دکتر موسی عابدینی[1]

پژوهش در فرسایش کارستیک منطقه تکتونیزه شده دره دیز و دیوان داغی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

چکیده :

ساختار زمین شناسی منطقه، عمدتاً از سازند های رسوبی کارستیک می باشد که تحت عملکرد شدید نیروهای زمین ساخت، به شدت گسل خورده و با تراکم گسلی ۱/۷۰ کیلومتر در کیلومتر مربع (در انواع سنگ آهک ها ،دولومیت ها وغیره) به صورت منطقه‌ی تکتونیکی خرد و له شده در آمده است.

وجود تخلخل ثانویه‌ی بالا (تکتونیکی ومکانیکی وانحلالی) به صورت انواع گسل ها، میکرو گسل، درز و شکاف ها، بویژه در انواع سنگ آهک ها و دولومیت ها، موجب نفوذپذیری زیاد و منجر به تسریع کارست شده است. غارها ، انواع دولین ها، دره های کارستیک، پن ها و لاپیه ها، جزو

---

۱ ـ عضو هیات علمی گروه جغرافیای دانشگاه محقق اردبیلی

اشکال کارستیک بسیار تیپیک منطقه می باشند.در مجموع، فرسایش شدید کارستی،تکتونیک فعال، به همراه سیستم فرسایش پریگلاسیر نقش مهمی در تخریب و ناپایداری دامنه های منطقه‌ی مورد تحقیق دارند.

کلید واژه ها: فرسایش کارستیک، فعالیت های زمین ساخت، ناپایداری دامنه ها، اشکال کارستیک

مقدمه :

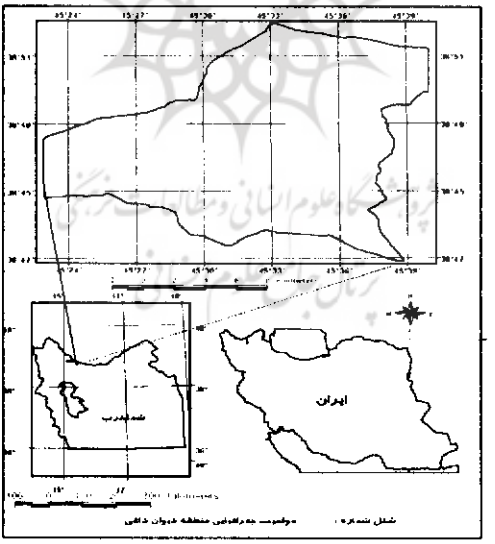
به عقیده‌ی «روبرت» وهمکاران (۲۰۰٤) در توسعه‌ی اشکال کارست ، **هفت عامل** با درجات متفاوت نظیر لیتولوژی ،تکتونیک، ناهمواری،هیدرولوژی، آب و هوا، پوشش گیاهی و زمان، کاملاً به طور سیستماتیک موثرند. بررسی منابع منتشره نشان داد که هیچ گونه تحقیقی راجع به این موضوع در منطقه انجام نگرفته است. ضمناً تحقیقات انگشت شماری توسط محققان داخلی نظیر «آغاسی» (۱۳۷۸) ، «احمدی» (۱۳۷۸) ، «محمودی» و همکاران (۱۳۸۰)، «رامشت» وهمکاران (۱۳۸۱) و «قدری» (۱۳۸۳) که عمدتاً به تحول کارست و مسائل هیدرلوژی آن در گوشه کنار کشورمان پرداخته اند، به عمل آمده است. در حالی که تحقیق حاضر در کنار عوامل مختلف موثردر مطالعه‌ی کارست، بیشتر به نقش تکتونیک و تاثیر آن در تحول دامنه های کارستی منطقه می پردازد. با وجود این، محققین خارجی نیز نظیر مسس و همکاران (۱۹۹۵)، فورد و همکاران (۱۹۸۹)، تیرز (۱۹۹٦)، فرانسسکو (۲۰۰۲)، زانگ (۱۹۹٦)، نیکلسون (۲۰۰۱)، هاگت (۲۰۰۳) ، روبرت و همکاران (۲۰۰٤) در موضوع مشابهی تحقیقی انجام داده اند. در منطقه‌ی مورد تحقیق سازند های کارستیک مانند انواع سنگ آهک و دولومیت ها و نیز سنگ های تبخیری (ژیپس، مارن های گچ دار ونمک دار)که کاملاً به انحلال حساسند و در حدود ۹۰ ٪ از پیکره ی اصلی ارتفاعات منطقه را به خود اختصاص داده اند.

شدید کارستیک به همراه تخریب، غالباً ماکروژلیو سازند های آهکی و دولومیتی از محل تقاطع درزها وسطوح لایه بندی (به واسطه فرایند یخبندان وذوب) صورت می گیرد. لذا وقوع ریزش های سنگی شدید وتخریب پرتگاه ها ودیواره های تند دره های کارستیک و ناپایداری و تحول شدید دامنه ها را موجب می گردد.. اثرات ناپایداری دامنه ها ، به واسطه‌ی انحلال وسایر عوامل؛بویژه در مسیر جاده و راه آهن بین المللی(امتداد گسل فعال دره دیز) تنگناهایی را به وجود می آورد، لذا اهمیت انجام تحقیق حاضر بیشتر می شود.

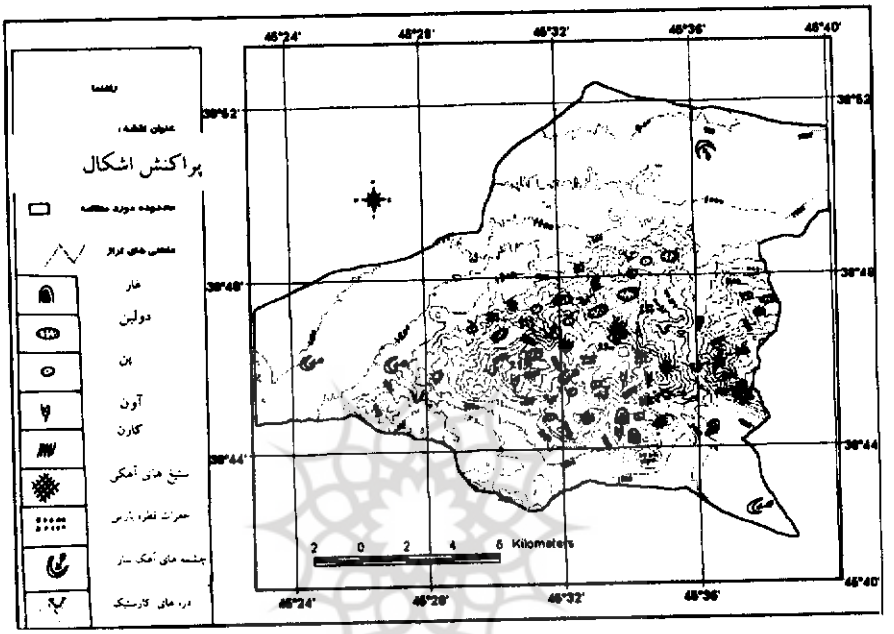
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

ویژگی های جغرافیایی منطقه :

منطقه‌ی مورد بررسی با وسعت ۲۸۳ کیلومتر مربع درمحدوده‌ی عرض شمالی ´۴۲ °۳۸ تا ´۵۲ °۳۸ و طول شرقی ´۲۳ °۴۵ تا ´۴۰ °۴۵ در فاصله ۹۵ کیلومتری شمال غرب شهر«تبریز» واقع شده، از رودخانه‌ی« ارس» ۸/۵ کیلومتر فاصله دارد شکل(۱). مطابق تقسیمات زمین شناسی کشور،منطقه مورد تحقیق درفلات آذربایجان واقع شده، با میزان بارندگی متوسط سالانه ۳۴۶/۶ میلی متر وطبق فرمول اقلیمی کوپن، در محدوده‌ی اقلیم نیمه خشک قرار گرفته است. از جمله اشکال کارستیک مشخص منطقه ، حفرات قطره بارانی ، لاپیه ، پن ،آون، دولین های انحلالی مرئی و آبرفتی ، دره های عمیق و باریک کارستیک ، دره کانیونی شکل ، دره های حفره ای ، چشمه های آهک ساز ، غارها و غیره می باشند که پراکنش آنها در روی نقشه‌ی توپوگرافی(۲) نشان داده شده است.



شکل(۱) نقشه‌ی موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد تحقیق



شکل(۲)نقشه‌ی پراکنش اشکال کارستی منطقه

مواد و روش ها :

بنا به ماهیت موضوع تحقیق ،تمام مراحل تحقیق با استفاده از ابزار های تحقیقاتی لازم نظیر: نقشه های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و نقشه های زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ و عکس های هوایی ۱:۵۵۰۰۰ و بویژه ۱:۲۰۰۰۰، از طریق مشاهدات و کارهای میدانی انجام گرفت. از جمله ، شناسایی نوع سازندها ، مکانیزم ونوع اشکال کارستیک و به علاوه موفومتری ابعاد آنها مستقیماً به واسطه‌ی کار در روی زمین انجام شد. سپس با استفاده از نرم افزارExcel ، نرم افزارهایR2V و ArcView نمودار و نقشه های مورد نیاز ترسیم شدند.

مورفومتری و تحلیل سیستم گسل ها وآبراهه ها:

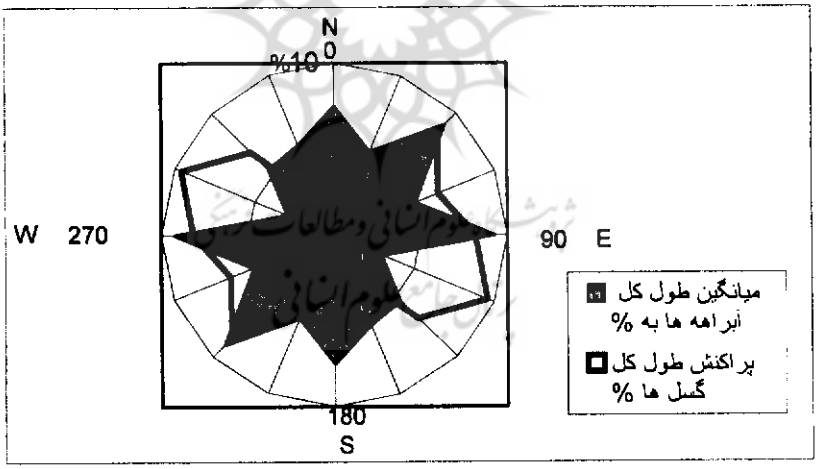
با توجه به نتایج داده های مورفومتریک جدول (۱)حداکثر پراکنش و درصد طول گسل های منطقه ، غالباً در جهات شمال شرقی - جنوب غربی و جنوب شرقی- شمال غربی است . میزا ن تراکم برای محدوده ی کوهستان برابر (۱/۵ کیلومتر در کیلومترمربع) ودر انواع سازند های آهکی، دولومیت ها و سنگ های آذرین مقاوم شکننده، تراکم گسل ها به (۱/۷۰ کیلومتر در کیلومترمربع) می رسد. لذا ضروری است که با مورفومتری شبکه‌ی زهکش ، اثرات ژئومورفولوژی گسل ها بویژه در ارتباط با پیدایش و تحول سیستم آبراهه ها مورد تجزیه وتحلیل قرار گیرد. (جدول۲).

جدول شماره ی (۱) محاسبات مورفومتری وآماری گسل های منطقه

جهات جغرافیائی	مجموع طول گسل ها	تعداد گسل ها	درصد تعداد گسل ها	میانگین طول گسل ها	درصد میانگین طول گسل ها	واریانس	انحراف معیار
N	۲۰/۲	۱۱	۱۵/۷	۱/۸٤	۱۰/۰٦	۵/۲٦	۲/۲۹
N 30 E	۵	۳	٤/۳	۱/۷	۹/۳	۱/٦	۱/۳
N 30 W	۲۵/۳	۱٤	۲۰	۱/۸	۹/۸	۲/۰۲	۱/٤۳
N 45 E	۱۹/۹	۱۲	۱۷/۲	۱/۷	۹/۳	۱/٦	۱/۳
N 45 W	٦/۵	٤	۵/۷	۱/٦۳	۸/۹	۳/٤	۱/۸
N 75 E	۲۵/۸	۱٤	۲۱	۲/۱	۱۱/٤۸	٤/۲	۲/۰۵
N 75 W	۲۰/۵	٦	۸/٦	۳/٤۲	۱۸/۷	۲/۲۸	۱/۵۱
W-----E	۲٤/۵	٦	۸/٦	/۸٤	۲۲/۳	۳/٦	۱/۹
مجموع	۱۵۰	۷۰	۱۰۰	۱۸/۲۸	۹۹۹/۹	-	-

جدول شماره (۲) داده های مورفومتریک شبکه‌ی آبراهه های منطقه‌ی مورد تحقیق

رتبه آبراهه	تعداد (N)	طول به (Km)	درصد تعداد (%N)	میانگین طول	درصد طول (%L)	درصد میانگین طول	نسبت انشعاب (Rb)	فراوانی هر رتبه
۱	۱٤٤	۲۳۳	۷۲	۱/٦۲	٦٤/۰۱	۱۰/٦	۳/٤۳	/۵۰
۲	٤۲	۷۱/۷	۲۱	۱/۷۱	۱۹/۷	۱۱/۲	۳/۵	/۱۵
۳	۱۲	٦۰	٦	۵	۱٦/۵	۳۲/٦	٦	/۰٤۲
٤	۲	۱٤	۱	۷	۳/۸۵	٤۵/۷	۲	/۰٤۹
کل	۲۰۰	۳٦٤	۱۰۰	۱۵۳/۳	۱۰۰/۰٦	۱۰۰/۰٦	X=3.7	



دیاگرام(۱) نمودارگل سرخی پراکنش و انطباق میانگین درصد طول کل گسل ها و سیستم زهکش منطقه

با توجه به دیاگرام (۱) که از جداول (۱ و ۲)، و از ستون داده ها، درصد میانگین طول کل آبراهه ها و درصد میانگین طول کل گسل ها تهیه شده ، ۱۸/۱٪ میانگین کل سیستم آبراهه های منطقه‌ی مورد بررسی در جهت شمال ـ شرقی و جنوب ـ غربی در انطباق با ۱۶/۹٪ از میانگین پراکنش گسل ها می باشند. در جهت شمالی و جنوبی نیز ۱۵ ٪ از میانگین طول کل سیستم آبراهه های منطقه با ۱۳/۵ ٪ از میانگین کل سیستم گسل ها و در جهت شرقی - غربی ۱۸/۵٪ از گسترش میانگین طول کل آبراهه ها در انطباق با ۱۶/۲٪ از سیستم پراکنش گسل ها می باشد. اغلب آبراهه ها با حفر و انحلال بستر خود ، به صورت دره های تنگ و باریک کارستیک در آمده اند. با وجود این ، انطباق بالای شبکه‌ی آبراهه ها با امتداد خطوط شکست های تکتونیکی در سه جهت مذکور، نشانگر کاوش و انحلال شدید، رواناب هاست که منجر به پیدایش دره های باریک و عمیق کارستیک در مسیر شکست های تکتونیکی شده است.[۱]

با توجه به نتایج جداول مورفومتریک سیستم آبراهه ها و گسل ها (۱ و ۲) و دیاگرام گل سرخی(۱) ، شبکه آبراهه ها با تراکم بسیار پائین (۱/۲۹ کیلومتر در کیلومترمربع) و با تغیرات محسوس در نسبت انشعاب (جدول ۲) می باشد.لذا وجود ویژگی های مذکور همراه با لیتولوژی و شرایط اقلیمی تقریباً همسان در کل منطقه‌ی کوهستان ، نشانگر سیستم زهکشی کاملاً غیر طبیعی[۲] است.بررسی مورفومتریک گسل ها نشان داد که عملکرد شدید نیروهای

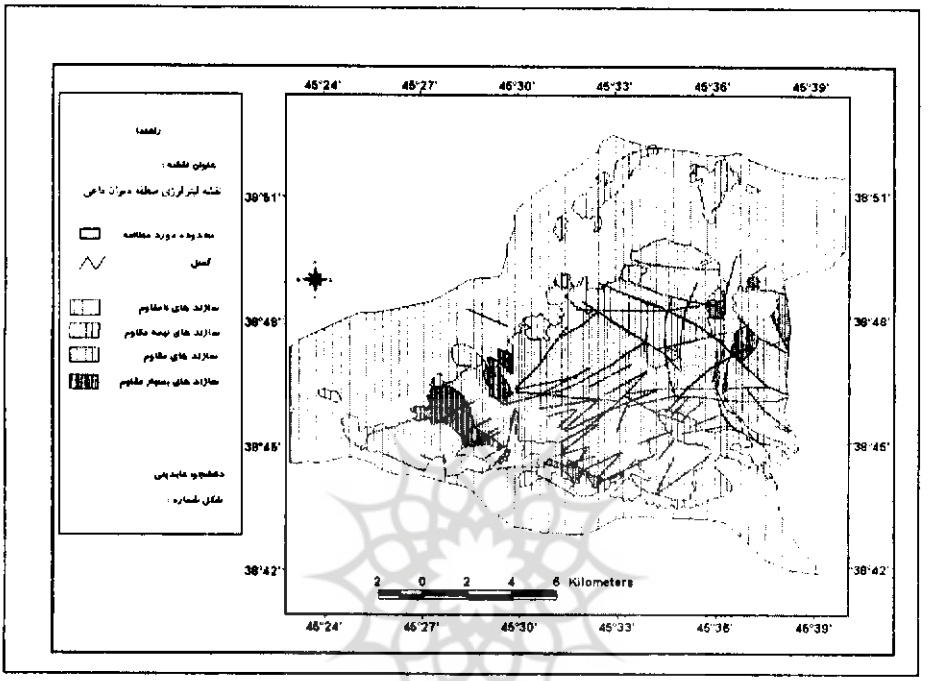
۱ـ دره های باریک و عمیق کارستی به دلیل افزایش نفوذ پذیری آبهای گازکربنیک دار در نواحی سست شکست های ساختمانی و در اثر انحلال شدید در سنگ آهک های توده ای- نازک لایه دولومیت و ....به صورت V شکل در آمده اند.

۲- میزان نسبت انشعاب شاخه های شبکه‌ی زهکش ،معمولا از ۳ تا ۵ متفاوت می باشد،واگر سیستم زهکش منطقه در بین این دو دامنه (۳ تا ۵) قرار گیرد،سیستم زهکش از ویژگی های طبیعی برخوردار است (فریفته،۱۳۷۰).

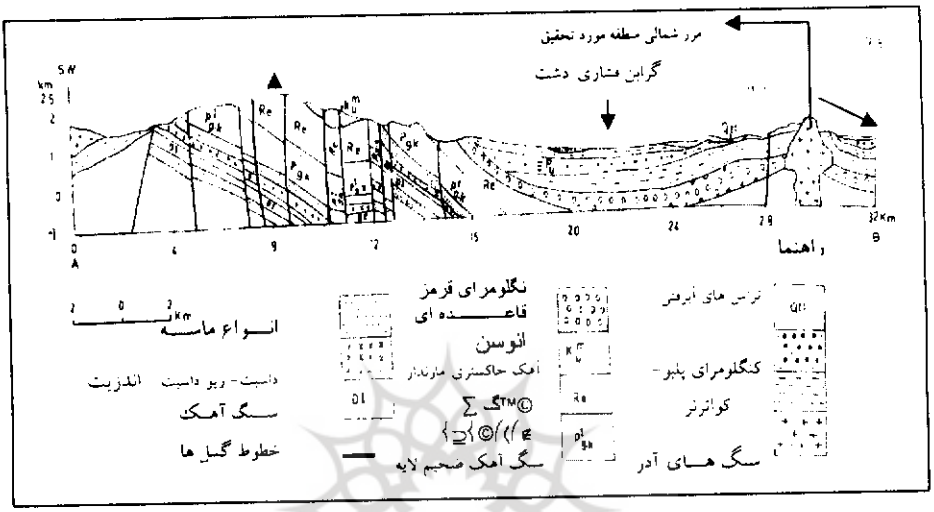
تکتونیک در سازندهای مقاوم، انواع سنگ های آهکی و دولومیتی با تراکم بالای گسل ها (۱/۷۰ کیلومتر در کیلومترمربع) و در کل منطقه کوهستان (کیلومتر در کیلومترمربع ۱/۵)، به همراه میکروگسل ودرز و شکاف های تکتونیکی و مکانیکی، این منطقه را به صورت منطقه‌ی تکتونیکی کاملاً خرد وله شده در آورده است) (شکل۳ و٤). لذا به دلیل پیدایش تخلخل ثانویه زیاد در سازند های غالباً کربناته، مقادیر زیادی از آب های نزولات جوّی به داخل سازندها نفوذ می کند و موجب تسریع انحلال و توسعه‌ی شکاف ها وحفرات و یا انواع اشکال کارستیک می شود. از طرفی در زمان بارش های رگباری، رواناب ها با تمرکز در مناطق خطوط گسل ها و میکروگسل ها و درزهای بزرگ تکتونیکی و مکانیکی، به تدریج با هیدرولیز و انحلال عناصر وکانی های کربناته، باعث توسعه آنها شده و مسیر خود را با مناطق تکتونیکی مذکور، انطباق داده اند. مطابق تحقیقات میدانی ، محاسبات لازم به عمل آمده از طریق شاخص های ژئومورفولوژی و مورفومتری، منطقه از لحاظ تکتونیکی کاملاً فعال می باشد، (عابدینی،۱۳۸۳) [۱]

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۱_ رجائی و عابدینی ، (۱۳۸۳)



شکل (۳) نقشه‌ی پراکنش گسل ها در سازند های مختلف از لحاظ لیتولوژی.سازند های نامقاوم (انواع مارنها، پهنه های رسی و آبرفت ها) نیمه مقاوم (آهک های مارنی ، شیل ها، کنگلومراها) مقاوم شامل (سنگ آهک ودولومیت) بسیار مقاوم (آندزیت ، داسیت و ریوداسیت ها)



شکل(٤) مقطع زمین شناسی، تکتونیزه شدن سازند های مقاوم کارستیک و وپیدایش گرابن فشاری دشت هادی شهر به واسطه فرازش تکتونیکی به وضوح مشخص می باشد (برگرفته از نقشه‌ی زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ جلفا).

بررسی سیستم گسلی و درز و شکاف ها در سنگ آهک ودولومیت و شیل های منطقه :

بیشترین تراکم گسل ها(۱/۷۰ کیلومتر در کیلومترمربع) مربوط به سازندهای رسوبی مقاوم، بویژه آهک ها ودولومیت هاست، درحالی که میزان تراکم گسل ها در کل محدوده‌ی کوهستان در حدود(۱/۵ کیلومتر در کیلومترمربع) است.در کل، این منطقه به صورت تکتونیزه و خرد و له شده در آمده است شکل (۳). جهت بررسی درز وشکاف ها و ضخامت لایه ها از روش ساده شمارش و اندازه گیری مستقیم آنها در مکان های متفاوت رخنمون های سنگی در ابعاد ٤×٤ متر مربع کمک گرفته شده و سپس از طریق تناسب، نسبت، پراکنش و میزان

تراکم آنها در سازند ها مشخص شده است. میانگین ضخامت لایه سنگ آهک های خاکستری پرموتریاس منطقه، ٦٠ سانتی متر با درزهـای عمـودی بـه فواصـل متوسـط ٥٠ سـانتی متـر و درسنگ های دولومیتی ضخیم لایه تریاس ۳۰ سـانتی متـر و فواصـل درزه هـا بـه ۳۰ الـی ۳۵ سانتی متر می رسد. در حالی که در شیل ها (٥ الی ۱۰ سانتی متر) و در آهک های ورمیکوله (نازک لایه سست) ضخامت لایه ها و نیز فواصل درزها به شدت متغیر(از چند میلی متـر تـا ۱۰ سانتی متر) می باشد. به عبارتی این سازند ها با تراکم بـالای درز وشـکاف از میـزان نفـوذ پذیری و نیز از شدت انحلال و تخریب فیزیکـی بـه مرتـب زیـادتری برخوردارنـد. در کنـار عوامل تکتونیکی ، عوامل دیگری مانند سبک بار شدن ، کشش وارده در اثر ثقل بر لایـه هـای شیب دار، ونیز افزایش بار به واسطه‌ی مواد تخریبی انباشته شده ، در پیدایش درز ودیاکلازها موثرند.از طرفی آب های حاصل از نزولات جوی، حاوی مقداری گاز کربنیک اتمسفر از محل خطوط درز و دیاکلاز وشکست ها وارد سازند هـای کربناتـه مـی شـود و بـه صـورت اسـید ضعیفی موجب انحلال و نیز تخریب فیزیکی(با یخ زدن وذوب) سازند هـا مـی شـود. بـه عقیده لاما (۱۹۷۸) رفتار مکانیکی و میزان انحلال در توده سنگ هـا بیشـتر تـابع رفتـار درز و شکاف هاست تا رفتار سنگ بکر. بر اساس نتایج آزمایشگاهی جـدول(۳) مطـابق طبقـه بنـدی دریک(۱۹۸۹) نقل از جنینگیز، میزان تحمل فشار یـا مقاومـت مکـانیکی سـنگ هـای رسـوبی منطقه، مانند ماسه سنگ، شیل، آنیدرید ،سنگ آهک ، مرمر و دولومیت نسبت بـه سـنگ هـای آذرین بسیار پایین است[۱].پایین بودن مقاومت مکانیکی سازند های مـذکور در مقابـل نیروهـای فشارشی تکتونیک موجب پیدایش تراکم بـالای گـسل ،میکروگـسل هـا ودرز وشـکاف هـای تکتونیـک ، مکـانیکی و باعـث افـزایش نفـوذ پـذیری در آنهـا گشـته اسـت. در نتیجـه،

۱ـ وضعیت مقاومت مکانیکی انواع سنگ ها بر حسب بار از دریک ۱۹۸۹ نقل از جنینگیز : کمتر از ۳۵۰بار بسیار ضعیف ۳۵۰ تا ۷۰۰ بار ضعیف-۷۰۰ تا ۱۷۵۰بار قوی وبالاتر ۱۷۵۰بار بسیار قوی می باشد.

نفوذ شدید آب ها و شدت انحلال کارستیک و موجب کاهش تراکم زهکشی و تغییرات محسوس در میزان انشعاب رتبه آبراهه ها شده است.

جدول (۳) مقاومت مکانیکی سنگها در برابر نیروهای فشاری غیر محوری فورد دریک (۱۹۸۹) به نقل از جنینگیز.

جدول ،ویژگی های مقاومت مکانیکی سنگ ها در برابر نیروهای کمپرسیونی برحسب بار (bar)

نوع سنگ	مقاومت مکانیکی برحسب بار
سنگ آهک	۳۴۵۰ - ۳۴۵
دولومیت	۳۶۰۰ ۶۲۰
سنگ مرمر	۲۴۰۰ - ۴۶۰
آندریت	۸۰۰ ۲۲۰
شیل	۲۳۰۰ ۳۰۰
ماسه سنگ	۲۴۰۰ ۱۲۰
بازالت	۳۶۰۰ ۸۰۰
گرانیت	۳۰۰۰ ۱۶۰۰
کوارتز	۶۳۰۰ ۱۵۰۰

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

حفره های کوچک کارستیک (حفرات قطره بارانی، کارن ها و پن ها) :

طی مشاهدات میدانی،در سطح صخره ها و سنگهای توده ای آهکی، حفره های ریز و کوچکی به عمق ۰/۵ و قطر تا ۱/۵ سانتی متری مشاهده شده اند. این حفره ها در اثر برخورد قطرات باران حاوی گازکربنیک (Co_2) ضعیف و انحلال کربنات کلسیم در سنگ آهک به وجود آمده اند و ابتدایی ترین اشکال کارستیک در منطقه‌ی مورد تحقیق می باشند .

در سطح برونزدهای سنگ های آهکی نسبتاً تند، یک سری شیارهای موازی با هم که عمق آنها از چندین میلی متر تا ۲ متر متغیر می باشد(لاپیه ها)، شکل گرفته اند. غالباً تمرکز اولیه جریانات کوچک (نخ آب ها) به دلیل داشتن Co_2 و با قدرت و خاصیت انحلالی بالا در روی تخته سنگها و صخره ها ، شیارهای تقریباً موازی با هم را به وجود آورده اند که اصطلاحاً آن ها را کارن های شیاری (Rillkarrne) می نامند . علت کوتاه بودن طول شیار کارن ها (لاپیه ها) مربوط به کاهش تدریجی قدرت انحلال آب های جاری و اشباع شدن آن توسط املاح قابل حل ، در مسیر کوتاه می باشد .

عمل انحلال آب های جاری (رواناب های سطحی کوچک) در برخی از سطوح تند سنگ آهک های توده ای، موجب پیدایش اشکال پله مانند شده است . ارتفاع متوسط پله ها از همدیگر در محدوده‌ی ٤ الی ٥٥ سانتی متر متغیر می باشد و طول بخش مسطح یا کف پله ها از همدیگر از ۱۵ سانتی متر تا ۱ متر متغیر است. علت پیدایش این گونه اشکال کارستیک، انحلال سازند های کارستیک و جابجایی آنها توسط رواناب های صفحه ای وضعیف در روی سطوح کم شیب دامنه ها می باشد. بدین صورت که با خارج شدن آب های حاوی مواد محلول کربناته (از محل تماس لایه های متفاوت و بریدگی شیب ها) در ضمن پخش شدن و نفوذ تدریجی و تبخیر زیاد منجر به رسوب مجدد کلسیت و پیدایش کارن های پله ای در سطوح شیب دار (دامنه ها) شده است. (دریک، ۱۹۸۹). نیچلسون،۲۰۰۱، تانگ،۲۰۰۳. در مورد این نوع از اشکال کارست، اصطلاح کارن های پله ای (Trittkarren) را به کار برده اند.

پن ها (اشکال کاسه مانند) نیز جزو اشکال میکروکارستیک محسوب می شوند که به طور متوسط با عمق ۱۰ سانتی متر و قطر بین ۱۰ الی ۵۰ سانتی متر در روی سنگ های کربناته‌ی منطقه و بویژه در نقاط کم شیب دامنه ها شکل گرفته اند . تجمع اولیه‌ی آب های نزولات جوی در درزها و میکروچاله ها ، باعث انحلال و توسعه و تبدیل حفره های کوچک (انحلالی) به اشکال ماهی تابه مانند (پن) شده است . در برخی موارد روزنه های متعدد کوچک، به صورت سیفون، آب را به درون سازندهای کربناته هدایت می کند و این امر موجب تسریع انحلال آنها از درون می شود. به مرور زمان به واسطه‌ی عمل انحلال ، فضای پن ها توسعه می یابد و رفته رفته چندین پن به هم می پیوندد و در نهایت به شکل چاله های بسته‌ی بزرگ یا دولین در می آیند. بنابر این ، شدت عمل انحلال کارستیک بویژه در سنگ آهک خاکستری، موجب پیدایش اشکال مختلف میکرو کارستیک (مانند حفره های کوچک و انواع پن ها) شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

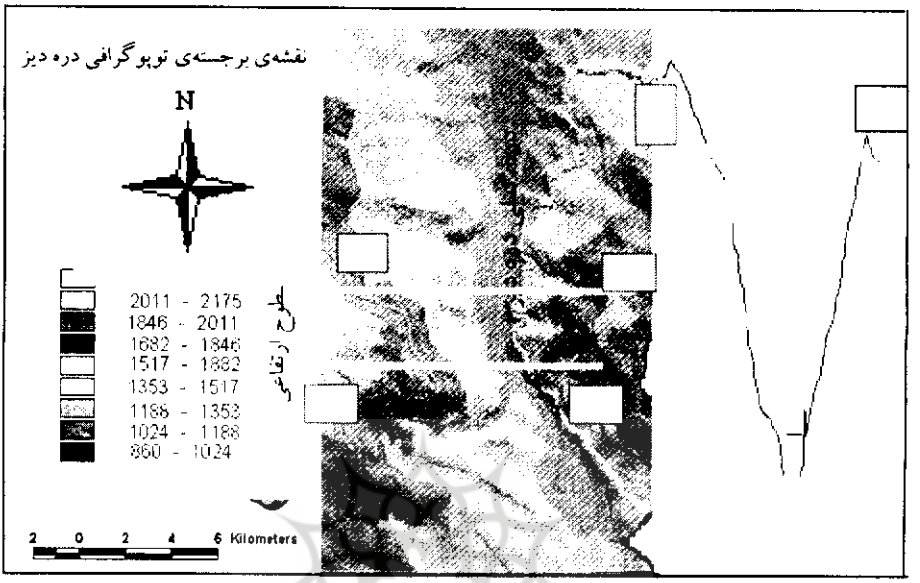
نقش انحلال در دره تکتونیکی دره دیز:

دره دیز یک دره تکتونیکی است که در امتداد خط گسل توسعه و تکوین یافته است. از ویژگی های بارز این دره، داشتن عمق زیاد ، طویل بودن ، شیب تند (کورنیش دار) دامنه های آن است . در اثر فعالیت شدید گسل و نیز جریانات سیلابی شدید ناشی از بارندگی های ناگهانی فصول گرم و بهاری ، فرسایش جانبی شدید در پایه‌ی شیب تند گسل ، باعث افزایش شیب دامنه، بویژه در بخش شرقی و حفظ حالت کورنیش وار آن می شود،شکل(۵). از لحاظ ژنتیکی، پیدایش اولیه‌ی دره دیز به اثرات زمین ساختی لارامید و خصوصاً پیرنه مربوط می شود. نیروهای فشاری (جانبی ـ عمودی) سازند های مقاوم آهکی و دولومیتی منطقه را در حین بالا آوردن ، به شدت شکست داده است . در اثر این نیرو ها، گسل های فراوان از جمله گسل دره دیز با امتداد شمالی و جنوبی شکل گرفته است . بالاخره با نفوذ آب های حاصل از نزولات جوی و از طرفی تخلیه‌ی آب های حوضه‌ی رسوبی مسدود دشت هرزندات (بعد از پیدایش خط گسل) موجب انحلال و حفر شدید جانبی و گسترش دره دیز چای شده است. لذا انحلال سازند های کارستیک (آهک های پرموتریاس ـ آهک های نازک لایه و دولومیت ها) در امتداد خط گسل فعال ، نقش مهمی را در توسعه و گسترش دره دیز دارد. امروزه نیز جریانات سیلابی از طریق فرسایش کناری شدید و رواناب های سطحی دامنه های توام با انحلال و تخریب مکانیکی چشمگیر، موجب تحول شدید دره V شکل و شبه کانیونی دره دیز می شوند. دره تکتونیکی دره دیز، با عرض متوسط ۳۰۰ و عمق ۶۰۰ متر و به طول ۵/۵ کیلومتر با دامنه های کورنیش دار وبا شبکه‌ی هیدروگرافی آلوکتن (غیر محلی) جاری از منطقه‌ی دشت هرزندات می باشد، (شکل۵ و۶) .پدیده انحلال نیز با دامنه های تند شیب این دره به واسطه‌ی حفر زیربری رودخانه دره دیز و نیز فرازش تکتونیکی بویژه در بخش اسکارپ گسل فعال، به شدت ناپایدار است و پدیده های مورفودینامیک فعال، نظیر ریزش، جریانات واریزه ای ، جریانات خرده دار و لغزش، به طورمداوم جاده و راه آهن بین المللی

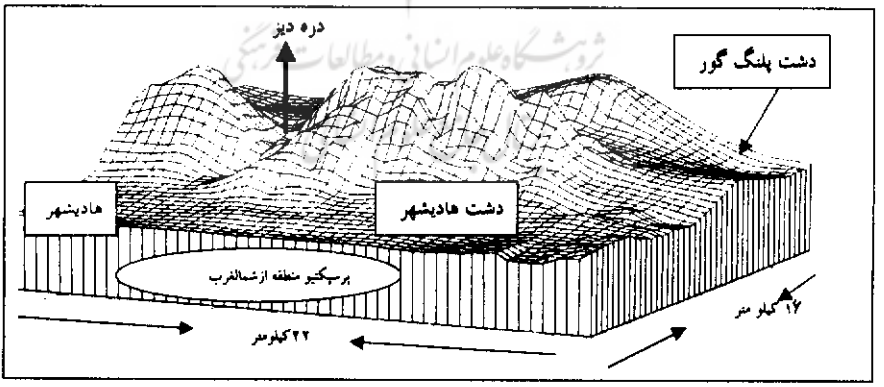
مرند ـ جلفا را تهدید می کنند وگهگاهی در زمستان و بهار موجب مسدود شدن و نیز وارد آمدن خسارت به آن می شوند.[۱] ابعاد این دره تکتونیکی عمیق و بزرگ که پدیده انحلال نیز در توسعه و گسترش آن بسیار مؤثر است، در بلوک دیاگرام سه بعدی ، (شکل٦) به وضوح قابل مشاهده می باشد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۱_رجانی و عابدینی (۱۳۸۳)



شکل(۵) ابعاد دره تکتونیکی و انحلالی با سطوح ارتفاعی از روی نقشه‌ی برجسته‌ی توپوگرافی ترسیم شده است.



کل(٦) بلوک دیاگرام سه بعدی ارتفاعات منطقه، دشت های حواشی، ودره تکتونکی دره دیز که در اثر انحلال و زیربری به صورت V شکل آمده ، مشخص می باشد.

دولین ها :

دولین ها نیز جزو اشکال حاصل از انحلال کارستی در سنگ های کربناته منطقه هستند و پراکنش آنها در روی نقشه‌ی توپوگرافی و شکل (۲) مشخص شده است. قطر دولین های بررسی شده در منطقه از ۳ الی ۵۰ متر متغیر می باشد .اغلب دولین های بزرگ منطقه در نواحی کم شیب پای دامنه ها وسطوح تقریبا هموار میان کوهی ودر برونزدهای سنگ های کربناته دشت ها ، که سنگ های ساختمانی توسط مواد تخریبی وآبرفتی کم ضخامت پوشانده شده ، شکل گرفته اند. نوع دیگر از دولین های منطقه، از نوع انحلالی- ریزشی هستند. مکانیزم پیدایش آنها بدین صورت است که آب های نفوذی با انحلال وتوسعه درز و شکاف ها، منجر به پیدایش چاله های بسته با دیواره های تندشیب می شوند که دراثر انحلال بخش زیرین دیواره ها ومتلاشی شدن سنگهای جدارها بر اثر فرایند ژلیفراکسیون ریزش می کنند .فورد و همکاران(۱۹۸۹) احمدی (۱۳۷۸) گارسیا وگاتاریز(۲۰۰۳) به نوع دولین انحلالی که با دیوارهای تند شیب وباریزش سنگی همراهند، اصطلاح دولین انحلالی ریزشی(Collapse doline) را به کار برده اند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

دره های بسیار باریک و کاملاً عمیق کارستیک:

دره های باریک با دامنه های کاملاً تند شیب و ناپایدار و بسیار عمیق در منطقه‌ی مورد تحقیق از شاخص ترین و گسترده ترین پدیده های کارستیک در سازند های آهکی و دولومیتی هستند.

این دره ها به صورت شعاعی در تمام دامنه ها و ارتفاعات دیوان داغی در اثر انحلال شدید در مسیر شکستگی های تکتونیکی و نواحی سست و درز شکاف ها و اتصال آنها به هم ونیز از طریق ریزش سقف آبراهه های زیرزمینی به وجود آمده و توسعه یافته اند. در اثر بالاآمدن تدریجی منطقه‌ی تحت عملکرد تکتونیک فعال و انحلال شدید سازند های کارستیک بستر دره ها توسط جریانات سیلابی و نیز تخریب مکانیکی آب های روان ، فضای دره های باریک و کاملاً عمیق با کرانه های دیوار مانند (کورنیش دار) در حال توسعه و گسترش می باشند . در اثر به عمق رفتن دره های کارستیک (در اثر تخریب شیمیایی و فیزیکی) در سنگ آهک توده ای پرموتریاس ، آهک های مارنی شیل ها و دولومیت های دوران دوم زمین شناسی، به علاوه در ارتباط با نقش نیروهای نو زمین ساختی، بویژه در مسیرهای منطبق بر خطوط گسل های فعال ، دامنه ها به شدت ناپایدارند .

غارها:

براثر تخریب شیمیایی، بویژه از ارتفاعات ۱٦۰۰ متر به بالا، نقاطی که میزان بارندگی سالانه (عمدتاً به صورت برف) بیشتر می باشد، درسنگ های آهکی ضخیم لایه، حفرات بزرگ، شکاف های انحلالی و غار هایی شکل گرفته اند. مکانیزم پیدایش غارهای منطقه، بدین صورت می باشد که آب های حاصل از نزولات جوی با دریافت مقداری گاز کربنیک (Co_2) از اتمسفر و نیز در هنگام نفوذ مقداری Co_2 حاصل از فعالیت های موجودات زنده و تجزیه مواد آلی، قدرت و خاصیت انحلال آبهای نفوذی به شدت بالا می رود . این آب های

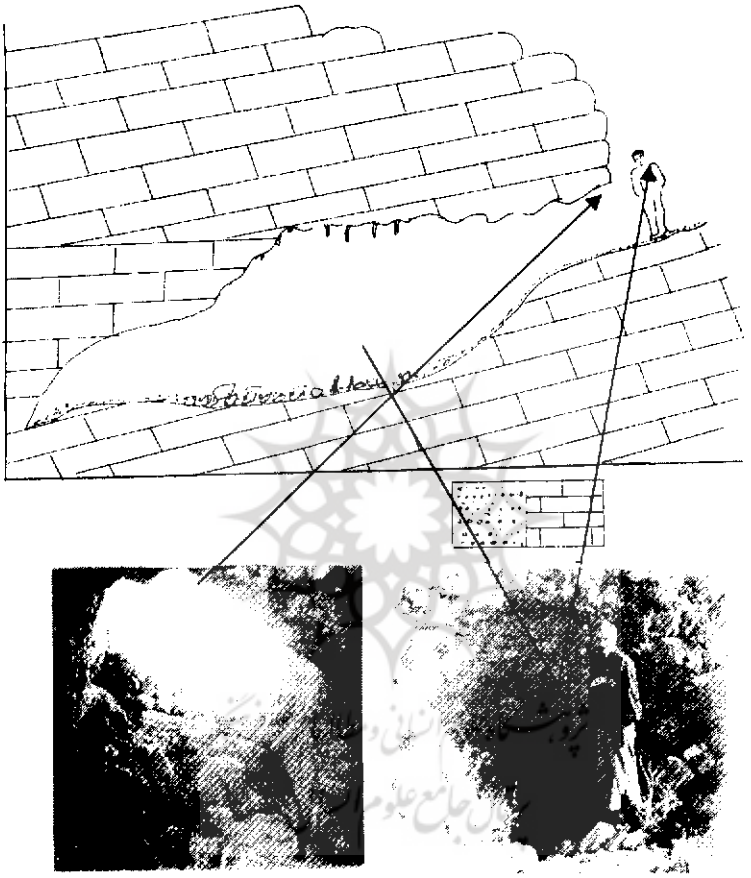
گازکربنیک دار از مجاری انحلالی یا از مسیر درزها و شکاف ها به درون سازندهای آهکی توده ای و دولومیت ها نفوذ کرده، موجب انحلال شدید و توسعه‌ی شکاف های زیرزمینی شده و در نهایت آن ها را به غار تبدیل می کنند.عوامل مهم و موثر در پیدایش و تحول و تکوین غارهای منطقه، گسترش زیاد سنگ آهک های توده ای و دولومیتی ، درز و شکاف ها و گسل های فراوان در آنها (با تراکم ۱/۷۰ کیلومتر در کیلومترمربع) نزولات جوی کافی (۳٤٦/٦ میلیمتر سالانه)، حاکمیت حداقل ۵ ماه سرما و یخبندان ، مقدار Co_2 محیط می باشد. منطقه‌ی مورد تحقیق جزو مناطق کوهستانی و سردسیر منطقه مرزی ایران است که در استان آذربایجان شرقی بیشترین نزولات جوی آن به صورت برف می باشد که نقش اساسی را در میزان انحلال و پیدایش غارهای منطقه دارد. به عقیده‌ی جلسون[1] و زانگ[2] مقدار ریزش های جوی بویژه به صورت برف از عوامل بسیار مهم در توسعه‌ی فضاها و درزها و خطوط گسلی و ایجاد گالری های زیرزمینی و غارها دارد؛ زیرا قابلیت انحلال آهک در صفر درجه به حداکثر می رسد (۱/۵ گرم در لیتر در فشار عادی اتمسفر)، و وجود فشار زیاد در داخل سازندها، میزان انحلال را بالا می برد . متوسط بارندگی کل منطقه ۳٤٦/٦ میلی متر می باشد ولی میزان آن در ارتفاع ۹۰۰ متر از سطوح آب های آزاد در سطح دشت ها ۲۵۳/۵ تا ٤۲۷/۵ میلی متر در سطح ارتفاعات ۲۳٤۹ متر متغیر می باشد .

پیدایش حفره های بزرگ باد پناهی، پن ها، دولین های مرئی(در روی برونزد های سنگ های کربناته) نامرئی (در زیر مواد تخریبی و آبرفتی)، دو غار نسبتاً بزرگ وغیره درمحدوده ارتفاعی ۱٦۰۰ متر تا ۲۰۰۰ عمدتاً در ارتباط میزان ونوع بارش می باشد . میزان بارندگی متوسط سالانه در این محدوده ارتفاعی با اعمال نقش عاملی ارتفاع از طریق فرمول تطابق یافته با ویژگی های طبیعی منطقه ۳۷۵/۵ میلی متر می باشد، به علاوه بیش از نصف این

1- jelsoc(1996)
2- zangh(1996)

بارندگی نیز به صورت برف می باشد . بنابراین، بارندگی زیاد وغالباً به صورت برف شدت انحلال را در این محدوده ارتفاعی حداقل در فصول یخبندان دو برابر می کند و زمینه‌ی پیدایش حفره های بزرگ حاصل از انحلال و غارها را بیشتر می کند. به عنوان نمونه، غار شماره یک در شمال غرب روستای زال که دارای طول ٤٠ وعرض متوسط ١٠ متر وبا ارتفاع متوسط ٣ وبا دهانه ورودی ١/٥در١/٥متر در سنگ آهک توده ای در ارتفاع ١٧٠٠ متری ایجاد شده است شکل(٧).

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل(۷) دهانه غـار شـماره یـک از داخـل و خـارج غـار در شـمال غـرب روسـتای زال در سازندهای آهکی ضخیم لایه پرموتریاس ودر محدوده ارتفاعی ۱۷۰۰متر.

این غار در دامنه‌ی روبه غرب (سمتی که بیشترین بارندگی را دریافت می کند) در زیر میکروگسل شکل گرفته وکف آن دارای شیب متوسط ۱۵٪ از دهانه به سمت انتهای آن است. اخیراً نیز آب های نفوذی از سقف ودیواره های غار، موجب پیدایش اشکال حاصل از رسوب کلسیت شده اند .در کف غار استلاگمیت هایی به ارتفاع نیم متر وجود دارند که اغلب توسط چوپانان شکسته شده اند و نیز استلاگتیت هایی به طول ۵ الی ۱۰ سانتی متر درسقف ودیواره های غار وجود دارد. غار دیگری نیز در دامنه‌ی رو به غرب در سنگ آهک توده ای در شرق دره شاه نبی به طول ۵۰ متر با دهانه بسیار کوچک (به قطر نیم متر) به شکل آون یا قیف وارونه می باشد که در اثر انحلال درمحل درزهای تکتونیکی شکل گرفته است. عمق دهانه‌ی تنگ (آون) این غار به طول بیش از یک متر به صورت عمودی (مانند چاه) از سطح زمین می باشد، و بعداً با شیب بسیار تند به صورت تونل باریک لوله مانند در می آید که در انتها به یک فضای باز فرو افتاده به عمق بیش از چهارمتر منتهی می شود شکل (۸). در کف هر دوغار شناسایی شده ناخالصی های حاصل از انحلال سنگ آهک، به صورت رس نهشته شده است. میزان بارندگی برای ارتفاعات مختلف منطقه مورد تحقیق از طریق معادله انطباق یافته با شرایط اقلیمی منطقه به صورت زیر می باشد.

معادله (۱) $R = ۱٤٥/٥ + ۰/۱۲۰ \times H$

H ارتفاع از سطح آب های آزاد

R متوسط بارندگی سالیانه به میلی متر

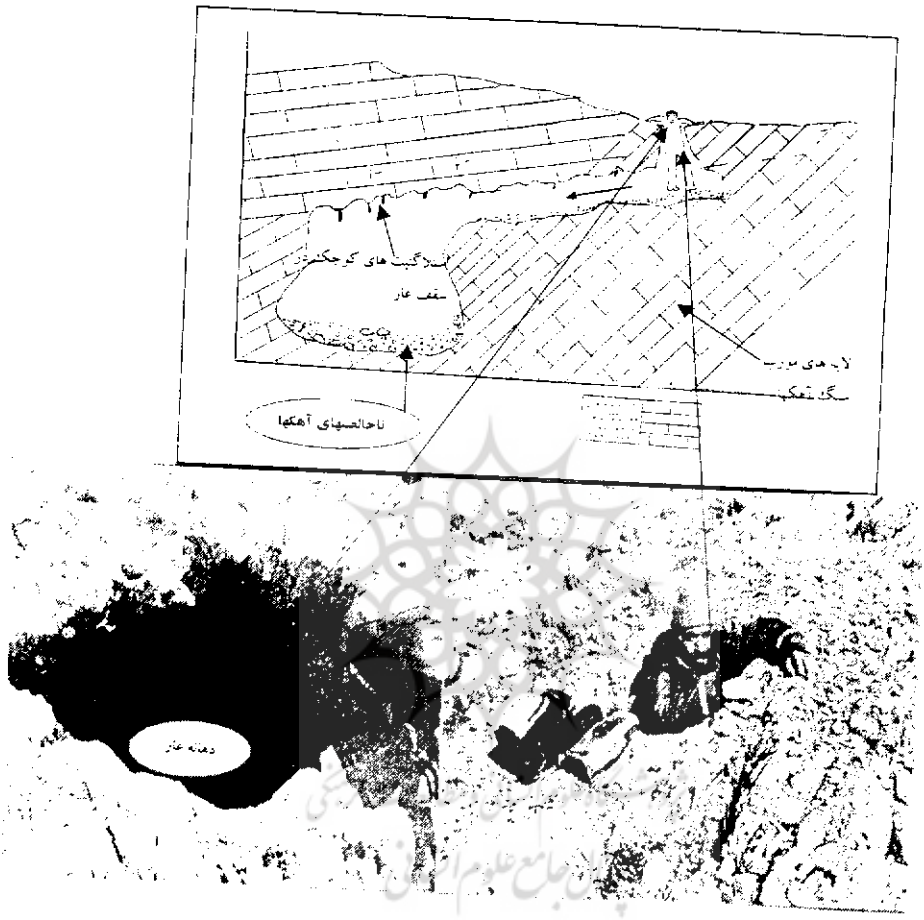
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول(٤) داده های میزان بارش در ارتباط با افزایش ارتفاع از طریق معادله تطبیق یافته با اقلیم منطقه

۱۰۰	۱۰۰۰	۱۱۰۰	۱۲۰۰	۱۳۰۰	۱٤۰۰	۱٥۰۰	۱٦۰۰	۱۷۰۰	۱۸۰۰	۱۹۰۰	۲۰۰۰	۲۱۰۰	۲۲۰۰	۲۳۰۰	۲۳٥۰
۱۷۱/۲	۲٦٥/٥	۲۷۷/٥	۲۸۹/٥	۳۰۱/٥	۳۱۳/٥	۳۲٥/٥	۳۳۷/٥	۳٤۹/٥	۳٦۱/٥	۳۷۳/٥	۳۸٥/٥	۳۹۷/٥	٤۰۹/٥	٤۲۱/٥	٤۲۷/٥

به جهت خاکزایی مناسب (دردامنه های کم شیب) و فعالیت های بیولوژیکی میکروارگانیسم ها و تجزیه مواد آلی و هوموسی و عمل هوازی موجودات زنده موجب افزایش Co_2 و به دنبال آن افزایش Co_2 آبهای نفوذی می شود. بنابراین ، با نفوذ آب ها با قدرت انحلال بالا، روند تخریب شیمیایی در سازندهای نامرئی آهکی ودولومیتی(در زیر موادتخریبی) افزایش یافته ودر نتیجه منجر به پیدایش دولین های نامرئی در منطقه شده است. این دولین ها به صورت چاله های بسته می باشند که هیچگونه شبکه‌ی زهکشی به بیرون از چاله های کارستیک ندارند وکاملًا توسط مواد تخریبی پوشانده شده اند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل(۸) دهانه تنگ و قیفی شکل(آون) غار شماره دو و ارتفاع دهانه ۱/۵متر و قطر آن ۵۰ سانتی متر که از ایستادن شخص نیز مشخص می باشد.

دره های حفره ای بسته ، در محل برونزد لایه نفوذ پذیر فوقانی بر روی لایه نفوذ ناپذیر یا (آکی کلود) تحتانی، به واسطه جوشش آب چشمه ها شکل گرفته اند. مکانیزم پیدایش این دره ها بدین صورت است که، آبهای حاصل از نزولات جوی با نفوذ بیشتر به داخل لایه های نفوذ پذیر (غالباً آهک های توده ای) در سطح تناوبی از لایه های نفوذ ناپذیر (ماسه سنگ، مارن و شیل ها) تشکیل سفره آب های زیرزمینی معلق یا آویز را می دهند. سطح اساس این آب ها ارتباطی با سطح اساس کلی آب های زیر زمینی منطقه ندارد . غالباً در جهت شیب لایه ها واز محل برونزد دو لایه با لیتولوژی متفاوت به صورت چشمه هایی ظاهر می شوند و اغلب این چشمه ها در فصول گرم کم آب یا خشک می شوند. به مرور زمان به واسطه انحلال شیمیایی و تخریب فیزیکی جدار های چشمه به صورت قهقرایی فرو ریخته و دره های حفره ای با کناره های تند شیب به وجود می آید که در بخش بالا دست به دیواره یا پرتگاه های سنگ های آهکی ختم می شوند.. چشمه های آهک ساز نیز در بخش شمال شرق روستای سیلگرد- در غرب دشت پلنگ گور در سطح دشت هرزندات به واسطه انحلال کارستیک و رسوب مجدد کلسیت موجب پیدایش اشکال جدید کارستیک به صورت تپه ها و لایه های تراورتن شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

نتایج و پیشنهادات:

۱- گسترش چشمگیر سازندهای کارستیک (۹۰٪)، به همراه شرایط اقلیمی نیمه خشک و سردسیر کوهستانی با میزان بارندگی متوسط سالانه۳٤٦/٦میلی متر(در ارتفاعات عمدتاً به صورت برف) موجب انحلال شدید پیکره ناهمواری ها می شود.

۲- سازندهای کارستیک مقاوم (سنگ آهک و دولومیت) به دلیل سخت وشکننده بودن، تحت تاثیر عملکرد نیروهای تکتونیکی با پیدایش انواع گسل ومیکروگسل ها، درز و شیار و دیاکلازها به صورت بخش تکتونیکی خرد وله شده در آمده، و زمینه‌ی نفوذ هرچه بیشتر آب های حاصل از نزولات جوی را فراهم نموده است. به علاوه از لحاظ تکتونیکی هنوز کاملاً فعال می باشد. اغلب آبراهه ها مسیر خود را با خطوط گسل ها انطباق داده اند (به عنوان نمونه ،دره دیز و آق بلاغ).

۳- به واسطه نفوذپذیری زیاد، شدت انحلال در سازندهای کربناته، بویژه در سنگ آهک ودولومیت، موجب پیدایش اشکال بسیار مشخص کارستی نظیر غارها، حفره های پناهگاهی، دره های کارستیک، دولین، آون، کارن (لاپیه)، پن و انواع چشمه های کارستیک شده است.

٤- علت اصلی پایین بودن تراکم زهکشی۱/۲۹ و غیر طبیعی بودن سیستم زهکش منطقه، کاملاً در ارتباط تخلخل بالای ثانویه سازندهای کارستیک، نظیر انواع سنگ آهک ودولومیت می باشد. در ارتباط با فرازش تکتونیکی و انحلال شدید کارستی ، اغلب آبراهه های مهم با حفر شدن بستر خود در تنگنا قرار گرفته اند و با زیربری منجر به افزایش شیب دامنه ها و دره ها می شوند. بنابر این با افزایش شیب ، پدیده های مورفودینامیک از قبیل، ریزش های سنگی، لغزش ها، جریانات واریزه ای، واژگونی ها تشدید شده و منجر به پسروی پرتگاه های سنگی و تحول نسبتاً سریع دامنه می شوند.

۵- درمنطقه‌ی دره دیز جهت جلوگیری از خطرات تهدید شدید جاده به واسطه ریزش های شدید سنگی وجریانات واریزه ای، با ایجاد دیواره های بتونی مستحکم و ایجاد پل های سرریز کننده مواد تخریبی، می توان از شدت تهدید پدیده های مورفودینامیک تاحدودی کاست.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

- احمدی، ح.(۱۳۷۸)، «*ژئومورفولوژی کاربردی (فرسایش آبی)*» ،جلد(۱)تالیف، انتشارات دانشگاه تهران.ص ۷۵-۱۱٦.
- آقاسی، ع. و افراسیابیان. الف. (۱۳۷۸)، «*هیدرولوژی کارست*»،ترجمه.انتشارات طرح وتهیه استانداردهای مهندسی آب کشور.
- برجسته، آ. (۱۳۸۰)، «***نقش گسلش در توسعه کارست در سازند گچساران دریاچه سد مخزنی جره، رامهرمز***». مجموعه مقالات دومین کنفرانس زمین شناسی مهندسی و زیست شناسی ایران. دانشگاه تربیت مدرس.جلد دوم ص۵۹۳-۵۷۹.
- رجائی، ع. و عابدینی، م.(۱۳۸۳)، «***پژوهش در نقش عوامل نو زمین ساخت در تحول ژئومورفولوژی منطقه دره دیز- دیوان داغی از طریق شاخص های ژئومورفومتری***» ،نشریه دانشکده علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه تبریز ، سال ۱۳۸۳ ،شماره ۱۵، ویژه جغرافیا
- رجائی، ع. و عابدینی، م.(۱۳۸۳)، «*بررسی جریانات واریزه ای منطقه دره دیز- دیوان داغی*» ، فصلنامه تحقیقات جغرافیائی، شماره ۷۳.
- فریفته،ج.(۱۳۷۰)، «*تحلیل های کمی در ژئومورفولوژی کاربردی*». انتشارات دانشگاه تهران.
- محمودی، ف. ملکی، الف. (۱۳۸۰)، «***تحول کارست ونقش آن در منابع آب زیر زمینی در ناهمواریهای بیستون- پرآو(کرمانشاه)***» ،پژوهش های جغرافیائی ،شماره،٤۰،ص (۱۰۵-۹۳)
- معتمد، الف. (۱۳۷۷)، «*ژئومورفولوژی(زمین شناسی)* » ترجمه، انتشارات دانشگاه تهران.