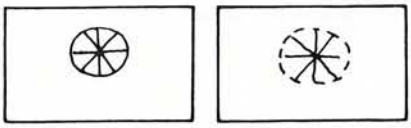
42 Dolina a piatto: a) e b) come sopra
Saucer-shaped doline: a) and b) as above



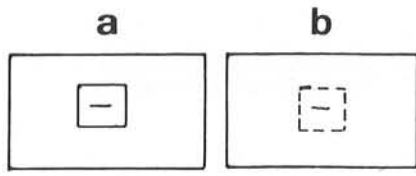
43 Dolina troncoconica: a) e b) come sopra
Cone-cut-shaped doline: a) and b) as above



44 Dolina a imbuto: a) e b) come sopra
Cone - or funnel - shaped doline: a) and b) as above

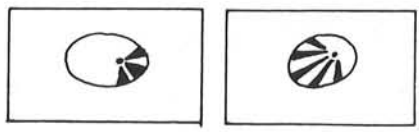


45 Dolina a pozzo (prevalentemente di crollo): a) e b) come sopra
Well-shaped doline (mostly collapse doline): a) and b) as above

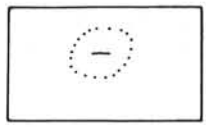


46 Depressione con perimetro ben individuato solo sul lato a valle
Depression with well defined edge only on the downslope side

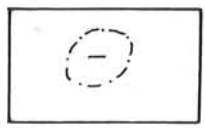
47 Dolina asimmetrica (i cunei indicano il versante più ripido)
Asymmetrical doline (the wedges show the steeper slope)



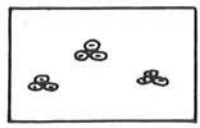
48 Dolina alluvionale
Alluvial doline



49 Dolina di subsidenza
Solution subsidence doline

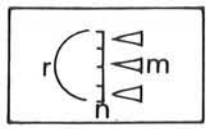


50 Campo di doline
Field of dolines

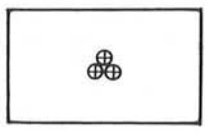


51 Emidolina fagliata (in rosso, nero e marrone)
Faulted half-doline (in red, black and brown)

a scale maggiori od uguali ad 1/10.000
(for scale larger than 1/10.000)

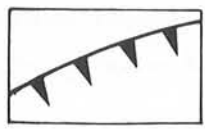


52 Microdoline ad imbuto su depositi sciolti calcarei (+ sigle cronologiche in blu, verde, violetto od altro a seconda del tipo di depositi)
Small funnel shaped dolines on limestone loosed deposits (chronological indications in different colours according to the type of deposits)



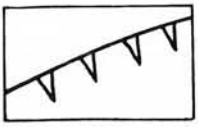
Polje
Poljes

61 Bordo netto di polje attivo
Sharp edge of active polje



a b

62 Bordo netto di polje inattivo
Sharp edge of inactive polje

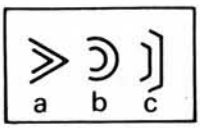


63 Bordo poco netto di polje attivo
Not well defined edge of active polje

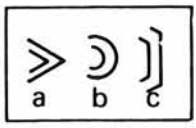
64 Bordo poco netto di polje inattivo
Not well defined edge of inactive polje

III FORME APERTE DI ORIGINE MISTA (in rosso ed altri colori)
OPEN LANDFORMS OF COMPLEX ORIGIN (in red and other colours)

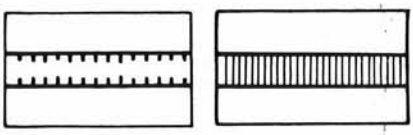
71 Valle fluviocarsica (secca): a) a V, b) a fondo arrotondato, c) a fondo piatto (in verde ed in rosso abbinati)
Fluviokarstic valley (dry): a) V-shaped type, b) rounded floor, c) flat floor (joint green and red)



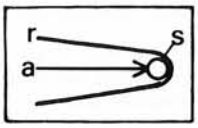
72 Valle "nivocarsica" (secca) (simboli di valle in rosso e in rosa abbinati, per altri caratteri come sopra)
Nivalkarstic valley (dry) (joint red and pink)



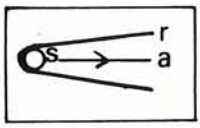
73 Canyon fluviocarsico inattivo per carsismo largo o stretto (i tratti laterali indicano gli orli superiori delle scarpate)
Fluviokarstic canyon inactive by karst processes (lateral signs show upper edges of scarps)



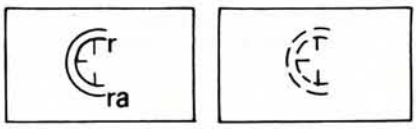
74 Valle cieca (in rosso ed azzurro) (s = simbolo come in grotte abissi ed orifizi)
Blind valley (red and blue; s = symbols as in caves, shafts and orifices)



75 Valle chiusa (indicazioni come sopra)
Pocket valley (see above)



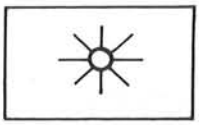
76 Nicchia nivocarsica (in rosso ed in rosa rispettivamente a bordi netti ed a bordi poco netti)
Nivalkarstic niche (in red and pink; with sharp edges or not well defined edges)

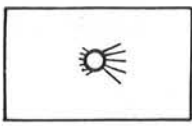


a b

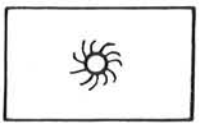
IV RILIEVI FORME POSITIVE (in rosso)
RELIEFS (in red)

81 Dosso a cono (rispettivamente simmetrico ed asimmetrico)
Cone-shaped hill (symmetrical and asymmetrical)

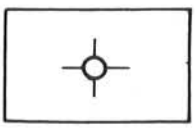




82 Dosso a cupola
Dome-shaped hill



83 Elemento ruiniforme (chicot)
Chicot

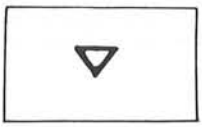


V GROTTE, ABISSI ED ORIFIZI (in rosso)
CAVES, SHAFTS AND ORIFICES (in red)

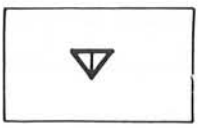
91 Cavità verticale ad emergenza perenne
Vertical cavity perennially overflowing

92 Cavità verticale ad emergenza intermittente
Vertical cavity intermittently overflowing

93 Cavità verticale che assorbe un corso d'acqua perenne
Vertical cavity perennially swallowing water from the surface

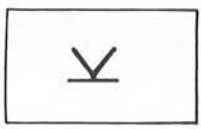


94 Cavità verticale che assorbe un corso d'acqua temporaneo
Vertical cavity swallowing intermittent surface flow



95 Cavità verticale temporaneamente assorbente e temporaneamente emittente
Vertical cavity transitorily swallowing and transitorily overflowing

96 Cavità verticale nè assorbente nè emittente ma con circolazione sotterranea
Vertical cavity neither overflowing nor swallowing but with groundwater flow

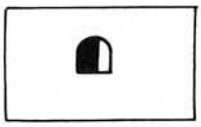


a b

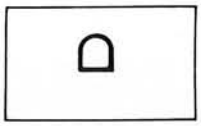
97 Cavità verticale nè assorbente nè emittente e priva di circolazione sotterranea conosciuta
Vertical cavity neither overflowing nor swallowing and lacking in known groundwater flow

98 Cavità orizzontale a emergenza perenne
Cave perennially overflowing

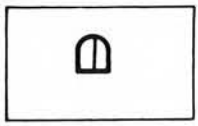
99 Cavità orizzontale a emeregenza intermittente
Cave intermittently overflowing



100 Cavità orizzontale che assorbe un corso d'acqua perenne
Cave swallowing a perennial surface flow



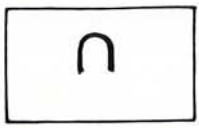
101 Cavità orizzontale che assorbe un corso d'acqua temporaneo
Cave swallowing intermittent surface flow



102 Cavità orizzontale temporaneamente assorbente e temporaneamente emittente
Cave transitorily swallowing and transitorily overflowing

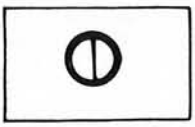
103 Cavità orizzontale nè assorbente nè emittente ma con circolazione sotterranea
Cave neither overflowing nor swallowing but with groundwater flow

104 Cavità orizzontale nè assorbente nè emittente e priva di circolazione sotterranea conosciuta
Cave neither overflowing nor swallowing and lacking in known groundwater flow



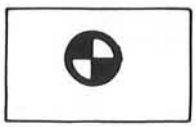
105 Inghiottitoio impenetrabile che assorbe un corso d'acqua perenne
Impenetrable sinkhole perennially swallowing a surface flow

106 Inghiottitoio impenetrabile che assorbe un corso d'acqua temporaneo
Impenetrable sinkhole swallowing intermittent surface flow

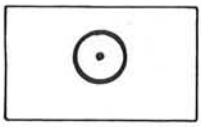


a b

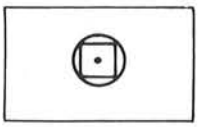
107 Cavità impenetrabile temporaneamente assorbente e temporaneamente emittente
Impenetrable cavity transitorily swallowing and transitorily overflowing



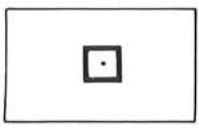
108 Pozzo di lapiés
Pit of lapiés



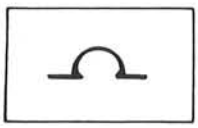
109 Pozzo di subsidenza (da drenaggio di falde sospese in litotipo diverso: rocce poco carsificabili)
Subsidence pit (by drainage of suspended acquifer-levels in different rock types)



110 Pozzo di crollo (profondità maggiore del semidiametro - infatti se p minore o uguale a sd - si tratta di dolina a pozzo)
Collapse pit (depht more than half of the diameter)

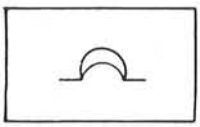


111 Nicchia o riparo
Niche or shelter



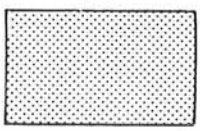
112 Grotta tagliata
"Cutted cave"

113 Arco, ponte naturale
Natural arche, bridge

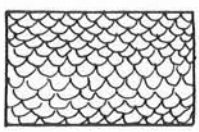


VI DEPOSITI (in rosso)
DEPOSITS (in red)

121 Complesso poligenico "terre rosse-paleosuoli"
Polygenical complex "terre rosse-paleosoils"

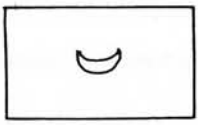


122 Travertini
Limestone tufa



a b

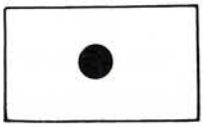
123 Piccolo deposito di travertino
Small deposit of limestone tufa



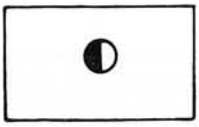
B IDROLOGIA (in azzurro)
HYDROLOGY (in blue)

I ELEMENTI DELL'IDROLOGIA
HYDROLOGICAL ELEMENTS

201 Sorgente carsica perenne
Perennial karst spring



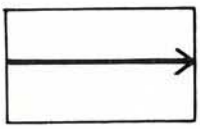
202 Sorgente carsica temporanea
Temporary karst spring



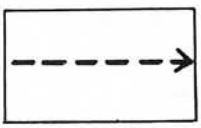
203 Sorgente non carsica perenne
Perennial not karstic spring

204 Sorgente non carsica temporanea
Temporary not karstic spring

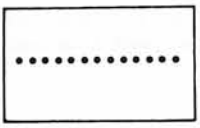
205 Corso perenne
Perennial stream



206 Corso temporaneo
Intermittent stream



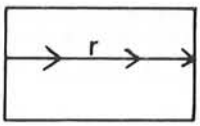
207 Fondovalle inattivo per carsismo
Valley floor inactive by karst processes



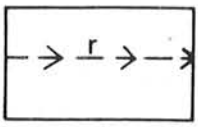
208 Fondovalle con "sottoscorrimento" (in detrito o alluvioni)
Valley floor with "suffosion" (inside waste or alluvial deposits)

a b

209 Collegamento idrico accertato con traccianti
Underground connection proved by tracer experiments (red)

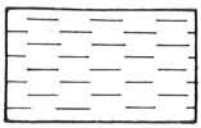


210 Percorso sotterraneo delle acque rilevato e rapportato in superficie
Underground water course mapped and drawn on the surface

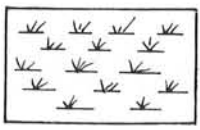


211 Zona allagata permanentemente
Permanently flooded area

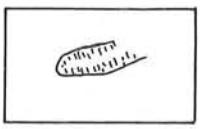
212 Zona allagata temporaneamente
Transitorily flooded area



213 Palude stagno
Marsh, swamp

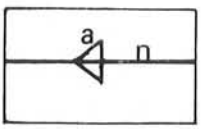


214 Ghiacciai, nevai
Glaciers, snow banks

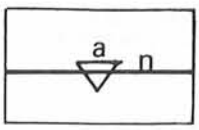


II CARATTERI IDROLOGICI DELLE FAGLIE (tratti in nero e triangoli in azzurro)
HYDROLOGICAL CHARACTERS OF FAULTS (line in black, triangles in blue)

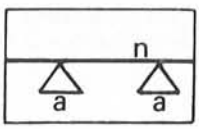
220 Faglia con carattere di collettore
Fault acts as conduit



221 Faglia attraversata dalle acque sotterranee
Groundwater moves across the fault plane



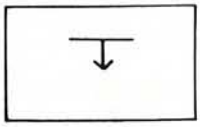
222 Faglia con caratteri di diaframma impermeabile
Fault plane acts as an impervious barrier



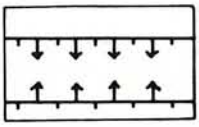
a b

C ELEMENTI GEOLOGICO-STRUTTURALI (in nero)
GEOLOGICAL FEATURES (in black)

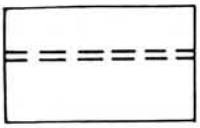
301 Giacitura (con eventuale indicazione dell'inclinazione in gradi)
Geological attitude



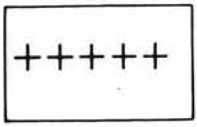
302 Faglia normale o inversa (i tratti indicano il blocco ribassato, le frecce l'immersione del piano di faglia e le ev. cifre l'inclinazione in gradi)
Normal or reverse fault (the teeth show the lowered block, the arrows the dip of the fault plane)



303 Asse sinclinale
Axis of syncline

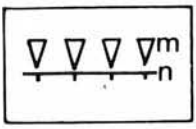


304 Asse anticlinale
Axis of anticline

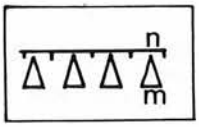


D FORME TETTONICHE E STRUTTURALI (in marrone)
TECTONIC AND STRUCTURAL LANDFORMS (in brown)

401 Scarpata legata a faglia, dello stesso senso del rigetto (linea di faglia in nero)
Fault scarp or resequent fault line scarp (fault line in black)

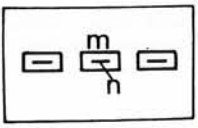


402 Scarpata legata a faglia, di senso opposto al rigetto (linea di faglia in nero)
Obsequent fault line scarp (fault line in black)

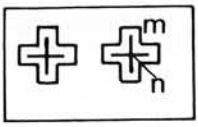


403 Scarpata di flessura
Flexure scarp

404 Valle sinclinale (tratteggio interno in nero, riquadro in marrone)
Synclinal valley (inner line in black, square in brown)

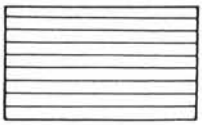


405 Dorsale anticlinale (nota come sopra)
Anticlinal ridge (note as above)

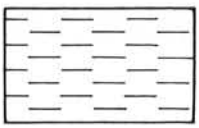


a b

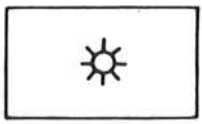
406 Superficie strutturale (prevalentemente di stratificazione)
Structural surface (mostly surfaces of strata)



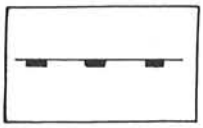
407 Superficie substrutturale (e superfici strutturali degradate)
Substructural surface (and bad preserved structural surfaces)



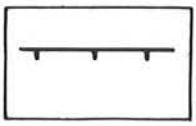
408 Dosso residuale
Residual hill

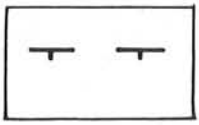


409 Scarpate del "Schichttreppenkarst" (eventuali simboli di Karren in rosso trattini dalla parte della scarpata di testata di strato) — grandi
Scarps of staircase karst (in case symbols of Karren in red: teeth on the side of the infacing slope) — *big*

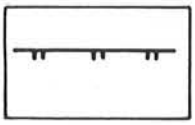


410 — piccole suborizzontali
— *small subhorizontal*

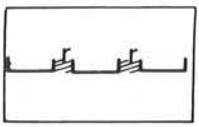




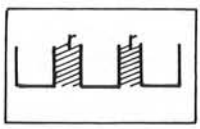
411 — piccole tipo microcuesta
— *small microcuesta-type*



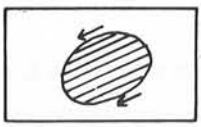
412 Affioramenti di bancate calcaree carsificate suborizzontali e a reggipoggio
Outcrops of karstified benches on infacing slopes or on slopes with subhorizontal strata



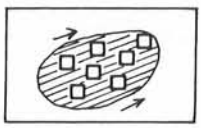
413 Affioramenti di bancate calcaree carsificate a franapoggio
Tabular karstified benches on dip slopes



414 Isola slittata per gravità
Slided rock-isle

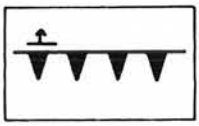


415 Isola slittata a grossi blocchi (ev. contorno rosa se in ambiente periglaciale)
Slided isle composed by big blocks (pink contour if in periglacial environment)

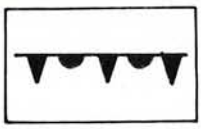


a b

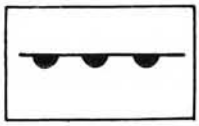
416 Cornice, orlo di scarpata ripida (la combinazione con i simboli di giacitura mette in evidenza i caratteri di orlo di mesa, o di cuesta, o di hogback o altro)
Edge of erosional scarp (the combination with the symbols of attitude shows the character of edge of mesa, cuesta or hogback or others)



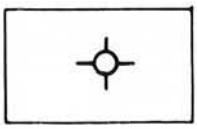
417 Cornice con parete sommitale (nota compe sopra)
Edge with an upper bluff (note as above)



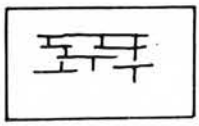
418 Parete sul versante
Bluff on the slope



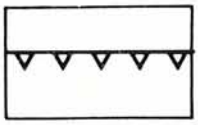
419 Picco residuale, torrione, guglia (su grande versante)
Residual peak, castellated rock (on a big slope)



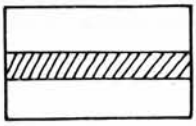
420 Fessure, crepacci da distensione
Fissures, small trenches by pressure release



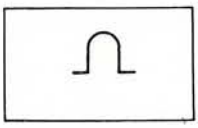
421 Scarpata da distensione
Scarp by pressure release and collappsing (slope tectonic)



422 Trincea di distensione
Trench by pressure release

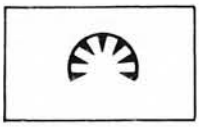


423 Imbocco di riparo "meccanico" o "grotta tettonica"
Entrance of a mechanical shelter or "tectonic cave"



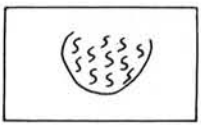
E MORFOLOGIA DI VERSANTE E MORFOLOGIA FLUVIALE (in verde)
SLOPE AND FLUVIAL LANDFORMS (in green)

501 Nicchia di frana
Scar of landslide or rockfall

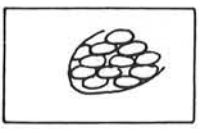


a b

502 Accumulo di frana (a granulometria fine)
Landslide slip tongues



503 Macereto a grossi blocchi
Landslide scree heaps

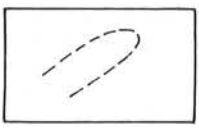


504 Tronchi inclinati da reptazione
Tree-trunks inclined by creep

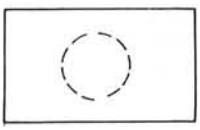
505 Forme da soliflusso
Landforms by solifluction

506 Colata
Mudflow

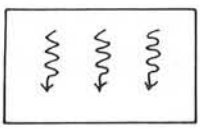
507 Fossa di suffosione
Hollow by suffosion



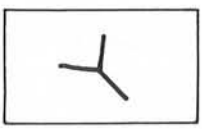
508 Conca di suffosione
Basin by suffosion



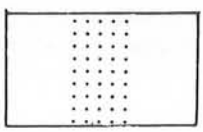
509 Rivoli da ruscellamento diffuso
Rills



510 Solchi da ruscellamento concentrato (compresi i calanchi)
Gullies

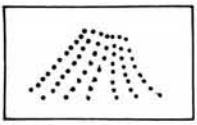


511 Falda detritica
Talus heaps

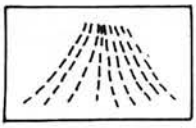


a b

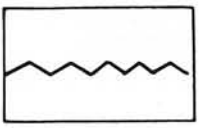
512 Coni detritici secchi (da gravità)
Talus cones



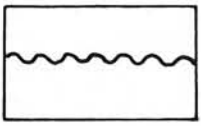
513 Coperture e coni colluviali
Colluvial heaps and cones



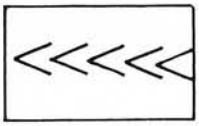
514 Versante a gradoni (il simbolo segue la linea di massima pendenza)
Slope with steps (symbols along the slope)



515 Versante riuniforme (nota come sopra)
Very irregular slope surface (symbol disposed as above)

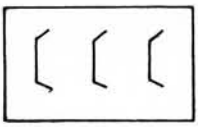


516 Valletta a V (V disposte come apici delle curve di livello)
Small V-shaped valley (V-apices as the apices of the contours)

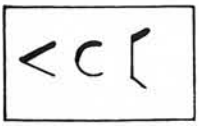


517 Valletta a fondo arrotondato (C disposte come curve di livello)
Trough shaped bottom small valley (symbols disposed as the contours)

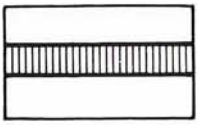
518 Valletta a fondo piatto
Flat floored small valley (symbols disposed as the contours)

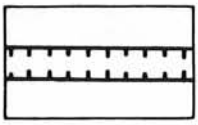


519 Vallette asimmetriche dei tre tipi sopracitati (segno più grosso = versante più ripido)
Asymmetric small valleys of the three types cited above (the thicker line shows the steeper slope)

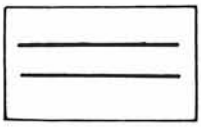


520 Forra torrentizia o fluviale stretta ed ampia, canyon fluviocarsico attivo
Gorge narrow or wide, active fluviokarstic canyon



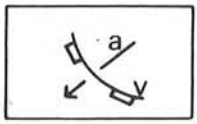


521 Canalone in roccia fortemente inciso su scarpata
Deep steep rock-cut gorge on a scarp

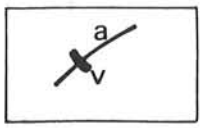


a b

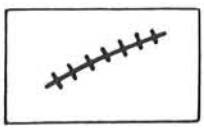
522 Gradino di valle sospesa
Hanging-valley step



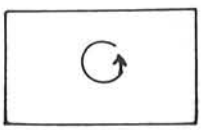
523 Cascata
Waterfalls



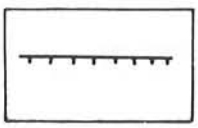
524 Rapide
Rapids



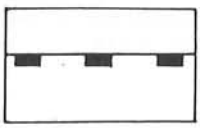
525 Forma di evorsione
Pothole

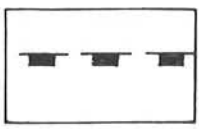


526 Ripa di erosione
Erosional bank

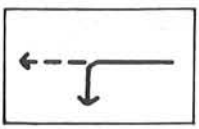


527 Orlo di terrazzo netto o poco netto
Edge of fluvial terrace sharp or not well defined

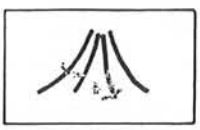




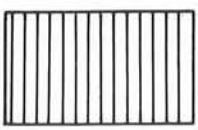
528 Cattura o deviazione fluviale
Fluvial piracy or diversion



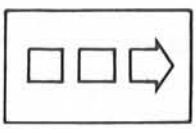
529 Cono in roccia
Rocky cone



530 Lembi di antica superficie di erosione
Remnants of an old erosional surface

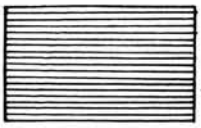


531 Antica linea di fondovalle e direzione di flusso
Old valley floor line and flowing direction

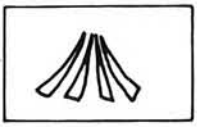


a b

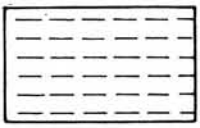
532 Depositi fluviali
Fluvial deposits



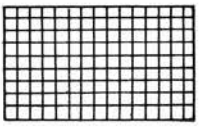
533 Conoide, cono alluvionale
Alluvial fan



534 Depositi lacustri o fluviolacustri
Lacustrine and fluviolacustrine deposits

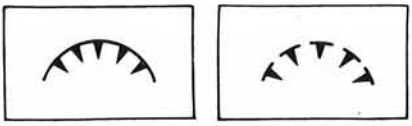


535 Conglomerati "fluviali"
Fluvial conglomerate

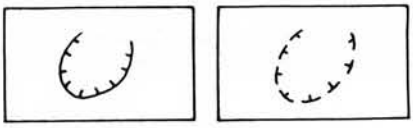


F MORFOLOGIA GLACIALE (in viola)
GLACIAL LANDFORMS (in violet)

601 Circo glaciale con contorno netto o poco netto
Cirque with sharp or not well defined edge

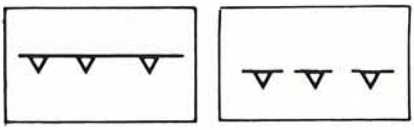


602 Conca di sovraescavazione glaciale
Glacially eroded basin



603 Gradino di modellamento glaciale
Step of glacial origin

604 Spalla di valle glaciale, netta e poco netta
Glacially eroded edge of glacial troughs and corries



605 Rocce montonate
Roches moutonnées

a b

606 Superficie strutturale o substrutturale evidenziata dall'erosione glaciale (eventualmente alternata al corrispondente simbolo in marrone)
Structural or substructural surface cleared by glacial erosion (in case alternate with brown lines)

607 Strie e solchi di esarazione glaciale
Glacial strie and grooves

608 Forra subglaciale
Subglacially eroded gorge

609 Marmitta subglaciale
Subglacially eroded pothole

610 Direzione di flusso di antichi ghiacciai, diffluenza
Old glaciers flowing directions

611 Topografia di Fiell, ben conservata o con forme degradate
Fiell topography well or badly preserved

612 Copertura di depositi glaciali
Till covers

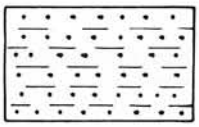
613 Cordone morenico laterale o terminale
Lateral or terminal moraine

614 Erratici
Erratics

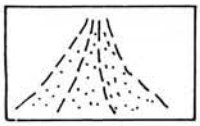
615 Morenico sparso
Scattered till deposits

a b

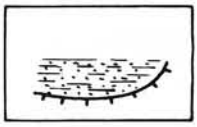
616 Piana fluvioglaciale
Fluvioglacial plain



617 Cono fluvioglaciale
Fluvioglacial cone, sandur

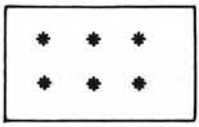


618 Kame
Kame terrace

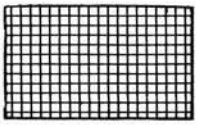


G MORFOLOGIA PERIGLACIALE (in rosa)
PERIGLACIAL LANDFORMS (in pink)

701 Forme di crioclastismo
Destructional landforms by frost action

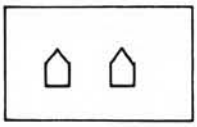


702 Lastricati naturali, campi di pietre
Nivation pavements

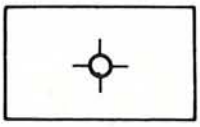


703 Terrazzo crionivale da crioplanazione
Crioplanation terrace

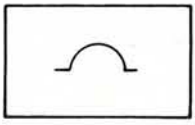
704 Poligoni e cerchi di pietre
Stone polygons and circles



705 Picco, thor da crioclastismo
Cryogenous residual hill

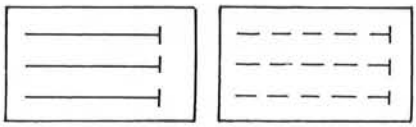


706 Riparo, caverna da crioclastismo
Cryogenous rock shelter

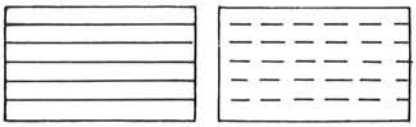


a b

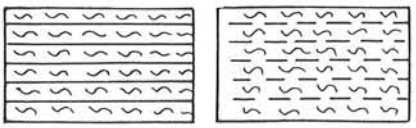
707 Versante periglaciale regolarizzato con copertura detritica, ben conservato o degradato (i trattini indicano la base)
Periglacial rectilinear slope with discontinuous detrital covers, well or badly preserved (the small bars show the base)



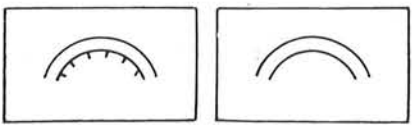
708 Versante periglaciale regolarizzato privo di copertura detritica
Periglacial rectilinear slope without detrital covers



709 Versante periglaciale regolarizzato e carsificato (simboli ad S in rosso)
Karstified periglacial rectilinear slope (S symbols in red)



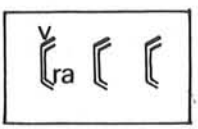
710 Nicchia da nivazione ben incavata o appena accennata
Nivation niche well or barely defined



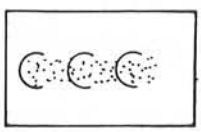
711 Valletta a V asimmetrica da nivazione (abbinati verde e rosa)
Small V-shaped valley asymmetrical by nivation (green and pink jointed)

712 Valletta a fondo arrotondato asimmetrica da nivazione (abbinati verde e rosa)
Asymmetrical by nivation small valley with trough-shaped bottom (green and pink jointed)

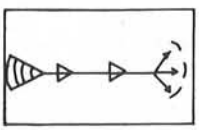
713 Valletta a fondo piatto asimmetrica da nivazione (abbinati verde e rosa)
Flat floored small valley asymmetrical by nivation (green and pink jointed)



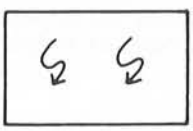
714 Delle
Dell



715 Imbuto, corridoio e cono di valanga
Avalanche scar, track and cone



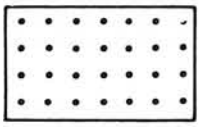
716 Geliflusso generalizzato
Congelifluction landforms



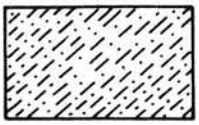
a b

717 Ruscellamento nivale
Snow melting overland flow

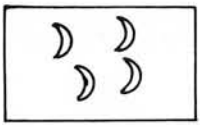
718 Falde detritiche da crioclastismo
Cryogenous talus covers



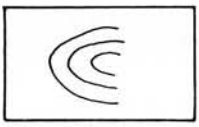
719 Falde detritiche stratificate di origine periglaciale (grèzes litèes)
Ritmically layered talus covers



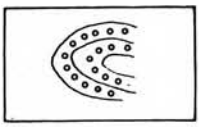
720 Festoni
Stone garlands



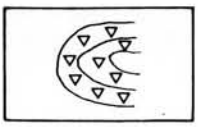
721 Colate di vario tipo
Flows of different types



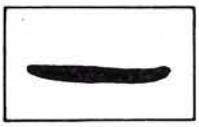
722 Colate di pietre
Rock rivers



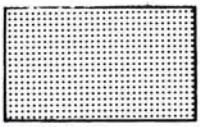
723 Rock glacier
Rock glacier



724 Nivomorena
Winter talus ridge, pseudo morainal ridge



725 Depositi niveo-eolici o loessici
Niveo-aeolian and loess covers

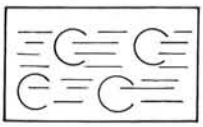


726 Depressione termocarsica e/o da ghiaccio morto
Thermokarst basin and/or by dead ice

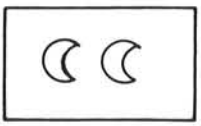
a b

H MORFOLOGIA ANTROPICA (in grigio scuro)
ANTHROPOGENIC LANDFORMS (in dark grey)

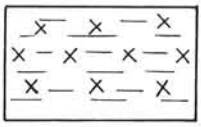
801 Superficie degradata da disboscamento
Surface degraded by deforestation



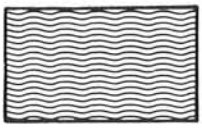
802 Piazzole di carbonaie
Emplacement for charcoal burning



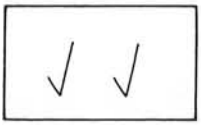
803 Superficie degradata da pascolamento
Surface degraded by grazing



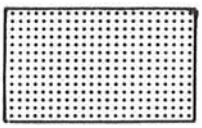
804 Superficie arata
Plaughed surface



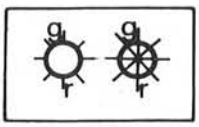
805 Forme di reptazione agricola
Creep induced by agriculture



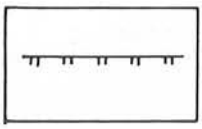
806 Deposito colluviale antropogeno
Colluvial anthropogenic slope deposits



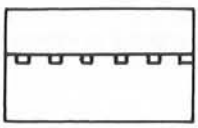
807 Monoliti del carso coperto esumati dall'erosione antropogena (cerchi in grigio e raggi in rosso)
Small covered-type residual spurs exumed by anthropogenic erosion (circle in grey radii in red)



808 Terrazzamento agrario a muretti
Agricultural terrace with rock walls

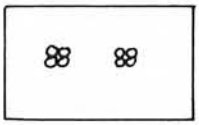


809 Terrazzamento agrario a scarpate
Agricultural terrace with small scarps



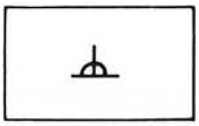
a b

810 Catasta di blocchi (marogna)
Rock pile



811 Muro a secco
Inconsolided wall

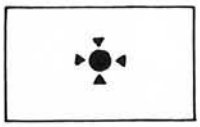
812 Calcinaia
Pit or furnace to calcine lime



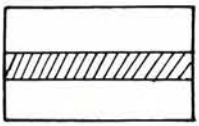
813 Cava
Quarry

814 Galleria
Gallery (MA = mining active; MI = mining inactive; E = military)

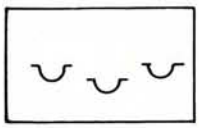
815 Pozzo artificiale in roccia
Artificial pit cut in solid rock (note as above)



816 Trincea
Military trench

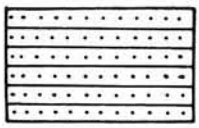


817 Buche da bombe
Bomb basins or pits



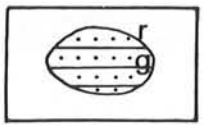
818 Superficie da sbancamento
Surface heavily remodelled by quarrying

819 Superficie da riporto
Surface heavily remodelled by carried materials



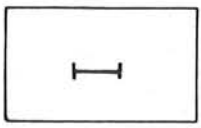
a b

820 Dolina colmata articialmente (orlo esterno in rosso)
Doline artificially filled (border in red)

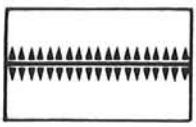


821 Diga
Dam

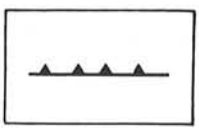
822 Briglia
Barrage



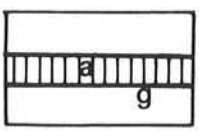
823 Argine
Embarkment



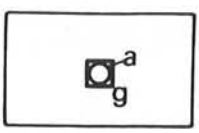
824 Muraraglione
Great wall



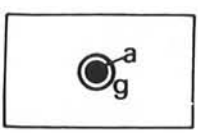
825 Canalizzazione
Canal cuts



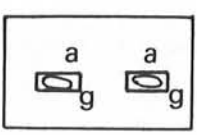
826 Pozzo o cisterna d'acqua
Water pit or cistern



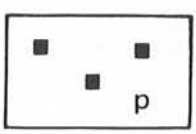
827 Pozzo d'abbeveraggio
Pond for cattle



828 Vasche, lavatoi
Basins, wash-tubs (blu the inner circle, grey the square)

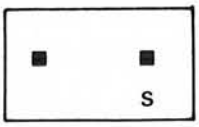


829 Insediamenti permanenti o prevalentemente permanenti
Permanent settlements

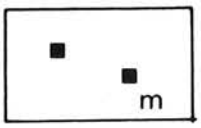


a b

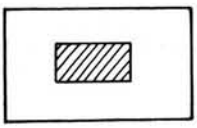
830 Insediamenti stagionali o prevalentemente stagionali
Seasonal or mostly seasonal settlements



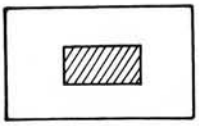
831 Insediamenti misti
Mixed settlements



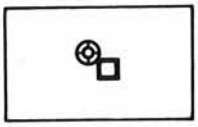
832 Allevamento (con l'aggiunta di sigle: AB per bovino, AA per avicolo, AP per porcilaia)
Farmhouse (initials AB for cattle farm, AA for avifarm, AP for piggery)



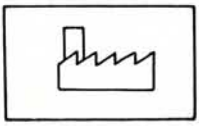
833 Caseifici
Cheese factory



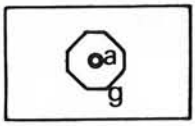
834 Molino
Mill



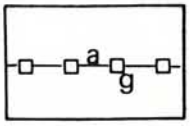
835 Industria (inquinante in grigio pieno, non inquinante solo contorno) (lettere per indicare il tipo: es. C = chimica, M = meccanica)
Factorie (polluting in full grey, not polluting only the contour; initials to indicate the type: C = chemical; M = mechanical)



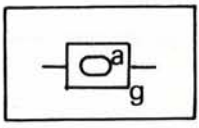
836 Opera di captazione su sorgente (sorgente in azzurro, contorno in grigio)
Water intake on spring (spring in blue contour in grey)

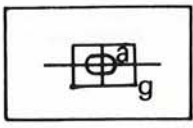


837 Acquedotto (grigio e blu)
Acqueduct (blu line)

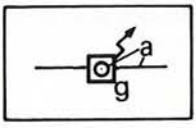


838 Serbatoio idrico scoperto e coperto
Water reservoir covered or uncovered (inner circle in blu)



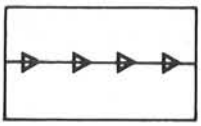


839 Centrale di pompaggio
Pumping engine house (inner cirle and line in blu)

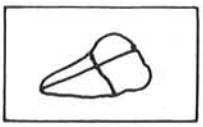


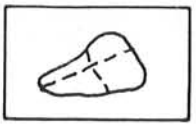
a b

840 Fognatura
Sevage

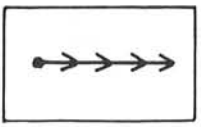


841 Discarica di rifiuti solidi attiva e non attiva (con l'aggiunta della sigla C per controllata e di N non controllata)
Solid waste deposit active and inactive (initials C for controlled, N for uncontrolled)

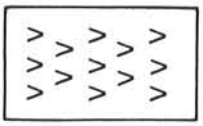




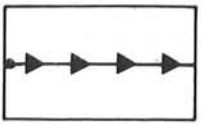
842 Scolo di liquami
Organic liquid waste flow



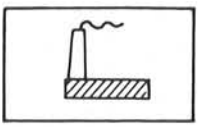
843 Accumulo di liquami
Liquid waste accumulation



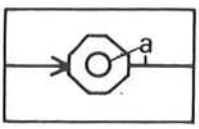
844 Scolo liquidi industriali
Liquid waste flow from factories



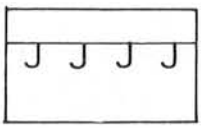
845 Inceneritore
Incinerator



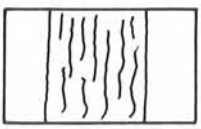
846 Impianto di depurazione
Sevage depuration factory



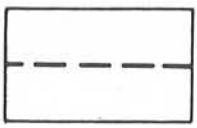
847 Impianto di risalita
Chair lift or skylift



848 Pista da sci
Ski track

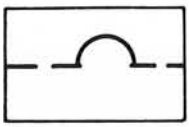


849 Sentieri turistici principali
Main foot paths for turism

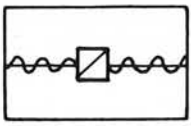


a b

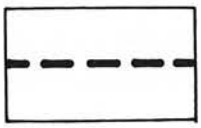
850 Piazzola da pic-nic
Picnic area



851 Oleodotto (con centrale di pompaggio)
Oil pipelines (with pumping house)



852 Limite di parco naturale o di altra area protetta
Natural park or protected areas boundary



853 Centrale nucleare
Nuclear power station

854 Deposito di isotopi radioattivi
Radioactive isotopes deposits

GLOSSARIO

BLOCCO PEDUNCOLATO

(E: perched block, corrosion table; D: Karrentische; F: table de corrosion)

Blocco che, venutosi a trovare (ad esempio per trasporto glaciale) sulla superficie di una roccia carsificabile, ha impedito o rallentato l'erosione carsica della roccia sottostante, con la conseguenza che tale porzione è rimasta in rilievo rispetto alla non protetta roccia circostante, formando un peduncolo che regge il blocco stesso. L'altezza del peduncolo fornisce una misura minima dell'entità della corrosione intervenuta dopo la deposizione del blocco.

BOGAZ

(E: trench; D: Kluftdoline, Karstgasse; F: couloir karstique)

Indicati anche come trincee carsiche (bogaz è termine di uso internazionale), costituiscono una varietà di crepacci carsici che si distingue, oltre che per le dimensioni (larghezza e profondità di qualche metro, lunghezza di decine di metri) per la verticalità delle pareti laterali che restano tra loro parallele fino al fondo piatto della trincea, fondo che spesso corrisponde a un giunto di stratificazione ed è coperto da detriti o da un suolo. I bogaz si formano per allargamento dei crepacci carsici, dovuto non solo all'erosione carsica ma anche a processi meccanici di disgregazione e denudazione.

CAMPI SOLCATI

(E: grikes, grykes, limestone pavements; D: Karren, Karrenfelder, Schratten; F: lapiés, lapiez, lapiaz)

— DI TIPO LIBERO

(E: bare —; D: nackte —, freiliegend gebildete —; F: — nus)

— DI TIPO SEMILIBERO

(E: partly covered —; D: halbfreie —; F: — demi-nus)

— DI TIPO COPERTO

(E: subcutaneous —, covered —; D: subkutane —, bedeckte —; F: — sous-cutanés, — couverts, cryptolapiaz, lapiaz enfoui, lapiaz enterré)

Superfici che presentano microforme di erosione carsica evolutesi sulla roccia nuda (campi solcati di tipo libero) o al disotto di una copertura di suolo o di regolite (campi solcati di tipo coperto) o in condizioni di copertura discontinua (campi solcati di tipo semilibero). I campi solcati di tipo coperto si distinguono, rispetto a quelli di tipo libero, per le forme arrotondate e la mancanza di spigoli vivi nelle rocce modellate.

CANYON

(Int.; D: Kastental; F: gorge)

Il termine canyon indica genericamente una valle stretta e profonda con versanti subverticali o molto ripidi, dove la roccia affiora formando pareti spesso disposte a gradinata. In ambiente carsico tali valli possono essere secche o percorse da un corso d'acqua (che spesso ha origine allogena). I canyon carsici hanno origine per l'infossamento, solitamente in rilievi tipo altipiani, di un corso d'acqua superficiale, ma talvolta anche per il crollo della volta di una galleria carsica.

CHICOT

Termine francese che indica un piccolo rilievo roccioso modellato dall'erosione, che si presenta con forma conica, di torre, di pinnacolo o come catasta di blocchi.

CREPACCI CARSICI

(E: grikes; D: Kluftkarren; F: lapiaz de diaclases, lapiaz de joints)

Forme di corrosione carsica che si impostano lungo fratture, discontinuità o giunti verticali o molto inclinati. Le cavità si presentano allungate lungo la direzione di debolezza della roccia e possono estendersi anche per qualche decina di metri. I bordi si presentano a seconda dei casi a spigoli vivi o arrotondati. La profondità può arrivare a parecchi metri. La larghezza varia da pochi centimetri a pochi metri e generalmente si riduce in profondità dove il crepaccio si chiude. V. anche bogaz.

CRIOCARSO

V. termocarso.

CRIOPLANAZIONE

Erosione dovuta all'effetto combinato della degradazione dovuta al gelo e alla nivazione, e del trasporto del materiale disgregato per azione della gravità, per fenomeni di geliflusso, per azione delle acque e del vento. La presenza di superfici terrazzate in ambienti periglaciali con dimensioni anche chilometriche è stata spiegata come risultato dei vari processi di crioplanazione.

CUESTA

Rilievo dissimmetrico di origine strutturale, formato da uno strato di rocce dure debolmente inclinato (fino a circa 10°) compreso tra strati di rocce più tenere. Tale livello resistente forma un caratteristico versante ripido in corrispondenza delle testate degli strati, mentre l'altro versante, solo in parte corrispondente al tetto dello strato resistente, è assai meno inclinato.

DELLE

Vallecola a fondo arrotondato, secca o percorsa solo episodicamente da un corso d'acqua. È una forma caratteristica di ambienti periglaciali. Il profilo trasversale del fondovalle è determinato dall'apporto di detrito dai versanti, costituito generalmente da elementi spigolosi.

DOLINA

(Int.: doline; E: sinkhole, shakehole)

Depressione chiusa di forma circolare, ellittica o più raramente irregolare, con profondità solitamente inferiore al diametro e dimensioni che variano da pochi metri a qualche centinaio di metri. La profondità raramente supera i 200 metri. In alcune doline il fondo si presenta piano ed è costituito da depositi di riempimento che favoriscono la pratica agricola. I versanti possono avere profilo rettilineo o concavo (doline troncoconiche o a forma di segmento sferico, indicate rispettivamente anche come doline "a piatto" e "a scodella"; E: saucer-shaped doline, dish-shaped hollow, bowl-shaped doline; D: Kübeldoline, Flachbodendoline, Büttedoline; F: doline à fond plat). Altre volte il fondo è concavo (doline emisferiche o "a ciotola"; E: basin doline; D: Beckendoline, Muldedoline; F: doline en cuvette, doline en écuelle, doline en auge, doline en baquet) oppure molto ridotto con versanti rettilinei e ben sviluppati (doline coniche o "a imbuto"; E: funnel-shaped doline; D: Trichterdoline; F: doline en entonnoir). I versanti possono essere variamente inclinati e anche costituire pareti verticali di roccia nuda (doline a pozzo; E: well-shaped doline; D: Brunnendoline; F: doline en puits, doline en fenêtre). La formazione delle doline può essere dovuta alla soluzione della roccia in corrispondenza di punti assorbenti, ad opera, secondo alcuni, dell'acqua di una non potente falda (epicarsica) sospesa al di sopra dello strato di rocce carbonatiche. Un punto assorbente avrebbe nella falda una zona di influenza grosso modo circolare, simile al cono di depressione che si crea in un acquifero all'intorno di un pozzo drenante. L'ampiezza della dolina sarebbe determinata dalle dimensioni di questa zona di influenza (doline di dissoluzione; E: solutional doline; D: Lösungsdoline; F: doline de dissolution). Altre doline si formano per infossamento di materiali alluvionali dovuto all'apertura di cavità in rocce carsificabili sottostanti (doline alluvionali; E: alluvial doline, shake-hole; D: Schwunddoline, Schwemmlanddoline; F: doline alluviale). In altri casi le doline sono generate dal crollo della volta di una grotta (doline di crollo; E: collapse doline; D: Einsturzdoline; F: doline d'effondrement) o dal cedimento di rocce coerenti non carsificabili sovrastanti rocce solubili nelle quali l'erosione carsica ha aperto cavità (doline di subsidenza in roccia; E: solution subsidence; D: Unterirdische Karst Doline; F: doline du karst sous-jacent, doline de tassement).

DORSALE SINCLINALE

Rilievo allungato lungo l'asse di una sinclinale. Generalmente essa è il risultato di processi di erosione che sono stati condizionati dalla situazione tettonica e dalla diversa resistenza delle formazioni rocciose fino ad arrivare ad una situazione di inversione del rilievo. È anche indicata come sinclinale sospesa.

EVORSIONE

Fenomeno di erosione dovuto all'acqua, quando questa compie movimenti rotatori in vortici, trascinando con sè detriti che scavano depressioni di forma cilindrica.

FALDE DETRITICHE STRATIFICATE

Depositi stratificati costituiti da frammenti spigolosi e da matrice fine presente in quantità più o meno modesta. Si formano in condizioni di tipo periglaciale al piede di pareti rocciose dove affiorano rocce gelive, i cui frammenti si depositano in letti inclinati scivolando sulla neve.

FESTONI

Forme rilevate alcuni decimetri, lobate o arcuate; sono dovute al movimento verso valle della porzione superiore del regolite per azione del gelo e della neve in ambienti periglaciali.

FITOCARSISMO

V. superfici alveolate, vaschette di corrosione.

FLUVIOCARSO

(Int.: fluviokarst)

Zona carsica dove, oltre alle forme generate dai fenomeni carsici, sono ben distinguibili forme dovute al modellamento fluviale. Tale azione fluviale può essere tuttora attiva o esserlo stata in una fase precedente l'incarsimento della zona. Alla stessa stregua si definisce glaciocarso una zona dove il modellamento è stato

operato da processi glaciali oltre che carsici, tectocarso un'area che presenta forme carsiche e forme influenzate dalla tettonica; il termine nivocarso è riferito ad aree dove la morfologia è dovuta all'azione della neve su rocce carsificabili, soprattutto in ambienti periglaciali.

FORI DI DISSOLUZIONE
(E: windows, letter boxes, cavernous karren; D: Kavernöse Karren; F: lapiés caverneux)
Cavità tubiformi a sezione generalmente circolare o ellittica, di dimensioni variabili da pochi centimetri a pochi decimetri. Possono essere sia verticali che orizzontali. Si sviluppano in corrispondenza di fratture o discontinuità della roccia e spesso appaiono allineati. Talvolta sono riempiti da detriti o da suolo e risultano colonizzati dalla vegetazione. I fori verticali frequentemente si estendono verso il basso fino a una cavità di interstrato.

FRANAPOGGIO
Disposizione degli strati rocciosi rispetto ad un versante in modo tale che il verso della loro immersione coincide con quello della pendenza del versante stesso. Il termine evidenzia che tale disposizione è favorevole alla formazione di frane per scivolamento degli strati lungo i giunti di stratificazione quando la disposizione è a franapoggio meno inclinato del versante.

GLACIOCARSO
V. fluviocarso.

GRIZE
(E: shillow; D: Karrensteine, Trümmerkarren)
Superfici dove l'erosione carsica lungo le discontinuità di rocce ben stratificate e fratturate ha portato alla suddivisione della roccia stessa in una distesa di blocchi corrosi. Sono indicate anche con il termine di pietraie carsiche.

GROTTA TETTONICA
(E: tectonic cave; D: Tektonik Höhle; F: grotte tectonique)
Cavità di dimensioni tali da poter essere accessibile all'uomo, formata da fenomeni tettonici o più spesso da fenomeni di distensione gravitativa (tettonica di versante), che hanno portato ad un allentamento della compagine rocciosa, con la conseguente creazione di vuoti in genere sotto forma di fessure.

HOG BACK
Rilievo di origine strutturale costituito da una linea di cresta dovuta alla presenza di strati resistenti assai inclinati alternati a rocce più tenere in corrispondenza delle quali si impostano i fondivalle.

INGHIOTTITOIO
(Int.: ponor; E: swallow hole, sink hole; D: Saugloch, Schwinde, Schlinger, Schlundloch, Schluckloch; F: perte)
Cavità assorbente attraverso la quale un corso d'acqua scompare in profondità.

ISOLE SLITTATE
Placche di roccia particolarmente resistente che hanno subito uno spostamento ad opera della forza di gravità lungo un pendio. Frequentemente tale spostamento avviene con movimenti lenti che non determinano una elevata frammentazione della placca in blocchi ammassati caoticamente con la conseguente formazione di un macereto di frana. Condizioni di clima freddo e umido (periglaciali) e la presenza di strati argillosi alla base delle placche sembrano aver favorito in alcuni casi il movimento delle isole di blocchi.

KAME
Rilievi a forma di collinette o di terrazzi composti da sedimenti ghiaiosi e sabbiosi stratificati. Sono formati dalla deposizione di sedimenti trasportati da corsi d'acqua al contatto di ghiacciai durante le loro fasi di stagnazione e di ritiro. Appartengono ai depositi definiti "di contatto glaciale".

KAMENITZA
V. vaschetta di corrosione.

KARREN A IMPRONTA
(E: solution tunnel steps, heel-print karren, heelsteps; D: Trittkarren; F: lapiés à empreintes de pas)
Il nome dato a queste forme è dovuto alla loro somiglianza ad impronte di passi. Sono costituite da piccole depressioni con fondo quasi orizzontale della larghezza di 5 ÷ 15 cm; si presentano aperte verso valle, mentre a monte sono limitate da un versante semicircolare che si presenta come un mezzo imbuto. Se il fondo è ridotto o assente sono indicate come imbuti di soluzione (D: Trichterkarren). L'altezza del versante

che le limita a monte varia da qualche centimetro a qualche decimetro. Tali forme sono caratteristiche di superfici poco inclinate in ambienti dove la permanenza della copertura nevosa è assai prolungata.

KARREN ARROTONDATI
(E: rounded karren; D: Rundkarren; F: lapiés ronds)
Con tale termine vengono indicate le microforme carsiche che presentano spigoli, creste e solchi arrotondati. I karren arrotondati si generano sotto una copertura di suolo o di altro materiale. Le forme elementari sono meno distinte che nei campi solcati di tipo libero. V. anche campi solcati.

LAME DENTATE
(E: sawtooth edges)
Microforme presenti su superfici molto inclinate costituite da protuberanze a forma di piramidi triangolari con il vertice verso il basso nella direzione della massima pendenza e addossate alla parete con una faccia laterale. Le basi delle piramidi formano piccoli ripiani orizzontali triangolari con dimensioni di pochi centimetri, mentre l'estensione delle lame al disotto è di alcuni decimetri. La genesi di tali forme sembra dovuta alla presenza e al movimento di scivolamento del manto nevoso sulla superficie della roccia e allo scorrimento dell'acqua di fusione tra la roccia e la neve.

LASTRICATI NATURALI
Aree pianeggianti o semipianeggianti dove, per azione del manto nevoso, i blocchi rocciosi sono accostati e disposti così da formare una superficie piana, che assomiglia alla pavimentazione adottata nelle strade romane.

MESA
Rilievo tabulare di origine strutturale, dovuto alla presenza alla sommità di uno strato di rocce resistenti a giacitura suborizzontale. Le dimensioni sono dell'ordine del chilometro.

NICCHIA DA NIVAZIONE
Forma incavata in un versante, con fondo poco inclinato semicircolare o semiellittico, limitato a monte da una breve scarpata, che tende ad arretrare per effetto dei processi di nivazione.

NIVOCARSO
V. fluviocarso.

NIVOMORENA
Deposito formato dai detriti che, staccatisi da una parete rocciosa, dopo essere scivolati sulla neve, finiscono con l'accumularsi al piede di un nevaio, formando cordoni subparalleli alla base del versante che assomigliano a morene.

PALEOSUOLI
Suoli formatisi in condizioni climatiche (e vegetazionali) diverse da quelle attualmente presenti. Nelle aree carsiche delle medie latitudini spesso è presente la terra rossa, costituita da suoli o sedimenti di suoli, che hanno attraversato vari episodi climatici e presumibilmente fasi di clima caldo e umido, di colore rosso, composti prevalentemente da argilla originata dalla dissoluzione delle rocce calcaree o dall'alterazione di coltri detritiche di varia origine.

PIANI CARSICI
V. polje.

POLIGONI E CERCHI DI PIETRE
Forme di origine periglaciale che appartengono al gruppo indicato con il termine inglese di patterned grounds. Si formano su superfici orizzontali o poco inclinate e hanno dimensioni massime di pochi metri. I cerchi e i poligoni sono riconoscibili per la presenza lungo la circonferenza o perimetro di blocchi e ciottoli talvolta raddrizzati o di vegetazione erbacea, mentre al centro prevalgono i materiali fini.

POLJE
Termine internazionale, il cui equivalente italiano è campi carsici o piani carsici. Grandi conche chiuse, di forma generalmente allungata e dimensioni massime che possono variare da uno a più decine di chilometri. Presentano generalmente un fondo piatto, interrotto talvolta da dossi rocciosi di forma tronco-conica detti hum. I versanti sono generalmente scoscesi e si raccordano bruscamente con il fondo. L'idrografia dei polje è endoreica e le acque vengono assorbite da inghiottitoi. Nei polje attivi, per l'incapacità degli inghiottitoi di assorbire tutta l'acqua o per un innalzamento della falda che trasforma gli inghiottitoi in sorgenti, periodicamente si verifica un allagamento che provoca una erosione marginale alla base dei versanti che limitano

il polje. Se tale fenomeno di periodico allagamento non si verifica, il polje viene definito inattivo. La formazione e lo sviluppo dei polje sembra condizionata dalla situazione litologico-strutturale.

REGGIPOGGIO

Disposizione di strati o banchi rocciosi in modo tale che il verso della immersione degli strati è opposto a quello della massima pendenza del versante. Il termine indica che tale disposizione degli strati rocciosi è favorevole alla stabilità dei versanti.

REPTAZIONE

Movimento lento del detrito di un versante dovuto a cause diverse e a processi che agiscono indipendentemente ma che hanno come risultato complessivo lo spostamento del detrito verso valle, con moto più intenso in superficie che in profondità.

ROCK-GLACIERS

Ammassi di blocchi e detriti che si trovano in ambiente periglaciale nell'ambito o al piede dei versanti rocciosi o sul fondo delle valli. Hanno forma lobata, presentano creste e depressioni arcuate e spesso concentriche e terminano a valle con una ripida scarpata. I rock-glaciers attivi sono soggetti ad un movimento verso valle dovuto principalmente alla presenza di ghiaccio all'interno della massa dei blocchi.

SCANNELLATURE

(E: solution flutes; D: Rillenkarren; F: cannellures, rigoles)

Solchi a fondo arrotondato o ellittico, separati da sottili creste affilate. Hanno profondità variabile da pochi millimetri a 2 cm, larghezza di 1 ÷ 4 cm e lunghezza inferiore al metro. Si trovano quasi sempre raggruppati; la loro direzione segue la massima pendenza e hanno perciò a seconda delle condizioni disposizione subparallela a pettine o pinnata, convergente, divergente, radiale. La loro formazione è dovuta soprattutto all'azione solvente dell'acqua di pioggia.

SCHICHTTREPPENKARST

(Int.; E; staircase karst; F: karst à banquettes structurales)

Forme complesse costituite da banchi di rocce carsificabili non molto inclinati il cui affioramento crea un profilo a gradinata, dove ogni gradino è formato dalla testata di un banco roccioso. Lo Schichttreppenkarst è frequente in ambienti di alta montagna e la sua genesi è stata spiegata con l'erosione glaciale che avrebbe asportato la copertura di regolite dal versante carsificato e sradicato vari blocchi dalle bancate più esposte accentuando i motivi a gradinata. L'eventuale detrito morenico lasciato dal ghiacciaio al suo ritiro può essere stato in gran parte asportato per soluzione. Lo Schichttreppenkarst è dunque dovuto al modellamento glaciale, all'erosione carsica e alla struttura.

SOLCHI A DOCCIA

(E: solution grooves, solution runnels; D: Rinnenkarren; F: lapiés à rigoles)

— A MEANDRI

(E: meandering runnels; D: Mäanderkarren; F: lapiés à méanders)

Solchi di dimensioni maggiori delle scannellature: la profondità può essere di parecchi decimetri, la larghezza arriva a 50 cm, sono state misurate lunghezze fino a 20 metri. I fianchi si presentano spesso molto inclinati o verticali e talvolta strapiombanti. Il fondo è liscio, talvolta con un piccolo solco inciso o con conchette a gradinata. Seguono più o meno tortuosamente la pendenza, divenendo rettilinei all'aumento di questa. Per pendenze inferiori a 15°-20° possono presentare un andamento meandriforme. Sono generati dallo scorrimento di acque già incanalate in rivoli in condizioni libere o semilibere.

SOLIFLUSSO

Movimento lento di detrito che si muove per gravità lungo un versante o sul fondo di una valle come una massa fluida viscosa, creando forme lobate, terrazzette o festoni. Quando il movimento è dovuto all'azione preminente del gelo e disgelo si usa il termine geliflusso.

SPITZKARREN

(E: solution spikes; D: Spitzkarren; F: lapiaz à pointes)

Campi solcati dove le creste che separano solchi e fori hanno un andamento discontinuo o interrotto, con culminazioni che presentano spigoli netti e punte aguzze.

SUBGLACIALE

Termine riferito ai processi che hanno luogo al di sotto di un ghiacciaio e alle forme che da questi sono modellate.

SUFFOSIONE

Scorrimento subsuperficiale dell'acqua all'interno di un suolo o di materiali sciolti. L'erosione operata dall'acqua può portare alla formazione in superficie di conche chiuse o di depressioni allungate e in profondità di condotte e pozzetti.

SUPERFICI ALVEOLATE

(E: cockled and crinkled surfaces; F: surfaces alveolées)

Superfici butterate da cavità di dimensioni da millimetriche a centimetriche emisferiche, emiellittiche o variamente irregolari, che spesso si intersecano lasciando in rilievo creste sottili e affilate e cuspidi aguzze. La loro formazione ed evoluzione è dovuta alla presenza di alghe microscopiche che vivono sulla superficie della roccia che appare di colore nero (l'azione carsica dovuta principalmente all'attività delle piante è indicata con il termine di fitocarsismo).

TECTOCARSO

V. fluviocarso.

TERMOCARSO

Ambiente periglaciale, la cui morfologia è determinata dalla fusione di lenti o livelli di ghiaccio, o di suolo gelato presenti nel terreno. Tipiche sono le conche chiuse talvolta occupate da piccoli laghi che ricordano i paesaggi a doline, donde il nome attribuito a tali zone. Per la morfologia che similmente si genera per fusione del ghiaccio sulla superficie di ghiacciai o di nevai si adotta il termine di criocarso.

TERRA ROSSA

V. paleosuoli.

TOPOGRAFIA DI FJELL

Topografia caratteristica generata da un ghiacciaio di altopiano che, pur modificando la morfologia preesistente, non ha operato una erosione intensa. Le forme caratteristiche sono date da rocce montonate e da piccoli dossi separati da vallecole e conche in genere a fondo arrotondato.

TRAVERTINO

(E: travertine, calcareous tufa; D: Travertin, Kalktuff; F: travertin, tuf calcaire)

Roccia formata dalla deposizione di carbonato di calcio in letti compatti, con vuoti allineati secondo le linee di deposizione. L'ambiente di deposizione è spesso quello delle zone di pianura ai piedi dei massicci calcarei, talvolta al limite di zone lacustri. Nella letteratura francese si distinguono questi travertini tipici dai "tufs", depositi caratteristici di carbonato di calcio presso sorgenti o cascate, dove la vegetazione (specialmente muschi e alghe) ha un ruolo attivo nel processo di deposizione del carbonato di calcio. I "tufs" si presentano più leggeri e porosi avendo minore compattezza e resistenza rispetto ai travertini classici.

UVALA

(Int.; F: ouvala)

Termine generico indicante depressioni chiuse di forma irregolare ampie fino a parecchie centinaia di metri, con fondo spesso accidentato per la presenza di singole doline. Frequentemente tali depressioni sono formate da più doline coalescenti, ma la loro genesi può anche essere ascritta alla situazione strutturale.

VALLE ANTICLINALE

Valle impostata in corrispondenza dell'asse di una piega anticlinale. Le valli anticlinali hanno origine strutturale, poichè l'idrografia si è sviluppata lungo le zone di affioramento di rocce più tenere al nucleo dell'anticlinale. Lo sviluppo delle valli anticlinali porta ad una situazione di inversione del rilievo.

VALLE CHIUSA

(E: pocket valley, coombe, steephead; D: Sacktal; F: reculée, vallée en cul de sac, bout du monde)

Valle in rocce carsificabili avente origine da una scarpata a forma di circo, generata sia dall'arretramento o erosione regressiva della sorgente carsica all'interno di un rilievo, sia dal crollo della volta di una galleria. Può essere considerata come un canyon (V.) embrionale. Valli chiuse sono spesso situate al piede dei massicci carsici, dove si ha l'emergenza di acque carsiche da sorgenti di grande portata.

VALLE CIECA

(E: blind valley; D: Blindtal, Kesseltal; F: vallée aveugle, vallée fermée)

Valle che termina a cul di sacco nel punto in cui il corso d'acqua (spesso allogeno, cioè proveniente da una regione dove affiorano rocce impermeabili) viene inghiottito. La quota del punto di assorbimento determina l'approfondimento della valle a monte, mentre dopo di questo la valle appare proseguire come valle secca con un fondovalle a quote superiori di quelle del segmento a monte ancora attivo.

VALLE SECCA

(E: dry valley; D: Trockental; F: vallée sèche, vallée morte)

Indicata anche con i termini valle morta o valle inattiva è una valle nella quale non vi è scorrimento superficiale di acqua, o vi è soltanto sporadicamente, a causa dell'assorbimento dell'acqua nel sottosuolo per carsismo. La valle può essere stata generata da processi fluviali (valle fluviocarsica) o periglaciali o nivali (valle nivocarsica) precedenti l'incarsimento.

VASCHETTE DI CORROSIONE

(E: solution pans, solution basins, lapiés potholes, rock tanks; D. Napfkarren; F. lapiés en nids de poules)

Sono conosciute anche con il termine internazionale di kamenitze. Si tratta di cavità poco profonde (al massimo alcuni decimetri) aventi forma circolare o grossolanamente ellittica, con dimensioni massime di pochi metri. Caratteristico è il fondo generalmente piatto e orizzontale, mentre le pareti sono verticali o aggettanti. Talvolta sulle pareti si individuano cornici orizzontali che dimostrano uno sviluppo ciclico di queste forme. Frequente è la presenza di un solco che funge da emissario delle vaschette. L'origine di queste forme è da cavità embrionali di pochi centimetri a forma di coppella e lo sviluppo è dovuto al prolungato ristagno dell'acqua e alla conseguente attività di piante e microorganismi che prosperano nell'ambiente umido. Ad essi è dovuta la patina scura che la roccia presenta nelle vaschette attive.

VERSANTE REGOLARIZZATO

Un versante viene definito regolarizzato quando i processi dovuti prevalentemente alla gravità ne hanno ridotto la pendenza finchè la loro intensità è molto ridotta e la successiva evoluzione del versante è dovuta al concorso di altri processi che operano in modo meno intenso. I versanti regolarizzati presentano solitamente un profilo rettilineo con una inclinazione che non supera i 30°-40°.

Atti e Memorie della Comm. Grotte "E. Boegan"	Vol. 25	pp. 61-90	Trieste 1986

FERRUCCIO MOSETTI, PAOLA MOSETTI

SULLA CARSIFICAZIONE PROFONDA DEL CARSO TRIESTINO

RIASSUNTO

Si formula l'ipotesi che l'incarsimento del Carso Triestino sia assai più profondo di quanto finora noto. Vengono indicate alcune prove di tale fatto, legato soprattutto all'abbassamento del livello del mare sia in occasione delle glaciazioni del Quaternario che del più antico (miocenico) prosciugamento del Mediterraneo. L'incarsimento profondo comunque oggi risulta del tutto virtuale alle maggiori profondità perchè le acque circolanti hanno depositato $CaCO_3$ specie per effetto termico. In alcuni casi peraltro esso è ancora persistente sotto l'attuale livello del mare, oppure si riconoscono tracce lasciate dall'incarsimento profondo.

Si valuta la possibilità di individuare l'entità dell'incarsimento attraverso misure geofisiche e la velocità mediante analisi chimiche delle acque e delle rocce. In base al contenuto attuale in ioni Ca e Mg nelle acque si danno dei giudizi in merito, rilevando che, probabilmente per particolari meccanismi di concentrazione della CO_2 nell'aria tellurica e nell'aria delle cavità (ed anche per il gioco di variazioni termiche), l'incarsimento è più vivace in profondità che non in superficie. Infatti misure dirette dell'attacco chimico su campioni di calcare in superficie, che vengono considerate in alcuni paragoni, danno velocità di incarsimento minori di quelle calcolabili in base al contenuto salino delle acque di circolazione carsica. Si valuta che l'incarsimento, sviluppato sia come erosione della superficie che come "svuotamento" interno, corrisponda ad abbassamenti equivalenti di 0.064 mm/anno considerando questi due processi; mentre l'erosione superficiale consta semplicemente di un abbassamento del suolo, l'azione interna di dissolvimento dei calcari fa diminuire la densità d'insieme e, specie se l'incarsimento è stato molto approfondito, può aver portato a squilibri di tipo isostatico.

Infine, da tutte le misure eseguite sembrerebbe che le dolomie ed i calcari dolomitici non siano meno carsificabili dei semplici calcari, anche se può sembrare esista una minor attaccabilità dei calcari magnesiferi per il minor contenuto di Mg nelle acque sia di circolazione carsica che di dissoluzione di campioni di roccia.

SUMMARY

Some ideas and hypotheses are here exposed on the erosive processes of the Trieste's karst, by emphasizing the possibility of a old karstification deeper as it is known at present. The first causes of such a deep process is the sinking of the mean sea level both in the glacial periods of the Quaternary and in the older (Miocenic) desiccation of the Mediterranean Sea. At present moreover such a karstification seems to be quite potential and practically unreal since in the subterranean waters the $CaCO_3$, becomes deposited particularly by thermal effect. Nevertheless some tracks under the present sea level are yet recognizable.

Measurements of the intensity of the rocks eroding and dissolving are possible through geophysical or hydrochemical surveys. The Ca and Mg content in the waters is discussed by supposing that the telluric or subterranean atmosphere is enriched in CO_2 with respect to the superficial one. Enrichment could be favoured through thermal processes and also by means of some concentration of CO_2 caused by the precipitation, in other places, of the $CaCO_3$ or by the action of the local atmospheric pressure in the bubbles or drops path into the fractures.

Some proofs on the dissolution of rock samples at the surface have carried out; in the resulting waters Ca and Mg values are lesser than the ones revealed in the subterranean waters. The dissolution must be regarded as a part of superficial erosion and a part of internal production of cavities. The limestone depletion following the cavity formation could pull down the density of a rock complex with the consequence of isostatic basculation or raising. The cumulative erosion of the Karst (inclusive of the superficial erosion and internal dissolution) calculated by the water contents of Ca and Mg is 0.064 mm/year but this value could increase if we consider also the material suspended in the water in addition to the dissolved one.

A further discussion concerns the different solubility of the limestone compared with the dolomite: some proofs would demonstrate a larger solubility of the dolomite, connected with a concentration of the Mg in the waters running in the karstic territories.

Introduzione

Ricerche a carattere locale hanno dato diverse prove dalle quali risulta che la carsificazione del Carso triestino giunge ben sotto l'attuale livello del mare. Gli accertamenti diretti e "visibili" porterebbero invece a supporre che la carsificazione si fermi all'incirca al livello del mare. Infatti grotte e caverne che si aprono sull'altipiano, anche se alcune sono arealmente vaste, non giungono (all'apparenza) a grandi profondità; l'abisso di Trebiciano, il più profondo, si ferma sotto il livello marino attuale, nè le scarse manifestazioni di grotte sotto il livello del mare (dove questo non lambisce, come per la maggior parte della costa del Carso triestino, terreni flyschoidi) potevano far ammettere una notevole continuazione verso il basso dell'incarsimento.

Le prove locali che attualmente si hanno sull'esistenza di incarsimento profondo nel Carso triestino sono però svariate ed alcune, seppur note da tempo — come ad esempio le terme di Monfalcone —, non erano state finora correlate col fenomeno carsico nel suo insieme. Queste sono:

1. Le terme di Monfalcone constano di acque di infiltrazione carsica che, giunte ad una certa profondità (dove esistono elevate temperature), risalgono per effetto di termosifone: l'emersione avviene da fratturazioni beanti. Tuttavia la portata delle sorgenti calde è piccola (sarebbero stati misurati 16 l/s, ma probabilmente oggi la portata effettiva è diminuita per i vari rimaneggiamenti subiti dalla zona) e la temperatura massima è sui 40°C. Però se si eliminasse la infiltrazione superficiale di acqua marina (denunciata dalla presenza di notevoli quantità di cloruri) si avrebbe una temperatura sui 60°C, che denuncerebbe una provenienza delle acque da una profondità di circa 2000 metri. Il flusso costante e relativamente rapido verso l'alto permetterebbe alle fessure di rimanere beanti. Tale tipo di circolazione idrica è legato alle peculiari condizioni della zona, che probabilmente ha subito un incarsimento profondo nel passato.
2. Senza giungere alle ipotizzate profondità d'origine delle acque termali di Monfalcone è risaputo che l'acqua delle risorgive del Timavo proviene da sifonamenti alquanto profondi (sull'ordine delle decine di metri) e che solo in parte scorre in senso orizzontale. La Grotta dei Colombi (227 V.G.) situata poco a monte delle risorgive del Timavo, si apre a quota + 28.24 m s.l.m. ed è parzialmente riempita da acqua (da + 4 m s.l.m. — variabili con le condizioni idrologiche — fino al fondo grotta che giace a circa 40 m sotto l'attuale livello del mare). Anche nella vicina Grotta del Lago (4583 V.G.) i sub sono scesi per una quarantina di metri, senza peraltro raggiungere il fondo, alle risorgive del Timavo (3919 V.G.) è stata superata pure la profondità di 60 m. Alcune grotte recentemente scoperte nella fascia che va da Prosecco ad Aurisina giungono al livello del mare o a quote molto prossime ad esso ma hanno il fondo occluso da sedimenti di terra rossa ed argilla che pare si affondino notevolmente, riempiendo cavità che si prolungano verso il basso.
3. Ulteriori prove sono state ricavate da rilievi geoelettrici (MOSETTI, 1954) in parte integrati da qualche perforazione, eseguiti sia in corrispondenza della cartiera del Timavo che nella zona industriale di Monfalcone. I rilievi hanno individuato profonde incisioni nel calcare basale, sotto i sedimenti palustri o marini della zona, con forme a canyon situate anche oltre gli 80 m sotto l'attuale livello del mare.
4. Probabilmente però i risultati più probanti sono quelli derivati dalle ricerche promosse dall'Acega (nel programma di indagini per il nuovo Acquedotto di Trieste) nella pianura tra l'Isonzo ed il Carso, sia con la terebrazione di pozzi eseguiti nel 1974 che con quelli effettuati nel 1984-85. Un pozzo eseguito a Cassegliano (lat. 45°50'33" N, long. 0°59'58" E, quota 15 m s.l.m.) ha riscontrato, dopo un'alternanza di depositi fluviali e marini, il basamento calcareo a 178.5 m sotto l'attuale livello del mare. Perforati circa 4 metri di calcare si incontrò una caverna che venne attraversata per una profondità di circa 12 metri senza incontrare il fondo (il pozzo venne arrestato in questa caverna a 193 m sotto il livello marino). Dalla grotta vennero

carotati grossi frammenti di materiale stalattitico, ciottoli calcarei anche molto grossi e terra rossa; con prove di pompatura da questa grotta si emunse anche acqua. La cavità ospita quindi un corso sotterraneo ben più profondo dell'attuale Timavo e con acqua che verosimilmente si disperde nelle alluvioni profonde della pianura friulana allo sbocco della grotta.
I due pozzi perforati nel secondo periodo, in località San Zanut (lat. 45°50'17" N, long. 1°0'55" E e quota 15.67 m s.l.m.; lat. 45°50'22" N, long. 1°0'27" E e quota 14.60 m s.l.m.), hanno pure trovato il basamento calcareo, rispettivamente a 138.63 m ed a 160.10 m sotto l'attuale livello marino. I sondaggi non sono penetrati nel calcare per saggiare se vi fossero delle cavernosità, ma, comunque, nel primo pozzo i frammenti più superficiali di campioni calcarei estratti, assieme a copiosa terra rossa, lasciavano vedere che si trattava di un tipico karren, oggi sommerso sotto 154 m di materiale alluvionale. Tracce di copertura argillosa "carsica" si notarono anche nel secondo pozzo a 174 m di profondità. Il risultato del pozzo di Cassegliano (del quale è già stata data notizia — MOSETTI 1980 —) ci pare di straordinaria importanza per l'aver messo in evidenza un incarsimento "fossile" e tuttavia ancora attivo, con percolazione d'acqua (si poterono allora pompare 82 l/s con abbassamenti di livello di falda tollerabili, di circa 6 m) a circa 200 m sotto l'attuale livello del mare.

Oltre a queste prove dirette esistono anche dati indiretti che provano incarsimenti profondi: fra questi, per esempio, i risultati di rilievi geoelettrici e sismici condotti sul Carso, dei quali si parlerà a proposito dei metodi indiretti di determinazione dell'incarsimento.

Tuttavia, anche tralasciando le prove locali, esistono considerazioni ed ipotesi più generali che bisogna considerare e che comproverebbero una notevole profondità dell'incarsimento avvenuto nel passato. Con riguardo all'intero bacino dell'Adriatico e del Mediterraneo esse sono:

1. L'abbassamento del livello dell'Adriatico (ed in genere di tutti gli oceani) in relazione alle glaciazioni, per sottrazione di acqua sotto forma di ghiacci depositatisi in aree continentali. Se si accetta questa ipotesi la profondità dell'incarsimento è almeno legata agli abbassamenti del livello generale degli oceani (e del Mediterraneo in particolare). Nell'ultima glaciazione l'abbassamento del livello del mare dovrebbe esser stato di almeno 150 m rispetto all'attuale; con questo si possono spiegare le presenze di cavità fino a oltre 100 m sotto l'attuale livello marino, ma l'entità di un tale abbassamento pare insignificante a giustificare incarsimenti ancor più profondi (a meno che non si consideri un concomitante o seguente incarsimento sottomarino). Nelle alternanze di glaciazioni e periodi interglaciali il livello marino ha subìto cospicue oscillazioni, rimanendo fissato attorno a determinati valori per tempi più o meno lunghi. Ciò può aver determinato sia "livelli preferenziali" di incarsimento che dilavamenti di depositi detritici. Il tutto può esser stato complicato da movimenti di "uplifting" della zona emersa.
2. Il prosciugamento (totale o interessante vaste aree) del Mediterraneo avvenuto forse varie volte ma comunque in epoca miocenica. Questa recente ipotesi (K.J. HSÜ, 1973) supporrebbe il prosciugamento del Mediterraneo con formazione di laghi residuali soprassaturi di sale nelle aree più depresse, tra la fine del Miocene e l'inizio del Pliocene (circa 5 o 6 milioni di anni fa). L'antico livello del Mediterraneo può esser finito circa 3000 m sotto l'attuale livello del mare. Questo livello (3000 m) corrisponderebbe al livello di base dei fiumi allora sfocianti nel bacino chiuso, rimasto secco. La prova di tale fatto, oltre che nelle abbondanti formazioni evaporitiche rilevate sul fondo del Mediterraneo occidentale (per esempio FINETTI e MORELLI, 1973), sarebbe anche nel sovrascavamento delle valli sia del Rodano che del Nilo rispetto al livello attuale del mare (HSÜ, 1973). Di conseguenza il livello -3000 m sarebbe stato anche il livello di base (o prossimo a questo) delle acque sotterranee nelle aree carsiche circostanti il mare. L'essiccamento del Mediterraneo ovviamente avrebbe influenzato anche l'Adriatico settentrionale e quindi i processi di attacco nel Carso triestino (con incarsimenti fino circa a 3000 m di profondità).

Comunque, considerando solo la prima delle due ipotesi è evidente che un livello del mare più basso di circa 200 m abbia obbligato comunque ad una percolazione delle acque carsiche più in profondità della situazione attuale oppure, se queste acque fossero venute a giorno a quote più elevate dell'allora livello del mare, si sarebbero formate (per più o meno improvvisi fenomeni di ringiovanimento) incisioni, canyon e cascate. La seconda delle ipotesi spiegherebbe fenomeni ben più profondi ed anche più prolungati nel tempo con conseguenti vari livelli di incarsimento preferenziale.

I due citati fattori (abbassamento del livello marino per le glaciazioni e prosciugamento del Mediterraneo) sono legati a cause opposte, seppur entrambe di carattere climatico; ossia una comportante temperature più basse, l'altra invece elevazione della temperatura. Queste differenti condizioni termiche possono pure essersi riflesse sia sull'incarsimento che sulla velocità del processo.

Con ciò l'incarsimento non sarebbe legato solamente alle variazioni del livello del mare, ma anche — e soprattutto — alle differenti condizioni termiche prodottesi: in particolare l'abbassamento della temperatura al suolo in epoca glaciale, e quindi anche l'abbassamento della temperatura interna ai calcari per l'aumentata areazione legata all'abbassamento della falda (quest'ultimo è conseguenza di entrambe le due opposte situazioni), non può non aver accelerato l'attacco chimico dei carbonati.

Ed è per tale motivo che è necessario fare diverse considerazioni, non solo idrauliche ma anche di carattere fisico-chimico, per riuscire a spiegare quali siano state (e siano attualmente) le condizioni necessarie per l'instaurarsi e lo svilupparsi di fenomeni carsici, nonchè per tentare di giustificare l'esistenza di incarsimenti profondi (certamente più profondi di quelli finora ritenuti).

Il clima ha insomma regolato l'incarsimento: in alcune situazioni si sono verificate condizioni implicanti un aumento dell'attacco chimico da parte dell'anidride carbonica dell'atmosfera che, come ben noto, si scioglie nell'acqua tanto più quanto più bassa è la temperatura. Il riscaldamento di strati profondi, favorito da una scarsità di circolazione idrica e da un riscaldamento generale, permette invece la precipitazione del carbonato di calcio; ossia vengono a crearsi sia condizioni di minimo attacco chimico (o anche nullo) che di occlusione di preesistenti cavità oppure semplicemente di leptoclasi, con concrezioni carbonatiche. L'incarsimento è quindi strettamente legato, sia in modo diretto che indiretto, a larghe oscillazioni climatiche capaci di determinare nelle aree interessate profonde variazioni strutturali e morfologiche nei litotipi carbonatici.

Chimica dei carbonati e processi di carsificazione

L'attacco chimico (dissoluzione) dei carbonati è strettamente legato alla concentrazione di anidride carbonica nell'acqua (sia questa meteorica superficiale, di percolazione, o circolazione idrica sotterranea). Un aumento della CO_2 nell'acqua tale da rendere quest'ultima in condizioni più favorevoli a disciogliere i carbonati dipende sia da condizioni interne tali che la CO_2 possa facilmente concentrarsi nell'acqua sia da fattori esterni che determinano una elevata quantità di CO_2 nell'atmosfera (sia in generale che nella zona corrispondente all'attacco dei calcari). Le condizioni fisiche che determinano la maggior solubilità della CO_2 nell'acqua sono infatti la bassa temperatura[1] oppure una alta pressione parziale della CO_2 dell'aria.

Il primo caso (bassa temperatura) è comunque legato ai periodi glaciali; il carsismo potrebbe essersi sviluppato maggiormente con condizioni di clima rigido oppure, addirittura, aver avuto uno sviluppo maggiore sotto coperture glaciali. Attualmente l'attacco ai carbonati sarebbe più sviluppato, per lo stesso motivo termico, in inverno che in estate.

---

(1) Infatti secondo Hodgman (1951 - citato da Schoeller H., 1962 -) il coefficiente di solubilità della CO_2 è di 1713 cm^3/l a 0°C e 665 cm^3/l a 30°C.

In teoria se la temperatura interna è più alta rispetto all'esterno (inverno) si dovrebbe avere la precipitazione del carbonato (per esempio il formarsi di concrezioni) ed eventualmente l'occlusione di piccole fratture. Prolungate condizioni di maggiori temperature profonde rispetto all'esterno possono aver determinato spesse formazioni di concrezione. A proposito è da notare che riempimenti di calcite sono molto frequenti, e probabilmente lo sono anche di più di quel che si pensa soprattutto in profondità, anche se difficilmente individuabili (basti pensare che metodi indiretti come la geoelettrica non sempre riescono con esattezza a localizzare riempimenti, soprattutto se profondi, di calcite in cavità, poichè la resistività di un calcare molto incarsito è poco diversa dalla resistività di un calcare incarsito le cui cavernosità siano occluse da calcite).

Tornando sul discorso della differenza di temperatura fra l'interno (cavità) e l'esterno, sempre in teoria, d'estate, quando internamente la temperatura è minore che all'esterno, si dovrebbe avere l'attacco dei carbonati. Se la differenza di temperatura variasse esattamente in modo sinusoidale i due processi (d'inverno precipitazione dei carbonati e d'estate attacco degli stessi) sarebbero praticamente in equilibrio. Però non è detto che questa situazione sia sempre reale, lunghe fluttuazioni climatiche potrebbero avere il loro peso.

Le acque percolanti dovrebbero avere un contenuto in Ca maggiore se queste sono fredde (per esempio se il deflusso è rapido) mentre s'è osservato che nel sistema delle risorgive del Timavo il contenuto in Ca (Tab. 2) è maggiore in estate ed il Mg invece è maggiore in inverno. Potrebbe anche darsi che d'estate il Ca disciolto sia maggiore che d'inverno (il carbonato di Ca si scioglie, in acque impoverite in CO_2, di più al caldo che al freddo — secondo Landolt-Bornstein circa 14 mg/l a 25°C e 18 mg/l a 100°C-); da ciò si potrebbe dedurre che nelle acque di risorgiva carsiva la CO_2 sia ormai inattiva, ossia sia tutta in equilibrio con i carbonati. Il diverso comportamento del Mg potrebbe anche dipendere da complicati processi di interferenza. Succede però anche l'opposto: la temperatura delle risorgive d'estate è minore di quella dell'acqua superficiale (a San Canziano si hanno anche 22°C contro i 12-13°C circa del basso Timavo) e quindi la solubilizzazione è agevolata in senso relativo, anche perchè la solubilità della CO_2 — nell'aria locale prossima alle risorgive — è favorita[2]. Comunque l'argomento è estremamente complesso.

Se l'acqua non è in movimento (per esempio riempimenti di acqua o ristagni in cavità senza alcuno sfogo idrico, ossia fratturazioni, oppure laghi sotterranei) gli scambi di CO_2 con l'atmosfera sono estremamente ridotti e l'acqua giunge prestissimo in condizioni di equilibrio di CO_2.

Per il secondo caso (alta pressione parziale della CO_2 dell'aria) è da considerare che, a parità di temperatura la pressione parziale della CO_2 nell'aria aumenta o perchè aumenta la percentuale di CO_2 nell'aria o perchè aumenta la pressione totale dell'aria.

Al riguardo è stato osservato che (CASTELLANI e DRAGONI, 1982) se esiste una cavernosità, o anche una semplice frattura, nella roccia carbonatica, e se esiste pure una circolazione idrica sotterranea, se si verifica un aumento del livello dell'acqua, l'aria sovrastante, racchiusa in cavernosità della volta irregolare di condotte sotterranee, viene compressa e la CO_2 qui presente viene a trovarsi in condizioni di sciogliersi maggiormente nell'acqua e iniziare (o continuare) la dissoluzione dei carbonati.

Effetto di compressione e di temperatura possono sommarsi sotto le coperture glaciali a contatto delle quali la pressione aumenta per il semplice carico. Inoltre in zone costiere si potrebbero anche considerare le pressioni legate alle maree, per il ritmico alzarsi ed abbassarsi del livello del mare, su formazioni calcaree fratturate o precedentemente incarsite e prossime al mare.

Inoltre, sempre riguardo all'aumento della CO_2 con l'aumento della pressione, è noto che frequentemente, anche per minime variazioni della pressione esterna, in una grotta si possono produrre correnti d'aria fortissime legate appunto a differenze di pressione fra interno ed ester-

---

(2) L'attacco di questa è quasi immediato: vedasi in Tab. 1 lo stillicidio in Grotta Gigante, già molto arricchito in Ca.

no. In questi casi si possono formare pressioni più elevate in taluni siti[3], con aumento dell'attacco chimico. Compressioni d'aria in grotte, con conseguente aumento della CO_2 sono anche connesse con la circolazione idrica.

Per quanto riguarda l'aumento della concentrazione della CO_2 nell'ambiente in generale è da ricordare che la produzione di CO_2 avviene per decomposizione di sostanza organica o, in condizioni di evaporazione (ovviamente con alta temperatura), per precipitazione dei carbonati[4]. Ed è per tale motivo che, come detto all'inizio, l'incarsimento è direttamente legato ad ampie oscillazioni climatiche. La decomposizione di sostanza organica fa aumentare la CO_2 nell'aria tellurica sotto la copertura di humus. Questa produzione aumenta in zone riccamente forestate. Però è pure da tener presente che gran parte dei riempimenti di cavità è costituita da argille che frequentemente sono molto ricche di sostanze organiche. Se le cavernosità sono sufficientemente profonde da non esser illuminate (e quindi da non permettere il consumo di CO_2 per la fotosintesi) i batteri presenti nelle argille distruggono completamente la sostanza organica producendo così notevole quantità di CO_2 che resta a disposizione per l'attacco ai calcari.

Tenendo conto di tutte queste varie considerazioni si può tracciare uno schema delle diverse condizioni fisico-chimiche che si sono create (e si creano in parte tuttora) nell'ambiente carsico e che hanno instaurato l'origine del processo di carsificazione.

L'incarsimento superficiale dipende in massima parte dal dilavamento di acque ricche di CO_2 atmosferica se la roccia è nuda; acque molto ricche in CO_2 possono esser esistite nei periodi glaciali ed incarsimenti superficiali possono esser avvenuti anche sotto la copertura glaciale, o forse sono iniziati in quelle condizioni climatiche.

Rocce carbonatiche a contatto con acqua marina possono anche dissolversi in modo più o meno rapido perchè l'aumento di certi sali (come per esempio NaCl) sembra favorire la solubilizzazione sia del carbonato di calcio che anche di quello di magnesio (ciò potrebbe anche giustificare l'esistenza di incarsimenti sottomarini)[5].

Per quanto riguarda l'incarsimento profondo l'esame si fa più complesso, entrando in gioco ulteriori considerazioni. L'incarsimento in profondità dipende anche dal fatto che l'acqua di infiltrazione sia o meno saturata in CO_2 (che sia o no in equilibrio con i carbonati; potrebbe infatti darsi che la CO_2 previamente contenuta sia stata consumata per solubilizzare i carbonati nella parte superiore).

In pratica succede però che se l'acqua è ricca di CO_2 non in equilibrio e se riesce a penetrare in profondità scendendo verso il basso si troverà in un ambiente sempre più caldo per il gradiente geotermico naturale. Ciò vorrebbe dire che in profondità si dovrebbe avere sempre (o quasi esclusivamente) deposito di carbonati. Non è detto però che la situazione geotermica sia stata sempre la stessa a parità di profondità (sotto il permafrost sicuramente la situazione era diversa, ed anche in condizioni subacquee la situazione può esser, o esser stata, diversa).

Acque meteoriche ricche in CO_2 attaccano i carbonati in superficie, riescono a penetrare in profondità attraverso fratturazioni preesistenti, di origine tettonica, o meati creati per carsismo; scendendo perdono la CO_2 (già usata nel dissolvimento dei carbonati sovrastanti), ma possono ringiovanirsi (ossia riacquistare quel tanto di CO_2 da ritornare attive) con semplici mescolamenti con altre acque ricche in CO_2 (per esempio nuove pioggie oppure anche, forse, acque di perdita in subalvea di corsi d'acqua prossimi ai territori carsici). Ad una certa profondità, in ogni caso, le acque perderebbero le possibilità di attacco, avendo ormai consumato la CO_2 disponibile.

---

(3) Potrebbe essere interessante determinare in questi casi la percentuale di CO_2 presente in loco.

(4) Entrambi i carbonati, sia di Ca che di Mg, tendono a precipitare per aumento di temperatura.

(5) È da osservare che l'acqua sotterranea che circola contiene altri ioni, oltra a Ca, Mg, HCO_3, che non precipitano se non intervengono disequilibri fisici o fisico-chimici.

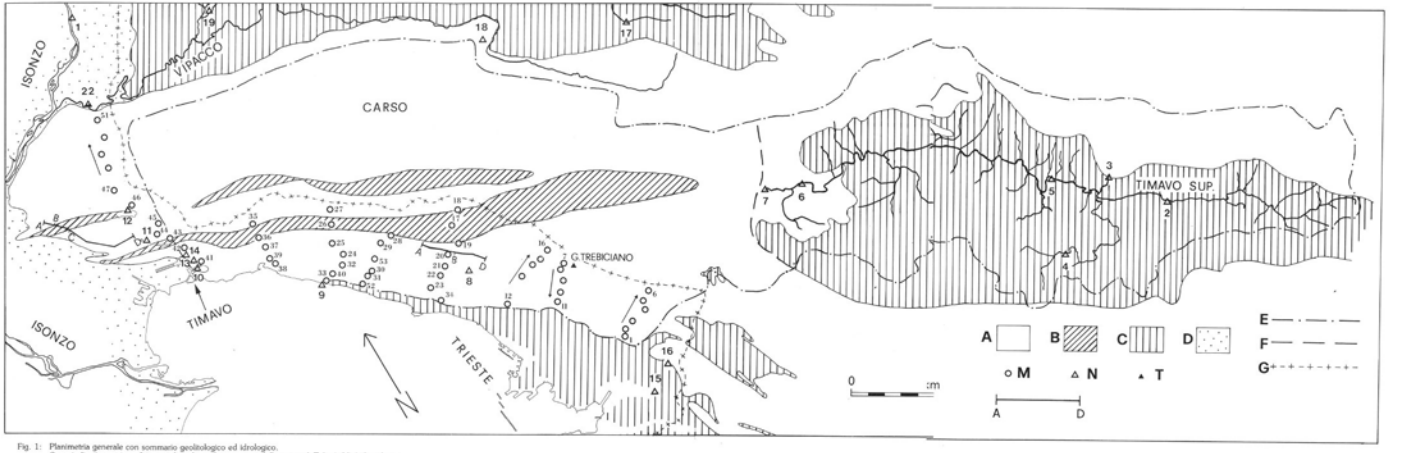


Fig. 1: Planimetria generale con sommario geolitologico ed idrologico.
Sono indicati con triangoli i punti di prelievo dei campioni delle acque di Tab. 1 (N) (salvo alcuni che cadono fuori dalla carta, ma che non appartengono al bacino del Timavo), con punti (M) i luoghi di prelievo dei campioni rocciosi di Tab. 3. Vengono riportate anche la posizione del sondaggio elettrico di Fig. 2 (Grotta di Trebiciano - T) e le tracce dei due profili di resistività di Fig. 3 (A-D). I vari simboli grafici indicano: A = calcare, B = dolomia, C = flysch, D = alluvione, E = limite del bacini del Timavo e del Carso, F = separazione fra il bacino del Timavo e del Carso, G = confine di Stato. La differenziazione litologica è limitata all'area compresa entro il bacino del Timavo e del Carso e le zone immediatamente circostanti. I limiti della dolomia sono stati dedotti dalla carta geologica austriaca "Görz und Gradisca" rilevata da G. Stache.

Esperienze sulla dissoluzione

Dalla composizione chimica delle acque carsiche si può avere un'idea del dissolvimento delle formazioni rocciose attaccate, e ciò al netto della rideposizione, che è essenzialmente legata ad aumenti di temperatura. La Tabella 1, pur riferita ad un unico periodo di prelievo ed analisi delle acque (non sono valori mediati nel tempo), esprime la composizione di varie acque del Carso, sia pur limitatamente al calcio ed al magnesio. Si può osservare come il contenuto in Ca aumenti notevolmente dall'alto Timavo verso le foci, e ciò sarebbe dovuto non tanto ad una minor temperatura a monte (che con più CO_2 favorirebbe il passaggio in soluzione del Ca) quanto piuttosto all'effetto del percorso ipogeo che riceve l'intensa percolazione sotterranea e che denota perciò il suo massimo nel basso Timavo. Il relativamente alto contenuto, nel basso Timavo, di Mg è dovuto all'apporto di zone con dolomie e calcari dolomitici percolate dalle acque carsiche (si nota del resto l'elevato valore di Mg nelle sorgenti della Bistrica e del Hubel, che provengono da zone più dolomitiche di aree carsiche oramai fuori dal Carso triestino) quando non sia dovuto, temporaneamente, agli apporti isontini.

Dalla Tabella 2 vediamo che le acque del Timavo inferiore, che si possono intendere rappresentative della media di un vasto drenaggio, contengono grossomodo 75 mg/l di Ca e 7 mg/l di Mg; tali valori non sono però costanti nell'anno, ed infatti la Tabella 2 (pur limitandosi al Ca e Mg di acque prelevate al Timavo, Sardotsch e Doberdò ma analizzate nel corso di un anno) mostra chiaramente che i due costituenti variano nel tempo ed anche in maniera non semplice. Comunque questi valori, 75 mg/l di Ca e 7 mg/l di Mg, sono arrotondati dalle medie di Tab. 2 relative al Timavo e tengono un pò conto (essendo maggiori delle medie) anche dei contributi delle risorgive Sardotsch.

Il Ca sembra variare, più che per effetto della temperatura, nelle diverse condizioni di magra e di piena, forse anche in seguito a differenti estensioni del bacino alimentatore con queste condizioni. Infatti il Ca pare aumentare durante le piene e diminuire durante le magre, ma in modo tuttaltro che regolare anche se si mantiene sempre attorno a valori medi: 75 mg/l per il Timavo, 68 mg/l per Sardotsch e 55 mg/l per Doberdò.

Invece il Mg presenta variazioni più ampie e pare diminuire durante le piene ed aumentare durante le magre; si nota una certa tendenza a maggiori valori in periodo invernale. Comunque le irregolari variazioni sembrerebbero più che altro collegate alla complessa idrologia ed alla presenza di mutevoli scambi tra aree alimentatrici diverse.

Ai valori medi di 75 mg/l e 7 mg/l computati al Ca ed al Mg corrispondono, se riferiti all'originaria roccia disciolta, 187.5 mg/l di $CaCO_3$ e 24.3 mg/l di $MgCO_3$, ossia 211.8 ppm di una roccia "tipo" originaria formata da 88.5% di $CaCO_3$ e 11.5% di $MgCO_3$. In realtà tale roccia non esiste[6].

Infatti si distinguono separate formazioni con circa 98% di $CaCO_3$ o con 60% di $CaCO_3$ (con percentuali proporzionali di $MgCO_3$). Nella Tabella 3 del resto sono rappresentate le "composizioni" di vari campioni di "calcare" raccolti arealmente sul lembo di Carso in zona italiana (la posizione topografica dei campioni analizzati è mostrata in Fig. 1). Più che composizioni chimiche vengono riportati i contenuti percentuali in $CaCO_3$ e $MgCO_3$; non si danno infatti i valori sui contenuti di altri componenti delle rocce calcaree, calcareo-dolomitiche e dolomitiche, ossia Fe, Al e Si tra i principali[7]. Dai dati della Tabella si osserva che esiste un netto distacco tra i campio-

---

(6) Nella parte flyscioide del bacino dell'alto Timavo bisogna tener conto che, oltre alla differente composizione, gioca anche l'erosione ed il dissolvimento superficiale anzichè quelli profondi, che non dovrebbero esistere.

(7) Tutte le analisi chimiche inedite presentate in questo lavoro (e non riferite da Cucchi, Forti, Gemiti, Stefanini o altri autori) sono state eseguite, ancora negli anni 1966-1968, presso i Laboratori dell'Osservatorio Geofisico Sperimentale di Trieste.

ni con $CaCO_3$ attorno a 98% e $MgCO_3$ attorno al 2% (formazione A) ed altri campioni con contenuti in $CaCO_3$ ed in $MgCO_3$ rispettivamente attorno al 60% e 40% (formazione B), con quasi assenza di casi intermedi (tranne il campione 35, proveniente da una zona prossima al contatto fra le due formazioni). Si tratta cioè di formazioni calcaree e calcareo dolomitiche a contatto, senza termini intermedi (ossia non esistono formazioni rocciose derivate da mescolamenti o "reazioni" fra le due — sempre che ciò fosse possibile —). Del resto analoghi risultati sono stati ottenuti da FORTI (FORTI et AL., 1974), in altre analisi di campioni rocciosi.

Prescindendo da fenomeni secondari dovuti sia alla diversa solubilità che all'interazione dei bicarbonati di Ca e Mg o di altri ioni, che, ancora, alla rideposizione (concrezioni), si potrebbe pensare che la composizione dell'acqua carsica media, quale può intendersi quella delle risorgive del Timavo, derivi da un mescolamento di acque di dilavamento della formazione calcarea A con quelle di dilavamento della formazione calcareo-dolomitica o dolomitica B. Queste formazioni sul solo Carso triestino in zona italiana occupano approssimativamente aree di circa 115 km^2 e 25 km^2 rispettivamente per la formazione A (calcari) e per la formazione B (calcari dolomitici e dolomie); ossia in termini percentuali abbiamo circa 82% di formazione A e 18% di formazione B. Probabilmente se estendessimo il discorso alla zona jugoslava, comprendendo nel computo delle aree tutto il presunto bacino carsico del Timavo, avremmo forse dei valori percentuali differenti[8].

Se poniamo che il contenuto percentuale di $CaCO_3$ (pari a 88.5%, ricavato dalla composizione delle acque del Timavo) sia dovuto al dissolvimento di x parti di formazione A ($CaCO_3$ 98%) e di 1-x parti di formazione B ($CaCO_3$ 60%) avremo che

$$88.5 = 98x + 60\ (1-x)$$

di cui x = 75, che non è in completo disaccordo col valore percentuale osservato dalla carta litologica, anche se leggermente inferiore. Ne risulta che avremmo un contributo del 75% di parti essenzialmente calcaree e del 25% di parti dolomitiche o calcareo-dolomitiche come area del bacino capace di dare le composizioni chimiche delle acque delle risorgive. Se si fa lo stesso ragionamento col Mg si dovrebbe considerare che l'11.5% della ipotetica roccia originaria sia in realtà derivato da x parti con 2% di $MgCO_3$ (formazione A) e 1-x parti di formazione B ($MgCO_3$ 40%); avremo che

$$11.5 = 2x + 40\ (1-x)$$

ovviamente con lo stesso risultato. In realtà la parte dolomitica, almeno in superficie, sembra essere alquanto minore del 25%; nè si può pensare che le arenarie contribuiscano all'arricchimento in Mg delle acque in modo sostanziale.

Tenendo conto delle fluttuazioni nella composizione media sia per il Ca che per il Mg si ottengono più o meno gli stessi risultati (solo che, essendo il contenuto in Mg meno abbondante, le differenze di alimentazione si individuano meglio col Ca). Le differenze nella percentuale che appaiono considerando le fluttuazioni potrebbero non esser semplicemente di natura statistica, ma forse potrebbero esser dovute effettivamente a versamenti da zone di volta in volta diverse, ed anche ad effetti, come ad esempio quelli termici o di interazione ionica, che indicheremo co-

---

(8) Queste percentuali possono esser discutibili perchè anche se si considerasse tutto il bacino del Timavo (quindi anche la zona jugoslava) si dovrebbe tener conto anche della zona eocenica a monte di S. Canziano e della parte più orientale, con il bacino alimentante le sorgenti della Bistrica. Il problema non finirebbe qua, perchè bisognerebbe allora anche considerare i, sia pur temporanei, influssi dell'Isonzo. Per esser più esatti sul reale contributo carsico occorrerebbe sottrarre le composizioni chimiche osservate a San Canziano da quelle del Timavo inferiore, proporzionatamente, si capisce, alle portate. Occorrerebbe però allora disporre di lunghe serie di osservazioni delle composizioni chimiche e delle portate sia del basso che dell'alto Timavo, ma questi dati purtroppo non esistono. Per questo motivo siamo ridotti ad accettare approssimativamente i valori che usiamo.

me effetti secondari. A proposito del contenuto in Mg si può osservare la composizione chimica dello stillicidio della Grotta Gigante (Tab. 1) con quasi 5 mg/l di Mg; vien da domandarsi da dove venga tanto Mg, visto che i calcari circostanti ne sono impoveriti. Evidentemente esiste un mescolamento con acque di provenienza dai calcari dolomitici presenti a monte e che quindi si incarsificano anche essi, se non in superficie sicuramente in profondità, ma si potrebbe anche pensare ad una specie di "escrezione" del Mg per la precipitazione del Ca come $CaCO_3$ da previo dissolvimento di calcari con poco (circa 2%) $MgCO_3$; ossia ad un processo di concentrazione relativa del Mg!

Dal valore medio di "roccia disciolta" che si ottiene in base alla composizione chimica delle acque del Timavo, ossia 75 mg/l di Ca e 7 mg/l di Mg, ai quali corrispondono 187.5 mg/l di $CaCO_3$ e 24.3 mg/l di $MgCO_3$, risulterebbe, come visto, che nelle acque si siano sciolti 211.8 mg di roccia carsica "media" per litro di acqua, cioè 0.2118 kg/m^3. Considerando la portata media del Timavo che può essere valutata in 25 m^3/s nella media annua, si può ottenere, con semplici calcoli, il "consumo medio" di Carso per anno; si dedurebbe che vengano trasportati 5.295 kg/s di calcare disciolto, pari a circa 167000 tonnellate di roccia all'anno, alle quali corrisponde — assumendo una densità della roccia pari a 2.6 — un volume di roccia disciolta pari a 64000 m^3/anno. Considerando che l'area del territorio carsico (area totale del bacino del Timavo e adiacenze, che forse sono tributarie) sia in valore arrotondato di 1000 km^2 i 64000 m^3/anno darebbero un "abbassamento equivalente" di 0.064 mm/anno.

CUCCHI et AL. (1985), con determinazioni dirette dell'erodibilità di campioni di roccia, danno un valore del degrado annuo del Carso pari a 0.020 mm; ciò comporta un contenuto sia in Ca che in Mg nelle acque carsiche (visto che le acque meteoriche non contengono apprezzabili quantità di Ca e Mg) decisamente inferiore ai valori osservati. Si potrebbe dedurre che tutto il Ca e il Mg mancante dalla solubilizzazione dei campioni rocciosi, considerando l'abbassamento del Carso di 0.020 mm/anno, derivi da incarsimento profondo. Ossia l'abbassamento potrebbe essere maggiore se il sovrappiù in Ca e Mg osservato nelle acque derivasse appunto dall'incarsimento in profondità, che risulterebbe più forte di quello superficiale per alcuni dei meccanismi accennati (aumento della pressione di CO_2 o della solubilità di CO_2). Le citate esperienze di CUCCHI et AL. (1985) si riferiscono infatti all'attacco di campioni superficiali sottoposti però alla sola azioni degli agenti meteorici.

Abbiamo chiamato "abbassamento equivalente" la quantità determinata dalla dissoluzione pensando appunto di attribuire a questo una parte derivata dal degrado superficiale ed una parte dall'incarsimento interno. In quanto alle discrepanze coi valori di CUCCHI et AL. (1985), è evidente che si potrebbe correggerle assumendo per esempio una portata minore alle risorgive. Giungere però a 8 m^3/s di portata media alle risorgive del Timavo per far quadrare i calcoli ci pare decisamente assurdo e completamente fuori dalla realtà (8 m^3/s potrebbe essere il valore delle portate minime del Timavo, ma certamente non delle medie). Inoltre se rapportassimo tale valore all'area presunta del bacino (1000 km^2) per dedurre la piovosità efficace (al netto dell'evaporazione) troveremmo un valore per la piovosità di 252 mm/anno, che è anch'esso un valore decisamente inaccettabile. Nè, tantomeno, è ragionevole pensare di cambiare l'area (pur presunta) del bacino.

È ancora da menzionare che la demolizione del territorio carsico si potrebbe anche determinare, ma in maniera più complicata, in base ai sedimenti ferrosi che si trovano nel Carso stesso come riempimento di grotte e doline e nel Golfo di Trieste, rapportandone la percentuale, in base al contenuto in Fe nei calcari sottoposti a dissoluzione. Questo contenuto, che è stato calcolato come FeO, è stato riportato, per alcuni campioni, in Tab. 4 ed ha valori non trascurabili, che anzi, seppur minori, possono esser confrontati con quelli del $MgCO_3$ (fa eccezione il campione di arenaria che è sensibilmente arricchito in ferro).

Si potrebbe pensare che il consumo del Carso (pari a 0.064 mm/anno) sia per metà superficiale, da dilavamento e dissolvimento dei carbonati superficiali, e per l'altra metà profondo, da

incarsimento interno; questi risultati ci permetteranno di valutare, in un altro capitolo, l'eventualità di erosione superficiale e di asporto interno, cui può anche conseguire il sollevamento a blocchi di aree carsiche nell'evoluzione del carsismo.

È ovvio che nel computo del degrado del Carso si dovrebbero anche considerare gli apporti torbidi, che non investono solamente frazioni argillose, ma anche calcaree (che per la rapidità dell'erosione meccanica non hanno fatto in tempo a sciogliersi nei periodi di piena e di maggior erosione). La demolizione del Carso potrebbe probabilmente raddoppiare tenendo conto di questi apporti torbidi, ma non abbiamo purtroppo alcuna misura sistematica sulla quale poter avvalorare questo dato. Del resto la demolizione del Carso non si limita alla solubilizzazione di Ca e Mg. Il contenuto in Fe (Tab. 4) in alcuni campioni di roccia carsica può essere anche derivato da altri prodotti di alterazione dei "calcari", che vanno a finire nelle torbide.

Comunque sia, l'acqua del Timavo inferiore ha un contenuto in Ca e Mg più elevato di quanto deducibile con esperienze sull'attacco di campioni superficiali. Infatti i dati presentati da CUCCHI (CUCCHI et AL., 1985) sul dissolvimento di campioni di calcare e riguardanti i contenuti in Ca sono ben compatibili con i dati che presentiamo in seguito (anche se noi abbiamo analizzato "polvere" di calcare e CUCCHI invece ha considerato l'attacco in superficie). CUCCHI ha trovato, come già detto, un'altezza media di roccia calcarea asportata pari a 0.020 mm/anno. Questo asporto viene riferito ad una piovosità di 1500 mm annui[9]: da 1 m^2 di superficie si è avuto quindi un dissolvimento di 1.000.000 $mm^2 \times 0.020$ mm = 20.000 mm^3, ossia 20 cm^3 (di calcare disciolto in 1.5 m^3 di acqua meteorica). Ponendo che la densità della roccia sia di 2.6, i 20 cm^3 corrispondono a 52 g di "calcare medio" che, rapportato a 1.5 m^3 di acqua danno 35 ppm di "calcare" (0.035 g al litro) (o, più esattamente 42 ppm, se si pensa che dell'acqua piovuta il 20% circa evapori); sono in pratica gli stessi valori delle nostre analisi sulla solubilità dei calcari (Tab. 4), rapportata però alla massa e non alla superficie.

Dall'analisi delle acque del Timavo troviamo invece che il contenuto è di 211.8 mg/l di "calcare medio" disciolto, ossia circa 6 volte il valore dedotto dal dissolvimento (35 mg/l). Ciò dovrebbe farci ammettere che in profondità esista una quantità in eccesso di CO_2, tale da far disciogliere una maggior parte di calcare che non in superficie; ossia non è da tener conto solamente della CO_2 di provenienza atmosferica (valevole per l'attacco in superficie, ma non per quello in profondità). Si deve perciò ammettere una concentrazione maggiore di CO_2 nel sottosuolo carsico, ma di questo esistono ben poche misure. Nell'aria tellurica aspirata dai calcari comunque (MOSETTI e TIBERIO, 1958) si trovano concentrazioni di CO_2 fino oltre 1% contro i valori di 0.03% medi dell'atmosfera normale. L'aumento di CO_2 nelle cavità carsiche, per altro non sempre tale da renderne l'aria irrespirabile, potrebbe dipendere dai già citati effetti di oscillazioni di pressione, da temporanee cessioni di CO_2 per precipitazione di carbonati, e conseguenti reazioni a catena di arricchimenti di CO_2 in microcavità, e per produzione sia da ossidazione di calcari bituminosi che per azione batterica.

Forse l'eccessiva presenza di Ca e Mg nell'acqua del Timavo, in confronto a quello che risulta dalla solubilizzazione dei calcari con la CO_2 atmosferica in superficie, potrebbe confermare l'ipotesi di un incarsimento profondo maggiore che in superficie. In una generica sezione verticale del Carso si potrebbero cioè distinguere due zone: una inferiore, sovrasatura di CO_2, dove l'incarsimento è più sviluppato e molto veloce ed una superiore, prossima all'affioramento, dove l'incarsimento è essenzialmente dovuto alla CO_2 atmosferica. Alla base di queste due zone comunque esisterebbe un livello dove l'attacco dei calcari non avviene più.

---

(9) Ammettendo però questa piovosità a tutto il bacino, supposto di 1000 km^2, e attribuendo una perdita del 20% per l'evaporazione, la portata totale media annua alle risorgive risulterebbe ben maggiore di quella da noi assunta; infatti risulterebbe una portata totale media annua di 38 m^3/s.

Vari metodi d'analisi eseguiti per provare l'incarsimento

Analisi chimiche

È noto che in laboratorio ed in acqua privata di CO_2 la solubilità del $CaCO_3$ si aggira sui 15 mg/l ed è variabile però sia con la temperatura che col sistema di cristallizzazione del campione (calcite-aragonite) sia, ancora, sullo stato della superficie esposta, mentre il $MgCO_3$ avrebbe una solubilità di circa 1000 mg/l, ossia molto superiore a quella del $CaCO_3$[10].

Con la presenza della CO_2 nell'acqua la solubilità del $CaCO_3$ aumenta notevolissimamente ed anche la solubilità del carbonato di Mg aumenta, nonostante esistano variabilità assai consistenti dipendenti non solo dalla temperatura e dalla concentrazione della CO_2, ma anche dalla presenza combinata del $CaCO_3$ e del $MgCO_3$ (ossia la dolomia si comporta differentemente dal semplice carbonato di Mg), di cloruri ed altri ioni.

Il tutto rende estremamente complicato il comportamento della solubilità in natura delle rocce calcareo-dolomitiche, che non dipende solamente dalla temperatura o dal pH, ma anche dalle reciproche concentrazioni — ed anche dalla tessitura — nella roccia originaria.

Se è noto che il $MgCO_3$ ha una solubilità maggiore del $CaCO_3$ — a prescindere dai processi di attacco connessi con la CO_2 disciolta nelle acque — non è per niente chiarito se il carbonato doppio di Ca e Mg (dolomia) ed il calcare dolomitico[11] siano più o meno solubili del $CaCO_3$ (calcare); forse i processi di solubilizzazione sono complicati da particolari interazioni chimiche.

Sulla solubilità dei calcari e delle dolomie sono state effettuate diverse misurazioni quantitative (per esempio quelle del STEFANINI et AL., 1985) come quelle di porre dei campioni con volume e forma noti (cubetti) sotto la diretta azione delle piogge e misurare poi la perdita di peso dei vari campioni; da analisi di questo tipo s'è osservato che alla fine i campioni di calcare si erano disciolti addirittura in quantità doppia di quelli di dolomia. Ciò può esser giustificato forse proprio dalle caratteristiche di legame dei due carbonati. Invece prove eseguite (sempre però rapportate alla superficie attaccata e non alla massa) con acqua di stillicidio di grotta, con pH alquanto basso per la CO_2 disciolta, darebbero risultati orientati verso una maggiore (anche se non in assoluto) solubilità del $MgCO_3$ (FORTI, 1974).

In un'esperienza ancora inedita, eseguita nei laboratori dell'Osservatorio Geofisico, è stata considerata la solubilità sulla massa: erano stati sottoposti a soluzione un certo numero di campioni di roccia carsica, dopo averla ridotta in polvere e lasciata per determinati tempi, a temperatura ambiente (attorno a 20°C), in acqua inizialmente deionizzata, ma sotto l'azione della CO_2 atmosferica, che quindi non era impedita di sciogliersi nell'acqua, simulando così parecchio correttamente la situazione che avviene in natura, ossia di roccia a contatto con l'acqua piovana[12].

La quantità di Mg sciolta è sempre risultata piccola, però se si rapporta al contenuto originario nella roccia risulta che la solubilità del magnesio è maggiore (qualunque sia la sua combinazione nella roccia).

La Tabella 4 riporta i valori del Ca e del Mg analizzati nei campioni polverizzati e nelle soluzioni dopo 50 e 240 ore, rapportati all'originario carbonato; avremmo però anche potuto rapportare semplicemente al percento calcolato per il Ca ed il Mg, per poter più facilmente confrontare

---

(10) Del resto questo si osserva anche dal prodotto di solubilità che a 15°C è dell'ordine di 10^{-8} per [Ca] [CO_3] e dell'ordine di 10^{-5} per [Mg] [CO_3] (SCHOELLER H., 1962).

(11) Nella dolomia "stechiometrica" il contenuto percentuale rispettivamente in $CaCO_3$ e in $MgCO_3$ sarebbe di 54.3 e 45.7. I cosiddetti calcari dolomitici del Carso hanno rispettivamente quantità di $CaCO_3$ e $MgCO_3$ pari al 60-61% e 40-39%.

(12) Però FORTI et AL. considerarono l'attacco su campioni integri, mentre questi sono polverizzati; è evidente che in natura, a seconda dello stato della roccia, possano esistere condizioni più o meno simili ai due casi limite di laboratorio. Peraltro FORTI et AL. (1974) hanno mostrato che la solubilità allo stato pulverulento è maggiore che non su campioni integri.

i nostri risultati con alcuni campioni analizzati da FORTI (1974) ed esaminati dopo 48 ore (anzichè le nostre 50 ore). Tale confronto ci premeva poichè tra i sei campioni, la cui analisi viene qui presentata, mancano le dolomie (o i calcari dolomitici) che invece compaiono nella ricerca di FORTI; i dati relativi ad alcuni campioni di calcari dolomitici del FORTI vengono riportati nella Tabella 5 assieme a quelli di Tab. 4.

I dati risultano comunque confrontabili e, sia nel nostro caso che in quello di FORTI, appare con notevole chiarezza che le concentrazioni disciolte c seguono con buona approssimazione nella loro evoluzione col tempo t la

$$c = a(1 - e^{-kt})$$

dove a (valore asintotico), almeno per certi campioni di calcare, si mostra abbastanza costante e rappresenterebbe la solubilità totale e k una costante.

Per quanto riguarda la applicabilità dei metodi d'analisi chimica su campioni di roccia in genere, ma in particolare sui calcari, è da osservare che, confrontando il metodo usato per la determinazione del Ca e del Mg che solubilizza campioni polverizzati in acqua e quello usato da FORTI et AL. (1974), pur essendo simili, nei dati da ricercare ed anche nei risultati finali, sono concettualmente diversi. Infatti FORTI e altri hanno sottoposto a soluzione campioni diversi non suddivisi, sotto forma di cubi di 5 cm di lato, di calcari e calcari dolomitici in acque di stillicidio, in due esperienze con pH diversi, 6.03 e 4.55. La solubilità seguita in successivi giorni, previe analisi, ha dato contenuti in Ca e Mg dai quali si è poi risalito ai rispettivi valori di $CaCO_3$ e di $MgCO_3$. Questi risultati sono confrontabili con quelli che noi presentiamo, anche se l'attacco è stato soprattutto superficiale. Invece se rapportassimo al peso di un cubo di campione i pochi mg/l di $CaCO_3$ o $MgCO_3$ trovati avremmo dei valori completamente inferiori ai nostri e non confrontabili. Appunto i dati del FORTI non possono esser riferiti al volume (o alla massa), ma solo alla superficie, perchè sono stati ricavati proprio con l'intento di valutare la solubilità superficiale.

Nell'attacco di superficie non ha significato precisare il volume effettivamente interessato, mentre nel caso esposto in questa nota, poichè si tratta di campioni rocciosi resi in polvere, è stato tutto il volume dei campioni ad essere attaccato e non avrebbe invece significato riferirsi alla superficie, che non è determinabile. Comunque non è possibile indicare se sia meglio considerare una superficie esposta o se la "polvere" approssimi più esattamente un calcare minutamente fratturato e parzialmente già incarsito. Però i valori delle analisi del FORTI sono confrontabili con i nostri se li rapportiamo percentualmente al contenuto iniziale (Tab. 5) (vedere per esempio i valori di 0.21% e 0.10% di $MgCO_3$ — rapporto tra ppm disciolte e % originario — dei calcari dolomitici delle analisi del FORTI — Tab. 5 — che danno rispettivamente circa 5 e oltre 8 ppm di $MgCO_3$ disciolto per contenuti originari di $MgCO_3$ superiori a 40%). Quando invece il $MgCO_3$ originario sta attorno a 1-2%, o è inferiore all'1%, allora il contenuto in $MgCO_3$ disciolto si aggira su 1-3 ppm. Prendendo in considerazione questi valori potremo anche dire, estendendo i nostri risultati, che effettivamente dove è maggiore il magnesio maggiore è la solubilità, anche se però non proporzionalmente[13].

Indagini geofisiche per la valutazione dell'incarsimento

Le determinazioni chimiche dell'incarsimento, benchè diano, come visto, ancora delle indeterminazioni, sono prove dirette, permettendoci di definire quantitativamente il calcare asportato. Le prove geofisiche sono invece indirette e, in genere, solo qualitative, ciò nonostante interessanti, specie per valutare l'incarsimento profondo.

---

(13) S'è inoltre osservato che il calcare dolomitico, o la dolomia, se ridotto in polvere si scioglie molto di più (7-8 volte di più se intero) mentre il calcare in polvere dà solamente il doppio di Ca disciolto in confronto ad un campione intero.

Per la verità una prova diretta con la geofisica si avrebbe, ma in genere riferita alle zone più superficiali, confrontando la densità ottimale assunta per le riduzioni di Bouguer di un rilievo gravimetrico e la densità di campioni di roccia. È noto che coi profili di Nettleton (o analoghi metodi attribuiti ad aree anzichè a linee) confrontando l'andamento dell'altimetria con la densità di riduzione si trova un valore di minima correlazione della altimetria con la densità. Questa densità è la densità media della formazione nel volume interessato dalle indagini. È evidente che se, per esempio, con tale operazione si trovasse, in un territorio carsico, una densità di 2.58, mentre la densità media di un certo numero di campioni lapidei raccolti in superficie fosse 2.67, il difetto relativo di densità darebbe la misura "dei vuoti", ossia il volume dei vuoti in percento; allora risulterebbe grossomodo che la 2.58 è la densità di una mescolanza di x parti di cavità (con densità 0) e 1-x parti di calcare compatto con densità 2.67, ossia avremmo

$$2.58 = (1-x)\cdot 2.67 + x\cdot 0$$

da cui $x = 0.034$, cioè il volume dei vuoti risulterebbe pari al 3.4%.

Altre indagini geofisiche eseguite sul Carso triestino, fra cui le geoelettriche e le sismiche, danno informazioni indirette. Rilievi geoelettrici — sia profili che sondaggi — sono risultati però di notevole interesse proprio nelle aree carsiche. Rilevamenti geoelettrici possono dare delle informazioni anche molto dettagliate sulle caratteristiche geofisiche dei terreni studiati, tanto che la struttura geologico-geofisica del Carso è stato dedotta proprio da questi studi.

È infatti noto che la resistività elettrica del calcare è fortemente influenzata dallo stato di fratturazione e dalle cavernosità (oltre che dall'acqua di percolazione o di imbibizione). Sul Carso poi la resistività dei terreni non è solamente determinata dal calcare s.str. e dai vuoti che lo accompagnano ma anche da altri elementi litologici, spesso collegati al calcare, quali brecciame calcareo sciolto e banchi calcitici che riempiono fratture o caverne. Inoltre la resistività è anche influenzata dagli strati humici superficiali e da depositi di terra rossa. I metodi geoelettrici permettono spesso una buona differenziazione dei litotipi incontrati nei rilevamenti. Non è opportuno in questa sede addentrarci troppo sulla spiegazione di questa metodologia, ma è importante però far osservare che l'entità dell'incarsimento, quindi l'esistenza sia di cavernosità profonde che di presenza di acqua sotterranea, è stata proprio rilevata con indagini geoelettriche. I sondaggi elettrici, inadatti a rilevare cavernosità (riescono invece benissimo a rilevare la "tavola d'acqua" profonda, problema interessante in altre regioni carsiche — come in Puglia — ma praticamente inesistente nel Carso triestino a causa della vascolarizzazione) possono invece servire ad identificare in linea di massima l'incarsimento. Infatti zone profonde incarsite, con caverne a differenti profondità, danno andamenti con massimi e minimi non correlabili in "strati" sui grafici dei sondaggi elettrici.

La figura 2 mostra il risultato di un sondaggio elettrico profondo, con semistendimento elettrodico (L/2) portato fino a 1000 m, eseguito in corrispondenza della Grotta di Trebiciano. Si vede una struttura a più strati che non ha nulla a che fare con la reale stratigrafia: i tratti crescenti della curva infatti corrispondono solo a calcari più incarsiti, i discendenti a calcari meno incarsiti, senza una corrispondenza nè con la litologia nè con la presenza di acqua.

Invece i profili di resistività (la Fig. 3 indica il risultato nella zona di Sgonico — Fig. 3a — e, per confronto, sul Carso monfalconese — Fig. 3b —: la traccia delle sezioni lungo le quali sono stati effettuati i due profili di resistività è indicata in Fig. 1) danno modo di valutare l'incarsimento in superficie, appunto per il loro andamento orizzontale.

Osservando la Fig. 3b, mostrante il profilo di resistività sul Carso monfalconese, si nota tra l'altro immediatamente il brusco salto di resistività in corrispondenza della dolomia. Da ciò si deduce ovviamente che la dolomia può essere anche fortemente incarsita. In confronto, profili eseguiti sul solo litotipo calcareo (Fig. 3a) denotano delle alternanze di resistività (ossia con massimi e minimi di resistività) che, pur indicando incarsimento, in generale paiono parecchio omogenei, ossia senza improvvisi salti di resistività come nel caso del contatto fra calcare e dolomia della Fig. 3b.

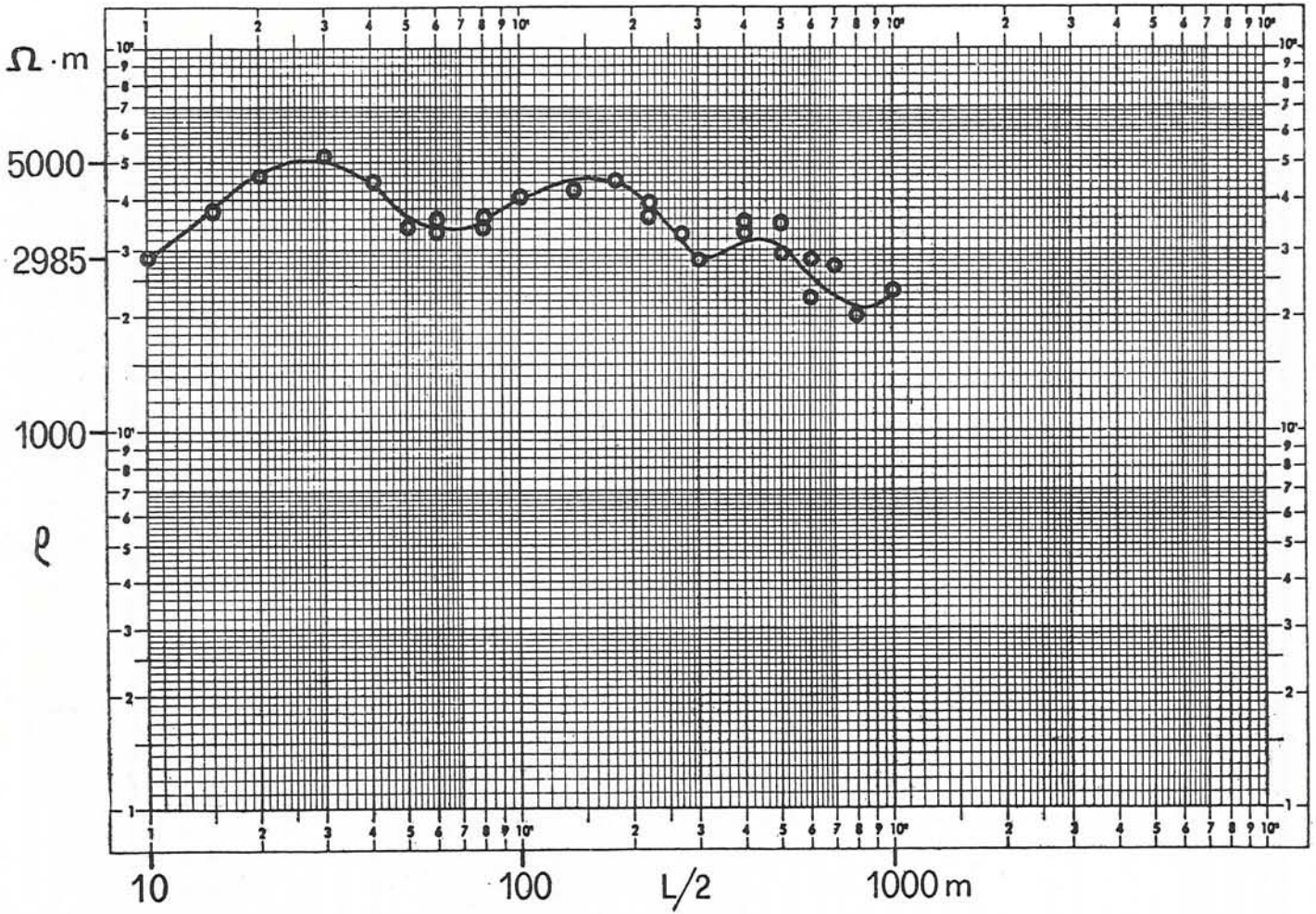
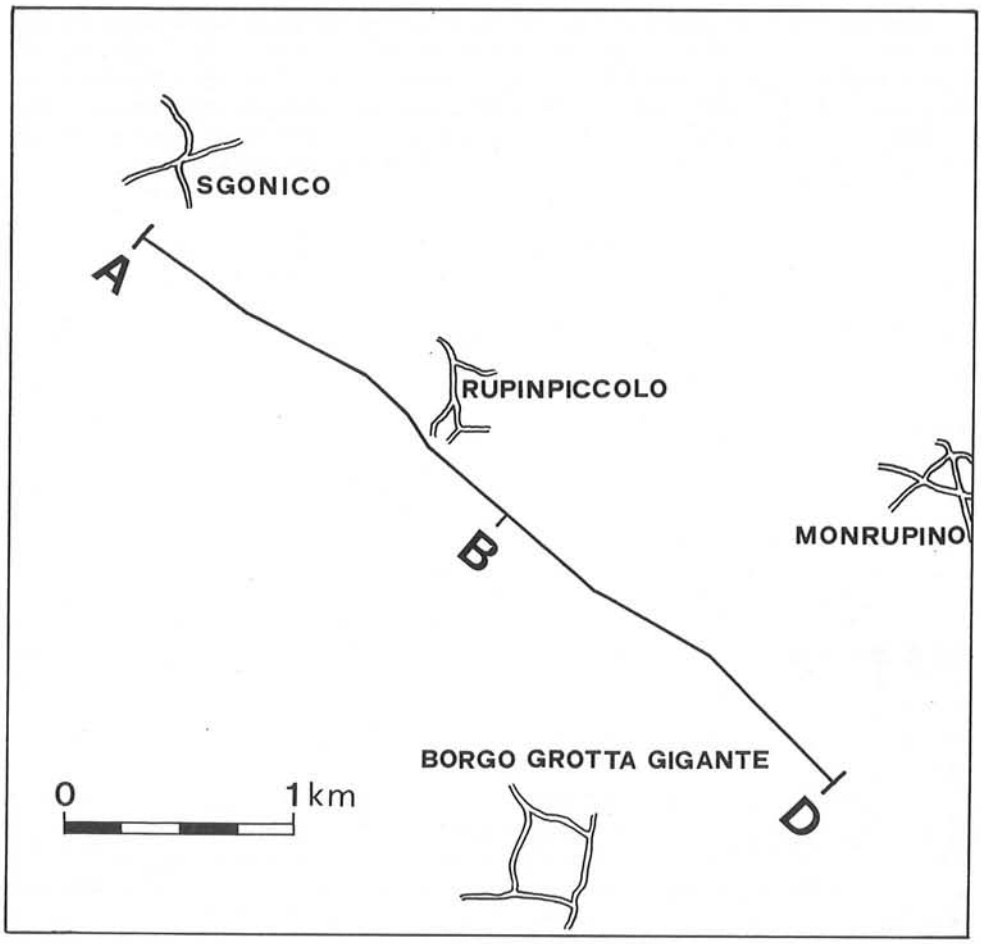


Fig. 2: Grafico del sondaggio di resistività eseguito sopra la Grotta di Trebiciano. Gli almeno sette strati che si dedurebbero dall'analisi di questo sondaggio non corrispondono nè a differenziazioni litologiche nè a diversi contenuti di acqua, ma solo a differente incarsimento, sia in profondità che lateralmente.



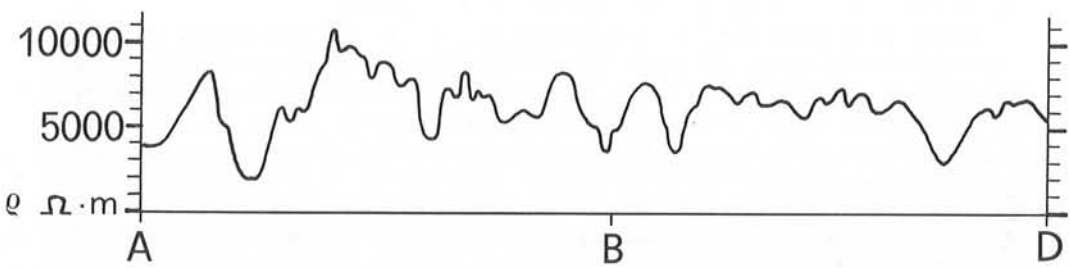


Fig. 3a: Profilo di resistività sul Carso triestino in calcare con differente grado di incarsimento. Superiormente è riportata la base topografica sommaria e la traccia del profilo. Il grafico inferiore riporta il profilo di resistività. L'elevato valore medio (6-7000 Ohm.m) indica un intenso incarsimento generale. I massimi relativi sono le zone più incarsite o cavernosità, mentre i minimi più spiccati sono accumuli di terra rossa.

Mappe di resistività ottenute con riunioni areali di più profili paralleli sono ancor più utili. Zone più incarsite sono date da massimi di resistività, anche molto spiccati (oltre 10000 Ohm.m) di fronte a valori inferiori a 1000-2000 Ohm • m che rappresentano calcari meno incarsiti (ma anche riempimenti). Se l'incarsimento è forte i profili presentano alternanze forti e frequenti (Fig. 3a) mentre se l'incarsimento è minore le alternanze sono attenuate, meno frequenti ed anche la resistività media è minore (Fig. 3b, specialmente in corrispondenza del litotipo calcareo).

Però anche la geoelettrica ha i suoi limiti: il territorio carsico presenta notevoli anomalie di resistività elettrica e queste possono venire identificate, ma fino ad una certa profondità; per esempio le caverne profonde del Carso, con la circolazione di acque sotterranee (profonde 300-400 m sotto il piano di campagna), non sono più percepibili con i metodi di resistività.

Talora può esser utile servirsi della sismica. Questa permette di avere informazioni precise e di dettaglio anche in profondità, in terreni sufficientemente omogenei. Invece in terreni disomogenei la velocità delle onde, divenendo variabile, impedisce esatte determinazioni, ma può esser indicativa della cavernosità: infatti la maggior abbondanza di caverne attraversate nel cammino delle onde sismiche corrisponde ad un abbassamento della velocità che infatti è tanto maggiore quanto più compatte sono le formazioni litologiche attraversate.

Conoscendo la velocità delle onde sismiche (indotte da energizzazione del terreno) si riesce a discriminare lo stato dei litotipi attraversati da queste. Per esempio da esplosioni sul fondo della grotta di Trebiciano (eseguite in un esperimento per localizzare il corso sotterraneo del Timavo) e ricezione in 6 punti distanti alcune centinaia di metri attorno all'imbocco della grotta si sono avute informazioni sulle differenti velocità delle onde sismiche longitudinali, con deviazione massima dell'8%. La media delle velocità delle onde sismiche risultanti è stata di 2952 m/s (i singoli valori sui sei tragitti delle onde davano delle velocità di 3172, 3015, 3009, 2821, 2785 e 2908 m/s). Valori elevati della velocità delle onde sismiche indicano la presenza di roccia compatta e nel caso specifico di calcari poco incarsiti, o se molto alte anche niente incarsiti, mentre velocità minori delle onde sismiche indicano presenza di cavernosità o comunque di calcari molto incarsiti.

Il metodo doveva consistere nella determinazione del tempo di scoppio e da questo, registrato in un gruppo di stazioni sismiche, della distanza da esse di cariche immerse nel Timavo di Trebiciano e trasportate dalla corrente. In tempi differenti (le cariche venivano regolate a tempo) le cariche si sarebbero trovate in punti diversi. Determinate le posizioni di tali punti, si sarebbe potuto tracciare il percorso sotterraneo del Timavo. L'esperimento riuscì con scarsi risultati perchè solo due cariche delle cinque immerse scoppiarono, e a breve distanza dall'immissione (circa 200 m) per cui la determinazione del percorso risultava limitatissima oltre la caverna Linder; le prove non furono più ripetute per mancanza di finanziamenti.

Oltre a questi due principali tipi di indagini geofisiche ed ai citati profili gravimetrici, anche altre misure potrebbero venir effettuate. Talune misure gravimetriche ripetute nel tempo potrebbero consentire l'individuazione di grotte; infatti caverne temporaneamente vuote o piene d'acqua, determinano, seppur minime, variazioni di gravità (ovviamente tanto più sensibili quanto più le cavità sono vaste e vicine alla superficie) che sono rilevabili coi moderni strumenti. D'altronde la stazione pendolare della Grotta Gigante era stata stabilita dal prof. Marussi con l'intento, oltre che di determinazioni sulle maree terrestri, anche di valutare i cosiddetti effetti di carico, ossia l'aumento o la diminuzione di gravità legata con il differente riempimento d'acqua di cavità profonde.

Anche la geotermia può essere impiegata nel Carso, soprattutto per quanto riguarda l'idrologia carsica per lo studio di acque circolanti. Un esperimento di questo tipo è stato effettuato tra le grotte di S. Canziano, la grotta di Trebiciano e le risorgive. Si era notato che, mentre a S. Canziano, in superficie, l'escursione termica annua è massima (da meno di 4°C a 17°C circa, con media di 9.80°C), sul fondo della grotta di Trebiciano, per gli scambi di calore che intervengono con le rocce circostanti, l'escursione si smorza su circa 6°C (da 7.5°C a 13.5°C, con me-

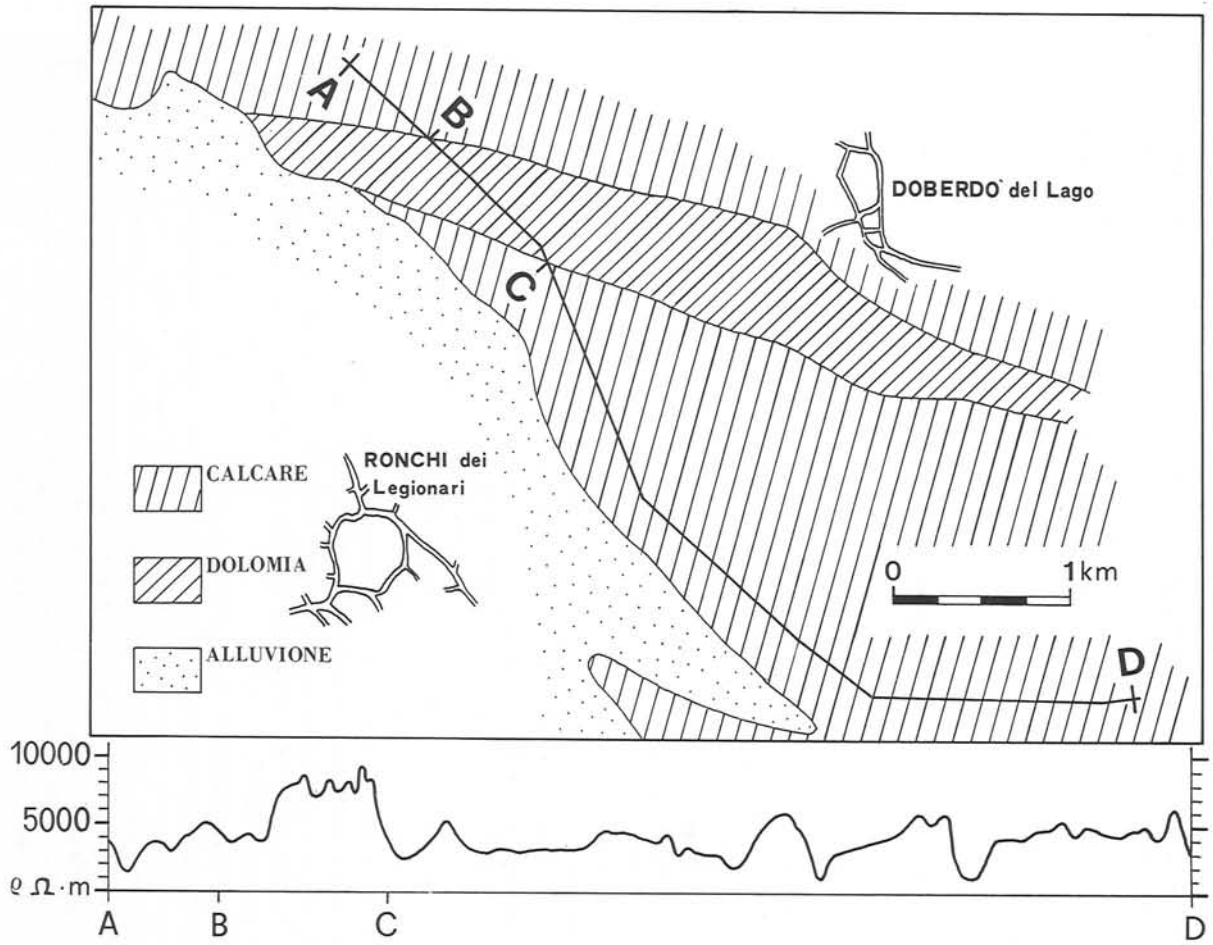


Fig. 3b: Profilo di resistività sul Carso monfalconese. Nella parte superiore è indicata la topografia sommaria ed anche un cenno alla litologia, poichè il profilo di resistività attraversa una fascia di dolomia. Il grafico inferiore, che mostra il profilo, mette chiaramente in evidenza l'attraversamento della dolomia con valori di resistività nettamente più elevati di quelli del calcare. I minimi più spiccati, con valori che scendono quasi a 1000 Ohm.m, sono dovuti ad accumuli di terra rossa e detriti nei valloni che incidono l'estremo versante calcareo.

dia di 10.61°C) e si riduce addirittura a 2°C (da 11°C a 13°C, con media di 11.95°C) alle risorgive. I massimi e minimi termici sono smorzati ed anche sfasati nel tempo; questi smorzamenti e sfasamenti derivano sia dalla lunghezza del percorso sotterraneo sia dalla velocità del flusso e dagli scambi di calore (per turbolenza nel percorso, visto che la conduttività termica non varia molto da roccia a roccia). Con la raccolta sistematica di dati di temperatura media annua del corso sotterraneo, e con l'analisi degli smorzamenti e sfasamenti si è potuto determinare la velocità media annua del corso sotterraneo (MOSETTI, 1960).

Potrebbe esser notevolmente utile continuare ed intensificare ricerche di questo tipo anche per mettere in evidenza eventuali sorgenti profonde di calore (misurando il gradiente geotermico) che, come abbiamo visto, sono direttamente collegate alla precipitazione dei carbonati ed allo sviluppo di CO_2.

Conclusioni ed ipotesi sull'origine dell'incarsimento

La maggior questione derivata da questo lavoro riguarda la differenza tra la composizione dell'acqua uscente dalle risorgive del Timavo (che si presuppone contenga allo stato di soluzione — oltre che di sospensione — la roccia asportata nell'incarsimento del territorio) e l'entità della dissoluzione di campioni calcarei superficiali. L'acqua di risorgiva contiene circa 220 ppm di carbonati, l'acqua di dissoluzione superficiale solamente 42 ppm. Bisognerebbe tentare di giustificare tale discrepanza legata evidentemente alla differente abbondanza in CO_2 effettivamente impiegata nell'attacco del calcare.

A tal punto si potrebbe ipotizzare che non tutto il $CaCO_3$ disciolto nelle acque di risorgiva derivi dalla superficie del Carso. Una parte potrebbe giungere dal basso per incarsimento profondo e portata da flussi idrici più profondi e ricchi in carbonati (che quindi vengono disciolti in profondità, anche se, comunque, non si tratta di grandi profondità, altrimenti la solubilizzazione dei carbonati sarebbe ostacolata dalle alte temperature).

Se i campioni calcarei prelevati in superficie e sottoposti a solubilizzazione con acqua meteorica ricca di CO_2 (ovviamente una quantità di CO_2 compatibile con le percentuali presenti attualmente in natura) si disciolgono in quantità decisamente inferiore a quanto contenuto nelle acque carsiche, dovrebbe significare che non sia solamente la CO_2 immediatamente atmosferica a prendere parte alla dissoluzione dei calcari.

Il problema sarebbe quello di ricercare un probabile "serbatoio" di CO_2. È ben noto che al depositarsi della calcite o dei carbonati fa riscontro uno sviluppo di CO_2 che interessa, per diffusione, la superficie immediatamente sovrastante la massa concrezionata o depositata di $CaCO_3$. Qua si inserirebbero le citate ricerche già eseguite nel Carso per l'identificazione delle anomalie di concentrazione di CO_2.

Però, se fosse solamente questa CO_2 la responsabile dell'attacco chimico dei carbonati, si dovrebbe arguire che in zone carsiche con una grande abbondanza di vegetazione (quindi di humus), come la Selva di Tarnova o del Piro, alimentanti l'Hubel e le sorgenti del Vipacco, l'attacco ai calcari sia notevolmente superiore e quindi maggiore il $CaCO_3$ solubilizzato, anche per la temperatura minore; ma ciò, come mostra la Tabella 1, non è vero. Infatti, contro i 75 mg/l di Ca nel Timavo delle risorgive troviamo quantità di Ca distintamente inferiori ai 50 mg/l nelle sorgenti montane dello Hubel e del Vipacco. Ciò significa che deve esistere una diversa — e più abbondante — sorgente di CO_2 più immediatamente locale.

Nè l'abbondanza di soluto nelle acque del basso Timavo può essere legata ad un maggior tempo di dissolvimento dei calcari rispetto alla parte montana (o più a monte) del corso sotterraneo; questo perchè da un lato bisognerebbe ammettere che il Timavo abbia una velocità di scorrimento enormemente più bassa del reale per permettere una così alta concentrazione in carbo-

nati disciolti alla foce (rispetto a quella presente invece nelle acque scorrenti più a monte), d'altro lato perchè nelle analisi fatte sui campioni di calcari prelevati in superficie si è già vicini alla saturazione nel soluto dopo 10 giorni. Quello che forse si potrebbe ammettere per giustificare le osservazioni è che, man mano che aumenta il percorso vengano ad attivarsi vie di comunicazione con acque più profonde, più o meno stagnanti ed arricchite in CO_2; queste mescolandosi con le acque del Timavo di più rapida circolazione le renderebbero più acide, e quindi più attaccabili; ma ciò potrebbe verificarsi in qualsiasi punto del territorio carsico e non necessariamente verso la foce. Tale idea del resto sarebbe compatibile con l'ammissione di un elevato potere di ritenzione idrica del Carso profondo ed anche col fatto, verificato sia con le operazioni di marcatura artificiale, sia con l'esito di inquinamenti, che l'acqua delle risorgive risulta dal mescolamento di acqua del Timavo superficiale, a rapido scorrimento (sull'ordine delle decine di giorni tra S. Canziano e le risorgive), ed acqua di più lunga permanenza all'interno del Carso.

È però più facile immaginare che, oltre alla diversa solubilità fra calcari e calcari dolomitici, esistano anche dei diversi modi d'attacco chimico, a seconda che questo si verifichi in zone più superficiali o in profondità, anche sotto il livello delle acque carsiche.

La "formazione" di CO_2 profonda inoltre si deve ammettere anche per la presenza di sostanze organiche in disfacimento nelle argille sul fondo di doline e grotte, ed anche nei depositi di torbide decantate nei fondi delle cavità percorse da acque. I corsi d'acqua infatti contengono quantità enormi di sostanze organiche, sia animali che vegetali; quando questi corsi idrici si "immettono" nel sottosuolo per continuare il loro percorso sotterraneo, in mancanza di luce, e probabilmente anche per un contenuto in CO_2 comunque maggiore (e quindi pH minore), la sostanza organica tende a decomporsi, sviluppando ulteriore CO_2. Il flusso idrico ricco di sostanza organica in via di decomposizione, tende cioè, per la sua maggiore densità, a concentrarsi in certe aree a causa della morfologia sotterranea. Quindi esisterebbero, oltre che degli accumuli di argille, anche delle zone con concentrazioni maggiori in sorgenti di CO_2 e perciò più facilmente esposte agli attacchi chimici dei carbonati, con conseguente maggiore dissolvimento di questi. Tutto ciò implica un incarsimento differenziale tanto più spiccato quanto maggiore è, a priori, l'incarsimento preesistente. In più, come già accennato, nelle caverne si potrebbe avere una concentrazione in CO_2 più elevata, poichè con il concrezionamento (dipendente dalla temperatura, e quindi stagionalmente variabile) si ha sviluppo di CO_2. Visto che la CO_2 si discioglie più facilmente in piccoli volumi d'aria, si potrebbe ipotizzare che le gocce d'acqua meteorica cadenti e penetranti nel sottosuolo, sia attraverso cavità che fratturazioni o fessurazioni, man mano che scendono verso il basso si arricchiscano sempre più in CO_2 e di conseguenza attacchino i calcari sempre di più, via via che scendono attraverso le cavità o le fessurazioni. Ossia potrebbe avvenire un processo "a catena": una goccia di pioggia, ricca in CO_2, a contatto col carbonato, lo attacca, lo discioglie, la goccia è ora impoverita in CO_2 e si ha la concrezione del carbonato che però provoca lo sviluppo di CO_2 in un volume d'aria più piccolo tanto che un'altra goccetta si arricchisce relativamente in CO_2 diventando più efficace nell'attacco ed il processo continua.

Si ha così una specie di lavaggio delle pareti calcaree con dissolvimento dei carbonati, e quindi aumento delle preesistenti cavernosità, susseguenti concrezionamenti ed ancora seguenti arricchimenti in CO_2. Se in questi tragitti le goccioline incontrano ulteriori ambienti particolarmente ricchi di CO_2 (accumuli di sostanze organiche o variazioni di pressione o temperatura) possono ancora inglobare bolle d'aria arricchite in CO_2. Questo processo d'incarsimento "a catena" potrebbe esser chiamato "dissolvimento per agitazione".

Altra particolare ipotesi legata all'incarsimento profondo, forse meno probante e comunque inefficace nella dissoluzione, a meno di fenomeni collegati con eventuali processi di ringiovanimento, ma comunque da considerare, è quella che mette in relazione l'incarsimento con un innalzamento del tipo isostatico del territorio interessato.

Assumendo l'ipotesi molto grossolana di galleggiamento idrostatico si può ammettere un semplice effetto equilibratore del carico di uno "strato rigido incarsibile" su materiali profondi più

plastici. Indichiamo con ϱ la densità dei materiali. Un blocco di densità ϱ_1 alto h_1, come in figura 4, galleggia su un mezzo con densità ϱ_2 invariabile; per l'equilibrio deve essere che

$$h_1\varrho_1 = h_2\varrho_2$$

e da questo, accettando che ϱ_2 sia costante, si ha che

$$\frac{dh_1}{h_1} = \frac{dh_2}{h_2} - \frac{d\varrho_1}{\varrho_1}$$

Da questa relazione si possono ricavare altre; ossia se ϱ_1 è costante o se ϱ_1 è variabile. Se ϱ_1 è costante la variazione (eventuale) di h_1 dipende dall'erosione superficiale. Man mano che questa prosegue varia h_1 e, in maniera relativamente eguale, h_2, la radice sommersa. Si avrebbe allora che

$$H = (h_1 - h_2) = kh_2$$

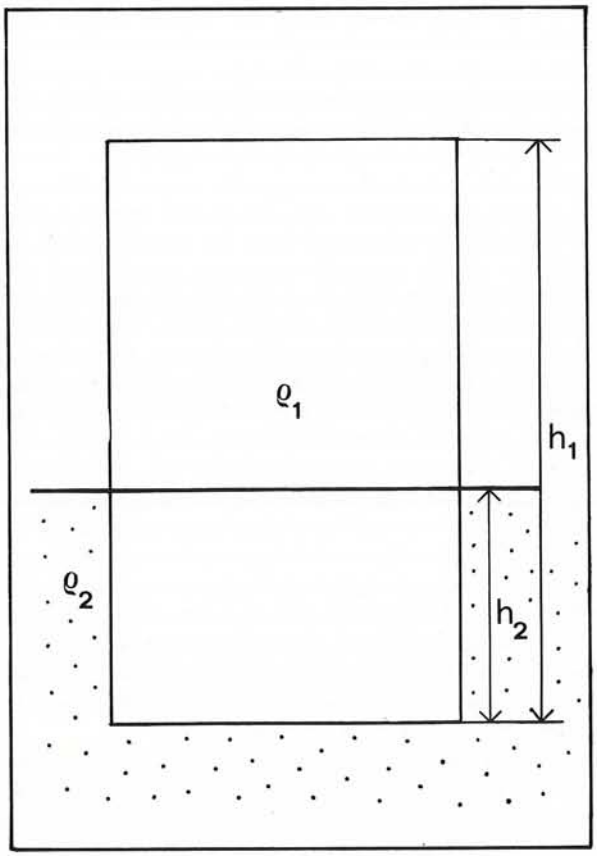


Fig. 4: Schema per il galleggiamento iso-idrostatico
Con h_1 e h_2 si indicano le altezze dei blocchi rocciosi di densità ϱ_1 e ϱ_2.

ossia al diminuire della parte sommersa diminuisce proporzionalmente anche quella emersa. Mentre se ϱ_1 è variabile, perchè per esempio per l'incarsimento si ha una diminuzione di densità interna al blocco, ma invece l'altezza totale h_1 è costante, il blocco stesso tende ad alzarsi rispetto alla posizione d'equilibrio. Se avviene sia l'incarsimento interno che l'erosione esterna il blocco continua comunque ad alzarsi.

Poichè la parte incarsita può essere spessa appena 500 m su una Crosta di 40000 m, come ordine di grandezza, ossia solamente 1.25%, l'effetto attualmente sarebbe minimo, ma può invece esser stato più forte in passato, con un incarsimento profondo fino 2-3000 m (se riferito ad un livello marino differente dall'attuale).

In quanto all'entità dell'incarsimento, se teniamo per esatto il valore calcolato in base al contenuto di "calcare disciolto" nelle acque, si avrebbe un abbassamento equivalente di 0.064 mm/anno, che però possono forse essere portati a 0.1 se si tiene conto anche del materiale torbido. Tale abbassamento equivalente consterebbe di una parte di vero abbassamento per erosione superficiale, di una parte di escavazione interna con diminuzione della densità e quindi un effetto di innalzamento per equilibrio idro-isostatico. Se esistesse la sola erosione superficiale, se essa fosse uniforme ed in ragione del totale di 0.1 mm/anno, è chiaro che essa asporterebbe 100 m di calcare ogni milione di anni.

Si ipotizza insomma che movimenti verticali di blocchi carsici siano collegati al carsismo stesso in quanto determinati da esso. Però in parte tali movimenti possono anche determinare, o per lo meno intensificare, l'incarsimento con l'instaurarsi di movimenti ascensionali (uplifting) e relativi ringiovanimenti, con momenti di stasi — per lo meno in certi livelli — e con movimenti in senso contrario. Il fenomeno nel suo complesso è perturbato da variazioni relative del livello del mare e da variazioni climatiche che esplicano le funzioni che abbiamo menzionato. La somma di queste azioni può risultare ciclica e così anche l'incarsimento.

Variazioni di carico in aree vicine e spinte laterali agiscono pure su accelerazioni o rallentamenti dell'incarsimento. Nel Pliocene l'area dell'attuale pianura friulana era occupata da un mare (con un livello diverso dell'attuale) abbastanza profondo, mentre la zona dell'attuale golfo di Trieste era verosimilmente emersa. Nel Quaternario, pur con le vistose oscillazioni del livello marino legate alle glaciazioni, l'area corrispondente al golfo di Trieste veniva sommersa ed il bacino occupante l'attuale pianura friulana veniva riempito dai sedimenti, in parte ghiaiosi (almeno nella parte più orientale), per uno spessore medio sui 3-400 m. La variazione di carico (si passò da densità circa 1 a densità circa 2.2) sui terreni sottostanti può aver determinato rotture e flessioni tra le quali la caratteristica inclinazione della superficie carsica da NE a SW che si nota lungo il cosiddetto solco di Aurisina o, più in generale, da Basovizza a Monfalcone. La Val Rosandra può esser risultata proprio da una rottura conseguente a questa inclinazione.

Si presuppone che l'incarsimento superficiale sia già stato attivo, ad opera dell'acqua meteorica, fin da tempi lontanissimi, per lo meno da quando la formazione calcarea, sottoposta a sforzi tettonici, cominciò a fratturarsi. È chiaro che se il Carso non fosse, e non fosse stato, fratturato l'incarsimento sarebbe stato solamente superficiale e con la sola asportazione della superficie. La fratturazione ha permesso alle acque di infiltrazione un incarsimento di volume. Questo incarsimento di volume è legato all'innalzamento dell'area in conseguenza all'abbassamento della densità. L'ipotesi può spiegare l'esistenza di un incarsimento più profondo di quello che si pensa ma non è ancora sufficiente a giustificare le diverse concentrazioni dei carbonati tra le acque carsiche e le acque di dissolvimento dei calcari superficiali.

Nel corso del tempo il processo d'attacco dei calcari progredisce continuamente, ma probabilmente con una velocità non costante, visto che le ampie fluttuazioni climatiche esistenti fanno pensare piuttosto ad accelerazioni e rallentamenti alternati, forse anche da zona a zona, dell'incarsimento.

Le alternanze di incarsimento si rispecchierebbero in interessanti particolarità locali, che però sono state ancora troppo scarsamente analizzate per poter trarre delle conclusioni. Esse co-

munque sono: differente ampiezza delle caverne a diverse profondità, forse raggruppabili in livelli di più ampia (o più frequente) cavernosità; differente sviluppo delle doline con differenti relazioni tra parametri geometrici delle stesse, tipo profondità-volume o area-profondità[14]; differente ubicazione ed estensione dei depositi di terra rossa. Queste tre differenziazioni non sembrano legate (o non sono solo legate) alla litologia.

Come è già stato detto, le anomalie nel contenuto in CO_2, quindi legate ad un grado di incarsimento elevato, dove grandi quantità di carbonati possono venir disciolti e rimanere in soluzione nelle acque carsiche sotterranee, probabilmente devono esser collegate ad uno sviluppo progressivo di CO_2 in profondità, fino ad una certa profondità.

All'interno del Carso deve verosimilmente esistere una percentuale di CO_2 assai maggiore di quella presente nelle acque meteoriche, che, come è stato accennato, riescono a disciogliere relativamente piccoli quantitativi di carbonati in superficie. Solamente riconoscendo l'esistenza di un "serbatoio" profondo di CO_2 si riesce a giustificare la presenza di addirittura 220 ppm di carbonati totali disciolti nelle acque sotterranee in prossimità del mare (basso Timavo) rispetto alle quantità ottenute (42 ppm) dissolvendo con acque meteoriche campioni calcarei superficiali o a quella delle sorgenti montane (100-150 ppm).

Lo sviluppo di CO_2 in profondità potrebbe anche esser collegato alle maggiori temperature (per semplice gradiente geotermico) presenti in basso e che fanno precipitare la calcite ad occludere le preesistenti cavernosità e fratture.

Una ultima osservazione da farsi è quella riguardante la diversa solubilità del carbonato di Ca e del carbonato di Mg. I due carbonati sono solubili, ma differentemente (come del resto si osserva dal prodotto di solubilità che a 15°C è di circa 10^{-8} per il Ca, mentre per il Mg è all'incirca di 10^{-5}, sempre riferito ai carbonati).

Come accennato il carbonato doppio di Ca e Mg, ossia la dolomia, è probabilmente meno solubile; è ciò forse sia per la struttura chimica che mineralogica. Si potrebbe anche ipotizzare che locali scarsi incarsimenti, dei terreni a litotipi dolomitici, oltre ad una reale minore solubilità del carbonato doppio di Ca e Mg, siano dovuti al semplice fatto che, per la sua posizione spaziale, quasi al nucleo dell'anticlinale carsica, la dolomia superficiale non abbia ancora avuto sufficiente tempo per incarsirsi quanto il calcare.

Bisognerebbe però verificare anche i diversi comportamenti meccanici dei due litotipi. Perchè se per esempio la dolomia fosse meno facilmente soggetta a fratturazioni del tipo di quelle che si verificano per cause tettoniche o semplicemente quelle che hanno determinato la fratturazione dei calcari, l'attacco chimico sarebbe solamente del tipo superficiale e quindi si genererebbe solamente una specie di lisciviazione della dolomia, con perdita solo di quota dei terreni dolomitici, senza l'instaurarsi di processi di incarsimento di volume, come invece accade al calcare.

Prove di laboratorio eseguite su campioni di calcare e di dolomia paiono invece confermare l'idea di una effettiva minore solubilità della dolomia rispetto al calcare, tanto che il calcare si discioglie addirittura il doppio della dolomia sotto l'azione di acqua con composizione simile a quella meteorica, almeno nell'attacco in superficie. Se si guarda però il Carso nel suo insieme e si considera la composizione media dei carbonati nelle acque che ne fuoriescono, si vede che alle quantità medie di Ca e Mg pari a 75 ppm e 7 ppm rispettivamente (ossia 187.5 ppm di $CaCO_3$ e 24.3 ppm di $MgCO_3$ che, rapportati a 100 danno $CaCO_3$ pari a 88.5% e $MgCO_3$ a 11.5%) corrisponde una quantità originaria che percentualmente è di 98% $CaCO_3$ e 2% $MgCO_3$; ciò vorrebbe dire che il magnesio si solubilizza addirittura di più del calcio. Oppure an-

---

(14) Relazioni del tipo che si trovano per esempio tra le aree dei bacini idrografici fluviali e le lunghezze dei tronchi fluviali stessi (MOSETTI P. e MOSETTI F., 1985).

che in questo caso siamo di fronte a diversi modi d'attacco chimico. Infatti le affermazioni secondo cui la dolomia o i calcari dolomitici sarebbero meno solubili (e quindi incarsibili) del calcare, derivano in parte anche dal fatto che nelle acque di percolazione carsica gli ioni calcio sono in genere assai più abbondanti di quelli di magnesio; è però anche evidente che in un "Carso medio" i costituenti calcarei sono più abbondanti di quelli dolomitici. La maggior tendenza alla soluzione degli ioni magnesiaci può esser anche confermata dal fatto che nelle concrezioni precipita essenzialmente il carbonato di calcio (e non quello di magnesio); in accordo coi noti prodotti di solubilità.

Bibliografia

CASTELLANI V., DRAGONI W., 1982. *About the genesis of karstic cavities.* Geol. appl. e idrogeol., XVII, II.

CUCCHI F., FORTI F., STEFANINI S., ULCIGRAI F., 1985. *Mesures de l'érosion karstique et du concrétionnement dans le karst de Trieste (Italie).* Journées Internationales de karstologie, Metz.

FINETTI I., MORELLI C., 1973. *Geophysical Exploration of the Mediterranean sea.* Boll. Geof. teor. appl., XV, 60.

FORTI F., STEFANINI S., ULCIGRAI F., 1974. *Relazione tra solubilità e carsificabilità nelle rocce carbonatiche del Carso triestino.* Atti e Memorie Comm. Grotte "E. Boegan", XIV, Trieste.

FORTI F., STEFANINI S., 1980. *Modalità di una prova sperimentale eseguita per la definizione del grado di solubilità dei principali litotipi del Carso triestino sotto l'azione degli agenti esterni.* Atti e Memorie Comm. Grotte "E. Boegan", XX, Trieste.

FORTI F., 1981. *Metodologie per lo studio della dissoluzione con il sistema della misura col micrometro.* Atti e Memorie Comm. Grotte "E. Boegan", XX, Trieste.

GEMITI F., LICCIARDELLO M., 1977. *Indagine sui rapporti di alimentazione delle acque del Carso triestino e goriziano mediante l'utilizzo di alcuni traccianti naturali.* Ann. Gruppo Grotte Ass. XXX ottobre, CAI Trieste, VI.

HODGMAN, 1951. *citato da Schoeller H. (1962).*

HSÜ K.J., 1973. *Quando il Mediterraneo si disseccò.* Le Scienze, X, 56.

HSÜ K.J., RYAN W.B.F., CITA M.B, 1973. *Late Miocene desiccation of the Mediterranean.* Nature, vol. 242.

MOSETTI F., 1954. *Studio geoelettrico dell'idrologia sotterranea del Friuli orientale.* Parte 1, Tecnica Italiana, IX, 3, Trieste.

MOSETTI F., TIBERIO A., 1958. *Alcune esperienze geofisiche e geochimiche per il rilevamento dei depositi di calcite nel Carso Triestino.* L'industria Mineraria, IX.

MOSETTI F., 1960. *Étude sur le mouvement des eaux souterraines par le procédé thermométrique.* Boll. Geof. teor. appl., II, 8.

MOSETTI F., 1977. *Contributo alla conoscenza della profondità dell'incarsimento nel Carso Triestino.* Atti III Conv. Speleol. Friuli-Venezia Giulia, Gorizia.

MOSETTI F., 1980. *Su due pozzi profondi nella Piana isontina: risultati preliminari delle ricerche Acega per il nuovo acquedotto di Trieste.* Boll. Società Adriatica di Scienze, LXIV, Trieste.

MOSETTI P., MOSETTI F., 1985. *Il fiume Natisone ed i fenomeni di cattura del suo tratto montano dimostrati con un criterio geomatematico.* Quaderni Ente Tutela Pesca, 12, Udine.

SCHOELLER H., 1962. *Les eaux souterraines.* Masson e C., Parigi.

STANLEY D.J., (Ed.) 1972. *The Mediterranean Sea. A natural Sedimentation laboratory.* Dowden, Hutchinson & Ross, Inc.

STEFANINI S., ULCIGRAI F., FORTI F., CUCCHI F., 1985. *Résultats expérimentels sur le dégradement des principaux roches carbonatées du karst de Trieste (Italie).* Journées Internationales de Karstologie, Metz.

UNESCO-FAO, 1973. *Hydrologie du Karst dans huit Régions circum-méditerrannées.*

Tabella 1

CORSI D'ACQUA CARSICI	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca/Mg
1 Isonzo (a Gorizia)	42.21	8.50	4.97
2 Timavo superiore (a Zemon)	52.09	6.07	8.58
3 Bistrica (sorgenti - in piena -)	55.64	7.63	7.29
4 Rio Cliunc (presso Harje)	41.61	5.18	8.03
5 Timavo superiore (a Topolce)	54.19	6.55	8.27
6 Timavo superiore (al ponte di Scoffe)	50.97	5.29	9.64
7 Timavo superiore (grotte di S. Canziano)	55.49	4.85	11.44
8 Grotta Gigante (stillicidio)	95.17	4.94	19.27
9 Aurisina (sorgenti)	90.12	3.65	24.69
10 Timavo inferiore	74.80	5.12	14.61
11 Pietrarossa (Lago)	54.80	8.70	6.30
12 Doberdò (Lago)	51.34	8.60	5.97
13 Moschenizze (Rio)	67.47	8.40	8.03
14 Randaccio (sorgente Sardotsch)	67.63	9.00	7.51
15 Rosandra (Rio)	73.70	6.07	12.14
16 Bagnoli (sorgenti)	82.60	4.01	20.60
17 Mocilnik (a valle di Vrabce)	53.38	4.50	11.86
18 Branica (a valle di Cobdil)	55.80	5.87	9.51
19 Liak (a Voghersca)	53.22	2.35	22.65
20 Vipacco (sorgenti - in piena -)	45.96	3.82	12.03
21 Hubel (sorgenti - in piena -)	35.84	6.06	5.91
22 Vipacco (a Gabria)	59.00	6.63	8.90
23 Pivka (a Prestrane)	68.99	4.40	15.68
24 Pivka (a Postojna)	62.58	4.11	15.23
25 Nanosica (alla confluenza col Pivka)	58.59	3.03	19.34

Calcio e Magnesio di alcune acque carsiche

Rappresenta un'indagine estesa a tutte le acque del Carso e di zone limitrofe (anche dei bacini del Vipacco e del Piuca, alimentati da terreni prevalentemente giurassici e triassici anzichè cretaceo-eocenici come il Timavo ed il Carso).

L'esame, pur basato su un solo campione raccolto nell'aprile 1966, è stato assai esteso arealmente; le analisi sono state eseguite all'epoca nel Laboratorio dell'Osservatorio Geofisico Sperimentale di Trieste.

Varie stazioni si trovano in territorio jugoslavo e sono state assunte per poter considerare in una panoramica tutta la situazione della regione carsica.

L'esame riguarda solo il Ca ed il Mg. Le stazioni sono state raggruppate secondo bacini (Isonzo 1, Timavo superiore 2-7, Carso 8-16 — ossia risorgive emergenti dal Carso triestino sia del gruppo del Timavo che le meridionali —, Vipacco 17-22, Piuca 23-25). Si nota che i massimi valori del contenuto in Ca si hanno nelle acque più tipicamente carsiche del Carso triestino (Grotta Gigante, Aurisina, Bagnoli). Le acque dell'alto Timavo hanno contenuti in Ca alquanto bassi e simili a quelli del bacino del Vipacco; non paiono esserci differenze notevoli a seconda che si tratti di risorgive carsiche (come Bistrica) o rii scorrenti nell'arenaria. Il contenuto in Mg è però più basso nel bacino del Vipacco che in quello dell'alto Timavo; in quest'ultimo degrada quasi regolarmente dalla Bistrica a S. Canziano. Nel basso Timavo e nel Carso alcuni valori elevati di Mg sono forse attribuibili ad influenze dell'Isonzo (non si trovano infatti valori elevati in Mg nelle sorgenti meridionali). Le acque del gruppo del Piuca, meno interessanti ai nostri scopi, sono lievemente arricchite in Ca ed impoverite in Mg rispetto al Vipacco ed all'alto Timavo.

Tabella 2

mese	Ca			Mg		
	Timavo	Sardotsch	Doberdò	Timavo	Sardotsch	Doberdò
1	70.8	59.5	50.2	8.0	10.1	9.6
2	70.8	61.5	50.8	7.8	10.1	10.0
3	75.7	72.9	57.7	5.9	8.0	8.3
4	73.6	81.2	66.6	4.9	6.2	6.7
5	73.9	68.7	52.2	5.4	7.7	8.0
6	75.4	65.4	50.3	5.7	8.2	8.3
7	78.5	71.1	53.5	5.5	7.4	7.9
8	75.0	64.9	53.0	6.9	8.9	8.3
9	73.5	63.9	52.5	8.1	9.4	8.9
10	70.1	59.7	53.5	8.9	10.2	9.6
11	77.4	67.9	57.2	7.5	9.6	9.7
12	74.3	78.4	64.2	6.2	8.3	8.6
media	74.1	67.9	55.1	6.7	8.7	8.7

Valori medi mensili ed annui in mg/l del contenuto in Ca ed in Mg delle acque delle principali risorgive carsiche

È ricavata da analisi eseguite dai Dr. Gemiti e Licciardello dell'Acega di Trieste e si riferiscono all'anno 1975. Esprimono i valori mensili e le medie annuali del contenuto in Ca e Mg in mg/l del Timavo (risorgiva del III ramo), delle risorgive Sardotsch (dell'acquedotto Randaccio) e delle risorgive del Lago di Doberdò. I dati risultano da tre determinazioni al mese in media: in esse si teneva anche conto della temperatura e del pH delle acque, nonchè del regime delle risorgive, indicando in particolare lo stato di piena.

Oltre al Ca ed al Mg vennero anche determinati i solfati ed i cloruri (rispettivamente attorno a 12 e 5 ppm, che però non sono stati considerati in questo lavoro). L'indagine era estesa anche ad altre acque della zona, carsiche e non. A commento dei valori presentati, si è osservato che il Ca pareva aumentare in condizioni di piena e diminuire in magra (i massimi valori osservati al Timavo erano attorno a 80 ppm, i minimi a 64 ppm), mentre non si osservava, nè si osserva nelle medie mensili riportate in tabella, una variazione con la temperatura, che peraltro alle risorgive del Timavo variava tra 11°C e 13°C. Comunque sia le relazioni con l'alternanza di piene e magre che con la temperatura andrebbero controllate su serie di osservazioni più lunghe.

In quanto al contenuto in Mg esso invece appare più regolarmente alto nei mesi invernali ed in magra e più basso in condizioni di piena.

Tabella 3

Campione	$CaCO_3$	$MgCO_3$	Totale	Formazione
1	98.11	1.89	100.00	A
2	98.67	1.39	100.06	A
3	99.53	0.63	100.16	A
4	98.54	1.34	99.88	A
5	98.92	1.13	100.05	A
6	98.65	1.38	100.03	A
7	98.93	1.25	100.18	A
8	97.83	1.69	99.52	A
9	99.47	0.50	99.97	A
10	98.89	0.79	99.68	A
11	99.04	0.75	99.79	A
12	99.00	0.88	99.88	A
13	99.12	0.88	100.00	A
14	99.13	0.63	99.76	A
15	98.76	1.25	100.01	A
16	97.72	1.51	99.23	A
17	58.53	41.26	99.79	B
18	58.72	40.95	99.67	B
19	98.39	1.24	99.63	A
20	98.63	1.02	99.65	A
21	98.51	1.51	100.02	A
22	98.69	1.02	99.71	A
23	98.97	0.88	99.85	A
24	97.90	1.69	99.59	A
25	97.71	1.89	99.60	A
26	60.44	39.45	99.89	B
27	96.38	1.88	98.27	A
28	98.88	1.01	99.89	A
29	97.81	1.88	99.69	A
30	99.09	0.90	99.99	A
31	98.93	0.88	99.81	A
32	98.70	1.13	99.83	A
33	98.57	1.26	99.83	A
34	98.71	1.35	100.06	A
35	85.29	14.37	99.66	AB
36	61.23	38.64	99.87	B
37	99.13	0.56	99.69	A
38	98.02	1.57	99.59	A
39	98.29	1.58	99.87	A
40	98.72	0.79	99.51	A
41	98.61	1.24	99.85	A
42	98.77	1.13	99.90	A
43	59.51	39.93	99.44	B
44	98.73	0.90	99.63	A
45	98.72	1.02	99.74	A
46	98.57	1.35	99.92	A
47	98.43	1.46	99.89	A
48	99.14	0.90	100.04	A
49	98.73	1.13	99.86	A
50	99.12	0.90	100.02	A
51	98.91	0.88	99.79	A
52	98.24	1.69	99.93	A
53	97.54	2.27	99.81	A

Percentuali di $CaCO_3$ e $MgCO_3$ in alcuni campioni rocciosi raccolti in Carso, in territorio italiano (la posizione topografica dei campioni è mostrata in Fig. 1)

Le analisi sono state eseguite determinando, come per le acque, il Ca ed il Mg dopo aver disciolto i campioni di roccia pulita, raccolti in superficie, in HCl. Si è rapportato il contenuto in Ca e in Mg a quello calcolato di $CaCO_3$ e $MgCO_3$. I risultati sono espressi in percentuale riferita alla massa dei campioni originari seccati in stufa a 105°C per 24 ore. I difetti a 100%, a meno di errori, sono attribuibili massimamente ad ossidi di ferro, gli eccessi (lievissimi) ad errori. Salvo il campione 35, che proviene dalla zona vicino al M. Ermada, in prossimità del contatto fra i calcari e le dolomie, si nota una netta separazione tra campioni rocciosi con composizione di 98-99% di $CaCO_3$ e 1-2% di $MgCO_3$ e campioni con circa 60% di $CaCO_3$ e 40% di $MgCO_3$, distinguendo tra calcari, di varia epoca e tessitura, calcari dolomitici e dolomie. La differenziazione è esemplare. Calcari e dolomie sono separatamente indicati come formazione A e B.

Tabella 4

Descrizione	peso in g	g di soluto calcolato come			%				ppm disciolti dopo 50 e 240 ore dosati come Ca e Mg e rapportati a $CaCO_3$ e $MgCO_3$			
		$CaCO_3$	$MgCO_3$	FeO	$CaCO_3$	$MgCO_3$	FeO	totale %	$CaCO_3$	$MgCO_3$	$CaCO_3$	$MgCO_3$
									50 ore		240 ore	
1) Marna	3.024	1.760	0.067	0.057	58.2	2.2	1.9	62.3	17.0	2.1	34.9	2.9
2) Calcare	3.239	2.881	0.059	0.014	88.9	1.8	0.4	91.1	39.3	3.7	48.0	3.8
3) Calcare bituminoso	3.578	3.448	0.054	0.023	96.4	1.5	0.6	98.5	48.7	2.9	46.7*	2.2*
4) Calcare	3.079	3.024	0.047	0.017	98.2	1.5	0.5	100.2	34.6	3.5	64.8	5.3
5) Calcare	3.484	3.372	0.051	0.020	96.8	1.5	0.6	98.9	30.5	1.9	70.3	2.4
6) Arenaria	3.458	0.074	0.074	0.138	2.1	2.1	4.0	8.1	43.4	1.4	49.2	2.5

* probabilmente in saturazione già dopo 50 ore.

Analisi di campioni pulverulenti

Sono presentate le analisi di 6 campioni rocciosi sottoposti a prove di solubilizzazione in acqua deionizzata ma in presenza della CO_2 atmosferica. Si tratta di campioni prelevati tra Grignano e Duino. Il campione 1 è di marna raccolta sulla Strada costiera presso S. Croce e non ha sensibili differenze di composizione nè di comportamento con i campioni di calcare. Il campione 6 è di arenaria raccolta a Grignano ed è invece completamente anomalo. Ogni campione è stato diviso in tre parti pressapoco eguali che, dopo la pulitura e l'essicamento, sono state pesate; una parte è stata attaccata con HCl (il campione 6 consta di una grande quantità inattaccabile all'acido), mentre le altre due, ridotte in polvere, sono state immerse in acqua (250 cc) deionizzata e lasciate, in condizioni di scarsa evaporazione, per 50 e 240 ore. L'acqua filtrata è stata quindi sottoposta ad analisi relativamente al contenuto in Ca ed in Mg. Nel calcolo dei % le masse iniziali dei campioni sottoposti a dissoluzione in acqua sono state rapportate a quella analizzata direttamente. Solo in quest'ultima è stato analizzato anche il contenuto in Fe, che è stato riportato quindi come FeO (prescindendo che la sua vera forma naturale nei calcari sia invece Fe_2O_3 o Fe_3O_4). I dati danno il % di questi tre componenti ed il complemento a 100 è evidentemente legato a costituenti come Si e Al, che non sono stati analizzati a proposito. La determinazione del Ca e Mg è stata eseguita col metodo complessometrico mediante il sale bisodico dell'acido etilendiamminotetraacetico (EDTA bisodico), usando un tampone a pH 10 e il Nero di Eriocromo T come indicatore. Data l'esistenza di ferro nei campioni calcarei per determinare la quantità di Ca e Mg è stato necessario prima complessare il ferro per evitare interferenze che questo dà nella titolazione con Nero di Eriocromo T; quindi alla soluzione da analizzare si era aggiunto della trietanolammina al 30% prima di eseguire la titolazione.

Dalle prove di solubilità si nota, salvo che per il campione 3 di calcare bituminoso — che forse ha saturato la soluzione già dopo 10 ore —, che la solubilità è veloce nelle prime ore mentre si rallenta successivamente; nelle successive 230 ore il soluto è quasi raddoppiato in media per il Ca e meno che raddoppiato per il Mg. Comunque i valori che si ottengono dopo 10 giorni di messa in soluzione (non è stato continuato di più l'esperimento per evitare perturbazioni da evaporazione) possono esser paragonati al contenuto delle acque di sorgenti carsiche o di corsi montani (Vipacco, alto Timavo, Piuca — vedi Tab. 1 —), forse con un po' meno Mg, ma certamente non alle acque del Carso triestino, che risultano assai più arricchite in Ca. Poichè probabilmente i valori dopo 240 ore sono prossimi alla saturazione, è evidente che le acque del Carso triestino, che appaiono soprassaturate rispetto alle normali condizioni di CO_2 atmosferica, hanno subito ulteriori influenze.

Tabella 5

Campioni	ppm solubilizzato dopo 50 ore (M) e 48 ore (F)*		% sui campioni originari		rapporto tra ppm disciolto e % originario	
	$CaCO_3$	$MgCO_3$	$CaCO_3$	$MgCO_3$	$CaCO_3$	$MgCO_3$
1 M[x]	17.00	2.09	58.20	2.22	0.29	0.95
2 M	39.30	3.66	88.94	1.81	0.44	2.03
3 M	48.70	2.91	96.38	1.51	0.51	1.94
4 M	34.60	3.45	98.23	1.52	0.35	2.30
5 M	30.50	1.88	96.78	1.45	0.32	1.25
6 M[xx]	43.40	1.35	2.13	2.14	20.67	0.64
1 F	29.15	0.79	98.25	0.21	0.30	3.76
2 F[xo]	14.40	8.67	56.25	41.79	0.26	0.21
3 F	35.65	1.84	90.25	0.21	0.40	8.76
4 F[xo]	23.15	4.85	50.50	49.00	0.46	0.10
12F	31.00	0.63	93.50	1.05	0.33	0.60
15F	37.00	1.10	94.50	2.04	0.39	0.54

[x] marna
[xx] arenaria
[xo] calcari dolomitici

* M = secondo Tab. 4, F = secondo Forti

Comparazione di analisi

Limitando il paragone alla prima fase di solubilizzazione, i risultati dei campioni di Tab. 4 (M) sono stati comparati con alcuni dei risultati di analoghe prove eseguite da Forti (Forti et al., 1974). Queste prove non avevano riferito la solubilità alla massa del campione, ma solo alla superficie. Li abbiamo confrontati coi nostri, benchè per questa differenza di osservazione il confronto sia evidentemente precario, perchè i dati di Forti includevano anche alcuni campioni di dolomia o calcare dolomitico.

Per poter consentire un qualche confronto, poichè i dati di Forti contenevano solo il % rispetto ai campioni originari e non il peso nè era possibile risalire a questo trattandosi di un attacco in superficie (considerando il peso del campione, che era di circa 500 g, si sarebbero ottenute quantità percentuali disciolte enormemente basse; in effetti la parte sensibile all'attacco è solo una scorza superficiale e non tutta la massa dei cubi sottoposti a prova), è stato riportato nelle due ultime colonne della tabella il rapporto tra i ppm disciolti ed il % originario, rispettivamente per il $CaCO_3$ e per il $MgCO_3$ (per esempio, la prima riga, per il $CaCO_3$, dà 0.29 che risulta dal rapporto tra 17.00 e 58.20). Tale rapporto non ha un preciso significato numerico ma deve esser preso come indice per il paragone. Esso ha una certa omogeneità per il carbonato di calcio nel confronto tra i dati di Tab. 4 (M) e quelli di Forti (F); salvo il caso dell'arenaria, il $CaCO_3$ solubilizzato sta sempre più o meno nello stesso rapporto. Si dedurrebbe che la solubilità sia eguale per qualunque calcare, anche dolomitico, riguardo al calcio.

In relazione invece al carbonato di magnesio in genere i rapporti sono maggiori che per il $CaCO_3$ e denoterebbero quindi una maggiore solubilità. I dati sono più dispersi forse per le minori quantità in gioco. Nel caso dei calcari dolomitici la solubilizzazione del Mg è distintamente minore in proporzione, cioè la solubilità di Mg sarebbe minore quanto maggiore è il contenuto; quindi proporzionalmente il Mg dei calcari si scioglie di più di quello delle dolomie.

È però da osservare che i campioni F sono attaccati in superficie, mentre i campioni M sono stati prima polverizzati e poi fatti attaccare.

Atti e Memorie della Comm. Grotte "E. Boegan"	Vol. 25	pp. 91-96	Trieste 1986

SILVIO POLLI

PROPRIETÀ FISICHE DELLA SORGENTE SGURENCA DI S. DORLIGO DELLA VALLE (TRIESTE)

RIASSUNTO

Della sorgente Sgurenca di S. Dorligo della Valle nella Provincia di Trieste si presentano i valori medi mensili ed annui delle temperature e delle portate. Tali valori sono messi in relazione con quelli corrispondenti delle temperature dell'aria e delle precipitazioni di una località vicina alla sorgente e di una sul sovrastante altopiano carsico dal quale deriva l'acqua della sorgente.

ABSTRACT

The monthly and annual flow and temperature mean values of the Sgurenga spring-head in S. Dorligo della Valle in the Province of Trieste are herewith presented. Those mean values are put in direct relation with air-temperature and precipitation mean values of a site in the vicinity of the spring-head, and of another site situated on the above karstic-plateau from which flows the water of the spring-head.

Premessa

Nella zona di San Dorligo della Valle (Dolina) scaturiscono diverse sorgenti le cui acque provengono dal sovrastante altopiano carsico di S. Servolo.

La più notevole, per la costanza dei suoi caratteri fisici, è quella denominata Sgurenca (nota pure un tempo col nome di Sarenz). Essa si trova sulla strada che collega S. Dorligo con Prebenico, di fronte allo sbocco della salita che proviene dal centro del paese e passa tra la chiesetta di S. Martino Vescovo e il Cimitero.

Le coordinate geografiche, riferite alla Tavoletta 1:25000 dell'I.G.M. "S. Dorligo della Valle", F. 53A, I, NE, Ed. 5-1959-62, sono: lat. 45° 35' 54,2" N, long. 13° 51' 24,0" E Greenwich, 1° 24' 25,6" E.M. Mario Roma, altitudine 141 m sul livello medio del mare. Le coordinate polari relative alla chiesa di S. Dorligo sono: E + 75°, d = 210 m, q = 141 m. La sorgente è segnata nella suddetta tavoletta quale "fontana".

L'acqua sgorga da un tubo di ferro (diametro interno di 24 mm, spessore 1,5 mm) sporgente 12 cm da una muratura concava, all'altezza di 113 cm dal suolo, e cade nel sottostante bacino di pietra. L'acqua che fluisce dal tubo proviene da un retrostante serbatoio nel quale scaturisce l'effettiva sorgente. Ai lati della muratura si trovano due grossi tigli.

Rispetto alle altre sorgenti della zona la Sgurenca è caratterizzata da un andamento termico annuo quasi costante. L'escursione media annua della temperatura è infatti minore di 1°C.

Anche l'andamento annuo delle portate risulta relativamente costante, risentendo esse con molto ritardo l'apporto stagionale delle precipitazioni.

L'acqua sgorgante risulta sempre limpida, inodora, ben aerata, non lascia tracce di depositi, non contiene apparentemente sostanze organiche e rimane a lungo inalterata nei contenitori.

È noto che alla sorgente attingono continuamente acqua sia gli abitanti locali, sia quelli, e molto numerosi, di Trieste, e perfino di Muggia e di Sistiana. L'acqua viene prelevata in capaci recipienti e bottiglioni e usata sia per bere, sia per cuocere vivande varie e, specialmente, per preparare caffè e tè.

Le temperature

Negli anni dal 1982 al 1986 sono state eseguite alla sorgente, nelle varie stagioni, sistematiche misure della temperatura e delle portate. I relativi dati sono stati elaborati secondo medie ponderate mensili e i cui valori mettono in evidenza il loro andamento annuo. Sono stati eseguiti, in media, due rilievi per stagione. È evidente che con una frequenza maggiore si otterrebbero valori più precisi.

La temperatura dell'acqua è stata misurata in gradi e decimi di grado mediante termometro tarato con un campione, per cui i dati hanno valore assoluto. Le misure sono state eseguite con il termometro completamente immerso e ripetute più volte in ogni sopralluogo.

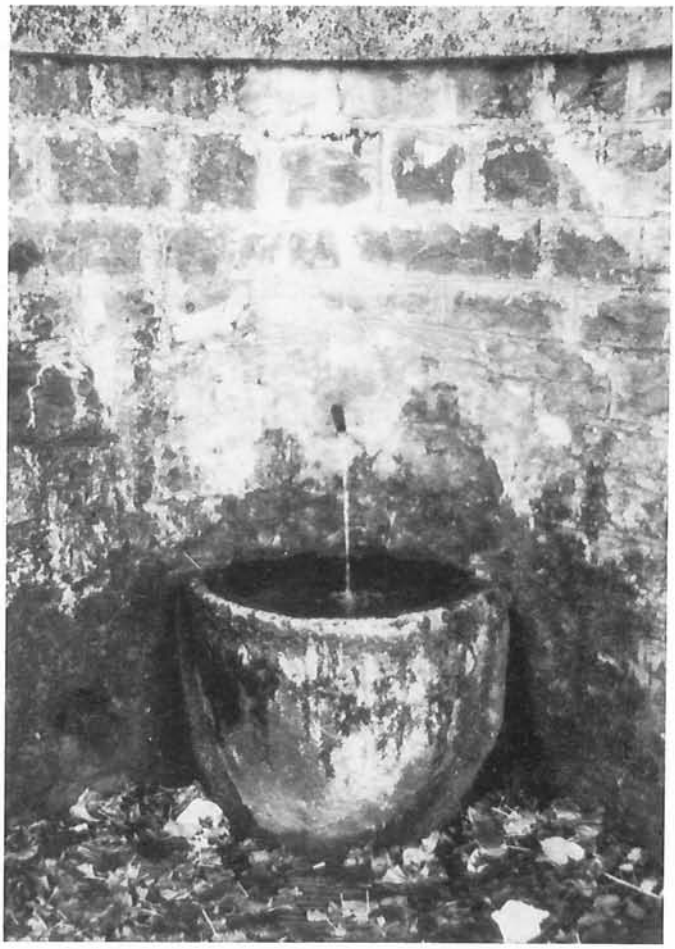
L'andamento annuo medio presenta il mimino ed il massimo molto ritardati rispetto a quelli dell'aria. Lo sfasamento è in media di 2 mesi. Le temperature minime si raggiungono generalmente in marzo (per l'aria in gennaio), le massime alla fine di settembre (per l'aria in luglio). Le temperature più basse perdurano per quasi 6 mesi, da gennaio a giugno, mentre quelle più elevate hanno durata più breve, meno di 2 mesi, da settembre ad ottobre.

La temperatura media annua risulta di 11,3°C ed è più vicina a quella dell'altopiano di S. Servolo che a quella di S. Dorligo, e corrisponde a quella interna del sistema roccioso prossimo all'altopiano e alla profondità di 30-60 m. L'escursione media annua è di 0,9°C, variando la temperatura media mensile da un minimo di 11,0° ad un massimo di 11,9°C. L'escursione massima annua solo raramente raggiunge 1°C. E solo eccezionalmente si raggiungono temperature minime di 10,8° e massime di 12,1°C. Temperature di 10,9° sono state raggiunte nel marzo 1986, dopo un febbraio molto rigido. Temperature di 12,0° sono state misurate nell'ottobre 1986 dopo due mesi ben soleggiati. Sulla temperatura dell'acqua influirebbe più la temperatura della roccia superficiale che quella dell'aria. Da quanto precede (sfasamento della temperatura e costanza della stessa) si dovrebbe dedurre che l'acqua, proveniente dall'altopiano, avrebbe un percorso sotterraneo alquanto profondo, complesso e filtrante, cioè scorrerebbe o meglio percolerebbe in ristrette fessurazioni, per cui l'acqua assumerebbe prevalentemente la temperatura della roccia.

Temperature e portate della Sorgente e temperature e precipitazioni a Klanec e S. Dorligo

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Anno
TEMPERATURE														
Acqua Sorgente	°C	11,1	11,1	11,0	11,0	11,1	11,1	11,2	11,5	11,9	11,9	11,5	11,2	11,3
Aria Klanec	°C	1,9	2,9	5,6	10,0	13,8	17,1	19,6	19,5	16,1	11,7	7,3	3,4	10,7
Aria S. Dorligo	°C	4,2	5,2	7,9	12,1	16,5	20,1	22,4	22,0	18,5	14,2	9,5	5,7	13,2
PORTATE														
Sorgente	l/min.	10,6	15,3	17,5	16,2	13,7	12,7	10,3	7,2	4,7	3,0	2,3	4,0	9,8
PRECIPITAZIONI														
Klanec	mm	84	72	81	99	85	122	88	102	101	93	122	104	1153
S. Dorligo	mm	84	69	82	90	74	90	78	83	97	92	110	89	1038

La sorgente Sgurenca
di S. Dorligo della Valle

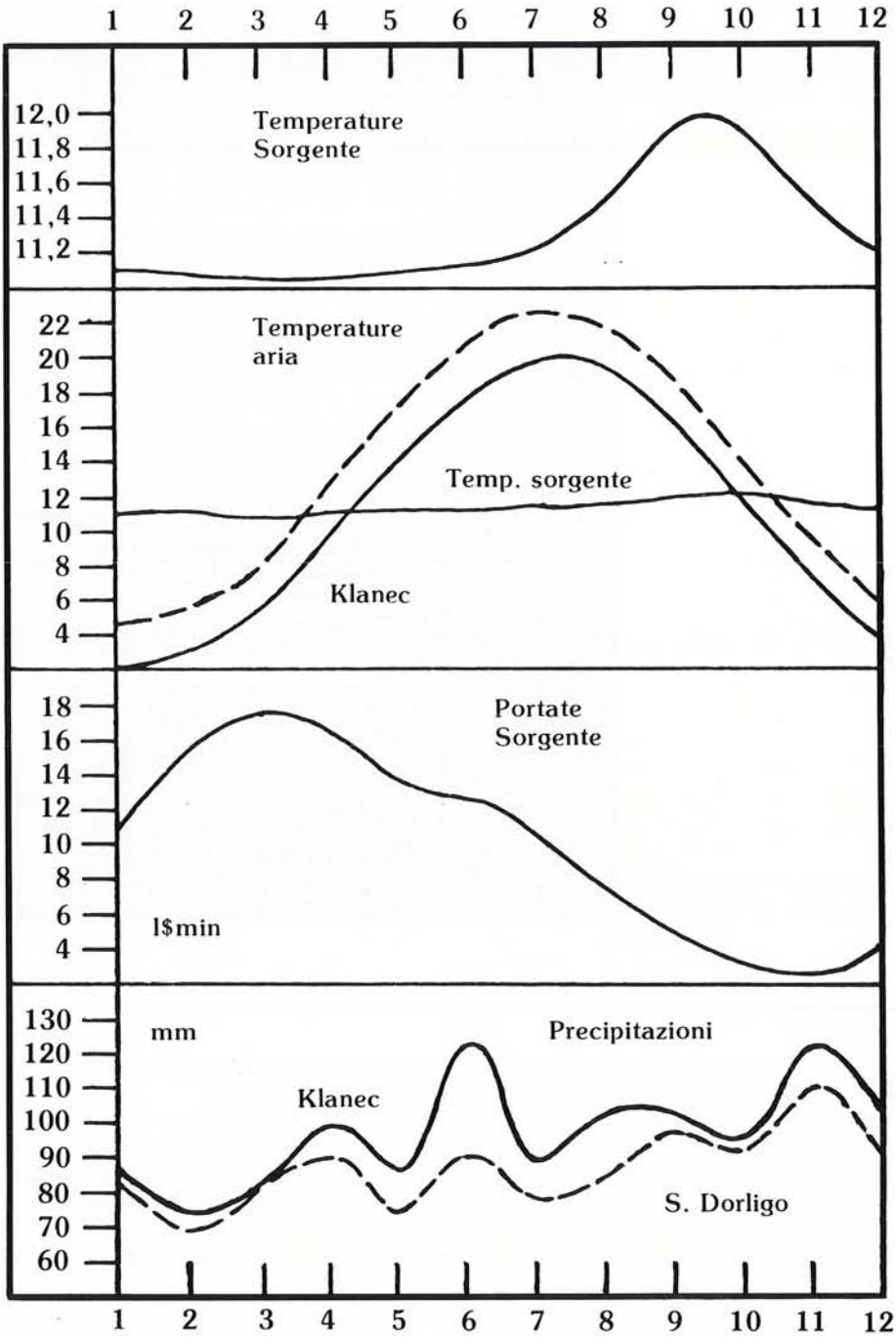


Le portate

Le misure di portata sono state eseguite usando un recipiente di capacità esattamente controllata e mediante contasecondi, e ripetute ad intervalli di tre minuti.

Anche le portate, sebbene meno costanti delle temperature, presentano un regolare e significativo andamento annuo. Esso è caratterizzato dal fatto di essere quasi opposto a quello delle precipitazioni, sia sull'altopiano carsico, sia nella zona di S. Dorligo. Mentre la piovosità presenta un minimo principale invernale (mediamente in febbraio) ed un massimo principale autunnale (mediamente in novembre), l'andamento delle portate invece mette in chiara evidenza un massimo principale in marzo e un minimo per lo più in novembre: i due andamenti annui risultano generalmente in opposizione di fase.

Anche nel caso delle portate (come in quello delle temperature) interviene l'azione ritardante del percorso, indubbiamente complesso, che obbliga l'acqua a percolare in ristrette fessure che si oppongono ad un più semplice e libero scorrimento. Lo sfasamento tra le precipitazioni e le portate è di circa 7 mesi per le portate minime e di quasi 4 mesi per quelle massime.



"Temperature e portate della Sorgente e temperature e precipitazioni a Klanec e S. Dorligo".

Ai massimi deflussi primaverili concorre pure la fusione delle nevi depositatesi durante l'inverno sull'altopiano. A giustificare invece il minimo autunnale intervengono il forte assorbimento delle precipitazioni da parte del terreno reso secco dal soleggiamento estivo, il notevole assorbimento di acqua da parte della vegetazione (sia erbacea che arbustivo-arborea) ancora molto rigogliosa ed infine la forte evaporazione ancora considerevole tanto del suolo che della vegetazione.

Dopo periodi di prolungata siccità l'erogazione dell'acqua può divenire intermittente. Allora, aspirando al cannello, si può talvolta innescare il sifone del deposito e il flusso può riprendere, meno regolare, per un tempo più o meno lungo. Insufflando invece nel cannello il sifone può disinnescarsi e interrompere così per un certo tempo il deflusso.

Dopo periodi di intensa piovosità l'acqua può sgorgare anche dalle fessure esistenti alla base della muratura e sottostanti il bacino. Le portate assumono allora valori massimi, dell'ordine di 20 litri/minuto (massimo questo limitato dal diametro interno del tubo erogante). Il getto dell'acqua arriva in questi casi fino all'orlo del sottostante bacino, cioè a 34 cm dalla bocca del tubo e a 46 cm dalla muratura nella quale esso è infisso.

Portate massime di 20 litri/minuto si sono avute nel giorno 18.3.1985 e sono state causate sia dal precedente periodo molto piovoso, sia dalla fusione della neve e del ghiaccio accumulatisi sull'altopiano negli antecedenti mesi invernali insolitamente rigidi.

Portate minime di 2,5 litri/minuto sono state misurate nel novembre 1985 dopo due mesi eccezionalmente secchi.

Tabella e grafici

La tabella presenta i valori medi mensili e annui delle temperature e delle portate della sorgente, delle temperature dell'aria e delle precipitazioni di Klanec (S. Pietro di Madrasso) a quota 440 m e di S. Dorligo della Valle (Dolina) a quota 60 m (Municipio).

Tutti i dati delle due località si riferiscono al trentennio 1951-1980 e tutti quelli della sorgente al quinquennio 1982-1986. Le temperature sono date in °C, le portate in litri/minuto e le precipitazioni in millimetri di altezza e comprendono la neve ridotta in acqua.

La tavola grafica rappresenta l'andamento dei valori della tabella numerica. Le temperature della sorgente sono figurate sia in diagramma proprio (si noti in questo caso che l'ampiezza della scala termica è di solo 1°C!) e sia, per confronto immediato, in quello delle temperature dell'aria. Si osservi ancora, nella tabella numerica ed anche nel diagramma, come l'escursione termica annua dell'acqua (differenza fra il mese più caldo e quello più freddo) sia 20 volte minore di quella dell'aria.

Dall'esame dei singoli diagrammi risulta bene in evidenza il ritardo fra le temperature estreme dell'aria e quelle corrispondenti della sorgente e inoltre l'opposizione di fase tra gli estremi delle precipitazioni e quelli delle portate della sorgente, come è già stato precedentemente precisato.

Per le portate medie annue della sorgente si hanno i seguenti valori:

9,8	litri/minuto	corrispondenti	a	.....	0,0098	m^3/minuto
588	" /ora	"	"	.....	0,588	" /ora
14112	" /giorno	"	"	.....	14,112	" /giorno
5150880	" /anno	"	"	.....	5150,880	" /anno

Bibliografia

POLLI S., 1970. *Valori normali del clima di Trieste.* Ist. Talassogr., Pubbl. n. 460, Trieste 1970: 1-9.

POLLI S., 1971. *Il clima della Regione.* Enc. Monogr. del Friuli-Venezia Giulia, 1 (1), Udine 1971: 442-488.

POLLI S., 1981. *I climi della Val Rosandra - Podnebje v Dolini Glinscice.* Atti Conv. Int. sulla Val Rosandra-Akti Mednarodni o Dolini Glinscice, Bagnoli della Rosandra 21-22 marzo 1981, San Dorligo (Trie-1983: 178-195.

POLLI S., 1984. *Ambiente climatico degli stagni della Provincia di Trieste.* Atti Mus. civ. Stor. nat. Trieste, 37 (2), Trieste 1984: 217-233.

POLLI S., 1985. *La sorgente Bukovec del Monte Carso.* Atti e Memorie della Comm. Grotte "E. Boegan", Vol. 24, Trieste 1985: 79-88.

SANCIN S., 1984. *Sotto l'altipiano di S. Servolo. Le sorgenti di Dolina.* Gruppo Grotte dell'Assoc. Alpina Slovena di Trieste, San Dorligo (Trieste) 1984: 1-20.

ISTITUTO TALASSOGR. DI TRIESTE. 1946-1984. *Osserv. meteor., Annuari, Dati delle stazioni meteoriche della Regione.* Trieste 1946-1984.

Atti e Memorie della Comm. Grotte "E. Boegan"	Vol. 25	pp. 97-102	Trieste 1986

FRANCO CUCCHI*, FABIO FORTI**

MISURE DI DISSOLUZIONE DI ROCCE CARBONATICHE: LE RICERCHE A TRIESTE***

RIASSUNTO

Si presentano i risultati delle ricerche attualmente in corso sulla dissoluzione delle rocce carbonatiche sul Carso di Trieste e nella Regione Friuli-Venezia Giulia. Le ricerche condotte nel passato e quelle attuali sono sempre eseguite cercando di avvicinarsi al massimo alle condizioni reali: perdita di peso per immersione in acqua piovana, perdita di peso per esposizione prolungata in campagna agli agenti meteorici, abbassamento di superfici rocciose direttamente sul posto. Risulta un quadro abbastanza preciso dell'entità attuale e reale della dissoluzione per carsismo sul Carso triestino e nella Regione.

ABSTRACT

The paper presents the results of current research on dissolution of carbonatic rock in the Carso of Trieste and in the Friuli-Venezia Giulia Region. Past and current research has always been carried out in conditions as close as possible to reality: loss in weight by immersion in rain water, loss in weight by prolonged field exposure to atmospheric agents, lowering of rock surfaces directly on the site. What emerges is a detailed picture of the current and real dissolution by karst phenomena on the Carso of Trieste and in the Region.

Premessa

Da numerosi anni la Commissione Grotte "E. Boegan", conduce in collaborazione con l'Istituto di Geologia e Paleontologia dell'Università di Trieste ricerche e studi sulla dissoluzione delle rocce carbonatiche.

Queste esperienze sono state impostate su un piano essenzialmente pratico-sperimentale e le linee di ricerca così come i risultati delle diverse prove, sono stati oggetto di numerose pubblicazioni, alle quali si rimanda per una più dettagliata informazione.

La presente nota vuole solo fare il punto della situazione, illustrando nel contempo i risultati finora ottenuti dalle misure in corso.

Le ricerche effettuate

La prima esperienza locale eseguita fu un compromesso fra campagna e laboratorio: alcuni cubetti di rocce carbonatiche diverse furono sottoposti a dissoluzione più o meno prolungata in acqua piovana. In laboratorio si eseguirono le pesate e le immersioni, misurando le perdite in

* Istituto di Geologia e Paleontologia, Università di Trieste

** Commissione Grotte "Eugenio Boegan", S.A.G., Trieste

*** Ricerche eseguite anche con contributi M.P.I. 60% (anni 1983, 1984, 1985, resp. F. Ulcigrai) nell'ambito della Sezione Carsismo e Speleologia Fisica del Gruppo Nazionale Geografia fisica e Geomorfologia del C.N.R.

peso nelle varie condizioni e si considerarono i risultati comparandoli alle caratteristiche petrografico-mineralogiche dei campioni (FORTI ET AL. 1985).

In seguito vennero impiantate, dapprima sul Carso di Trieste, indi in altre località della Regione, stazioni di misura dell'abbassamento della superficie mediante il metodo del micrometro (FORTI, 1981). Appoggiato sui chiodi speciali infissi nella roccia, utilizzato sempre dallo stesso operatore, il micrometro ha permesso di misurare dal 1979 ad oggi l'entità reale dell'abbassamento della superficie rocciosa in località morfologicamente e litologicamente diverse.

Nel contempo fu dato il via ad un'altra esperienza dalla tecnica mista: piccole piastrelle di campioni rocciosi, tagliate in laboratorio, furono appese, quasi come biancheria al sole, e lasciate esposte agli agenti esterni presso la Stazione Meteorologica di Borgo Grotta Gigante. Ad intervalli di 6 mesi per due anni e di 12 mesi per i restanti tre anni, si pesarono i campioni in laboratorio onde misurare le perdite in peso della 52 piastrelline (FORTI & STEFANINI, 1981).

I risultati delle diverse esperienze sono illustrati in numerose pubblicazioni, alcune delle quali non ancora edite vista l'afferenza a "Atti" di convegni (vedi anche la bibliografia). Si riportano di seguito solamente i dati salienti e riassuntivi delle ricerche eseguite.

Fig. 1: La Stazione 10 (DU)

Tabella n. 1

Le Stazioni sul Carso Triestino

	CARSO								
Sigla	1 (GG)	2 (CS1)	2b (CS2)	3 (VA)	4 (DO)	5 (CN)	6 (VC)	6b (BR)	7 (MC)
Quota esposizione	275 12° → SW	260 12° → S	250 7° → NE	260 suborizz.	223 18° → W	295 14° → W	390 27° → W	440 37° → S	520 14° → E
Misure:									
Prima	7.1.79	8.4.79	5.4.86	8.4.79	16.4.79	25.4.79	1.5.79	29.12.85	25.3.79
Ultima	13.9.86	13.9.86	13.9.86	13.9.86	13.9.86	13.9.86	6.9.86	6.9.86	6.9.86
Periodo (mesi)	92	89	5	89	89	89	88	9	89
N. Misure	17	15	1	15	15	15	15	2	15
Abbass. totale (mm)	0.190	0.210	0.004	0.095	0.225	0.185	0.110	0.050	0.205
Abbass. medio/anno	0.025	0.028		0.013	0.030	0.025	0.015		0.028
Note			Raddoppio stazione 2	Vaschetta presso staz. 2					

	CARSO			CARSO A MARE				
Sigla	8 (BE)	9 (BD)	10 (DU)	11 (DM1)	11b (DM2)	11c (DM3)	12 (VP1)	12b (VP2)
Quota esposizione	370 7° → SSE	243 15° → SSE	76 suborizz.	1.0 41° → W	1.6 51° → SSW	2.3 25° → SE	0.7 47° → SSW	0.3 47° → SSW
Misure:								
Prima	14.4.79	13.9.86	12.4.81	13.4.86	4.10.85	4.10.85	25.4.82	16.5.82
Ultima	1.11.86		8.10.86	8.10.86	8.10.86	8.10.86	8.10.86	8.10.86
Periodo (mesi)	90		66	5	12	12	53	52
N. Misure	15		11	1	2	2	9	9
Abbass. totale (mm)	0.145		0.080	0.003	0.035	0.190	0.040	0.840
Abbass. medio/anno	0.019		0.015		0.035	0.190	0.009	0.194
Note				Sottoposti a moto ondoso in condizioni particolari			Maree * eccezionali	Sommerso in alta marea

* Le maree hanno un'escursione media da +60 a -60 cm

Fig. 2: La Stazione 5 (CM)

Le ricerche in corso

L'assunzione di misure mediante micrometro continua, con cadenza approssimativa semestrale, in quanto lo scopo è di avere per tutte le stazioni dati decennali o almeno quinquennali. Recentemente si è dato il via al raddoppio (per sicurezza e per confronto) di alcune stazioni e se ne sono impiantate di nuove.

Inoltre si sta approntando una nuova complessa stazione di misura mediante micrometro presso la Grotta Gigante, consistente nell'esporre agli agenti esterni, uno vicino all'altro in condizioni uguali, una trentina di blocchi rocciosi provenienti da Formazioni e località italiane diverse. Ciò al fine di comparare i risultati finora ottenuti sulle rocce triestine riversandoli su litotipi diversi.

Tutto allo scopo di ottenere dati mediabili, aderenti alla realtà, da confrontare con quelli, forse spesso più teorici, che altri ricercatori italiani e stranieri vanno raccogliendo.

Tabella n. 2

Le Stazioni in Regione

	MONTE CANIN						PRADIS		
Sigla	13 (CA1)	14 (CA2)	15 (CA3)	15b (CA4)	16 (CA5)	16b (CA6)	17 (PR1)	18 (PR2)	18b (PR3)
Quota esposizione	1986 suborizz.	1976 20° → S	1970 55° → SW	1976 81° → SW	1800 7° → NE	1800 43° → NW	480 24° → NW	535 15° → SE	535 38° → SE
Misure:									
Prima	12.9.82	12.9.82	12.9.82	12.9.82	3.8.86	3.8.86	22.5.83	22.5.83	
Ultima	1.9.85	3.8.86	3.8.86	1.9.85			1.5.86	1.5.86	
Periodo (mesi)	36	47	47	36			35	35	
N. Misure	4	5	5	4			5	5	
Abbass. totale (mm)	0.055	0.090	0.060	0.065			0.050	0.085	
Abbass. medio/anno	0.018	0.023	0.015	0.022			0.013	0.022	
Note									Raddoppio stazione 18

	MONTE AVANZA			MARMOLADA	
Sigla	19 (AV1)	19b (AV2)	20 (AV3)	21 (MA1)	21b (MA2)
Quota esposizione	1890 57° → NE	1875 55° → S	1826 24° → E	2460 8° → W	2450 51° → NW
Misure:					
Prima	1.11.83	7.10.84	6.10.85	10.8.83	7.8.86
Ultima	22.6.86	22.6.86	22.6.86	7.8.86	
Periodo (mesi)	32	20	8	36	
N. Misure	4	3	1	3	
Abbass. totale (mm)	0.030	0.110	0.050	0.050	
Abbass. medio/anno	0.008	0.065		0.017	
Note					

Fig. 4: La Stazione 11 (DM1)

Bibliografia

FORTI F., 1981. *Metodologia per lo studio della dissoluzione con il sistema della misura con micrometro.* Atti e Memorie Comm. Grotte "E. Boegan", vol. XX (1980), Trieste, 75-82.

FORTI F., 1983. *Misure della dissoluzione carsica e dell'accrescimento delle stalagmiti (nota preliminare).* Atti 4° Conv. Spel. F.-V.G., Pordenone 1979, Pordenone, 193-198.

FORTI F., 1984. *Misure sulla dissoluzione delle rocce carbonatiche nella regione Friuli-Venezia Giulia.* Atti del 3° Congresso Triveneto di Speleologia, Vicenza 1984.

FORTI F., STEFANINI S., ULCIGRAI., 1975. *Relazioni tra solubilità e carsificabilità nelle rocce carbonatiche del Carso triestino.* Atti e Memorie Comm. Grotte "E. Boegan", vol. XIV, Trieste.

FORTI F. & STEFANINI S., 1981. *Modalità di una prova sperimentale per la definizione del grado di solubilità dei principali litotipi del Carso Triestino sotto l'azione degli agenti esterni.* Atti e Memorie Comm. Grotte "E. Boegan", vol. XX (1980), Trieste, 83-93.

CUCCHI F., FORTI F., STEFANINI S., ULCIGRAI F., 1985. *Mesures de l'érosion karstique et du concrétionnement dans le karst de Trieste (Italie). In:* Actes des "Journées Internationales de Karstologie", Metz (France), mai 1985, N° spec. di "Spelunca", 1987 (in corso di stampa), Paris.

STEFANINI S., ULCIGRAI F., FORTI F., CUCCHI F., 1985. *Résultats expérimental sur les dégradement des principaux roches carbonatées du karst de Trieste (Italie). In:* Actes des "Journées Internationales de Karstologie", Metz (France), mai 1985. N° spec. di "Spelunca", 1987 (in corso di stampa), Paris.

Atti e Memorie della Comm. Grotte "E. Boegan"	Vol. 25	pp. 103-112	Trieste 1986

ELIO POLLI

PARTICOLARI ASPETTI CLIMATICI E BOTANICI DEL "POZZO PRESSO VILLA OPICINA" (156 VG) NEL CARSO TRIESTINO

RIASSUNTO

Nella voragine presso Villa Opicina (156 VG) nel Carso di Trieste sono state rinvenute *Polystichum aculeatum* (L.) Roth., inedito nella zona, ed *Actaea spicata* L. rara nella stessa. Le due specie sono messe in relazione con il particolare ambiente climatico nel quale sono state rinvenute.

ABSTRACT

The *Polystichum aculeatum* (L.) Roth, new in this area, and the *Actaea spicata* L., rare in the same area, have been found in the chasm near Villa Opicina (156 VG), on the Carso of Trieste. The two species are put in direct relation with the specific climatic enviroment in which they have been found.

Premessa

Alcune voragini del Carso triestino presentano insospettati aspetti climatici e botanici, il cui studio potrà contribuire ad una migliore conoscenza dell'ambiente carsico.

Per mettere in evidenza tali particolarità sono state eseguite, nelle cavità che in modo specifico denotano tali singolarità, alcune serie di misurazioni e rilievi.

È già stata esaminata la Fovea Maledetta (822 VG), a NW di Gabrovizza, nella quale è stata rinvenuta un'inattesa stazione di *Ruscus hypoglossum* L., specie che finora non risulta sia stata trovata spontanea in altri siti del Carso triestino.

Nei vari sopralluoghi eseguiti nelle diverse voragini, nel "Pozzo presso Villa Opicina" (156 VG), indicato come "Pozzo del Frate" nel 1896 dai soci del Club Touristi Triestini, è stata notata la presenza, tra le altre tipiche specie, della Felce *Polystichum aculeatum* (L.) Roth. e della Ranunculacea *Actaea spicata* L. Queste specie, la prima nuova per il Carso triestino e la seconda rara sullo stesso, in questa cavità possono svilupparsi proprio per le particolari condizioni climatiche che presenta questo ambiente.

In questo lavoro, oltre ad indicare le singole posizioni nella voragine in cui sono state rinvenute le due specie, si determina la situazione floristica della voragine stessa nella sua stratificazione fino all'orlo della dolina e nella zona circostante. Tutto ciò è posto in relazione con le condizioni climatiche e topoclimatiche della cavità stessa.

Il Pozzo presso Villa Opicina (156 VG)

Il Pozzo è situato in una zona boscosa tra Villa Opicina e Fernetti, alla quota di 310 m. Le coordinate geografiche sono: lat. 45° 41' 52,5" N, long. 13° 48' 39,3" E Greenwich, 1° 21'

30,9" E M. Mario. Tutte le coordinate si riferiscono alla Tavoletta "Poggioreale del Carso", ED. 4 - 1962.

Alla voragine (che mi è stata segnalata da Dario Marini) si perviene percorrendo il sentiero segnavie N. 43 che, passando davanti alla Foiba N. 149 (Abisso presso Villa Opicina), porta al Monte Orsario (q. 472 m). Poco dopo aver superato il secondo sottopassaggio si prende a destra la carrareccia, ormai abbandonata, che conduce agli scarsi resti del Casello ferroviario (N. 833, km 574.8) di quota 313 m della linea Villa Opicina - Sesana. Seguendo verso SW tracce di sentiero, dopo circa 400 m si giunge alla dolina nella quale si trova la voragine; dal suddetto Casello essa viene a trovarsi 120 m a NNE.

La voragine è effettivamente costituita da tre pozzi esterni (profondità 10 m, 10 m e 13 m) e da uno interno (profondità 3 m).

La figura annessa presenta la sezione del primo pozzo (e tratteggiata quella del terzo), mentre nella pianta sono rappresentati tutti i pozzi. Le quote si riferiscono al rilievo eseguito da E. Mavricich il 1.1.1921.

I primi due pozzi esterni sono accessibili senza difficoltà; per accedere nel terzo è opportuno aiutarsi con una fune. Nel primo pozzo si può scendere, dal lato nord, lungo una china detritica molto ripida; ed è appunto in questo ambiente che si rinvengono, tra le altre specie, anche *Polystichum aculeatum* (L.) Roth e *Actaea spicata* L.

Al termine della discesa, lunga 38 m, si apre una caverna lunga 10 m. Sempre dalla base della china si può passare nel secondo baratro attraverso una stretta fessura e quindi ci si può calare nel terzo.

Aspetti climatici e topoclimatici

L'area in cui è situata la voragine appartiene climaticamente al Carso triestino medio; il suo clima, con carattere marittimo-mediterraneo, tende qui già sensibilmente al continentale subalpino.

L'effetto della bora risulta smorzato dalla circostante vasta copertura boscosa a prevalente Pino nero austriaco. Tuttavia, quando il vento raggiunge velocità superiori ai 30 km/ora, esso è ancora sensibile sino quasi al fondo della china detritica apportandovi un abbassamento di temperatura e soprattutto una diminuzione dell'umidità relativa (la bora è un vento secco!).

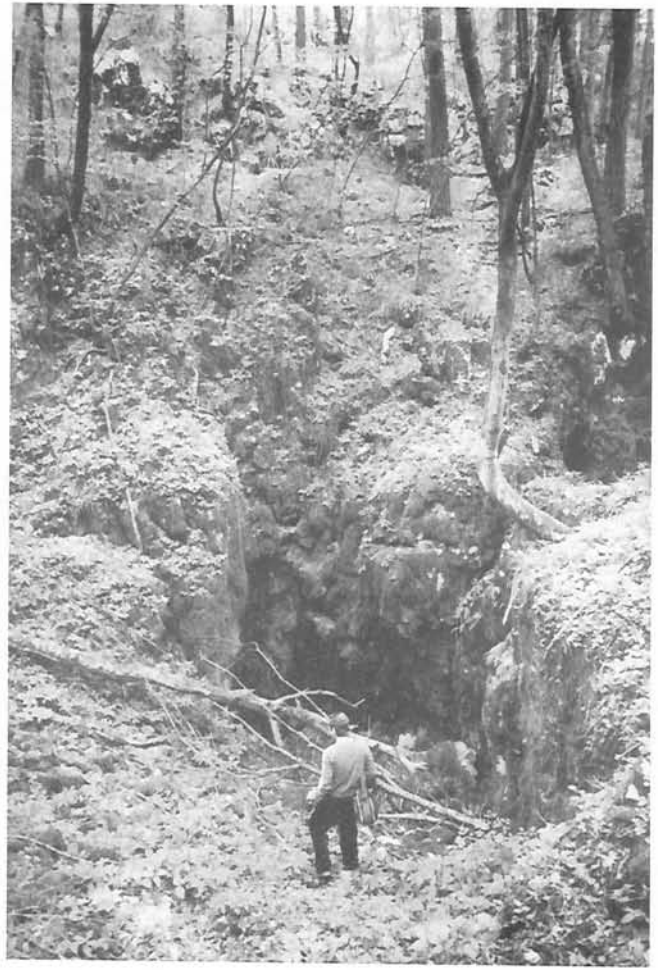
Si presentano, nella seguente Tabella, i valori mensili medi (riferiti al trentennio 1951-1980) della temperatura, delle precipitazioni e dell'umidità relativa all'esterno della dolina nella quale si trova la voragine.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Anno
Temp. °C	2,4	3,7	6,3	10,2	14,3	18,1	20,5	20,1	16,1	12,3	7,4	3,9	11,3
Prec. mm	93	84	92	105	102	112	92	102	125	119	133	108	1267
Um. rel. %	74	73	71	69	69	68	65	64	69	72	74	74	70

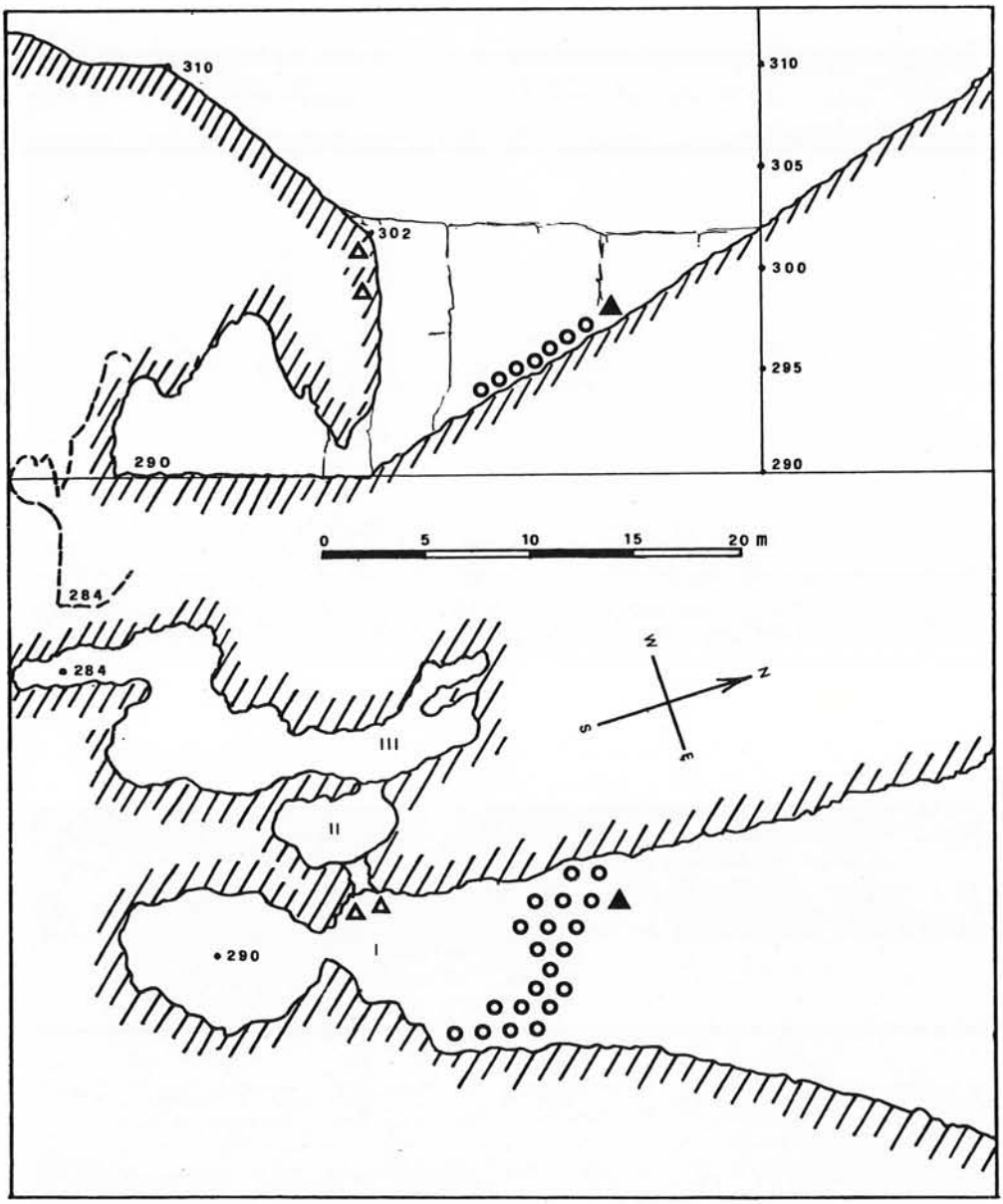
Caratteristica topoclimatica della cavità è quella di presentare il fenomeno dell'inversione termica più intenso di quello delle normali doline del Carso. Ciò è dovuto al fatto che la voragine presenta pareti verticali tranne che lungo il versante NNE, per il quale scende l'aria fredda notturna, che rimane intrappolata nella caverna e sul fondo del pendio.

Con cielo sereno e senza bora la diminuzione della temperatura tra l'esterno della dolina ed il fondo del primo pozzo (30 m) è mediamente di 12°C, con un gradiente di 40°C per 100 m. In condizioni normali tale differenza è di 7°C, con un gradiente di circa 23°C per 100 m. Per cui le temperature al fondo della china risultano di circa 7°C inferiori a quelle esterne, con un valore medio annuo di 4,5°C. Il che corrisponderebbe a temperature subalpine di località situate a quote tra i 900 m ed i 1300 m. Ad esempio: Passo del Predil (1162 m), Passo della Mauria (1298 m), Bosco del Cansiglio (1081 m).

Vegetazione sulla parete est della dolina Foto D. Marini



In primo piano, fascia di *Actaea spicata* Foto D. Marini



Pozzo presso Villa Opicina 156 VG (Pozzo del Frate)

Legenda

▲ **Polystichum aculeatum**
○ **Actaea spicata**
△ **Polypodium volgare**

Lungo il pendio, nel sito di *Polystichum aculeatum,* la temperatura media annua è di 10°C; nella fascia di *Actaea spicata* essa varia da 7°C a 9°C con una umidità relativa dal 75% all'80%. Ciò è in accordo col fatto che le due specie si trovano normalmente nel bosco di Faggeta (Piano montano), ad altitudini comprese fra i 600 m ed i 1500 m.

Il forte abbassamento di temperatura che si ha al fondo della voragine comporta pure un notevole aumento dell'umidità relativa. Questa, mentre sull'orlo della dolina ha un valore medio annuo del 70%, sul fondo invece essa risulta del 90%, con valori massimi medi in dicembre del 95% e minimi medi in luglio dell'80%. Da notare che la zona sotto la parete orientale della china risulta più riparata dalla bora e di conseguenza più umida. Durante i mesi invernali, nella voragine la neve può permanere anche per diverse settimane.

La vegetazione

Un'estesa e luminosa pineta circonda la dolina in cui si trova la voragine. I Pini neri *(Pinus nigra* Arnold) appaiono ben sviluppati e vitali, nonostante l'incendio di vaste dimensioni propagatosi di recente nella zona. La circonferenza dei tronchi, misurata ad un metro di altezza, è in media di 1,40 m. La gran parte dei pini presenta tuttora il tronco tipicamente inciso per la raccolta della resina, che veniva regolarmente attuata sino allo scoppio della Prima Guerra Mondiale. Testimoniano tale passata attività i resti di un capanno in legno, probabile centro di raccolta della resina, visibili ancora a NNE della voragine, sulla vicina modesta quota di 329 m.

Una vasca circolare in cemento, usata quale abbeveratoio dalla fauna locale, è situata in una piccola ma evidente conca distante circa 100 m a NW della voragine. La Lenticchia d'acqua *(Lemna minor)* copre completamente la superficie del caratteristico bacino.

Lo strato arboreo del bosco, per la preponderante presenza di Pino nero, risulta piuttosto povero di specie. Infatti, poco sviluppati in altezza, si possono qui osservare *Fraxinus ornus, Ostrya carpinifolia* e, meno frequenti, *Quercus pubescens, Acer campestre, Sorbus aria* e *Tilia cordata. Robinia pseudacacia,* invece, già notevolmente diffusa ai margini del bosco, lungo il tratto della linea ferroviaria secondaria, è in via di rapida espansione nella pineta stessa.

Più sviluppata ed abbondante di specie risulta invece la fascia cespuglioso-arbustiva, con un'accentuata prevalenza di *Rubus ulmifolius* e *Clematis vitalba* nei confronti di *Prunus spinosa, Prunus mahaleb, Crataegus monogyna, Frangula rupestris, Cotynus coggygrya.*

Nello strato erbaceo, accidentato per le frequenti emersioni calcaree, si succedono, durante l'anno, *Helleborus multifidus* subsp. *istriacus, Viola reichenbachiana, Platanthera bifolia, Paeonia officinalis, Vincetoxicum hirundinaria, Asparagus acutifolius, Asparagus tenuifolius, Lathyrus niger, Genista tinctoria, Polygonatum odoratum, Polygonatum multiflorum, Moehringia muscosa, Anthericum ramosum, Mycelis muralis, Petrorhagia saxifraga, Asperula cynanchica, Euphorbia cyparissias, Campanula trachelium, Cnidium silaifolium, Inula spiraeifolia, Cirsium vulgare, Stachys officinalis, Cyclamen purpurascens, Asperula purpurea, Allium pulchellum, Peucedanum Schottii, Serratula tinctoria, Pimpinella saxifraga, Calamintha nepetoides, Inula conyza, Pseudolysimachion spicatum, Sedum maximum.*

Il manto erboso, ove riesce a prevalere, è generalmente costituito dalla comune graminacea *Sesleria autumnalis* o, in alcune aree più ristrette, da *Brachypodium pinnatum.*

Lungo l'orlo della dolina prevalentemente roccioso, al cui fondo si apre la voragine, la vegetazione, per le mutate condizioni topoclimatiche, comporta un avvicendamento delle specie precedenti con altre caratteristiche di tale ambiente. Così qui si osservano *Primula vulgaris, Anemone hepatica, Dentaria enneaphyllos, Lathyrus vernus, Carex digitata, Convallaria majalis, Symphytum tuberosum*, con alcuni esemplari arboreo-arbustivi di *Fraxinus ornus, Quercus pubescens, Acer campestre, Ostrya carpinifolia, Crataegus monogyna, Pinus nigra,* e l'invadente *Robinia pseudacacia.* Dal substrato erboso scompare *Sesleria autumnalis* che generalmente indica il confine dell'inversione climatica.

Sulle pareti e negli anfratti rocciosi abbondante risulta *Hedera helix,* accompagnata da *Asplenium trichomanes, Asplenium Ruta-muraria, Lamiastrum galeobdolon* subsp. *montanum, Dentaria enneaphyllos, Mycelis muralis, Cyclamen purpurascens, Symphytum tuberosum.* In una spaziosa nicchia situata nella parete meridionale si nota un cospicuo insediamento dello sciafilo *Asarum europaeum;* poco ad est si trovano le uniche due stazioni di *Polypodium vulgare* di tutta la voragine, sovrastate da tre alti Tigli *(Tilia cordata)* e da uno slanciato Abete rosso *(Picea abies).*

Thamnium alopecurum, il comunissimo e caratteristico muschio presente in quasi tutte le voragini, tappezza qui abbondantemente le pareti.

Nella dolina, sul ripido versante detritico che scende al primo pozzo, si può ravvisare la tipica associazione di tale ambiente, l'*Asaro-Carpinetum betuli,* con le sue comuni componenti quali *Primula vulgaris, Erythronium dens-canis, Lamium orvala, Salvia glutinosa* (abbondante soprattutto sul ponte naturale che collega i primi due pozzi) e *Quercus cerris.* Nella zona più fredda ed umida, situata qualche metro sotto la parete orientale, si può riconoscere un frammento di un'altra associazione, il *Galantho-Coryletum* con *Galanthus nivalis, Corylus avellana, Cornus sanguinea, Acer campestre, Euonymus verrucosa* ed *Euonymus europaea.*

Ma l'aspetto botanico più appariscente ed inaspettato che offre la ripida china è la presenza di un sito di *Polystichum aculeatum* e di una fascia con abbondante *Actaea spicata.*

POLDINI (1985), nello stabilire i criteri di valutazione floro-vegetazionali delle associazioni carsiche, inserisce tali due specie nei valori floristici naturali puntiformi. In tale elenco sono indicate solamente "quelle entità presenti non più di 5 volte nel Carso e la cui presenza non è legata ad alcuna associazione particolare".

Polystichum aculeatum è classificato come specie stenoecia (dal greco stenòs = stretto e oikos = abitazione) rara nel territorio, *Actaea spicata* come stenoecia centroeuropea. Si tratta di specie capaci di vivere solo entro limiti ristretti di variazione delle componenti ambientali.

Polystichum aculeatum (L.) Roth.

Syn.: *Aspidium lobatum* (Hudson) Srv.; *Dryopteris aculeata* O. Kuntze; *Dryopteris lobata* (Hudson) Schinz et Thellung; *Polystichum lobatum* (Hudson) Chevallier.

Polystichum aculeatum (dal greco polys = molto e stix = fila, in quanto i sori, distanziati fra loro, sono posti in due serie non confluenti all'apice dei lobi), con il nome di Felce aculeata o di Felce maschia minore, è una geofita rizomatosa appartenente alla Famiglia delle Aspidiacee, Ordine Filicales.

Si tratta di una specie a distribuzione quasi cosmopolita, che si può osservare nell'America settentrionale, nell'Asia sud-occidentale, in Cina, nel Giappone ed in Europa (Austria, Cecoslovacchia, Germania, Svizzera, Jugoslavia, Italia).

In Italia è abbastanza comune sulle Alpi, lungo le pendici sassose o tra i muschi dei boschi sia di aghifoglie che di latifoglie eliofile. È frequente anche nelle regioni centrali, mentre più rara risulta nella Pianura Padana, sull'Appennino meridionale, in Sicilia, in Sardegna ed in Corsica.

Nel Friuli-Venezia Giulia la specie è ben distribuita nella regione montana delle Prealpi ed Alpi Carniche e Giulie (anche sui versanti sud-orientali), sino ai 2200 m, assieme al comune *Polystichum lonchitis* ed ai più rari *P. setiferum* e *P. braunii.*

A quote più basse, è presente nel Goriziano sul Monte S. Michele, nei dintorni di Peteano. È stata notata (POLDINI, 1966) nella grande dolina dei Corvi (localmente Risnik) situata immediatamente a sud-ovest di Divaccia, nell'*Asaro-Carpinetum betuli*, ed anche nel corso superiore del torrente Rasa, a 325 m di quota, nel *Seslerio-Fagetum*. Vive pure su alcuni rilievi dell'Istria (M. Sia, M. Plaunig).

Sul Carso triestino la specie non risulta segnalata da Marchesetti nè da altri autori più recenti.

Polystichum aculeatum

Polystichum aculeatum può variare, in altezza, dai 3 ai 10 dm. Presenta un rizoma generalmente robusto, squamoso, di color bruno.

Le foglie, ibernanti, sono bipennatosette, assai ristrette inferiormente, coriacee, di un verde cupo lucente; sono lunghe dai 3 dm agli 8 dm e possiedono un breve picciolo densamente coperto da squame bruno-rossastre. I segmenti fogliari sono oblungo-lanceolati, acuminati, più o meno falcati, rigidi e superiormente lucidi.

Le pinnule (le divisioni di secondo ordine) appaiono profondamente divise, asimmetriche, trapezoidali ed acutamente dentato-spinulose, con denti apicali a testa rigida. I lobi della serie superiore di ciascun segmento misurano il doppio dei successivi; quelli della serie inferiore sono espansi di sopra in orecchietta laterale.

La maturazione delle spore si attua nel periodo compreso fra agosto ed ottobre. L'indusio è circolare, aderente alla fronda per un punto centrale.

Nella voragine considerata, *Polystichum aculeatum* occupa ormai da diversi anni un solo e ben determinato sito. Esso si trova sulla china detritica, a 14 m dal fondo ed a 2,20 m dalla parete W, proprio al limite superiore della fascia di *Actaea spicata,* circondato da una vegetazione costituita in prevalenza dallo stolonifero *Lamiastrum montanum.* Il sito, indicato nella figura annessa, subisce l'influsso della bora per cui risulta relativamente poco umido, con un valore medio annuo del 75%. All'inizio della primavera la specie presenta 5-6 foglie coriacee non molto sviluppate e d'un verde-grigio opaco. Poi, con l'avvento della stagione calda, in brevissimo tempo si ha un completo rinnovo vegetativo e le foglie assumono un colore verde brillante ed una lunghezza ragguardevole (circa 50 cm). Ad esempio, nel breve periodo trascorso dall'11.5.1986

al 3.6.1986 (24 giorni) quattro nuove esuberanti foglie hanno sostituito quelle precedenti invernali.

Ad autunno inoltrato la bora e le precipitazioni spesso piegano o spezzano le foglie alla loro base. *Polystichum aculeatum* rimane così ridotto per tutta la stagione invernale, pronto però a rinnovarsi l'anno seguente.

Actaea spicata L.

Actaea spicata L. con i nomi di Cristoforiana, Erba di S. Cristoforo (protettore dalla peste), Barba di S. Cristoforo, Barba di capra, Elleboro nero, è un'elegante Ranunculacea distribuita nelle forre e nei boschi freddi ed umidi di latifoglie di tutta l'Europa, specialmente dell'orizzonte del Faggio e dell'Abete. È presente dai 400 m ai 1500 m, sporadicamente sino ai 1900 m., rara sui Pirenei, arriva però sino in Gran Bretagna e in Norvegia, all'altitudine di 1050 m.

In Italia è frequente nei boschi delle Alpi e degli Appennini. È presente nell'Alto Carso quale componente dell'*Abieti-Fagetum dinaricum* del Monte Nanos (POLDINI, 1971).

MORTON la incluse in alcuni rilievi eseguiti nel 1937 in un giovane bosco di *Picea excelsa* situato sulla riva sinistra del Rio Loqua presso un inghiottitoio sotto il Castello di Lueghi; nella zona presso il Cavernone di Planina; in una dolina ubicata presso il Piccolo Ponte Naturale nella Valle del Rio dei Gamberi, all'ingresso della Grotta del Principe Ugo; sulla sommità della china detritica del versante nord-orientale dell'Abisso della Piuca; nella dolina dell'Acqua, la più vasta della regione di Postumia, ed inoltre nei pressi della dolina d'ingresso della Grotta Nera.

Sul Carso triestino la specie è rara. Marchesetti la segnalava in qualche vallecola ombrosa presso Prosecco e Villa Opicina; inoltre a Orlek, Lipizza, Sesana, S. Canziano, M. Ciucco (753 m) presso Rodig e sul M. Taiano (1029 m). Più recentemente è stata osservata nella Grande dolina che si trova a sud di Borgo Grotta Gigante (POLDINI, 1965).

La denominazione del genere data dal 1735 ed è opera di Linneo. Deriva probabilmente dal greco aktaia = sambuco, in quanto i suoi caratteri consentono un accostamento con tale essenza.

Potrebbe però trarre anche origine da Atteone (Aktaeon), mitico figlio di Aristeo e di Autonae, una delle figlie di Cadmo. Atteone fu allevato da Chirone che ne fece un valentissimo cacciatore. Secondo la leggenda più diffusa, egli si soffermò a contemplare Artemide mentre si bagnava ad una fonte ai piedi del Monte Citerone (1408 m), posto fra l'Attica e la Boezia. La dea, irata, lo trasformò in cervo, cosicchè i suoi stessi cani lo sbranarono, impazziti dalle bacche della pianta.

La specie è perenne, glabra, nuda alla base; ha odore sgradevole ed un sapore acre ed amaro. È velenosa, al pari di altre Ranunculacee *(Caltha palustris, Trollius europaeus, Clematis vitalba, Atragene alpina)*. È indicatrice di terreno ad humus saturato dolce (Mull).

Il rizoma è sotterraneo, strisciante, obliquo, d'un colore bruniccio-carnoso. Veniva un tempo usato fresco nella medicina popolare come emetico e lassativo *(Radix Christophorianae* o *Radix Aconiti racemosi)*; poichè però tale pratica causava spesso avvelenamenti, l'impiego cadde in disuso. Attualmente, in polvere, è adoperata per combattere i pidocchi e la scabbia degli animali domestici, al pari della Stafisagria *(Delphinium Staphisagria)*. In omeopatia, viene usato per il trattamento di dolori reumatici delle articolazioni della mano e delle dita.

Il fusto è eretto, striato, angoloso e piuttosto gracile; può raggiungere un'altezza di 80 cm.

Le foglie sono grandi, ruvide, alterne ed orizzontali; sono divise in tre foglioline sessili ed hanno forma ovale, a margini acutamente e profondamente dentati. Il loro colore è verde-scuro superiormente, pallido inferiormente. Triturate quando sono fresche, e ridotte a cataplasmi, possono servire come forte revulsivo.

I fiori, piccoli e bianchi (raramente azzurrini), sono raccolti in un'infiorescenza corta e fitta (racemo) terminale, oppure lungo l'asse. Ogni fiore è costituito normalmente da 4 piccoli e stret-

Actaea spicata

ti petali, di forma clavata, bianco-verdognoli e quasi sempre da 4 sepali molto corti, più brevi dei numerosi stami bianchi. Questi ultimi infatti, impiantati sul ricettacolo concavo e ristretto, sono più lunghi dell'involucro del fiore reclinato. E, poichè sono caduchi, il fiore, come nel gen. *Thalictrum,* sembra formato soltanto da un ciuffo di stami. La fioritura avviene da maggio a luglio.

L'infruttescenza è un complesso di piccole bacche (6-8 mm) peduncolate, ovoidali, solcate lateralmente. Sono dapprima verdi, poi, a maturità, violette o nero-porporine lucenti. Contengono numerosi semi subdiscoidei appiattiti, sovrapposti in due serie. Sono tossiche, in quanto contengono una sostanza simile alla protoanemonina ed acido transaconitico. A contatto con la pelle, producono rossore e formazione di vesciche. Se ingerite, dopo circa 3 ore causano gravi irritazioni gastrointestinali, diarrea, vomito, vertigini, convulsioni, asma, delirio, difficoltà respiratorie, dispnea, ed anche la morte.

Foglie, fiori e frutti polverizzati sono ancora oggi impiegati in campagna quali insetticidi, specialmente contro le cimici e le pulci.

Spesso *Actaea spicata* viene coltivata sia per l'aspetto ornamentale dei racemi fiorali primaverili, sia per i frutti che si formano sulla pianta in autunno.

Nella voragine considerata, *Actaea spicata* occupa una fascia di circa 5 metri di larghezza, trovandosi tra gli 8 m ed i 13 m dal fondo della china detritica (figura). Gli esemplari sono circa una trentina e sono tutti in buone condizioni vegetative. Non sono frammisti ad altre specie.

Al tempo della fioritura (giugno), piuttosto evidente e vivace, si ha l'impressione che i fiori assumano l'aspetto di un'infiorescenza costituita soltanto da stami; ciò in quanto, come già detto, i sepali cadono precocemente.

La fascia di *Actaea spicata* appare piuttosto densa presso le pareti (sia orientale che occidentale) e frammentaria al centro della discesa. Qui infatti il terreno più roccioso non consente uno sviluppo compatto.

Trascorsa la stagione vegetativa della pianta, e già in settembre, di essa non rimane più traccia.

Ringrazio Dario Marini ed i Professori Livio Poldini e Fabrizio Martini per i consigli gentilmente datimi.

Bibliografia

ALPI GIULIE, 1921. Anno XXIII, n. 1-3. Pag. 51.

BERTARELLI L., BOEGAN E., 1926. *Duemila Grotte.* Ed. T.C.I., Milano 1926: 1-494.

CAPPELLETTI C., 1964. *Trattato di Botanica.* I. UTET, Torino: 1-839.

DALLA FIOR G., 1974. *La nostra flora.* Ed. G.B. Monauni, Trento. 1974: 1-752.

FENAROLI L., 1971. *Flora delle Alpi.* A. Martello Ed., Milano: 1-346.

FIORI A., 1923-1925. *Nuova flora analitica d'Italia.* Rist. anastatica, Bologna 1974.

MARCHESETTI C., 1896-97. *Flora di Trieste e de' suoi dintorni.* Atti Museo Civ. St. Nat. di Trieste, 10: 1-727.

MORTON F., 1937. *Monografia fitogeografica delle voragini e delle doline nella regione carsica di Postumia.* Le Grotte d'Italia, Serie 2°; II, 1937.

NEGRI G., 1943. *Erbario figurato.* Ed. U. Hoepli, 1943-XXXI: 147-148.

PIGNATTI L., 1982. *Flora d'Italia.* Edagricole, Bologna 1982: I.

POLDINI L., 1966. *Contributo alla Flora Triestina,* II. Atti Mus. Civ. St. Nat. XXV-Fasc. 6 (1966), N. 6. Tip. Vill. Fanc.: 269.

POLDINI L., 1971. *Appunti sulla Flora del M. Nanos.* Inform. Bot. It. - Vol. 3: 176-180.

POLDINI L., 1971. *La vegetazione della Regione.* Enc. Monogr. del Friuli-Venezia Giulia, 1(2): 507-604.

POLDINI L., 1980. *Catalogo floristico del Friuli-Venezia Giulia e dei territori adiacenti.* Studia Geobotanica, 1(2): 313-474. Ist. ed Orto Botanico Univ. di Trieste.

POLDINI L., GIOITTI G., MARTINI F., BUDIN S., 1984. *Introduzione alla flora ed alla vegetazione del Carso.* Ed. LINT, Trieste 1984: 1-304.

POLDINI L., 1985. *Flora e vegetazione del Carso Goriziano.* Ed. LINT, Trieste: 69-91.

POLDINI L., 1985. *Studio naturalistico del Carso Triestino e Goriziano.* Ufficio stampa e pubbl. relaz. Reg. Aut. Friuli-Ven. Giulia: 303-363.

POLLI E., 1985. *Ruscus hypoglossum L. in una Fovea del Carso di Trieste.* Atti e Mem. Comm. Grotte "E. Boegan", Vol. 24: 53-60.

POLLI S., 1953. *Dati climatici di Trieste e dintorni.* Ist. Talassografico, Pubbl. n. 284, Trieste : 1-16.

POLLI S., 1953. *Il vento sull'altipiano carsico di Trieste.* Atti 18° Congr. Geogr. It., Trieste.

POLLI S., 1961. *Il clima delle doline del Carso.* Atti del XVIII Congr. Geogr. It., Trieste 1961, Vol. 2: 127-135.

POLLI S., 1970. *Valori normali del clima di Trieste.* Ist. Sperim. Talass. Pubbl. n. 460, Trieste 1970: 1-9.

POLLI S., 1971. *Condizioni climatiche del Carso.* Informatore Bot. It., 3 (3): 167-168.

POLLI S., 1971. *Il clima della regione.* Enc. Monogr. del Friuli Venezia-Giulia, 1(1): 443-488.

SCHÖNFELDER P. U I., 1982. *Der Kosmos-Heilpflanzenführer.* Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart: 1-277.

VIOLA S., 1979. *Piante medicinali e velenose della Flora Italiana.* Ed. Art. Maestretti, Ist. Geogr. De Agostini, Novara: 1-260.

ZANGHERI P., 1976. *Flora Italica.* Ed. Cedam, Padova. I: 1-1157.

Atti e Memorie della Comm. Grotte "E. Boegan"	Vol. 25	pp. 113-121	Trieste 1986

GEORGE PONTA *, EMILIAN GASPAR **

NEW TRACING EXPERIENCES WITH IN-EDTA IN THE VASCAU KARSTIC PLATEAU CODRU MOMA MOUNTAINS (ROMANIA)

The Vascau karstic plateau is situated in the western part of Romania, in Codru Moma Mountains (Western Carpathians). Its northern boundary follows the river Briheni, its eastern one the Crisul Negru Valley, to the south the boundary follows the line linking Moma peak and Calugari spring, while to the west it follows Captalanului valley.

Geomorphological data

The morphology reflects the geological structure of the massif. The peaks correspond to the hard formations i.e. rhyolites, Permian basalts and Werfenian quartzites, while the plateau to the carbonate formations. The maximum height of the area is reached at the Momuta peak 930 m, situated in its southern part.

The dominant feature of the morphology is the Vascau plateau, developed at 500-600 m height, showing an impressive karstic topography generated by numerous sinkholes and closed basins. In many sinkholes a few karst lakes occur, as a consequence of the decalcification of impervious clay deposition. In most cases, the sinkholes are alignements, forming sinkholes valleys. These sinkholes are tectonically controlled by fractures. Some of them were identified by geological survey. The alignments brought new data for the tectonic image of the area.

The closed basins are the major exokarstic forms of the Vascau plateau. They are generated by processes of karstic capture of the superficial water flows in various stage of organisation. Some are situated at the contact of the karstificable formations with the nonkarstificable ones, such as Pociovaliste, Recea, Ponoras, others develop exclusively on karstic fields (Fîntîna Ponor).

The karstic capture processes are also responsable for the genesis of dry streambeds (sohodols). The best example of Vascau plateau is the Tarina valley, the water of which enters in the Cîmpeneasca cave, beyond which the streambed is left dry. Initially, Tarina was a direct tributary of the Briheni Valley. The old water course can be noticed beyond the step on which Cîmp village is built along Colesti valley.

To the north the plateau border consist of impervious rocks, in which the steep slopes of Briheni valley are carved. Outside of the plateau the topography is also built on impervious rocks.

The valleys are developped in a radical pattern: to the west Ranusa valley, with its tributaries and Dezna valley and in the south Crocna, Zimbru, Raului and Preotesei.

* George Ponta - Institutul de Geologie si Geofizica, Bucuresti

** Emilian Gaspar - Institutul de Fizica si Inginerie Nucleara, Bucuresti

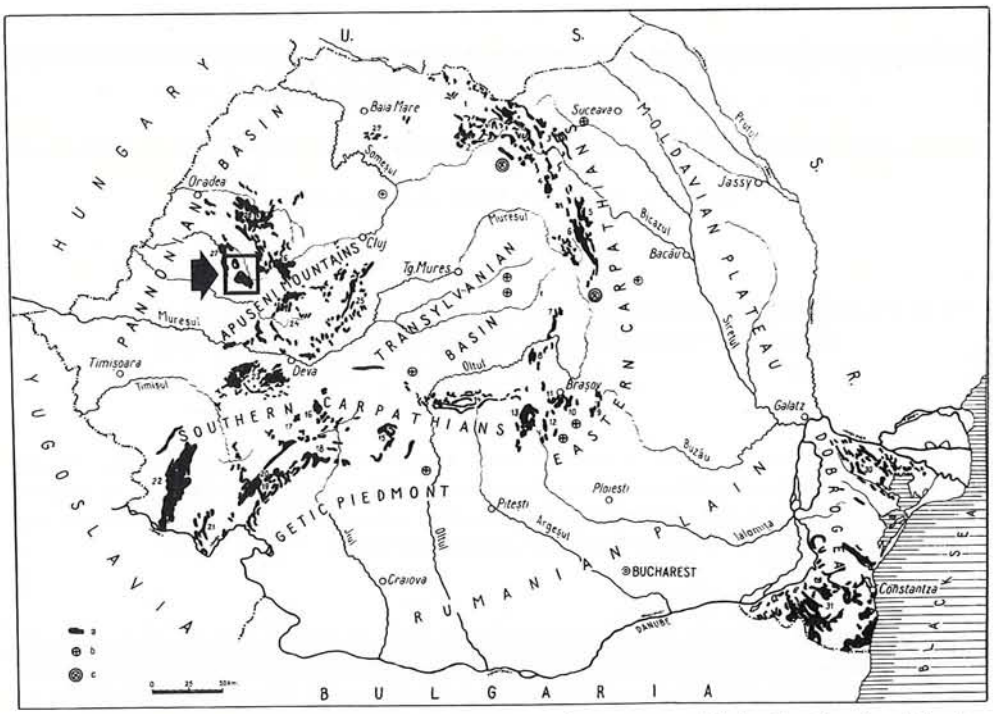


Fig. 1 Distribution of karst-forming rocks in Rumania, a = Limestones and dolomites; b = karst developed on salt and gypsum; c = volcanic rock karst; 1 = Maramuresh Mountains; 2 = Rodna Mountains; 3 = Rarau Massif; 4 = Giurgeu Mountains; 5 = Ceahlau Massif; 6 = Haghimash Massif; 7 = Virghish Valley Basin; 8 = Pershani Mountains; 9 = Ciucash Massif; 10 = Piatra Mare Massif; 11 = Postavarul Massif; 12 = Bucegi Mountains; 13 = Piatra Craiului Massif; 14 = Fagarash Mountains; 15 = Lotru and Capatzina Mountains; 16 = Sebesh Mountains (Luncani Platform); 17 = Retezat Mountains; 18 = Vulcan Mountains; 19 = Mehedintzi Plateau; 20 = Mehedintzi Mountains; 21 = Almaj Mountains; 22 = western side of the Banat Mountains; 23 = Poiana Rusca Mountains; 24 = Metaliferi Mountains; 25 = Trascau Mountains; 26 = Bihor Mountains; 27 = Codru-Moma Mountains; 28 = Padurea Craiului Mountains; 29 = Preluca Massif; 30 = northern Dobrogea; 31 = southern Dobrogea.

Only the Tarina valley has a long subaerial course developped on carbonate rocks and disappears in Cîmpeneasca cave after flowing along almost 5 km. It is worth mentioning that in 1984 the major part of the discharge flew underground through a sink situated 3 km upstream the Cîmpeneasca cave, able to receive 90% of the river discharge.

Vascau plateau has only a few permanent waters, most of them being lost in swallets after a short subaerial course, at the contact of the impervious rocks with the limestone plateau.

Climatic data

The mean annual temperature is 8°C, while the annual mean of rainfall is 1100 mm.

Geological and hydrogeological features

Codru Moma Mts. have a typical overthrust nappe structure, including in their constitution the Nappes of Finis, Dieva, Moma, Vascau, Colesti. They belong to the Codru Nappes system.

They consist of sedimentary Permian-Mezozoic formations intrusted by igneous rocks originated in the permian, mesozoic and neogene eruptions. The neogene magmatic rocks and the neogene sedimentary deposits crop outside them.

Carbonate formations hydrogeology

Carbonate formations, having Moma nappe in their bed, are:

— the carbonate formations of Moma nappe, including black dolomites, dolomitic limestones, grey limestones and reef limestones;

— the carbonate formations of the Vascau nappe, including dolomitic limestones, white dolomites, limestones and black shales at its upper part;

— the carbonate formations of Colesti nappe, including reef limestones, lopherites and red shales.

The carbonate formations of Colesti nappe

The carbonate formations included in this series outcrop on an area of 20,75 km². The whole area is occupied by limestones.

Within this formations the following hydrogeological elements were identified:

Swallets	Q l/s	Springs	Q l/s
Cîmpeneasca	15	Boiu	300-200
Fîntîna Ghita	1	Colesti	8
		P. Colesti	1
		La Fîntîni	2
		Valea Popii	5
		Deliman	1
		Fîntîna Ghita	1
		Fîntîna Oache	0,5
		Ograda Motii	1
Total	16		318,5-218,5

The cumulated yield of the swallets from this formations is 5,02-7,32% of the cumulated resurgences yield.

In the following table we included the characters of the carbonate rocks, separated in respect to the nappes.

The carbonate formations of Vascau nappe

The carbonate formations included in this series outcrop on an area of 32,375 km². 90% of this area is occupied by dolomitic limestones and white dolomites.

Within this formation the following hydrogeological elements were identified:

Swallets	Q l/s	Springs	Q l/s
Haiuga lui Sandor	1,5	Sfaras	1,5
Fîntîna ponor	0,2	Tarau	1
Surii	3	Surii	4

Swallets	Q l/s	Springs	Q l/s
		Tisa	60
		Cascada	1
		Moara Dracului	1
		Sopoteasa	25
		Fîntîna ponor	0,2
		Banisoara	0,5
		Pastravarie	20
		Fîntîna drum	0,04
Total	4,7		114,24

The cumulated yield of the swallets of this formations is 4,1% of the resurgences yield.

The carbonate formations of Moma nappe

The carbonate formations included in this series outcrop on an area of 38.50 km². 80% of this surface is occupied by black dolomites and dolomitic limestones.

Within this formation, the following hydrogeological elements were identified:

Swallets	Q l/s	Springs	Q l/s
Iliei	4	Crisciorel	5
Recea	4	Teplita	25
Ponoras	5	Calugari	2
Sfaras	0,2	Valea Seaca	45
Banisoara	0,5	Rasçhirata	25
Pociovaliste	1	Izbucas	3
Arînda	0,2	Fumuri	3
Pastailor	0,2	Sfaras	0,2
Valea Dan	1	Sat ponoare	1
Valea Ponoare	5	Negru	1
Zoampa	2		
Pesterelii	3		
Iliei II	1		
Total	27,1		110,2

The cumulated yield of the swallets from this formation is 24% of the resurgence yields.

Nappe	Surf. km²	Q_t swallets l/s	Q_t springs l/s	Q specific springs	Q specific swallets	Type rock
Colesti	20,75	16,0	318,5-218,5	15,3-10,5	0,77	limestones
Vascau	32,37	4,7	114,2	3,5	0,14	dolomites
Moma	38,50	24,1	110,2	2,8	0,62	dolomites
Total	91,62	44,8	542,9-442,9	5,9-4,8	0,48	

The specific yield (Q_s) was calculated for spings and swallets ($Q_s = Q/S$ t) - the total yield divided by the surface). It can be noticed that the yielding capability of the dolomites formations in reduced in respect to that fo the limestones. The limestones have a greater capability of transfer than that storage.

The three carbonate series belonging to different tectonic units act as a single karst system in the areas of the karstic drainage network (the unsaturated zone).

The zone of the karstic drainage network	The absortion zone The vertical transfer zone The horizontal flow zone	The unsatured zone
		The saturated zone

Beneath the limit between the unsaturated and saturated zone, it is possible that the three series should act separately, as independent aquiferous series, the impervious screen being provided by the overthrust plane.

In this case the following correspondence may be assumed:

Colesti nappe — the upper aquifer series
Vascau nappe — the intermediate aquifer series
Moma nappe — the lowes aquifer series.

The hypothesis that the water bearing formations of Moma nappe are separated by a screen from that of Vascau nappe is supported by the occurence of the Fîntîna Banisoarei spring (Q = l l/s) and Fîntîna din Drum spring (l l/s) at the contact fo the carbonate formations of the two nappes.

The Vascau nappe is separated from Colesti nappe by a tectonic screen, whose impermeability is improved by the toarcian shales film, existing at the upper part of Vascau nappe. This shale film outcropping on a reduced area in the northen part of the plateu should continue beneath the Colesti nappe.

For the moment, the existence of the three independent aquifers is only supposed, the problemes are to be solved in the future.

Vascau plateau is a karstic system divided into subsystems. Part of these subsystems had been checked out with tracers by I. Oraseanu - I.P.G.G. Bucharest., while others are only assumed and will be checked out in the future.

The major karstic subsystem is that of Boiu spring. This is the spring with the largest yield of the area (Q = 200-300 l/s).

The first hydrogeological investigation of the Boiu karstic spring was performed by Mihutia on 1904 (G. HALASI, 1979), using dusty coal as a tracer. He proved a hydrogeological interconnection between Cîmpeneasca Cave and Boiu spring.

In the last years, the Boiu spring was investigated with flourescent tracers (Rhodamine B) and radioactive tracers (Na ^{131}I and NH_4 ^{82}Br) by I. Oraseanu on 1979.

During a multitracing experiment in this zone, the two radioactive tracers, ^{131}I (Recea swallet) and ^{82}Br (Iliei swallet) appeared in Boiu spring simultaneously. The tracers were concentrated on ion exchange filters and measured using a low background gamma spectrometry with a Ge(Li) detector.

Thus, the swallowhole under Iliei peak was labelled with ^{82}Br and Recea sinkhole with ^{131}I. The transfer curves obtained in Boiu spring are presented in Fig. 2 and 3, (GASPAR et AL, 1984).

The last labelling in view to establish the recharge area of Boiu spring was performed using In-EDTA as a tracer. In our opinion, In-EDTA (like Dy-EDTA) is the best tracer for karst investigations and was successfully used by authors (SIMION et AL, 1985).

To remove In, the samples OR water are co-precipitated with bismuth hydroxide: then, the water containing the precipitate is filtered under pressure through a nuclear membrane filter. After drying at a room temperature, the precipitate is removed from the filter and then warm-encapsulated in polyethylene sheets.

The capsules containing the precipitate in the form of In hydroxide powder are activated through neutron irradiation with the help of a pneumatic tube in the nuclear reactor, together with the reference sample and the intensity of 417 KeV radiation is measured.

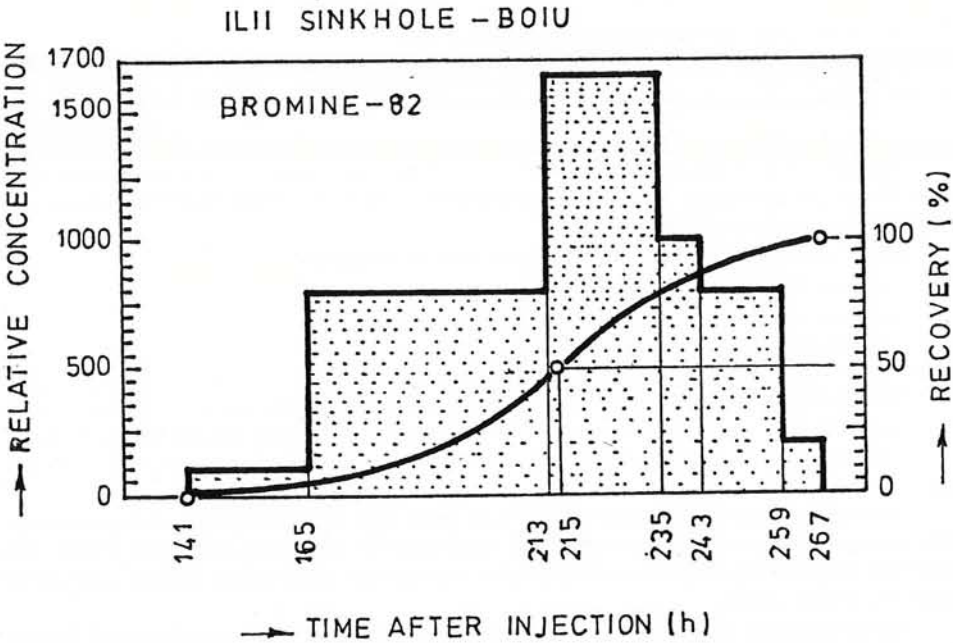

ILII SINKHOLE – BOIU
BROMINE–82
RELATIVE CONCENTRATION
1700
1500
1000
500
0
RECOVERY (%)
100
50
0
141
165
213
215
235
243
259
267
TIME AFTER INJECTION (h)

Fig. 2

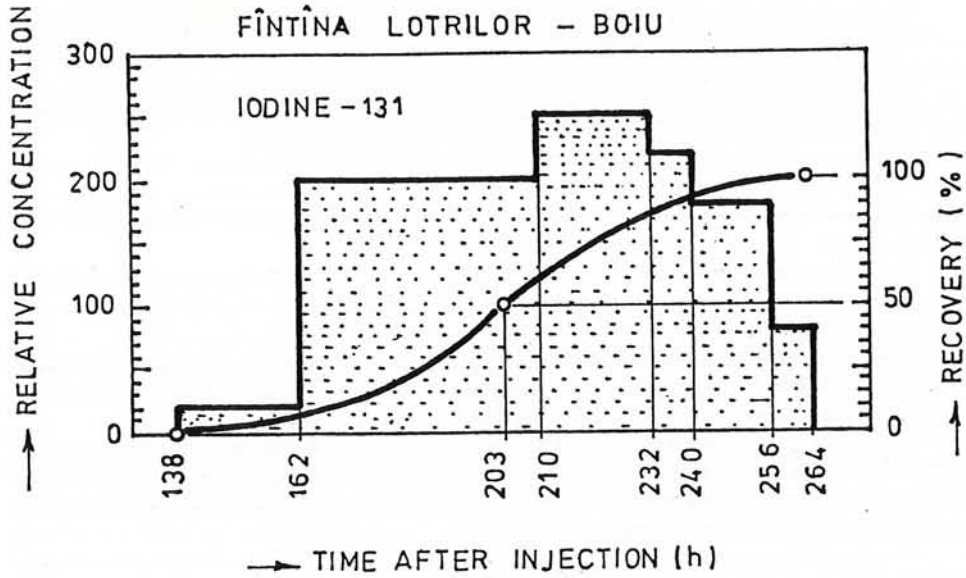

FÎNTÎNA LOTRILOR – BOIU
IODINE – 131
RELATIVE CONCENTRATION
300
200
100
0
RECOVERY (%)
100
50
0
138
162
203
210
232
240
256
264
TIME AFTER INJECTION (h)

Fig. 3

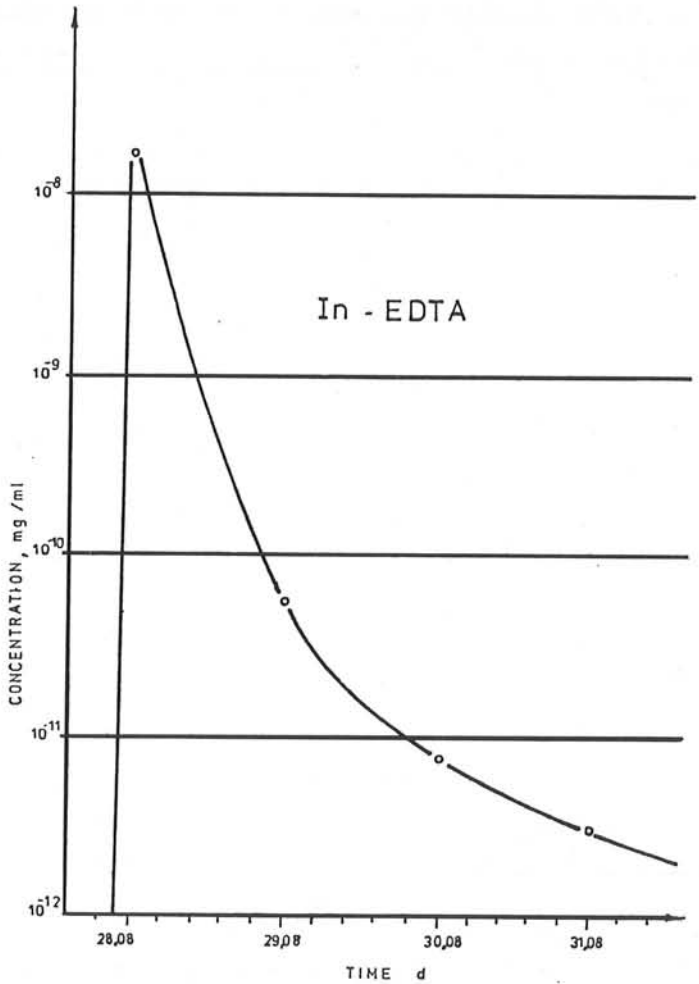


Fig. 4

In our experiment, the Pesterelii Valley swallowhole was labelled with In-EDTA and the tracer appeared after a short transit in Boiu spring. The transfer curve (in concentration vs. time) is presented in Fig. 4. This curve show a pressure and a plug flow, because the experiment was performed during a flood event.

Recea swallet can also contribute with a part of their water to the springs of Valea Seaca-Raschirata, while the recently activated swallet in Tarina valley streambed 3 km upstream of Cîmpeneasca cave may feed the spring from Pàstràvàrie trout-hatchery.

The spring from Pàstràvàrie trout-hatchery may be fed by the swallet from Valea Dan and Iliei II, which had not been checked out with tracers. The swallet of Zoampa seems to provide the waters for Crisciorel spring.

The subsystem Ponoare Valley-Toplita spring is well defined and acts as a single system. It was checked out with tracers by I. Oraseanu, 1979.

The subsystem Ponoras-Raschirata, Seaca valley is for the moment being assumed, but the geological and structural data support its probability.

The Arînda-Fumuri subsystem is situated in the western section of the plateau. It is a supposed drainage direction.

The Pociovaliste-Tisa subsystem is situated to the north of the plateau. The name of the subsystem is given by the major swallet. The hydrogeological catchment area of Tisa spring includes also the carbonatic rocks situated beneath the toarcian shales. The alternating shale and limestone layers allowed springs with yields of less than 1 l/s to occur, which subsequently sink in diffused swallets are at the contact with the limestones. The swallet of Haiuga lui Sandor was traced, proving to be linked with Tisei spring.

Surii swallet is generated by the alternating shale-limestone layers, and it supplies the spring near Surii cave, as well as the swallets supplying Sopoteasa spring.

To conclude it may be stated that Vascau karst system includes several subsystems, the drainage directions of which interfere (karstic diffluences). As a consequence of this fact Vascau plateau has a hydrogeological network in an early stage of organization. This assertion is supported by the ratio 4,83% of the swallets contribution to springs yields. The resurgences are mainly supplied by the percolation and endokarstic condensation waters. Another consequence of the incipient stage of organization of the network is the existence of many endokarstic phaenomena, of small dimensions, most of them vertical in shape, with development up to 1,5 km.

References

BLEAHU M., 1978. *Muntii Codru-Coma.* Edit. Sport-Turism.

BLEAHU M., PANIN S., TOMESCU C., STEFAN A., ISTRATE GH., STEFANESCU M., 1979. *Harta geologica Vascau, 1:50000.* Institutul de Geologie si Geofizica Bucuresti.

COCEAN P., RUSU T., 1984. *Les plateaux karstiques des Monts Codru Moma,* Trav. Inst. Speol. "E. Racovita", t. XXIII, p. 81-88, Bucharest.

GASPAR E., FARCASIU O., STANESCU P., SPIRIDON S., 1984. *Nuclear methods for karst hydrology investigation, in: Theoretical and Applied Karstology.* 1, Bucharest.

GORAN C., 1981. *Catalogul sistematic al pesterilor din Romania.*

GROH L., HEREDI Z., TULUCAN T., HONIGES O., 1976. *Fenomene carstice în platoul Vascau.* Caietul CSER, 4, p. 82-100.

GROH L., HALASI G., HONIGES O., 1978. *Zonele carstice Briheni-Colesti (M. Codru-Moma).* Bul. CSER 5, p. 123.

HALASI G., 1977. *Avenul Iliei.* Buletin CCSS, 1, p. 24.

HALASI G., 1979. *Morfologia pesterii Cîmpeneasca (M. Codru Moma).* Nymphaea VII, p. 265-272, Oradea.

MITROFAN H., 1984. *Contribution of a Resistivity Survey to karstic aquifers discontinuity investigation.* Trav. Inst. Speol. "E. Ravocita" t. XXIII, p. 67-73, Bucharest.

ORASEANU I., ORASEANU N., TER N., 1978. *Raport asupra studiilor hidrogeologice pentru stabilirea potentialului de ape potabile si termale din carstul Muntilor Moma, perimetrul Moneasa, Zimbru, Criscior, Vascau, Briheni, jud. Arad, Bihor.* Raport I.P.G.G. Bucuresti.

SIMION G., PONTA G., GASPAR E., 1985. *The dynamics of underground waters from Baile Herculane, Cerna Valley, Romania.* Ann. Soc. Geol. Belg, 108.

Atti e Memorie della Comm. Grotte "E. Boegan"
Vol. 25
Trieste 1986

HYDROGEOLOGICAL MAP OF THE VASCAU KARSTIC PLATEAU

(Geology acc. to. M Bleahu et al 1979)

1985

GEORGE PONTA, EMILIAN GASPAR

NEW TRACING EXPERIENCES WITH IN-EDTA IN THE VASCAU KARSTIC PLATEAU CODRU MOMA MOUNTAINS (ROMANIA)

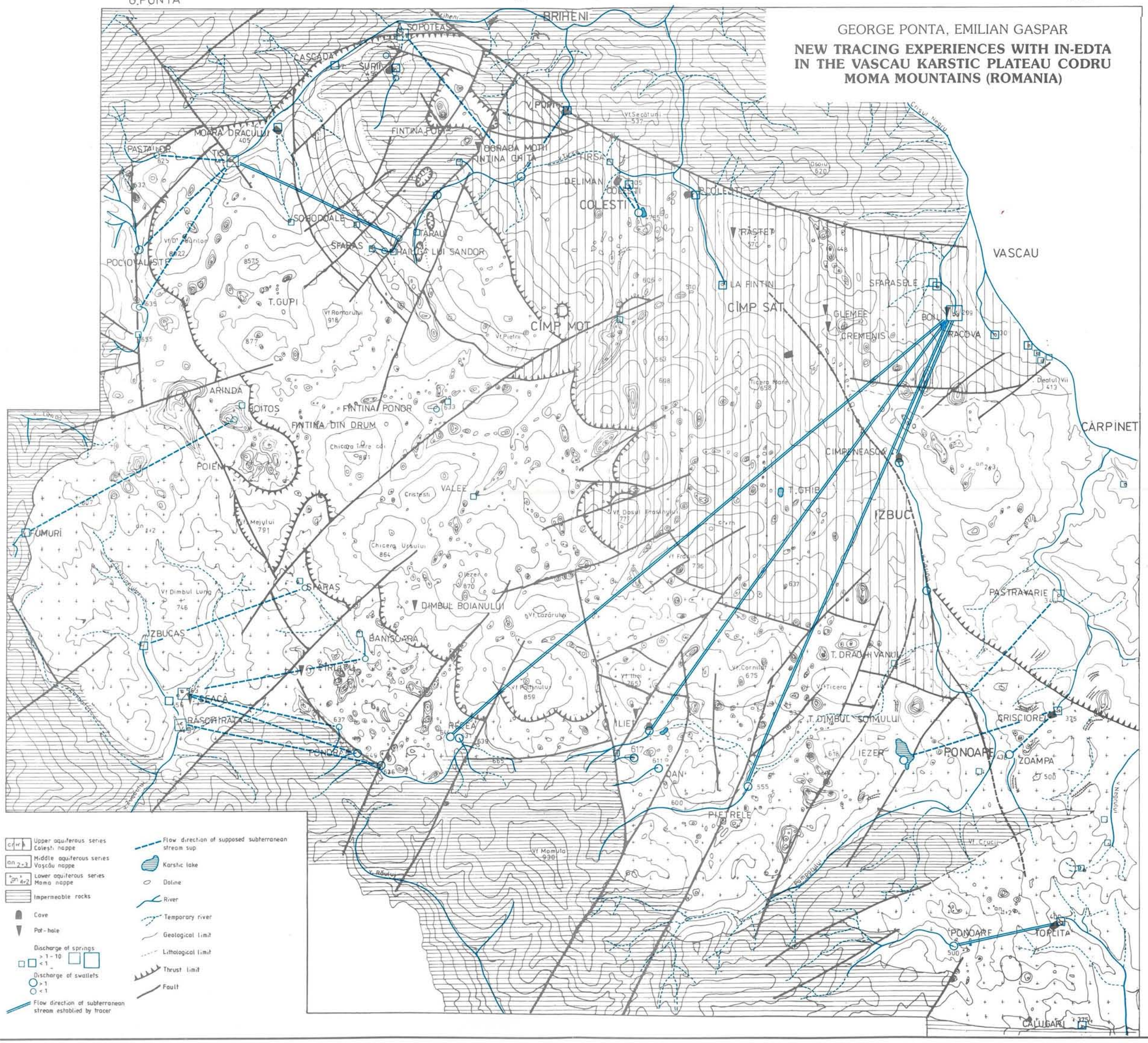


Table 1

Tracing experiences results

	SWALLETS				SPRINGS	TECHNICAL DATA						
N.	Swallets	Altit.	Data	Authors	Springs	Distance km	Denivl. m	Time h	Speed m/h	Q swallet l/s	Q spring l/s	Tracer
1.	Iliei	579	1978	I. Oraseanu E. Gaspar N. Terteleac G. Ponta	Boiu-300	5,9	279	252	26,25	10	300	Brom 82
2.	Recea	631	1978	"	Boiu-300	7,6	331	216	26	1,5	300	Iod 131
3.	Haiuga lui Sandor	675	1978	"	Tisa-450	2,15	225	150	14,41	2	110	Iod 131
4.	Cîmpeneasca	406	1978	"	Boiu-300	1,7	106	10	171	12	300	5 kg Rhodam. B
5.	V. Ponoare		1978	I. Oraseanu	Toplita	1,25	99	20	63	30		
6.	V. Pesterelli	555	1985	G. Ponta E. Gaspar.	Boiu-300	5,94	255	12	495	5	300	40 g In-EDTA

RISULTATI DI NUOVE ESPERIENZE DI TRACCIAMENTO CON IN-EDTA NEL COMPLESSO CARSICO DI VASCAU NELLA CATENA DEI MONTI DI CODRU MOMA (Romania)

RIASSUNTO

In un'area la cui complessa morfologia riflette abbastanza bene le caratteristiche litologiche, con rilievi prevalentemente ubicati in corrispondenza di rioliti e di basalti ed un articolato tavolato in cui affiorano diverse formazioni calcaree, numerose ed interessanti sono le forme carsiche superficiali e quelle ipogee. Fra le prime predominano le valli cieche, fra le seconde gli inghiottitoi. Complesso è il reticolo idrogeologico sotterraneo, che drena acque alimentanti numerose sorgenti, alcune delle quali utilizzate a scopi di emungimento civile.

I 1100 mm di precipitazione annuale media vengono in buona parte catturati in volumi rocciosi costituiti da formazioni carbonatico-dolomitiche diverse per litologia ed affioranti con caratteristiche tettoniche variabili. Il regime idrico, e lo sviluppo del carsismo ipogeo, risultano decisamente legati alle condizioni litologiche, strutturali e stratigrafiche delle tre aree in cui si è diviso da punto di vista geologico il tavolato di Vascau.

Numerose prove con traccianti effettuate in tempi successivi (con sostanze coloranti ma anche con sostanze radioattive) hanno provato che le principali sorgenti sono alimentate da reticoli ipogei singolarmente articolati ma interdipendenti e comunicanti fra loro almeno verso le zone di risorgiva. Infatti le singole e numerose direzioni di deflusso sono convergenti in alcune sorgenti o gruppi di sorgenti.

Il regime idrico alle sorgenti indica inoltre come i reticoli ipogei siano ancora in fase giovanile, con fenomeni carsici prevalentemente verticali e relativa diffusione delle acque di base.

(a cura di Franco Cucchi)

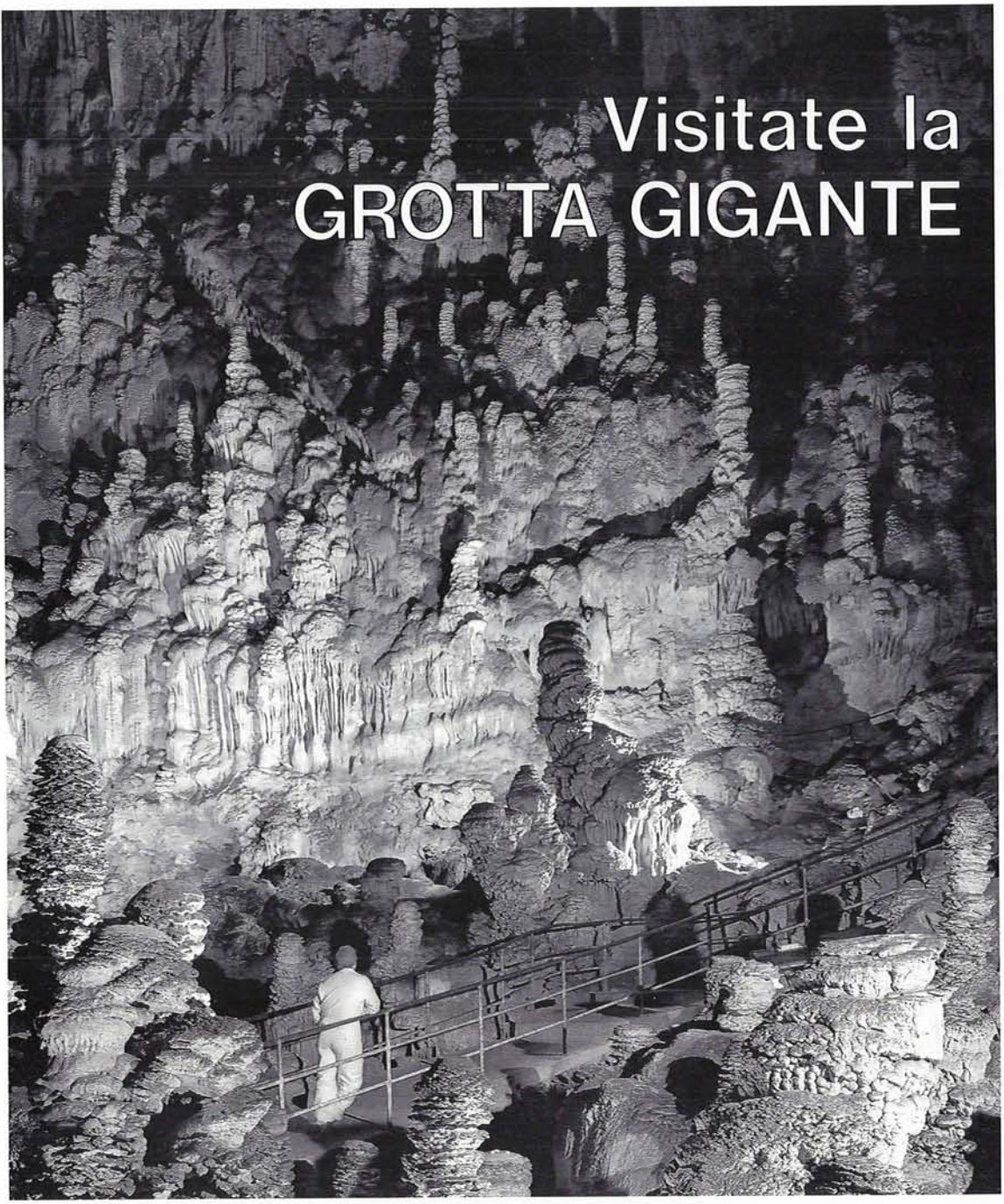
INDICE

ATTI

Relazione dell'attività della Commissione Grotte «E. BOEGAN» nell'anno 1985 . . . Pag. 7
BRUNO BOEGAN (1901-1985): Sessantacinque anni di speleologia . . . . . » 15

MEMORIE

BINI A., MENEGHEL M., SAURO U.: Proposta di legenda per una cartografia geomorfologica delle aree carsiche . . . . . » 21
MOSETTI F., MOSETTI P.: Sulla carsificazione profonda del Carso triestino . . . . » 61
POLLI S.: Proprietà fisiche della sorgente Sgurenca di S. Dorligo della Valle (Trieste) . » 91
CUCCHI F., FORTI F.: Misure di dissoluzione di rocce carbonatiche: le ricerche a Trieste » 97
PONTA G., GASPAR E.: New tracing experiences with in-edta in the Vascau karstic plateau Codru Moma Mountains (Romania) . . . . . » 113



APERTA TUTTO L'ANNO
Chiuso ogni lunedì non festivo

Informazioni:

— Biglietteria della Grotta: Borgo Grotta Gigante, tel. (040) 227-312
— Società Alpina delle Giulie - Sezione di Trieste del Club Alpino Italiano
Via Machiavelli, 17 - Trieste - Tel. (040) 60-317
— Uffici turistici