

T. R. FEDERICI - A. SPAZZAFUMO - G. M. CASOLI - D. STRENTA - M. DINI - F. PALAGI

## RICERCHE SUL CARISMO DI SUPERFICIE DELLE ALPI APUANE \*

### INTRODUZIONE

(PAOLO ROBERTO FEDERICI)

Il massiccio delle Alpi Apuane, che si eleva imponente sulla pianura della Versilia, già inesauribile fonte di studi geologici per le caratteristiche del tutto uniche nel panorama dell'Appennino settentrionale, presenta una complessità morfologica degna di una attenzione ben maggiore di quanto non sia stato fatto fino ad oggi. Il modellamento carsico, per esempio, segna il massiccio in modo profondo in quasi tutta la sua estensione. Infatti nelle Alpi Apuane le rocce calcaree e le dolomie (mesozoiche) hanno un grandissimo sviluppo per quanto riguarda sia l'estensione che gli spessori; la celebre formazione dei marmi del Giurassico è parte integrante di queste sequenze carbonatiche. Le condizioni geostrutturali e quelle climatiche hanno costituito il necessario complemento alla litologia, cosicché fenomeni carsici ipogei e di superficie si sono sviluppati un po' ovunque nel gruppo apuano.

Fino ad oggi ricerche più frequenti e approfondite sono state dedicate al carso di profondità. La cosa si spiega con il fatto che alcune grotte e caverne apuane hanno fornito fin dalle prime indagini importanti resti paleontologici e paleontologici e hanno offerto e tuttora offrono grandi possibilità alla esplorazione speleologica. Basti pensare che, fra le oltre 600 cavità catastate, l'abisso Revel nel gruppo delle Panie fu per lungo tempo la verticale assoluta più profonda del mondo e l'antro del Corchia con

---

\* Per la stampa di questi lavori è stato utilizzato un contributo del CNR (Cap. 106 260 - Imp. 08/790909/800).

la sua profondità di 950 (!) m è la prima in Italia e una delle maggiori del mondo. Di fronte a questi dati si comprende come il carsismo epigeo abbia suscitato minore interesse, come fa fede lo scarso numero degli studi fin'ora effettuati.

I lavori che qui vengono presentati, senza avere la pretesa di colmare le lacune delle conoscenze in questo campo, portano un contributo ad una miglior comprensione della morfologia apuana. Ognuno di essi, sebbene affronti un tema limitato, contiene dei dati originali, talora complementari a qualcuno già noto, la maggior parte del tutto nuovi.

La ricerca di M. G. Casoli ha il merito di osservare e descrivere forme carsiche (microdoline) in una formazione geologica, quella del calcare cavernoso norico, che di solito viene trascurata dai geomorfologi, sebbene già nel 1932 il Mori<sup>1</sup> ne avesse ricavato interessanti dati nella Toscana meridionale. A. Strenta segnala la presenza di lapiez e doline nella formazione dei marmi triassici dell'Unità di Massa del M. Brugiana, ove, nonostante il limitato sviluppo della formazione calcarea, il carsismo ha potuto ugualmente manifestarsi. Gli altri studi invece riguardano fenomeni sviluppatisi soprattutto nella nota e potente formazione dei marmi del Lias. In quello di M. Dini vengono riprese le osservazioni nell'altopiano della Vetricia, nel gruppo delle Panie, (del quale si era già occupato nel 1964 il Marcaccini<sup>2</sup>), ove sono presenti degli spettacolari campi solcati e interessanti microforme di dissoluzione carsica superficiale. Cenni su forme simili erano già contenuti, oltre che nel lavoro precedentemente citato, anche in una brevissima nota di Laureti<sup>3</sup>.

Nei lavori rimanenti vengono presi in esame i difficili rapporti tra il carsismo e il glacialismo quaternario. Nella zona di M. Sagro numerose conche, delle quali A. Spazzafumo esamina il cosiddetto *Catino*, hanno certamente ospitato masse ghiacciate più o meno grandi, ma nel contempo mostrano una forte influenza del fenomeno carsico. Questa influenza è ipotizzata infine da F.

---

<sup>1</sup> A. MORI, *I fenomeni carsici dell'Orbetellano e del Capalbiese*, Mem. R. Soc. Geogr. It., XVII (1932), pp. 119-196.

<sup>2</sup> P. MARCACCINI, *Fenomeni carsici di superficie nelle Alpi Apuane*, Riv. Geogr. It., LXXI (1964), pp. 35-54.

<sup>3</sup> L. LAURETI, *Aspetti secondari del carsismo di superficie nelle Alpi Apuane*, Rass. Speleol. It. Mem., VII, n. 2, (1965), pp. 137-141.

Palagi anche nei riguardi dell'origine delle stupende marmitte dei giganti della Turrite Secca e del Fosso Lombricese, alcune già descritte dal Masini<sup>4</sup> altre segnalate qui per la prima volta.

Questi studi, sufficientemente omogenei per poter essere presentati assieme, lungi dall'esaurire l'argomento si possono rite-

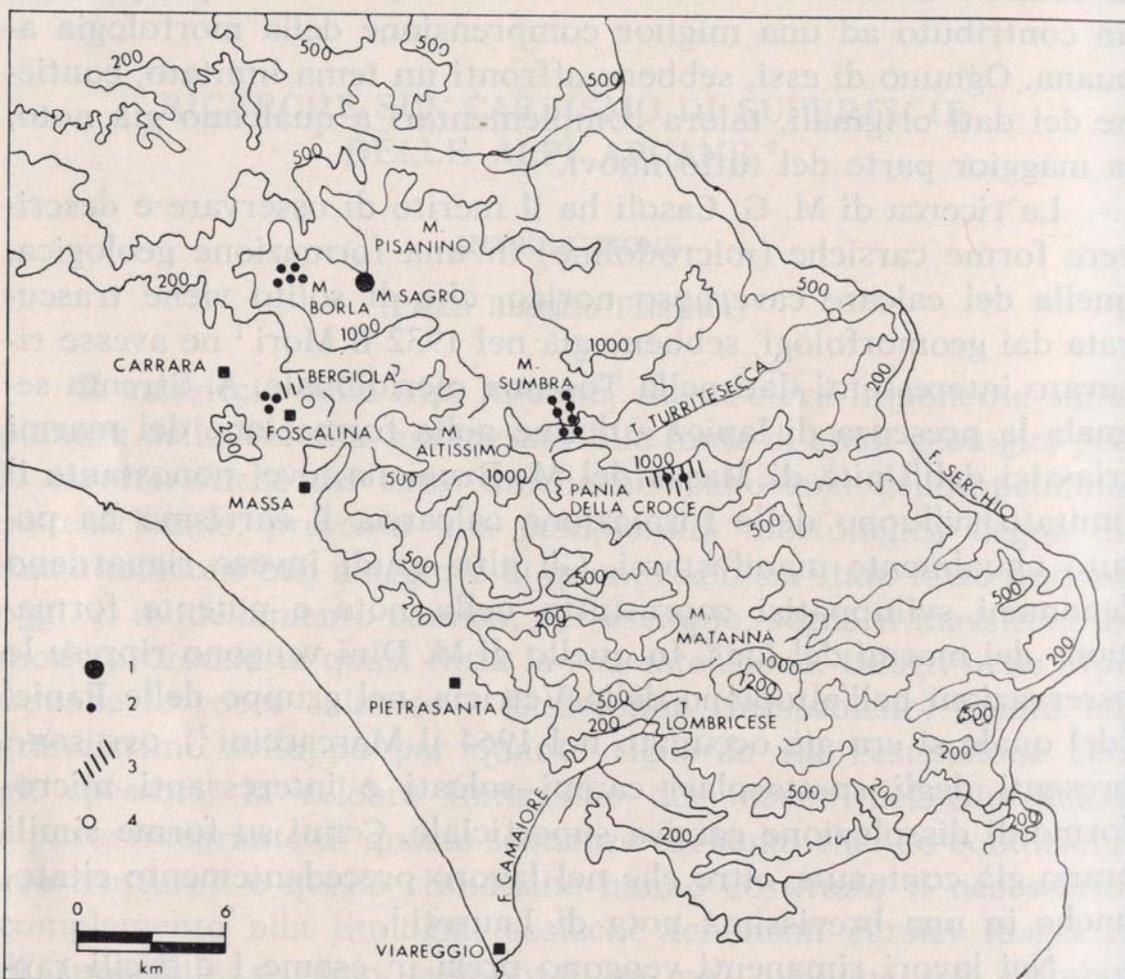


Fig. 1. — L'ubicazione delle forme carsiche illustrate. 1. doline; 2. micro-doline; 3. campi solcati, campi a massi; 4. marmitte.

nere uno stimolo a ulteriori e più approfondite ricerche sul problema assai complesso del carsismo apuano. Moltissimo resta da fare: innanzi tutto un rilevamento di dettaglio delle forme carsiche epigee di tutto il massiccio, compresa la notevole varietà

<sup>4</sup> R. MASINI, *Sull'origine delle marmitte della Tana a Termini in Val di Lima e del Rio della Anguillaia in Turrite Secca*, Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Mem., XXXIX (1929), pp. 262-286.

di microforme di dissoluzione superficiale, la loro classificazione e una possibile indagine sulla loro genesi; in secondo luogo la ricerca dei legami tra il carso di superficie e il più conosciuto e per ora più vasto mondo sotterraneo e ancora i rapporti con il fenomeno glaciale e periglaciale e con la tettonica e infine l'influenza della morfologia carsica sulle sedi e sull'attività umana. Soltanto così si potrà dire di possedere una migliore conoscenza di questo affascinante gruppo montuoso.

#### IL « CATINO DEL SAGRO » CIRCO GLACIALE O CONCA CARSICA?

(ANTONELLA SPAZZAFUMO)

Nella parte nord-occidentale delle Alpi Apuane, nel Gruppo del Monte Sagro (m 1749), uno dei più caratteristici dell'intero massiccio, si trova una grande conca denominata *Il Catino del Sagro*, che presenta un certo interesse dal punto di vista morfologico, soprattutto per quanto riguarda la sua genesi. E. Beneo<sup>1</sup> ha attribuito all'erosione glaciale la formazione di questo vallone, ma a mio parere su di essa dovrebbero aver agito cause diverse e più complesse.

Il Catino è un'ampia conca posta a circa 1260 metri di quota sul versante settentrionale del M. Sagro; ha forma allungata, grossolanamente ellittica, con l'asse maggiore orientato in direzione NO-SE. Presenta un fondo piuttosto piatto, una lunghezza di 280 m circa e una larghezza variabile da 45 a 60 metri.

L'avvallamento del Catino è circondato da alte pareti (fino a 50 metri) che presentano un'unica soluzione di continuità all'estremità nord-occidentale, dove si trova una specie di sbocco che sovrasta la valle superiore del Lucido, di cui la conca è tributaria. La parete settentrionale, denominata Puntone della Piastra, è ripida e con un crinale irregolare: altrettanto ripida e alta è la parete meridionale almeno fino alla Foce di Faneletto (m 1426), dopo la quale essa sale bruscamente, poiché si continua con il versante nord del M. Sagro erto e roccioso. Alla estremità sud-est le pareti del Catino sono meno scoscese e salgono in

---

<sup>1</sup> E. BENELO, *Nuova località fossilifera e nuovo ghiacciaio nelle Alpi Apuane*, Boll. Soc. Geol. It., LXIV (1945), pp. 40-41.

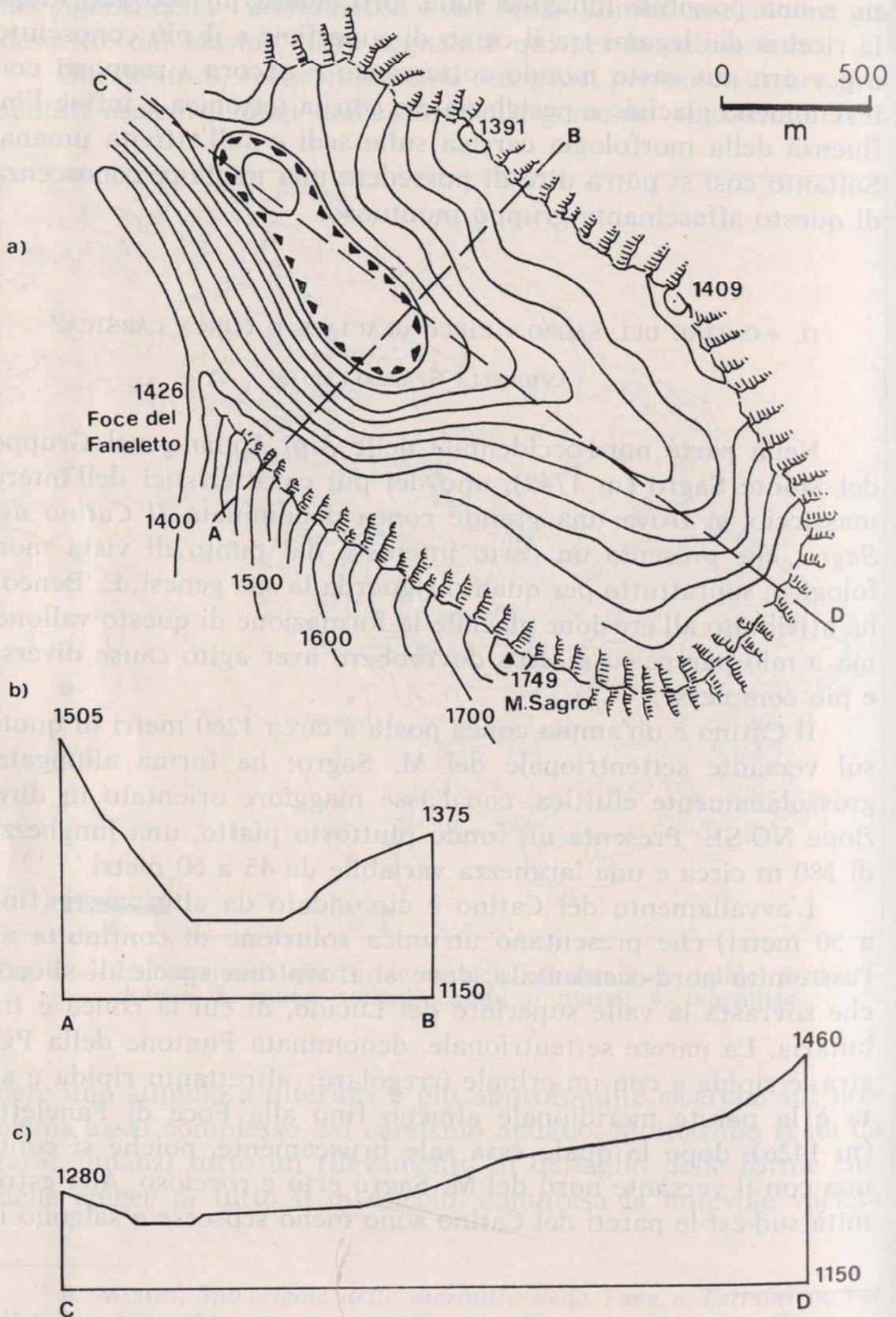


Fig. 2. — Il Catino del Sagro.

modo discontinuo, alterando la fisionomia ad anfiteatro che gli conferiscono le pareti laterali.

Il fondo è, in generale, pianeggiante, ma a circa 40 metri dall'uscita risalta un piccolo avvallamento a scodella entro il quale si notano cinque cavità, distribuite in ordine sparso e aventi ciascuna un diametro di 50-100 centimetri e una profondità di circa 50. Singolari sono inoltre alcune microcavità che si trovano in posizione prossima alle precedenti, caratterizzate dalla presenza di una finissima polvere costituita da carbonato di calcio quasi puro, che circonda tali fori con estesi aloni visibili anche a distanza. Verso nord-ovest il fondo del Catino si restringe e risale, dando origine ad una lieve contropendenza, prima di strapionbare nella Valle del Lucido. Tra l'estremità sud-est e la parte centrale affiorano rocce solcate da incisioni di origine carsica parallele alla direzione dell'asse maggiore della conca.

Per quello che riguarda la vegetazione, il fondo del Catino è privo di alberi e si presenta rivestito di erbe e di qualche raro cespuglio, mentre i fianchi sono ricoperti da una faggeta e da piccole radure, interrotte qua e là da plaghe rocciose. La faggeta differisce molto poco da una simile degli Appennini o delle Alpi, mentre le radure risentono chiaramente dell'influenza dell'ambiente apuano, con le sue specie rupestri, con i suoi endemismi e con una vasta gamma di specie dalle più diverse esigenze ecologiche<sup>2</sup>.

Il Sagro è una montagna completamente calcarea composta da formazioni appartenenti all'Autoctono metamorfico apuano. In particolare nel Catino affiorano i marmi e i calcari selciferi del Giurassico, facenti parte di una grande sinclinale rovesciata. Il Catino del Sagro è quindi una grossa conca entro una zona calcarea con caratteristiche che fanno pensare immediatamente ad una origine carsica. In questo senso si potrebbe classificare il Catino come una macrodolina, anche se il restringimento mediano e il prevalente sviluppo in una direzione fanno pensare alla fusione di due cavità minori per dare origine ad una uvala.

Il modellamento carsico si vede anche dalle microforme e dalle cesellature sulle pareti, specialmente in quella di sud-est. Un ultimo dato a sostegno di quest'ipotesi è la presenza dell'av-

---

<sup>2</sup> E. FERRARINI, *Studi sulla vegetazione di altitudine delle Alpi Apuane*, Webbia, XXI (1966), pp. 521-600.

vallamento, in precedenza descritto, che dovrebbe svolgere la funzione di inghiottitoio, tenendo presente che nel Catino durante il periodo invernale si accumula una notevole quantità di neve la cui acqua di fusione viene smaltita per via sotterranea.

Rimane il dubbio che una parte della conca possa aver subito anche parzialmente il modellamento ad opera dei ghiacciai durante il glacialismo würmiano, come suggerito da E. Beneo. Infatti il limite delle nevi del massiccio apuano doveva essere situato all'incirca alla quota del Catino; ciò è dimostrato anche dal fatto che un ghiacciaio si è sviluppato certamente nella adiacente Valletta del Fosso, dove sono presenti anche resti morenici, discendenti dal versante orientale del M. Sagro.

Mi sembra ragionevole perciò ammettere che anche il *Catino* abbia ospitato una minuscola massa glaciale durante il Pleistocene Superiore, per cui ritengo che si siano succedute fasi di carsificazione alternate con l'erosione glaciale, ma che nel complesso le prime pare abbiano avuto il sopravvento sulle seconde.

#### LE DOLINE NEL CALCARE CAVERNOSO DEL M. BORLA

(GIULIA M. CASOLI)

Nella zona boschiva che va dal M. Ballerino al Canale d'Arpa, nei pressi del M. Borla (Alpi Apuane di Nord-Ovest), ad una altitudine di circa 1400 m, sono state individuate alcune piccole doline, interessanti perché originatesi in una formazione calcarea un po' particolare, il calcare cavernoso norico della Falda toscana. Esse non sono mai state descritte e l'unico cenno alla loro esistenza è contenuto nelle Note illustrative della Carta Geologica d'Italia (F° 96 Massa)<sup>1</sup>. Estesi fenomeni carsici si rinvennero in tutto il gruppo del M. Sagro, anche se interessano i grandi affioramenti di marmo e calcare selcifero, ma qui mi limito a descrivere quelli della formazione del calcare cavernoso del M. Borla, che è parte del gruppo del Sagro<sup>2</sup>. Il calcare cavernoso della zona in

<sup>1</sup> L. TREVISAN, L. DALLAN, P. R. FEDERICI, G. GIGLIA, R. NARDI, G. RAGGI, *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia. Foglio 96 Massa*, Min. Ind. Comm. Art. (1971), pp. 1-57.

<sup>2</sup> La zona in cui tali cavità sono situate è caratterizzata dalla presenza di una grande superficie di scorrimento tettonico, che ha portato

esame è quello tipico a cellette, ma associato ad esso è un potente orizzonte di brecce, di origine controversa. Il fenomeno carsico, che è esclusivamente epigeo, ha interessato talvolta anche questo orizzonte di brecce, ma la sua genesi e la sua ubicazione sono legate soprattutto alla formazione del calcare cavernoso<sup>3</sup>. Ed è sempre a questo sottile cappello permeabile che è dovuta la presenza di un discreto corpo acquifero, che si manifesta con sorgenti elevate nei pressi di Campocecina.

Dal punto di vista botanico, la zona è caratterizzata dalla presenza dei faggi che formano nel loro insieme un denso bosco, interrotto qua e là da qualche breve radura; nel sottobosco, molto ombreggiato, sono invece ospitate varie piante erbacee. In ogni caso non si riscontra alcuna differenza tra la vegetazione posta all'interno e all'esterno delle doline, ma, tutt'al più, si possono ritrovare alcune felci di piccole dimensioni e muschi, in maggiore abbondanza sulla parete esposta a Nord delle doline più profonde.

Il maggiore affioramento di calcare cavernoso della zona, quello del M. Borla, è caratterizzato da una morfologia carsica molto irregolare e poco tipica; il campo solcato ne è la forma più vistosa. Curiosamente i fenomeni carsici più notevoli si sono manifestati nei più esigui affioramenti calcarei della Costa del Ballerino, dove si osservano campi solcati, campi a massi e soprattutto piccole doline.

Le doline sono presenti in numero considerevole e verranno descritte attribuendo loro un numero progressivo, poiché non sono contrassegnate da toponimi né cartografici né in uso nella zona, che è caratterizzata da insediamento solo temporaneo.

Nella faggeta che riveste il pendio sopra Acquasparta si trova un insieme di cinque doline, le cui pareti sono parzialmente comuni.

Le doline n. 1 e n. 2 sono le forme più grandi e tipiche. Esse appaiono evidenti, sia perché, confluendo in parte tra loro, formano un ampio spiazzo, sia perché il fondo di entrambe è sgom-

---

il calcare cavernoso, base della Falda Toscana, a sovrapporsi ai terreni autoctoni e parautoctoni metamorfici. Su questo argomento si rimanda alla nota bibliografica precedente.

<sup>3</sup> In Toscana fenomeni simili sono stati descritti specialmente per la Maremma (A. MORI, *I fenomeni carsici dell'Orbetellano e del Capalbiese*, Mem. R. Soc. Geogr. It., XVII, 1932, pp. 119-196).

bro da qualsiasi forma arborea o arbustiva che potrebbe ostacolarne la visione d'insieme.

La dolina n. 1 ha da ogni parte pareti degradanti con inclinazioni pronunciate (in media circa  $70^\circ$ ). A Nord e a Nord-Est è delimitata dal pendio del M. Ballerino, a Sud presenta un orlo rilevato di circa 1 m, infine a Ovest è separata dalla dolina n. 2 da una serie di massi calcarei, anche se si unisce ad essa tramite una apertura di circa 3 m. Il fondo è leggermente inclinato verso valle e va a confluire, tramite l'apertura sopracitata, con il fondo della dolina n. 2. È una delle cavità più grandi tra quelle osservate ( $30 \times 25$  m).

La dolina n. 2 appare di forma più raccolta rispetto alla precedente, perché massi di varia altezza (1,5 - 2 m) la delimitano in ogni direzione, salvo verso Sud dove il pendio, che le fa da parete, degrada dolcemente verso il fondo. Questo è piano e si trova ad un livello più basso rispetto a quello dell'altra cavità: infatti i massi che separano le due strutture costituiscono una sorta di scalino tra i due piani. Il fondo (25 m in senso Est-Ovest; 20 in senso Nord-Sud) è ricoperto da terra bruna senza alcuna traccia di vegetazione, salvo qualche muschio dove l'acqua di scolo, proveniente anche dall'altra dolina, ristagna per qualche tempo.

Le due cavità sono, in base al rapporto altezza/diametro, caratteristiche doline a « scodella » a contorno pressoché circolare e fondo piatto.

A Sud-Ovest della dolina n. 2 è situata una terza cavità di piccole dimensioni, ma caratteristica. È completamente circondata da alte pareti (fino a 8 m), costituite da massi calcarei, molto accidentate ed inclinate, così da rendere il suo contorno piuttosto articolato, anche se nettamente allungato in direzione Sud-est-Nordovest (diametri di  $5 \times 3$  m).

Dalla forma e dai rapporti tra i parametri altezza/diametro, questa cavità può essere definita una dolina ad « imbuto ».

A Sud-Est ed ad un livello decisamente più basso rispetto alla precedente vi è un'altra dolina delimitata da pareti maggiormente sviluppate in altezza rispetto alle precedenti cavità (tanto che il dislivello massimo è di 14 m) e piuttosto inclinate. In particolare ad Est, l'inclinazione della parete raggiunge i  $55^\circ$  circa, ma poi diminuisce regolarmente verso Sud-Ovest, dove i fianchi si dissolvono con il pendio e si forma un'apertura

verso valle larga circa 6 m. Il fondo è inclinato verso Sud-Ovest e degrada leggermente fino a sfociare nell'apertura suddetta.

Tale dolina, che presenta un netto allungamento in direzione Nordest-Sudovest, ha una lunghezza di 19 m circa, mentre la larghezza varia da un minimo di 6 ad un massimo di 10 m.

A Sud della dolina n. 2 e a Sud-Est rispetto alla precedente, è situata l'ultima cavità di questo primo gruppo, che ha forma allungata (m 16 per 6 in media), ma un contorno meno ben definito, con pareti costituite da massi calcarei e di altezza variabile dai 4 ai 5 m. A Sud-Ovest i massi si dispongono in modo da formare una rientranza tale da far perdere la forma regolarmente allungata alla dolina stessa. Infine a Nord-Ovest presenta un'apertura che va a sboccare con un salto verso la dolina precedentemente descritta. Il fondo, piano e erboso, degrada leggermente verso Nord-Ovest e presenta sparsi qua e là dei massi di media grandezza.

Sia la dolina precedentemente descritta che questa possono considerarsi doline a « scodella ».

In direzione del Canale d'Arpa, a Nord rispetto al gruppo di cavità sino ad ora descritte, si trovano altre tre doline, interessanti per forma e dimensioni. La prima di tale gruppo è un'ampia cavità (24 × 10 m) allungata in senso Nordest-Sudovest e circondata da pareti abbastanza inclinate, in particolar modo a Sud, dove si ha una serie di massi verticali. Altrove le pareti sono ripide e si svolgono in continuità con il pendio circostante, accidentato per la presenza di massi carsificati. A Ovest, verso valle si apre un varco un poco elevato sul pendio sottostante.

Ad un livello superiore e spostata verso Nord-Ovest, rispetto alla dolina precedente, vi è una cavità particolarmente interessante perché si tratta di una caratteristica dolina a « piatto », che sembra essere costituita da due strutture, la seconda essendosi forse sviluppata per successiva maturazione dalla prima.

La struttura esterna nel suo complesso risulta costituita da massi di 4-5 m di altezza che cadono a perpendicolo, formando una parete ben delimitata e uniforme; a Nord il pendio degrada dolcemente verso il fondo, mentre a Ovest si apre uno sbocco verso valle.

All'interno di questa grande struttura, allungata in senso

Est-Ovest (28 per 15 m), sembra essersene formata una più piccola, con diametro costante di 11 m, che va ad occupare la parte sud-orientale di essa. Tale fatto è ben evidente in quanto il suo fondo è più basso di circa 25 cm rispetto al pavimento della cavità più grande. Il fondo dell'intera struttura risulta ricoperto da fitta erba o da terra bruna.

Nelle immediate vicinanze della precedente, vi è una cavità che non presenta alcuna apertura verso valle. Ha una forma allungata in direzione Est-Ovest (25 × 11 m).

Le pareti che la circondano sono molto sviluppate in altezza e con forte inclinazione, fino ad essere verticali. Il raccordo con il fondo è brusco, quasi ad angolo retto, salvo verso Nord

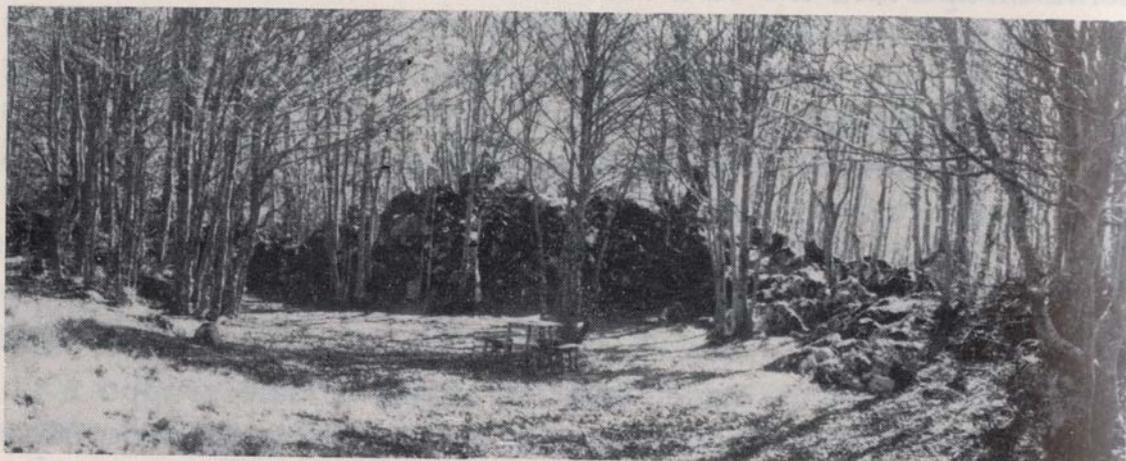


Fig. 3. — Veduta parziale della seconda dolina nel gruppo del Canale d'Arpa.

e verso Nord-Est, dove la parete risulta in continuità con il pendio sovrastante. A Ovest la parete della dolina presenta una profonda spaccatura che si sviluppa fino al suolo e che potrebbe nascondere un inghiottitoio di cui però non è stato possibile avere una prova sicura. Va notato comunque che la superficie della dolina degrada verso tale punto.

Oltre alle cavità carsiche della Costa (M. Ballerino) e a quelle in prossimità del Canale d'Arpa, esaminando attentamente l'intera zona boschiva è stato possibile individuare altre piccole cavità, delle quali però solo una merita menzione.

È una conca di discrete dimensioni, anche se non tipica come quelle sopra descritte. La sua parete a Nord è ben delimitata, uniforme e cade a perpendicolo con un'altezza media intorno ai 4 m. Tale parete risulta curva, nel senso della sua al-

tezza, quasi a voler chiudere la cavità, e su di essa è riscontrabile una lunga fessura longitudinale che la spacca quasi in due parti. Le altre pareti sono invece mal delimitate, costituite da massi di varia dimensione, fino ad un massimo di 1-2 m di altezza; a Ovest, infine, la cavità è aperta e il fondo si raccorda con il versante. Nel suo insieme ha una forma decisamente allungata in direzione Est-Ovest (13 × 8 m).

*Conclusioni* — Nella zona del M. Ballerino sono presenti varie doline, impostate nel calcare cavernoso, formazione norica affiorante in questa parte del massiccio apuano. Le dimensioni ridotte delle macroforme carsiche si spiegano sia con la limitata estensione degli affioramenti del calcare, sia con il fatto che, al di sotto della sottile copertura di calcare cavernoso, giace un terreno impermeabile come quello degli scisti silicei cretaceo-eocenici che sono al tetto del complesso dell'Auctono Apuano<sup>4</sup>.

Dalla morfometria risulta che generalmente si tratta di doline a « imbuto » o a « scodella », mentre una sola rientra nel tipo a « piatto ». È singolare che ciò sia avvenuto in una zona calcarea di scarso spessore, poiché la presenza, a limitata profondità, del livello impermeabile degli scisti silicei terziari avrebbe dovuto favorire uno sviluppo laterale delle macroforme carsiche. La relativa atipicità delle forme si spiega forse con la natura del calcare cavernoso che, come è noto, viene interpretato come una breccia autoclastica derivante da un originario deposito anidritico-dolomitico.

#### CAMPI SOLCATI E DOLINE NEI PRESSI DI BERGIOLA FOSCALINA

(DONATELLA STRENTA)

Non molto lontano da Carrara, sul versante occidentale del M. Brugiana, sorge Bergiola Foscaldina (499 m s.m.), splendido belvedere sulle Alpi Apuane e sulla Versilia.

Come in gran parte delle Alpi Apuane dominano qui le rocce calcaree e dolomitiche, per cui si sono sviluppati diversi fenomeni carsici ben visibili in tutta la zona, soprattutto campi sol-

<sup>4</sup> A. VALDUGA, *Geologia dei Monti di Carrara a Ovest del Monte Sagro*, Boll. Soc. Geol. It., LXXVI (1952), pp. 49-149.

cati e doline, mai descritti e che qui intendo brevemente illustrare.

I campi solcati sono sviluppati e distribuiti un po' tutt'attorno al paese tranne verso Sud-Ovest. Si tratta di affioramenti di calcare e di calcare dolomitico che hanno subito un'erosione chimica che ha prodotto solchi caratteristici, ma non tali da poter essere paragonati ai più tipici campi carreggiati.

I massi calcarei che limitano i solchi hanno forme e dimensioni variabili (da pochi a 25-30 cm di altezza), sono talvolta larghi alla base e più stretti in alto in modo da presentarsi appuntiti, talaltra più globosi. Sopra questi massi sono presenti caratteristiche cariatature, dalle quali sporgono ciuffi d'erbe, soprattutto graminacee. Nello scarso suolo agrario presente tra i vari massi calcarei, crescono piante con uno spiccato adattamento xerofilo ed eliofilo, di tipo mediterraneo, tra le quali *Cistus salvifolius*, *Spartium junceum*, *Ruta chalepensis*, varie *Graminaceae* come *Dactylis glomerata*, etc.

I solchi di questi campi di Bergiola hanno un andamento grossolanamente preferenziale Est-Ovest, ma le direzioni possono anche essere differenti. Per quanto riguarda i rapporti con la costituzione geologica, c'è accordo fra la tettonica caratterizzata dalla presenza di frequenti fratture e la preferenzialità, seppure relativa, della direzione dei solchi, poiché il massiccio apuano è stato ampiamente tettonizzato sia per i normali fenomeni compressivi sia per le sollecitazioni subite dalla sovrapposizione delle falde di ricoprimento come la Unità di Massa, la Falda toscana, etc.<sup>1</sup>.

Il fenomeno erosivo è molto meno marcato sul versante occidentale, poiché la pendenza del terreno si fa ivi più rilevante. È noto che la ripidità di un versante è di fondamentale importanza nel modellamento carsico, in quanto lo scorrimento veloce delle acque asporta tutto il materiale di erosione senza generare di conseguenza forme tipiche. Al contrario un lento

---

<sup>1</sup> L'area di Bergiola Foscalina fa parte, dal punto di vista tettonico, dell'Unità di Massa, complesso a facies toscana costituito essenzialmente da terreni verrucani, paleogeograficamente intermedia tra l'Autoctono e la Falda Toscana (cfr. L. TREVISAN, L. DALLAN, P. R. FEDERICI, G. GIGLIA, R. NARDI, G. RAGGI, *Note illustrative della carta geologica d'Italia. Foglio 96 Massa*, Min. Ind. Comm. Art. (1971), pp. 1-57).

scivolamento delle stesse contribuisce alla creazione di forme tipiche, quali appunto le doline, i campi carreggiati e così via.

I campi solcati di Bergiola Foscalina possono ritenersi ad uno stadio di maturità morfologica, giacché la rete idrica superficiale appare inesistente, anche se durante i periodi di pioggia più intensa le acque scorrono ancora, sia pure per brevi periodi, in superficie. Come già accennato sono presenti a Bergiola Foscalina alcuni avvallamenti doliniformi vicini tra di loro e in qualche modo collegati, anche se posti ad altezze differenti.



Fig. 4. — Un aspetto particolare del fenomeno carsico nei pressi di Bergiola Foscalina.

Le cavità maggiori sono quattro. A Sud, all'inizio del centro abitato, si può osservare la dolina più estesa, un grande avvallamento a piatto.

Questa fossa di dimensioni notevoli, chiamata dagli abitanti *La Varra*, ha subito negli ultimi decenni ampie modificazioni per mano dell'uomo. Un tempo vi si svolgevano attività agricole, soprattutto colture ortensi; adesso tali coltivazioni sono relegate solo in piccola porzione del terreno esposto a Sud e attorno ad alcune case costruite nella dolina stessa.

Negli ultimi anni, la morfologia della dolina è stata ulteriormente modificata sia per l'allargamento della bellissima strada panoramica che da Carrara porta al paese, sia per la costruzione sul fondo della stessa di un terrapieno. Rimane quindi ben poco della primitiva forma della vallecola creata dall'erosione carsica. Il contorno della dolina non è netto: a Sud-Est è presente un dosso alto circa 30 m, carsificato, con scarsa vegetazione; a Est si sale con un dolce pendio verso il versante occidentale del M. Brugiana; verso Nord non si nota una vera e propria delimitazione (vi è la strada che porta in paese); a Nord-Ovest è invece presente un altro dosso carsificato alto circa 15-20 m; a Ovest è stata costruita la strada; a Sud-Ovest ancora un dosso, questa volta non carsificato, ma coperto da una ricca vegetazione arborea; verso Sud la dolina è aperta e scende con ampie terrazze artificiali. Essendo il diametro maggiore della dolina circa 170 m, il suo rapporto con la profondità la classifica una forma a « piatto ».

A Nord della precedente si trova una seconda cavità di grandi dimensioni.

Si tratta di un'ampia dolina di forma allungata, a piatto, con asse maggiore di 130 m diretto da Nord-Est a Sud-Ovest, e larghezza variabile da 20 a 50 m.

Le pareti della dolina hanno un'altezza che varia da 13-15 m e la circondano in maniera quasi completa, salendo molto dolcemente e dando luogo, lungo il pendio, a caratteristici campi solcati.

A Nord-Est un dosso carsificato alto 15 m circa si incunea a chiudere la depressione dando alla dolina un aspetto ad Y, i cui due bracci non hanno le stesse dimensioni. Infatti il braccio ad Est prosegue per circa 60 m per poi interrompersi bruscamente e trasformarsi in solco che scende, scavato nel calcare, lungo il pendio del monte. L'altro braccio quello rivolto a Nord, è molto più breve, e si perde subito nel normale declivio del terreno. La porzione sud-orientale della cavità presenta sul fondo un abbondante deposito di terra rossa residuale, mentre la restante parte è ricoperta da erbe e anche da felci. L'acqua non vi ristagna neppure durante periodi di pioggia molto intensa; sono stati notati infatti sul fondo della dolina, nella sua parte più bassa, tre piccole buche, del diametro di circa 5 cm ciascuna, che dovrebbero funzionare da inghiottitoi, consentendo

così il drenaggio verso il sottosuolo delle acque raccolte in superficie.

La dolina numero tre ha una morfologia regolare, fondo piatto, coperto da felci, con diametro maggiore (Nord- Sud) di 65 m e diametro minore (Est-Ovest) di 35. Si tratta di una doli-

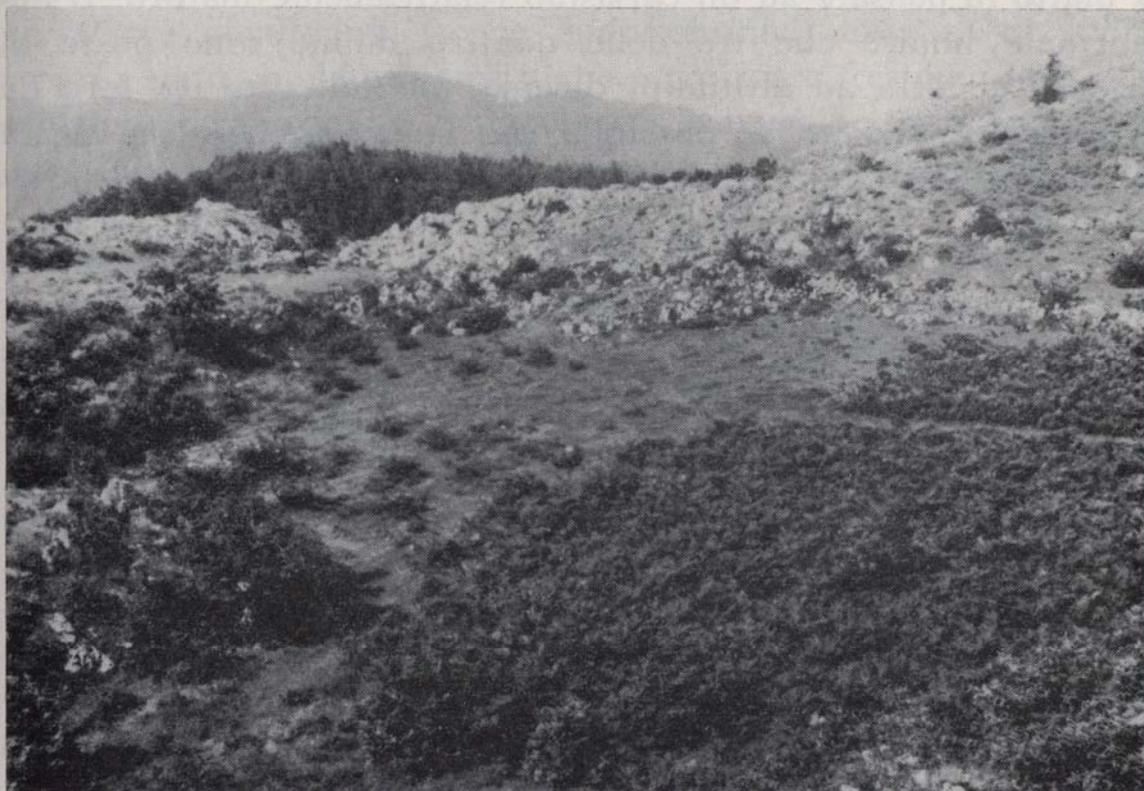


Fig. 5. — Veduta parziale della dolina n. 2 descritta nel testo.

na a scodella poiché le pareti che la circondano verso Nord-Est, sono alte circa 15-20 m, e poi degradano regolarmente fino a raggiungere, a Sud, l'altezza di circa 5-6 m. A Nord esiste una vera e propria discontinuità, perché un solco profondo circa mezzo metro e lungo circa 15 m, molto tortuoso e scavato nel calcare, collega tale cavità a quella precedentemente descritta rispetto alla quale si trova 15 m circa più in alto.

Ancor più in alto di 4-5 m rispetto alla precedente si apre una quarta cavità ampia e non delimitata completamente da pareti. Laddove queste sono presenti, lapiez e campi a massi lo caratterizzano. Ha una forma irregolare, ma può essere racchiusa in un semicerchio con diametro sviluppato in senso Est-Ovest, di circa 40 m di lunghezza. Attualmente in questo avvallamento c'è soltanto una grande radura che degrada verso Sud con ter-

razze artificiali ma un tempo essa era intensamente coltivata ad alberi di melo.

Nei pressi di Bergiola Foscantina sono dunque presenti forme carsiche epigee, tra le quali sono degne di nota alcuni campi solcati e soprattutto delle doline piuttosto grandi, la cui forma a piatto fa pensare ad un carsismo relativamente maturo. È importante notare che tre delle quattro doline sono poste di seguito all'altra ad altitudini diverse, ma collegate tra loro da processi di fusione. È possibile che la loro genesi sia legata al progressivo approfondimento del livello della falda idrostatica.

#### SUL CARSISMO

#### DELL'ALTOPIANO DELLA VETRICIA NEL GRUPPO DELLE PANIE

(MARIO DINI)

Il gruppo delle Panie si erge nel Massiccio delle Alpi Apuane ad Ovest del centro di Galliciano ed è costituito da tre vette principali: la Pania della Croce, la Pania Secca e il Pizzo delle Saette, con quote che si aggirano tra i 1700-1900 metri.

Mentre i versanti Est, Sud e Ovest del gruppo si presentano quasi a picco, il versante Nord degrada più dolcemente con una serie di spianate ben delimitate. Tale zona è chiamata con il nome di « Altopiano della Vetricia o Vetricia », situato a circa 1000-1450 metri d'altitudine, sede di notevoli fenomeni carsici epigei ed ipogei, dei quali mi pare interessante fare un'illustrazione.

Dal punto di vista geologico il massiccio delle Panie costituisce secondo R. Nardi<sup>1</sup> un'unità tettonica interposta tra l'Auctono e la Falda Toscana. In essa si riconoscono dal basso all'alto della serie: brecce calcaree, dolomie, calcari dolomitici, calcari bianchi subsaccaroidi, calcari a liste di selce, scisti, argille e scaglia rossa.

Dominano i terreni calcareo-dolomitici, che sono stati ag-

---

<sup>1</sup> R. NARDI, *Geologia della zona tra la Pania della Croce, Galliciano e Castelnuovo Garfagnana (Alpi Apuane)*, Boll. Soc. Geol. It., LXXX (1961), pp. 257-334.

grediti con facilità dalle acque carbonicate di precipitazione atmosferica e, soprattutto, dalle acque provenienti dalla lenta fusione della neve che ricopre tutta l'area nelle stagioni fredde e che nelle zone più riparate può perdurare fino all'estate.

Si ha così una morfologia carsica tipica e a rendere più caratteristico il paesaggio contribuisce la scarsità della vegetazione. Ciò è dovuto alla tenue e discontinua presenza di suolo agrario, dato che le caratteristiche terre rosse, residuo della dissoluzione dei carbonati, vengono per la maggior parte asportate dal vento e la vegetazione può crescere solo in plaghe ristrette.

Sulla zona esiste già un lavoro di Marcaccini<sup>2</sup>, che prende in esame soprattutto le condizioni climatiche del luogo riportando i dati delle stazioni meteorologiche delle Apuane. A mio avviso la descrizione delle forme dovute al carsismo, seppur pregevole, può essere utilmente integrata da altre osservazioni.

In realtà il carsismo in questi luoghi è molto ben rappresentato, soprattutto nelle sue manifestazioni di superficie come solchi, campi a massi, campi carreggiati e doline.

*Campi solcati.* — Alla superficie delle falde rocciose poco inclinate si notano solchi anche abbastanza profondi, dovuti alla dissoluzione chimica, del tutto assimilabili ai *campi carreggiati*. Questi solchi, che si presentano quasi sempre in posizione verticale, si trovano esclusivamente nella parte pianeggiante dell'altopiano e terminano in corrispondenza della scarpata verso valle.

Possiamo prendere come esempio la maggiore di queste spianate rocciose, quella della Vetricia vera e propria, costituito da un affioramento di calcare bianco quasi puro (solo in una zona di pochi metri quadrati si ritrova del calcare dolomitico). Nell'altopiano, fa spicco un quadrilatero di roccia con i lati che seguono approssimativamente la direzione Est-Ovest e la direzione Nord-Sud.

Il carsismo ha seguito, due direzioni preferenziali: la Nord-Sud con solchi molto profondi, e la Est-Ovest con fessurazioni meno vistose rispetto alle altre. Fra le maggiori fenditure si possono notare tre solchi con lunghezze di 40-60 m, larghezze che

---

<sup>2</sup> P. MARCACCINI, *Fenomeni carsici di superficie nelle Alpi Apuane*, Riv. Geogr. It., LXXI (1964), pp. 35-54.

possono variare anche lungo uno stesso solco da 0,5 m a più di 5 m, e profondità da un metro e mezzo a quasi 10 metri, ma tutto l'altopiano appare marcato da un fitto reticolo di solchi intersecantisi quasi regolarmente (fig. 1). In posizione ortogonale rispetto alla precedente direzione di fessurazione (e quindi con asse Est-Ovest) si notano numerosi solchi di dimensioni decisamente più piccole, poiché hanno una lunghezza di circa 15 m, ma larghezze che vanno da 10 a 30 cm e una profondità da 30 cm a 1,5 m. Tutti gli altri che sono, come ho detto, numerosi, hanno dimensioni ancor più ridotte e possono avere lunghezze minime di 50 cm.

*Doline.* — L'erosione carsica si è quindi manifestata con l'allargamento per dissoluzione delle diaclasi presenti su questi affioramenti di roccia nuda, che si alternano a zone di vegetazione, cosicché soprattutto sui pendî più lievi e sulle parti pianeggianti si possono riscontrare piccole cavità doliniformi occupate da muschi e da piccole piante di faggio.

Queste cavità hanno normalmente forma di ciotola e si possono incontrare di frequente dove più solchi di erosione confluiscono. Le sezioni orizzontali sono quasi sempre ellittiche, con l'asse maggiore uniformemente orientato in senso N-S e con una profondità variabile, in quelle occupate da vegetazione, dai 3 ai 10 metri. Quelle più profonde presentano forma cilindrica, per cui mi sembra più giusto annoverarle fra le buche o in qualche caso fra i pozzi.

Sul lato sud del quadrilatero roccioso, che prima abbiamo preso come esempio, si trovano tre doline che corrispondono all'inizio dei tre solchi maggiori con andamento N-S. La prima di queste doline costituisce l'inizio del solco che si trova più a Ovest, è abbastanza grande, ha una forma a ciotola, con apertura circolare di circa 50 metri di diametro, e con una profondità di circa 20 m. Sul fondo di essa si trovano due doline più piccole, dal diametro di circa 5 metri e dalla profondità di pochi metri, una delle quali costituisce l'inghiottitoio di tutta la dolina maggiore.

Alla testata del secondo solco, quello centrale, si trova una altra dolina, sempre con forma a ciotola e con apertura circolare, ma con diametro più piccolo, 30 metri circa, e con una profondità massima di 10 metri.

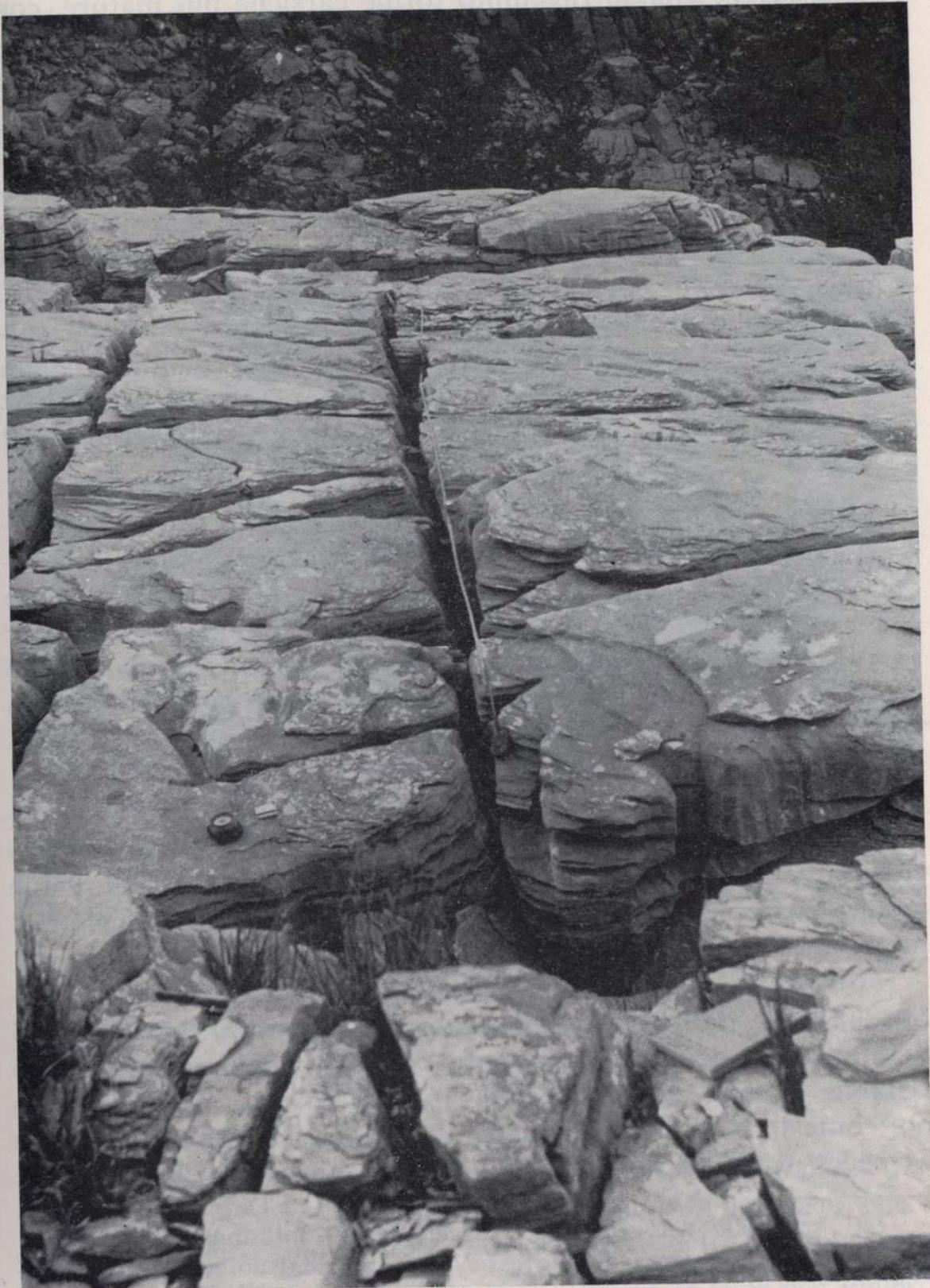


Fig. 6. — Un particolare della zona a campi carreggiati della Vetricia.

La terza dolina, che si trova alla testa del solco maggiore più ad Est, alberga invece alcune piante di faggio sul fondo e sulle pareti, avendo raggiunto forme carsiche più mature, con creste meno sporgenti e rocce meno affilate delle altre due doline. Ha una pianta ellittica con il diametro maggiore di circa 60 metri, orientato da Nord a Sud come le fessurazioni maggiori, il diametro minore, di circa 30 metri e una profondità di 20 metri.

È mia convinzione che l'origine delle doline descritte è dovuta al progressivo allargamento per dissoluzione dei punti di confluenza di più solchi di erosione, che come ci è visto si intersecano continuamente. Ritengo tuttavia che la erosione carsica superficiale sia stata anche notevolmente facilitata dalla fratturazione della roccia dovuta alla azione del gelo e del disgelo, come testimoniano i numerosi massi e detriti affilati sul fondo delle doline<sup>3</sup>.

*Pozzi.* — Le acque che attraversano le rocce producono anche fenomeni ipogei come buche, grotte e caverne, che in questo luogo sono abbastanza numerose<sup>4</sup>. Bisogna infatti ricordare che le acque carbonicate della zona derivano per la maggior parte dal lento disciogliersi della neve e quindi si mantengono ad una temperatura prossima a zero gradi centigradi e possono così contenere le più alte concentrazioni di CO<sub>2</sub>. Questo fatto favorisce, la dissoluzione del calcare sicché la massa nevosa tende a penetrare sempre più profondamente nella roccia, accentuando così il fenomeno della fessurazione. Va inoltre ricordato che la quantità di precipitazione che cade sul gruppo delle Panie è elevatissima e nelle parti più alte dovrebbe sfiorare anche i 4 metri annui.

Un primo elenco di queste buche (ben 200) risale al 27 febbraio 1855 e figura riportato in un atto stipulato fra i governi di Modena e della Toscana; infatti, dato che in queste buche ristagna la neve anche in estate, in passato esse ne alimentavano, come in altri luoghi apuani, il commercio estivo, tanto che fu necessaria una divisione di queste cavità fra i due governi.

---

<sup>3</sup> Il fenomeno del gelo e del disgelo nelle Alpi Apuane non è mai stato studiato, ma senza dubbio esso ha proporzioni notevoli e deve contribuire non poco al modellamento delle superfici.

<sup>4</sup> Nel gruppo delle Panie si aprono alcuni complessi ipogei fra i maggiori delle Alpi Apuane.

L'attività ipogea delle acque è documentata non soltanto dalle grotte, dalle caverne e da pozzi, sui quali esiste della letteratura specialistica, ma anche dalla esistenza di imponenti risorgive di fondovalle (Turrite Secca, di Galliciano ecc...), che hanno un grande interesse idrogeologico ed antropico.

*Microforme.* — Numerose sono vicino ai solchi dei campi carreggiati le microforme di dissoluzione carsica. Oltre a quelle



Fig. 7. — Spettacolari gruppi di solchi paralleli a pettine della zona a campi carreggiati della Vètricia. Notare le dimensioni del fenomeno.

già segnalate da Marcaccini, posso ricordare: 1) scannellature verticali (*Lapiès à canneleurs* o *Rinnenkarren*); 2) solchi a doccia (*Lapiès à rigoles*); 3) vaschette (*Vasques, nids de poules*); 4) fori (*lapiès perforants, kavernöse karren*).

Fra le scannellature prevalgono nettamente i complessi paralleli a pettine (*groupes parallèles en peignes*) piuttosto che i canalicoli isolati; uno potrebbe essere forse definito complesso divergente (*groupes divergents*) o a ventaglio. Interessante notare come questi solchi passino indifferentemente da uno strato all'altro, per cui non si può pensare a un legame fra queste

scannellature e la stratificazione come nel caso dei *Rillen-karren*. A mio giudizio queste scannellature sono esclusivamente di origine chimica, altrimenti non passerebbero senza modifiche da uno strato all'altro.

Fra i solchi a doccia prevalgono quelli *meandriiformi*, (qualcuno è stato già ricordato dal Marcaccini), poiché anche in quelli apparentemente rettilinei si osserva una tendenza alla curvatura. È interessante notare che i fianchi di questi solchi sono ripidi, talvolta verticali e potrebbero rientrare nel tipo « *a fianchi strapiombanti* ».

Fra le *vaschette* ve ne sono di diversi tipi: si va da quelle piccole circolari a quelle ellittiche, annidate in solco, inattive e attive.

Alcuni casi di depressioni a vasca potrebbero rientrare nel tipo dei *fori carsici*. Per lo più verticali, essi hanno generalmente forma tubulare, poiché il diametro rimane abbastanza costante. Tutte queste piccole forme di erosione hanno reso la roccia discontinua e porosa, quindi aggredibile dall'erosione carsica.

In una delle *vaschette* (forse una delle più riparate) ho trovato una colonia di muschi, mentre la vegetazione su questo altopiano roccioso, come ho già avuto occasione di dire, è scarsissima, perché le terre residue vengono dilavate e asportate.

In conclusione si può affermare che l'altopiano della Vetri-  
cia è una tipica zona carsica di montagna con una vasta gamma di fenomeni che rientrano sia nel campo delle macroforme che in quello delle microforme. Se queste ultime sono testimonianze della normale azione di dissoluzione chimica delle acque carbonicate sulle rocce, fra le macroforme soprattutto i campi solcati, con il loro reticolo di solchi e in particolare con la preferenzialità di quelli maggiori diretti Nord-Sud, come del resto anche gli assi maggiori delle doline e delle aperture dei pozzi, mostrano indubbiamente un legame genetico con le deformazioni della roccia e in particolare con il reticolo delle fratture.

#### SULLE MARMITTE DELLA TURRITE SECCA E DEL CAMAIORESE

(FIORENZO PALAGI)

Tra i vari fenomeni dell'attività di erosione il fiume provoca la formazione di cavità più o meno profonde e larghe chiamate

*marmitte dei giganti* o *caldaie*. Ciò avviene quando l'acqua, per la particolare conformazione del letto e delle sponde, forma dei vortici ed imprime un movimento rotatorio ai ciottoli e alla sabbia che trasporta e che in tal modo scavano come trapani la base della roccia. Queste forme di erosione sono presenti anche nelle Alpi Apuane e parzialmente sono già note: ma in questo lavoro ne vengono descritte alcune non ancora segnalate e vengono riportate osservazioni particolareggiate anche su quelle precedentemente conosciute.

Il maggior numero di marmitte dei giganti si trovano sul lato Sud del monte Sumbra, la cui parete, lunga più di un chilometro e alta fino a 500 m, fa loro da mirabile cornice. Scavate nella formazione dei marmi, si trovano in due piccole valli (fossi) distinte e confluenti nella Turrite Secca, tributario del Serchio, quella del Fatonero e quella dell'Anguillaia.

Nella prima vi sono dieci marmitte, venti nella seconda, anche se il computo preciso non è facile, perché non tutte si presentano nella forma caratteristica; alcune sono di piccole dimensioni ed altre parzialmente distrutte e seminterrate. Si aggiunga che nella valletta dell'Anguillaia è stata aperta in questi ultimi venti anni una cava di marmo, per cui alcune delle marmitte sono andate distrutte. Anche se in parte visibili dalla strada che da Arni porta a Castelnuovo Garfagnana, non sono facilmente accessibili e non si trovano lungo sentieri segnati, circostanza questa che le rende poco note pure agli escursionisti, anche perché la risalita dei versanti presenta qualche difficoltà e il fosso dell'Anguillaia ad un certo punto è completamente sbarrato da due marmitte a pareti molto lisce e alte oltre i 5-6 metri che non è facile superare.

Le marmitte dell'Anguillaia furono osservate e descritte già nel 1929 dal Masini<sup>1</sup>, che fece interessanti osservazioni soprattutto sulla loro genesi. Le mie valutazioni, in particolare per quanto riguarda la morfologia delle marmitte, non concordano sempre con quelle da lui riportate forse perché i criteri di misurazione sono stati diversi, e quelli del Masini non furono indicati. La valle dell'Anguillaia è una dirupata gola montana

---

<sup>1</sup> R. MASINI, *Sull'origine delle marmitte della Tana a Termini in Val di Lima e del Rio della Anguillaia in Turrite Secca*, Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Mem., XXXIX (1929), pp. 262-286.

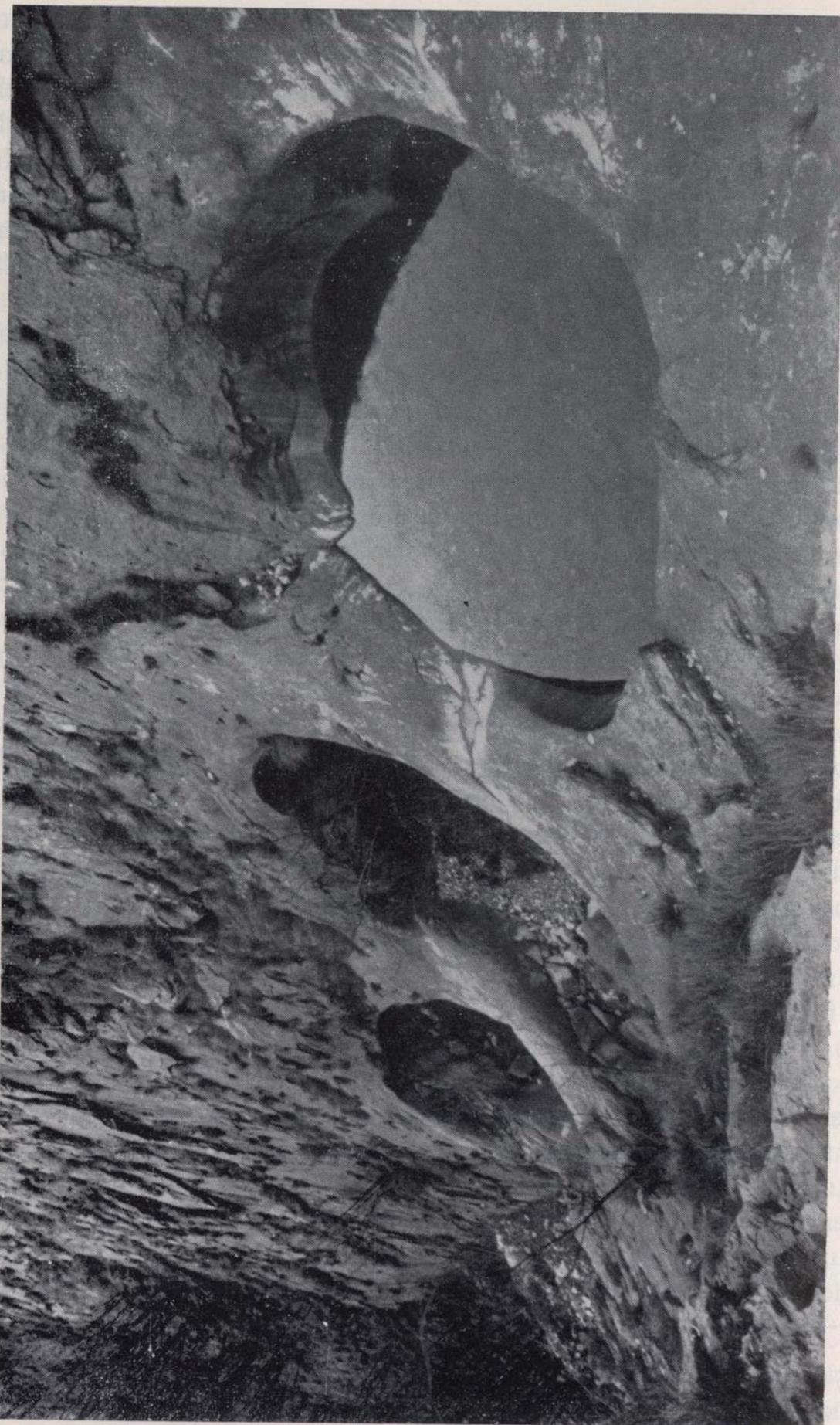


Fig. 8. — Successione di marmitte nel Fatonero (n. 18-19-20 del testo).

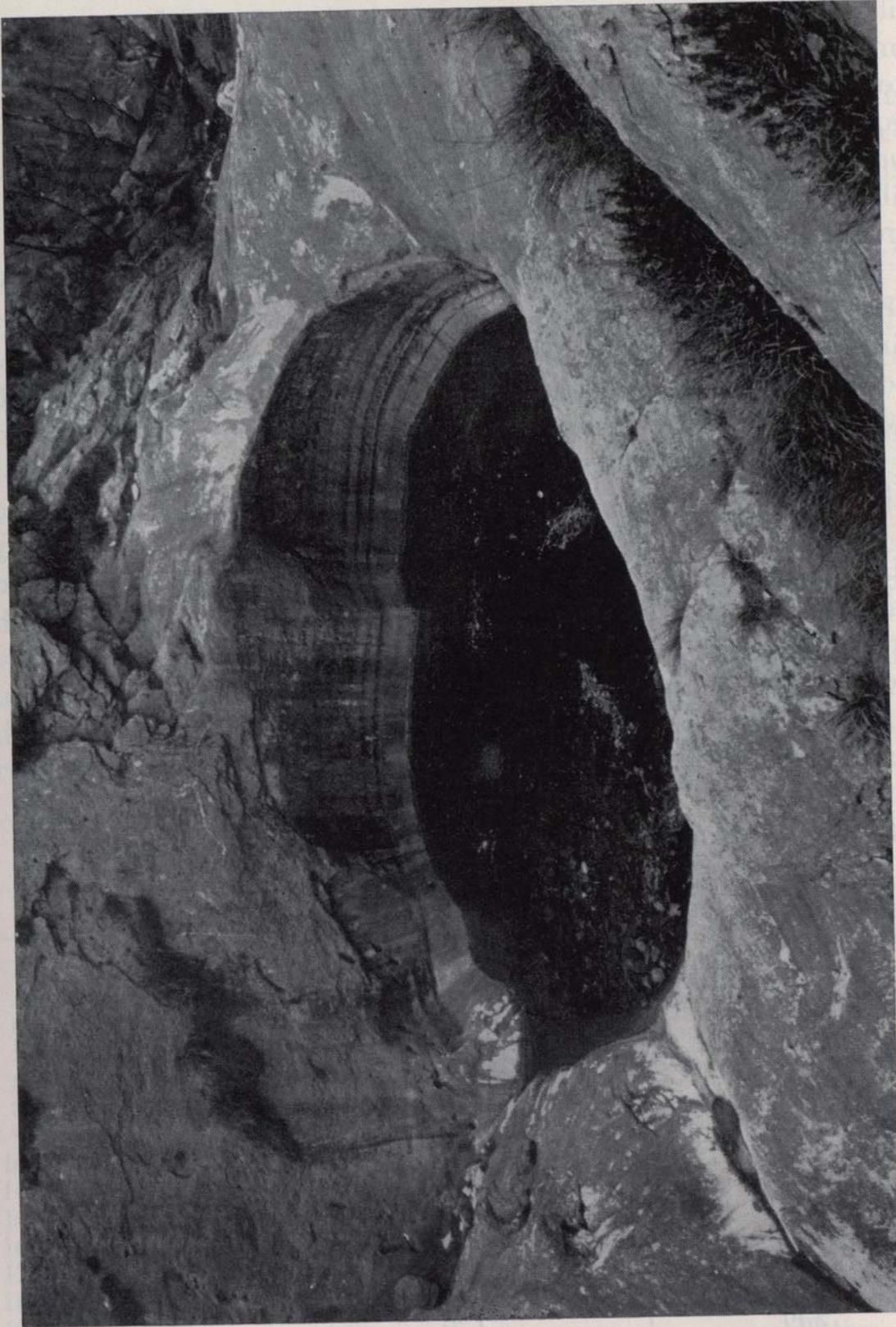


Fig. 5. -- La marmitta maggiore della figura precedente. Notare i solchi di afflusso e deflusso (sinistra) e quelli di escavazione (sulla parete).

(quasi sempre asciutta) lunga un paio di chilometri con un bacino imbrifero di km<sup>2</sup> 1,7, che sta fra le pareti del monte Sumbra e quelle del monte Fiocca e Fatonero. I torrenti che costituiscono il suo bacino comprendono principalmente la formazione marmifera, nella quale si trovano tutte le marmitte che ho visitate, e rocce scistose antiche. Così sul fondo del solco si rinvengono ciottoli parzialmente fluitati e detriti di falda di ambedue i livelli. Essendo le marmitte aperte nel calcare marmoreo, si rileva subito come concorrano, in questa zona, circostanze favorevoli all'erosione, trovandosi sabbie silicee agenti su calcare quasi puro.

Per agevolare l'identificazione e la descrizione delle marmitte più interessanti, ho numerato le cavità da monte a valle e premetto che non tutte sono vere e proprie marmitte dei giganti, ma vi sono anche erosioni irregolari, che possono rappresentare cavità mancate o embrionali, o parzialmente distrutte e modificate dall'erosione, oppure formate da una cascata<sup>2</sup>.

Le marmitte del fosso detto Fatonero non sono mai state segnalate in alcuna pubblicazione nota, ragion per cui hanno suscitato in me interesse, sebbene siano di dimensioni minori di quelle dell'Anguillaia. Le marmitte, parzialmente visibili dalla strada, si raggiungono scendendo nella Turrite Secca e risalendo i fianchi dell'incisione valliva. Sono distribuite su uno sviluppo di circa 600 metri, ma le formazioni più tipiche possono essere riunite in due gruppi che comprendono il primo le marmitte 4, 5, 8 e 9 e il secondo quelle da 18 a 21.

<sup>2</sup> Marmitte dell'Anguillaia:

	D (m.)	d (m.)	profondità (m.)	forma
1	5,30	3	2,30	ellittica
2	3	1,50	1,20	ellittica
3	2,50		2	circolare
4	3	1	1	ellittica
5	5,80		3,50	circolare
6	7,60	6,30	5,20	ellittica
7	7,20	5,10	3,40	ellittica
8	2,20	1,80	1,30	ellittica
9	2,10	1	1,20	ellittica
10	1,60	1,20	1	erosa
11	7,20	6	3,50	semidistrutta

Per quanto riguarda le minori dimensioni rispetto a quelle del fosso dell'Anguillaia ritengo che siano dovute al fatto che l'alveo del Fatonero è più largo, per cui l'azione erosiva delle acque smeriglianti è meno incisiva e concentrata<sup>3</sup>.

Marmitte di origine fluviale si trovano nella valle del torrente Lombricese, sulle pendici del monte Prana (m 1220). Il torrente, dopo un percorso abbastanza accidentato, confluisce col Lucese per formare il fiume Camaiore.

Marmitte embrionali sono riscontrabili già in località Candalla, poco sopra Camaiore, dove il Lombricese perde le sue caratteristiche torrentizie. Le formazioni più interessanti si trovano sopra l'abitato di Casoli, all'altezza del sentiero che conduce a Campo all'Orzo. In questo punto il torrente, che ha un notevole bacino imbrifero, deve superare un dislivello per cui si comprende bene come, durante le piene, l'azione erosiva sia imponente e produca forme a fossa, a cucchiaio o a conca allungata. Una prima modesta cavità si trova all'altezza della vecchia polveriera ed ha un diametro di appena 50 cm e una profondità di 1,60 m. Risalendo l'alveo del torrente si trova una grande cavità, che ha forma circolare con un diametro di 3 metri. Più che una vera e propria marmitta, sembra una pozza formata per caduta di acqua, essendo ai piedi di una parete rocciosa la cui risalita è praticamente impossibile. A 50 m sopra la suddetta ca-

<sup>3</sup> Marmitte del Fosso Fatonero:

	D (m.)	d (m.)	profondità (m.)	forma
1	1,80	1,30	0,80	embrionale
2-3	formazioni		irregolari	
4	3,40	2	1,20	ellittica
5	6,10	4,20	1,30	ellittica
6-7	formazioni		irregolari	
8	6,50		1,60	circolare
9	3		1	circolare
10-11-12-13	formazioni		irregolari	
14	7		3,50	circolare
15	semidistrutta dall'azione erosiva			
16	1		0,50	embrionale
17	2,50		1	semidistrutta
18	6,20		1,20	circolare
19	6	3,30	2	ellittica
20	5		2,20	circolare
21	3,50	3	1,60	ellittica

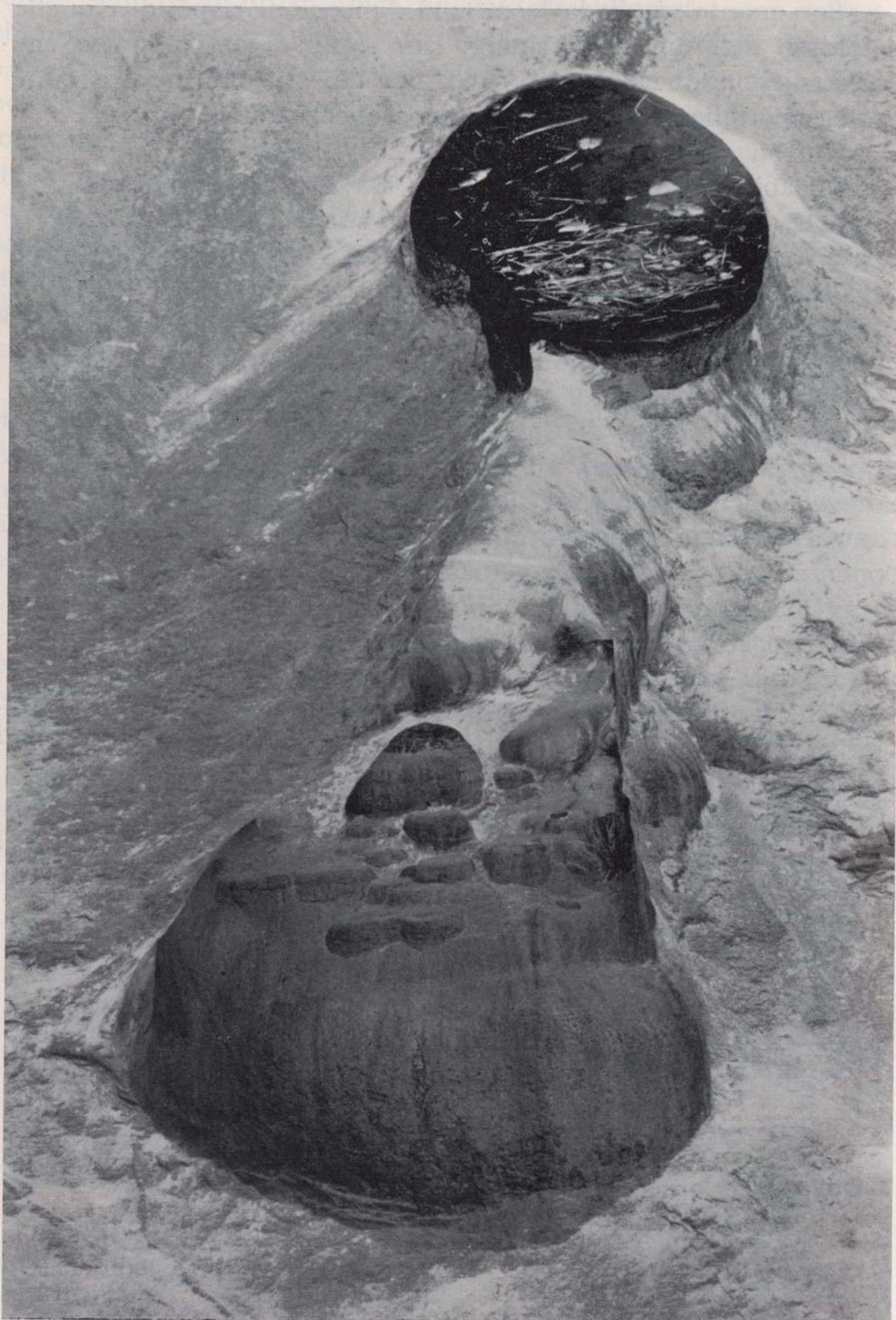


Fig. 10. — La marmitta n. 9 del testo, parzialmente squarciata. Le cavità minori sul suo fondo sembra siano da attribuire a dissoluzione chimica.

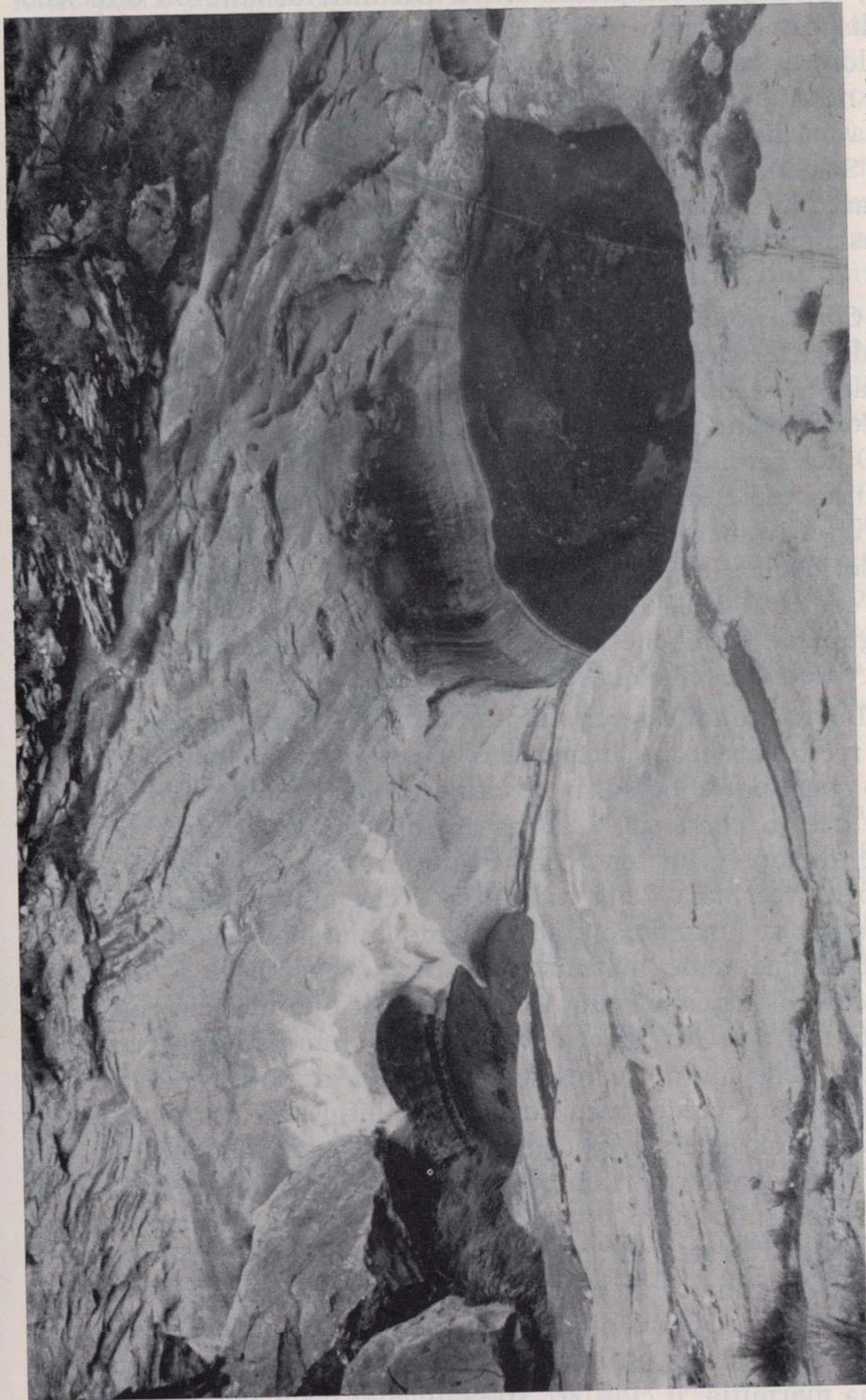


Fig. 11. — Successione di tre marmitte di dimensioni diverse (al centro la n. 7 del testo). Notare l'abbassamento delle soglie di tracimazione, fenomeno posteriore alla formazione delle marmitte.

vità, si trova un complesso di tre marmitte di notevoli dimensioni disposte su forte pendenza e in stretta successione, collegate fra loro da un solco. Le due poste più a valle hanno un diametro di 3 metri e una profondità di circa 4,50 metri, quella più a monte ha un diametro di m 2,50 e una profondità di m 3.

Sostanzialmente non si notano differenze tipologiche tra la prima e la seconda serie di marmitte, se si esclude la minor dimensione di quelle del Fatonero.

*Conclusioni* — La maggior parte delle marmitte presenta un po' di sottoscarpa, una certa concavità insomma, ragion per cui a mano a mano che la cavità affonda si allarga un poco, come risulta evidente nella marmitta 6 dell'Anguillaia e nelle marmitte 14-20 del Fatonero. Questa sagoma è in relazione al processo di limatura esercitato dall'acqua miscelata a sabbia, limatura che può effettivamente risultare più pronunciata nella parte profonda, sottostante al labbro del deflusso. Ma se invece di una regolare conicità si ha un salto, come si vede nella marmitta 7 dell'Anguillaia, salto che si trova al livello superiore dello sfioratore, vuol dire che quest'ultimo era più alto.

Dovrà quindi esserci stato un tempo in cui le acque, nel loro loro moto vorticoso, rimanevano serrate nella marmitta e vi agivano come potrebbe agire un cilindro pieno ruotante in un altro cavo che lo contenga. L'abbassamento della soglia di tracimazione, dunque è un fenomeno posteriore che si sviluppa nel periodo di vecchiaia della marmitta e che gradualmente tende a distruggerla, limandone e abbassandone la soglia a valle.

L'origine delle marmitte infatti si attribuisce a un moto vorticoso di acqua armata di sabbie e ciottoli, messi in rotazione, e i ciottoli presenti ancora sul fondo si citano sovente, come testimoni nelle marmitte residue in alvei glaciali.

Il Masini crede poco tuttavia all'influenza dei ciottoli, almeno in tesi generale, poiché, come lui stesso sostiene « se ben si riflette, quando il frammento roccioso (e quindi ancora dentato) passa allo stato di ciottolo, la superficie diviene levigata poco o nulla adatta ad agire come abrasivo ». I ciottoli poi sono elementi destinati ad essere trascinati, mai sospesi e quindi possono essere mezzi di erosione del fondo, quando però non formino, su questo, un letto tale da proteggerlo e da difenderlo. In una marmitta, il ciottolo, specialmente nella sua fase embrio-

nale, potrà dunque raschiare il perimetro della base, quando, a causa della forza centrifuga, possa essere animato da una notevole velocità ed in tal caso la marmitta potrà risultare di forma classica col fondo cioè leggermente in rialzo sul centro, forma però che si potrebbe benissimo ottenere anche con la sola sabbia. Al di sopra del fondo la limatura è indubbiamente prodotta dalla sabbia, unico mezzo di erosione delle pareti. Le diverse strie dimostrano che le traiettorie del moto vorticoso hanno avuto, in tempi diversi, livelli differenti. Sulle striature multiple è forse meglio non fare troppe sottili induzioni, perché una miscela di acqua e sabbia non è mai uniforme e dove la sabbia prevale la stria si accentua, ragion per cui se nel vortice questa si concentra, ad un livello piuttosto che ad un altro, è chiaro che qui lascerà un'impronta più pronunciata.

Secondo il Masini dunque la loro genesi sarebbe da ricercarsi nelle correnti che si svolsero in regime forzato, attraverso cunicoli subglaciali. Le Alpi Apuane, infatti, furono interessate dal glacialismo würmiano ed anche il monte Sumbra ospitò delle masse glaciali, come è sufficientemente documentato dalla morena di Arni, scoperta nell'anno 1872 da Antonio Stoppani<sup>4</sup>. Al pari di tutta la regione circostante, anche i solchi del Fatonero e della Anguillaia furono occupati da un notevole ghiacciaio.

Sono pienamente d'accordo con Masini sulla genesi delle marmitte esaminate, tuttavia c'è una serie di particolari che fanno ritenere che nella loro formazione abbia influito il carsismo. Non bisogna dimenticare infatti che la dissoluzione chimica del calcare trova in questa zona un substrato molto adatto: la marmitta n. 10, situata nel fosso dell'Anquillaia, presenta una struttura reticolare a cellette, che testimonia un evidente attacco carsico; la medesima struttura è osservabile sul fondo di molte altre cavità e non è certo stata prodotta dal moto rotatorio dell'acqua.

L'erosione carsica è evidente anche nella marmitta 7 dell'Anquillaia, dove è manifesta con un solco meandriforme e diversi fori carsici, che si notano lungo tutto l'alveo. Caratteristico è infine il fondo della marmitta n. 9, che presenta tipiche vaschette carsiche. Nell'interno la conca centrale ha un diametro

---

<sup>4</sup> A. STOPPANI, *Sull'esistenza di un antico ghiacciaio nelle Alpi Apuane*, Rend. R. Ist. Lomb. Sc. Lett., V (1872), pp. 1-7.

di 60 cm; le altre minori hanno diametri da 30 a 40 cm. Da come sono impostate e dai particolari che si possono notare (ad es., la fusione delle due che si trovano nella parte superiore) è da escludere l'azione di un moto vorticoso, perché possono essere considerate come vere e proprie vaschette circolari carsiche.

Molte altre sono le forme di erosione che fanno ritenere che il carsismo abbia avuto un ruolo importante. Ritengo quindi che queste marmitte si siano formate a causa del moto vorticoso di acqua armata di sabbie, ma che la dissoluzione chimica vi abbia avuto una azione importante. Non è da escludere che eventuali cavità dovute al carsismo abbiano costituito l'embrione su cui l'erosione ha poi lavorato per formare le marmitte dei giganti.

Per quanto riguarda la genesi delle cavità del Fosso-Lombricese penso invece che siano dovute all'azione erosiva fluviale a cielo libero. Il fatto trova spiegazione nella circostanza che l'alveo, già angusto, nei pressi delle marmitte si restringe ulteriormente per cui l'acqua entra in pressione ed ha una grande forza viva. Nel complesso, al contrario delle marmitte del Fatonero e dell'Anguillaia che stanno passando per il periodo di « vecchiaia », come testimonia l'abbassamento della soglia di sfioramento, quelle del Lombricese sono in piena fase « giovanile », per cui tuttora si stanno modellando.

#### RÉSUMÉ

L'émersion de vastes couches de roches calcaires et dolomitiques et les favorables conditions tectoniques et climatiques ont permis dans les Alpes Apuanes le développement d'une intéressante phénoménologie karstique aussi bien souterraine que superficielle. Les macroformes à la surface sont présentes un peu partout, mais ici sont particulièrement décrites les dolines dans les « calcari cavernosi » du Mont Borla, dans les calcaires dolomitiques près de Bergiola Foscina et dans les marbres du haut plateau de la Vétricia, dans le groupe des Panie, dans les champs labourés à Bergiola et sur la Vétricia même où l'on a également observé différentes microformes d'un intérêt remarquable. On a également fait des observations sur certaines cuvettes du groupe du Sagro, qui démontrent avoir subi aussi bien l'action karstique que le modelage glaciaire, tant comme sur les soi-disant marmites des géants des vallées des torrents Fatonero, Anguillaia (Túrrite Secca) e Lombricese (Camaiore), dont l'origine est complexe car elle résulte d'une action mécanique et de phénomènes de dissolution chimique.

Ces notes assument un caractère préliminaire et visent à souligner

le grand intérêt de la morphologie karstique dans les Alpes Apuanes et la nécessité d'une étude systématique du phénomène.

### SUMMARY

In the Apuan Alps the emergence of extensive layers of calcareous and dolomitic rocks, as well as favourable tectonic and climatic conditions, have allowed the development of interesting karst phenomena, both hypogean and on the surface. Hypogean macroforms are present almost everywhere, but this is a detailed study of the dolines in the « calcare cavernoso » of Mount Borla, in the dolomitic limestone near Bergiola Foscalina and in the marble of the Vétricia upland, in the Panie group, the ploughed fields at Bergiola and on the same Vétricia upland, where various interesting microforms have been observed. Studies have been carried out on some large basins of the Sagro group, which appear to have undergone both karst action and glacial influence. We have also studied the so-called giant pot-holes in the valleys of the Fatonero, Anguillaia (Túrrite Secca) and Lombricese (Camaioire) torrents, whose origin is complex, being produced by both a mechanical action and phenomena of chemical disintegration.

These are preliminary notes which aim at emphasizing the great interest of karst morphology in the Apuan Alps, and the need for a systematic study of this phenomenon.