

ویژگی‌های ژئومرفولوژیکی مناظر کارستی در حوضه آبریز کارده (شرق زون کپه داغ)

دکتر ابوالفضل عشقی - استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی مشهد

دکتر محمدرضا ثروتی - دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه شهید بهشتی

پذیرش مقاله: ۸۰/۹/۲

چکیده

در زون ارتفاعات هزار مسجد- کپه داغ، توده‌های کارستی نسبتاً متعددی وجود دارد که هر گونه تحقیقات کارستی ژئومرفولوژیکی بر روی آنها می‌تواند به لحاظ شناخت زمین شکل های کارست، آبخان‌های آهکی، ارتباط فرم‌های کارستی با سیستم‌هایدرولیک کارست و کاربری و مدیریت سرزمین در این قلمروها حائز اهمیت باشد.

توده کارستی کارده از نوع کارست‌های مناطق نیمه خشک و کوهستانی بوده و در پایین دست حوضه، پنج حلقه چاه آهکی در آبخان کارست حفر گردیده که به منظور آب آشامیدنی شهر مشهد از آنها استفاده می‌شود. همچنین آب‌های سطحی حوضه، پشت سد کارده تجمع یافته و برای شرب در غرب مشهد مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. حدود هشتاد درصد آب ساکنان حوزه از چشمه‌ها و بیست درصد از رودخانه‌ها می‌باشد. از این نظر شناسایی زمین شکل‌های کارستی و حساسیت‌پذیری سیستم‌هایدرولیکی آنها و سرانجام برنامه‌ریزی در زمینه کاربری صحیح زمین و مدیریت منابع آب در این گونه قلمروهای کارستی ضرورت دارد.

عمده‌ترین سازنده‌های کربناته و کربناته- دو لومینه حوضه را سازنده های ژوراسیک مرزداران^(۱) و مرزداران^(۲) پوشانیده که دارای آهک‌های ضخیم لایه و به صورت توده‌ای است. توسعه یافتگی تخلخل ثانویه (به صورت شبکه‌ای از درز و شکستگی‌ها) و ایجاد فرآیندهای کارستی فیکاسیون^۳ در سنگ‌های کربناته و دولومینه منطقه از جمله مهم‌ترین عوامل مؤثر در کارستی شدن سنگ‌ها بوده و به همین دلیل در زیر حوضه‌های آل بلغور و حرکت و کریم آباد می‌توان اشکال میکرو کارن‌ها، شبه دولین و سنگ‌چال‌های کارستی، غارها و شکاف‌های کارستی را ملاحظه نمود.

1- (JMZ 1)
2- (JMZ 2)
3- Karstification

در مقاله حاضر به بررسی ویژگی‌های ژئومرفیک کارستی و اهمیت آنها از نظر حساسیت سیستم هیدرولوژیکی به آلاینده‌ها در حوضه آبریز کارده پرداخته شده است. هدف اصلی این تحقیق شناسایی و طبقه‌بندی زمین شکل‌های کارست در منطقه و نقش مناظر کارستی در زهکشی آب‌ها و هرز آب‌ها به درون سیستم هیدرولوژیکی بوده است.

واژگان کلیدی: ژئومرفولوژی کارست، حوضه آبخیز کارده، سنگ‌های کربناته، کارن، دولین.

مقدمه

واژه کارست طبق نظر گیمز^۱ (۱۹۷۳) منشاء ما قبل هند و اروپایی دارد. این واژه از کلمه کارا^۲ به معنی زمین سنگی گرفته شده و سپس به زبان‌های هند و اروپائی و خاورمیانه راه یافته است. در یوگسلاوی شمالی، واژه کارس^۳ به معنی زمین سنگی برهنه و نام ناحیه‌ای در یک بخش از مرز این کشور با ایتالیا در مجاورت شهر تراست^۴ می‌باشد. این واژه به تدریج در زبان آلمانی به کارست تبدیل شده و سپس در اواسط قرن نوزدهم وارد ادبیات ژئومرفولوژی گردید.^۵ از این نظر ژئومرفولوگ‌ها به مناظر و چشم اندازهای شگفت انگیز تشکیل شده در سنگ‌های کربناته، دولومیت و تبخیری در هر ناحیه، فنومن‌های کارستی یا مجموعه زمین شکل‌های کارست حقیقی گویند. در این قلمروها همچنین جریان‌های فرونشست، غارها، چاله‌های بسته، شیارهای انحلالی و چشمه‌های بزرگی وجود دارد که از ویژگی‌های نواحی کارستی می‌باشد.

در حال حاضر طبق نقشه شماره (۱)، سطوح قاره‌ها را سنگ‌های کربناته پوشانیده و ۲۷ درصد جمعیت جهان از منابع آب کارست استفاده می‌نمایند. در کشور ما، علیرغم وجود توده‌های کارستی در رشته ارتفاعات زاگرس، البرز، کپه داغ و ایران مرکزی و جزایر خلیج فارس (کلنات، ترجمه ثروتی، ۱۳۷۸)، متأسفانه تحقیقات بسیار اندکی در مورد شناسایی ناهمواری‌های کارستی، مدیریت بهره‌برداری منابع آب کارست و جاذبه‌های توریستی آنها انجام شده است. وسعت سازنده‌های آهکی در استان خراسان حدود ۲۰ هزار کیلومتر مربع می‌باشد که عمدتاً از دوران مزوزوئیک هستند (ولایتی، ۱۳۷۶). مناظر کارستی که در این سازنده‌ها ایجاد می‌شوند، علاوه بر جاذبه‌های توریستی از لحاظ ژئومرفولوژیکی و هیدرولوژیکی نیز حائز اهمیت‌اند. همچنین به دلیل ذخایر آبی در این گونه سازنده‌های کارستی شونده، به عنوان یکی از منابع مهم تأمین کننده آب آشامیدنی شهرها و نواحی روستایی اطراف (به‌ویژه در نواحی خشک و کم آب) مطرح می‌باشند.

حوضه کارده در شمال شهرستان مشهد به لحاظ ژئومرفولوژیکی از چهار واحد ژئومرفیک کوهستان، واحد نیمه کوهستانی، واحد فلات و واحد تراس‌های آبرفتی و مخروط افکنه تشکیل شده، قلمروها، اشکال و مناظر ژئومرفیک ویژه‌ای تشکیل داده که حاصل فرایندها و عوامل مؤثر بر کارستی شدن سنگ‌های آهکی و آهکی-دولومیتی حوضه بوده است.

1- Gams (Trudgill, S.T. 1985)
2- Karra
3- Kars
4- Trieste
5- Gillieson, David (1998)

موقعیت جغرافیایی و جمعیت حوضه

حوضه آبریز کارده در شرق زون هزار مسجد- کپه داغ واقع بوده و یکی از زیر حوضه‌های حوضه آبریز اصلی کشف رود می باشد. از نظر موقع ریاضی، بین $37^{\circ} 26'$ تا $58^{\circ} 26'$ عرض جغرافیایی و $26^{\circ} 59'$ تا $46^{\circ} 59'$ طول جغرافیایی قرار دارد، (نقشه های شماره ۱ و ۲). مساحت حوضه $571/1$ کیلومتر مربع و جزء نواحی کوهستانی شمال شهرستان مشهد محسوب می شود^۱.

بالا ترین نقطه ارتفاعی در شمالغرب حوضه 2977 متر از سطح دریا و پایین ترین نقطه ارتفاعی در خروجی حوضه و در پایین دست آبادی کارده 1200 متر می باشد (نقشه شماره ۳). فاصله مشهد تا آبادی کارده در جنوب حوضه 47 کیلومتر است. متوسط بارندگی در بخش جنوبی حوضه $374/2$ میلی متر و در ارتفاعات بخش شمالی به 450 میلی متر می رسد.

ساکنان ناحیه مورد مطالعه را کشاورزان و دامداران روستایی، عشایر کوچرو و جمعیت مستقر در شهرک کارده تشکیل می دهند. مجموع کل جمعیت روستایی حوضه (در سال 1379) 7673 نفر بوده است. علاوه بر آن، تعداد 1423 نفر نیز جمعیت عشایر بومی، 457 نفر عشایر غیر بومی و 825 نفر جمعیت مستقر در شهرک کارده می باشند (خانه بهداشت، کارده، 1379). بیشترین جمعیت در آبادی مارشک با 301 خانوار و کمترین جمعیت در آبادی پنج منه با 12 خانوار بوده است. مجموع آبادی های حوضه برابر 13 آبادی است.

عوامل و فرآیندهای کارستی فیکاسیون

مهمترین عوامل کارست ساز در منطقه مورد مطالعه عبارتند از:

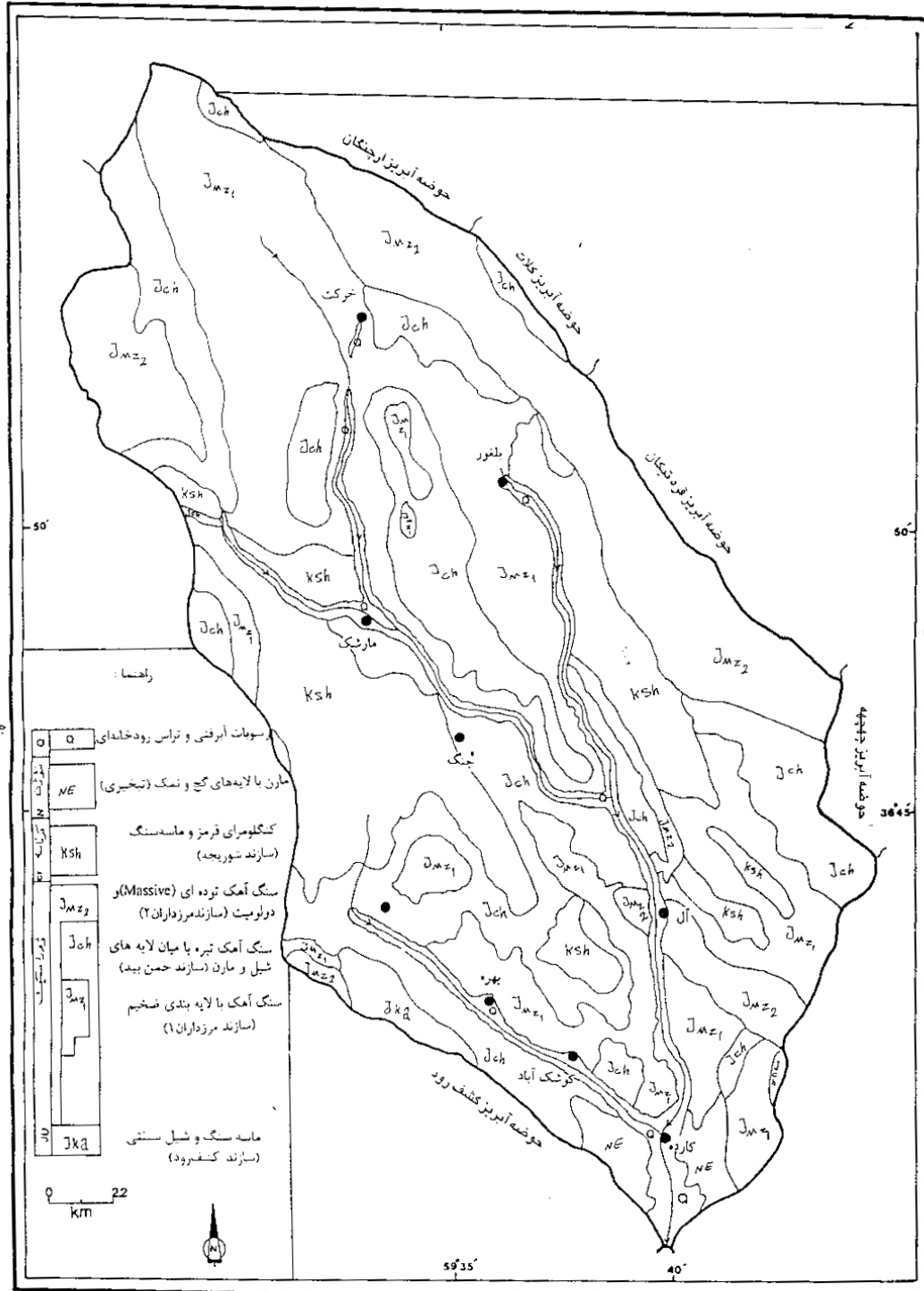
- الف- وجود سازندهای کربناته و کربناته- دولومیته مساعد برای کارستی فیکاسیون،
- ب- توسعه یافتگی سیستم های درز و ترک و شکستگی (ناشی از گسل ها و هوازدگی مکانیکی) در سنگ های توده ای که مبین تکامل یافتگی تخلخل ثانویه در سنگ آهک است،
- ج- وجود بارندگی نسبتاً مناسب و گردش آب درون سنگ آهک،
- د- فرآیند حل پذیری در سنگ های کربناته و دولومیته.

از نقطه نظر لیتولوژی، سه سازنده مرزداران (۱)، مرزداران (۲) و چمن بید^۲ برای عملکرد کارست شدگی مساعدتر از سایر سازنده های حوضه می باشند (نقشه شماره ۳). به طوری که این سازنده ها از آهک های توده ای و آهک های لایه ای تشکیل شده و سن آنها مربوط به ژوراسیک میانی تا فوقانی است (بدیعی نالقی، 1378). در سازنده های مرزداران (۱) و

۱- اندازه گیری از طریق عکس های هوایی $1/40000$ منطقه.

۲- چمن بید (Jch)

نقشه ۳- زمین شناسی حوضه آبریز کارده



توزیع سازنده‌های کربناته- دولومیتی در حوضه از طریق پلانیمتری کردن عکس‌های هوایی تعیین گردیده و نتایج آن در جدول شماره (۱) قید شده است. چنانکه ملاحظه می‌گردد ۸۱/۰۳ درصد از کل حوضه را سه سازند مرزداران (۱) و (۲) و چمن بید تشکیل داده که جزء سازنده‌های کارست ساز می‌باشند. از این مقدار ۳۲/۸ درصد مربوط به سازند آهک و دولومیت توده‌ای مرزداران (۲)، ۲۱/۷ درصد مربوط به آهک‌های ضخیم لایه مرزداران (۱) و ۳۰/۸۳ درصد مربوط به سازند آهک‌های لایه‌ای چمن بید است (نمودار شماره ۱).

جدول ۱- توزیع و نسبت سازنده‌های کربناته و کربناته- دولومیتی در حوضه کارده

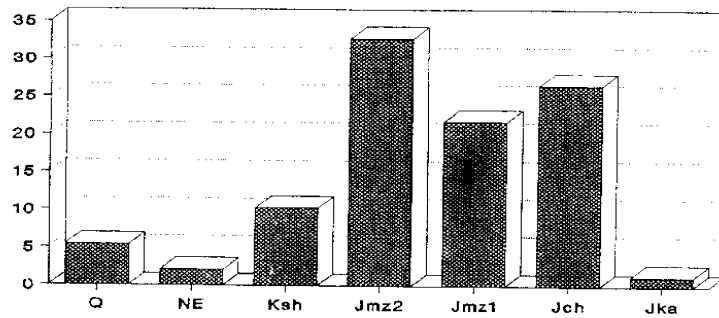
ردیف	نام سازند	زیر حوضه‌ها						نسبت از کل حوضه
		حرکت	کریم‌آباد	بلغور	آل	جنگ	کوشک‌آباد	
۱	سازند مرزداران ۲ (JMZ2) آهک و آهک دولومیتی توده‌ای	۳۴/۶۸	۴۴/۳۹	۲۶/۳۹	۳۷/۷۳	۳۲/۴۲	۲۹/۸۶	۳۲/۸
۲	سازند مرزداران ۱ (JMZ1) آهک لایه با دولومیت	۲۲/۵۴	۰/۹	۳۵/۱۲	۳۶/۲	۱۷/۳	۷/۵۹	۲۱/۷۲
۳	سازند چمن بید Jeh بامیان لایه‌های مارنی	۳۰/۸۳	۱۸/۲۲	۱۶/۴۵	۲۴/۷۱	۳۱/۲۶	۴۱/۸۵	۲۶/۵۱
۴	سایر سازنده‌های غیر آهکی	۱۱/۲	۳۶/۴۹	۲۰/۷۲	۲/۳۴	۱۹/۰۲	۱۵/۰۲	۱۸/۹۷
۵	کل	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

دومین عامل مؤثر بر کارست شدگی حوضه، مرتبط با تکامل یافتگی تخلخل ثانویه سنگ کارست بوده، به طوری که سیستم‌های وسیعی از درز و شکستگی و شکاف‌های عمیق (بر اثر گسل خوردگی، چین خوردگی و هوازدگی مکانیکی) در سازند های کربناته بوجود آمده است. این امر موجب سهولت گردش آب در سنگ کارست می‌شود (آتکینسون، ۱۹۹۳). از این نظر، توسعه یافتگی تخلخل ثانویه بر تکامل سیستم هیدرولوژیکی کارست به‌ویژه در سازنده‌های توده‌ای مرزداران (۱) و (۲) مؤثر افتاده است (مانند مسیر آل به طرف جنگ). بسیاری از درزها و شکستگی‌های عمودی به مجاری زیر زمینی و غاروردها^۱ و چشمه‌ها متصل بوده و ورود هرگونه مواد آلاینده به درون درز و شکاف‌های سنگ کارست به سهولت به مجاری آب زیر زمینی، چشمه‌ها و یا آبخان نیز وارد می‌شود، زیرا ضریب پالایندگی^۲ (فیلتراسیون) در سنگ کارست بسیار پایین و حتی گاهی ۱:۱ می‌باشد (بودهانکار و شارترژه، ۱۹۹۳). عمق و عرض شکاف‌ها و درزها در سازنده‌های مرزداران (۱) و (۲) بیشتر از سازند چمن بید است. علاوه بر درزه و شکستگی‌های مذکور، ساختار لایه‌بندی و درزه‌بندی سنگ نیز یک عامل مهم بوده است (تصویر شماره ۱)؛ به طوری که درزه‌های بین سطوح لایه بندی در سازند چمن بید از طریق فرسایش فراخ‌تر گردیده و برخی از زمین شکل‌های کارستی مانند غارهای کوچک افقی منطبق بر محل درزه‌بندی سنگ می‌باشد^۳.

1- Condiut cave
2- Filtration.

۳- آل به طرف پنج منه و جنگ به طرف مارشک.

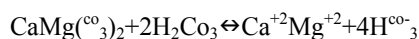
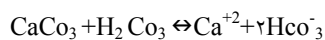
نمودار ۱- نسبت مساحت سازندهای کربناته و غیرکربناته در حوضه آبریز کارده



JMZ = سازند مرزداران ۲ (آهک توده‌ای)	JMZ = سازند مرزداران ۲ (آهک توده‌ای)
GMZ1 = سازند مردان ۱ آهک و دولومیت ضخیم لایه	GMZ1 = سازند مردان ۱ آهک و دولومیت ضخیم لایه
Jch = سازند چمن‌بید (آهک لایه‌ای با میان‌لایه شیل)	Jch = سازند چمن‌بید (آهک لایه‌ای با میان‌لایه شیل)
Ksh = سازند سرچشمه	Ksh = سازند سرچشمه
Jka = سازند کشف رود	Jka = سازند کشف رود
NE = سازندهای نتوژن	NE = سازندهای نتوژن
Q = آبرفت و رسوبات کواترنر	Q = آبرفت و رسوبات کواترنر

سومین عامل تأثیرگذار بر کارستی فیکاسیون در حوضه، شرایط اقلیمی (به ویژه میزان بارندگی) و فرآیند انحلال در سنگ آهک طی عملکرد گردش آب، در سنگ است. مقدار بارندگی متوسط در بخش میانی و شمالی حوضه به ترتیب ۴۰۰ و ۴۵۰ میلی‌متر است. این مقدار در ارتفاعات تا ۵۰۰ میلی‌متر نیز افزایش می‌یابد. علاوه بر آن به دلیل کوهستانی بودن حوضه، میزان برف قابل توجه بوده و حدود ۵۰ درصد از بارش‌ها در نواحی کوهستانی به صورت برف نازل می‌گردد. در نتیجه جریان یافتن آب باران به درز و شکاف‌های سنگ آهک، عملکرد انحلال توسعه یافته و منجر به تشکیل زمین‌شکل‌ها می‌گردد. عملکرد این فرآیند بدین صورت است که آب باران دارای مقادیری گاز کربنیک بوده و یا با گاز کربنیک قشر خاک به صورت محلول در آمده و هیدراته شدن آن موجب محلول اسید کربنیک می‌شود و به حل‌پذیری سنگ آهک می‌انجامد. بنابراین فرآیند کلی انحلال کلسیت و دولومیت به صورت زیر خواهد بود:

۱- بر اساس محاسبه گرادیان بارندگی در حوضه.



بوگلی^۱، دانشمند برجسته کارست هیدرولوژی در مطالعه خود آورده است که حل پذیری گاز کربنیک در آب از قانون هنری^۲ تبعیت می‌کند که طبق آن حلالیت گاز CO₂ در آب سرد بیشتر است.

اگر گاز کربنیک وارد آب گردیده و سنگ آهک غنی از کلسیت باشد و در تماس با آب اسیدی قرار گیرد، فرآیند انحلال تشدید می‌شود. بوگلی برای اولین بار قانون خوردگی مخلوط را در توده‌های کارستی مطرح نمود که طبق آن، چنانچه دو نوع جریان آب با دو کیفیت متفاوت از هم مخلوط شده و در تماس با سنگ کارست قرار گیرند، در محل مخلوط شدن، فرآیند انحلالی به طور ناگهانی تشدید می‌گردد. او این فرآیند را خوردگی مخلوط نامید (گلیه‌سان، ۱۹۹۸). همراه با عملکرد انحلال در سنگ‌های آهکی و آهکی-دولومیتی منطقه مورد مطالعه، اعمال فروریزش و تخلخل ثانیه نیز حائز اهمیت بوده است. به‌عنوان مثال، اغلب لایه‌های خطی (کارن‌های خطی) در سنگ‌های سازنده‌های چمن بید و مرزداران (۱)، منطبق با محل درزه‌ها و شکستگی‌های کم عرض می‌باشد. تراکم شبکه درزه‌ها و فرآیند انحلال در توده سنگ، سرانجام منجر به پدیده فروریزش^۳ خواهد شد (غارهای مسیر آل به طرف پنج منه و جنگ به طرف مارشک).

طبقه بندی زمین شکل‌های کارستی در حوضه

در قلمروهای کارستی منطقه مورد مطالعه، انواع متعددی از زمین شکل‌ها بوجود آمده‌اند که برخی از آنها نسبتاً تکامل یافته بوده و تعدادی از آنها هیچ شباهتی با زمین شکل‌های هم نوع خود در نواحی گرم و مرطوب ندارد. به احتمال زیاد نقش اقلیم در تکامل زمین شکل‌های کارستی بسیار حائز اهمیت است. مهم‌ترین زمین شکل‌های (لندفرم‌های) کارستی حوضه را می‌توان به صورت زیر رده بندی نمود:

۱- کارن‌ها و میکروکارن‌ها

فراوان‌ترین و متنوع‌ترین زمین شکل‌های کارستی حوضه، کارن‌ها و میکروکارن‌ها^۴ (لایه‌ها و میکرو لایه‌ها) می‌باشد. این مناظر در هر سه نوع سازنده‌های چمن بید، مرزداران (۱) و (۲) قابل مشاهده‌اند. مرفولوژی کارن‌ها متفاوت بوده بط با بافت سنگ، ساختار لیتولوژیک، شیب دامنه‌ها و تراکم درزه‌بندی سنگ می‌باشد. به‌عنوان مثال، کارن‌ها و میکرو کارن‌های خطی عمدتاً در محل درزه‌بندی و ترک خوردگی سنگ کارست بوجود آمده‌اند، در حالی که کارن‌ها یا لایه‌های کندوئی یا لانه زنبوری (کمک، ترجمه محمودی، ۱۳۷۹). در سازنده‌های JMZ1 و JMZ2 در مسیرهای آل به بلغور، حرکت و جنگ به بلغور بیشتر است (نقشه شماره ۳).

1- Bogli
2- Henrey
3- Collapase
4- Karrebn and micro karren

زیر حوضه آل، از نظر تنوع اشکال کارستی نسبت به سایر زیر حوضه‌ها، شاخص‌تر بوده و از این نظر نقشه ژئومرفولوژی آن بر اساس مطالعات میدانی و نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ تهیه شده است (نقشه شماره ۴). تحت تاثیر عملکرد جریان‌های آبی کوچک بر روی سنگ برهنه کارست و نیز فرایند انحلال، کارن‌های خطی کوچک عمیق‌تر و عریض‌تر شده و تشکیل کارن‌ها یا شیار درزه‌های بزرگتر را می‌دهد. کارن‌های غیر خطی که اغلب مرفولوژی پیچ و خم‌داری دارند را می‌توان در دامنه درّه‌های آل، پنج منه، شرق بلغور و کریم آباد مشاهده کرد. این کارن‌ها عمدتاً منطبق بر سطوح چینه بندی سنگ‌ها و یا درزه‌های غیر خطی در سنگ آهک می‌باشد.

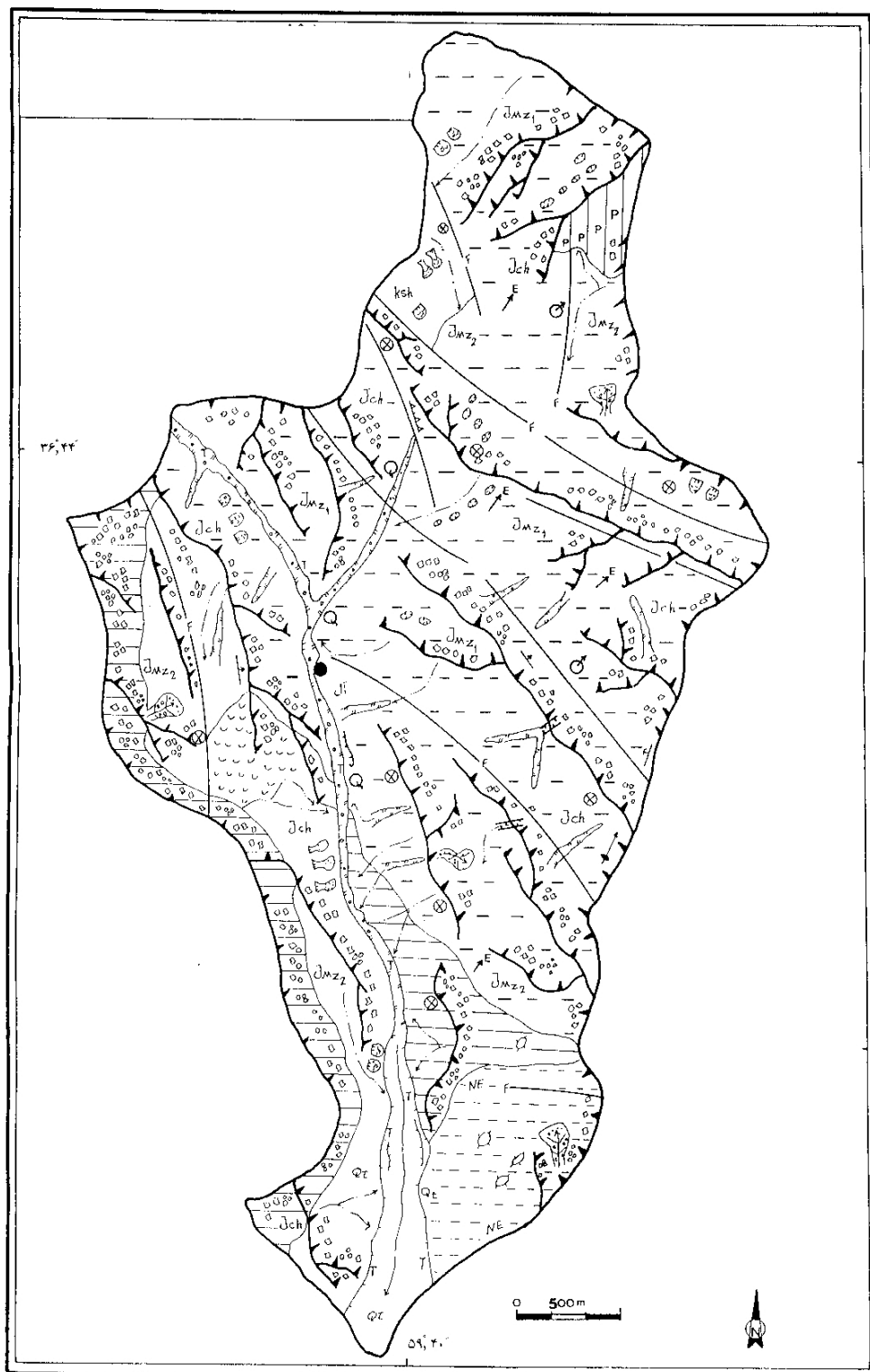
۲- دولین‌ها^۱ و سنگ‌چال‌های کارستی

این نوع لندفرم‌های کارستی به حفرات و چاله‌های انحلالی- فروریزی اطلاق می‌شود که مرفولوژی آنها تقریباً مشابه دایره یا بیضی بی‌قاعده است (دولین‌های بامششاء انحلالی- فروریزی) و به ویژه در سازند چمن بید تشکیل شده است. کف اغلب دولین‌های تشکیل شده در سازند توده‌ای مرزداران (۲)، درز و ترک‌دار بوده و نشانه آن است که ممکن است محلّ اولیّه تشکیل دولین منطبق با یک شکستگی بوده باشد که در آن کانونی برای تمرکز آب ایجاد شده است. برخی از سنگ‌چال‌های کارستی هیچ شباهتی به دولین نداشته و مرفولوژی قاشقی مانند دارند. این نوع سنگ‌چال‌ها به‌خاطر ناخالصی سنگ آهک و یا سنگ کربناته- دولومیت به وجود آمده‌اند (زیر حوضه آل). ابعاد شبه دولین و دیگر سنگ‌چال‌های کارستی در حوضه کارده بسیار متفاوت بوده و به دلیل آن که کارست‌های منطقه از نوع کارست نیمه خشک است، دولین‌های تشکیل شده در آنها چندان تکامل یافته نمی‌باشد. در زیر حوضه‌های آل، حرکت و بلغور (در شمال و شرق حوضه) قطر دولین‌های تکامل یافته بین ۱ تا ۱/۵ متر و عمقشان تا ۷۰ سانتی‌متر می‌رسد، تشکیل سنگ‌چال‌های نسبتاً بزرگتر و متوسط مقیاس فقط در سنگ‌های آهکی توده‌ای و در سازنده‌های JMZ_1 و JMZ_2 امکان‌پذیر بوده و در سازند آهک لایه‌ای کم ضخامت چمن بید فراوانی شبه دولین‌ها و سنگ‌چال‌ها محدود بوده و ابعاد آنها بسیار کوچکتر است. این مسئله مبین آن است که سنگ‌های کربناته توده‌ای برای کارستی شدن شرایط مساعدتری از سنگ‌های کربناته لایه‌ای دارند. این موضوع تقریباً در اغلب منابع ژئومرفولوژی کارست هم در نواحی مرطوب و هم در نواحی نیمه‌خشک به چشم می‌خورد (کارافورد، ۱۹۹۴). همچنین مرفولوژی شبه دولین‌ها در سازنده‌های توده‌ای مرزداران (۱) و (۲)، شاخص‌تر از مرفولوژی دولین و سنگ‌چال‌های سازند چمن بید می‌باشد.

1- dolines

۲- ژئومتری از طریق عملیات میدانی در مورخه ۷۹/۱/۲۸.

نقشه ۴- ژئومرفولوژی زیرحوضه آب



۳- غارهای کارستی

بر طبق تعریف غار از طرف کمیته غارشناسی بین‌المللی، غار حفره‌ای طبیعی در سنگ بوده که حداقل قطر مجرای آن ۰/۳ متر باشد و انسان بتواند به درون آن بخزد (ولایتی، ۱۳۷۶). ولی در نواحی کارستی مفهوم غار یا غاررود (والدام، ۱۹۸۵). با تعریف مذکور تفاوت دارد، به طوری که در قلمروهای کارستی واژه غار به مجاری کوچک و بزرگی در سنگ اطلاق می‌گردد که جریان آب از یک یا چند نقطه ورودی به آنها وارد شده و سرانجام از نقطه خروجی (چشمه) زهکشی می‌شود. این مجاری ممکن است طی ماه‌های تابستان کاملاً خشک شده و فاقد جریان آب باشد. از نظر ارتباط ساختار سنگ با مرفولوژی غار می‌توان غارهای تشکیل شده در کارست‌های کارده را به دو گروه بزرگ طبقه‌بندی کرد:

الف- غارهای منطبق با سطوح درزه‌بندی در سازند چمن بید؛

ب- غارهای با مرفولوژی قوسی یا نیم دایره‌ای در سازندهای توده‌ای مرزداران (۱) و (۲).

در هر دو گروه غارهای تشکیل شده، عملکرد جریان آب و فرآیند انحلالی نقش داشته است؛ ولی در غارهای گروه اول (سازند چمن بید) عامل فروریزش و ساختمان لیتولوژیک همراه با عملکرد جریان آب، غالب بوده است. مطالعات انجام شده در دو غار تشکیل گردیده در سازند چمن بید (مسیر کوشک آباد به طرف جنگ) نشان داده که غارهای گروه اول به دلیل نشست آب در محل درزه‌بندی و یا چینه‌بندی سنگ و عملکرد فروریزشی بوجود می‌آیند. این غارها عموماً به صورت افقی در مسیر درزه‌بندی یا سطوح چینه‌بندی آهک چمن بید بوجود آمده‌اند. محل فروریزش معمولاً منطبق با محل تغییر مرز سازنده‌ها یا سطح دگر شیب است.

۴- آون‌ها' (سنگ چال‌های قیفی شکل)

در توده‌های کارستی سازند مرزداران (۲) و به ویژه در مسیرهای آل، حرکت و بلغور نوعی از سنگ چال‌های قیفی شکل در دامنه‌های سنگی و صخره‌ای ایجاد شده که به آون معروف است. این آون‌ها طی فصول ترسالی، محل مناسبی برای زهکشی آب غار رودها محسوب گردیده و از دهانه آنها همراه با آب، رسوبات درون کارست زهکشی می‌شوند و به همین دلیل بخش پایینی آنها تیره رنگ است و مواد خارج شده از آنها بر دیواره رسوب کرده‌اند. این آون‌ها را فقط در سازندهای توده‌ای می‌توان در قلمروهای کارستی منطقه مشاهده کرد. همچنین اغلب آون‌ها بر محل شکاف یا درزه شدگی سنگ توده‌ای منطبق‌اند.

خلاصه و نتیجه‌گیری

وجود شرایط مساعد برای کارست شدگی در حوضه (از جمله سنگ‌های کربناته و کربناته- دولومیت، بارش نسبتاً مناسب در بخش‌هایی از حوضه، گردش آب در درز و شکاف سنگ‌ها و فرآیند انحلال) منجر به عملکرد کارستی

فیکاسیون در بخش‌هایی از حوضه به‌ویژه در زیر حوضه‌های آل، جنگ، بلغور و حرکت شده است. وجود لندفرم‌های مرفولوژیکی از جمله شبه دولین‌ها، آون‌ها، شیار درزهای انحلالی و کارن‌های کندوئی علاوه بر درز و شکستگی‌ها و تخلخل ثانویه (ناشی از حرکات تکتونیکی) در سنگ، باعث گردیده که جریان آب به درون توده سنگ راه یافته و در غار رودها، آبخان کارست، و مسیر چشمه‌های کارستی جریان یابد. با توجه به وضعیت کنونی کاربردی زمین که مبتنی بر کشاورزی و دامداری است و به‌ویژه زهکشی هرزآب‌ها و فاضلاب‌های روستایی به‌طرف رودخانه‌ها و درز و شکستگی‌های کارستی در منطقه، هرگونه ورود مواد آلاینده به سیستم کارستی می‌تواند بر آلودگی سیستم زهکشی آن مؤثر واقع شود، بدین ترتیب ضروری است تا در برنامه‌ریزی‌های محلی بر حساسیت سیستم‌های زهکشی کارست به ورود هرگونه مواد آلاینده و یا ارتباط آن با کاربری زمین تاکید نمود.

Archive of SID

منابع و مأخذ:

- ۱- بدیعی نامقی، سید حمزه (۱۳۷۸)، طرح مدیریت منابع طبیعی سدّ کارده، اداره منابع طبیعی خراسان.
- ۲- زمردیان، محمد جعفر (۱۳۷۹)، کاربرد جغرافیایی طبیعی در برنامه‌ریزی شهری و روستائی، انتشارات دانشگاه پیام نور.
- ۳- عکس‌های هوایی ۱/۴۰۰۰۰ حوضه، سازمان نقشه برداری، شمال شرق.
- ۴- کلک، روزه، ترجمه: محمودی، فرج الله (۱۳۷۹)، ژئومرفولوژی ساختمانی و دینامیک بیرونی، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۵- کلتات، دیترا، ترجمه: ثروتی محمد رضا (۱۳۷۸)، جغرافیای طبیعی دریاها و سواحل، انتشارات سمت، تهران.
- ۶- نقشه زمین شناسی ۱/۲۵۰/۰۰۰ مشهد، سازمان زمین شناسی، شمال شرق.
- ۷- نگارش، حسین و خسروی، محمود (۱۳۷۹)، کلیات ژئومرفولوژی ایران، انتشارات دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- ۸- ولایتی، سعدا... (۱۳۷۶)، آب و جغرافیای آب‌ها، انتشارات خراسان، مشهد.
- 9- Atkinson. T.C. (1993), present and future direction in karst hydrology, England.
- 10- Bodhankar, ninad and B. charter jee (1993), Pollution of limestone aquifer around Raipur, Madhya Pradesh. India, Uni. Raipur. Due to urban waste disposal.
- 11-Ford. D. C and williams. P. W. (1990).