

## بررسی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی سازند قرمز بالایی در ایجاد و توسعه اشکال فرسایش تونلی (Piping)

مجید کریمپوریحان<sup>۱</sup>، ناصر مشهدی<sup>۲</sup>، قدرت الله زحمتکش<sup>۳</sup>

۱، ۲ و ۳ استادیار، مربی و کارشناس ارشد مرکز تحقیقات بین المللی همزیستی باکوبیر دانشگاه تهران

تاریخ وصول: ۱۳۸۲/۴/۱۷

### چکیده

ناهمواری کوه سرخ در جنوب غربی شهرستان سمنان و در طول شرقی ۵۳ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۲۵ دقیقه و در عرض شمالی ۳۵ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۲۰ دقیقه واقع شده است. سنگ بستر این ناهمواری را سازند قرمز بالایی تشکیل داده که دارای رسوبات ریزدانه و تبخیری می باشد. این ناهمواری تحت تأثیر فرسایش آبی شکلهای گوناگونی از فرسایش را بخود گرفته است، که یکی از جالبترین و نادرترین این فرسایشها، فرسایش تونلی<sup>۱</sup> می باشد. این فرسایش در این ناهمواری اشکالی را شبیه به لانه روباه بوجود آورده است که به نام اشکال فرسایش تونلی معروف هستند. اشکال فرسایش تونلی مطالعه شده در منطقه ساختاری ساده داشته و شامل تعدادی حفره یا گودالهای قیفی شکل با ابعاد گوناگون و یک شبکه زهکشی زیر زمینی بوده که این شبکه توسط خروجی هایی به شبکه زهکشی سطحی متصل است. علیرغم ساختمان فیزیکی ساده این اشکال، مکانیسم تشکیل آنها بسیار پیچیده می باشد. عواملی که در تشکیل آنها دخالت دارند را می توان به چند دسته زیر تقسیم کرد:

عوامل سنگ بستر: لیتولوژی، ترکیب دانه بندی، میزان سخت شدگی (دیاژنز)، میزان و ترکیب املاح، نوع رس، خصوصیات مکانیکی سنگ بستر و ...، عوامل خاک: بافت و ساختمان، میزان شستشوی املاح، اسیدیته PH، هدایت الکتریکی EC، نسبت سدیم قابل جذب SAR، درصد سدیم قابل تبادل ESP و نسبت املاح به یکدیگر، عوامل فیزیوگرافی: شیب دامنه، طول دامنه، ارتفاع از سطح اساس محلی، جهت جغرافیایی، شیب هیدرولیکی و ...، عوامل اقلیمی: بارندگی،

<sup>۱</sup> - Tunneling erosion

دما، خصوصیات بارش در مناطق بیابانی، احتمالاً تغییرات اقلیمی در گذشته، عوامل زیستی: فعالیتهای انسانی در جهت از بین بردن پوشش گیاهی.

فاکتورهای ذکر شده در بالا همه به یک اندازه و وزن در ایجاد این اشکال نقش ندارند.

در طرح مذکور دو فاکتور بافت خاک (سازند) و خصوصیات شیمیایی خاکها (-ESP-SAR ECE-PH و ...) که به نظر می رسد تأثیر بیشتری نسبت به فاکتورهای دیگر دارند مورد مطالعه قرار گرفت. علاوه بر اینها مشاهدات صحرایی نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از این بررسی ها نشان داد توسعه و گسترش این اشکال به میزان قابل توجهی به بافت سازند بستگی داشته به طوریکه در بخشهایی از سازند که درصد سیلت بیشتری نسبت به رس و ماسه وجود دارد این توسعه بیشتر است. همچنین نقش املاح و خصوصیات شیمیایی سازند در مرحله دوم اهمیت قرار می گیرد و نقش کمکی در توسعه و گسترش آنها دارد به طوریکه در مناطقی که کاتیونهای دو ظرفیتی نسبت به کاتیونهای یک ظرفیتی بیشتر می شود شرایط کلوئیدی شدن فراهم شده و امکان شستشوی ذرات بیشتر می گردد. همچنین بررسی ها نشان داد که بین فاکتورهای SAR و ECE ارتباط وجود داشته و نمونه های برداشت شده در منطقه دارای SAR زیاد و ECE های متفاوت می باشد و این نشان دهنده تأثیر سدیم قابل جذب بدون در نظر گرفتن مقدار هدایت الکتریکی سازند در توسعه این اشکال می باشد.

واژه های کلیدی: سازند، فرسایش تونلی، شبکه زهکشی، هدایت الکتریکی، نسبت

سدیم قابل جذب، شیب هیدرولیکی و شیب دامنه.

## مقدمه

انسانی که آنها را به عنوان عوامل زیستی می توان نام برد. از طرف دیگر میزان تاثیر گذاری هر کدام از این عوامل می توانند باعث گسترش و تحول اشکال شوند. به عبارت دیگر اگر چه اشکال فرسایش تونلی در تمام منطقه مورد مطالعه وجود دارد ولی این اشکال در بخشهای مختلف دارای گسترش، تحول و تکامل متفاوت از نظر تراکم، سطح، اندازه و ... می باشند.

در این تحقیق دو عامل بافت سنگ بستر و میزان املاح موجود در آن مورد مطالعه قرار گرفت. این مطالعه در واحدهایی که بر اساس سنگ بستر، شیب و جهت جغرافیایی تشکیل شده بودند انجام و سپس تأثیر این دو فاکتور در گسترش این اشکال مورد بررسی قرار گرفت.

منطقه مورد مطالعه دارای میانگین روزانه دما در یک دوره ۱۱ ساله برابر ۱۷/۹ سانتیگراد و میانگین حداقل ها و حداکثرها در همین دوره به ترتیب ۱۲ و ۲۳/۸ درجه سانتیگراد می باشد. سردترین ماه سال دی ماه با دمای متوسط ۱- درجه سانتیگراد و گرمترین ماه سال تیرماه با دمای متوسط ۸/۳۷ درجه سانتیگراد است. متوسط بارندگی سالانه در همین دوره برابر ۱۳۷ میلی متر می باشد که با توجه به شاخصهای فرمول آمبرژه و کلیموگرام مربوطه اقلیم منطقه خشک و سرد می باشد.

در ۴۰ کیلومتری جنوب غرب شهرستان سمنان ناهمواری کوه سرخ واقع است که متوسط ۱۰۰۰ متر از سطح دریا و ۴۰۰ متر نسبت به دشتهای اطراف ارتفاع دارد. در این ناهمواری شکلی از فرسایش آبی گسترش یافته که شباهت زیادی به اشکال کارست داشته ولی دارای مکانیسم تشکیل کاملاً متفاوت بوده که به نام اشکال فرسایش تونلی<sup>۱</sup> بیان می شود. سنگ بستر این اشکال رسوبات ریزدانه و تبخیری بوده که سازند قرمز بالایی را تشکیل می دهند. این اشکال فرسایشی حاصل فرسایش تونلی بوده که شامل یک سری گودال یا حفره های قیفی شکل در سطح زمین و شبکه ساده ای از آبراهه ها و زهکش ها در زیرزمین است که به وسیله خروجیهای به شبکه نیدروگرافی سطحی مرتبط می باشد. عوامل متعددی در منطقه وجود دارند که می توانند باعث تشکیل این اشکال شده باشند، این عوامل در دو گروه عمده قابل بررسی هستند. یکی عوامل مربوط به شرایط فیزیوگرافی و توپوگرافی منطقه از جمله شیب توپوگرافی، جهت جغرافیایی و ... که به عنوان عوامل فیزیکی بیان می شوند و دیگری عوامل مربوط به شرایط طبیعی و اجتماعی منطقه از جمله سنگ شناسی، خاکشناسی، پوشش گیاهی و ... و فعالیتهای

<sup>۱</sup> - Tunelling erosion

## مواد و روش

مطالعه حاضر بر اساس اطلاعات پایه و مدارک زیر صورت گرفت.

- نقشه های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ به منظور داشتن اطلاعات کلی از منطقه و وضعیت توپوگرافی آن که شامل برگ سمنان 4-NI39 می باشد. (۲)

- نقشه های توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ به منظور شناخت دقیق و مطالعه تفصیلی منطقه از نظر توپوگرافی - فیزیوگرافی و استفاده در بازدیدهای صحرائی. این نقشه ها شامل برگهای صوفی آباد-I-6660 - جنوب صوفی آباد-II-5660 - صفائیه-III-6660 و سرخه-IV-6660 بود. (۲)

- نقشه های زمین شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰۰۰ به منظور شناخت خصوصیات ساختارهای تکتونیک (زمین ساخت) و ساختارهای لیتولوژیک (سنگ شناسی) منطقه مورد مطالعه و ارتباط این ساختارها با مناطق اطراف آن (۴)

- عکسهای هوایی با مقیاس ۱:۵۵۰۰۰۰ به منظور بررسی های کلی رخساره های ژئومورفولوژی و تعیین رخساره های اولیه ژئومورفولوژی. (۳)

- عکسهای هوایی با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰۰ به منظور مطالعات دقیق رخساره های ژئومورفولوژی، مشخص کردن عارضه های مورد نظر و استفاده در بازدیدهای صحرائی.

با استفاده از مدارک ذکر شده و بر اساس روشهای زیر پژوهش انجام گرفت.

- مطالعه فیزیوگرافی که بر پایه نقشه های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ صورت گرفت و شامل بررسی های شیب توپوگرافی - جهت جغرافیایی و محدوده ارتفاعی بود.

- مطالعه زمین شناسی و سنگ شناسی بر اساس نقشه های زمین شناسی و بازدیدهای صحرائی انجام شد. در این مطالعات وضعیت سازندهای منطقه از نظر لیتولوژیک (سنگ شناسی) و تکتونیک (زمین ساختی) بررسی و تأثیر آنها بر اشکال فرسایش تونلی مورد مطالعه قرار گرفت.

- مطالعات ژئومورفولوژی، این مطالعات با فتوموزائیک کردن عکسهای هوایی ۱:۵۰/۰۰۰ و عکسهای هوایی ۱:۲۰۰۰۰ شروع و سپس با توجه عکسهای هوایی و نقشه های توپوگرافی و زمین شناسی به منظور انتقال اطلاعات از نقشه های توپوگرافی و زمین شناسی به عکسهای

است که با ته نشین شدن آن اولین چرخه رسوبی نئوژن به پایان می رسد. بیشترین محتوای سنگ شناسی سازند قرمز بالایی را گلشنهای مارنی - رسی به رنگ قرمز قهوه ای تشکیل میدهند که مقادیر متغیری نهشته های رس ماسه ای - مارن و سیلتستون های سبز رنگ را به همراه دارد. بر خلاف سکانس نمونه سازند قم، ماسه سنگ در این سازند کم است ولی نهشته های تبخیری آن بسیار زیاد است که به صورت مخلوط با گلسنگ یا لایه های جداگانه، چندین صد متر سترای آزاد را در بر می گیرد. سازند مذکور بدون فسیل ممیز است و تنها با توجه به موقعیت و چینه شناسی، زمان آن به میو- پلیوسین نسبت داده شده است. بطور کلی با توجه به تغییر سریع رخساره و تنوع لیتولوژی، سازند قرمز بالایی از پایین به بالا به سه بخش M1، M2 و M3 تقسیم شده است.

### بخش زیرین (M1)

با نهشته های فراوان تبخیری مشخص است که شامل ژیپس و نمک می شود. ولی سنگهای شیلی و مارن های ارغوانی تا قرمز نیز به همراه آن وجود دارد، این بخش خود به دو افق مشخص لیتولوژی تقسیم می شود:

افق a که شامل انیدریت و شیل است.

افق b که شامل رس و نمک است.

هوایی و برعکس ادامه پیدا کرد. نقشه پرواز بر اساس جایگاه مراکز عکسهای هوایی و نوار پرواز در روی نقشه های توپوگرافی تهیه شد (نقشه شماره ۱). با تفسیر عکسهای هوایی ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۰۰۰۰ مطالعه اولیه بر روی اشکال حاصل از فرسایش تونلی از نظر تراکم، اندازه، پراکنش، صورت و رخساره های اولیه ژئومورفولوژی شناسایی گردید. بعد از مطالعات اولیه بر روی مدارک فوق، بازدیدها و بررسی های صحرائی انجام شد که بطور مشخص جهت مشاهده و کنترل پدیده های فرسایش تونلی و رخساره های تهیه شده در مرحله قبل بود. - مطالعات خاکشناسی، با مشخص نمودن دقیق مناطق و رخساره های ژئومورفولوژی اقدام به حفر پروفیل جهت نمونه برداری از خاک و ارسال نمونه ها به آزمایشگاه گردید. عناصر آزمایش شده در نمونه ها بر اساس اهداف طرح صورت گرفت.

### نتایج

#### ۱- مطالعات زمین شناسی

بستر کاری اشکال فرسایش تونلی در جنوب باختری سمنان، در کوه سرخ قرار دارد. گستره این نواحی توسط سازند قرمز بالایی (M) و گنبد های نمکی پوشیده شده است. نهشته های سازند قرمز بالایی نشان دهنده استقرار یک رژیم کولابی در منطقه

مارن های گچ دار تشکیل شده است، مستقیماً روی افق b از سازند قرمز را بصورت دگر شیب می پوشاند. ولی باید توجه داشت که در بیشتر جاهای منطقه این دگر شیبی مشخص نیست. بنابراین تفکیک قسمتهای بالای سازند قرمز از نهشته های پس از آن دشوار است. (۵ و ۹ و ۱۰)

## ۲- مطالعات ژئومرفولوژی

۲-۱- مکانیسم تخریب و فرسایش  
با توجه به ساختار سنگ شناسی سازند قرمز بالایی که از عناصر ریز دانه و ناپیوسته تشکیل شده است فرسایش تونلی باعث شستشو و خروج ذرات ریزدانه<sup>۱</sup> بوسیله آبشویی مکانیکی<sup>۲</sup> شده و شرایط را جهت ایجاد اشکال حاصل از فرسایش تونلی بوجود می آورد. از طرفی املاح موجود در سنگهای رسوبی - تبخیری به عنوان موادی که قابلیت انحلال را دارند باعث انحلال و ایجاد فرسایش انحلالی می گردند. انحلال مواد به تشکیل اشکال فرسایش تونلی سرعت بیشتری می دهد یا به عبارتی انحلال نقش حمایتی را در ایجاد این اشکال ایفا می کند. (۱۱)

## بخش میانی (M2)

بخش (M1) به سوی بالا به یک سکانس ستبر و یکنواخت از گل‌سنگ و ماسه سنگهای قرمز قهوه ای تبدیل می شود که لایه های اندکی از ماسه سنگهای ریزدانه را به همراه دارد. این بخش به نوبه خود از دو افق لیتولوژی تشکیل شده است:

\_افق b در پایین که شامل گل‌سنگهای قهوه ای تیره تا قرمز است.  
\_افق a در بالا که شامل ماسه سنگ و گل‌سنگ به رنگ قرمز قهوه ای است.

## بخش بالایی (M3)

این بخش از نظر زمان زمین شناسی به پلیوسین مربوط است که به دلیل تنوع لیتولوژی به سه افق تفکیک شده است:  
\_افق c در پایین که شامل ماسه سنگهای قرمز روشن، قهوه ای و گل‌سنگ است.  
\_افق b در وسط که شامل سنگهای رنگارنگ، ژیپس و سنگ آهک استراکد دار است.

\_افق a در بالا که شامل رس نمک دار و گل‌سنگ است. این افق در منطقه مورد پژوهش رخنمون ندارد و نهشته های پس از میو- پلیوسن که بیشتر از کنگلومرا، رس و

<sup>1</sup> - Washing out of fine particle

<sup>2</sup> - Mecanical eluviation

## ۲-۲- اشکال فرسایش

با توجه به لیتولوژی سنگهای رسوبی- تبخیری و نسبت بین رسوبات و اصلاح، اشکال مختلفی به وجود می آیند که اگر چه با اشکال کارست شباهت دارند ولی دارای مکانیسم تشکیل و ابعاد کاملاً متفاوت با آنها می باشند. این اشکال به عنوان اشکال فرسایش تونلی نامگذاری می گردند. اشکال فرسایش در سه گروه بزرگ، - اشکال حاصل از هوادیدگی سطحی از جمله چاله های بارانی<sup>۱</sup> و شیارهای انحلالی<sup>۲</sup> - اشکال حاصل از فرسایش متمرکز آبی از جمله هزار دره ها - ترکیب اشکال سطحی و زیرزمینی شامل اشکال حاصل از فرسایش لوله ای<sup>۳</sup> یا تونلی<sup>۴</sup> جای می گیرند. (۷). تشکیل این اشکال بر روی ناهمواریهای مارنی - تبخیری بستگی به عوامل گوناگون از جمله لیتولوژی، درجه حرارت، درجه اشباع هوا از رطوبت و خصوصیات بارش و پوشش گیاهی، دارد.

جالبترین و شاخص ترین این اشکال، اشکال حاصل از فرسایش piping می باشد. این اشکال شامل یک سری مجرا یا کانال زیرزمینی هستند که شبکه هیدروگرافی زمینی را بوجود می آورند و یک سری اشکال قیفی شکل همانند دولین

در کارستها (بسیاری منابع نام دولین را بر روی این اشکال قیفی شکل گذاشته اند ولی با توجه به مکانیسم تشکیل و ابعاد آنها حفره یا گودالهای قیفی کل کلمه مناسبتری برای آنها به نظر می رسد) می باشند که سطح زمین را شکل می دهند. (عکس شماره ۱)

حفره یا گودالهای قیفی شکل، بخش ورودی شبکه زهکشی زیرزمینی را تشکیل می دهد. مشاهدات صحرایی نشان داد که این گودالها دارای ابعاد گوناگون هستند که به طور مشخص بستگی به ساختار لیتولوژی و فیزیوگرافی منطقه دارند. شبکه آبراهه های زیرزمینی در ناهمواریهای حاصل از فرسایش تونلی بر خلاف ناهمواری های کارستی که بسیار تحول یافته است تحول چندانی پیدا نکرده و فقط از یک سری کانال ها و مجراهای عمدتاً باریک بوجود آمده اند که از طرف بالا دست به حفره های یا گودالهای قیفی شکل و در پائین دست به خروجی شبکه آبراهه ختم می گردند. گاهی یک آبراهه زیر زمینی یا مجرا میتواند به چندین حفره یا گودال متصل باشد ولی فقط دارای یک خروجی است.

خروجیهای شبکه زهکشی زیرزمینی دارای ابعاد گوناگون می باشند. مشاهدات صحرایی از این خروجیها نشان داد که قطر خروجی ها از ۲۰ سانتی متر

1 - Rain Pit

2 - Solution flutes

3 - Piping erosion

4 - Tunnelling erosion

بررسی ها و مطالعات ژئومرفولوژی در منطقه نشان داد که اشکال حاصل از فرسایش لوله ای دارای یک سیر تکاملی می باشند. این تحول را می توان در تعداد حفرات قیفی شکل، ابعاد آنها و تراکم شبکه زهکشی سطحی و زیرزمینی مشاهده کرد. سیر تحول و تکامل ژئومرفولوژی اشکال فرسایش تونلی، با ایجاد و زیاد شدن تعداد حفره ها یا گودالهای قیفی شکل شروع و سپس با گسترش در عرض و عمق دهانه آنها ادامه پیدا می کنند و نهایتاً با از بین رفتن گودالهای قیفی شکل و ریزش پل های طبیعی و سقف آبراهه های زیرزمینی طرحی از ناهمواریها بوجود می آید که دارای آبراهه های متعدد و فشرده بوده و بداند یا هزار دره موسوم است. به عبارت دیگر تحول و تکامل نهایی اشکال حاصل از piping، ابتدای شکل گیری ژئومرفولوژی بدلندها می باشد (قابل ذکر اینکه این بدلندها خاص تحول ژئومرفولوژی اشکال فرسایش تونلی می باشند در صورتیکه در مناطق دیگر عمده شکل گیری بدلندها از فرسایش متمرکز آب است). (عکس شماره (۴)(۱۲)

شروع و تا حدود ۱/۵ متر ادامه پیدا می کند که بعضاً قابل ورود به شبکه زهکشی زیرزمینی تا چند متر می باشد. این مشاهدات و مطالعات و همچنین بازدیدهای مکرر از مناطق مختلف نشان داد که ابعاد خروجی ها بطور معنی داری بستگی به ساختار زمین ساخت منطقه، بویژه ضخامت لایه ها، شیب لایه ها و لیتولوژی لایه ها دارد. همانطور که بیان شد در بعضی از افقهای سازند قرمز بالایی ماسه سنگ به طور متناوب با مارنهای املاح دار و گل‌سنگ قرار گرفته است. شرایط قرار گرفتن لایه ماسه سنگ با لایه های دیگر می تواند ابعاد کوناگونی را به خروجی ها بدهد (عکس شماره ۳). زمانی که ضخامت لایه ماسه سنگ زیاد و شیب آن کم باشد و از طرفی لایه زیرین ریزدانه بوده و دارای ضخامت زیاد باشد شرایط برای ایجاد بزرگترین قطر برای خروجی ها بوجود آمده است. بازدیدهای صحرائی از خروجی های مختلف نشان داد که املاح دار بودن لایه مارن می تواند نقش تسریع کننده در ایجاد و گسترش خروجیها داشته باشد ولی عموماً ریزدانه بودن لایه زیرین نقش اصلی را ایفا می کند. بطوریکه در مناطقی که لایه ماسه سنگ وجود ندارد خروجیهای ایجاد شده این موضوع را تأیید می کنند.



## ۲-۳- واحدهای ژئومرفولوژیک

جهت جغرافیایی به رخساره های ژئومرفولوژی تقسیم گردید (جدول شماره ۱). (نقشه شماره ۱).

بر اساس تحولات ژئومرفولوژی اشکال حاصل از فرسایش piping که ناشی از ساختارهای محیطی منطقه از جمله شیب توپوگرافی، جهت جغرافیایی و ساختارهای طبیعی از جمله زمین شناسی (لیتولوژی و تکتونیک) می باشد، تقسیمات ژئومرفولوژی در منطقه صورت گرفت. این تقسیمات ضمن نشان دادن لندفرمهای مختلف منطقه، واحدهایی را مشخص می کنند تا بتوان جهت نمونه برداری اقدام نمود. ساختار سنگ شناسی نخستین ساختار جهت اولین طبقه بندی منطقه بود. براساس این ساختار، منطقه مورد مطالعه به چهار واحد تقسیم گردید.

۲-۳-۱- واحد ماسه سنگهای قرمز روشن تا قهوه ای و گل‌سنگ

۲-۳-۲- واحد ماسه سنگ و گل‌سنگ به رنگ قرمز قهوه ای

۲-۳-۳- واحد گل‌سنگهای قهوه ای تیره تا قرمز

۲-۳-۴- واحد رس و نمک

واحدهای مذکور بر اساس تفسیر عکسهای هوایی (مقیاس ۱:۲۰۰۰۰) و با در نظر گرفتن تراکم آبراهه ها، فرسایش آبی، مرفولوژی آبراهه ها (۷ یا ۸ شکل بودن)، تراکم حفره ها یا گودالهای قیفی شکل، طرح شبکه و همچنین شیب توپوگرافی و

## ۲-۳-۱- واحد ماسه سنگ قرمز

### روشن تا قهوه ای و گل‌سنگ

#### ۲-۳-۱-۱- رخساره شماره ۱

این رخساره در واحد ماسه سنگهای قرمز و گل سنگ از افق C بخش بالایی از سازند قرمز بالایی قرار گرفته است. این رخساره ها دارای فرسایش آبی سطحی تا شیاری بوده که آبراهه های اصلی آن دارای عمق کم و به شکل لا می باشند. طرح شبکه در این رخساره موازی است. بخشهایی از سطح دامنه این اراضی دارای واریزه های ریز تا قطر حداکثر ۵ سانتی متر می باشد. تراکم پوشش گیاهی در آن نسبت به بقیه رخساره ها بیشتر است و حداکثر به ۱۰ درصد می رسد. اشکال فرسایش تونلی در این رخساره بسیار کم تحول یافته و تراکم حفره های قیفی شکل در آن بسیار کم است و عمدتاً مجزا و بدون ارتباط با یکدیگر می باشند. در این اراضی پلهای طبیعی در بعضی از آبراهه ها تشکیل شده است که کوچک می باشند. شیب اراضی این رخساره کم بوده و بین ۵ تا ۱۰ درصد متغیر است. جهت جغرافیایی غالب غربی بوده و پروفیل شماره یک این رخساره حفر گردید.

## ۲-۳-۲- واحد ماسه سنگ و گل

### سنگ به رنگ قرمز قهوه ای

#### ۲-۳-۱- رخساره شماره ۲

مطالعات ژئومورفولوژی و فیزیوگرافی بر روی واحد ماسه سنگ و گل سنگ افق a از بخش میانی سازند قرمز بالایی نشان داد که دو رخساره کاملاً متفاوت در آن وجود دارد.

رخساره شماره ۲ در اراضی ایی از این واحد مشاهده می گردد که دارای شیب کمتر از رخساره دیگر این واحد بوده و تا ۱۵ درصد می رسد. جهت جغرافیایی غالب در این رخساره جهت جنوبی است که پروفیل شماره ۲ نیز در همین جهت حفر گردید. فرسایش در این رخساره فرسایش آبی بوده و انواع فرسایش از شیاری تا فرسایش لو له ای (piping) در آن مشاهده گردید. آبراهه ها u شکل هستند که در بخش بالادست به حفره های قیفی شکل محدود می شوند.

تراکم گودالهای قیفی شکل کم تا متوسط می باشد. عمق این گودالها کم و تا حداکثر ۳ متر می رسد. سطح دامنه در بیشتر مناطق پف کرده و آثار فرسایش شیاری به وضوح در آنها دیده می شود. تراکم پوشش گیاهی خیلی کم که تا ۳ درصد در بعضی نقاط می رسد ولی بیشتر مناطق آن عاری از

پوشش گیاهی است. تراکم آبراهه متوسط تا زیاد و طرح شبکه زهکشی در آبراهه های اصلی داربستی و در آبراهه های فرعی موازی می باشد بنابراین طرحی درحد موازی- داربستی دارند. عمق آبراهه ها از رخساره شماره ۱ بیشتر و از رخساره شماره ۳ کمتر است. (عکس شماره ۱).

#### ۲-۳-۲- رخساره شماره ۳

این اراضی، رخساره دیگر واحد ماسه سنگ و گل سنگ افق a بخش میانی سازند قرمز بالایی را تشکیل می دهند. تفاوت بارز این رخساره با رخساره دیگر همین واحد (رخساره شماره ۲) در جهت جغرافیایی، شیب توپوگرافی، تراکم آبراهه، تراکم حفره های قیفی شکل و تعداد پلهای طبیعی می باشد بطوریکه در این رخساره جهت جغرافیایی شمالی، شیب بالای ۲۰ درصد، تراکم آبراهه زیاد تا خیلی زیاد و تراکم حفره ها یا گودالها بسیار زیاد و در نتیجه تعداد پلهای طبیعی نیز زیاد می باشد، به طوریکه بعضی مناطق فقط از حفره ها و پلهای طبیعی (دیواره های حائل بین دو حفره) پوشیده شده است و حفره ها توسط آبراهه های زیرزمینی که در پایین بخش پلهای طبیعی قرار گرفته اند به یکدیگر

دارد. شیب توپوگرافی آن متوسط و تا ۲۰ درصد می رسد. جهت غالب جغرافیایی جنوبی بوده که نمونه شماره ۵ در این جهت برداشت شده است. تراکم آبراهه در این رخساره متوسط تا زیاد و طرح آن درختی می باشد. در سطح دامنه های این رخساره به طور موضعی جایی که شیب شکسته و زیاد می گردد آثار سنگ نمک (هالیت) مشاهده می گردد که معمولاً در ۲۰ سانتی متری از سطح زمین قرار دارد. در روی اراضی این رخساره آثار فرسایش آبی کم بوده و فرسایش های سطحی تا شیاری در آن مشاهده می گردد. منطقه به علت شوری زیاد بدون پوشش گیاهی است. آبراهه های فرعی U شکل و آبراهه های اصلی V شکل می باشند. تراکم گودالهای قیفی شکل در روی دامنه ها کم ولی تراکم آنها در طول آبراهه های اصلی زیاد است که با توجه به لیتولوژی آن، حفره ها تحول چندانی پیدا نکرده و در جهت عرضی به یکدیگر متصل شده اند و ایجاد آبراهه های روباز می کنند به همین خاطر شکل آبراهه های اصلی دارای پیچ و خم زیاد بوده که عمدتاً شکل گرفته شده از دیواره های حفره ها می باشد. (عکس شماره ۳).

مرتبط می باشند. شکل آبراهه ها V شکل بوده که طرح شبکه داربستی - موازی را بوجود می آورند. در این رخساره، متکاملترین مرحله اشکال فرسایش تونلی شامل گودالهای قیفی شکل، شبکه زهکشی زیرزمینی، خروجیهای با ابعاد مختلف را می توان مشاهده کرد. در این رخساره پوشش گیاهی یا وجود ندارد و اگر باشد تراکم آن بسیار کم بوده و زیر یک درصد می باشد. (عکس شماره ۲).

با توجه به تحول و تکامل ژئومورفولوژیک این رخساره که شاخص ترین منطقه برای مشاهده اشکال فرسایش تونلی می باشد اقدام به برداشت دو نمونه گردید. نمونه شماره ۳ در بالای ناهمواری ها و در بخش ورودی گودالها در دو افق با نامهای ۳/۱ و ۳/۲ و نمونه شماره ۴ در خروجی اصلی شبکه زهکشی زیرزمینی قرار دارند.

### ۲-۳-۳- واحد گل سنگ های قهوه

#### ای تیره تا قرمز

### ۲-۳-۳-۱- رخساره شماره ۴

این رخساره در واحد رسی و نمک افق b بخش زیرین سازند قرمز بالایی قرار به همین خاطر شکل آبراهه های اصلی دارای پیچ و خم زیاد بوده که عمدتاً

۲-۳-۴- واحد رس و نمک

۲-۳-۴-۱- رخساره شماره ۵

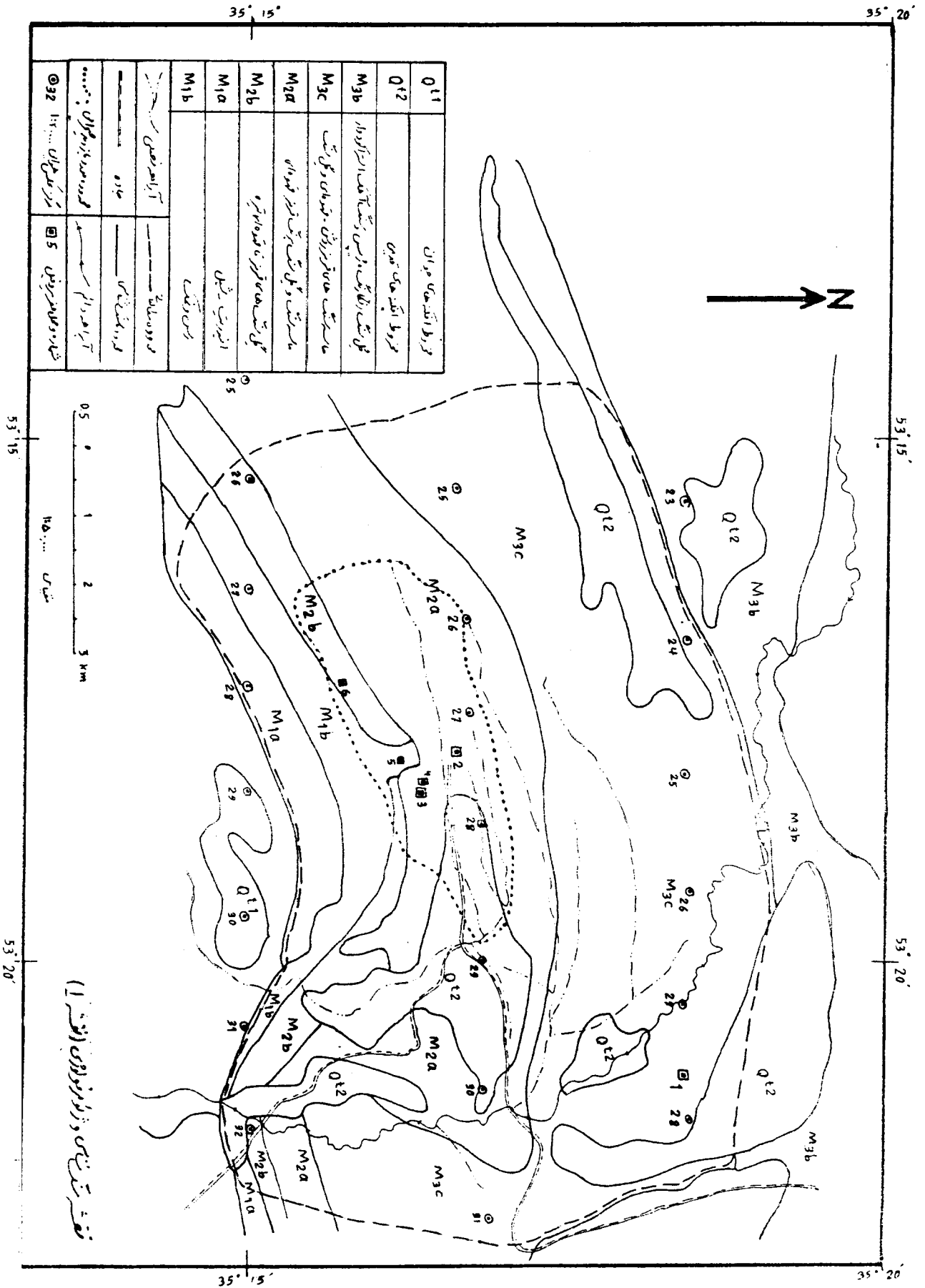
این رخساره در واحد گل سنگ های قهوه ای تیره تا قرمز افق b از بخش میانی سازند قرمز بالایی دارد. شیب توپوگرافی آن متوسط و تا ۲۰ درصد است. جهت غالب جغرافیایی آن جنوبی بوده و نمونه شماره ۶ در این رخساره و در همین جهت برداشت شده است. تراکم آبراهه زیاد و طرح شبکه نیدروگرافی درختی- موازی می باشد، آبراهه ها U شکل هستند. تعداد حفرات قیفی شکل در واحد سطح زیاد بوده ولی دارای عمق و ابعاد کوچکی هستند.

بطوریکه عمق آنها تا ۵ متر می رسد. در این رخساره حفره های قیفی شکل در یک ردیف بوده و مجرای از ردیف کناری خود می باشند. هر بخش به تنهایی دارای شبکه زهکشی زیرزمینی و خروجی جداگانه است. تحول این ردیف ها منجر به ایجاد آبراهه های روباز شده که نهایتاً آبراهه های اصلی را بوجود می آورند. این رخساره دارای تراکم پوشش گیاهی بسیار پائینی است که به ندرت به دو درصد می رسد. (عکس شماره ۴).

شماره نمونه خاک	رخساره									واحد	
	شماره رخساره	طرح شبکه	کلاس عمق حفره *	کلاس قطر حفره **	تراکم حفره ها	تراکم آبراهه ای	مرفولوژی آبراهه	شیب	جهت جغرافیایی		نماد واحد
۱	۱	موازی	۱	۱	کم	کم تا متوسط	U	۵-۱۰	غربی	M <sub>3c</sub>	ماسه سنگ و گل سنگ
۲	۲	موازی داریستی	۲	۲	کم تا متوسط	متوسط تا زیاد	U	<۵	جنوبی	M <sub>2a</sub>	ماسه سنگ و گل سنگ
۳/۱ و ۳/۲ و ۴	۳	داریستی موازی	۳	۳	زیاد	زیاد خیلی زیاد	V	>۲۵	شمالی	M <sub>2a</sub>	ماسه سنگ و گل سنگ
۵	۴	درختی	۱	۲	کم تا متوسط	متوسط تا زیاد	V و U	<۱۵	جنوبی	M <sub>1b</sub>	رس و نمک
۶	۵	درختی موازی	۲	۳	زیاد	زیاد	U	<۲۰	جنوبی	M <sub>2b</sub>	گل سنگ

\* \_ کلاسهای عمق متر ۲ < (۱) و ۲-۷ متر (۲) و متر >۷ (۳)

\*\* \_ کلاسهای قطر متر ۲ < (۱) و ۲-۵ متر (۲) و متر >۵ (۳)



### ۳- مطالعات خاکشناسی

برای مطالعه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکهای منطقه مورد مطالعه سعی شد که در نقاط مختلف از لحاظ زمین شناسی و ژئومرفولوژی متفاوت بوده اند نمونه برداری شود تا بتوانیم عواملی که از لحاظ خاکشناسی باعث بوجود آمدن این پدیده ها می شوند را به راحتی تفسیر کنیم. برای این منظور نمونه های برداشت شده به آزمایشگاه ارسال شد که نتایج این آزمایشها در جدول شماره ۲ آمده است. نتایج به دست آمده از ۶ نمونه از اشکال ایجاد شده بر روی ناهمواری های مارنی به قرار زیر است:

#### ۳-۱- رخساره شماره یک

این رخساره که در واحد ماسه سنگ و گل سنگ بخش بالایی سازند قرمز بالایی قرار گرفته دارای فرسایش آبی سطحی و شیاری است که آبراهه های آن با عمق کم و به شکل U می باشند و تراکم آن نسبت به رخساره های دیگر از اشکال فرسایش خیلی کم است و بدین دلیل پوشش گیاهی می تواند با تراکم کم و بیش زیادی نسبت به رخساره های دیگر وجود داشته باشد و به همین دلیل مقداری مواد آلی در خاک سطحی بوجود می آید. خاک مطالعه شده در این رخساره دارای بافتی سبک تا نیمه سنگین بوده (لوم) و دارای اسیدیته ۷/۴ می باشد و هدایت الکتریکی عصاره اشباع ۲۶/۶ دسی ژیمنس بر متر است. درصد مواد خنثی شونده (آهک مرئی

و نامرئی) ۲۴/۹ درصد، بیکربناتها ۱۵ میلی اکی والانت بر لیتر می باشد. مجموع آنیونها ۴۱۶۵ و کاتیونها ۴۳۴۰ میلی اکی والانت بر لیتر است که باعث بوجود آمدن SAR معادل ۳۴۱ می باشد. نسبت به اسید کلریدریک واکنش نشان می دهد. نتایج آزمایشگاهی فیزیکوشیمیایی این نمونه و نمونه های دیگر در جدول شماره ۲ آورده شده است.

#### ۳-۲- رخساره شماره دو

این رخساره که دارای فرسایش آبی از نوع فرسایش شیاری و فرسایش لوله ای می باشد بر روی واحد ماسه سنگ و گل سنگ افق a از بخش میانی سازند قرمز بالایی قرار دارد. آبراهه ها در این رخساره به شکل U هستند که دارای حفره های قیفی شکل می باشند. تراکم پوشش گیاهی کم با مواد آلی خیلی کم می باشد که مستعد فرسایش هستند. پروفیل شاهد حفر شده در این رخساره دارای بافت شنی لومی می باشد.  $E_c$  این نیمرخ ۸/۲۹ds/m و PH ۷/۳۸ است که نسبت به اسید کلریدریک از خود واکنش نشان می دهد. درصد مواد خنثی شونده ۶/۹، مجموع آنیونها ۱۴۶۷ و مجموع کاتیونها ۱۳۱۷ میلی اکی والانت بر لیتر که دارای SAR معادل ۱۰۱ می باشند. آنچا در نیمرخ بیشتر قابل بررسی است، شوری و Na و SAR کمتر از نیمرخ های دیگر است که این امر شاید در اثر شسته شدگی مواد خاک و نشست آن از ۲ سانتی متر به بعد باشد.

و آنیونها ۶۴۱۲ و کاتیونها ۶۴۴۸ میلی اکی والانت بر لیتر با SAR معادل ۱۳۳ هستند. نتایج آزمایشگاهی فیزیکوشیمیایی این پروفیل در جدول شماره ۲ آورده شده است.

### ۳-۴- رخساره شماره چهار

نمونه شماره چهار در خروجی اصلی شبکه زیرزمینی که دارای خروجی های با ابعاد مختلف می باشد برداشت شد. این رخساره که بر روی واحد ماسه سنگ و گل سنگ افق b قرار دارد دارای اشکال فرسایش تونلی شامل گودالهای قیفی شکل می باشد که فاقد پوشش گیاهی است و یا پوشش گیاهی به ندرت دیده می شود. پروفیل شاهد این رخساره دارای بافتی متوسط لومی است. اسیدیته این نمونه ۶/۱۱ و هدایت الکتریکی آن ۲۷/۵ دسی زیمنس بر متر می باشد. مقدار بیکرناتها در این نمونه نسبت به نمونه های دیگر بالاتر و ۱۵ meq/l است. مجموع کاتیونها و آنیونها به ترتیب ۶۳۴۵ و ۶۳۵۴ میلی اکی والانت بر لیتر با SAR معادل ۲۵۳ می باشد. آنچه قابل ذکر می باشد تحول زیاد اشکال فرسایشی در این رخساره می باشد که شاخصی گویا برای مشاهده اشکال فرسایش تونلی می باشد.

### ۳-۳- رخساره شماره سه

در این رخساره که در روی واحد ماسه سنگ و گل سنگ افق a از سازند قرمز بالایی قرار دارد دو نمونه یکی از عمق ۱۵-۰ سانتی متری و دیگری از عمق بیشتر از ۱۵ سانتی متر برداشته شد. تفاوت اساسی این رخساره با رخساره قبلی قرار گرفتن آن در جهت جغرافیایی شمالی و شیب زیاد آن است که این امر باعث گردیده تا تراکم آبراهه ها زیاد تا خیلی زیاد باشد و در نتیجه این امر گودالهای زیاد با پلهای طبیعی بوجود آمده، شکل آبراهه ها در این رخساره V بوده که اشکال فرسایش تونلی در این اراضی به وضوح زیاد می باشد. نیمرخ حفر شده در این شکل اراضی دارای مشخصات زیر می باشد

0-15 cm - این افق از نیمرخ خاک

دارای بافت لومی و هدایت الکتریکی ۲۰/۷ ds/m و اسیدیته ۶/۷۲ می باشد. درصد مواد خنثی شونده ۱۸ و بیکرناتها ۱۰ میلی اکی والانت بر لیتر می باشد. مجموع آنیونها و کاتیونها به ترتیب ۳۳۷۹ و ۳۴۳۴ میلی اکی والانت بر لیتر با SAR معادل ۱۶/۶ است.

15 cm به بالا- دارای بافتی نیمه

سنگین رسی لومی است. این لایه دارای اسیدیته با PH ۶/۱۶ و با Ec ۲۴/۸ دسی زیمنس بر متر می باشد. در حدود ۳۰/۳ آهک نامرئی و ثانویه (سخت دانه) وجود دارد و بیکرناتها ۱۲ meq/l

جنوبی بوده و پروفیل شاهد شماره ۶ در این واحد زده شد.

دارای حفرات قیفی شکل با عمق و ابعاد کوچک هستند. دارای پوشش گیاهی خیلی کم بوده و نهایتاً مواد آلی ناچیز نمونه برداشت شده است. در این رخساره دارای خصوصیات به قرار زیر می باشد:

بافت نیمه سنگین سیلتی لومی و دارای اسیدپته ۷/۱۵ است که EC در این پروفیل شاهد ۲۶/۶ دسی زیمنس بر متر می باشد. درصد مواد خشی شونده ۷/۵ است که نسبت به نمونه های قبلی از درصد خیلی کمتری برخوردار است. بیکربناتها در نمونه برداشت شده ۱۰ meq/l و مقدار آنیونها ۳۴۴۰ و کاتیونها ۳۴۵۱ میلی اکی والانت بر لیتر می باشد. SAR آن معادل ۳۳۴ است. نتایج آزمایشگاهی نیمرخ مزبور در جدول شماره ۲ آورده شده است.

### ۳-۵- رخساره واحد رس نمک

این رخساره در واحد رسی و نمک افق b بخش زیرین سازند قرمز بالایی قرار دارد که آثار سنگ نمک (هالیت) در شکستگی ها دیده می شود و دارای هدایت الکتریکی بالاتری نسبت به سایر رخساره ها و نمونه ها می باشد دارای فرسایش سطحی و شیاری با آبراهه های فرعی U شکل و اصلی V می باشد و طرح آن درختی است به علت شوری بالا آثاری از پوشش گیاهی در آن دیده نمی شود. پروفیل حفر شده در این رخساره دارای بافتی نیمه سنگین و سنگین رسی لومی بوده و هدایت الکتریکی نمونه برداشت شده دسی زیمنس بر متر و اسیدپته ۶/۳۶ است. درصد مواد خشی شونده ۱۴/۷٪ و بیکربنات ۱۰ meq/l و آنیونها ۶۳۲۰ و کاتیونها ۶۳۲۴ میلی اکی والانت بر لیتر با SAR معادل ۲۵۱ است.

### ۳-۶- رخساره واحد گل سنگ

این رخساره در روی واحد گل سنگ های قهوه ای تا قرمز افق b از بخش میانی سازند قرمز بالایی قرار دارد که دارای جهت



نوع خاک	SAR	کاتیونها	Na <sup>+</sup> Meq/l	Mg <sup>++</sup> Ca <sup>++</sup> Meq/l	آبیروها	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Meq/l	CL <sup>-</sup> Meq/l	HCO <sub>3</sub> Meq/l	CO <sub>3</sub> Meq/l	T.N.T /	PH گراشع	ECe Ds/m	بافت	دانه بندی در صدی			موقع	شماره نمونه
														ریس	سیلت	ماسه		
رشاره زنونر موروزی																		
ماسه سنگ و گل سنگ M <sub>1</sub> C	۳۱	۲۲۴	۳۷۰	۲۷۰	۲۱۶۵	۴۰۰	۳۷۵۰	۱۵	۰	۲۴/۸	۷/۴۴	۲۶/۶	لیم	۱۴	۳۶	۵۰	۰-۲۰	۱
ماسه سنگ و گل سنگ M <sub>2</sub> A	۱۰۱	۱۳۱۷	۱۰۸۷	۲۳۰	۱۱۳۶	۵۰۷	۷۵۰	۱۰	۰	۶/۸	۷/۳۸	۸/۲۹	شنی	۱۰	۳۳	۵۸	۰-۲۵	۲
ماسه سنگ و گل سنگ M <sub>3</sub> A	۸۶/۶	۳۳۳	۲۱۷۲	۱۱۶۰	۳۳۷۸	۴۹	۳۳۱۰	۱۰	۰	۱۸	۶/۲۲	۲۰/۷	لیمی	۲۴	۵۰	۲۶	۰-۱۵	۳/۸
ماسه سنگ و گل سنگ M <sub>3</sub> A	۱۳۳	۶۶۶۸	۳۳۳۸	۲۱۱۰	۶۶۱۲	۲۰۰	۶۲۰۰	۱۲	۰	۳۰/۳	۶/۱۷	۲۶/۸	رسی	۳۳	۳۸	۳۰	۰-۱۵	۴/۸
ماسه سنگ و گل سنگ M <sub>3</sub> A	۱۵۲	۶۳۵۶	۵۴۳۳	۹۲۰	۳۳۳۵	۱۳۰	۶۲۰۰	۱۵	۰	۲۰/۷	۶/۱۱	۲۷/۵	لیمی	۲۶	۲۶	۲۸	۰-۲۰	۵
رسی و سنگ M <sub>1</sub> B	۱۵۷	۶۳۲۴	۵۱۳۳	۸۹۰	۶۳۲۰	۶۰	۶۱۵۰	۱۰	۰	۱۶/۸	۶/۳۶	۲۸/۳	رسی	۳۳	۲۲	۲۶	۰-۲۰	۶
گل سنگ M <sub>3</sub> B	۳۳	۳۳۵۱	۳۳۶۱	۱۹۰	۳۳۶۰	۱۸۰	۳۳۵۰	۱۰	۰	۷/۵	۷/۱۵	۲۶/۶	سیلی	۱۶	۵۰	۳۳	۰-۲۰	۷

جدول شماره ۲: خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاکهای منطقه تحت پوشش

## بحث و نتیجه گیری

درون یک لایه از سازند، اختلاف ارتفاع زیاد تا سطح اساس محلی و شیب دامنه ها که در شکل گیری این اشکال مؤثر می باشند به نظر می رسد عوامل مهمتری که وابسته به شرایط لیتولوژی سنگ بستر می باشد بیشتر تأثیر گذار هستند.

مطالعات و مشاهدات صحرائی نشان داد که خصوصیات ظاهری و فیزیکی سنگ بستر که در مشخصات ظاهری و فیزیکی دامنه ها بروز می کنند می توانند راهنمای خوبی برای شناخت توسعه و گسترش اشکال حاصل از فرسایش تونلی باشند. در جاییکه درز و ترک در شکل ظاهری دامنه ها زیاد است این اشکال گسترش و توسعه بهتری نشان می دهند. با توجه به ریز دانه بودن رسوبات از طرفی و اقلیم خشک منطقه از طرف دیگر باعث می شود که رسوبات ریز دانه بخصوص رسها تظاهرات متضادی از خود نشان دهند. در دوره گرم بر اثر خشکی هوا این رسوبات منقبض شده و دارای درز و شکاف می گردند. بنابراین شرایط را برای نفوذ پذیری آماده می کنند ولی در شرایط مرطوب با توجه به انبساط رسها این رسوبات غیر قابل نفوذ می گردند.

اشکال حاصل از فرسایش تونلی در منطقه مورد مطالعه در نهایت تحول ژئومورفولوژی خود طرحی از اراضی فرسایش یافته را به نام بدلند (هزار دره) بوجود می آورند. مراحل تغییر و تحول ژئومورفولوژی این اشکال از ایجاد حفره های کوچک در روی دامنه شروع شده و در حین پیشرفت این حفره ها و تبدیل آنها به گودالها، شبکه زهکشی زیرزمینی تکامل پیدا می کنند و در نهایت با بزرگ شدن گودالها و اتصال آنها به یکدیگر و ریزش سقف آبراهه های شبکه زهکشی زیرزمینی، شبکه ای از آبراهه های روباز که شبکه سطحی منطقه را بوجود می آورند تشکیل می شوند که دارای تراکم بسیار زیاد بوده و اراضی بنام هزار دره یا بدلنه را بوجود می آورند. فرایند تحول ژئومورفولوژیک این اشکال توسط فرسایشی به نام فرسایش تونلی یا فرسایش لوله ای صورت می گیرد که حاصل فرسایش پذیری بالای سازند قرمز بالایی یعنی سنگ بستر این اشکال می باشد. غیر از فرایندهای بیرونی مانند تأثیر بارانهای با شدت زیاد و متغیر فصلی به همراه دمای بالای تابستان، تغییر در پوشش گیاهی یا عدم وجود پوشش گیاهی (۱۹۷۶) یا عدم وجود شیب هیدرولیکی (Crouch) (۱۴)، وجود شیب هیدرولیکی

نمونه‌ها نتیجه می‌شود که ماسه و رس نقش مؤثری در تعداد و ابعاد گودالها ندارند. برای نشان دادن تأثیر بافت در افقهای مختلف، پروفیل شماره ۳ در دو عمق برداشت شد. نتایج آزمایشگاهی نشان داد که میزان سیلت از افقهای سطحی به افقهای زیرین کم شده و میزان رس زیاد می‌گردد. مشخصات مرفولوژی رخساره ژئومرفولوژی مربوط به پروفیل شماره ۳ (جدول شماره ۱) نشان می‌دهد که میزان تراکم و ابعاد گودالها زیاد می‌گردند. بنابراین برای تشکیل فرسایش تونلی وجود رس بیشتر در عمق یا به عبارتی یک لایه غیر قابل نفوذ در بخشهای پایین تأثیر زیادی در توسعه و گسترش این اشکال دارد.

جدول شماره ۱ تراکم حفره‌ها را در رخساره‌های ۳ و ۵ زیاد نشان می‌دهد که با مقایسه با جدول شماره ۲ نتیجه می‌شود که میزان سیلت در این دو پروفیل به طور متوسط دو برابر میزان رس یا ماسه می‌باشد. اختلاف در انقباض و انبساط در عناصر بافت خاک (رس و سیلت و ماسه) موجب کاهش یا گسترش ترکها و درزها در افق خاک می‌شود (۱۴) و بنابراین می‌تواند در نفوذ دادن آب به لایه زیرین نقش بسزایی بازی کند و باعث گسترش نسبی اشکال فرسایش تونلی شود (پروفیل‌های شماره ۳ و ۵ جدول شماره ۲ و رخساره‌های ۳ و ۵ در جدول شماره ۱).

همچنین این مشاهدات نشان داد که مرفولوژی آبراهه‌ها در مراحل اولیه U شکل بوده که نشان دهنده شستشوی ذرات و انحلال املاح می‌باشد و در مراحل نهایی فاکتورهای تنش برشی و شیب در روی مرفولوژی دره‌ها عمل کرده و آنها را به شکل V در می‌آورند.

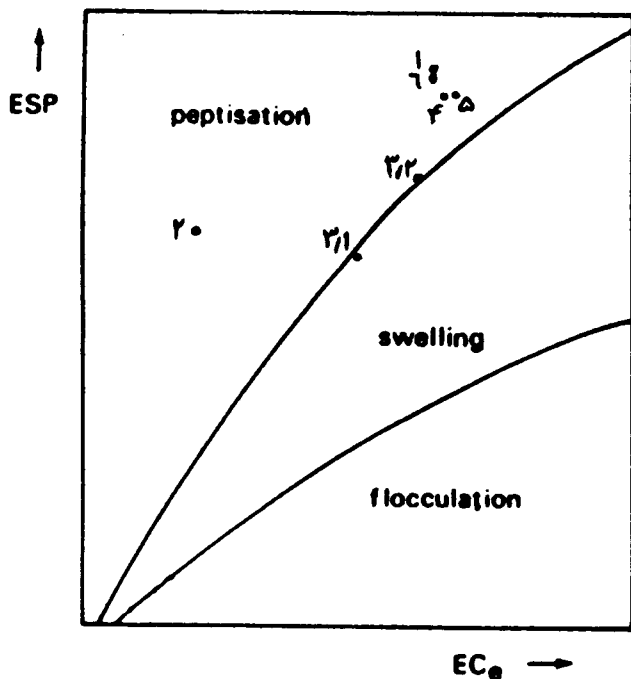
تعداد ۶ پروفیل در رخساره‌های ژئومرفولوژی حفر گردید تا میزان دخالت خصوصیات فیزیکی و شیمیایی سازند در توسعه و گسترش اشکال حاصل از فرسایش تونلی مورد بررسی قرار گیرد. مطالعات آزمایشگاهی در دو بخش مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

### بافت سازند

نمونه‌های برداشت شده نشان داد که در تمام این نمونه‌ها میزان رس از سیلت و ماسه به صورت انفرادی و مجموع کمتر بوده که با توجه به نفوذ سریع آب در ماسه‌ها و غیر قابل نفوذ بودن رسها می‌توان اظهار داشت که میزان شستشوی سیلت در تشکیل این اشکال نقش اساسی دارند.

همچنین آزمایشات نشان داد که در دو پروفیل شماره ۱ و ۲ (جدول شماره ۲) میزان ماسه بیشتر از میزان سیلت است. در نتیجه میزان نفوذ پذیری زیادتر می‌شود که با توجه به جدول شماره ۱، وجود تراکم کم حفره‌ها و اندازه کوچک آنها از نظر عمق و قطر در رخساره‌های ژئومرفولوژی این

شور و غیر سدیک می شوند و گالیهای V شکل بوجود می آیند با افزایش  $EC_e$  و ESP ذرات از طرف فولکوله شدن به متورم شدن swelling پیش می روند و در این وضعیت خاکها به صورت شور و سدیک در می آیند و گالیهای U شکل را تشکیل می دهند و نهایتاً با کاهش نسبی  $EC_e$  و افزایش نسبی ESP ذرات به طرف کلونیدی شدن peptisation رفته و بسته به میزان  $EC_e$  و ESP خاکها از غیر شور و سدیک تا شور و سدیک پیش می روند و گالیهای تشکیل شده به شکل V یا U در می آیند.



شکل ۱ رابطه بین مقدار  $EC_e$ , ESP (SAR) با فولکوله شدن، تورم و کلونیدی شدن (بر طبق نظر Kamphorst و Bolt، ۱۹۷۶)

### خصوصیات شیمیایی

علاوه بر خصوصیات بافت سنگ که نقش مهمی در فرسایش تونلی دارند خصوصیات شیمیایی می توانند در بیشتر مواقع نقش کمکی را بازی کنند. وجود املاح قابل حل در آب باعث می گردند سازند قرمز بالایی بیشتر تحت تأثیر فرسایش آبی قرار گیرند. آزمایشات نشان داد که میزان کربنات و بیکربنات در ایجاد حفره نقش چندانی ندارند و در هیچ یک از نمونه ها کربنات  $CO_3^{--}$  وجود ندارد و بیکربنات به میزان خیلی کم می باشد.

با توجه به جدول شماره ۲ خاکهای منطقه تماماً شور و سدیک می باشد پس کلرور سدیم در تشکیل این خاکها نقش مهمی دارد ولی با توجه به داده های جدول شماره ۲ و تجزیه و تحلیل آنها و همچنین مقایسه آن با جدول شماره ۱ هیچ رابطه معنی داری بین گسترش و توسعه اشکال حاصل از فرسایش تونلی با یون کلر یا سدیم وجود ندارد و فقط یونهای کلر و سدیم به صورت فاکتورهای ثانویه عمل کرده و بر روی دیگر عوامل شیمیایی مؤثر بوده اند.

در بخش خصوصیات شیمیایی نمونه ها توجه خاصی نیز به تأثیر تورم و پراکندگی در ایجاد اشکال فرسایش تونلی گذاشته شد. هر دو عامل پراکندگی و تورم بر پایه ارتباط بین SAR (ESP) و  $EC_e$  قرار دارد. طبق نظر Kamphorst و Bolt (۱۹۷۶) (شکل شماره ۱) با افزایش  $EC_e$  و کاهش ESP ذرات به طرف فولکوله شدن flocculation رفته و خاکها غیر

تمامی نمونه ها در محدوده peptisation واقع گردیده اند. مقایسه خصوصیات شیمیایی این نمونه ها نشان داد که محدوده شاخص های شیمیایی (Ec<sub>e</sub>- SAR - Na - Mg - Ca - Cl) برای نمونه های ۱ و ۳ و ۴ و ۵ و ۶ حدوداً یکسان بوده و فقط نمونه شماره ۲ با بقیه همخوانی ندارد و شاخصهای فوق برای آن کمتر از نمونه های دیگر می باشد. دلیل آن را می توان وجود یون کلر پائین و سولفات بالا دانست که به نظر می رسد تشکیل سولفات کلسیم (گچ) نقش اساسی را در این مورد داشته باشد.

جایگزین کردن نمونه ها در شکل شماره ۱ نشان می دهد که فولکوله شدن و تورم و پراکندگی خاکدانه ها نیاز اولیه برای فرسایش تونلی یا فرسایش لوله ای نبوده (۱۴) بلکه میزان کلوئیدی شدن ذرات (بدون در نظر گرفتن عناصر بافت) شرط اساسی برای ایجاد piping می باشد. تلفیق این شرط با بافت خاک نتیجه می دهد که کلوئیدی شدن ذرات و میزان سیلت موجود در خاک می تواند توأمان باعث توسعه و گسترش اشکال حاصل از فرسایش تونلی شوند. این موضوع را می توان در نمونه ۳/۱ و ۳/۲ مشاهده کرد. از نظر ژئومرفولوژی رخساره های مرفولوژی نمونه های ۳/۱ و ۳/۲ دارای بیشترین تراکم گودالها و بزرگترین عمق و قطر در گودالها می باشند و از نظر شیمیایی

مطالعات و آزمایشات نمونه ها نشان داد که پراکندگی نمونه ها در بخش کلوئیدی شدن peptisation می باشد. همانطور که شکل ۱ نشان می دهد نمونه های ۱ و ۶ و ۵ و ۴ به صورت یک مجموعه و نمونه های ۳/۱ و ۳/۲ به صورت مجموعه دیگر و نمونه ۲ با اختلاف نسبی از آنها قرار دارند ولی تمامی آنها در بخش peptisation می باشند.

مرفولوژی آبراهه با میزان تورم پذیری خاک رابطه داشته به طوری که هر چه نمونه ها به طرف منطقه متورم شدن swelling پیش می روند مرفولوژی U شکل آبراهه ها به V شکل تغییر می یابد به طوریکه نمونه های ۳/۱ و ۳/۲ و ۴ و ۵ این وضعیت را نشان می دهند و رخساره های نمونه های ۳/۱ و ۳/۲ دارای آبراهه های V شکل واقعی هستند.

این مقایسه نشان داد که قطر و عمق حفره ها با شیب توپوگرافی رابطه دارند به طوریکه با افزایش شیب توپوگرافی قطر و عمق حفره ها زیاد می گردند و با توجه به اینکه عموماً شیب هیدرولیکی از شیب توپوگرافی تبعیت می کند (اطلاعاتی در مورد شیب هیدرولیکی در منطقه وجود ندارد). بنابراین می توان نتیجه گرفت با زیاد شدن شیب هیدرولیکی قطر و عمق گودالها زیاد شده و تراکم آنها افزایش می یابد.

نتیجه ای از شستشوی مکانیکی ذرات خاک توسط آب می باشد که وابسته به میزان سیلت و میزان کلوئیدی شدن رس است. بنابراین نقش اصلی را شستشوی مکانیکی ذرات می توان در نظر گرفت. در این میان بعضی عوامل همانند اختلاف ارتفاع ناهمواری، شیب توپوگرافی، شیب هیدرولیکی، جهت جغرافیایی می تواند به این امر کمک کند. همچنین انحلال املاح قابل حل در آب، ترکیب املاح، نسبت املاح به یکدیگر می تواند در ابعاد شرایط فیزیکی مناسب از نظر شستشوی ذرات کمک کنند.

نمونه های ۳/۱ و ۳/۲ دارای ۲۱۲۰ و ۱۲۶۰ میلی اکسی والان در لیتر  $Ca^{++}$  و  $Mg^{++}$  هستند (بیشترین میزان در نمونه ها) که باعث کلوئیدی شدن رسها در این نمونه ها گردیده اند و از طرفی دیگر دو عنصر بافت این نمونه ها یعنی درصد سیلت (۳۸ و ۵۰) و درصد رس (۳۲ و ۲۴) به صورت ذرات کلوئیدی شده شرایط را برای حمل آنها به وسیله آب مهیا می کند. بنابراین شستشوی ذرات در این بخش اهمیت پیدا می کند. بطور کلی می توان نتیجه گرفت که خصوصیات فیزیکی سازند (بافت) بیشتر از خصوصیات شیمیایی در تشکیل و توسعه اشکال فرسایش تونلی مؤثر می باشد و این

### منابع

- ۱- احمدی، ح، ۱۳۷۸. ژئومرفولوژی کاربردی (فرسایش آبی)، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۲- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰.
- ۳- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح عکسهای هوایی ۱:۵۵۰۰۰.
- ۴- شهرابی، م، ۱۳۷۲. نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ سمنان، سازمان زمین شناسی کشور.
- ۵- علوی نائینی، م، ۱۳۵۱. بررسی زمین شناسی ناحیه جام، گزارش شماره ۲۳، انتشارات سازمان زمین شناسی کشور.
- ۶- مشهدی، ن، و همکاران، ۱۳۷۸. بررسی زمین شناسی و ژئومرفولوژی اشکال شبه کارست در سنگهای رسوبی- تبخیری جنوب سمنان و مقایسه آن با اشکال کارست در سنگهای آهکی شمال سمنان، مرکز تحقیقات مناطق کویری و بیابانی ایران، معاونت پژوهشی دانشگاه تهران.
- ۷- مشهدی، ن، ۱۳۷۹. مطالعه اشکال شبه کارست با تأکید بر فرسایش piping، مجله بیابان جلد ۵، شماره ۲.

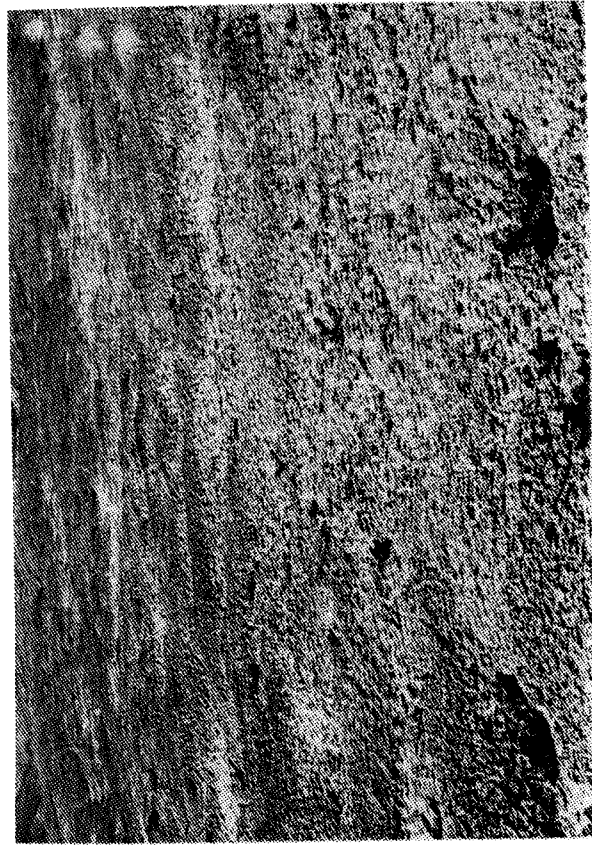
۸- نبوی، م ح، ۱۳۶۶. نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ چهارگوش سمنان، سازمان زمین شناسی کشور.

۹- هوشمندزاده، ع، علوی نائینی، م، حقی پور، ع، ۱۳۵۷. تحول پدیده های زمین شناسی ناحیه تـرود (از پرکامبرین تا عهد حاضر)، گزارش شماره H5، سازمان زمین شناسی کشور.

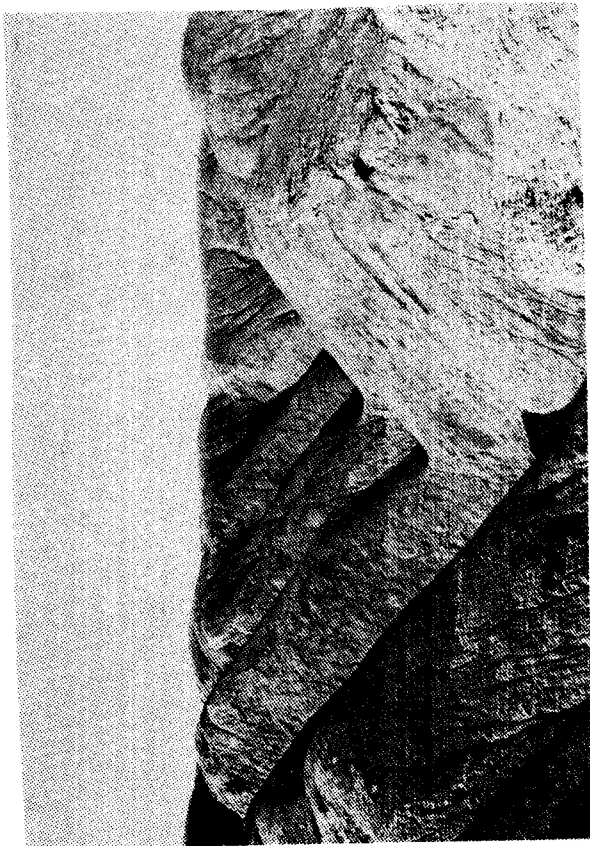
- 10- Alavi Naini, M, Etude Geologique la region de djam, geological survey of Iran No. 23, 1972.
- 11- Hans Bobek, 1959, Features and Formation of the Great Kavir and Masileh, No. 2, Arid Zone Research Center, University of Tehran.
- 12- J, N, Jennings. Karst Geomorphology, 1987, Blachwell LTD.
- 13- Ron Cooke, Andrew Warren, A.S, Goudie, 1993, Desert Geomorphology UCL press (University collage London).
- 14- Roche Bryan and Auron yair. 1982. Badland Geomorphology and piping. published by: Geo Books.



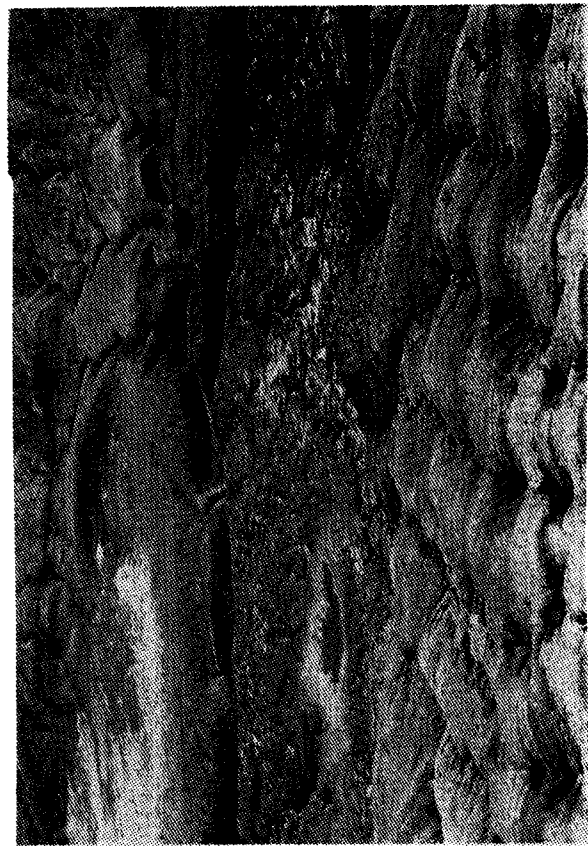
عکس شماره ۱: رخساره شماره ۲ در سنگ بستر ماسه سنگ و گل سنگ M2a



عکس شماره ۳: رخساره شماره ۴، در سنگ بستر رس و نمک M1b



عکس شماره ۲: رخساره شماره ۳ در سنگ بستر ماسه سنگ و گل سنگ M2a



عکس شماره ۴: رخساره شماره ۵، در سنگ بستر گل سنگ قرمز تا قهوه‌ای M2b



**Effects of Physical and Chemical Properties of Upper Red Formation on  
Development of Tunneling Erosion Landforms  
A Case Study: Kuh-e-Sorkh, Semnan, Iran**

**M. KARIMPOUR RAYHAN<sup>1</sup>, N. MASH-HADI<sup>2</sup> AND GH. A.  
ZAHMATKESH<sup>3</sup>**

**1, 2, 3, Assistant Prof., Senior Researchers, the International Center for  
Research on Desert Coexistence (ICRDC), University of Tehran, Tehran,  
Iran**

**Received:17.5.2003**

**ABSTRACT**

Kuh-e-Sorkh is located in Southwestern Semnan, Iran. The bedrock of this region is formed from upper red formation and includes fine and evaporative grain. Due to water erosion, various erosion shapes have been developed. One of the most interesting and rarest erosions is tunneling erosion or piping. Among these, pseudokarsts have a simple structure with V-shaped holes in various dimensions. In addition, there is an underground drainage network that is connected to the surface drainage network. Although the appearance of these structures is simple, their formation mechanism seems to be complex. Factors influencing their formation are as follows. Bed rock: lithology, aggregation (compounds) diagnosis, concentration and salts, clay types and mechanical attributes of the bed rock as follows. Soil: texture, structure, amount of salts, leaching, pH, electrical conductivity (EC), sodium absorption ratio (SAR) and exchangeable sodium percentage (ESP). Physiography: slope, aspect, elevation and hydraulic gradient slope. Climate: precipitation, temperature, precipitation and climatic changes. Biotic: human impact, livestock trampling and vegetation destruction. The effects of the above factors are not identical in formation of pseudokarsts, rather the two most effective ones are soil texture and chemical properties such as pH, EC, ESP, SAR that were subject of this investigation. In addition, field observations were taken into account in studying pseudokarst formation. The results showed that development of pseudokarsts is primarily affected by soil texture where percentage of silt particle is greater than clay and sand particles and pseudokarsts are more expanded. Thus, salts and chemical formation were considered secondary to pseudokarst formation. Further, there was a relationship between EC and SAR. Field samples revealed higher SAR content and variable amounts of EC. This indicates the important role of SAR in pseudokarst expansion without considering EC.

**Key words:** Drainage network, Electrical conductivity, Hydraulic slope, Piping erosion, Pseudokarst formation, Tunneling erosion.

