

UGO SAURO *

Materiali e problemi per uno studio paleogeografico delle regioni carsiche italiane **

IL FENOMENO CARSIKO IN ITALIA

Il fenomeno carsico riveste notevole importanza in Italia: infatti circa 1/4 della superficie della penisola è costituita da rocce carbonatiche o da altre rocce solubili in cui hanno potuto svilupparsi dei paesaggi carsici (fig. 1).

Le aree carsiche con maggior estensione sono localizzate nelle Alpi Meridionali, nell'Appennino centrale ed in Puglia; aree più piccole e disperse si trovano nelle Alpi occidentali, nell'Appennino settentrionale e meridionale e nelle isole. Più in particolare le tre aree principali presentano i seguenti caratteri:

— area delle Alpi carbonatiche Meridionali, allungata in senso Ovest-Est per circa 400 km fra il Lago Maggiore e la Slovenia, si allarga verso Est, raggiungendo alla longitudine di Trento una larghezza di oltre 100 km;

— area dell'Appennino calcareo centrale, allungata per circa 300 km in direzione Nord-Sud, fra Ancona e Napoli, la massima larghezza si riscontra poco a Sud di l'Aquila (circa 100 km);

— area carsica pugliese delle Murge e del Salento, allungata in senso Nord Ovest-Sud Est, per circa 250 km, con una larghezza massima di circa 60 km.

(*) Istituto di Geografia dell'Università di Padova.

(**) Desidero esprimere un vivo ringraziamento ai Colleghi dell'Istituto di Geologia dell'Università di Ferrara ed in particolare ai Professori G. Bartolomei, C. Peretto e B. Sala per alcuni proficui colloqui, relativi ad aspetti e conoscenze sul Quaternario Italiano.

Di dimensioni intermedie sono le seguenti aree:

— area del Carso di Trieste, di notevoli dimensioni, ma di cui solo una piccola parte si trova in territorio italiano;

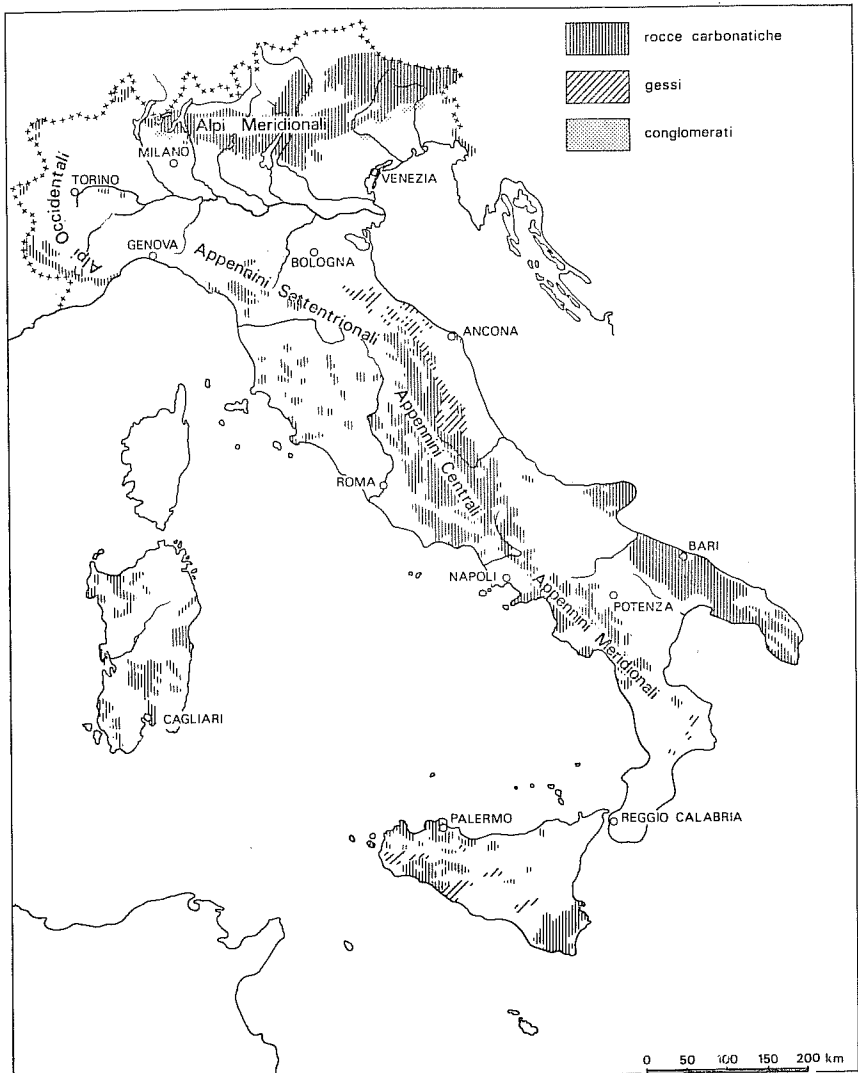


FIG. 1 - Schizzo sulla distribuzione delle rocce solubili e delle aree carsiche in Italia.

— area carsica delle Alpi occidentali, molto stretta ed allungata in senso Nord Ovest-Sud Est, all'incirca fra Savona ed il Monviso;

— area carsica degli Appennini meridionali, allungata, come continuazione dell'area degli Appennini centrali, ma molto più stretta e frastagliata di questa;

— area carsica del Gargano che coincide con il compatto promontorio pugliese;

— area carsica del Ragusano che corrisponde all'estremità meridionale della Sicilia;

— aree carsiche della Sicilia occidentale, di Palermo e di Sciacca;

— aree carsiche dell'Arborea, della Barbagia e del Sassarese, in Sardegna.

Aree carsiche ancora più piccole, vere e proprie «isole, spesso raggruppate in «arcipelaghi», si trovano in Piemonte, in Emilia, Toscana, Calabria, Sicilia, Sardegna.

Dal punto di vista litologico le rocce prevalenti sono i calcari, seguono le dolomie, presenti soprattutto in certe parti delle Alpi Meridionali, ed i gessi con estesi affioramenti negli Appennini settentrionali ed in Sicilia. Le età delle rocce sono molto varie (dal Cambriano al Quaternario) ma nell'insieme prevalgono decisamente i calcari e le dolomie mesozoiche.

Dal punto di vista morfoclimatico nelle regioni carsiche italiane si riconoscono aree sia di tipo subtropicale semiumido (clima mediterraneo, tipo Csa sec. Köppen), sia subtropicale umido (clima padano, tipo Cfa), sia freddo umido di montagna (clima alpino).

CENNI SUI PRINCIPALI LINEAMENTI DI TIPOLOGIA CARSICA DELL'ITALIA.

In generale i paesaggi carsici più «puri» con un'alta densità di doline si trovano su superfici suborizzontali estese, situate a quote non troppo elevate; ove le forme del rilievo appaiono più tormentate ed energiche le doline si trovano in numero minore e diventano invece frequenti i canyon, le valli secche e le valli cieche:

qui perciò le forme carsiche appaiono inserite in un rilievo che nel contempo presenta lineamenti strutturali e fluviali (a seconda del prevalere di un tipo di rilievo o dell'altro si parlerà di «tectocarso» e «fluviocarso»). Alle quote più elevate le forme carsiche sono spesso modificate dai processi periglaciali (es.: doline dissimmetriche da nivazione) o inserite in preesistenti forme glaciali come le «conche» del fondo dei circhi (forme glaciocarsiche).

TABELLA I

Regioni Carsiche	Stili Tettonici	Trend tettonici principali
Carso di Trieste	Pieghe dolci asimmetriche con faglie assiali, oblique e trasversali	NNW-SSE NW-SE
Alpi Meridionali	A zolle fagliate in corrispondenza dell'ex piattaforma veronese-trentina, con tipi di transizione a pieghe fagliate e sovrascorrimenti negli ex bacini lombardo e bellunese, grandi faglie, pieghe e sovrascorrimenti nel settore orientale	E-W N-S NNE-SSW NW-SE
Alpi Occidentali	Tettonica a falde di ricoprimento e a zolle fagliate	
Appennino Calcareo Centrale e Meridionale	Faglie nelle ex piattaforme con transizione, verso gli assi degli ex bacini a pieghe faglie, pieghe asimmetriche e sovrascorrimenti	NW-SE N-S NE-SW
Murge e Salento	Pieghe dolci asimmetriche con faglie assiali e trasversali	NW-SE NE-SW
Gargano	Grande horst con strutture debolmente ripiegate, zolle fagliate con pieghe di trascinamento	NW-SE
Ragusano	Zolle fagliate con deboli ripiegamenti	
Aree di Palermo e di Sciacca	Pieghe, pieghe faglie, sovrascorrimenti	NW-SE
Barbagia	A zolle fagliate	

Così in Italia troviamo dei «carsi a doline» tipici, nelle aree meno tettonizzate (es.: il Carso e le Murge pugliesi), e dei «tectocarsi» e «fluviocarsi» più vari e complessi nelle zone maggiormente corrugate e sollevate del rilievo alpino ed appenninico.

Forniamo qui brevemente alcuni cenni sulla tipologia dei paesaggi carsici italiani, rimandando per approfondimenti ai lavori di Belloni, Martinis e Orombelli, 1972, Capello et Alii, 1954, Nangeroni, 1957a, 1957b, Raffy, 1977, e a tutte le note sul carsismo regionale citate nella bibliografia.

Il *Carso di Trieste* si presenta come un complesso di altopiani situati a quote modeste sul livello del mare; il rilievo è morbido e caratterizzato da un'alta densità di doline, più piccole e frequenti nel settore di Monfalcone, più grandi e rade in quello di Trieste; localmente si riconoscono anche alcuni piccoli polje tettonici (di Doberdò, Pietra Rossa, ecc.) e qualche uvala. Le cavità sotterranee, per lo più a sviluppo verticale, sono anche molto frequenti.

Nelle *Alpi Meridionali* si distingue una fascia di altopiani prealpini, da altri gruppi montuosi dal rilievo più energico (massicci di tipo dolomitico) che occupano una fascia più interna alla catena; esistono poi dei rilievi con caratteri intermedi. Qui le grandi forme del rilievo sono controllate dalla struttura che ha influenzato anche lo sviluppo del carsismo. Alcuni degli altopiani sono particolarmente ricchi di doline (Bernadia, Prat, Ciaorlecc, Cansiglio, Asiago «alto», Baldo meridionale, Serle); altri (Asiago «basso», Lessini, Baldo centro-orientale, Prealpi Bergamasche) presentano un numero minore di doline per lo più localizzate in posizioni morfologico strutturali ben definite (linee di faglia, passaggi litologici ecc...): ivi prevalgono invece forme di tectocarso e fluviocarso. Si trovano anche forme glaciocarsiche nelle zone sommitali e frequenti campi solcati; caratteristiche sono le città di roccia dei Monti Lessini che si possono considerare insieme forme periglaciali e carsiche. Sugli altopiani prealpini si aprono profondi abissi, mentre ai loro piedi grosse sorgenti sgorgano da grotte anche di notevole sviluppo.

Nei massicci di tipo dolomitico il processo carsico ha determinato il modellamento di conche chiuse anche estese, di campi solcati, e lo scavo di grotte. Molte delle forme sono glaciocarsiche o intaccate dai processi periglaciali.

Nelle *Alpi Occidentali* il rilievo carsico assume aspetti molto vistosi in corrispondenza dei rilievi maggiori, con abbondanti conche carsiche e doline, Karren, abissi anche profondi che alimentano sistemi di grotte sorgenti. Localmente anche nei gessi si è sviluppata una morfologia carsica caratteristica.

Estese aree con un carsismo nei gessi si trovano nell'*Appennino settentrionale*, ove oltre a conche carsiche e vallette cieche si aprono profonde grotte.

Notevoli per l'estensione del fenomeno carsico sono gli *Appennini centrali* in cui si riconoscono due tipi dominanti di rilievo carsificato; i massicci a blocchi fagliati che comprendono, all'interno di graben, grandi conche chiuse e «polje» (i «piani carsici»), e gli altopiani con superfici a doline di vario aspetto. Esiste una dissimetria nella distribuzione di questi due tipi fra il settore orientale (Abruzzi Adriatici) e quello occidentale (Appennino Laziale) prevalendo nel primo i massicci con i piani carsici, nel secondo gli altopiani a doline. Con caratteri particolari si presentano le dorsali umbro-marchigiane ove i blocchi calcarei sono ancora in gran parte «annegati» al di sotto di formazioni impermeabili: qui sono molto scarse le forme carsiche superficiali, mentre localmente si riscontra una grande concentrazione di cavità sotterranee (es.: grotte della gola di Frasassi, grotte di Monte Cucco).

Il rilievo carsico degli *Appennini meridionali* presenta molte analogie con quello degli Appennini centrali: qui sono caratteristiche le «cavità di attraversamento» (Segre 1948) o sistemi di grotte che perforano interi blocchi carbonatici, mettendo in comunicazione conche chiuse o bacini idrografici contigui.

Il *Gargano* si presenta come un altopiano con valli secche, conche carsiche e vari tipi di doline, che in qualche area raggiungono densità notevoli.

Nelle *Murge* e nel *Salento* grandi conche chiuse, uvala e doline a fondo piatto sono inserite in un rilievo attenuato.

In *Sicilia* il carsismo presenta caratteri di tipo appenninico, vi si trovano inoltre paesaggi carsici nei gessi con numerose valli cieche.

In *Sardegna* le forme carsiche superficiali non sono molto abbondanti: in particolare in *Barbagia* si trovano canyon carsici, doline, Karren; viceversa numerose sono le grotte.

L'idrogeologia presenta nelle diverse aree carsiche una grande varietà di caratteri in rapporto alla litologia, alla tettonica e alla morfologia; in pratica ogni rilievo carsico richiederebbe una trattazione specifica in cui fossero messi in luce i caratteri sopracitati.

Si passa da situazioni di grosse correnti idriche localizzate in grandi sistemi sotterranei (il caso più noto è quello del Timavo) attraverso tutta una serie di tipi intermedi, a condizioni di correnti disperse in reti diaclasiche minute (un caso caratteristico è quello del Bianco delle Prealpi Venete e di alcuni tipi di Scaglia dell'Appennino centrale).

Anche i caratteri delle sorgenti evidenziano questa varietà di comportamenti: infatti alcune sorgenti sono di grossa portata e rappresentano lo sbocco di sistemi ramificati che interessano un intero massiccio carsificato (es.: le sorgenti del Gorgazzo e Livenza ai piedi del Pian Cavallo, le sorgenti di Oliero ai piedi dell'Altopiano di Asiago); altre invece emungono piccole falde sospese e ben localizzate. In generale però i principali flussi sotterranei seguono i trend tettonici che spesso coincidono con le direzioni delle valli più profonde.

CENNI SUL PALEOCARSISMO

Per «paleocarsismo» si intende quel complesso di fenomeni e le loro tracce conservate in forma di «strutture paleomorfologiche e sedimentologiche» che nel passato geologico hanno portato dapprima all'individuazione di un rilievo di tipo carsico e di cavità sotterranee, quindi all'obliterazione di almeno alcune delle depressioni e cavità carsiche in seguito a riempimento da parte di sedimenti marini o continentali; molto spesso la fossilizzazione è stata determinata da episodi di ingressione marina con conseguente smantellamento parziale del rilievo per formazione di una piattaforma di abrasione, quindi deposizione al di sopra di essa di sedimenti marini.

Numerosi sono ormai i dati sul paleocarsismo europeo. Dallo studio dei materiali di riempimento delle cavità carsiche risultano età che vanno dal Paleozoico inferiore sino al Quaternario. In un lavoro sintetico Nicod, 1975, individua quattro intervalli principali di paleomorfogenesi carsica e cioè un intervallo pretriassico, uno cretaceo e paleogenico, uno neogenico ed uno quaternario. Fra i paleocarsi italiani più noti citeremo quelli triassici del Bergamasco

(Omenetto e Perna, 1978) e del Latemar (Perna, 1975), quelli cretacei (cenomaniani e turoniani) del Carso di Trieste (Forti e Semeraro, 1978) e delle Puglie (Iannone e Pieri, 1978), quello oligo-miocenico delle colline del Veronese (Corrà, 1977) e delle Dolomiti (Cros, 1978), quelli miocenici dell'Appennino (Segre, 1961; Brancaccio & Alii, 1978), delle Puglie (Iannone e Pieri, 1978), quello neogenico dei Berici (Bartolomei, 1958). Nel Bacino mediterraneo sono noti i paleocarsi miocenici di Creta (Bonfont, 1972) e quello neogenico di Ithaka (Maurin e Zötl, 1966). In Europa tra i più conosciuti ricordiamo quelli di Quercy di età eocenica (Gèze, 1949), del Pays de Galles di età paleogenica (Battiau-Queney, 1968), della Franconia Sveva di età miocenica (Dongus, 1972), e della Polonia di età sia cretacea che terziarie (Gilewska, 1964; Szykiewicz, 1977).

Nei paleocarsi si trovano fossilizzate non solo cavità sotterranee, ma talora anche forme epigee quali doline, canyon e in qualche raro caso anche le basi di rilievi quali hum, mogote. Ricorderemo i canyon delle Murge fossilizzati dalle bauxiti, le doline dei Berici riempite di sabbia eolica, le grandi doline di Quercy con riempimenti di fosforiti. A queste forme fossilizzate si accompagnano talora forme relitte di un rilievo carsico di tipo tropicale quali colline coniche non ancora del tutto smantellate dall'erosione (es.: nell'Isola di Creta e nella regione di Cracovia in Polonia).

Interessante e problematica è la genesi di quel gruppo di depositi di riempimento di cavità «paleocarsiche» classificati come bauxiti, che in Italia risultano particolarmente abbondanti in Puglia. Questi depositi che sul globo terrestre risultano concentrati soprattutto nella regione mediterranea (40% del totale) e la cui età va dal Carbonifero al Miocene (ma il 65% del totale ha età cretacea o paleogenica), si sarebbero formati in condizioni climatiche tropicali umide, simili per alcuni aspetti a quelle attuali della Jamaica (Bardossy, 1973).

STORIA PALEOGEOGRAFICA ANTICA

La localizzazione ed i caratteri attuali delle regioni carsiche si spiegano considerando la loro storia paleogeografica, che per lo più si inquadra nell'evoluzione del mare Tetide e negli eventi che hanno portato alla formazione del Mediterraneo ed al sollevamento

delle catene alpine, in rapporto alla deriva delle grandi masse continentali. L'edificio alpino del Mediterraneo è stato formato da un complesso di frammenti di crosta continentale e di frammenti di basamento oceanico, compressi fra i due grossi blocchi cratonici dell'Africa e dell'Europa. Il mare Tetide, che si era aperto oltre 200 milioni di anni fa in seguito all'allontanamento del Gondwana dalla Laurasia, è venuto a costituire, dopo l'ulteriore frammentazione dei due principali blocchi continentali, uno stretto corridoio di comunicazione fra l'Oceano Atlantico e l'Oceano Indiano (che si sono aperti rispettivamente circa 150 e 190 milioni di anni fa).

Nell'ambito del Mare Tetide alcune microplacche si staccano dal margine del cratone meridionale ancora nel Triassico (es.: il blocco Apulo, più grande della Puglia attuale e da cui deriva anche parte dell'Appennino centrale e meridionale). In questo mare la sedimentazione carbonatica del Mesozoico e del primo Cenozoico è stata controllata da movimenti tettonici fra questi blocchi ed altri frammenti di derivazione crostale, continentale o oceanica; in generale hanno prevalso i movimenti di subsidenza, che hanno permesso l'accumulo di serie di sedimenti di notevole spessore. In particolare sulle microplacche continentali, spesso frammentate e dislocate secondo uno stile rigido, si sono deposte in condizioni di piattaforma subsidente, serie carbonatiche dello spessore di alcune migliaia di metri (oltre 6000 m in Puglia). Localmente si sono verificati anche fenomeni di emersione con sviluppo di un rilievo carsico poi fossilizzato e «sigillato» da sedimenti di ingressione marina. Le fasi della paleotettonica delle ex piattaforme sono ricostruibili in base ai risultati degli studi sulla stratigrafia, le facies, le eteropie e paleostrutture, le lacune con tracce di paleoforme carsiche fossili, le lacune di altro tipo con hard ground, il paleovulcanismo ecc. (Aa.Vv., 1977b, Alvarez et Alii, 1974, Aubouin, 1972, Bardossy, 1973, Castellarin, 1972, Celet, 1977, D'Argenio, 1977, Perna, 1975).

I frammenti di derivazione oceanica, compressi fra i blocchi, si sono invece comportati secondo uno stile plastico, originando dei bacini, nei quali si sono sedimentate serie ancora più spesse di tipo detritico (rocce detritiche, marne ecc.).

Nel Cretaceo i due blocchi continentali dell'Africa e dell'Europa hanno iniziato ad avvicinarsi, anche come conseguenza della concomitante espansione del basamento dell'Oceano Atlantico. Da

allora si è andato via via individuando un nuovo assetto tettonico, che ha portato col tempo all'obliterazione del mare Tetide ed al sorgere dell'edificio alpino del Mediterraneo. Tra l'altro, come vedremo, il riassetto morfotettonico ha comportato il distacco di alcuni blocchi dal margine meridionale del continente euroasiatico ed un loro spostamento relativo verso sud est. In generale l'orogenesi ha mostrato una «migrazione», nel tempo, dalle zone interne verso quelle esterne: così gli assi orotettonici dell'Appennino e delle Dinaridi si sono andati via via avvicinando, con convergenza verso l'asse del bacino adriatico; lo stesso fenomeno si è forse verificato per le Alpi Meridionali e l'Appennino settentrionale convergenti verso l'asse del bacino padano.

LE FASI PRINCIPALI DELL'OROGENESI ALPINA ED ALCUNI EVENTI CONNESSI.

Le principali fasi dell'orogenesi alpina sono localizzabili nel Paleogene e nel primo Neogene. Esse, in base ad alcune delle ricerche più recenti (Av.Vv., 1977b, Alvarez, Coccozza e Wezel, 1974, Aubouin, 1972, Celet, 1977, Winkler Hermeden, 1957), sarebbero così schematizzabili:

Paleocene

- si verificano vari eventi legati ai caratteri delle unità paleogeografiche, fra cui episodi di effusioni vulcaniche di lave basiche lungo grandi fratture in condizioni di distensione; il vulcanesimo interesserà l'area mediterranea per tutto il Cenozoico ed il Quaternario sino ai nostri giorni;

Eocene/Oligocene inf. e medio

- fase pirenaica dell'orogenesi alpina che comporta l'emersione di aree anche estese, le cui rocce carbonatiche di età eocenica o più antica vengono parzialmente erose e talora carsificate;

Oligocene sup.

- dalla Francia, circa 20 milioni di anni fa si distacca la microplacca CSCa (Corsica-Sardegna-Calabria), che nuove verso sud est, mentre si va aprendo il Mare Ligure (fig. 2);

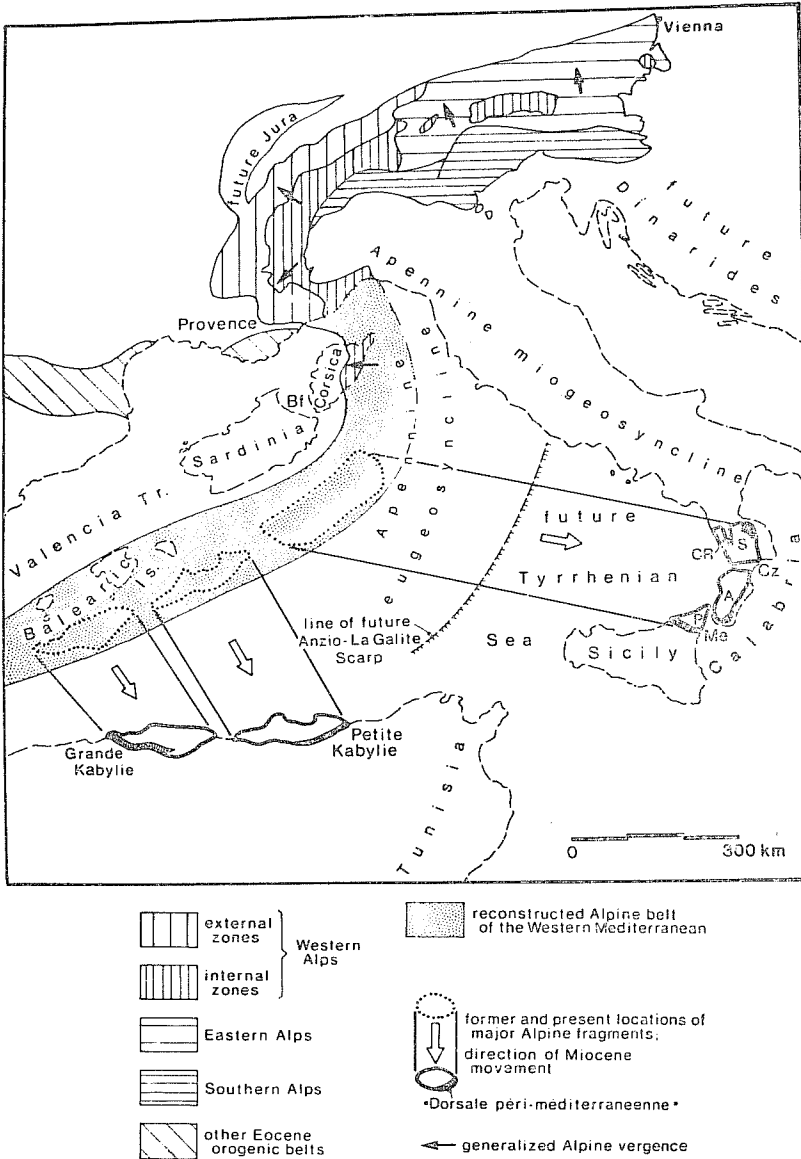


FIG. 2 - Schema evolutivo del Mediterraneo occidentale durante l'Oligocene. In particolare sono messe in evidenza le localizzazioni ed i movimenti delle microplacche alpine che oggi costituiscono la Corsica, la Sardegna, l'Appennino calabro, i Peloritani e parte dell'Atlante settentrionale (da W. Alvarez, T. Coccozza e C.F. Wezel, in *Nature*, F. 248, n. 5446, 1974).

Miocene inf.

- altra importante fase dell'orogenesi alpina;
- si chiude la comunicazione della Tetide con l'Oceano Indiano e si vanno individuando i cinque bacini maggiori del Mediterraneo (Levantino, Ionico, dell'Egeo, del Tirreno e delle Baleari);

Miocene medio

- la microplacca CSCa si frammenta nel blocco Corso, che cozza contro la crosta sialica dell'Appennino settentrionale, e nella microplacca Sardo-Calabra che si avvicina ruotando al margine africano fino a collidere con il settore tunisino;
- si chiude la comunicazione Mediterraneo-Paratetide o mare europeo interno (circa 13-14 milioni di anni fa);
- la Sardegna si separa dal blocco calabro il quale si muove verso la sua attuale posizione (Sila, Aspromonte, Peloritani).

DISSECCAMENTO MESSINIANO ED EVOLUZIONE NEOTETTONICA

Nel Miocene superiore si verifica un evento paleogeografico di importanza eccezionale, che segna la transizione fra la storia paleotettonica della Tetide e del Protomediterraneo e quella neotettonica del Mediterraneo attuale. Questo fatto consiste nella chiusura della comunicazione «Protomediterraneo-Atlantico», che trasforma il Mediterraneo in un mare completamente chiuso (Lago-Mare). Ecco una schematizzazione dei principali eventi relativi (Aa.Vv., 1977a, 1977b, Aa.Vv., 1978):

Miocene sup.

- circa 5,5 milioni di anni fa si chiude la comunicazione Mediterraneo-Atlantico e si isola il cosiddetto Lago-Mare;
- si verifica un parziale disseccamento del Lago-Mare, il cui bilancio idrico tende ad essere negativo: ciò determina l'accumulo di una prima serie di sedimenti evaporitici; in seguito il disseccamento diviene pressoché totale (seconda serie evaporitica), con rilevanti conseguenze sulla paleoidrografia, il clima, il mondo vegetale ed animale;
- circa 4,5 milioni di anni fa si ristabilisce la comunicazione fra Lago-Mare e Paratetide, attraverso il bacino pannonico; ciò de-

termina l'immissione delle acque di grandi fiumi continentali e dei relativi materiali di trasporto solido, che si depositano come marne al di sopra delle rocce evaporitiche;

- circa 3,5-4 milioni di anni fa si apre una comunicazione con l'Oceano Indiano, in corrispondenza dello stretto di Bab el Mandeb;
- solo più tardi si riapre la comunicazione con l'Atlantico e si chiude quella con l'Oceano Indiano;

Tutta questa successione di eventi si inserisce nel contesto dell'evoluzione neotettonica dei rilievi alpini che manifesta momenti di forte intensità. Molti Autori sono concordi nel ritenere che tre delle fasi neotettoniche principali siano localizzabili rispettivamente al passaggio Miocene-Pliocene (fase attica e rodanica), al passaggio Pliocene-Pleistocene (fase villafranchiana), e nel Pleistocene medio (fase rissiana?). Prove inconfutabili di questa neotettonica post-messiniana sono le localizzazioni topografiche dei sedimenti marini del Pliocene sprofondati sino a circa —7000 m al di sotto della Pianura Padana, e sollevati fino ad oltre 1000 m nell'Appennino; lo stesso Pleistocene inferiore (Calabriano) si trova sollevato sino ad oltre 1000 m nell'Appennino Calabro.

Durante questa storia geologica si è andato via via individuando l'assetto strutturale della penisola italiana, che manifesta con chiarezza una differenza di stile tettonico fra le unità derivanti dalle ex-piattaforme, smembrate secondo uno stile rigido, e quelle degli ex-bacini ripiegate plasticamente; nei termini di transizione il comportamento è stato differenziato, ad es.: rigido in basso e plastico in alto (si veda la serie umbro-marchigiana). Gli stili e gli orientamenti tettonici principali delle diverse regioni carsiche sono schematizzati nella tabella che segue. Si tenga presente che i trend tettonici più importanti delle regioni di ex-piattaforma, coincidono con strutture già attive fin dalle fasi più antiche di evoluzione (si vedano a tal proposito i lavori di Castellarin 1972, D'Argenio, 1977). Ma alcuni trend si sono individuati anche durante l'evoluzione neotettonica in rapporto al tipo di assestamento subito dai vari blocchi e frammenti: fra questi il sistema NW-SE dell'Appennino meridionale (Brancaccio, Di Nocera e Rodriguez, 1978) e quello WNW-ESE delle Prealpi orientali (Zanferrari, 1978).

CARATTERI GENERALI DELL'EVOLUZIONE MORFOLOGICA DEL RILIEVO ALPINO.

L'evoluzione morfologica del rilievo alpino è stata fortemente controllata dalla tettonogenesi ed influenzata dai caratteri strutturali (disposizione nello spazio delle diverse unità litostratigrafiche, delle loro superfici di contatto e dei piani di stratificazione e fratturazione). Le principali forme del rilievo, grandi dorsali e valli, coincidono generalmente con forme tettoniche, cioè corrispondono rispettivamente ad alti tettonici (di pilastro tettonico o di anticlinale) e a depressioni tettoniche (di fossa tettonica o di angolo di faglia o di sinclinale). I processi erosivi hanno evidenziato delle forme non strettamente tettoniche là dove maggiori erano le differenze nell'erodibilità fra le varie rocce (es.: le Dolomiti), o dove più a lungo hanno agito processi erosivi intensi come quelli fluviali e glaciali.

Senza dubbio una importante fase erosiva ha interessato il rilievo delle Alpi e degli Appennini nel Messiniano, in seguito all'emersione di aree molto estese, per l'imponente abbassamento del livello marino. Nei territori emersi del bacino del «Lago-Mare mediterraneo» i processi esogeni hanno modellato delle forme subaeree: i fiumi, in particolare, hanno potuto scavare profonde valli, ben al di sotto del livello di mare attuale. Esempi di superfici con un rilievo di tipo subaereo, forse in parte di età messiniana, ora divenute sottomarine sono le «aree carsiche» al largo della Provenza (Blanc, 1969), e della costa dinarica (Roglic, 1974), e della stessa dorsale mediterranea nella quale si aprirebbero grotte carsiche (Aa. Vv., 1977a). Sono state riconosciute profonde e strette valli fossili (a canyon) scavate durante il Messiniano e poi colmate dai sedimenti in corrispondenza di tratti del Rodano e del Nilo; nelle Alpi italiane (in corrispondenza di segmenti di paleocanyon messiniani forse) si sarebbero individuati i grandi laghi prealpini, il cui fondo è molto al di sotto del livello del mare attuale (—300 m circa il fondo in roccia del Lago di Como, —295 m il fondo nei sedimenti glaciali del Lago di Garda); queste depressioni sarebbero state solo ritoccate dall'erosione delle lingue glaciali del Quaternario e parzialmente evacuate dai sedimenti che tendevano a colmarle (Bini, Cita e Gaetani, 1978).

Un interessante esempio di ricostruzione della paleogeografia messiniana in corrispondenza di una porzione della pianura lombarda (poco a sud di Bergamo) ci è fornita sulla base di risultati di perforazioni e di rilievi geofisici da Rizzini e Dondi, 1978:

- qui nel Miocene medio e tardo (pre-Messiniano) esisteva un «penepiano» emerso dal mare, che viene fossilizzato da una formazione ciottolosa prevalentemente continentale;
- nel Messiniano sulla formazione ciottolosa si imposta una rete idrografica, che si approfondisce fino ad interessare anche le rocce del penepiano sottostante;
- nel Pliocene inferiore il mare riconquista gran parte del rilievo fluviale precedente, lasciando emergere solo delle isole (sommità delle dorsali nella formazione ciottolosa); si depositano allora delle sabbie che fossilizzano le paleovalli.

L'ingressione marina del Pliocene si verifica in un contesto morfologico che, probabilmente, già mostra molti dei principali lineamenti attuali.

Al Pliocene risalgono le più antiche tracce di glaciazione alpina, quando, circa 4,5 milioni di anni fa, le lingue glaciali penetravano nel mare padano depositandovi delle morene (Carraro, Mediolì e Petrucci, 1975); è questo un episodio foriero dell'Era Glaciale (Pleistocene), durante la quale a più riprese un grande «ghiacciaio» ha occupato le Alpi spingendo le sue lingue fino ai margini della pianura, mentre ghiacciai locali si insediavano sulle sommità più alte dell'Appennino (ma rimandiamo al paragrafo successivo la trattazione degli aspetti generali della paleogeografia del Pleistocene).

Nei circa cinque milioni di anni del Plio-Pleistocene (da circa 5 a 2 milioni di anni il Pliocene, da 2 a 0,01 il Pleistocene) i processi morfogenetici si sono espressi con particolare intensità nello smantellamento del rilievo alpino: Gabert, 1965, ha calcolato che i sedimenti Plio-Pleistocenici della Pianura Padana, dello spessore massimo di circa 7000 metri, corrispondano ad un'erosione sulle Alpi per uno spessore medio di circa 950 metri di roccia.

L'importanza di questa fase erosiva è legata senza dubbio all'efficacia dei processi di erosione periglaciale e glaciale, ma con ogni probabilità è stata accentuata anche da un marcato ravvivamento del rilievo alpino durante le fasi neotettoniche messiniana,

villafranchiana, e del Pleistocene medio. Solo con l'età recente e l'intensità di questi episodi neotettonici si spiega infatti la forte energia del rilievo alpino attuale, nonostante la velocità della demolizione erosiva.

IL FENOMENO CARSICO NEL QUATERNARIO

La maggior parte degli studiosi sono concordi nel ritenere che la grande maggioranza delle forme carsiche che noi osserviamo si sono individuate durante il Quaternario.

L'Era Quaternaria è stata identificata in base a vari criteri fra cui citeremo quelli delle modificazioni climatiche connesse alle glaciazioni (si parla di Era Glaciale), della comparsa dell'uomo (Era Antropozoica) e della diffusione dei grandi mammiferi terrestri nelle forme attuali (Era Neozoica). Fino a 15-20 anni fa si assegnava a quest'Era una durata di soli 500.000 anni; oggi basandosi soprattutto sul criterio climatico si tende a spostarne l'inizio via via più indietro a scapito dell'ultimo periodo dell'Era Terziaria (Pliocene). Secondo Butzer, 1972, l'inizio dell'Era Quaternaria potrebbe venir fissato a circa 3-3,2 milioni di anni fa, età che è possibile assegnare a numerosi antichi depositi morenici di varie parti del mondo sulla base della datazione isotopica K/Ar delle ceneri vulcaniche in essi contenute. Ma recentemente sono stati segnalati depositi morenici probabilmente di età più antica (si veda ad es.: Carraro, Mediolì e Petrucci, 1975), per cui sembrerebbe farsi luce l'opportunità di considerare Era Quaternaria tutto il «Post-Messiniano» sino ad oggi, con soppressione dell'intero periodo Pliocene. Anche il criterio della comparsa dell'uomo, in seguito alle più recenti scoperte paleontologiche in Africa, concorderebbe con quello climatico, spostando l'inizio del Quaternario a circa 4,5-5 milioni di anni fa, età che coincide all'incirca con la fine del Messiniano. Comunque oggi presso gli studiosi del Quaternario prevale la scelta di far iniziare il Pleistocene circa 1,8 milioni di anni fa, in corrispondenza dell'inversione paleomagnetica di Olduvai (Aa.Vv., 1976b, Aa.Vv., 1980).

Nel Quaternario sono stati distinti due periodi: il Pleistocene o periodo glaciale in senso stretto, che finisce circa 10.000 anni fa, e l'Olocene o Postglaciale che dura tutt'oggi; ma questa distinzione appare discutibile in quanto da un punto di vista «geoclimatico» è estremamente probabile che il periodo glaciale non sia ancora

finito e che in un futuro relativamente recente si verificano altre glaciazioni.

Le conoscenze sull'Era Quaternaria sono abbastanza dettagliate per quanto riguarda il Pleistocene superiore e l'Olocene, molto più imprecise e «sfocate» per il Pleistocene inferiore e medio. La distinzione di quattro (o cinque, o sei) glaciazioni, operata all'inizio di questo secolo sarebbe stata determinata da questa «imprecisione ottica» dei ricercatori, connessa al fatto che le glaciazioni più recenti hanno cancellato le tracce di eventi più antichi. Secondo qualche studioso infatti assommerebbero a circa 20 (e forse più) le «glaciazioni pleistoceniche».

TABELLA II

		Stratigrafia continentale	Stratigrafia marina	Stratigrafia glaciale	Cronologia assoluta	
ERA QUATERNARIA o NEOZOICA	Olocene		Versiliano (Flandriano)	Postglaciale	10.000	
	P I e istocene			Pontiniano	Würm III° Würm II° Würm I°	80.000
		Eem II°	Tirreniano III°	Riss-Würm	125.000	
		Eem I°	Tirreniano II°	Riss II°	170.000	
		Warthe		Riss I°	265.000	
		Saale		Mindel-Riss	340.000 (?)	
		Holstein II°	Tirreniano I°	Mindel	430.000 (?)	
		Holstein I°		Günz-Mindel	640.000 (?)	
		Cromeriano		Günz Donau Biber		
		Biariano				
Villafranchiano	Siciliano Emiliano Calabriano	(freddo) (caldo) (freddo)				

Nella tabella II si trova uno schema stratigrafico-cronologico semplificato dell'Era Quaternaria (per uno studio più approfondito si rimanda a Butzer, 1972, e Aa.Vv., 1976b, Aa.Vv. 1980). Già da un'osservazione veloce della tabella risulta l'imprecisione cronostatigrafica relativa al Pleistocene medio ed inferiore: è chiaro, per esempio, che i termini relativi alle glaciazioni (Biber, Donau Günz, Mindel, Riss, Würm) non corrispondono a fasi o periodi freddi altrettanto ben definiti; così, almeno dal punto di vista cronologico, il Riss corrisponde a due Würm; all'interno dello stesso Würm si riconoscono poi tre episodi di «glaciazione», separati da fasi di ritiro glaciale (interstadi).

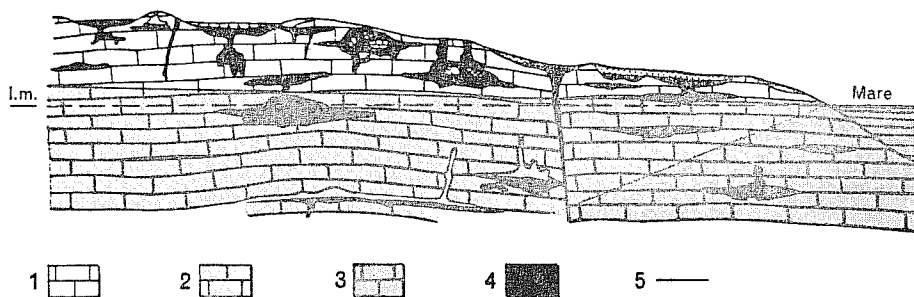


FIG. 3 - Sezione schematica di un sistema carsico delle Murge (Puglia) (da G.B. Castiglioni, in «Geomorfologia», UTET 1979, ridisegnato e semplificato da D. Grassi, L. Romanazzi e S. Spilotro, in «Geol. Appl. e Idrogeol.», 10, 1975).

- 1 - Rocce carbonatiche mesozoiche
- 2 - Idem, interessate dalla falda carsica
- 3 - Idem, interessate dall'acqua di mare
- 4 - Riempimenti di *terra rossa*
- 5 - Superficie freatica (o piezometrica) della falda carsica

Molte grotte sono vecchie cavità (paleocarsismo) ora completamente riempite da terra rossa proveniente dall'esterno (grotte fossili), altre rappresentano serbatoi d'acqua carsica freatica di ricambio lentissimo («acque fossili»). E' questo un bell'esempio di come, nell'ambito di un sistema carsico, possano coesistere forme fossili, forme inattive e forme attive. La zona idrogeologica di massima attività si localizza all'incirca in corrispondenza della superficie freatica della falda carsica. Durante il Pleistocene questa superficie ha subito molte oscillazioni, in rapporto sia alle variazioni eustatiche del livello marino, sia ai movimenti tettonici.

Ma al di là dei problemi di ricostruzione paleoambientale appare comunque certo che durante il Pleistocene si succedono di condizioni climatiche profondamente diverse, oscillanti fra tipi continentali artici e tipi subtropicali sia umidi che sub-aridi, ha deter-

minato una veloce successione di sistemi morfoclimatici differenti. Ciò si è espresso per ciascun luogo in un alternarsi di paesaggi differenti per i caratteri sia morfologici che biologici, fatto che su scala globale ha comportato una continua oscillante «deriva» delle «zone» latitudinali ed altimetriche.

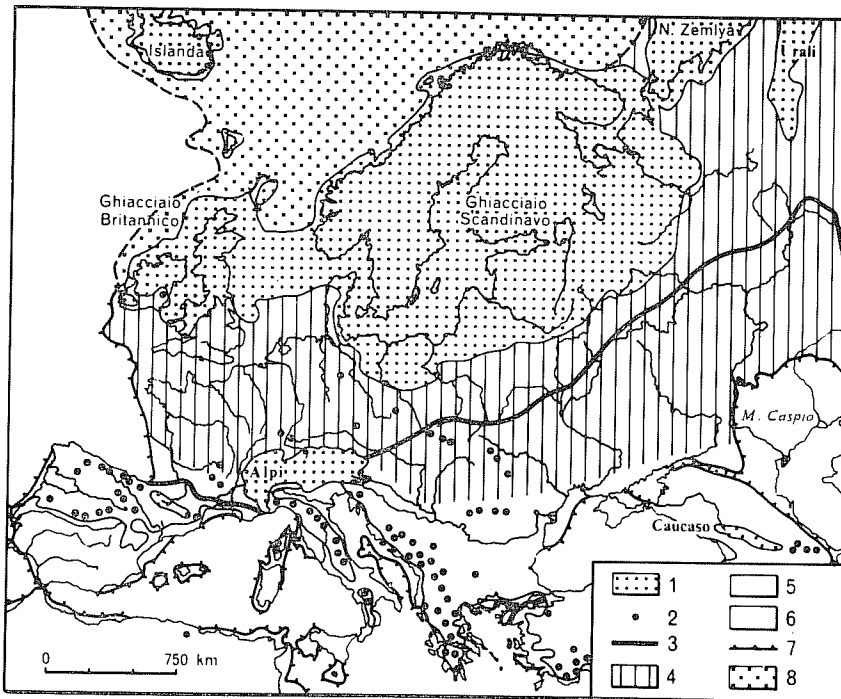


FIG. 4 - L'Europa circa 20.000 anni fa durante il massimo dell'ultima glaciazione (da G.B. Castiglioni, in «Geomorfologia», UTET 1979, rid. e sempl. da Butzer «Environment and Archeology» Methuen, 1972).

1. Calotte glaciali e grandi aree di glaciazione in montagna.
2. Piccoli centri di glaciazione in aree montuose;
3. Limite settentrionale degli alberi;
4. Zona con permafrost;
5. e 6. Steppe, foreste a parco e foreste con aspetti vari (le steppe si estendono anche in buona parte della zona del permafrost);
7. Linee di costa;
8. Ghiacci marini (pack stagionale).

Caratteristico della morfogenesi pleistocenica della regione mediterranea è stato perciò l'alternarsi di fasi calde in cui i climi erano il tipo subtropicale, con fasi fredde in cui all'estremità settentrionale della regione si è individuato il grande «ghiacciaio» alpino; nelle fasi calde si stendeva una foresta termofila e si formavano spessi suoli

di tipo lateritico, mentre nelle fasi fredde vari ghiacciai locali hanno occupato le cime appenniniche più elevate modellando a circo le conche sommitali, e a quote più basse i processi periglaciali hanno smantellato i rilievi, innescato fenomeni di soliflusso e, in generale, facilitato l'erosione ed il trasporto colluviale dei materiali disgregati verso i fondovalle ed il mare. In seguito all'abbassamento eustatico del livello del mare dei periodi glaciali (di circa 100 m nel Würm III°) aumentava la superficie delle terre emerse a scapito di quella marina e si accentuava perciò il carattere di continentalità del clima, già impresso almeno durante la stagione fredda dal grande «ghiacciaio» alpino; forse era «invertita» la stagionalità del clima «mediterraneo settentrionale» con siccità invernale e piogge estive, per lo spostamento verso sud delle zone climatiche.

Secondo Butzer, 1972, in base ai dati disponibili sul glacialismo wurmiano, l'abbassamento del limite delle nevi durante l'ultima glaciazione è stato di 1300-1400 m nelle Alpi Meridionali (il limite attuale si aggira sui 2700-3000 m s.l.m., perciò il limite wurmiano doveva trovarsi a circa 1400-1600 m s.l.m.), di 1200 m nell'Italia peninsulare, e di 800-1000 metri a sud del Mediterraneo. Ciò suggerirebbe un abbassamento della temperatura media di circa 9°C nel Mediterraneo settentrionale, di 5-6°C ai margini settentrionali del Sahara. Insieme al limite delle nevi si è abbassato di circa 1000-1400 m il limite altimetrico inferiore del soliflusso periglaciale, che coincide all'incirca con il limite superiore della foresta chiusa (fig. 4).

Da indagini paleoecologiche si ricava che, al di sotto degli 800-1000 m s.l.m., più che una vera e propria foresta doveva estendersi un mosaico steppa-foresta, nell'ambito del quale i processi erosivi agivano con particolare efficacia: infatti alla base dei versanti si sono accumulate spesse coperture colluviali.

MATERIALI E PROBLEMI PER UNA RICOSTRUZIONE DELLA PALEO-GEOGRAFIA CARSIKA DURANTE L'ERA QUATERNARIA.

Dopo aver brevemente considerato gli aspetti principali dell'Era Quaternaria, per un tentativo di ricostruzione della storia dei paesaggi carsici risulta opportuno esaminare i seguenti punti:

- (a) la velocità di evoluzione dei rilievi carsici attuali in diverse situazioni climatiche;

- (b) i caratteri del rilievo carsico prequaternario;
- (c) i problemi di correlazione fra le forme superficiali, anche non carsiche, e le forme carsiche sotterranee;
- (d) gli aspetti del rapporto morfogenesi carsica e morfogenesi glaciale e periglaciale;
- (e) lo studio dei depositi di grotta.

Infatti la considerazione di questi punti mira a stabilire, in ordine: (a) l'entità dell'erosione chimica possibile durante il Pleistocene, (b) i tipi di rilievo dai quali si sono evoluti i paesaggi del Quaternario, (c) le relazioni genetiche e la cronologia relativa delle forme, (d) le interferenze del glacialismo e dei fenomeni periglaciali con la morfogenesi carsica, (e) l'utilità dei dati analitici relativi ai materiali di riempimento (sedimentologici, paleontologici, paleontologici, di cronologia isotopica, ecc.) nell'indagine paleoecologica.

Sul punto (a) ci limitiamo a presentare e commentare brevemente la tabella III^a che riporta svariati dati di erosione chimica ricavati dalla bibliografia (si rimanda in particolare a Aa.Vv., 1969, 1975, Muxart e Birot, 1977, e alle relative citazioni bibliografiche).

TABELLA III

Localizzazione geografica delle aree carsiche	Erosione chimica in mm/ 1000 anni	Citazione bibliografica *
Caucaso	75-145	Pulina, 1974
Derbyshire (G.B.)	75-85	Pitty, 1968
Indonesia	80	Balaczs, 1973
Israele	10-20	Gerson, 1975
Jamaica	70	Versey, 1959
Giura	90-100	Muxart, 1965; Aubert, 1967
Lapponia	95	Muxart, 1969
Moravia	50	Helleden, 1975
Polonia	40	Buraczynsky e Michalczyk, 1975
Slovenia	60-80	Gams, 1965
Spitzberg	5-20	Pulina, 1974
Svizzera	80	Boegli, 1970

* Oltre alla bibliografia di questa nota si rimanda in particolare alla bibliografia di AA.VV., 1969; AA.VV., 1975 e Muxart T., Birot P., 1977.

Come si vede l'entità dell'erosione chimica, in regioni delle medie latitudini con precipitazioni piuttosto abbondanti, si aggira intorno ai 70 mm/1000 anni; poiché nelle zone montuose della penisola italiana si può ritenere che le precipitazioni siano medio-abbondanti, l'entità media dell'erosione potrebbe aggirarsi intorno ai 50 mm/1000 anni (nella sua carta sulla denudazione carsica media Pulina, 1977, ha calcolato valori compresi fra 20 e 80 mm/1000 anni). Questo valore puramente indicativo di erosione chimica si riferisce insieme al totale dell'erosione sia superficiale che profonda, ma sembra che l'entità di quest'ultima sia percentualmente secondaria (circa 10-20% del totale, per i «carsi coperti» di suolo, secondo Boegli, 1970 e Pulina, 1977).

Ma i dati suesposti si riferiscono a dei valori medi, in realtà il fenomeno carsico presenta discontinuità nel tempo e nello spazio: in certi momenti i processi di carsificazione sono risultati molto efficaci, ma è stato in corrispondenza di ben definiti «foci» di corrosione accelerata o di deposizione accelerata che si sono individuate le forme carsiche superficiali e profonde. Perciò la datazione di una forma semplice, in base alle dimensioni, risulta problematica: è però indubbio che molte delle più grandi doline e ampie grotte ora inattive risalgono al Pleistocene medio e inferiore o al Pliocene; una fase importante di morfogenesi carsica sarebbe riferibile all'interglaciale Mindel-Riss dal clima caldo umido. Una buona parte delle conche carsiche medie e piccole e dei reticoli ipogei attivi sarebbero invece postrissiani; come vedremo queste datazioni si accordano con i dati emersi dallo studio depositi.

Se si suppone che il valore di 50 mm/1000 anni sia una media applicabile a tutta la durata del Pleistocene, l'entità dell'erosione chimica media nei circa 2.000.000 di anni di questo periodo potrebbe aggirarsi sui 100 m di cui almeno 80 m di corrosione superficiale. All'erosione chimica vanno aggiunti tutti gli altri tipi di erosione (fluviale, glaciale, periglaciale, eolica ecc.) che risultano più difficilmente quantificabili ed il cui ruolo deve essere valutato caso per caso, in rapporto ai caratteri di ciascun territorio.

Basta comunque il valore indicativo della sola erosione chimica media per suggerirci come soltanto poche grandi forme e reticoli sotterranei profondi di età prequaternaria abbiano avuto qualche probabilità di conservarsi, almeno in parte, sino ad oggi. D'altro canto risulta come sistemi carsici sotterranei anche di grandi di-

mensioni possano formarsi in archi di tempo relativamente brevi: si consideri infatti che in genere i grandi sistemi sotterranei hanno drenato o drenano le acque di bacini carsici di molti Km² di superficie e che il 10-20% di erosione chimica profonda operato dalle acque «incanalate» e qui concentrate basterebbe a spiegarne la genesi in poche decine di migliaia di anni; ma anche qui ovviamente il problema va considerato caso per caso.

Il punto (b) risulta senza dubbio uno dei più problematici, perchè presuppone il riconoscimento dei «paesaggi di partenza» da cui sono derivati i paesaggi carsici pleistocenici. A questo proposito si rende opportuno considerare i ruoli esercitati sull'evoluzione del rilievo dall'evento messiniano, dalla sequenza neotettonica, e dai sistemi morfoclimatici mio-pliocenici.

Come abbiamo visto alla fine del Miocene, nel Messiniano, si è verificato il «disseccamento» del Mediterraneo le cui conseguenze morfologiche sono state rilevanti: l'emersione di estese aree prima sottomarine e l'escavazione di profondi canyon ad opera dei corsi d'acqua. Perciò nel Messiniano il fenomeno carsico poté interessare anche aree situate molto al di sotto del livello attuale del mare; inoltre la rapida escavazione delle valli rese «sospesi» reticoli carsici prima profondi. Alcune grotte che si trovano nella valle del lago di Como, in corrispondenza cioè di un probabile segmento di paleocanyon messiniano, potrebbero costituire i resti di reticoli ipogei premessiniani, passati rapidamente da condizioni freatiche a condizioni vadose in seguito al veloce abbassamento del livello di base carsico (Bini e Cappa, 1977, Bini, Cita e Gaetani, 1978).

La tettonica messiniana e postmessiniana ha condizionato lo sviluppo delle reti idriche sotterranee e delle forme superficiali. Così nell'Appennino meridionale si riconoscono due popolazioni di forme: una prima popolazione di forme mature (ampie doline) situate su antiche superfici erosionali che risentono di una tettonica Nord-Sud, ed una popolazione di forme più giovani (doline, reticoli a prevalente sviluppo verticale) che «ruotano» intorno ai polje intramontani, influenzata da direttrici tettoniche Nord Ovest-Sud Est; tali direttrici sarebbero riferibili alla fase Villafranchiana (Brancaccio, Di Nocera Rodriguez, 1978). Queste osservazioni concordano con quanto già scritto sull'Appennino centrale dal Segre, 1948, 1961, e dal Demangeot, 1965. Eventi neotettonici nelle Alpi sono docu-

mentati da «dislocazioni» di condotte e concrezioni di grotta (Bini, Cita, Gaetani, 1978; Boegli, 1970). Nell'area mediterranea l'individuazione di molti grandi polje sarebbe stata legata in primo luogo agli eventi tettonici: questi hanno infatti determinato la formazione delle fosse tettoniche o depressioni di angolo di faglia in cui si sono localizzati i «polje»; sulla base di dati geologici e morfologici l'età dei «polje» appenninici risulterebbe per lo più pliocenica (o fine pliocenica) e pleistocenica (Demangeot, 1965; Pfeffer, 1967), pliocenica sarebbe anche l'età del più grande polje della Provenza (Plan de Canjeurs; Julian, Nicod, 1977).

Molti studiosi concordano nel ritenere che i sistemi morfoclimatici miocenici e pliocenici di tipo subtropicale abbiano favorito l'individuazione di superfici di spianamento (pediment) e di montagne isola (Inselberg); in aree carsiche si sarebbero evoluti dei paesaggi a doline poligonali (cockpit) e colline coniche (cone-karst). Secondo Demangeot, 1965, deriverebbero da pediment miocenici e pliocenici le estese superfici sommitali di alcuni massicci appenninici (ad es.: l'altopiano della Maiella); colline coniche di un carso tropicale di età pliocenica sarebbero invece riconoscibili nelle Prealpi Lombarde sull'altopiano del Serle (Chardon, 1975) e nella Slovenia (Habic, 1968). Ma secondo Fenelon, 1974, la maggior parte delle forme di «tipo tropicale» che sono state descritte in ambiente temperato, si sarebbero originate più per condizioni strutturali particolari che per situazioni morfoclimatiche specifiche; inoltre anche ammesso che l'origine di alcune di tali forme sia avvenuta in condizioni climatiche di tipo subtropicale riesce discutibile la loro datazione al Miocene e Pliocene, se si considera che nell'arco dei tre milioni di anni del Pleistocene si sono avuti, almeno nell'area mediterranea, lunghi periodi con climi spiccatamente subtropicali.

Il punto (c) si riferisce ad un'analisi del rilievo in tutti i suoi aspetti morfologici tendente a stabilire una correlazione fra le varie forme per tentarne una cronologia relativa. Uno dei criteri «morfocronologici» da più lungo tempo usati in speleologia è quello di individuare il rapporto fra una grotta ed un'antica superficie di spianamento: stabilita l'età della superficie d'erosione, al cui livello si apre la grotta, è possibile assegnare a questa un'età uguale o immediatamente più recente. Con questo metodo Abel, 1962, e Krieg, 1968, datano al Terziario le grotte più vaste delle Alpi Au-

striache settentrionali, Bini e Vanin, 1974, e Bini e Cappa, 1975, suppongono età mioceniche e plioceniche per alcune grotte della Lombardia e del Canton Ticino (Valle del Nosé e Monte Generoso). Significato analogo acquista la correlazione fra livelli di grotta e terrazzi in roccia delle valli: Boegli, 1970, per esempio, riconosce nelle grotte di Hölloch nella Valle della Muota (Svizzera) tre principali livelli sotterranei, correlabili con altrettanti terrazzi orografici, il più alto dei quali sarebbe preglaciale cioè del Pliocene superiore. Queste datazioni non risultano però sempre convincenti in quanto il modello evolutivo su cui sono basate è estremamente schematico e discutibile; inoltre le età assegnate alle stesse superfici di erosione non sono suffragate da indizi probanti.

Più logica e convincente è la correlazione di grotte o livelli di grotte con «terrazzi di polje», terrazzi fluviali e terrazzi marini. Infatti in alcuni polje è possibile riconoscere dei rapporti fra sistemi di «terrazzi in roccia da spianamento per dissoluzione», relitti di antichi livelli del fondo degli stessi polje, e grotte inattive che si aprono alle stesse quote. Nei polije della Slovenia, Gams, 1972b, riconosce due sistemi di terrazzi di cui il più alto, circa 20 metri al di sopra del fondo attuale, sarebbe di età pleistocenica inferiore, quello sottostante, ad 8-10 m dal fondo, di età rissiana (Pleistocene medio). Come vedremo Gospodaric, 1976, fonda il suo tentativo di ricostruzione della storia del sistema della Piuca (Postumia) anche su considerazioni di questo tipo.

In ampie valli nei calcari spesso è possibile stabilire delle correlazioni fra i livelli di grotta ed i sistemi di terrazzi alluvionali; però in Italia poche aree carsiche si prestano a studi di questo tipo. Nelle grotte della gola di Frasassi (Marche) Cattuto, 1976, ha riconosciuto sette livelli i cui quattro inferiori sarebbero correlabili con altrettanti ordini di terrazzi fluviali; l'età dei terrazzi e dei relativi «livelli ipogei» sarebbe pleistocenica e in generale il tempo di evoluzione del sistema carsico sarebbe stato molto rapido.

La presenza in certe aree costiere di più ordini di terrazzi marini si spiega con le oscillazioni eustatiche del Pleistocene entro un intervallo di + 30, —150 metri, rispetto al livello attuale; a tali oscillazioni localmente si sono accompagnati movimenti tettonici di sollevamento o sprofondamento. Ciò ha permesso l'individuazione di forme carsiche anche al di sotto del livello del mare attuale (si trovano doline sommerse al largo della costa dinarica, provenzale,

della Puglia, in Atlantico sul fondo della Manica, ecc.). Nei casi più tipici le forme superficiali e i sistemi ipogei connessi sono in rapporto con un sistema di terrazzi di abrasione marina, separati da scarpate che rappresentano i resti di antiche falesie. In Puglia, ed in particolar modo nel Salento, queste successioni di più ordini di terrazzi assumono grande evidenza. Qui la grotta di S. Angelo di Statte (TA) a 205 m s.l.m. sarebbe in rapporto con un terrazzo e la relativa «spiaggia fossile» di età milazziana; tra l'altro all'interno della prima sala sotterranea si riconoscono ancora perforazioni di molluschi litofagi (Anelli, 1967). Nella grotta di Zinzulusa (LE), accessibile in corrispondenza di una piccola baia, si osservano invece stalagmiti situate al di sotto del livello del mare, una delle quali alta ben 5 m, che si sarebbero formate durante la regressione eustatica del Würm (Anelli, 1967); evidentemente l'origine della grotta dev'essere antecedente al Würm e probabilmente al Riss-Würm, poiché in quest'ultimo periodo il livello del mare era più alto dell'attuale.

Il punto (d) riguarda lo studio del rapporto fra la morfogenesi carsica e quella glaciale e periglaciale. Nelle aree occupate a più riprese dai ghiacciai durante il Pleistocene, in genere i processi di erosione e deposizione glaciale sono risultati prevalenti rispetto a quelli carsici; perciò molte forme carsiche superficiali e reticoli sotterranei individuatosi nel «Preglaciale» e negli Interglaciali sono state smantellate dall'erosione glaciale, oppure colmate e fossilizzate dai depositi glaciali. Ciò spiega la relativa scarsità di grotte e doline nelle aree carsiche delle Alpi: in particolare qui, rispetto al Carso classico, sono percentualmente scarse le grotte poco profonde (o meglio, di profondità media, poichè esistono numerose cavità molto piccole, individuatesi durante il Postglaciale), mentre risultano percentualmente abbondanti le cavità profonde. Esempi di doline e conche carsiche colmate da depositi morenici si possono osservare, ad esempio, in Val di Non (Trentino).

Dei rapporti carsificazione-glacialismo si sono occupati Gèze, 1960, Warwick, 1971, Renaut, 1976, Glover, 1977. Nelle fasi anaglaciali l'aumento dell'umidità e l'azione di sbarramento delle lingue glaciali sugli sbocchi di molti sistemi carsici, determinerebbe un ritorno a condizioni di freaticità in livelli già vadosi. Nell'ipso-glaciale i processi di carsificazione risulterebbero molto scarsi o

assenti; ma nel cataglaciale si verificherebbe una ripresa della carsificazione con svuotamento dei riempimenti, scavo di nuove cavità, eventuale deposizione di nuovi tipi di sedimenti. E' stato soprattutto nelle fasi cataglaciali che alcuni grandi sistemi carsici hanno funzionato come condotti scaricatori di acque subglaciali (es.: rete di Niaux - Lombrive - Sabart, nell'Ariege, Francia). Secondo Gèze, 1960, le principali fasi speleogenetiche sarebbero riferibili ai cataglaciali Günz e Riss, secondariamente a quelli Mindel e Würm.

Nelle zone periglaciali risultano accentuati i fenomeni di smantellamento del rilievo per azioni crioclastiche, di ruscellamento e soliflusso: ciò può aver determinato la demolizione di forme o reticoli carsici, o il loro riempimento ad opera di depositi di soliflusso e frammenti crioclastici.

In aree montuose non glacializzate della regione mediterranea molte cavità sotterranee sono state interessate da una fase di riempimento proprio alla fine dei periodi interglaciali; in concomitanza con l'instaurarsi di condizioni di tipo periglaciale, quando le spesse coltri dei suoli di alterazione venivano attaccate ed erose. Talvolta al riempimento di depressioni e grotte carsiche hanno contribuito anche i depositi eolici: è il caso di un paesaggio a doline del Monte Baldo meridionale (VR) completamente fossilizzato da depositi di loess periglaciale e frammenti crioclastici (Benvenuti e Sauro, 1977).

Fondamentale per la ricerca paleoecologica è lo studio dei caratteri dei depositi di riempimento delle cavità carsiche, che spesso conservano al loro interno fossili e materiali archeologici e culturali (punto e). Non ci soffermeremo qui sulle tecniche di studio dei depositi che sono notevolmente complesse e richiederebbero una lunga trattazione, rimandando all'abbondante letteratura relativa (per un approccio al problema si vedano i lavori di Miskovsky, 1966, Collucutt, 1977).

Gli studiosi di depositi di grotta, per lo più paletnologi e paleontologi, ma anche sedimentologi e pedologi, sono concordi nel sottolineare l'opportunità di usare tecniche molto evolute e di accostarsi ai dati analitici con cautela, tenendo ben presenti la complessità e la multicausalità dei fenomeni naturali; a tale proposito si può rilevare che alcuni ricercatori, soprattutto della scuola francese, danno l'impressione di voler interpretare in modo troppo rigido e schematico alcune serie di dati.

Negli ultimi anni si sono affermate le tecniche isotopiche (Aa. Vv., 1979) che sono in grado di fornire preziose informazioni su materiali paleontologici e concrezioni: per la determinazione cronologica assoluta di residui organici del Pleistocene superiore e dell'Olocene viene usato comunemente il metodo del carbonio radioattivo; per determinare l'età delle concrezioni è stato usato il metodo

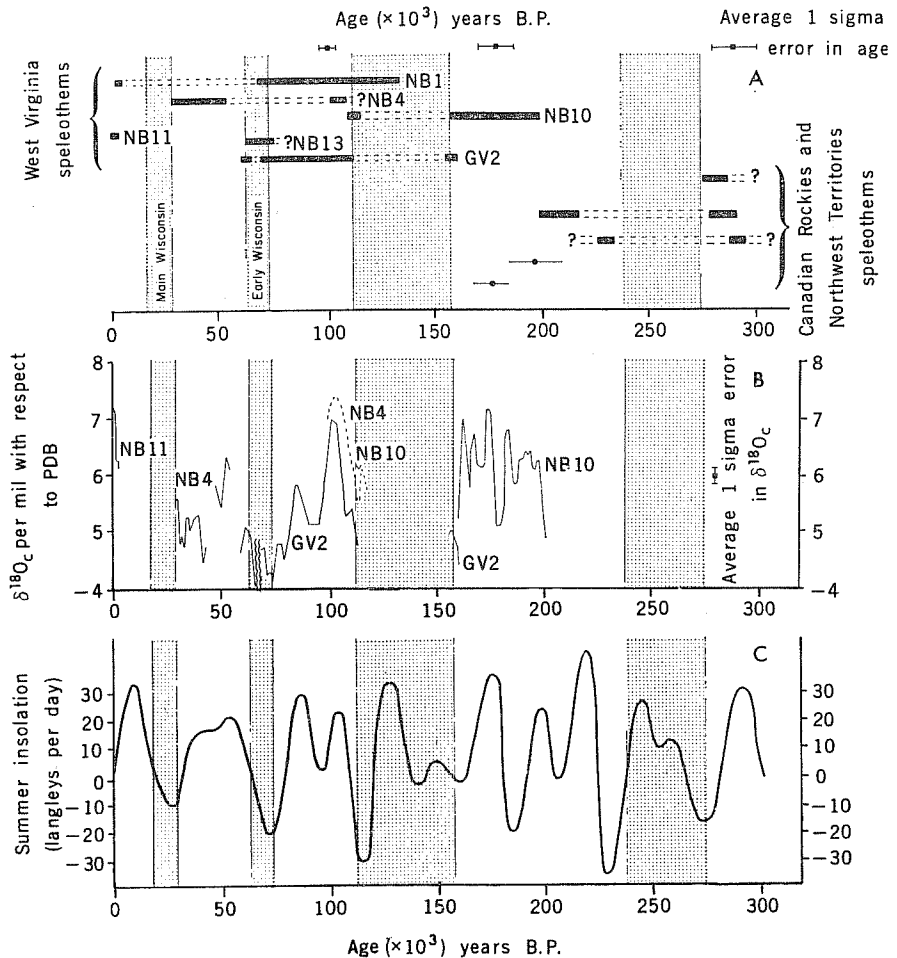


Fig. 5 - Correlazione fra i periodi di deposizione di concrezioni in grotte della Virginia e del Canada (tratti neri orizzontali nel diagramma in alto), stabiliti in base all'età U/Th delle stesse, le paleotemperature delle stesse concrezioni stabilite col metodo O_{16}/O_{18} e la curva dell'insolazione estiva per la latitudine di $60^\circ N$ (da P. Thompson, P. Schwarcz e D.C. Ford, in «Science», v. 184, 1974).

dell'Uranio/Torio (concepito dapprima dal Fornaca-Rinaldi, 1968, ma poi perfezionato da Harmon, Thompson, Schwarcz e Ford, 1975); quando nei sedimenti di grotta si trovino ceneri vulcaniche è possibile stabilirne l'età col metodo del Potassio/Argon; con gli isotopi dell'ossigeno è possibile calcolare le paleotemperature delle concrezioni (Emiliani, 1966, Duplessy, Lalou, Delibrias e Nguyen, 1972). Altre tecniche recenti permettono lo studio del paleomagnetismo delle concrezioni (Latham, 1977), e il riconoscimento di particolari «strutture di disturbo» determinate da fatti sismotettonici (Schillat, 1977).

Dall'uso combinato di varie tecniche scaturiscono serie di dati di grande interesse; citiamo a questo proposito una nota di Thompson, Schwarcz e Ford, 1974, in cui le età assolute di concrezioni di varie grotte del Nordamerica vengono confrontate con le paleotemperature di formazione delle stesse; associando a ciò un'indagine morfologica è stato possibile individuare i periodi di maggior concrezionamento (fig. 5).

Purtroppo l'applicazione di molte delle tecniche più moderne richiede strumenti sofisticati e tecnici altamente specializzati, risultando perciò costosa; d'altro canto, data la complessità dei problemi di ricostruzione paleoecologica, per ogni deposito di grotta si renderebbero opportune molte determinazioni.

Di norma i più antichi depositi di riempimento di una grotta sono più recenti della stessa cavità; dallo studio dei depositi è perciò possibile dedurre l'età minima di una cavità sotterranea. Secondo questa prospettiva il Battaglia, 1933, ritiene che poiché i depositi delle grotte italiane sono in prevalenza wurmiani e post-wurmiani la maggior parte delle grotte prewurmiane siano state smantellate dall'erosione.

Nella tabella IV^a sono indicate le età dei depositi di riempimento più antichi di alcune cavità italiane, con l'esclusione del Pleistocene superiore e dell'Olocene. Tali età sono dedotte dalla letteratura recente e da comunicazioni orali.

Nella letteratura speleologica relativa a paesi a noi vicini si trovano segnalate grotte con riempimenti del Pliocene medio e superiore, ricche di faune fossili, sui monti di Hainburg nell'Austria settentrionale (Mais, 1978) e sul Monte Osztramos in Ungheria (Laszlo, 1970). In Slovenia (Gospodaric, 1976) e Cecoslovacchia (Pribyl, 1973) si conoscono varie grotte con sedimenti di età riss-

wurmiana per cui è possibile supporre una fase di carsificazione antecedente al Riss-Würm. Nella Provenza e Linguadoca in una sola grotta sono noti sedimenti datati con sicurezza al Pleistocene inferiore finale (grotta di Le Vallonet); depositi mindeliani sono stati riconosciuti in tre grotte; depositi crioclastici rissiani in numerose altre (Miskovsky, 1976).

TABELLA IV

Età dei depositi più antichi	Nome della grotta	Citazione bibliografica
Villafranchiano superiore	- Caverna di S. Teresa (Falconara)	Azzaroli e Berzi, 1970 in Federici, 1970
Pre-Mindel (o pre Mindel-Riss)	- Varie grotte del Carso di Trieste	Ambrosetti et Alii, 1979
	- Grotta della Vacca Marina (Lessini Veronesi)	Pasa, 1954
	- Grotta del Ceredo (Lessini Veronesi)	Pasa, 1954, 1960
	- Breccie di Soave (Lessini Veronesi)	Pasa et Alii, 1960
Mindel	- Valle del Nosé (Prealpi Comasche)	Bini e Vanin, 1974
	- Grotta Guglielmo (Prealpi Comasche)	Vanin, 1974
Mindel-Riss	- Grotta Paglicci (Gargano)	
	- Breccia di Boscochiesanuova (Lessini veronesi)	Bartolomei e Pasa, 1970
	- Grotta del Broion (M. Berici)	Magaldi e Raspi, 1976
Riss o pre-Riss	- Riparo Visogliano (Carso di Trieste)	Bartolomei, Peretto e Sala, 1976
	- Grotta del Poggio (Cilento)	
Riss-Würm o pre Riss-Würm	- Grotta Tina (Cilento)	
	- Grotta Uluzzo C (Salento)	Borzatti Von Löwenstern e Magaldi, 1969
	- Grotte di Monfenera (Piemonte)	Fedele, 1974

Come si vede i depositi di grotta riferibili al Pliocene e al Pleistocene inferiore sono molto rari; questo fatto indurrebbe ad assegnare un'età relativamente recente alla grande maggioranza delle grotte.

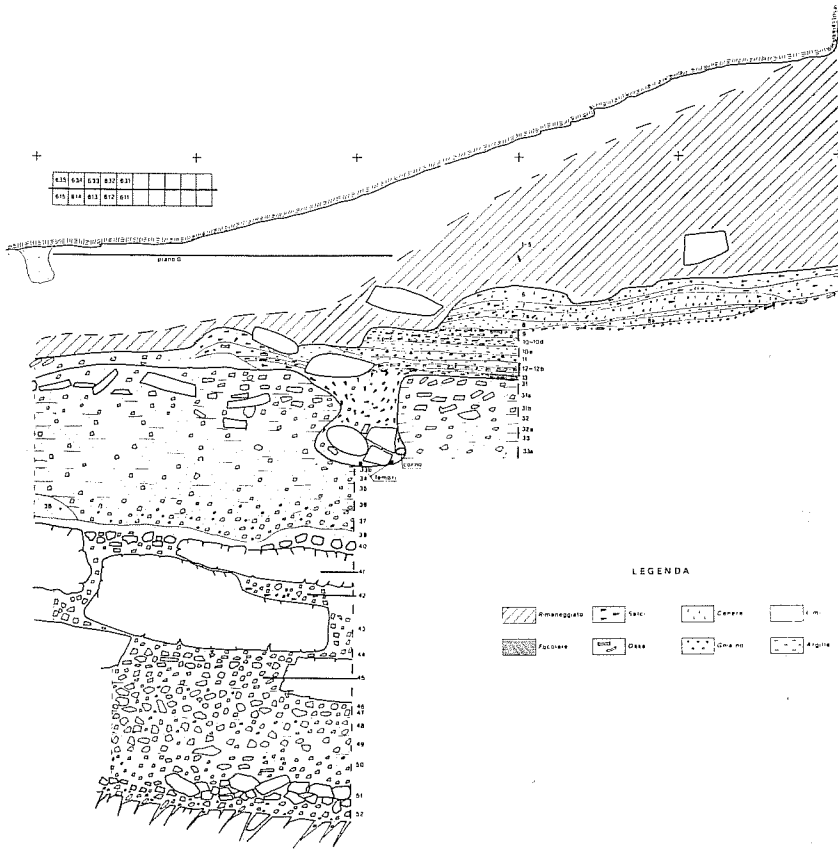


FIG. 6 - Stratigrafia dei depositi interni del Riparo Tagliente nei Monti Lessini (da M. Cremaschi, G. Guerreschi, P. Leonardi, C. Peretto, B. Sala, in «Lessinia, ieri, oggi e domani 1980).

La sezione stratigrafica evidenzia la relativa complessità dei depositi di grotta, nei quali sono frequenti le lacune (linee continue, in particolare fra i livelli 31 e 13 e 6 e 5). Fra i vari strati si notano variazioni nel contenuto di frammenti angolosi di roccia, di origine crioclastica (frantumati dal gelo durante le fasi fredde ed umide), e dei limi prevalentemente di origine eolica (loess), cioè depositi dal vento durante periodi freddi subaridi. I caratteri dei sedimenti, le associazioni faunistiche, i tipi di vegetazione e le industrie litiche hanno reso possibile la ricostruzione della storia ambientale di questo territorio prealpino fra la fine dell'Interglaciale Riss-Würm e la chiusura dell'ultima glaciazione (Würm).

E' in base a tentativi più o meno approfonditi e documentati di analisi, comprendenti più di uno dei punti sopracitati che alcuni studiosi hanno tentato una ricostruzione dell'evoluzione paleogeografica di una regione carsica.

D'Ambrosi, 1971, 1973, e Maucci, 1961, abbozzano uno schema evolutivo del Carso Triestino riconoscendo: 1) una fase di peneplanazione durante il Miocene inferiore, 2) una fase di morfogenesi fluviale nel Miocene medio e superiore, durante la quale la rete idrografica si modifica in rapporto alle pulsazioni tettoniche, 3) una fase di morfogenesi carsica durante il Plio-Pleistocene. Secondo Gams, 1972a, nel Carso sloveno sarebbero stati asportati in media 600 metri di roccia carbonatica, dopo l'erosione della copertura flyschioide: ciò può aver comportato lo smantellamento progressivo di grandi sistemi carsici ipogei. Secondo Habic, 1968a, 1968b, nella Slovenia montuosa occidentale l'evoluzione del paesaggio carsico data dal Pliocene medio ad oggi: nel Pliocene caldo-umido si verifica una fase di morfogenesi carsica di tipo subtropicale, seguita, al passaggio Plio-Pleistocene, da un periodo di intensa carsificazione con forte approfondimento delle valli; durante il Pleistocene prevalgono condizioni periglaciali e glaciali. Aspetti dell'evoluzione del Carso Sloveno durante il Quaternario vengono discussi da Gams, 1972a.

Nel Montello (TV) Abrami e Massari, 1968, ritengono che la fase decisiva del modellamento carsico sia riferibile al cataglaciale mindeliano. Su questo rilievo si osserva una graduale diminuzione della frequenza e dimensioni delle doline carsiche a partire dalle superfici più elevate verso le più basse; poichè sul lato occidentale si riconoscono alcuni terrazzi orografici che sono stati datati al Günz, Mindel e Riss è possibile stabilirne una correlazione con le forme carsiche. Le fasi di carsificazione delle diverse superfici, così come i periodi di erosione dei terrazzi in roccia, sarebbero inscrivibili nel quadro dell'evoluzione neotettonica di questo rilievo, del tipo anticlinale in corso di sollevamento.

Nell'ambito del carso dell'Abruzzo, Demangeot, 1965, ritiene che nell'Oligo-miocene la Maiella rappresentasse un'isola tropicale interessata da fenomeni di spianamento carsico. Durante il Pliocene, dopo l'importante fase di spianamento del Miocene superiore, il modellamento carsico sarebbe stato irrilevante a causa del clima semiarido. Lo sviluppo del drenaggio carsico, in particolare nel Gruppo del Gran Sasso, sarebbe riferibile soprattutto ai periodi

freddi semiumidi del pre-Riss e del Riss. Il carattere semiarido dei climi degli interglaciali avrebbe limitato la formazione di suoli di tipo lateritico, che qui sono praticamente assenti anche all'interno delle conche e dei piani carsici. L'entità dell'erosione media plio-pleistocenica dei calcari si aggirerebbe intorno ai 100 metri; l'età delle doline con diametri di 2-10 m sarebbe postwurmiana; quelle

Development Phases of the Postojna Cave System

Phase	The Caves of Postojna			Planinske Jema			Time
	The Underground Pivka	dry galleries		water channels	dry galleries		
10	the bottom deepening into the rock and sediment flood loam, black Mn cover	sinter, 8 000 b. p. concretions collapse, soil subsidence, sediments washing off		deepening of the bottom into the rock till 450 m. at spring, rocky levels, black Mn cover	sinter, concretions collapse, soil subsidence, sediments washing off		Holocene
9	sinter.	sinter, 12 000 b. p.		sinter	sinter		Postglacial
7	allothonous sediments discharge till 3 m/s	breakdown rocks, flood loam and sand		syphons origin, discharge among sediments	flood loam		Upper Würm
6	ponors at 510 m	sinter, 40 000 b. p.		sinter	sinter		Middle Würm
5	ponors at 515 m	breakdown rocks, younger laminated loam flysch sand, gravel ponors at 525 m.		younger laminated loam, limestone gravel, Plan. koliševka formation	younger laminated loam		Lower Würm
	?	sinter, red loam		sinter, 80 000 b. p.	sinter, 80 000 b. p.		Riss-Würm
		rubble, ice wedges, white chert gravel, ponors at 530 m.		?	white chert gravel, recent galleries in the rock		Riss
		?		older laminated loam	older laminated loam		Middle Quaternary
		coloured chert particles and gravel ponors at 530 m.		coloured chert gravel, springs at 460 m.			
		?					

	<p>Legend</p> <p>erosion</p> <p>allothonous accumulation</p> <p>autothonous accumulation</p>
--	---

Fig. 7 - Schema evolutivo del sistema delle grotte di Postumia. Sono indicate le diverse fasi di sviluppo sia delle grotte assorbenti di Postumia che di quelle sorgenti di Planina (da R. Gospodaric, in «Acta Carsologica», 7, 1976).

con diametri di 50-60 m sono ritenute più antiche anche se difficilmente databili; molto antiche ed anteriori ad un'importante fase neotettonica sarebbero le grandi doline con diametri superiori a 100-200 m, frequenti soprattutto sul versante tirrenico dello Appennino.

Bini e Cappa, 1977, propongono due modelli di evoluzione del sistema carsico ipogeo del Monte Bisbino sul Lago di Como.

Secondo il modello «Terziario» la fase della speleogenesi freatica sarebbe pre-messiniana seguita da un'evoluzione di tipo vadoso in seguito al veloce approfondimento del canyon di Como durante il Messiniano e quindi a vari complessi eventi di riempimento e svuotamento delle gallerie durante le alternanze climatiche del Plio-Pleistocene. Secondo il modello «Quaternario» lo sviluppo freatico dei sistemi sarebbe premindeliano, l'evoluzione vadosa catamindeliana e post-mindeliana. Tale evoluzione vadosa sarebbe stata accompagnata durante il Riss da eventi neotettonici che hanno leggermente dislocato le pareti delle gallerie, e quindi da episodi di concrezionamento durante gli interglaciali, riempimento durante i cataglaciali e gli interglaciali, erosione durante i glaciali. Fra i due modelli gli autori sembrano preferire quello «Terziario».

Per quanto riguarda il sistema carsico della Piuca (o di Postumia e Planina) Gospodaric, 1976, ha riconosciuto 10 fasi di cui le prime sono riferibili al Quaternario medio (forse Mindel-Riss; fig. 7), nel Riss si sono verificati importanti episodi di deposizione nelle cavità e nelle conche con parziale riempimento dei polje di Postumia e Planina: fasi di concrezionamento sono riferibili all'Interglaciale Riss-Würm e agli interstadiali temperati wurmiani; nel Würm 3° ci sono stati episodi di inondazione con erosione dei depositi; nel Postglaciale episodi di concrezionamento. Durante lo sviluppo del sistema si è verificato un approfondimento dei punti assorbenti nel polje di Postumia (di circa 25 m, da 535 a 510 m s.l.m.) e delle sorgenti nel polje di Planina (di 15 m, da 465 m s.l.m. a 450 m s.l.m.), in rapporto con l'evoluzione del fondo dei polje, ricostruibile in base allo studio dei «terrazzi di polje» (Gams, 1972b).

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I pochi schemi, sull'evoluzione di territori carsici diversi, appena riportati, ci confermano nella convinzione che ogni «regione carsica» ha una sua storia particolare, notevolmente complessa, che può essere chiarita nelle sue linee essenziali solo attraverso una accurata indagine interdisciplinare, in cui al carsologo si affianchino numerosi specialisti quali il sedimentologo, il palinologo, il paleontologo animale, l'archeologo preistorico, il fisico isotopico, il bio-speleologo, ecc...

Per quanto riguarda l'aspetto cronologico, risulta con chiarezza che i paesaggi carsici italiani superficiali e profondi, che noi conosciamo, sono da considerarsi, per quanto riguarda i loro lineamenti principali, nella grande maggioranza, di età quaternaria, anche se alcune forme possono venire interpretate come «relicte» di fasi di modellamento piuttosto antiche (Sauro, 1981).

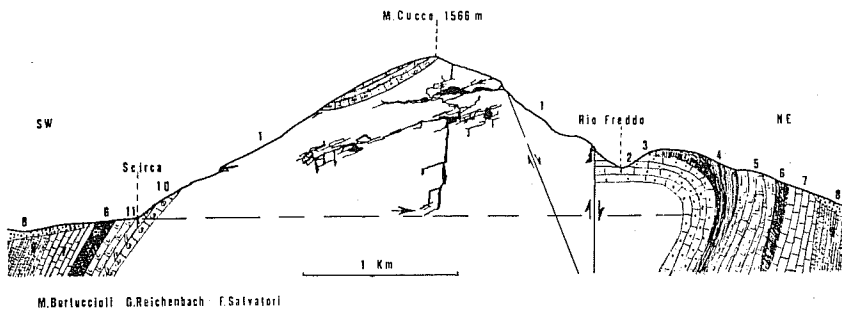


FIG. 8 - Il sistema carsico di M. Cucco. Si tratta di un tipico sistema carsico «di attraversamento», cioè che «perfora» un blocco carbonatico in via di sollevamento. Se il livello carsico ora attivo deve estendersi fra il Rio Freddo e la sorgente Scirca si può ritenere che i livelli superiori si siano individuati in passato, quando il blocco calcareo risultava meno emergente rispetto alle altre rocce incassanti. La «stratificazione verticale» del sistema assume perciò significato cronologico in rapporto con l'evoluzione neotettonica e morfologica del rilievo ((da M. Bertuccioli, G. Reichenbach, F. Salvatori, in «Rass. Spéleol. It.» Mem. 12, 1978).

Questo fatto ci è suggerito, oltre che dalle considerazioni sulla velocità della morfogenesi carsica, dallo studio dei depositi delle grotte. Non si deve però dimenticare come numerose grotte, pur inattive, risultino prive di depositi, e che in molti casi tali depositi possono essere ritenuti come notevolmente più recenti delle cavità che occupano. Così nelle grotte delle Alpi e dell'Appennino, ove sono documentabili più fasi di riempimento e di erosione dei depositi, l'età della più antica delle fasi di riempimento va comunque considerata come un termine cronologico minimo, relativamente alla fase speleogenetica. Alcuni dei sistemi carsici dell'Appennino, in corso di esplorazione, devono essersi originati in rapporto a situazioni morfologico-strutturali ben diverse da quelle attuali in un passato geologico non troppo recente, forse pre-quaternario (es.: parte alta del sistema del Monte Cucco nell'Appennino Umbro-Marchigiano, fig. 8; varie cavità delle Apuane).

Nell'approccio cronologico occorre comunque tener ben presenti i caratteri peculiari del fenomeno carsico. Infatti le reti delle cavità carsiche ipogee, e le relative forme superficiali connesse, presentano una grande varietà di aspetti e comportamenti idrogeologici. I casi estremi sono rappresentati o da poche grandi condotte irregolarmente spaziate e funzionalmente indipendenti, o da una fitta rete tridimensionale di minuscole cavità intercomunicanti; nel primo caso le cavità si presentano come elementi di uno «spazio discontinuo non omogeneo», nel secondo si tende ad uno «spazio discontinuo omogeneo». Il fenomeno carsico è perciò «focalizzato» lungo poche direttrici, oppure «diffuso». Diffusione e focalizzazione del fenomeno carsico vanno considerati non solo nelle dimensioni spaziali, ma anche in quella temporale; così il fenomeno carsico può diffondersi a partire da una cavità già esistente verso altre masse rocciose sottostanti o contigue, «focalizzandosi» lungo determinate direttrici, entro spazi temporali che dipendono da molteplici fattori geologico-storici, strutturali, morfologici, climatici ecc.. Per questo una cavità carsica non va considerata come una forma isolata, ma come un'entità che è stata ed è in rapporto con molte altre forme, alcune delle quali non esistono più, essendo state demolite dall'erosione. Così una grotta può essersi evoluta come «focus di corrosione accelerata» per un certo tempo, a partire da cavità carsiche già esistenti, che divenivano inattive man mano che la corrosione allargava, verso il basso, nuove cavità. Quindi ha un senso relativo parlare di età di una grotta poichè ogni grotta è qualcosa di aperto, non finito, comunicante con altre cavità e con l'esterno. La grotta, intesa come cavità accessibile all'uomo, altro non è se non una «finestra» spaziale rivolta verso un complesso sistema di vuoti carsici sotterranei; dal punto di vista funzionale questi sono strettamente connessi fra di loro, con le forme del rilievo esterno e con i processi che all'esterno operano, e perciò in grado di fornirci indicazioni ambientali e paleo-ambientali.

Nell'ambito delle Scienze Naturali lo studio dei rilievi carsici rappresenta oggi uno dei campi più stimolanti di ricerca ambientale e paleoambientale, occasione di stretta e proficua collaborazione interdisciplinare e di progresso scientifico. Ci si augura che quest'occasione venga colta e valorizzata, particolarmente in un Paese come il nostro ove i paesaggi carsici mostrano una così ampia distribuzione ed una notevolissima varietà di aspetti. Una migliore cono-

scenza delle aree carsiche potrà rendersi necessaria anche nella promozione di un turismo di tipo naturalistico-culturale e per una migliore pianificazione e gestione del territorio.

SUMMARY

After a brief illustration of the Italian karst regions, which as a whole constitute about 1/4 of the total country area, some informations about the paleokarsts are summarized.

The actual karst regions correspond with the Mesozoic carbonate platforms. These make up part of the Alpine edifice of the Mediterranean which developed from a complex of continental and oceanic crust fragments compressed between the large cratonic blocks of Africa and Europa. In particular the platforms originated from some continental blocks on which deposition of deep series of carbonate deposits took place.

The Alpine orogeny is the cause of important geographical changes and especially of the closure of the Tethys, and of the desiccation of the «Lago-Mare» during the Messinian.

The erosion of the Alpine ranges was impressive and also accelerated during the Pleistocene by the expansion of the glaciers and the periglacial processes.

If one considers that in the Italian regions the actual mean rates of karst denudation are between 20 and 100 mm/1000 yr it may be deduced that many of the largest karst forms (great dolinas, polje) developed since the middle or lower Pleistocene, or in some cases the Pliocene. Otherwise it is probable that most of the caves of these ages have been destroyed by erosion. In fact the age of the filling deposits is mostly of middle or upper Pleistocene. However only few data on chemical deposits are still available, although the feasibility of many modern techniques of analysis (isotopic, paleomagnetic...).

On the basis of data available from bibliography the Quaternary evolution of some karst regions are briefly outlined.

As a final statement the author apologizes that the caves cannot be considered as closed and independent systems, but rather as open microenvironments in continuous evolution, even with variable rates in time and space. So it is questionable to speak of the age of a cave.

BIBLIOGRAFIA

- AA. VV., 1969 - Problems of the Karst denudation. - *Studia Geographica*, Brno, **5**, 1969, 166 pp.
- AA. VV., 1976 - Un deposito tardovurmiano con tronchi subfossili alle Fornaci di Revine (Treviso). - *Boll. Comit. Glac. It.*, **24**, pp. 22-63.
- AA. VV., 1976b - La préhistoire française. - CNRS., t. I/1, 759 pp.
- AA. VV., 1976c - Karst processes and relevant landforms. - A cura di I. Gams; *Int. Speleol. Union, Dept. of Geogr. Ljubljana*, 211 pp.
- AA. VV., 1977a - History of the Mediterranean salinity crisis. - *Nature* **267**, n. 5610, pp. 399-403.
- AA. VV., 1977b - L'Italia nell'ambito dell'evoluzione del Mediterraneo. - *Mem. Soc. Geol. It.*, **13**, suppl. 2, Atti Congresso Parma 1974, 476 pp.
- AA. VV., 1978 - Messinian Evaporites in the Mediterranean. - *Mem. Soc. Geol. It.*, **16**, Erci Seminar 1975, 387 pp.
- AA. VV., 1979 - Bulletin dell'Association Française pour l'étude du Quaternaire, 1979, **1-2** (numero monografico contenente vari contributi sui metodi di cronologia assoluta ed analisi isotopica), 96 pp.

- AA. VV., 1980 - Problèmes de stratigraphie quaternaire en France et dans les Pays limitrophes. - Suppl. Bull. A.F.E.Q., N.S. **1**, 372 pp.
- ABEL G., 1962 - Die Entstehung der alpinen Salzburgs im Tertiär. - Actes Deuxième Congr. Int. Spéléol., Bari-Lecce-Salerno, 1958, **1**, pp. 285-258.
- ABRAMI G., MASSARI F., 1968 - La morfologia carsica del colle del Montello. - Riv. Geogr. It., **75**, 45 pp.
- ALVAREZ W., COCOZZA T., WEZEL F.C., 1974 - Fragmentation of the Alpine orogenic belt by microplate dispersal. - Nature, **248**, n. 5446, pp. 309-314.
- AMBROSETTI P., BARTOLOMEI G., DE GIULI C., FICCARELLI G., TORRE D., 1979 - La breccia ossifera di Slivia (Aurisina-Sistiana) nel Carso di Trieste. - Boll. Soc. Paleont. It., **18**, pp. 207-220.
- ANDREOLOTTI S., 1966 - I depositi di riempimento nelle cavità del Carso Triestino. - Atti e Mem. Comm. Grotte «E. Boegan», v. 5, pp. 49-71.
- ANELLI F., 1959 - Nomenclatura italiana dei fenomeni carsici. - Le Grotte d'Italia, s. 3, **2**, pp. 5-36.
- ANELLI F., 1967 - Testimonianze di oscillazioni della linea di riva durante il Quaternario in due grotte della Puglia: nella grotta di S. Angelo di Statte e nella grotta di Zinzulusa. - Le Grotte d'Italia, s. 4, **1**, pp. 7-16.
- AUBOUIN J., 1972 - Paleotectonique, tectonique, tarditectonique et neotectonique en Méditerranée moyenne. - Bull. Geol. Soc. Greece, 23° Congr. CIESM - 1972, pp. 3-10.
- BALBIANO D'ARAMENGO C., BERGERONE V., COSSUTTA F., 1977 - Karst du Mongioie (Italie): un exemple typique du Karst de Montagne. - Proc. 7th. Int. Speleol. Congress, Sheffield 1977, pp. 17-20.
- BARDOSY Gy., 1973 - Evaluation quantitative des bauxite de Karst. - I.C.S.O.B.A., 3° Congrès Intern., Nice 1973, pp. 17-24.
- BARRERE P., 1964 - Le relief karstique dans l'ouest des Pyrénées centrales. - Rev. Belge de Géogr. **88**, pp. 9-63.
- BARSCH D., 1969 - Studien zur Geomorphogenese des zentralen Berner Jura. - Basler Beiträge zur Geographie, **9**, 221 pp.
- BARTOLOMEI G., 1958 - Resti di un carsismo terziario nei Colli Berici. - Actes Deuxième Congr. Int. Spéléol., Bari-Lecce-Salerno 1958, **1**, pp. 216-219.
- BARTOLOMEI G., 1969 - Considerazioni ecologiche sulle faune pleistoceniche dell'Europa continentale scimmie ed isticri. - Scritti sul Quaternario in onore di A. Pasa, Museo Civ. St. Nat. Verona, pp. 39-52.
- BARTOLOMEI G., PASA A., 1970 - La breccia ossifera di Boscochiesanuova nei Monti Lessini (Verona): i depositi e la fauna. - Mem. Museo Civ. St. Nat. - Verona, **17**, pp. 475-494.
- BARTOLOMEI G., SALA B., 1972 - Nuovi dati paleontologici e paleoecologici sugli stambecchi cacciati dagli uomini preistorici di alcuni giacimenti italiani dell'ultimo glaciale e del primo post-glaciale. - Estr. da «Una vita per la Natura», in onore di R. Videsott nel cinquantenario del Parco Naz. del Gran Paradiso, pp. 101-120.
- BARTOLOMEI G., BROGLIO A., GUERRESCHI A., LEONARDI P., PERETTO C., SALA B., 1974 - Una sepoltura epigravettiana nel deposito pleistocenico del Riparo Tagliente in Valpantena (Verona). - Riv. Sc. Preist. **29**, pp.
- BARTOLOMEI G., BROGLIO A., 1975 - Risultati preliminari delle nuove ricerche nei depositi quaternari della Grotta A di Veia. - Boll. Museo Civ. St. Nat. Verona, **22**, pp. 217-238.
- BARTOLOMEI G., PERETTO C., SALA N. 1976 - Depositi a loess con Ochotona e rinoceeronte nel Carso di Trieste. - Acc. Naz. Lincei, s. 8, **41**, f. 3-4, pp. 280-283.
- BATTAGLIA R., 1933 - L'età dei più antichi depositi di riempimento delle caverne. - Atti del I° Congr. Speleol. Naz., Trieste 1933, pp. 199-219.
- BATTIAU-QUENEY Y., 1968 - Mise en évidence d'un Karst tropical fossile au Pays de Galles. - Norois, **77**, pp. 136-140.
- BAUER F., 1958 - Nacheiszeitliche Karstformen in den österreichischen Kalkhochalpen. - Actes Deuxième Congr. Int. Spéléol., Bari-Lecce-Salerno, 1958, t. 1, pp. 299-328.

- BAUER F., 1964 - Kalkabtragungsmessungen in den österreichischen Kalkhochalpen. - *Erdkunde*, **18**, pp. 95-102.
- BELLONI S., OROMBELLI G., 1972 - I depositi fluviali di riempimento di alcune cavità carsiche nei dintorni di Trieste. - *Riv. It. Paleont.* **78**, pp. 163-172.
- BELLONI S., MARTINIS B. & OROMBELLI G., 1972 - Karst of Italy. - *Karst: Important Karst Regions of the Northern Hemisphere*, M. Herak and V.T. Stringfield ed., Elsevier, Amsterdam, pp. 85-128.
- BENETTI A., CRISTOFERI W., 1968 - La grotta del «M. Gaole» e i «Covoli di Velo» nei Lessini Veronesi. - *Studi Trent. sc. Nat.*, **B.**, **45**, pp. 270-283.
- BENVENUTI G., SAURO U., 1977 - Morphological and geophysical surveys on some dolinas of the southern M. Baldo (Venetian Pre-Alps). - *Proc. 7th. Int. Speleol. Congress, Sheffield 1977*, pp. 33-37.
- BERTOLANI M., ROSSI A., 1972 - La Grotta Michele Gortani (31E/BO) a Gessi di Zola Predosa (Bologna). - *Rass. Speleol. It.*, mem. **10**, pp. 206-245.
- BERTOLANI M., 1975 - Aspetti del fenomeno carsico nei gessi. - *Le Grotte d'Italia*, **4**, pp. 198-218.
- BERTUCCIOLI M., REICHENBACH G., SALVATORI F., 1978 - Rapporti fra l'idrografia sotterranea di Monte Cucco e la sorgente Scirca, - *Atti XII° Congr. Naz. Speleol.*, *Rass. Speleol. It.*, Mem. **12**, pp. 161-175.
- BINI A., CAPPÀ G., 1975 - Appunti sull'evoluzione e distribuzione del carsismo nel territorio del Monte Generoso (Cantone Ticino) in rapporto al vicino territorio comasco. - *Atti 5° Congr. Svizzero Speleol., Interlaken 1974*, pp. 61-67.
- BINI A., VANIN A., 1974 - Il Carsismo profondo della valle del Nosé (Como). - *Atti del 9° Congr. Speleol. Naz.*, Genova, 1972, pp. 153-171.
- BINI A., CAPPÀ G., PELLEGRINI A., 1977 - Ricerche sugli aspetti del fenomeno carsico profondo nel Gruppo delle Grigne (Lombardia): V° Il carsismo nella zona Bregai-Val Laghetto (Circo di Moncodeno), parte II. - *Le Grotte d'Italia*, s. **4**, **6**, Bologna 1976, pp. 5-72.
- BINI A., CAPPÀ G., 1977 - The development of Bisbino Mt. hypogean Karstic System in correlation with the paleogeographical evolution of the Region. - *Proc. 7th. Int. Speleol. Congress, Sheffield 1977*, pp. 38-44.
- BINI A., GORI S., 1977 - Patine di manganese in grotta: possibili origini e significato speleocronologico. - *Atti e Mem. Comm. Grotte «E. Boegan»*, **16**, p. 131-146.
- BINI A., CITA M.B., GAETANI M., 1978 - Southern Alpine Lakes - Hypothesis of an erosional origin related to the messinian entrenchment. - *Marine Geology*, **27**, pp. 271-288.
- BIROT P., 1965 - Critères des déformations tectoniques quaternaires (spécialement dans le monde méditerranéen). - *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn.*, **7**, pp. 185-196.
- BIROT P., 1966 - Le relief calcaire. - *Centre Doc. Universit.*, Paris, 238 pp.
- BIROT P., 1969 - La géomorphologie quaternaire dans les régions méditerranéennes principalement d'après les publications françaises. - *Etud. franç. Quatern. Suppl. Bull. A.F.E.Q.*, pp. 173-192.
- BISIACCHI G., 1968 - Considerazioni sul fenomeno carsico dell'Altopiano dei Sette Comuni. - *Ann. Gruppo Grotte Ass. 30 Ottobre, CAI, Trieste*, **2**, pp. 11-41.
- BLANC J.J., 1969 - Le Karst sous-marin au sud de la Provence et ses problèmes. - *Méditerranée*, **7**, pp. 123-124.
- BLEAHU M.D., 1972 - Karst of Rumania. - *Karst: Important Karst Regions of the Northern Hemisphere*, M. Herak and V.T. Strigfield Ed., Elsevier, pp. 341-353.
- BLEAHU M., 1974 - Morfologia carstică. - *Ed. Stintifica, Bucaresti*, pp. 590.
- BOCCHINI VARANI M.A., 1971 - Un'area carsica nell'alto Esino. - *Boll. Soc. Geogr. It.*, **10**, pp. 31-85.
- BÖGLI A., 1960 - Les phases de dissolution du calcaire et leur importance pour les problèmes karstiques. - *Rass. Speleol. Ital.*, Como **10**, pp. 167-180.
- BÖGLI A., 1970 - Le Hölloch et son Karst. - *A la Baconnière, Neuchatel*, 109 pp.
- BÖGLI A., 1971 - Karstdenudation - das Ausmass des korrosiven Kalkabtrags. - *Regio Basilensis*, **12**, pp. 163-174.
- BONNEFONT J.C., 1972 - La Crête, étude morphologique. - *Thèse Paris IV, 1971*, 845 pp.

- BORZATTI VON LÖWENSTERN E., MAGALDI D., 1969 - Risultati conclusivi dello studio paleontologico e sedimentologico della grotta di Uluzzo C (Nardò, Lecce). - Rivista Sc. Preist., **24**, pp. 15-64.
- BORTOLAMI G.C., FONTES J. Ch., MARKGRAF V., SALIEGE J.F., 1977 - Land, sea and climate in the Northern Adriatic Region during late Pleistocene and Holocene. - Paleogeogr., Paleoclimat., Paleocl., **21**, pp. 139-156.
- BRANCACCIO L., CINQUE A., SGROSSO I., 1975 - La grotta di S. Barbara nel contesto della evoluzione geomorfologica della piana di Agerola (Penisola Sorrentina). Ann. Speleol. C.A.I. Napoli 1974-75, pp. 7-16.
- BRANCACCIO L., DI NOCERA S., RODRIGUEZ A., 1978 - Il carsismo nell'Appennino meridionale. - Atti Convegno Int. «Processi Paleocarsici e Neocarsici nell'Italia Meridionale», Napoli 1978, in corso di stampa.
- BRANCACCIO L., CINQUE A., SGROSSO I., 1978 - Superfici morfologiche carsiche mioceniche riesumate dalla erosione. - Atti Convegno Int. «Processi Paleocarsici e Neocarsici nell'Italia Meridionale», Napoli 1978, in corso di stampa.
- BUTZER K.W., 1972 - Environment and Archeology. - Methuen, London, 703 pp.
- CALLEGARI P., 1933 - Fenomeni carsici nella dolomia ladina e principale dell'Anaunia. - Atti del I° Congr. Speleol. Naz., Trieste 1933, pp. 99-100.
- CAPELLO C.F., 1950 - Il fenomeno carsico in Piemonte - le zone marginali al rilievo alpino. - Centro Studi Geogr. Fis. CNR, Bologna, Ricerche morf. idrogr. carsica n. 3, 90 pp.
- CAPELLO C.F., 1952 - Il fenomeno carsico in Piemonte - le Alpi Liguri. - Centro Studi Geogr. Fis. CNR, Bologna, Ricerche morf. idrogr. carsica n. 3, 90 pp.
- CAPELLO C.F., 1955 - Il fenomeno carsico in Piemonte - le zone interne del sistema alpino. - Centro Studi Geogr. Fis. CNR, Bologna, Ricerche morf. idrogr. carsica n. 6, pp. 140.
- CAPELLO C.F., NANGERONI G., PASA A., LIPPI BONCAMPI C., ANTONELLI C., MALESANI E., 1954 - Les phénomènes Karstiques et l'hydrologie souterraine dans certaines régions de l'Italie. - Assoc. Int. Hydrol., **37**, pp. 408-437.
- CARRARO F., 1976 - Appunti sulla tettonica Quaternaria. - Gruppo di Studio del Quatern. Pad., Q. 3, Torino, pp. 1-19.
- CARRARO F., MEDIOLI F., PETRUCCI F., 1975 - Geomorphological Study of the Morainic Amphitheatre of Ivrea, Northwest Italy. - Quaternary Studies, 9° INQUA Congress, Christchurch, **2**, 1973 - pp. 89-93.
- CASALE A., VAIA F., 1972 - Relazioni fra schema deformativo e cavità carsiche nell'abisso «Michele Gortani» (M. Canin - Alpi Giulie). - Atti e mem. Comm. Grotte «E. Boegan», **11**, pp. 67-94.
- CASTELLARIN A., 1972 - Evoluzione tettonica sinsedimentaria del limite tra «Piattaforma veneta» e «Bacino lombardo» a nord di Riva del Garda. - Giorn. Geol., s. 2°, **38**, 1970, 171 pp.
- CASTIGLIONI G.B., 1964c - Forme del Carsismo superficiale sull'Altopiano del Cansiglio. - Atti Ist. Veneto Sc. Lett. Arti, Cl. Sc. Mat. Fis. Nat., **122**, pp. 327-344.
- CASTIGLIONI G.B., GELLERT J.F., 1972 - Mediterranean Region. - Manual of detailed geomorphological Mapping, J. Demek ed., Academia, Prague, pp. 177-181.
- CASTIGLIONI G.B., 1974 - Indagine sui movimenti recenti delle Alpi, programma di lavoro. - Gruppo di Studio del Quatern. Pad. Q. 1 in «Studi Trent. Sc. Nat.», A., **51**, pp. 59-67.
- CASTIGLIONI G.B., 1979 - Geomorfologia - UTET, Torino.
- CATTUTO C., 1976 - Correlazione tra piani carsici ipogei e terrazzi fluviali nella valle del fiume Esino (Marche). - Boll. Soc. Geol. It., **95**, pp. 313-326.
- CAVILLE A., 1970 - L'évolution des grottes au Quaternaire dans la France Meridionale. - Boll. Soc. Sc. Nat. Toulouse, **106**, pp. 41-53.
- CELET P., 1977 - The Dinaric and Aegean Arcs: the geology of the Adriatic. - In Nairn A.E.M., Kanes W.H., Stehli F.G. 1977, The Ocean Basins and Margins, **4A** e **4B**, pp. 503, Plenum Press, New York.
- CHARDON M., 1975 - Les Prealpes Lombardes et leurs bourdures. - These Univ. Aix-Marseille 1972, Libraire H. Champion, Paris, 2 vol. 655 pp.

- CHARDON M., 1977 - Premiers résultats d'une étude des formes Karstiques et des dépôts superficiels du Plateau de Serle (Préalpes de Brescia). - Atti Tav. Rot. Int. di carsologia, Nice-Verona-Trento 1975, in «Studi Trent. Sc. Nat., Geologica», **54**, 149-161.
- CITA M.B., 1955 - Paleogeografia del Terziario della Regione gardesana. - Riv. It. Pal. Strat., **61**, pp. 137-161.
- COIFFAIT P.E., 1975 - Microformes karstiques et fracturation au Djebel Sidi R. Gheiss (Constantinois, Algérie du Nord-Est). - Annales de Spéléol. **30**, pp. 609-618.
- COLLCUTT S.N., 1977 - Methodology in the analysis of quaternary cave sediments: a preliminary review. - Proc. 7th. Int. Speleol. Congress, Sheffield 1977, pp. 121-122.
- CORBEL J., 1957 - Les Karsts du Nord-Ouest de l'Europe e de quelques Regions de Comparaison; étude sur le rôle du climat dans l'érosion calcaire. - Inst. Etud. Rhodaniennes Univ. Lyon, Mem. et Doc., **12**, 531 pp.
- CORBEL J., 1965 - Karst de Yougoslavie (et notes sur les Karsts tchèques et polonais). - Rev. Géogr. de l'Est, **5**, pp. 245-294.
- CORRA' G., 1977 - Osservazioni su fenomeni paleocarsici terziari nei calcari eocenici delle colline di Verona. - Atti Tav. Rot. Int. di carsologia, Nice-Verona-Trento 1975, in «Studi Trent. Sc. Nat., Geologica», **54**, pp. 123-141.
- CROCE D., 1964 - Cryonival Phenomena and Karst Phenomena in the Plateau of the Sella-Group. - Erdkunde, **18**, pp. 146-148.
- CROS P., 1978 - Interpretation des relations entre sédiments continentaux intrakarstiques et molasses littorales Oligo-Miocène des Dolomites Centrales italiennes. - Atti Convegno Int. «Processi Paleocarsici e Neocarsici nell'Italia Meridionale», Napoli 1978, in corso di stampa.
- CUCCHI F., FORTI F., SEMERARO R., 1975 - Studio geomorfologico della Grotta di Padriciano (VG 12). - Atti e Mem. Comm. Grotte «E. Boegan», **15**, pp. 21-56.
- CVIJIC J., 1960 - La géographie des terrains calcaires. - Monogr. Acad. Serbe Sc. Art., t. 341, cl. Sc. Mat. et Nat. **26**, Belgrad 1960 (opera postuma).
- DAL PRA' A., STEVAN L., 1969 - Ricerche idrogeologiche sulle sorgenti carsiche della zona di Valstagna, in destra Brenta, ai piedi dell'Altipiano dei Sette Comuni. - Tecnica Italiana, **34**, n. 10, 11 pp.
- D'AMBROSI C., 1971 - Sulle attuali vedute riguardo l'evoluzione del Carso di Trieste propriamente detto, dopo la genesi della superficie di spianamento cattiano - langhiana. - Atti e Mem. Comm. Grotte «E. Boegan», **10**, pp. 29-43.
- D'AMBROSI C., 1973 - Su alcuni problemi e particolarità idrologiche delle masse carsiche della Venezia Giulia, con qualche riferimento ad altre regioni. - Atti e Mem. Comm. Grotte «E. Boegan», **12**, pp. 29-58.
- DAMIANI A.V., 1975 - Aspetti geomorfologici e possibile schema evolutivo dei Monti Sibillini (Appennino umbro-marchigiano). - Boll. Serv. Geol. It., **96**, pp. 231-314.
- D'ARGENTO B., 1977 - Le piattaforme carbonatiche periadriatiche. Una rassegna di problemi nel quadro geodinamico mesozoico dell'area mediterranea. - Atti 67° Congr. Soc. Geol. It., 1974, Mem. Soc. Geol. It., **13**, pp. 137-160.
- DE GASPERI G.B. & FERUGLIO G., 1910 - L'altopiano del Cansiglio: contributo allo studio dei suoi fenomeni carsici. - Mondo Sotterraneo, **6**, pp. 41-59.
- DEMANGEOT J., 1963 - Karst et volcanisme en Italie centrale. - Rev. de Géogr. Alp., **2**, pp. 361-367.
- DEMANGEOT J., 1965 - Géomorphologie des Abruzzes adriatiques. - Centre Rech. Doc. Cart. Géogr., C.N.R.S., n.h.s., 403 pp.
- DEMANGEOT J., 1967 - Sur une curbe de dissolution des calcaires en montagne méditerranéenne. - Phénomènes Karstiques, Mem. et Doc. C.N.R.S., **4**, pp. 185-191.
- DE MARCHI L., 1911 - Idrografia carsica dei Sette Comuni. - Uff. Idrogr. Magistrato Acque, Venezia, 47 pp.
- DONGUS H., 1972 - Schichtflächen Alb, Kuppen, Flächen Alb (S.A.). - Zeitschr. f. Geomorph. **16**, pp. 374-392.

- DUPLESSY J.C., LALOU C., DELIBRIAS G., NGUYEN H.V., 1972 - Datations et études isotopiques des stalagmites. Applications aux paléotempératures. - *Annales de Spéléol.*, **27**, pp. 445-465.
- EMILIANI C., 1966 - Isotopic paleotemperature. - *Science*, v. 154; pp. 851-857.
- FAIRBRIDGE R.W., 1970 - World paleoclimatology of the Quaternary. - *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn.*, **12**, pp. 97-104.
- FEDELE F., 1972 - Prime informazioni sul clima wurmiano delle Alpi occidentali da un giacimento di grotta (Monfenera, Valsesia). - *Rass. Speleol. It.*, mem. **10**, pp. 174-185.
- FEDELE F., 1974 - La serie stratigrafica della Grotta Ciutarum (Monfenera, bassa Valsesia). - *Atti 9° Congr. Speleol. Naz.*, Genova 1972, *Rass. Speleol. It.*, **11**, pp. 189-194.
- FEDELE F., NISBET R., 1974 - Il problema dei ciottoletti esotici nei depositi pleistocenici del Monfenera (bassa Valsesia). - *Atti del 9° Congr. Speleol. Naz.* Genova, 1972, *Rass. Speleol. It.*, Mem. **11**, pp. 171-187.
- FEDERICI P.R., 1970 - Sui rapporti tra fenomeni carsici e tettonica nella Liguria orientale. - *Mem. Acc. Lunig. Scienze «G. Capellini»*, **40**, pp. 7-18.
- FEDERICI P.R., 1977 - Tracce di glacialismo prewürmiano nell'Appennino parmense. - *Riv. Geogr. It.* **84**, pp. 105-216.
- FÉNELON P., 1974 - Karst de type tropical sous climat tempéré. - *Mem. et Doc.*, 1974, n.s. v. 15, *Phénomènes karstiques* **2**, pp. 95-103.
- FERUGLIO E., 1923 - L'altopiano carsico del Cjaorlécc nel Friuli. - *Mondo Sotterraneo*, **18**, pp. 1-89.
- FERUGLIO E., 1954 - La regione carsica di Villanova in Friuli. - *Centro Studi Alpini CNR*, pubbl. 54, *Ist. Geol. Torino*, 68 pp.
- FINK M.H., 1976 - Zum Stand der phänomenologischen and typologischen Karstforschung. - *Mitt. Öster. Geogr. Gesell.*, **118**, pp. 211-236.
- FINOCCHIARO C., 1973 - Distribuzione delle cavità naturali nella zona centrale dell'Altopiano dell'Alburno (Salerno). - *Atti degli «Incontri internazionali di Speleologia»*, Salerno 1972, CAI Napoli, pp. 79-82.
- FONTES J. Ch. & BORTOLAMI G.C., 1973 - Evolution des confins adriatiques septentrionaux au Pleistocène supérieur et à l'Holocène. - *Coll. Int. C.N.R.S. N. 219* - «Les Méthodes Quantitatives d'Etude des variations du climat au cours du Pléistocène» pp. 155-161.
- FORD T.D., CULLINGFORD C.H.D., 1976 - *The Science of Speleology*. - Ed. Academic Press, London, 593 pp.
- FORNACA-RINALDI G., 1968 - Il Metodo Th^{230}/U^{238} per la datazione delle stalattiti e stalagmiti. - *Boll. Geofis. Teor. Appl.*, **10**, pp. 3-14.
- FORTI F., 1973 - Considerazioni sui depositi di riempimento delle cavità carsiche del Carso Triestino. - *Atti e Mem. Comm. Grotte «E. Boegan»*, **13**, pp. 27-40.
- FORTI F. & TOMMASINI T., 1966 - Una sezione geologica del Carso Triestino. - *Atti e Mem. Comm. Grotte «E. Boegan»*, **6**, pp. 43-139.
- FORTI F. SEMERARO R., 1978 - Segnalazione di un paleocarsismo turoniano sul Carso Triestino. - *Atti Convegno Int. «Processi Paleocarsici e Neocarsici nell'Italia Meridionale»*, Napoli 1978, in corso di stampa.
- FRÄNZLE O., 1959 - Untersuchungen über Ablagerungen und Böden im eiszeitlichen Gletschergebiet Norditaliens. - *Erdkunde*, **13**, pp. 289-297.
- FRÄNZLE O., 1961 - Bemerkungen zur Gliederung und Paläoklimatologie des oberitalienischen Pleistozäns, insbesondere des Gardasee-Gebietes. - *Erdkunde*, **15**, pp. 68-73.
- FUCHS F., 1970 - Studien zur Karst-und Glazialmorphologie in der Monte Cavallo-Gruppe, Venezianische Voralpen. - *Frankfurter Geograph. Hefte*, **47**, 114 pp.
- GABERT P., 1965 - Quelques problèmes morphologiques des plaines occidentales du Pô et de leurs piedmonts. - *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dynam.*, (2), **7**, pp. 209-222.
- GAMS I., 1972a - Geografsko Raziskovanje Krasa v Sloveniji. - *Geografski Vestnik*, Ljubljana, **44**, pp. 57-74.

- GAMS I., 1972b - Die zweiphasige quartärzeitliche Flächenbildung in den Poljen und Blindtälern des nordwestlichen Dinarischen Karstes. - Gedächtnisschrift H. Lehmann, Frankfurt, pp. 143-149.
- GAMS I., 1975 - Jama pod Babjim zobom and the Question of Würm's Analyses. - *Nase jame*, **17**, pp. 111-116.
- GAMS I., 1974 - Kras. - *Izdala Slovenska matica*, V. Ljubljani, 360 pp.
- GÈZE B., 1949 - Les gouffres a phosphates du Quercy. - *Annales de Spéléol.*, **4**, pp. 89-107.
- GÈZE B., 1953 - La genèse des gouffres. - *Actes premiere Congr. intern. Spéléol.*, Paris 1953, **2**, pp. 11-23.
- GÈZE B., 1958 - Sur quelques caractères fondamentaux des circulations Karstiques. - *Actes Deuxième Congr. Intern. Spéléol.*, Bari-Lecce-Salerno, **1**, pp. 3-22.
- GÈZE B., 1960 - L'évolution karstique (creusement, remplissage clastique, concrétionnement dans ses rapports avec les alternances climatiques quaternaires. - *Atti del Symposium Int. Speleol.*, sui riempimenti naturali di grotta; Varenna 1960, *Rass. Speleol. It. mem.* **5**, pp. 111-117.
- GILEWSKA S., 1964 - Fossil Karst on Poland. - *Erdkunde* **18**, f. 2, 128 pp.
- GLASEK J., DABROWSKI T., GRADZINSKI R., 1972 - Karst of Poland. - *Karst: Important karst Regions of the Northern Hemisphere*, M. Herak and V.T. Stringfield Ed., Elsevier, Amsterdam, pp. 327-340.
- GLOVER R.R., 1977 - A conceptual model of cave development in a glaciated region. - *Proc. 7th. Int. Speleol. Congress, Sheffield 1977*, pp. 220-221.
- GORTANI M., 1950 - Gli studi sui terrazzi fluviali e marini. - *Boll. Soc. Geogr. Ital.*, pp. 297-322.
- GOSPODARIC R., 1974 - Fluvialni sedimenti v. Krizni jami. - *Acta Carsologica*, **6**, 1974, pp. 325-363.
- GOSPODARIC R., 1976 - The Quaternary Caves Development between the Pivka kotlina and Planinsko Polje. - *Acta Carsologica*, **7**, pp. 5-135.
- GRASSI D., ROMANAZZI L., SPILOTTO G., 1975 - Caratteristiche geotecniche delle terre rosse della Puglia in relazione alla composizione chimico-mineralogica ed ai diversi tipi di depositi. - *Geol. Appl. e Idrogeol.* **10**, f. 1, pp. 309-337.
- HABBE K.A., 1969 - Die Würmzeitliche Vergletscherung des Gardasee Gebietes. - *Freilärger Geogr. Arb.* **3**, 254 pp.
- HABIC P., 1968 - The karstic region between the Idrica and Vipava rivers, (in slavo). - *Slovenska Akad. Znanosti im Umetnosti*, Cl. 4, **21**, 244 pp.
- HABIC P., 1968 - Geomorphological evolution of the mountainous Karst in West Slovenia. - *Proc. 4th Int. Speleol., Congress, Postojna - Ljubljana - Dubrovnik, 1965*, **3**, pp. 469-476.
- HARMON R.S., THOMPSON P., SCHWARCZ H.P., FORD D.C., 1975 - Uranium- Series Dating of Speleothems. - *The NSS Bull.*, 1975, **37**, F. 2, pp. 21-33.
- HASERODT K., 1969 - Beobachtungen zur Karstdenudation an Kluftkarren in glazialüberformten alpinen Bereichen. - in AA.VV. «Problems of the Karst denudation», *Studia Geographica Brno*, **5**, 1969, pp. 123-138.
- HERAK M. & STRINGFIELD V.T., 1972 - Karst - Important karst Regions of the Northern Hemisphere. - Elsevier, Amsterdam, 551 pp.
- HLADNIK J., KRANIC A., 1977 - Fluvio-glacial cave sediments-a contribution to speleocronology. - *Proc. 7th. Int. Speleol. Congress, Sheffield 1977*, pp. 240-243.
- IANNONE A., PIERI P., 1978 - Osservazioni sul carsismo fossile in Puglia. - *Atti Convegno Int. «Processi Paleocarsici e neocarsici nell'Italia Meridionale»*, Napoli 1978, in corso di stampa.
- JAKUCS L., 1977 - Morphogenetics of Karst Regions. Variations of Karst Evolution. - Adam Hilger, Bristol, 384 pp.
- JENNINGS J.N., 1972 - Karst. - *Australian National University Press*, 280 pp.
- JULIAN M., NICOD J., 1977 - Les plans de Provence - *Atti Tav. Rot. Int. di carsologia, Nice-Verona-Trento 1975*, in *Studi Trent. Sc. Nat.*, **54**, *Geologica*, pp. 209-225.
- JULIAN M., MARTIN J., NICOD J., 1978 - Les Karsts Méditerranéens. - *Com. Nat. Geogr., Comm. Phén. Karstiques, Bull.* 1/1978, 30 pp.

- KOTARBA A., 1971 - The Course and Intensity of present-day superficial chemical denudation in the western Tatra Mts. - *Studia Geomorph. Carpatho-Balcanica*, Krakow, **5**, pp. 111-127.
- KRANIC A., 1976 - Tipologie des Objets Speleologiques dans le Massif de Triglav (Alpes Juliennes). - *Acta Carsologica*, **7**, pp. 261-277.
- KRIEG W., 1968 - Das Eiszeitalter in der alpinen Höhlenbildung und Entwicklung. - Proc. 4th. Int. Speleol. Congress, Postojna - Ljubljana - Dubrovnik, 1965, **3**, pp. 165-170.
- LASZLO K., 1974 - Speleogenetic, tectonic and geosedimentologic investigations of Mt. Osztramos, (in ungherese). - *Karszt és Barlang*, 1974/1, pp. 21-26.
- LASZLO K., 1976 - Theoretical and practical questions of speleochronology, (in ungherese). - *Karszt és Barlang*, 1976, **2**, pp. 15-20.
- LATHAM A., 1977 - A feasibility study of the paleomagnetism of stalagmite deposits. - Proc. 7th. Int. Speleol. Congress, Sheffield 1977, pp. 280-282.
- LAURETI L., 1968 - Le cavità di attraversamento nell'Appennino centro-meridionale. - Proc. 4th. Int. Speleol. Congress, Postojna - Ljubljana - Dubrovnik, 1965, **3**, pp. 509-524.
- LAURETI L. 1978 - Lo stato attuale delle conoscenze sul carsismo dei Massicci Carbonatici dell'Appennino meridionale. - *Atti Convegno Int. «Processi Paleocarsici e Neocarsici nell'Italia Meridionale»*, Napoli 1978, in corso di stampa.
- LEHMANN H., 1959 - Studien über Poljen in den venezianischen Voralpen und im Hochapennin. - *Erdkunde*, **13**, pp. 258-289.
- LIGASACCHI A., RONDINA G., 1955 - Il fenomeno carsico nel territorio Varesino (Prealpi Lombarde). - *Centro Studi Geogr. Fis. C.N.R.*, Bologna, *Ricerche morf. idrogr. carsica n. 7*, pp. 119.
- LONA F., 1946 - La torbiera di Folgaria (Trento): suo significato per la storia della vegetazione e del clima postglaciale nel versante meridionale delle Alpi. - *Nuovo Giorn. Bot. Ital. N.E.*, **8**, pp. 576-600.
- LOSACCO V., 1949 - La glaciazione quaternaria dell'Appennino settentrionale. - *Riv. Geogr. It.*, **56**, pp. 90-152 e 196-272.
- MAGALDI D., RASPI A., 1976 - Nuove osservazioni su alcuni aspetti genetici e sul significato paleopedologico dei depositi della Grotta del Broion. - *Ann. Università Ferrara*, sez. 15, *Paleont. Umana e Paletn.* **2**, n. 12, pp. 354-378.
- MAIS K., 1978 - Neue Ergebnisse speleologischer Untersuchungen in den Hainburger Bergen (NÖ) und ihre wissenschaftliche Bedeutung, (in corso di stampa) - In «*Int. Speleol. Journ.*».
- MANCINI F., 1959 - Qualche riflessione sui rapporti tra Geopedologia, Geomorfologia e Geobotanica. - *Scritti geo-pedologici in onore di P. Principi*, pp. 119-143.
- MANCINI F., 1962 - Le variazioni climatiche in Italia dalla fine del Riss all'Olocene. - *Boll. Soc. Geol. It.*, **81**, pp. 36.
- MARCHESONI V., 1958b - Aspetti mediterranei lungo il margine meridionale delle Alpi con particolare riguardo al settore prealpino antistante al bacino adriatico. - *Studi Trentini Sc. Nat., B.*, **35**, pp. 47-49.
- MARINELLI O., 1917 - Fenomeni carsici nelle regioni gessose d'Italia. - «*Mem. Geogr.*», Suppl. «*Riv. Geogr. It.*», **11**, n. 34, 1917, pp. 263-411.
- MARTINI F., SALA B., BARTOLOMEI G., TONON M., CATTANI L., 1974 - La grotta Tina a Marina di Camerota (Salerno). - *Boll. Paletn. Ital.*, **81**, pp. 30-79.
- MARUSSI A., 1941 - Ipotesi sullo sviluppo del carsismo (osservazioni sul Carso triestino e sull'Istria). - *Giorn. Geol.*, **2**, n. 15, pp. 1-12.
- MAUCCI W., 1961 - La speleogenesi nel Carso triestino. - *Boll. Soc. Adriatica Sc. Nat.*, **51**, pp. 233-254.
- MAURIN V., ZÖTL J., 1966 - Ein fossiler semiarider tropisches Karst auf Ithaka. - *Erdkunde*, **20**, pp. 204-207.
- MISKOVSKY J.C., 1966 - Les principaux types de dépôts des grottes et les problèmes que pose leur étude. - *Revue de Géomorphologie dynamique*, **16**, 11 pp.

- MISKOVSKY J.C., 1976 - Les pléistocène du Midi méditerranéen (Provence et Languedoc) d'après les remplissages de grottes et abris sous roche. - In: La Préhistoire Française, a cura di H. De Lumley, CNRS, **1**, pp. 201-224.
- MORETTI A., PANNUZZI L., STAMPANONI G., ZATTINI N., 1965 - Synthèse des connaissances géo-hydrologiques des formations calcaires en Italie. - In: Hydrologie des roches fissurées Coll. de Dubrovnik, oct. 1965, pp. 293-307.
- MOSETTI F., D'AMBROSI C., 1967 - Cenni sulle vicissitudini costiere dell'Alto Adriatico dedotte dall'attuale morfologia del fondo marino. - Atti e Mem. Comm. Grotte «E. Boegan», **6**, 1966, pp. 19-33.
- MUXART T., BIROT P., 1977 - L'alteration meteorique des roches. - Pubbl. Département Géogr. Univ. Paris-Sorbonne, **4**, 279 pp.
- NANGERONI G., 1957a - Il carsismo, le grotte. In: l'«Italia Fisica». - Touring Club Italiano, Milano, pp. 284-303.
- NANGERONI G., 1957b - Il carsismo e l'idrologia carsica in Italia. - Atti 17° Congr. Geogr. It. Bari, **2**, pp. 83-111.
- NANGERONI G., 1960 - «Campi», «piani», «polja», in Italia in una recente pubblicazione. - Riv. Geogr. It., **67**, pp. 306-313.
- NICOD J., 1967 - Recherches morphologiques en Basse-Provence-Calcaire. - Studes et travaux de «Méditerranée», **5**, 558 pp.
- NICOD J., 1970 - Sur la vitesse d'évolution au cours du Quaternaire de quelques formes Karstiques superficielles. - Ann. de Géogr. **433**, pp. 311-325.
- NICOD J., 1972 - Pays et paysage du calcaire. - Presses Univ. de France, 244 p.
- NICOD J., 1974 - Recherches sur les formes glaciaires et karstiques des Massifs de l'Oserot et de la Tête de la Moise. - Mem. et Doc., 1974, n.s.v. 15, Phénomènès karstiques **2**, pp. 121-133.
- NICOD J., 1975 - Propositions pour l'examen critique de la notion de Paleokarst. - Etudes Géogr., Mélanges a G. Viers, Université de Toulouse. Le Mirail, pp. 377-391.
- NICOD J., 1977 - Deux karsts du gypse remarquables des Alpes occidentales. - Proc. 7th. Int. Speleol. Congress, Sheffield 1977, pp. 321-325.
- OMENETTO P., PERNA G., 1978 - Karst and ore deposits in the italian Southern Alps. - Atti Convegno Int. «Processi Paleocarsici e Neocarsici nell'Italia Meridionale», Napoli 1978, in corso di stampa.
- OROMBELLI G., 1971 - Concetti stratigrafici utilizzabili nello studio dei depositi continentali quaternari. - Riv. Ital. Paleont., **77**, pp. 265-291.
- PASA A., 1940 - Contributi alla conoscenza dei depositi quaternari della regione veronese. - Boll. Comit. Glac. It., **20**, 25 pp.
- PASA A., 1950 - I depositi quaternari del Ponte di Veja. Parte I: Geomorfologia. Parte II: la Fauna. - Mem. Museo Civ. St. Nat. Verona, **2**, pp. 241-308.
- PASA A., 1953 - Appunti geologici per la paleogeografia delle Puglie. - Mem. di Biogeogr. Adriatica. Venezia, **2**, pp. 175-286.
- PASA A., 1954 - Carsismo e idrografia carsica nel Gruppo del Monte Baldo e nei Lessini Veronesi. - Centro Studi Geogr. Fis., CNR, Bologna, Ricerche morf. idrogr. carsica **5**, 150 pp.
- PASA A., 1955 - Nuovi indici paleoclimatici nel deposito di Quinzano Veronese. - Atti Acc. Agr. Sc. Lett. Verona, **6**, f. 6, f. 6, 21 pp.
- PASA A., 1959 - L'azione pedogenetica profonda come fattore decisivo nella determinazione del carsismo. - Scritti geopedologici in onore di P. Principi, pp. 143-167
- PASA A., 1969 - Appunti sul Quaternario. Museo Civ. St. Nat. Verona, Mem. F.S. **3**, pp. 15-38.
- PASA A., DURANTE PASA M.V., RUFFO S., 1960 - L'ambiente fisico e biologico veronese. - In: Verona e il suo territorio, Vol. I°, Ist. Stud. Stor. Verona, pp. 5-36.
- PELLEGRINI G.B. 1970 - Un simposio a Cracovia sulla evoluzione del rilievo carsico. - Boll. Soc. Geogr. It. pp. 3-10.
- PERNA G., 1975 - Fenomeni carsici e giacimenti minerari. - Atti Seminario Speleogenesi di Varenna, 1972, in «Le Grotte d'Italia», **4**, 1973, pp. 77-158.

- PERNA G., SAURO U., 1978 - Atlante delle microforme di dissoluzione carsica superficiale del Trentino e del Veneto. - Mem. Museo Trid. Sc. Nat., **22**, 176 pp.
- PESCATORE T., SCANDONE P., SGROSSO I., 1973 - Lineamenti di geologia dei Monti Alburni. - Atti degli «Incontri internazionali di Speleologia», Salerno 1972, CAI Napoli, pp. 13-17.
- PFEFFER K.H., 1967 - Beiträge zur Geomorphologie der Karstbecken im Bereiche des Monte Velino (Zentralapennin). - Frankfurter Geographische Hefte, **42**, 86 pp.
- PRACCHI R., 1943 - Contributo alla conoscenza del fenomeno carsico in Lombardia. - Univ. Cattolica Sacro Cuore, Saggi Ric., **10**, f. 3, 105 pp.
- PRIBYL J., 1973 - Paleohydrography of the caves in the Moravsky Kras. - Ceskoslov. Akad. Ved., Geogr. Ust., Brno, St. Geogr. **28**, 64 pp.
- PULINA M., 1974 - Denudacja chemiczna na obszarach krasu Weglanowego. - Polska Akad. Nauk, Inst. Geogr. Pr. geogr. 105, Wroclaw., 159 pp.
- RADINJA D., 1974 - Le Karst proprement dit à la lumière de l'évolution plus large du relief. - Acta carsologica, **6**, 1974, pp.
- RAFFY J., 1977 - Le Karst d'Italie Centrale. - Norois, N. 95 bis, v. 24, pp. 133-147.
- RATHJENS C., 1954 - Karsterscheinungen in der klimatisch - morphologischen Vertikalgliederung des Gebirges. - Erdkunde, **8**, 120 pp.
- RENAULT P., 1976 - Les karstifications pendant le Quaternaire. - In: La Préhistoire Française, a cura di H. De Lumley, CNRS, **1**, pp. 192-200.
- RIZZINI A., DONDI L., 1978 - Erosional surface of messinian age in the subsurface of the Lombardian Plain (Italy). - Marine Geology, **27**, pp. 303-325.
- ROGLIC J., 1974 - Les caractères spécifiques du Karst dinarique. - Mem. et Doc., 1974, n.s.v. 15, Phénomènes karstiques **2**, pp. 269-278.
- SALA B., 1973 - Fauna a micromammiferi del Pleistocene superiore rinvenuta presso S. Vito di Leguzzano (Vicenza) nei Monti Lessini orientali. - Ann. Univ. Ferrara, sez. 9, **5/7**, pp. 125-145.
- SALA B., 1977 - L'ippopotamo nel Pleistocene superiore in Italia. Considerazioni paleoecologiche. - Riv. It. Sc. Preist., **32**, pp. 283-285.
- SAURO U., 1973 - Il paesaggio degli alti Lessini. Studio geomorfologico. - Museo Civ. St. Nat. Verona, Mem. f.s. **6**, 161 pp.
- SAURO U., 1974 - Aspetti dell'evoluzione carsica legata a particolari condizioni litologiche e tettoniche negli Alti Lessini. - Boll. Soc. Geol. It., 1974, pp. 945-969.
- SAURO U., 1979 - Morfologia carsica, in Castiglioni G.B., Geomorfologia. - UTET, Torino, pp. 208-254.
- SAURO U., 1981 - Morphogenetic and chronological aspects of some karst areas of the Italian Alps. - Proc. 8 th Int. Speleol. Congr. Bowling Green, USA, 556-562.
- SCHILLAT B., 1977 - Conservation of tectonic waves in the axes of stalagmites over long periods. - Proc. 7th. Int. Speleol. Congress, Sheffield 1977, pp. 377-379.
- SEGRE A.G., 1947 - Aspetti antropici del fenomeno carsico nell'Italia peninsulare. - Mem. Geogr. Antrop. **1**, pp. 185-217.
- SEGRE A.G., 1948 - I fenomeni carsici e la speleologia del Lazio. - Ist. Geogr. Univ. Roma, **7**, 248 pp.
- SEGRE A.G., 1961 - Evoluzione del modellamento carsico in relazione a cicli paleoclimatici ed orogenici nell'Appennino e in Sardegna. - Actes Troisieme Congr. Int. Spéléol., Wien.
- SERCELJ A., 1974 - Paleovegetacijske zu raziskave sedimentov Cerkniskoga jezera. - Acta carsologica **6**, 1974, pp. 233-238.
- SKRIVANEK F., RUBIN J., 1973 - Caves in Czechoslovakia. - Academia, Prague 1973, 136 pp.
- SWEETING M.M., GROOM G.E., WILLIAMS V.H., PIGOTT C.D., INGLE SMITH D., WARWICK G.T., 1965 - Denudation in Limestone Regions: A Symposium. - Geogr. Jour., **131/1**, pp. 34-56.
- SWEETING M.M., 1972 - Karst landforms. - Macmillans, London, 362 pp.
- SZYKIEWICZ A., 1977 - Infilled Dolines in Northern Part of the Polish Jura Region. - Proc. 7th. Int. Speleol. Congress, Sheffield 1977, pp. 391-392.

- THOMPSON P., SCHWARCZ P., FORD D.C., 1974 - Continental Pleistocene Climatic Variations from Speleothem Age and Isotopic Data. - *Science*, **184**, pp. 893-895.
- TONIOLO A.R., 1907 - Materiali per lo studio dei fenomeni carsici. 1. Il Colle del Montello. - *Mem. Riv. Geogr. It.*, **3**, pp. 257-393.
- TOLLMANN N., 1968 - Die paläogeographische, paläomorphologische und morphologische Entwicklung der Ostalpen. - *Mitt. Österr. Geogr. Ges.* 1968, **110**, pp. 224-244.
- TRENER G.B., 1933 - La distribuzione geologica e geografica dei fenomeni carsici nella Venezia Tridentina. - *Atti del I° Congr. Speleol. Naz., Trieste 1933*, pp. 91-97.
- TRIMMEL H., 1957 - Die Probleme der alpinen Karst- und Höhlenforschung. - *Festschrift zur Hundertjahrfeier der Geogr. Ges. in Wien*, 197-208.
- VANIN A., 1974 - La morfologia del Buco del Castello - 1309 Lo Bg. - *Atti 9° Congr. Speleol. Naz., Genova 1972*, pp. 135-144.
- VANIN A., 1974 - Appunti sulla morfologia della grotta Guglielmo 2221 Lo Co. - *Atti 9° Congr. Speleol. Naz. Genova 1972*, pp. 145-151.
- VANIN A., 1975 - La Grotta della Poderizza - 3504 Lo Bg in media Val Seriana. - *Il Grottesco* **36**, pp. 34-43.
- WARWICK G.T., 1971 - Caves and the Ice Age. - *Trans Cave Research Group of Great Britain*, **13**, pp. 123-130.
- WILLIAMS P., 1963 - An initial estimate of the speed of limestone solution in country Clare. - *Irish Geogr.*, **4**, pp. 432-441, Dublins.
- WILLIAMS P.W., 1968 - An evaluation of the rate and distribution of limestone solution and deposition in the river Ferguson Basin, Western Ireland. - *Contribution to the Study of Karst, Research School of Pacific Studies, Canberra*.
- WINKLER HERMADEN A., 1957 - *Geologisches Kräftespiel und Landformung. Grundsätzliche Erkenntnisse zur Frage Junger Gebirgsbildung und Landformung.* - Springer Verlag - Vienna, 822 pp.
- ZAGWIJN W.H., 1957 - Vegetation, climate and time correlation in the Early Pleistocene of Europe. - *Geol. Mijnb.* **19**, pp. 233-244.
- ZANFERRARI A., 1978 - Aspetti geologici dei terremoti del 1976 in Friuli. - In: *Friuli 6 maggio*, Museo Civ. St. Nat. Trieste, pp. 139-172.
- ZEZZA F., 1975 - Le facies carbonatiche della Puglia ed il fenomeno carsico ipogeo. - *Geol. Appl. e Idrogeol.*, **10/1**, pp. 1-54.
- ZWITTKOVITS F., 1966 - Klimabedingte Karstformen in den Alpen, den Dinariden und im Taurus. - *Mitt. d. Österr. Geogr. Ges.*, **108**, pp. 72-97.
- ZWITTKOVITS F., 1969 - Alters- und Höhengliederung der Karren in den Nördlichen Kalkalpen. - *Geol. Rund.*, **58**, pp. 378-395.