

F. FORTI (*) - S. STEFANINI (*)

**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**

P R E M E S S A

In base agli studi di Carsismo che da oltre 15 anni vengono condotti presso l'Istituto di Geologia e Paleontologia dell'Università degli Studi di Trieste, studi basati sul «metodo integrale» di F. Forti (1973), è stata proposta da F. Forti (1972) una «Scala di carsificabilità epigea nelle carbonatiti del Carso Triestino» (Fig. 1). Tale scala è suddivisa in 5 «classi di Carsismo» e da ragione delle varie morfologie carsiche superficiali in funzione delle caratteristiche litologiche, strutturali e chimiche delle rocce.

La «Scala di carsificabilità» è stata ricavata solo in base ad osservazioni «esterne» delle varie caratteristiche di cui sopra e solo nel 1975 essa è stata confermata da prove sperimentali di laboratorio volte ad accertare il grado di solubilità in acqua piovana di 18 dei litotipi più rappresentativi delle 5 classi di Carsismo, mediante la loro prolungata immersione per un periodo di 72 ore (F. Forti et al., 1975). E' così risultato, in sintesi, una diversa solubilità dei 18 campioni considerati che è tanto più elevata quanto più essi appartengono a classi di carsismo superiori; in altri termini, si è constatato che esiste una relazione di proporzionalità diretta fra grado di solubilità dei principali litotipi carsici e la loro classe di appartenenza nella «Scala di carsificabilità». Ciò dipende da numerosi fattori il principale dei quali è, oltre al contenuto totale in carbonati ed al loro tipo (CaCO_3 , MgCO_3), la diversa percentuale della micrite (più solubile) nei confronti della sparite (meno solubile) nei vari litotipi.

Incoraggiati da questi risultati preliminari, che tuttavia presentavano l'inconveniente di essere dovuti a prove «statiche» di laboratorio (immersione dei campioni in acqua piovana), si è deciso di proseguire su questo tipo di ricerca ed osservare il comportamento dei vari litotipi del Carso Triestino sotto l'effetto *diretto* degli agenti esterni e quindi di riprodurre quanto più

(*) Istituto di Geologia e Paleontologia dell'Università degli Studi di Trieste.

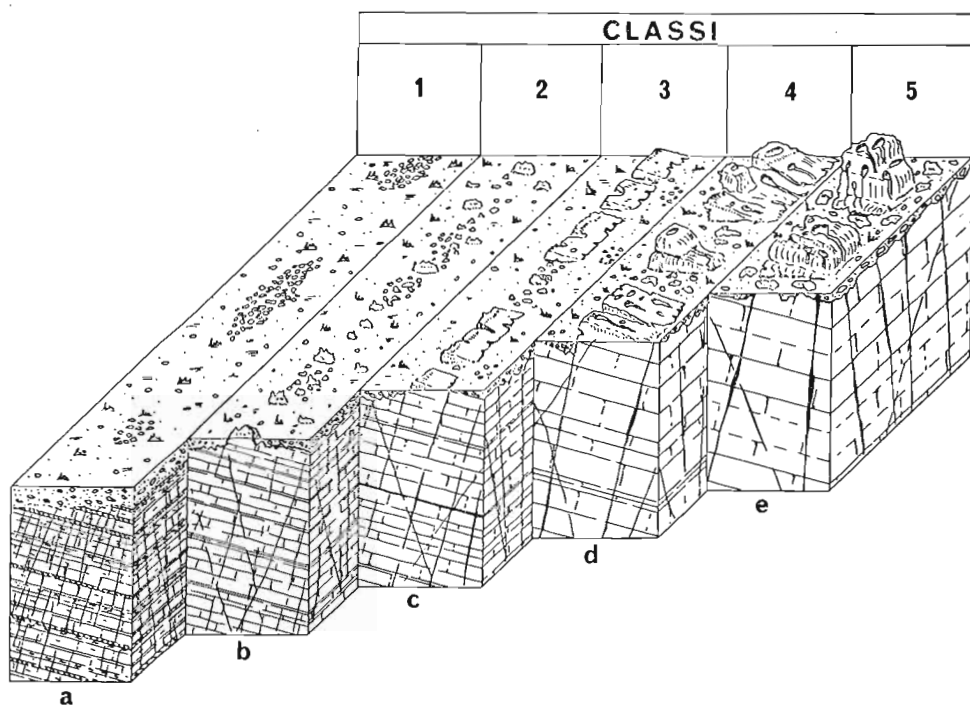


FIG. 1 — Morfologie carsiche ordinate secondo le «classi di Carsismo» (da F. Forti, 1972); 1 - «morfologia a Carso coperto», 2 - «morfologia a denti», 3 - «morfologia a strati», 4 - «morfologia a strati e blocchi», 5 - «morfologia a banchi e blocchi»; a - calcari scarsamente carsificabili, b - calcari poco carsificabili, c - calcari mediamente carsificabili, d - calcari molto carsificabili, e - calcari carsificabili in massimo grado.

fedelmente possibile le condizioni naturali di attacco delle rocce nei confronti della loro solubilità. Non bisogna infatti dimenticare che nella soluzione di litotipi carbonatici gioca un ruolo importante anche l'azione di impatto diretto delle gocce di pioggia, effetto che non poteva essere riprodotto in laboratorio.

Per tali motivi, nel 1980 si è deciso di iniziare la verifica del grado di solubilità dei litotipi più rappresentativi del Carso Triestino nelle condizioni «naturali» (prove dinamiche) mediante l'esposizione diretta di campioni agli agenti esterni.

La ricerca effettuata è parte di una collaborazione per studi nel campo del Carsismo tra l'Istituto di Geologia e Paleontologia dell'Università di Trieste e la Commissione Grotte «E. Boegan» della Società Alpina delle Giulie.

SCELTA DEI CAMPIONI

La scelta dei campioni da sottoporre alla prova si è orientata verso una gamma la più ampia possibile, in modo da comprendere «tutti» i litotipi rap-

presentativi del Carso Triestino. I campioni così selezionati sono stati 40 e sono stati prelevati nelle località indicate dalla Fig. 2. Le caratteristiche dei 40 campioni sono riportate nella Tabella 1 di cui viene fatto il seguente breve commento:

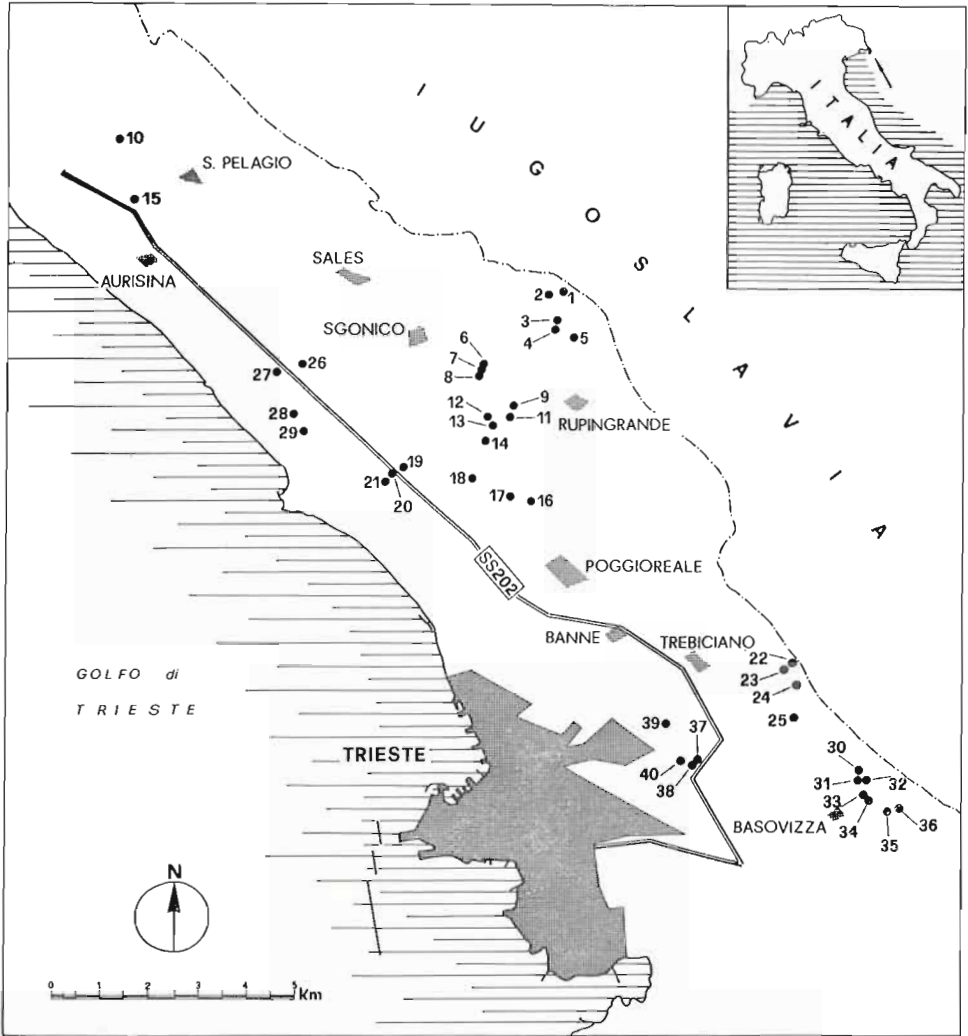


FIG. 2 — Ubicazione e sigla dei campioni prelevati per la prova.

Sigla campione: E' una numerazione progressiva, dal basso in alto, della serie stratigrafica del Carso Triestino.

Litotipo: Breve descrizione macroscopica del complesso roccioso da cui è stato prelevato il campione per la prova.

Unità: Si tratta di «Unità litostratigrafica» non formale secondo le norme dettate dal «Codice italiano di nomenclatura stratigrafica» (A. Azzaroli & M. B. Cita - 1968). Il Carso Triestino è stato rilevato nel corso di questi ultimi 20 anni con un concetto litostratigrafico non formale che ha costituito un valido supporto agli studi ed indagini sul Carsismo. Non sono state istituite ancora delle vere «Formazioni» per cui i nomi delle «Unità» sono ripresi da una serie di pubblicazioni citate in Bibliografia.

Periodo: L'indicazione del periodo geologico è tratto dagli stessi lavori citati per la definizione delle Unità.

Classe di Carsismo: Viene indicato il «grado di carsificabilità» del complesso roccioso circostante la zona di prelievo del campione, secondo le indicazioni riportate da F. Forti (1972) per la stima della «Scala di carsificabilità epigea nelle carbonatiti del Carso Triestino».

TABELLA 1 — Caratteristiche dei campioni

SIGLA CAMP.	LITOTIPO	UNITÀ	PERIODO	CLASSE DI CARSIISMO (F. Forti, 1972)
1	Calcari nerastri compatti, molto fessurati, con venule di calcite spatica passanti a lamellari	«Calcari di Comeno»	Albiano	4
2	Brecce calcaree grigio scure, molto compatte, in grossi banchi	«Calcari di Comeno»	Albiano	4 - 5
3	Brecce calcareo-dolomitiche	«Calcari di Comeno»	Albiano	2 - 3
4	Calcari limonitici giallo-rossastri, compatti. Si tratta di noduli intercalati alla base del «Complesso dolomitico»	«Complesso dolomitico»	Albiano	1
5	Dolomie grigie cristalline molto compatte in alternanza a brecce e calcari limonitici	«Complesso dolomitico»	Albiano	Paracarsismo
6	Dolomie cristalline grigio scure, compatte	Top del «Complesso dolomitico»	Cenomaniano	Paracarsismo
7	Brecciole dolomitiche cristalline, grigie o grigio scure, compatte	Top del «Complesso dolomitico»	Cenomaniano	Paracarsismo

SIGLA CAMP.	LITOTIPO	UNITA	PERIODO	CLASSE DI CARSISMO (F. Forti, 1972)
8	Calcari grigio scuri compatti	«Calcari nerastri e grigi»	Cenomaniano-Turoniano	1 - 2
9	Calcari grigi, poco compatti	«Livello Calcari nerastri-grigi»	Cenomaniano-Turoniano	1 - 2
10	Dolomie fossilifere molto compatte, grigio-chiare	«Livello alternanze calcari-dolomie»	Cenomaniano	Paracarsismo
11	Brecciole fossilifere grigio-chiare	«Calcari di Monrupino»	Turoniano	2 - 3
12	Calcari grigi fossiliferi	«Calcari di Aurisina»	Turoniano	3 - 4
13	Calcari grigi, compatti	«Calcari di Aurisina», facies a Rudiste inf.	Turoniano	5
14	Calcari grigio scuri, compatti, a Miliolidi	«Calcari di Aurisina», facies a Foraminiferi	Turoniano	4
15	Brecce di Slivia, molto compatte, in grossi banchi	«Calcari di Aurisina»	Turoniano	4
16	Calcari grigi, grigio-scuro, lamellari, lastroidi	«Calcari di Aurisina», facies lagunare	Turoniano	2
17	Calcari grigio-chiaro, compatti, potentemente stratificati	«Calcari di Aurisina», facies a Rudiste	Turoniano	5
18	Brecciole fossilifere grigio-chiare, compatte	«Calcari di Aurisina», facies di scogliera	Turoniano	2
19	Calcari grigio chiaro, molto fossiliferi, a frammenti di Rudiste	«Calcari di Aurisina», facies a Rudiste	Turoniano	3 - 4
20	Calcari grigio scuro, compatti	«Zona intercalare a Foraminiferi dei Calcari di Aurisina»	Turoniano	4 - 5
21	Calcari sparitici grigio chiaro, fossiliferi a Rudiste	«Calcari superiori di Aurisina»	Turoniano-Senoniano	4 - 5
22	Calcari brecciati grigi, compatti, fossiliferi	«Facies di scogliera del M. dei Pini»	Turoniano	4

SIGLA CAMP.	LITOTIPO	UNITA	PERIODO	CLASSE DI CARSISMO (F. Forti, 1972)
23	Brecce grigio-rosa, compatte	«Calcari di Aurisina»	Turoniano	4 - 5 (Paleocarsismo)
24	Calcari grigio-scuri, compatti a Foraminiferi	«Calcari di Aurisina», facies a Foraminiferi	Turoniano	2
25	Calcari grigi, molto compatti, fossiliferi a Rudiste	«Calcari superiori di Aurisina»	Turoniano	5
26	Calcari grigio-scuri, compatti, un po' brecciati	«Calcari di Aurisina», facies a Foraminiferi	Turoniano	4
27	Calcari biancastri, grigio chiari, porcellanacei, molto compatti	«Calcari di Aurisina», facies particolare	Turoniano	3 - 4
28	Calcari con noduli di selce, grigi, molto compatti	«Calcari di Aurisina», facies particolare	Turoniano-Senoniano	5
29	Brecce bianco-rosee, poco compatte	«Calcari di Aurisina»	Senoniano	3 - 4 (Paleocarsismo)
30	Calcari grigiastri, compatti, ricchi di frammenti di Rudiste	Top dei «Calcari superiori di Aurisina»	Senoniano	3 - 4
31	Calcari grigio-chiari, molto compatti, porcellanacei	«Calcari superiori di Aurisina», facies particolare	Senoniano	4 - 5
32	Brecce bianco-rosee, molto compatte	«Calcari di Aurisina»	Senoniano	4 (Paleocarsismo)
33	Calcari neri, compatti	«Piano Liburnico inferiore»	Paleocene	4
34	Calcari grigi, compatti	«Piano Liburnico medio»	Paleocene	4 - 5
35	Calcari grigio-chiari, compatti, fossiliferi a Miliolidi	«Piano Liburnico superiore»	Paleocene	2
36	Calcari grigio compatti, molto fossiliferi ad Alveoline	«Calcari terziari»	Paleocene-Eocene	2 - 3
37	Calcari grigio-chiari, compatti, fossiliferi a piccoli Nummuliti	«Calcari terziari»	Paleocene-Eocene	1 - 2

SIGLA CAMP.	LITOTIPO	UNITA	PERIODO	CLASSE DI CARSISMO (F. Forti, 1972)
38	Calcari grigio-chiari, compatti, fossiliferi a piccole Alveoline	«Calcari terziari»	Paleocene-Eocene	1 - 2
39	Dolomia grigia, poco compatta	«Calcari terziari» facies particolare	Paleocene-Eocene	Paracarsismo
40	Calcari grigi, compatti, fossiliferi ad Alveoline e Nummuliti a desquamazione lamellare	«Calcari terziari»	Eocene inferiore	1 - 2

MODALITÀ DELLA PROVA

La prova in via di esecuzione si basa sul concetto fondamentale di definire il grado di solubilità dei campioni, sagomati in maniera opportuna, mediante la definizione della loro perdita di peso dopo l'esposizione prolungata agli agenti esterni.

I 40 campioni prescelti sono stati tagliati in forma di lastre parallelepipediche di dimensione $6 \times 3 \times 1$ cm ed i vari lati sono stati misurati con un calibro avente una precisione di 0,1 mm. Tale operazione si è resa necessaria per calcolare nel modo più preciso possibile la superficie totale delle piastrelle per, alla fine, determinarne il grado di solubilità per unità di superficie (cm^2).

Le lastre così ottenute sono state inizialmente ripulite con un panno e poi immerse per 30 secondi in una soluzione di HCl al 10% per togliere la polvere di roccia che eventualmente poteva aver intasato qualche poro superficiale durante il taglio.

Dopo un successivo lavaggio con acqua distillata, le lastre sono state lasciate ad asciugare a temperatura ambiente ed essiccate per 24 ore in forno a temperatura di 110°C . Esse sono state poi pesate con la precisione di $\pm 0,1$ mg previo raffreddamento per 20 minuti in essicatori a drierite. Le lastre così preparate e pesate sono state riposte in un apposito contenitore in legno dolce, a scomparti, foderato in gommapiuma, per evitare che eventuali urti nei trasporti potessero scheggiarle e far variare il loro peso in maniera non discriminabile dalla diminuzione di peso dovuto alla soluzione dopo l'esposizione agli agenti esterni.

Durante tutte le operazioni di cui sopra, e per quelle successive che comportano una certa manipolazione, le lastre non sono mai state toccate con le mani nude ma sempre usando pinze rivestite in plastica morbida o guanti di gomma o di filo.

Fra le varie possibilità che si prospettavano per l'esposizione diretta dei campioni agli agenti atmosferici si è scelta quella che comportava la loro massima mobilità nei loro confronti. Si è deciso così di sospendere le piastrelle ad una corda di nylon in maniera tale che potessero sia oscillare che ruotare liberamente. Per fare ciò, esse sono state legate nel senso della lunghezza con un filo di nylon di 0,25 mm di diametro ed il filo è stato legato ad una girella con moschettone (Foto n. 1) che presenta la caratteristica di possedere l'asse di attacco del filo libero di ruotare in entrambi i sensi.

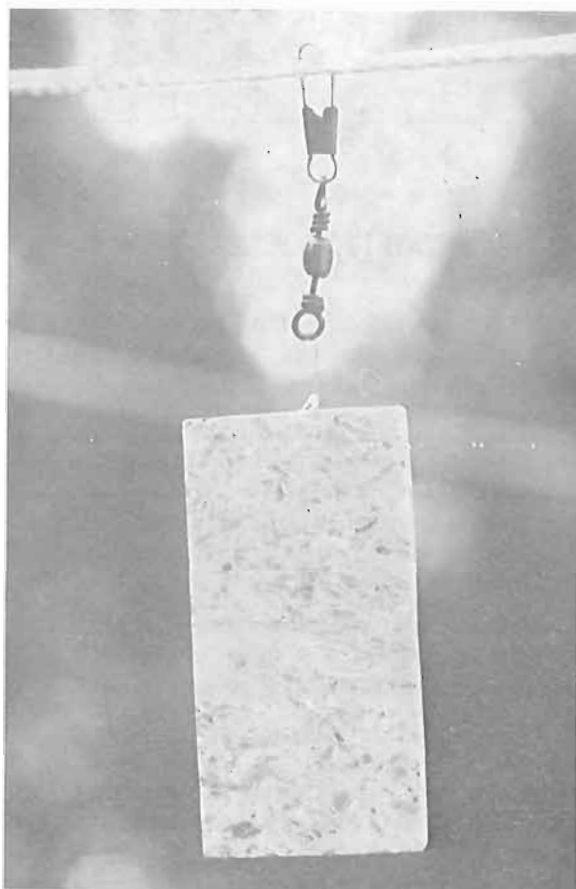


FOTO 1 — Modalità di esposizione dei campioni agli agenti esterni; si noti, in alto, la girella con moschettone alla quale è stata legata, mediante filo di nylon, la lastrina rocciosa con dimensioni di 6 x 3 x 1 cm.

La girella, in ottone, ed il moschettone, in acciaio inossidabile, sono stati scelti oltre che per la loro praticità anche perchè sono esenti da apprezzabili attacchi chimici ad opera delle acque piovane per cui non possono dar luogo a soluzioni che avrebbero potuto inquinare i campioni alterandone il peso.

Le lastrine sono state esposte agli agenti esterni in una piazzuola naturale che è stata appositamente preparata allo scopo tagliando la vegetazione che poteva impedire alle precipitazioni di investire in pieno i campioni. La piazzuola è posta in un bosco naturale nei pressi della Grotta Gigante. I moschettoni sono stati agganciati ad una corda di nylon tesa in forma di triangolo equilatero su tre sostegni metallici verniciati (Foto 2). Per evitare infine cadute accidentali a terra dei campioni (mai verificatesi fino ad oggi) che li avrebbero esclusi dalla prova in maniera irrimediabile in quanto ne avrebbero alterato il peso, sotto tutte le lastrine è stata stesa una rete di protezione di nylon.

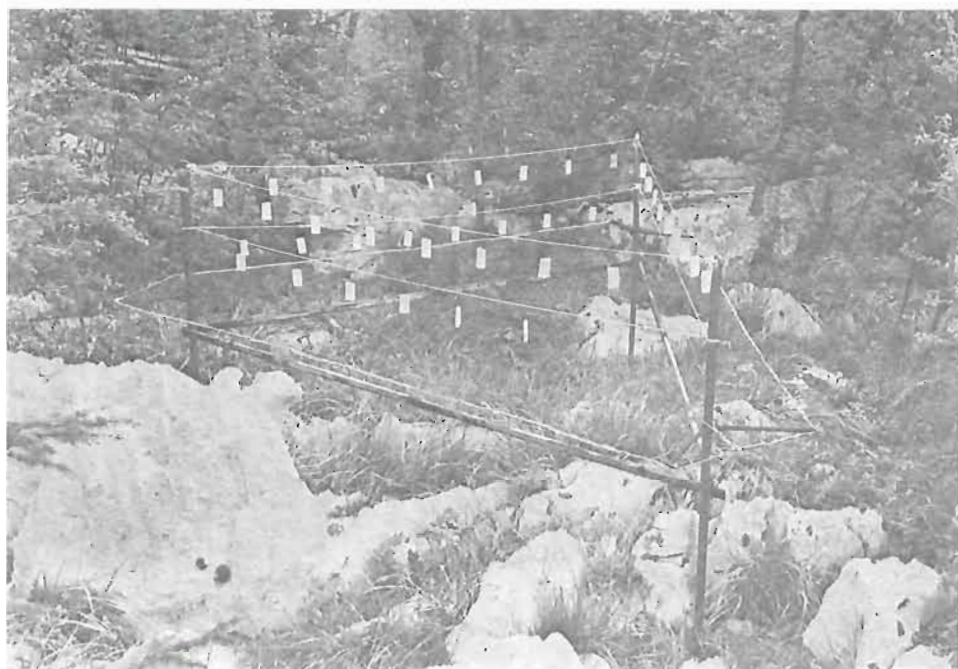


FOTO 2 — Modalità di esposizione dei campioni agli agenti esterni; piazzuola naturale scelta per la prova ed impalcatura di sostegno dei campioni con rete di protezione.

Si è deciso di controllare la perdita di peso dei campioni (dopo loro essiccazione a 110°C per 24 ore), due volte l'anno, al termine del semestre estivo e di quello invernale in modo da verificare anche eventuali variazioni di peso dovute ai cicli stagionali.

I campioni sono stati esposti per la prima volta il 21 marzo 1980 (equinozio di primavera) e ripesati, fino ad oggi, il 23 settembre 1980 (equinozio d'autunno) ed il 21 marzo 1981 e verranno di nuovo controllati ad ogni equinozio di primavera e d'autunno per un tempo sufficientemente lungo da

permettere di misurare perdite di peso che siano significative per gli scopi che ci si propone.

Le operazioni di pesata dei campioni dopo il loro distacco dalla corda di nylon e quelle per la loro successiva esposizione sono durate tre giorni e, fino ad ora, non si sono mai verificate precipitazioni in tali intervalli di tempo. Se ciò dovesse accadere in futuro, i controlli per pesata verranno rinviati fino alla cessazione delle precipitazioni in modo da non sottrarre mai i campioni all'azione solvente delle acque piovane.

Va infine aggiunto che la scelta dell'ubicazione per la prova in corso è stata fatta coincidere deliberatamente con un'area nei pressi della Grotta Gigante in quanto in tale località esiste una stazione meteorologica installata da molti anni, quale stazione per le ricerche carsiche, che raccoglie tutti gli elementi (entità delle precipitazioni, temperatura, umidità ecc.) che saranno indispensabili per la valutazione dei dati dedotti dalle perdite di peso per soluzione dei campioni al termine della prova.

BIBLIOGRAFIA

- AZZAROLI A. & CITA M.B. (1968) - *Codice italiano di nomenclatura stratigrafica*. Boll. Serv. Geol. Italia, vol. 89, Roma.
- CASTELLARIN A. & ZUCCHI M.L. (1966) - *La successione stratigrafica paleocenica ed eocenica dei dintorni di Opicina*. Studi Trent. Sc. Nat., Sez. A, vol. 43, (2), Trento.
- D'AMBROSI C. (1961) - *Sviluppo e caratteristiche geologiche della serie stratigrafica del Carso Triestino*. Boll. Soc. Adr. Sc., Trieste, vol. 51, (1960), Trieste.
- FORTI F. (1968) - *La geomorfologia nei dintorni di Slivia (Carso Triestino) in rapporto alla litologia ed alla tettonica*. Atti Mem. Comm. Grotte «E. Boegan», vol. 7, (1967), Trieste.
- FORTI F. (1971) - *Segnalazione del ritrovamento della «Breccia bianco-rosea» nella zona tra Sistiana e Duino (Carso Triestino)*. Atti Mem. Comm. Grotte «E. Boegan», vol. 10, (1970), Trieste.
- FORTI F. (1972) - *Proposta di una scala di carsificabilità epigea nelle carbonatiti calcaree del Carso Triestino*. Atti Museo Civ. St. Nat. Trieste, vol. 28, (1), N. 3, Trieste.
- FORTI F. (1973) - *Studio geomorfologico dei «Fori di dissoluzione» nelle carbonatiti calcaree del Carso Triestino*. Atti Mem. Comm. Grotte «E. Boegan», vol. 12, Trieste.
- FORTI F. (1980) - *Proposta di classificazione pratica delle morfologie carsiche epigee*. Atti Mem. Comm. Grotte «E. Boegan», vol. 19, (1979), Trieste.
- FORTI F. - *Misure sulla dissoluzione carsica e dell'accrescimento delle stalagmiti*. (Nota preliminare). In corso di pubbl. 4° Conv. Speleol. Friuli - Venezia Giulia (1979), Pordenone.
- FORTI F. & MASOLI M. (1969) - *Comparazioni cronostratigrafiche delle formazioni carbonatiche del Carso Triestino*. Boll. Bibl. Musei Civ. e Bienn. Arte Ant., Udine.
- FORTI F., STEFANINI S., ULCIGRAI F. (1975) - *Relazioni tra solubilità e carsificabilità nelle rocce carbonatiche del Carso Triestino*. Atti Mem. Comm. Grotte «E. Boegan», vol. 14, (1974), Trieste.
- FORTI F. & TOMMASINI T. (1965) - *Il Carso del «Monte Spaccato». Osservazioni di geomorfologia carsica in rapporto con la litostratigrafia e tettonica*. Atti Mem. Comm. Grotte «E. Boegan», vol. 4, (1964), Trieste.

- FORTI F. & TOMMASINI T. (1967) - *Una sezione geologica del Carso Triestino. Osservazioni di geomorfologia carsica in rapporto con la litostratigrafia e la tettonica eseguite lungo una sezione trasversale all'andamento assiale del Carso Triestino, dal Monte Lanaro alla località Cedas*. Atti Mem. Comm. Grotte «E. Boegan», vol. 6, (1966), Trieste.
- MASOLI M. & ULCIGRAI F. (1969) - *Termini albiani della serie stratigrafica del Carso Triestino*. St. Trent. Sc. Nat., Sez. A, vol. 46, (1), Trento.
- ULCIGRAI F. (1969) - *Prime osservazioni sui termini calcareo-dolomitici cenomaniani del Carso Triestino*. Boll. Bibl. Musei Civ. e Bienn. Arte Ant., Udine.