نحوه تشکیل غار کارستی کتله خور در استان زنجان

محسن رضایی[۱،*] و محمد نخعی[۲]
۱. استادیار گروه زمین شناسی، دانشگاه تربیت معلم، تهران
۲. استادیارگروه زمین شناسی، دانشگاه تربیت معلم، تهران

تاریخ دریافت: ۸۶/۳/۹
تاریخ پذیرش: ۸۶/۵/۱۷

چکیده

غار کارستی کتله‌خور که طولانی‌ترین غار شناخته شده در ایران می‌باشد، در منطقه تکتونیکی ایران مرکزی قرار گرفته است. این غار در سازند قم (الیگومیوسن)و در کوه سقزلو تشکیل شده است. غار کتله‌خور در سه طبقه و در محدوده ارتفاعی ۱۶۷۰ تا ۱۷۴۲ متر بالاتر از سطح دریا گسترش یافته است. غارنهشته‌هایی از جنس کلسیت شامل استالاگتیت، استالاگمیت، ستون و جریان سنگی در قسمت‌های نفوذ آب از لایه‌های بالایی در بخش‌هایی از غار یافت می‌گردد. نتایج نشان می‌دهند که این غار با کانال‌های آناستوموز توسط یک مکانیسم سیلابی و آب‌های نابرجا تشکیل شده است. طبقات مختلف غار با تغییر محل سطح ایستابی شکل گرفته‌اند.

واژه‌های کلیدی: زنجان، غار کتله خور، کارست، هیدروژئولوژی.

مقدمه

سنگ‌های کربناته و کارستی بخش‌های مهمی از ایران (۱۱٪ از رخنمون‌های سطحی) را پوشانده‌اند و سفره‌های آب موجود در این سنگ‌ها به عنوان منابع با اهمیت آب شرب محسوب می‌شوند. در بخش ایران مرکزی که منطقه مورد مطالعه این تحقیق را در بر می‌گیرد در حدود ٤٦٠٠٠ کیلومتر مربع رخنمون کارستی قرار گرفته است (ناصری، ۱۳۷۰). شناخت سفره‌های کارستی به علت کیفیت و کمیت قابل اتکاء این سفره‌ها، از اهمیت بالایی برخوردار است. یکی از راه‌های مطالعه در سفره‌های کارستی مطالعه غارهای کارستی به عنوان پنجره‌هایی به درون کارست می‌باشد که متاسفانه این مورد در ایران چندان جدی گرفته نشده است. این مطالعات بیشتر به نقشه برداری درون غارها محدود است و فقط یک مورد مطالعه مشروحی توسط رئیسی و کوثردر غار شاپور در استان فارس انجام شده است(Raeisi & Kowsar, 1997).

نوع کارست با مجموعه‌ای از ویژگی‌ها مانند وضعیت تکتونیکی، تکامل یا عدم تکامل سیستم غارها، رژیم جریان، نوع تغذیه، شکل و موقعیت تغذیه و تخلیه و شیمی آب تعیین می‌شود (Klimchouk & Ford, 2000). متغیرهای موثر بر تشکیل سیستم غارها عبارتند از میزان بارندگی، درجه حرارت، میزان دی اکسید کربن، اختلاف ارتفاع مناطق تغذیه و تخلیه، شرایط تکتونیکی، ضخامت لایه آهکی و وضعیت چینه شناسی (White, 1988). مطالعات زیادی در مورد تاثیر این عوامل توسط محققینی مانند Jennings(1985), Klimchouk and Ford (2000) و White (1988), Ford and William (1989) به انجام رسیده است. پالمر (Palmer, 1991, 2000) مطالعات زیادی در مورد منشاء تشکیل غارها انجام داده است. او غارها را به دو گروه غارهای شاخه درختی[۱] و پیچ و خم‌دار[۲] تقسیم نمود. غارهای شاخه درختی غارهایی هستند که شاخه‌های آن مانند شاخه‌های درخت به هم پیوسته است. این مقاله به معرفی و پیشنهاد مدلی که بتواند شرایط مورفولوژیکی و هیدرولوژیکی غار کتله‌خور را توضیح دهد می‌پردازد.

*نویسنده مرتبط

1 . Branch work
2 . Maze

Archive of SID
www.SID.ir

بحث

موقعیت جغرافیایی: غار کتله‌خور در موقعیت جغرافیایی ۴۸ درجه و ۸ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۵۰ دقیقه عرض شمالی در استان زنجان در شمال غرب ایران قرار گرفته است. این غار طولانی‌ترین غار ایران (۱۲۸۶۰ متر طول) و دومین غار مهم توریستی (۱۲۵۰ متر مسیر قابل بازدید عموم) کشور می‌باشد(Arshadi & Laumanns, 2004). غار در سنگ‌های آهکی و در پلانژ شمالی یک تاقدیس تشکیل شده است.

زمین‌شناسی و هوا واقلیم: غار کتله خور در زون تکتونیکی ایران مرکزی در پیشانی کوه‌های زاگرس قرار دارد (Raeisi & Laumanns, 2003). زون تکتونیکی ایران مرکزی محدوده‌ای مثلث شکل با شرایط زمین‌شناسی پیچیده می‌باشد. شکل ۱ زمین‌شناسی محدوده اطراف غار را نشان می‌دهد. سازندهای منطقه مورد مطالعه به ترتیب کاهش سن شامل: مارن، ماسه سنگ و نمک، سازند قرمز پایینی[1] آهک سازند قم و سازند قرمز بالایی[2] با سنگ شناسی مشابه قرمز پایینی، تراس‌های کنگلومرایی، رسی و مارنی و رسوبات عهد حاضر می‌باشد. غار کتله خور در سازند آهکی قم در کوه سقزلو قرار گرفته است. سازند قرمز بالایی بخاطر مقاومت کم، رخنمونی نشان نمی‌دهد. در جنوب تاقدیس سقزلو سازند قرمز پایینی در مناطقی رخنمون یافته است. غار در لایه‌ای با ضخامت تقریبی ۱۵۰ متر قرار گرفته است. امتداد لایه‌بندی از شرقی-غربی تا شمال‌غرب-جنوب‌شرق تغییر می‌کند. تحت تاثیر چین خوردگی و گسل‌های با امتداد شمالی-جنوبی شیب لایه‌ها ۱۰ تا ۱۵ درجه به سمت شمال می‌باشد. اقلیم محلی نیمه خشک با زمستان سرد می‌باشد. متوسط بارندگی سالیانه حدود ۳۰۰ میلیمتر و عمدتاً به شکل برف می‌باشد.

غیر از غار کتله خور تعداد زیادی از پدیده‌های کارستی در سازندهای آهکی منطقه دیده می‌شود. پدیده‌های کارستی عمده به شکل کارن[3]، غار و چشمه می‌باشد. چشمه کارستی گرماب در پلانژ شرقی تاقدیس قرار دارد. دبی این چشمه ۱/۵ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد .(Arshadi & Laumanns, 2004).

معرفی غار: غار کتله خور یک غار سه طبقه می‌باشد. محدوده ارتفاعی طبقات از ۱۷۰۵ تا ۱۷۴۲، ۱۶۸۵ تا ۱۷۰۵ و ۱۶۷۰ تا ۱۶۸۵ متر بالای سطح دریا می‌باشد. در شکل ۲ مقطع عمودی غار و تاقدیس نشان داده شده است. بخش توریستی غار در طبقه اول با تعداد زیادی مسیرهای حلقوی قرار دارد. طبقه اول از دو بخش تشکیل یافته است. بخش اول از ورودی غار تا اولین تالار[4] (محل شروع طبقه دوم) و بخش دوم از تالار تا انتها ادامه دارد. به نظر می‌رسد که در بخش اول طبقه اول فقط تعدادی گذرگاه‌های[5] فرعی با گسترش کم وجود داشته باشند. در این بخش دو چاه کارستی[6] وجود دارد که مقطع آنها با افزایش عمق چاه به تدریج کاهش یافته و در انتها به شکاف باریکی ختم می شوند. در واقع چون در بخش اول هیچ‌گونه معبری به بالا و پایین وجود ندارد، غار در این بخش یک طبقه دارد. در بخش دوم تعداد زیادی چاه به طبقه‌های پایین وصل می‌گردد. یکی از مشخصات این بخش ریزش وسیع سقف تالار می‌باشد. در بخشی از قسمت‌ها ریزش‌های سقف مجدداً کریستاله شده اند. پایین‌ترین نقطه ارتفاعی طبقه اول در بزرگترین ریزش[7] تالار واقع شده است.

طبقه دوم از دو بخش مجزا (۲A & ۲B) که هیچگونه ارتباطی با هم ندارند، تشکیل شده است. در بخش ۲A تعدادی فروچاله[8] با قطر ۰/۵ تا بیشتر از پنج متر وجود دارد. بخش ۲A کاملاً با خاک قرمز پوشیده شده است. میانگین ارتفاع گذرگاه‌ها و تالارها کمتر از طبقه اول می‌باشد. در بخش‌هایی از ۲A ریزش‌هایی دیده می‌شود. بخش ۲B در طول و ارتفاع از بخش ۲A بزرگتر می‌باشد. طبقه سوم عمیق‌ترین و کوچکترین بخش غار می‌باشد.

شکل ۳ نقشه پلان غار را نشان می‌دهد. گذرگاه‌ها عمدتاً در جهت سطح لایه‌بندی گسترش یافته‌اند. فراوانی گسترش گذرگاه‌ها در جهت سطح لایه‌بندی در طبقات اول، دوم و سوم به ترتیب ۴۲/۳، ۲۱ و ۲۱ درصد می‌باشد. در محاسبه این درصدها، هر جهت گسترش گذرگاه با طول آن وزن داده شده است. سطع مقطع کروی[9]، بیضوی[10] و کلیدی شکل[11] فراوانترین اشکال سطوح مقطع غار می‌باشند.

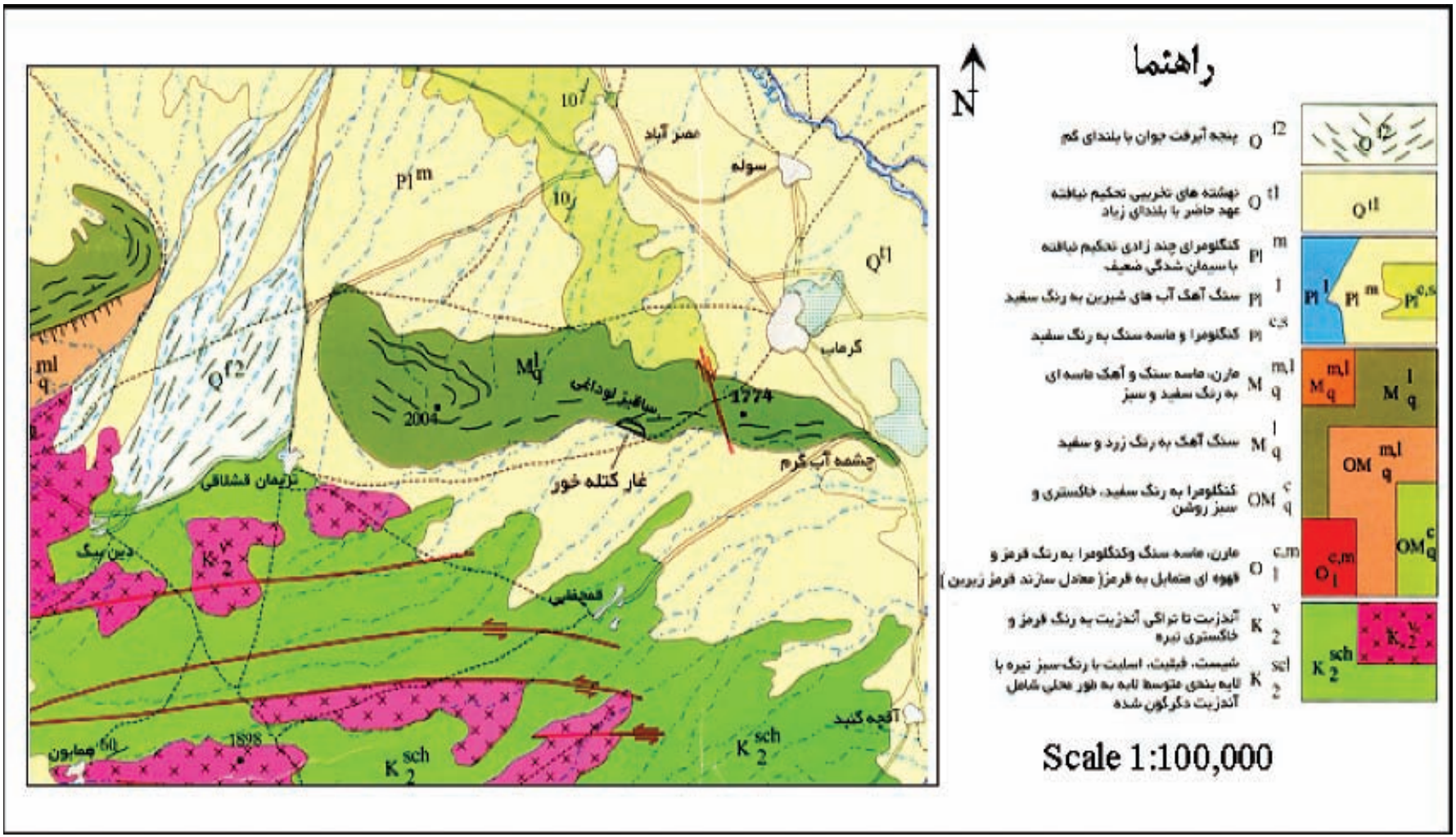
رسوبات و سازندهای غار: رسوبات آواری درون غار عمدتا رس و سیلت دانه ریز با رنگ زرد تا قرمز می‌باشد. این رسوبات کف گذرگاه‌ها را با گسترش و ضخامت متفاوتی از حدود صفر در طبقه اول تا بیشتر از ۵۰ سانتیمتر در طبقه دوم پوشانده‌اند. در طبقات اول و سوم غار نهشته‌ها سطح رسوبات را پوشانده‌اند. اما در بخش‌هایی از طبقه دوم این رسوبات نهشته نشده‌اند. رسوبات آواری با حضور لایه‌های هیدروکسید آهن و منیزیم مشخص شده‌اند.

رسوبات شیمیایی، سازندها و غارنهشته‌های متفاوتی در غار دیده می‌شود. غارنهشته‌های کلسیتی شامل استالاگتیت، استالاگمیت، ستون، روانسنگ، پرده، پوسته و گل‌های آراگونیتی در بخش‌هایی از غار که آب از بالا نشت می‌کند به وفور یافت می‌شود. شکل ٤ عکس‌هایی از این غار نهشته‌ها

1. Lower Red Formation (LRF)
2. Upper Red Formation (URF)
3. Karren
4 . Resting Room
5 . Passages
6 . Shaft
7 . Collapse
8 . Sinkhole
9 . Spherical
10 . Ellipsoidal
11. Keyholes

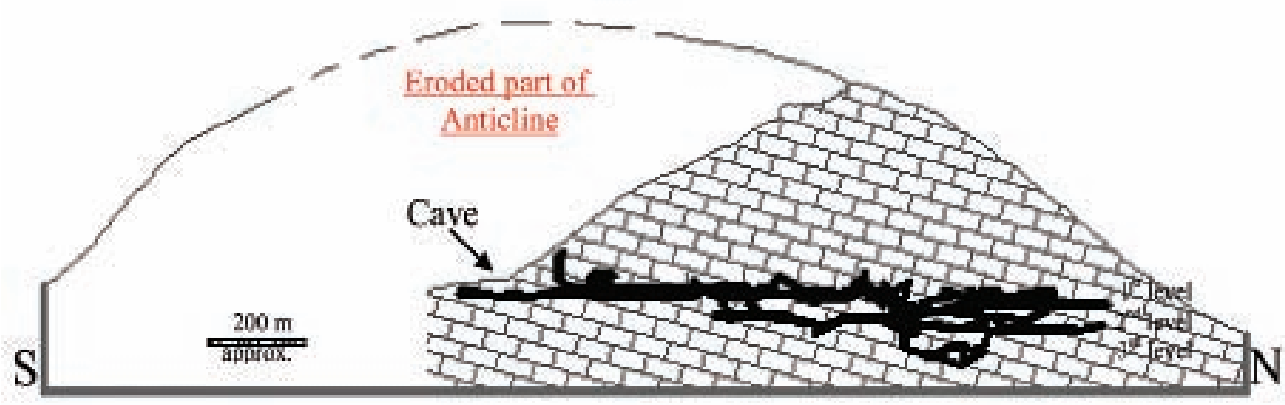
Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱ – نقشه زمین شناسی و مورفولوژی محل غار (اقتباس از نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ زرین رود، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی)

www.SID.ir



شکل ۲ – مقطع شماتیک از غار کتله خور و طاقدیس سقزلو

را نشـان می‌دهد. کریستال‌های کلسیت با شکل، اندازه و منشاء متفـاوت، معمول‌ترین سـنگ‌های غار می‌باشـند. این کانی‌ها دیواره غار را در بیشتر قسمت‌ها، به‌ویژه در بخش‌های هوازی پوشـانده‌اند. در این بخش‌ها تبخیر لایه‌های اشـباع آب که به صـورت فیلم نازک روی دیـواره جریان دارد باعث تشـکیل این رسوبات شده اسـت. در بعضی از گذرگاه‌های طبقه سوم، ژیپس فیبری در کف دیده می‌شـود. فسـیل‌های کریستاله شده در بخش‌هایی از غار دیده می‌شـود. انباشـته شدن واریزه‌ها در اثر ریزش از سـقف، معمولترین پدیده درون گذرگاه‌ها می‌باشد. ریزش سنگ از دیواره‌های غار مقطع گذرگاه‌ها را تغییر داده است و شکل مقطع اصلی دیده نمی‌شود. ریزش سقف غار باعث شده است تا در بسیاری بخش‌ها گذرگاه به مقدار قابل توجهی بالاتر از گذرگاه انحلالی اولیه به سـمت بالا رشد کرده باشد. سنگ‌های ریزشی جابجا نشده‌اند و در بخش‌هایی گذرگاه‌ها را به قطعات کوتاه تقسیم کرده‌اند. اغلب گذرگاه‌ها در غار کتله خور با ریزش مسدود شده‌اند.

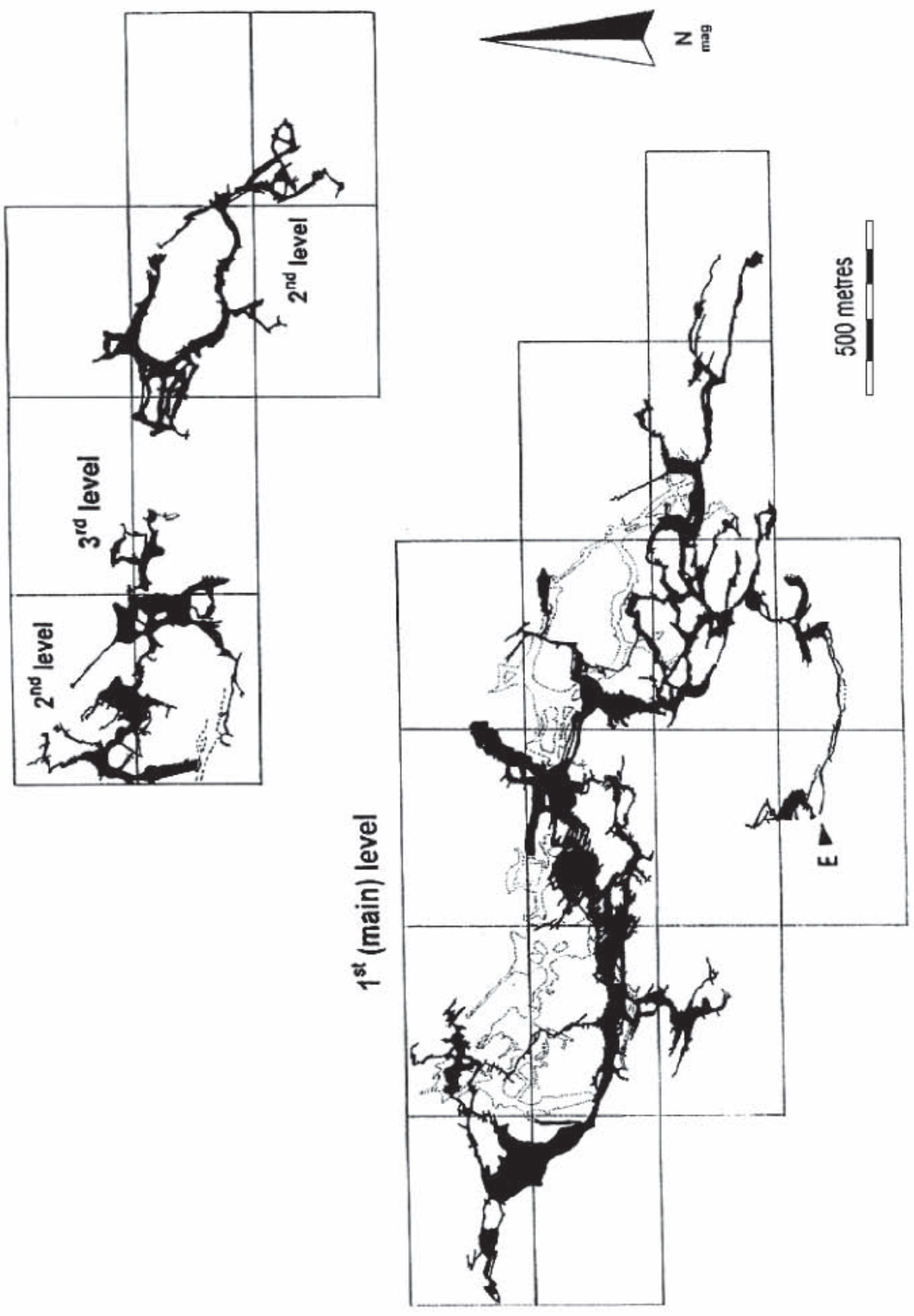
هیدرولوژی سـازند دربرگیرنده غار: در سازند کارستی قم آبخوان کارستی تشکیل شده است. سطح آب در این سازند در زمان حال پایینتر از تراز غار قرار گرفته اسـت. از این آبخوان دو چشـمه تغذیه می‌گردد. یکی چشمه کارستی گرماب با دبی متوسـط ۸٤ لیتر در ثانیه که از انتهای شـرقی رخنمون سـازند قـم خـارج می‌گردد و دیگری چشـمه‌ای با متوسـط دبی ۳۰ لیتـر در ثانیه که مظهر آن در داخل شـهر گرمـاب قرار دارد. دبی این چشـمه‌ها در هنـگام بارندگی تغییرات زیادی از خود نشـان نمی‌دهند و نسبت دبی سیلابی به دبی پایه حداکثر به ۳ می‌رسـد. این بدان معنی است که در زیر سطح ایستابی کنونی پدیده کارسـتی شـدن گسـترش چندانی نیافته اسـت. اگرچه پدیده‌های سـطحی و وجود غار نشـان از کارست پیشرفته در بخش‌هـای بالایـی آهـک دارد.

جـدول ۱ خصوصیـات هیدروشـیمیایی یـک نمونـه برداشـت شـده از چشـمه گرماب در خرداد ۱۳۸۵ را در مقایسـه با نمونه آب‌هایی که از سـقف گذرگاه‌ها به درون غار نشـت می‌کنند نشـان داده اسـت. هدایـت الکتریکی آب در چشـمه گرمـاب بسـیار بالاتـر از آب‌های درون غـار می‌باشـد. آب‌های درون غـار دارای تیـپ بیکربناته کلسـیک و آب چشـمه گرماب تیپ کلروره سدیک دارد. ایـن اختلاف در شـیمی آبها هـم می‌تواند ناشـی از عدم تکامـل کارسـت در حوضه آبگیـر چشـمه گرماب و هم ناشـی از اختـلاط آب‌های آهکی با آب بد کیفیت سـازند مارنی زیرین در خروجی چشـمه باشـد.

جدول ۱– شیمی آب‌های چکنده درون غار و آب چشمه گرماب
(غلظت یون‌ها بر حسب میلی اکی والان بر لیتر
و سختی کل بر حسب میلی گرم بر لیتر است)

پارامتر فیزیکی/ شیمیایی	نمونه چشمه گرماب	نمونه آب چکنده درون غار
EC	۲۳۰۰	۲٤٥
pH	۷/۷	۷/۷
سختی کل	۳۹۲	۱۰٥
Ca^{2+}	٤/٤٥	۱/۸٥
Mg^{2+}	۳/٤٤	۰/۲٥
Na^{+}	۱۲/۲٥	۰/۱٥
K^{+}	۰/۱	۰/۰۲
HCO_3^{-}	۳/۰٥	۱/٥
SO_4^{2-}	۰/۸٥	۰/۰٦
Cl^{-}	۱٦/٥٤	۰/۲

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۳- نقشه پلان غار کتله خور(Arshadi & Laumanns, 2004)

www.SID.ir

شکل ٤- عکس‌هایی از طبقه اول: ۱) ورودی غار ۲) یک تالار با ستون‌ها، استالاگتیت‌ها و استالاگمیت‌ها.

نتیجه گیری

طبقه‌بندی غار: غار کتله خور از نوع شبکه متصل مارپیچی[1] می‌باشد. گذرگاه‌های غار در یک الگوی متصل مارپیچی در سه طبقه تشکیل شده است (سیوند،۱۳۷۹). سه مدل ژنتیکی: آرتزین[2]، تغذیه پخشی[3] و سیلابی[4] برای گسترش غارهای پیچ و خم‌دار پیشنهاد شده است.کلیمچوک (Klimchouk,2003) ۱۱ معیار زمین شناسی، مورفولوژیکی و رسوب شناسی را برای تشکیل غار در شرایط آرتزین بیان کرده است. شش مورد از این معیارها در غار کتله خور قابل مشاهده است:

۱) یک لایه با نفوذپذیری کم(U.R.F)بر روی سازند دربرگیرنده محل تشکیل غار وجود دارد.

۲) یک لایه با نفوذپذیری بسیار کم و انحلال ناپذیر (L.R.F) در زیر سازند محل تشکیل غار قرار دارد.

۳) تعداد زیادی از گذرگاه‌ها در غار یافت می‌شوند که انتهای بسته[5] دارند.

٤) الگوی غار از الگوی شکستگی‌های سنگ انحلال پذیرتبعیت می‌کند.

۵) انتقال آب به بالا و پایین آبخوان توسط پدیده‌های مورفولوژیکی با مقیاس متوسط نظیر کانال‌های عمودی و نیمه عمودی صورت می‌گیرد. طبقه اول غار مقدار قابل توجهی از جریان‌های جانبی را جذب می‌کند که باعث افزایش قابل توجه اندازه غارهای این طبقه نسبت به طبقات دیگر می‌گردد.

٦) رسوبات آواری غار خصوصا رس‌ها از لایه بالایی به درون غار منتقل شده است.

در ابتدا چنین به نظر می‌رسد که غار چند طبقه کتله خور منشاء آرتزین دارد، اما آنالیز مورفومتریک این فرضیه را رد می‌کند. برای آنالیز مورفومتریک پارامترهای نسبت طول غار به سطح محدوده غار[6]، نسبت مساحت خود غار به مساحت محدوده غار بر حسب درصد[7] و تخلخل تقریبی غار[8] یا حجمی از بلوک مکعبی غار که توسط حفره پر شده است، مورد محاسبه قرار

1 . Anastomotic maze
2 . Artesian
3 . Diffuse recharge
4 . Floodwater
5 . Blind termination
6 . Passage network density
7 . Areal convergence
8 . Approximately cave porosity

Archive
www.SID.ir

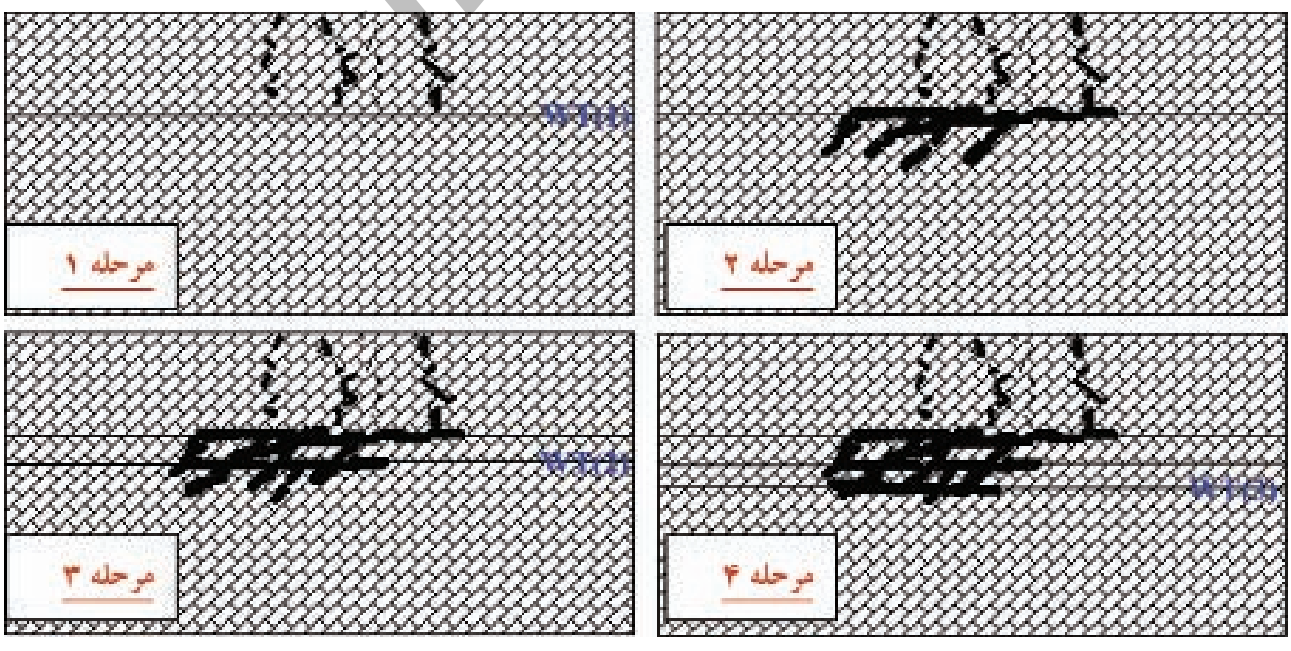
گرفته‌انـد. مطابـق معیـار ارائـه شـده توسـط کلیمچـوک (Klimchouk,2003) برای تشـخیص شـرایط تشکیل غار به صـورت جریان آزاد یا محبوس می‌توان نتیجه گرفت که غار کتلـه خور با مقادیر ۳۲٪ ، ۱۲/۹٪ و ۰/۶۸٪ به ترتیب برای پارامترهـای ارائه شـده در بالا باید در شـرایط سـفره آزاد تشـکیل شـده باشـد. لذا فرضیه تشکیل در شـرایط آرتزین مردوداسـت.

شـواهدی که نشان دهنده تشـکیل غار در شرایط تغذیه پخشـی می‌باشند شـامل موارد ذیل می‌گردد: (۱) نزدیکی غار به سـطح تماس لایه انحلال پذیر و لایه انحلال ناپذیر بالایی، (۲) فراوانی شـیارهای دیواره‌ها که توسط آب‌های فرورو ایجاد شـده‌اند و (۳) پایان یافتـن خصوصیات غار در مناطقـی که لایه نفـوذ ناپذیر بالایـی ضخیم می‌گردد. این معیارها در تشـخیص این نوع از غارها از انواع دیگر از اهمیـت برخوردار می‌باشـند (Palmer,2003). در نتیجه چون غـار کتله خور در سـطوح لایه‌بندی یـک میان لایه آهک تشـکیل شـده و شـواهدی از معیارهای فوق در آن دیده نمی‌شـود، مکانیسـم تشکیل در شـرایط نفوذ پخشی منتفی اسـت.

در مواقـع پر آبی، رواناب حاصل از سـیلاب از سـطح سـنگ نفوذناپذیـر مسـتقیما بـه داخل سـنگ انحلال‌پذیر جریـان می‌یابد. در این هنگام آب در مسـیر تعداد اندکی از جریان‌هـای فـرورو کـه ممکن اسـت جریـان آنها در حـد چکیـدن به داخل سـفره زیرین تا تندآب و سـیلاب باشـد، بـه محدوده آهـک وارد می‌گـردد. غارهایی که با این سیسـتم تغذیـه می‌شـوند، تنها یک الگوی شـاخه‌ای ناقص نشـان می‌دهند که تعـداد ورودی‌ها در آن محدود اسـت. الگـوی کلی با انحلال در سیسـتم درز و شـکاف توسـط آب سـیلابی ایجاد گردیده اسـت. ریزش سقف، پرشدگی توسط رسـوبات یا وجود لایه‌های با نفوذپذیری نسـبتاً کمتر در مسـیر جریان به مقدار قابل توجهی انرژی جریـان‌راکاهـش می‌دهـد.

در غار کتله خور پایان بعضی از گذرگاه‌ها به شافت‌های ریزشـی پنهـان مرتبط می‌شـود. در بعضـی از آنها جریان هوا وجود دارد. ریزش سـقف به‌عنوان اصلی‌ترین ویژگی غار و پرشـدگی توسـط رسـوبات دتریتال، گذرگاه‌های کور در غـار ایجاد کرده اسـت. تمامـی خصوصیات غار کتلـه خور با ویژگی‌های منشـاء سـیلابی همخوانی دارد. لذا این غار در یک شـرایط سـیلابی ایجاد گردیده است.

مراحل تشـکیل غار: گذرگاه‌ها در غار کتله خور در دو جهـت اصلـی، یکی در جهت افقـی و در محل قرارگیری سـطح ایستابی و دیگری در جهت سـطوح لایه‌بندی سنگ آهک گسـترش یافته اسـت. طبقات اصلـی غار در جهت سـطح ایسـتابی تشـکیل شـده و ارتبـاط بیـن طبقات در جهت لایه بندی به وجود آمده اسـت (شکل ۲). همانطور که اشـاره شـد، غار کتله خور در یک شـرایط فراتیک و سـفره آزاد تشکیل شـده اسـت. لایه محدود کننده بالایی (URF) بعلت فرسـایش زیاد در بخش‌های برداشته شده، باعث رخنمون آهک و امکان انحلال بیشـتر در آن نواحی شـده اسـت. انحلال در این مناطق باعث ایجاد مسیرهایی برای حرکت سـریع آب به سـطح ایسـتابی شـده اسـت. این مسـیرها خصوصا در جهت شکسـتگی‌ها و به صورت شـافت‌های انحلالـی به وجـود می‌آیند (شـکل ۵-مرحله ۱). در این مرحله سـطح ایسـتابی در محل تشـکیل طبقه



شکل ۵- طرحی از مراحل محتمل تشکیل غار کتله خور

www.SID.ir

اول قرار داشته است. شرایط تشکیل غار به صورت زیر تصور می‌شود:

مرحله ۱) در اولین مرحله بعد از تشکیل شکستگی‌ها و کانال‌های انحلالی این کانال‌ها در تمامی محیط با انحلال بزرگ و بزرگتر شده و گذرگاه‌های انحلالی در جهت شیب هیدرولیکی زیاد، ایجاد می‌گردد. رسوبات آواری با شسته شدن URF ایجاد می‌شوند. وقتی که جریان به شکستگی‌ها و شافت‌ها متمرکز می‌شود، این رسوبات به درون غار حمل شده و ذرات معلق درون غار حمل می‌شوند.

مرحله ۲) در مراحل اولیه انحلال در سفره کارستی سطح ایستابی درست بالای سطح اساس فرسایش قرار داشته است. حفرات کوچک در این مرحله ایجاد شده است. با گذشت زمان، گذرگاه‌ها آرام گسترش یافته، سطح اساس فرسایش پایین می‌افتد، آب در گذرگاه‌های بزرگ شده به صورت سطح آزاد درمی‌آید. با ایجاد سطح آزاد، کف گذرگاه حفر شده و یک مقطع کلیدی شکل در آنها ایجاد می‌گردد. در این مرحله بعضی از گذرگاه‌ها و شافت‌ها به هم مربوط شده‌اند اما غار هنوز الگوی شاخه درختی دارد (شکل ۵-مرحله ۲).

مرحله ۳) به‌خاطر حجم زیاد آب همه گذرگاه‌ها مورد حمله آبی با قدرت انحلال بالا قرار می‌گیرد و مورفولوژی غار از شاخه درختی به پیچ و خم‌دار تبدیل می‌گردد. ریزش سقف باعث می‌شود تا سطوح غارهای مجزا از هم، به هم پیوسته و سیستم یکپارچه‌ای از گذرگاه‌ها را ایجاد نماید. این موضوع خصوصا در گذرگاه‌های B و D برای ایجاد تالارهای بزرگ اتفاق افتاده است. اغلب گذرگاه‌ها با تشکیل ریزش‌های انتهایی بسته شده‌اند. در بعضی از گذرگاه‌ها گردش هوا وجود دارد که ممکن است به علت ارتباط این گذرگاه‌ها از طریق شافت‌های ریزشی یا ادامه گذرگاه‌ها با سطح زمین باشد. توزیع ریزش‌ها با اندازه گذرگاه، بافت و ساختار آهک در هر قسمت و با تکتونیک تعیین می‌شود.

مرحله ٤) در این مرحله URF کاملا برداشته شده است و تعداد نقاط ورودی آب به سیستم افزایش یافته و حجم آب ورودی به سیستم غار کاهش می‌یابد. سپس بعضی از رسوبات آواری URF با آب به داخل غار منتقل می‌گردد. بخاطر سرعت کم آب در غار، این رسوبات نهشته می‌شوند. در بعضی از آب‌های زودگذر موقعیت آنها تغییر می‌کند (شکل ۵-مرحله ٤). در نهایت غار از آب خارج گردیده و غارنهشته‌ها تشکیل گردیده‌اند و ریزش‌ها کریستاله شده و به هم پیوسته‌اند.

سپاس‌گزاری: از معاونت پژوهشی دانشگاه تربیت معلم تهران که پشتیبانی مالی این تحقیق را به عهده داشته است سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

– ارشدی، س.، ۱۳۷۲. گزارش بررسی های مقدماتی در شناخت ویژگی‌های غار کتله خور و پیرامون از بخش گرماب در استان زنجان.، آرشیو مدیریت مطالعات پایه منابع آب استان زنجان.

– غفاری پور، ح. و پرویزی، م.،۱۳۷۲. شناسنامه غار کتله خور. گزارش شرکت سهامی سازمان آب استان زنجان.

– محمودی سسیوند، س.سیامک، ۱۳۷۹.، زمین شناسی و هیدروژئولوژی غار کتله خور.، مرکز تحقیقات کارست کشور.

– ناصری، ح.ر. ۱۳۷۰ . مطالعه هیدروژئولوژیکی چشمه های کارستی حوضه آبریز سد درودزن. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شیراز.

-Arshadi,S. and Laumanns, M . 2004.Speleological project Ghar Katalehkhor .ISSN19 ,1617-8572 P.

-Klimchouk, A.B., 2000a. Speleogenesis under Deepseated and Confined Settings. In: A.Klimchouk, D.Ford, A.Palmer, W. Dreybrodt (Eds), Speleogenesis: Evolution of Karst Aquifers. Huntsville: Natl. Speleol. Soc., 244-260.

-Klimchouk A.B., 2000b. Speleogenesis of Great Gypsum Mazes in the Western Ukraine. In: A.Klimchouk, D.Ford, A.Palmer, W.Dreybrodt (Eds), Speleogenesis: Evolution of Karst Aquifers. Huntsville: Natl. Speleol. Soc., 261-273.

-Klimchouk A.B., 2003. Conceptualisation of Speleogenesis in Multy-storey Artesian Systems: A Model of Transverse Speleogenesis. Journal of Speleogenesis and Evolution of Karst Aquifers 1(2), 2003.

-Klimchouk, A.B., 2003b.Unconfined Versus Confined Speleogenetic Settings: Variations of Solution Porosity. Journal of Speleogenesis and Evolution of Karst Aquifers 1(2), 2003.

-Klimchouk, A. and Ford D., 2000. Types of Karst and Evolution of Hydrogeologic Settings. In: Klimchouk A., Ford D., Palmer A. and Dreybrodt W. (eds.), Speleogenesis: Evolution of Karst Aquifers. Huntsville: National. Speleological Society, 45-53.

-Palmer A.N., 1991. Origin and Morphology of limestone Caves. Geological Society of America Bulletin, 103, 1-21.

-Palmer, A.N., 2000. Maze Origin by Diffuse Recharge through Overlying Formations. In: Klimchouk A., Ford D., Palmer A. and Dreybrodt W. (Eds.), Speleogenesis:

Archive of SID
www.SID.ir

-Jennings, J.N., 1985; Karst Geomorphology., Blackwell, Oxford.

-White, W.B., 1988. Geomorphology and Hydrology of Karst Terrains., Oxford Univ. Press. 464.

-Ford, D.C. and Williams, P.W., 1989. Karst Geomorphology and Hydrology. Unwin Hyman Ltd. 601 P.

Evolution of Karst Aquifers. Huntsville, Ala., National Speleological Society, 387-390.

-Palmer, A.N., 1975. The origin of Maze Caves. National Speleological Society Bulletin 37, 56-76.

-Raeisi, E. and Kowsar, N., 1997. Development of Shahpour Cave, Southern Iran.

-Raeisi, E. and Laumanns M., 2003. Cave Directory Iran. Berliner Hohlenkundliche, 10, 101 p. Berlin.

Archive of SID

www.SID.ir