

معرفی پدیده‌های رسوبی مرتبط با زمین‌گردشگری دره راگه واقع در جنوب‌شرق رفسنجان، غرب کرمان: تاکید بر تحلیل رخساره‌های سنگی و محیط‌رسوبی

مصطفی جهان‌شاه‌پور^۱، حامد زندمقدم*^۲ و احمد عباس‌نژاد^۳

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

۲- دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

۳- استاد گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

نویسنده مسئول: Zand1883@uk.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۳/۷/۳ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۳

نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

دره راگه در ۳۰ کیلومتری جنوب‌شرقی شهر رفسنجان قرار دارد. این دره توسط رودخانه گیودری بر روی مخروط‌افکنه قدیمی خود تشکیل شده است. رودخانه گیودری از ارتفاعات سرچشمه منشأ گرفته و پس از گذر از ارتفاعات وارد مخروط‌افکنه گیودری می‌گردد. مجموعه رخساره‌های گراولی مهم‌ترین رخساره سنگی تشکیل دهنده توالی دره راگه محسوب می‌شود که اغلب طی جریان‌های خرده‌دار و سیلاب‌های صفحهای در بخش‌های بالایی و میانی مخروط‌افکنه تشکیل شده‌اند. به سمت پایین‌دست دره راگه رخساره‌های ماسه‌ای و گلی همراه با مجموعه رخساره‌های گراولی مشاهده می‌شوند که نشان از تاثیر جریان‌های رودخانه‌ای در تشکیل آن‌هاست. جریان دائمی رودخانه گیودری همراه با تکنونیک فعال منطقه سبب تغییر شکل مداوم در بستر و دیواره‌های دره شده است که از دیدگاه زمین‌گردشگری حائز اهمیت می‌باشند. پدیده‌های منحصر به فرد دره راگه را می‌توان در سه دسته ساختارها و آثار فرسایشی، تنگه‌ها و مجراهای آبی و سطوح ناپیوستگی تقسیم کرد. در این میان ساختارها و آثار حاصل از فرسایش‌های آبی و بادی فراون‌تر می‌باشند. از مهم‌ترین این ساختارها می‌توان به بدلندهای ستونی و مخروط‌های کله قندی، دودکش‌های جن و آثار ریزشی و واریزه‌ها اشاره کرد. معرفی و شناختن پدیده‌های زمین‌شناختی دره راگه می‌تواند در جذب گردشگر و همچنین ثبت ژئوپارک مفید واقع شود.

واژگان کلیدی: زمین‌گردشگری، دره راگه، رودخانه گیودری، مخروط‌افکنه

۱- پیشگفتار

(۱۹۷۳) واقع در جنوب دشت رفسنجان تامین شده (نقطه A در شکل A-۱) و سبب حفر دره بر روی رسوبات مخروط‌افکنه گیودری گردیده است. دره راگه در دشت رفسنجان به موازات سطح زمین بوده به طوری که هیچگونه شاهدهی از حضور دره از دور دست مشاهده نمی‌شود (شکل B-۱). ناحیه مورد مطالعه در این تحقیق شامل بخش‌هایی از بالادست رودخانه (نقطه B در شکل A-۱) تا پایین‌ترین قسمت رودخانه گیودری، جایی که دره هم‌سطح دشت شده ادامه می‌یابد (نقطه D در شکل A-۱). این انتخاب، اغلب به سبب وجود پدیده‌های مختلف زمین‌شناسی در طول مسیر است که از دیدگاه زمین‌گردشگری یا ژئوتوریسم حائز اهمیت می‌باشند. نقطه B دارای موقعیت جغرافیایی ۵۶ درجه ۷ دقیقه ۵۳/۷ ثانیه طول شرقی و ۳۰ درجه ۶ دقیقه ۱۴/۶ ثانیه عرض شمالی

دره یا کانیون راگه که به نام‌های دیگری همچون دره شاهزاده عباس یا دره گیودری نیز معروف است در ۳۰ کیلومتری جنوب‌شرقی شهر رفسنجان (غرب استان کرمان) قرار دارد (شکل ۱). این دره توسط رودخانه گیودری بر روی مخروط‌افکنه بزرگی (مخروط‌افکنه گیودری) تشکیل شده است (آغاز نقطه C در شکل A-۱) که در انتهای دره خود مخروط‌افکنه کوچک‌تری را تشکیل داده است (آغاز نقطه D در شکل A-۱). این دره برخلاف دره‌های عادی که معمولاً V شکل هستند، U شکل می‌باشد و دیواره‌های دره در بیشتر مواقع عمودی هستند (شکل B-۱). آب رودخانه گیودری از آبراهه‌های متعدد ارتفاعات سرچشمه (بخشی از کمر بند دهج-ساردوئیه معرفی شده توسط دیمتریوویچ و همکاران، ۱۹۷۱ و دیمتریوویچ،

می‌شود. بنابراین در ژئوتوریسم پدیده‌های زمین‌شناسی در کانون توجه قرار دارد و امروزه مباحث آن به سمت مطالعات میان رشته‌ای و چند رشته‌ای تیمی به پیش می‌رود (حاج علیلو و نکوئی صدر، ۲۰۱۱). بنابراین هدف از تحقیق حاضر، آنالیز رخساره‌های سنگی و محیط‌رسوبی توالی رسوبی دره راگه و معرفی پدیده‌های مرتبط با زمین‌گردشگری در منطقه مورد مطالعه است و امید است که پتانسیل زمین‌گردشگری منطقه بهتر از گذشته معرفی گردد. لازم به ذکر است که در تفکیک رخساره‌های سنگی از تقسیم‌بندی و کدهای رخساره‌ای مایل (۱۹۸۵، ۲۰۰۰، ۲۰۰۶) استفاده شده است.

۲- جایگاه زمین‌شناسی و چینه‌سنگی دره راگه

دشت جنوب رفسنجان که مخروط‌افکنه گیودری و دره راگه در آن شکل گرفته شامل منطقه فروافتاده در جنوب رفسنجان است که از جنوب به ارتفاعات سرچشمه و از شمال به ارتفاعات داوران و نوق می‌رسد لذا شکل‌گیری دشت رفسنجان را می‌توان حاصل بالا رفتن ارتفاعات سرچشمه (در جنوب) و داوران (در شمال) تصور کرد. ارتفاعات سرچشمه بخش جنوب غربی نوار دهج-ساردویه (بخش جنوب شرقی کمربند ارومیه دختر) را شامل می‌شود (شکل ۱-۱) که عمدتاً از واحدهای ولکانیکی-رسوبی مربوط به ائوسن تشکیل شده است. مهم‌ترین توان معدنی و اقتصادی نیز درون واحدهای آذرین ائوسن از نوار دهج-ساردویه واقع شده که شامل اندیس‌های مختلفی از کانسارهای مس پورفیری است که سالیان مختلف تحت مطالعات گوناگونی قرار گرفته است (برای مثال، دیمیتروویچ و همکاران، ۱۹۷۱؛ عطاپور و آفتابی، ۲۰۰۷؛ آفتابی و عطاپور، ۲۰۱۰؛ صفری و همکاران، ۲۰۱۵؛ محمدی‌نسب و همکاران، ۲۰۲۲). تمامی آبراهه‌ها و رودخانه‌های فصلی و دائمی دشت جنوبی رفسنجان از این ارتفاعات سرچشمه گرفته‌اند از این‌رو، رودخانه گیودری که سازنده اصلی دره راگه می‌باشد نیز یکی از همین موارد محسوب می‌شود. در واقع ارتفاعات سرچشمه نه تنها از طریق رودخانه گیودری آب سطحی مورد نیاز برای حفر دره را تامین کرده است بلکه مخروط‌افکنه گیودری که دره راگه در سطح آن حفر شده نیز محصول رسوب‌گذاری رسوباتی است که از این ارتفاعات منشاء گرفته‌اند. بنابراین، ترکیب رسوبات کف بستر و همچنین توالی رسوبی دره

و نقطه D دارای موقعیت جغرافیایی ۶۵ درجه ۹ دقیقه ۳۱/۹ ثانیه طول شرقی و ۳۰ درجه ۱۵ دقیقه ۲۷/۶ دقیقه عرض شمالی است. طول کانال از نقطه B تا C (آغاز مخروط‌افکنه گیودری)، ۷ کیلومتر و از نقطه C تا D (پایان دره راگه)، ۱۶ کیلومتر است که مجموعاً ۲۳ کیلومتر طول دره راگه محاسبه شده است. لازم به ذکر است که فاصله نقطه A (سرمنشاء رودخانه) تا نقطه B (آغاز دره مورد مطالعه) نیز ۲۱ کیلومتر از بستر رودخانه محاسبه شده است. عرض دره بین ۲ تا ۱۸۰ متر متغییر بوده و حداکثر عمق دره ۶۵ متر برآورد شده است. بازدیدهای میدانی و سنگ‌شناسی دیواره‌ها و کف دره نشان از دو مجموعه سنگی است. مجموعه اول که قدیمی‌تر بوده شامل کنگلومرا و ماسه‌سنگ‌های سخت شده بوده و مجموعه دوم اغلب از آبرفت‌های آواری عهد حاضر تشکیل شده که به صورت ناپیوسته بر روی مجموعه قدیمی‌تر قرار گرفته‌اند. در این تحقیق آنالیز رخساره‌های سنگی و محیط‌رسوبی نهشته‌های آبرفتی عهد حاضر مد نظر قرار گرفته است. دره راگه دارای چشم‌اندازها و پدیده‌های زیبا و متعدد زمین‌شناسی بوده و از این‌رو قابلیت ثبت به عنوان ژئوپارک را دارا می‌باشد و اقداماتی در این زمینه در دست انجام است. گذر رودخانه گیودری از میان این دره، علاوه بر شکل‌گیری دره موجب شده تا آب و هوایی دلپذیر نیز بر آن حاکم باشد. جاری بودن رودخانه گیودری در بستر دره موجب حفر، فرسایش و ایجاد اشکال طبیعی زیبایی شده است که در این تحقیق معرفی می‌شوند. امروزه ارزش طبیعت و میراث آن به سرعت در حال تبدیل به نیروی مولد جدیدی در صنعت گردشگری است (دولینگ و نیوسون، ۲۰۰۶). زمین‌شناسی و چشم‌اندازهای زمین‌شناختی بستر طبیعت را تشکیل می‌دهند و بر جامعه، تمدن و تنوع فرهنگی تاثیر اساسی دارد. عموم مردم معنای گردشگری را با بازدید از میراث فرهنگی از قبیل بناهای تاریخی و موزه‌های مردم-شناسی قلمداد می‌کنند، در حالی که با دیدگاه نو، تعداد علاقمندان به میراث طبیعی بسیار بیشتر از میراث فرهنگی است. اصطلاح طبیعت-گردی شکل خلاصه‌تر عبارت "گردشگری بر پایه طبیعت" است. طبیعت‌گردی خود به دو شاخه اکوتوریسم یا بوم‌گردشگری و ژئوتوریسم یا زمین‌گردشگری تقسیم می‌شود که متأسفانه در برخی موارد به علت نوظهور بودن واژه ژئوتوریسم، به اشتباه معادل اکوتوریسم در نظر گرفته

ناصریه در بخش‌های میانی دره راگه، میزان دبی و عملکرد رودخانه گیودری و همچنین عملکرد آب‌های زیرزمینی دانست که هر کدام به نوعی بر ایجاد دره نقش ایفا کرده‌اند.

راگه عمدتاً از انواع خرده‌سنگ‌های آندزیت، بازالت، گرانودیوریت، توف‌ها و سایر سنگ‌های آذرآواری تشکیل شده است. از مهم‌ترین عوامل موثر در شکل‌گیری دره راگه می‌توان به فعالیت گسل رفسنجان، تاقدیس در حال رشد



شکل ۱. (A) تصویر ماهواره‌ای از موقعیت دره راگه نسبت به کرمان و رفسنجان و همچنین نواحی بالادست رودخانه گیودری که از ارتفاعات سرچشمه منشاء گرفته است. (B) تصویری از دره راگه که بدون هر گونه برجستگی هم سطح زمین مشاهده می‌شود.

Fig. 1. A) Satellite image of the location of the Rageh Valley relative to Kerman and Rafsanjan, as well as the upstream areas of the Givdari River, which originated from the Sracheshmeh highlands. B) Image of the Rageh Valley seen without any elevation and at the same level of the ground.

از مجموعه دوم کاملاً متمایز می‌شود. لازم به ذکر است که دانه‌ها در مجموعه سنگی اول از گردشگی و جورشدگی مناسبی برخوردار هستند. مجموعه دوم اغلب از رسوبات آواری و عمدتاً گراولی عهد حاضر تشکیل شده که به صورت ناپیوسته (از نوع ناپیوستگی زاویه‌دار و در برخی موارد از نوع ناپیوستگی فرسایشی) بر روی مجموعه قدیمی‌تر قرار گرفته است. مجموعه سنگی دوم نیز از ضخامتی بین ۱ تا ۶۵ متر برخوردار است به طوری که روند افزایش ضخامت این مجموعه به سمت پایین‌دست دره راگه مشاهده می‌شود. در بخش‌های پایینی این مجموعه اندکی سفت‌شدگی در رسوبات نیز مشاهده می‌شود و

مطالعات چینه‌سنگی دره راگه نشان از دو مجموعه سنگی متفاوت است. مجموعه اول که قدیمی‌تر و قبل از کواترنر بوده (احتمالاً پلیوسن) شامل کنگلومرا و ماسه‌سنگ‌های سخت شده می‌باشد که در برخی موارد دچار چین‌خوردگی نیز شده‌اند. ضخامت این مجموعه بین ۱ تا ۲۸ متر در تغییر است. در بسیاری از قسمت‌های دره، این مجموعه سنگی مشاهده نمی‌شود و توالی دره تنها از مجموعه سنگی دوم تشکیل شده است. این امر بیشتر در قسمت‌های پایین‌دست دره راگه مشاهده می‌شود. در قسمت‌های بالادست راگه (در اطراف نقطه B) مجموعه سنگی اول گسترش چشمگیری داشته و با توجه به رنگ سفید خود

هستند. رخساره‌های سنگی شناسایی شده در این مجموعه به ترتیب فراوانی عبارتند از:

رخساره گراولی ماتریکس پشتیبان توده‌ای (Gmm): رخساره Gmm شامل دانه‌های گراولی می‌شود که در زمینه یا ماتریکسی از ذرات کوچک‌تر از ۴ میلی‌متر پراکنده هستند (شکل ۲). این رخساره به عنوان فراوان‌ترین رخساره سنگی در دره راگه محسوب می‌شود. دانه‌های اصلی اغلب در اندازه پیل و بولدر بوده و در کل رخساره‌ها از فراوانی بین ۲۰ تا ۶۰ درصد برخوردار هستند. به طور کلی هیچگونه ساخت رسوبی در این رخساره مشاهده نمی‌شود و دانه‌ها و زمینه به صورت توده‌ای برجای گذاشته شده‌اند با این وجود در موارد اندکی دارای روند ریزشوندگی با افزایش در میزان ماتریکس به سمت بالای رخساره هستند (شکل ۲-A). جورشدگی و گردشدگی دانه‌ها ضعیف تا متوسط بوده و هیچگونه جهت‌یافتگی مشخصی در دانه‌ها مشاهده نمی‌شود. ضخامت طبقات Gmm بین ۱۰ سانتی‌متر تا بیش از ۲ متر متغیر بوده و در فواصل اندکی به صورت جانبی و عمودی اغلب به رخساره‌های Gh، Gcm، Gp و Sp تبدیل می‌شوند (شکل ۲).

رخساره گراولی دانه‌پشتیبان توده‌ای (Gcm): در این رخساره دانه‌های در اندازه گراول به صورت توده‌ای و در تماس با یکدیگر قرار گرفته‌اند (شکل ۲). اندازه دانه‌ها اغلب در اندازه پیل و بولدر بوده اما گاهی اوقات دانه‌های بزرگ‌تر از ۴۰ سانتی‌متر نیز مشاهده می‌شود. جورشدگی و گردشدگی دانه‌ها متوسط بوده و به ندرت واجد فابریک ایمبریکاسیون نیز هستند. زمینه دانه‌ها متشکل از ذرات کوچک‌تر از ۴ میلی‌متر است و در بسیاری از موارد در اندازه ماسه متوسط تا درشت می‌باشند. ضخامت لایه‌های تشکیل دهنده این رخساره بین ۵ سانتی‌متر تا ۲ متر متغیر بوده و به صورت عمودی و جانبی به سایر رخساره‌های گراولی و یا به رخساره‌های ماسه‌ای تبدیل می‌شوند. مرزهای بالایی و پایینی لایه‌های واجد رخساره Gcm معمولاً مشخص بوده اما در برخی موارد در مرز بالایی حالت تدریجی و دانه ریز شونده مشاهده می‌شود. این رخساره اغلب به صورت جانبی و در فواصل کمتر از ۱۰ متر به صورت گوه‌ای شکل به رخساره Gmm و یا Gp و Gt تبدیل می‌شود (شکل ۲-B). به طور کلی این رخساره در بخش‌های بالایی دره راگه بیشتر مشاهده می‌شود اما از هیچ روند مشخص ریزشوندگی یا درشت‌شوندگی دانه‌ها تبعیت نمی‌کند.

رسوبات حالت نیمه تحکیم یافته به خود گرفته‌اند اما در مجموع سیمانی شدن در رسوبات صورت نگرفته و رسوبات به فرم نرم و آزاد هستند. مجموعه سنگی دوم در واقع توالی نهشته‌های آبرفتی عهد حاضر می‌باشند که در اثر فعالیت رودخانه گیودری در زمان‌های مختلف تشکیل شده است. در یک نگاه کلی، این مجموعه از بالادست به سمت پایین دست از روند ریزشوندگی برخوردار است با این حال در اثر فرایندهای مختلف رسوبی، در نقاط زیادی این روند به صورت یکنواخت عمل نکرده است. آثار و اشکال مختلف فرسایشی و چین‌خوردگی‌ها و بعضاً گسل‌خوردگی‌های متعددی در این مجموعه مشاهده می‌شود که این امر سبب بالارفتن جاذبه زمین‌گردشگری دره راگه شده است. در این تحقیق آنالیز رخساره‌ها و محیط رسوب‌گذاری مجموعه رخساره‌ای دوم مورد بحث و بررسی واقع شده به طوری که تاریخچه رسوب‌گذاری رودخانه گیودری مورد مطالعه قرار گرفته است.

۳- رخساره‌های سنگی

رخساره‌های سنگی توالی رسوبی دره راگه در سه مجموعه دانه درشت گراولی، دانه متوسط ماسه‌ای و دانه ریز گلی تقسیم‌بندی می‌شود که از این میان رخساره‌های گراولی بیش از ۸۰ درصد را به خود اختصاص داده و مابقی به ترتیب فراوانی به رخساره‌های ماسه‌ای و سپس رخساره‌های گلی مربوط هستند. لازم به ذکر است که رخساره‌هایی از زوج لایه‌های ریتمیک گراولی-ماسه‌ای و یا ماسه‌ای-گلی نیز تشخیص داده شده است که می‌تواند به عنوان دو مجموعه جداگانه در نظر گرفته شوند. هر مجموعه سنگی از چند رخساره تشکیل شده که به تفکیک در ادامه آورده شده‌اند.

۳-۱- مجموعه رخساره‌های گراولی

به طور کلی، رسوبات گراولی در اندازه‌های بسیار متفاوت مشاهده می‌شوند به طوری که اندازه دانه‌ها در برخی موارد به بیش از ۱ متر می‌رسد اما به طور میانگین اندازه دانه‌های پیل اندازه (۱۶ تا ۶۴ میلی‌متر) بوده و از جورشدگی و گردشدگی ضعیف تا متوسطی برخوردار هستند. ارتباط بین اندازه دانه با پارامترهای جورشدگی و گردشدگی مستقیم می‌باشد به طوری که رسوبات گراولی دانه درشتتر از گردشدگی خوب و جورشدگی متوسطی برخوردار

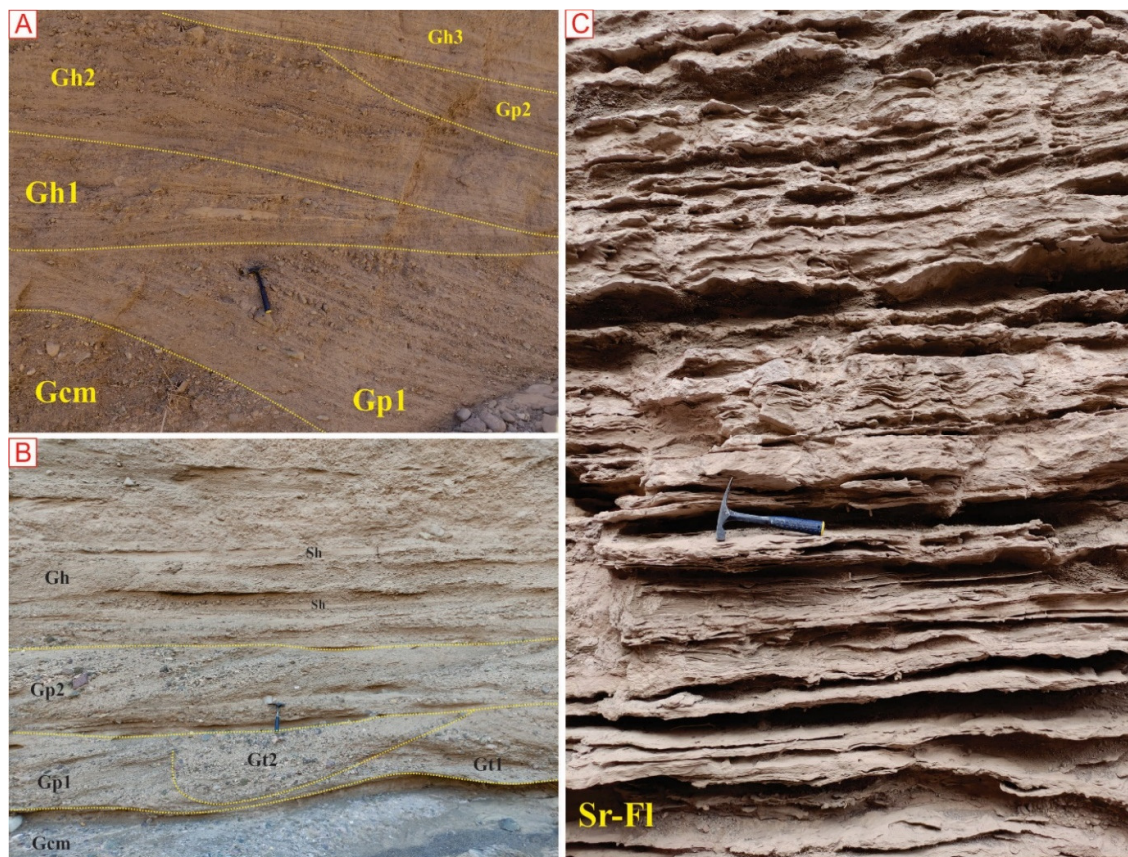
رخساره‌های گراولی و بعضاً گلی مشاهده می‌شوند (شکل‌های ۲ و ۳) با این وجود در قسمت بالادست نیز وجود دارند. رخساره‌های سنگی ماسه‌ای به ترتیب فراوانی شامل موارد زیر می‌شوند.

رخساره ماسه‌ای با لایه‌بندی موازی (Sh): لایه‌بندی و لامیناسیون موازی در رسوبات ماسه‌ای ویژگی بارز این رخساره سنگی محسوب می‌شود. اندازه ماسه‌ها در این رخساره در حد ماسه متوسط (۰/۳ تا ۰/۷ میلی‌متر) بوده و از جورشدگی و گردشدگی متوسطی برخوردار است. این رخساره به ضخامت‌های ۱۰ تا ۵۰ سانتی‌متری همراه با رخساره‌های گراولی (به ویژه Gh و Gmm) و بعضاً رخساره‌های گلی به صورت بین لایه‌ای و یا در راس سیکل‌های ریزشونده مشاهده می‌شود (شکل‌های ۲ و ۳).

(۴ تا ۸ میلی‌متر) نیز مشاهده می‌شوند. این رخساره سنگی از بیشترین جورشدگی و گردشدگی در بین رخساره‌های گراولی برخوردار است با این حال این دو پارامتر همچنان متوسط تا نسبتاً خوب می‌باشند. ضخامت طبقات مورب عدسی بین ۵ تا ۵۰ سانتی‌متر متغییر بوده و به طور جانبی و عمودی به رخساره‌های Gp و Gh و به طور نادر به رخساره‌های ماسه‌ای تبدیل می‌شوند.

۳-۲- مجموعه رخساره‌های ماسه‌ای

رخساره‌های ماسه‌ای بعد از رخساره‌های گراولی از فراوانی بیشتری برخوردار بوده به طوری که حدود ۱۵ درصد از توالی رسوبی دره راگه را به خود اختصاص داده است. این رخساره‌ها اغلب در پایین‌دست دره راگه و همراه با



شکل ۳. A) تغییرات عمودی و جانبی رخساره‌های Gp و Gh که نشان از تاثیر جریان‌های رودخانه‌ای است. B) ارتباط نزدیک رخساره‌های Gt و Gp نشان از تشکیل آن‌ها در یک شرایط جریانی است. C) تناوب رخساره‌های ماسه‌ای و گلی (Sr-Fl) در بخش‌های پایین‌دست دره راگه که منعکس کننده کاهش انرژی جریان به سمت پایین‌دست دره راگه است.

Fig. 3. A) Vertical and lateral variations of the Gp and Gh lithofacies, indicating the influence of fluvial flows. B) Close association of the Gt and Gp lithofacies, indicating their formation under a fluvial condition. C) Alternating sand and mud lithofacies (Sr-Fl) in the lower parts of the Rageh Valley, reflecting the decrease in flow energy downstream of the Rageh Valley.

۴- تفسیر رخساره‌ها و محیط رسوب‌گذاری

همانطور که در مقدمه ذکر شد، به نظر می‌رسد که حرکت رودخانه گیودری بر روی مخروط‌افکنه قدیمی خود و تغییرات سطح اساس رودخانه به علت چین‌خوردگی‌ها و بالآمدگی‌های تکتونیکی سبب تشکیل دره راگه شده است. بنابراین رخساره‌های مذکور در یک محیط آبرفتی و از نوع مخروط‌افکنه برجای گذاشته شده است. این مخروط‌افکنه نزدیک به ناحیه منشاء بوده و اغلب از رخساره‌های گراولی با جورشدگی ضعیف تا متوسط و گردشگی متوسط تشکیل شده است. جریان‌های خرده‌دار، سیلاب‌های موقتی و رودخانه‌های مهمترین جریان‌ها و فرایندهای رسوبی کنترل کننده پراکندگی رسوبات در مخروط‌افکنه‌ها محسوب می‌شوند (موسکاریلو، ۲۰۱۷). از این میان، نقش جریان‌های خرده‌دار و سیلاب‌های موقتی در اغلب مخروط‌افکنه‌ها مهمتر به نظر می‌رسد (بلر و مک فرسون، ۱۹۹۴؛ موسکاریلو، ۲۰۰۷). لازم به ذکر است که مخروط‌افکنه‌های تحت تاثیر سیلاب‌های موقتی خود متاثر از فرایندهایی همچون جریان‌های صفحه‌ای، جریان‌های کانالی و جریان‌های خرده‌دار است (بلر و مک فرسون، ۱۹۹۴؛ هاروی، ۲۰۱۱؛ گائو و همکاران، ۲۰۲۰). از میان رخساره‌های گراولی شناسایی شده، بیشترین فراوانی را رخساره Gmm به خود اختصاص داده است. جورشدگی ضعیف و پراکندگی متفاوت اندازه دانه‌ها در این رخساره همراه با زمینه گل‌پشتیبان نشان می‌دهد (شکل ۴-A) که این رخساره ناشی از رسوب‌گذاری جریان‌های توده‌ای با غلظت زیاد و بعضاً جریان‌های آشفته است (گائو و همکاران، ۲۰۱۸). این ویژگی حاکی از فعالیت جریان‌های خرده‌دار در تشکیل این رخساره سنگی است. با این وجود، جریان‌های با ویسکوزیته پایین همچون سیلاب‌ها نیز می‌توانند سبب تشکیل این رخساره شوند و این زمانی اتفاق می‌افتد که انرژی جریان‌های سیلابی به طور ناگهانی کاسته شده و رسوبات با اندازه‌های مختلف با یکدیگر رسوب‌گذاری کنند. با توجه به اندازه درشت دانه‌ها در مخروط‌افکنه‌ها، لایه‌ها اغلب از نفوذپذیری بالایی برخوردار هستند و زمانی که جریان سیلابی به لایه‌هایی با نفوذپذیری بالا می‌رسد، سرعت جریان در اثر نفوذ آب به لایه‌های زیرین به شدت کاهش می‌یابد و می‌تواند رخساره Gmm تشکیل شود (برای مثال، اوکانو و همکاران، ۲۰۱۲). حضور قطعات بزرگ ریزشی در برخی از رخساره‌های Gmm نیز

رخساره ماسه‌ای توده‌ای (Sm): فقدان ساختمان رسوبی در رسوبات ماسه‌ای از مهمترین ویژگی این رخساره محسوب می‌شود. دانه‌های ماسه اغلب دانه درشت بوده (بین ۱ تا ۲ میلی‌متر) و از جورشدگی متوسط تا خوبی برخوردار هستند اما پارامتر گردشگی در دانه‌ها ضعیف تا متوسط می‌باشد. این رخساره اغلب به ضخامت‌های ۰/۵ تا ۱ متر همراه با رخساره‌های گراولی و بالابخ رخساره Gmm مشاهده می‌شود (شکل‌های ۲-A).

رخساره ماسه‌ای با لایه‌بندی مورب مسطح (Sp): لایه‌بندی و لامیناسیون مورب مسطح در رسوبات ماسه‌ای ویژگی بارز این رخساره سنگی محسوب می‌شود. اندازه ماسه‌ها در این رخساره در حد ماسه درشت تا متوسط (۰/۳ تا ۱/۵ میلی‌متر) بوده و از جورشدگی و گردشگی متوسطی برخوردار است. این رخساره به ضخامت‌های ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متری همراه با رخساره‌های گراولی (به ویژه Gcm و Gmm) مشاهده می‌شود (شکل ۲-C).

رخساره ماسه ریبلی (Sr): رخساره سنگی Sr که اغلب در پایین‌دست دره راگه مشاهده می‌شود، تنها همراه با رخساره‌های گلی و به صورت متناوب قرار گرفته‌اند (شکل ۳-C). حضور ریبیل‌مارک‌های نامتقارن و همچنین طبقات مورب ریبلی از ویژگی‌های اصلی این رخساره سنگی به شمار می‌رود. اندازه دانه‌ها در حد ماسه ریز تا متوسط (۰/۱ تا ۰/۵ میلی‌متر) بوده و از جورشدگی و گردشگی بهتری نسبت به سایر رخساره‌های ماسه‌ای برخوردار هستند.

۳-۳- مجموعه رخساره گلی

رخساره‌های سنگی FI (رخساره گلی با لامیناسیون‌های موازی و مورب) و تا حدی Fm (رخساره گل توده‌ای) دو رخساره غالب در این مجموعه بوده که به صورت متناوب با رخساره‌های ماسه‌ای (غالباً Sr) و به ندرت گراولی دانه ریز (در حد گرانول) مشاهده می‌شوند (شکل ۳-C). این مجموعه رخساره‌ای اغلب در پایین‌دست دره راگه مشاهده می‌شود و از گسترش چندانی برخوردار نمی‌باشد. لایه‌ها و لامیناسیون‌های گلی در ضخامت‌های ۲ تا ۱۰ سانتی‌متری مشاهده شده که در فواصل اندکی به صورت عدسی شکل به سایر رخساره‌ها تبدیل می‌شوند. اندازه دانه‌ها در رخساره FI عمدتاً در حد سیلت بوده اما در رخساره Fm میزان دانه‌های رسی بیشتر می‌باشد.

است (میال، ۲۰۰۶؛ گوج، ۲۰۱۵). لایه‌های ماسه‌ای در اغلب موارد با شکل هندسی صفحه‌ای یا گوه‌ای شکل در بین رخساره‌های گراولی با مرزی کاملاً مشخص قرار گرفته‌اند (شکل ۴-D). مرز غیرفرسایشی بین رخساره‌های گراولی و ماسه‌ای و جهت‌یافتگی تقریبی پیل‌ها نشان از رسوب‌گذاری در جریان‌های سیلابی است. این امر به گونه‌ای است که در طی سیلاب و سرعت بالای جریان آبی رسوبات گراولی با مرزی فرسایشی و در قالب بار بستر رسوب‌گذاری کرده و با کاهش تدریجی انرژی جریان رسوبات گراولی ریزتر شده و در نهایت به رخساره‌های ماسه‌ای تبدیل شده‌اند (بلر و مک فرسون، ۲۰۰۹). با توجه به اینکه رژیم‌های جریانی همچنان بالا بوده لذا رخساره‌های ماسه‌ای نیز تنها شامل رخساره‌های Sm و Sh هستند که با مرزی تدریجی و یا ناگهانی (اما غیرفرسایشی) بر روی رخساره‌های گراولی قرار گرفته‌اند (چاکرابورتی و پائول، ۲۰۱۳). در قسمت‌های پایین‌دست دره راگه، رخساره Sr به طور متناوب با رخساره‌های گلی مشاهده می‌شود. این رخساره‌ها به طور کلی تحت تاثیر جریان‌های رودخانه‌ای بوده و در رژیم‌های جریانی پایین آب رسوب کرده‌اند. این امر نشان می‌دهد که هر چه به سمت قاعده مخروط‌افکنه نزدیک می‌شویم، جریان‌های رودخانه‌ای نسبت به سایر جریان‌ها غالب شده‌اند. بنابراین، آنالیز رخساره‌های مخروط‌افکنه رودخانه گیودری در دره راگه نشان می‌دهد که جریان‌های خرده‌دار و جریان‌های سیلابی در بخش‌های بالایی مخروط‌افکنه، جریان‌های سیلابی و رودخانه‌ای در بخش‌های میانی مخروط‌افکنه و تنها جریان‌های رودخانه‌ای در انتهای مخروط‌افکنه مهمترین فرایندهای رسوبی در پراکندگی رسوبات دره راگه محسوب می‌شوند.

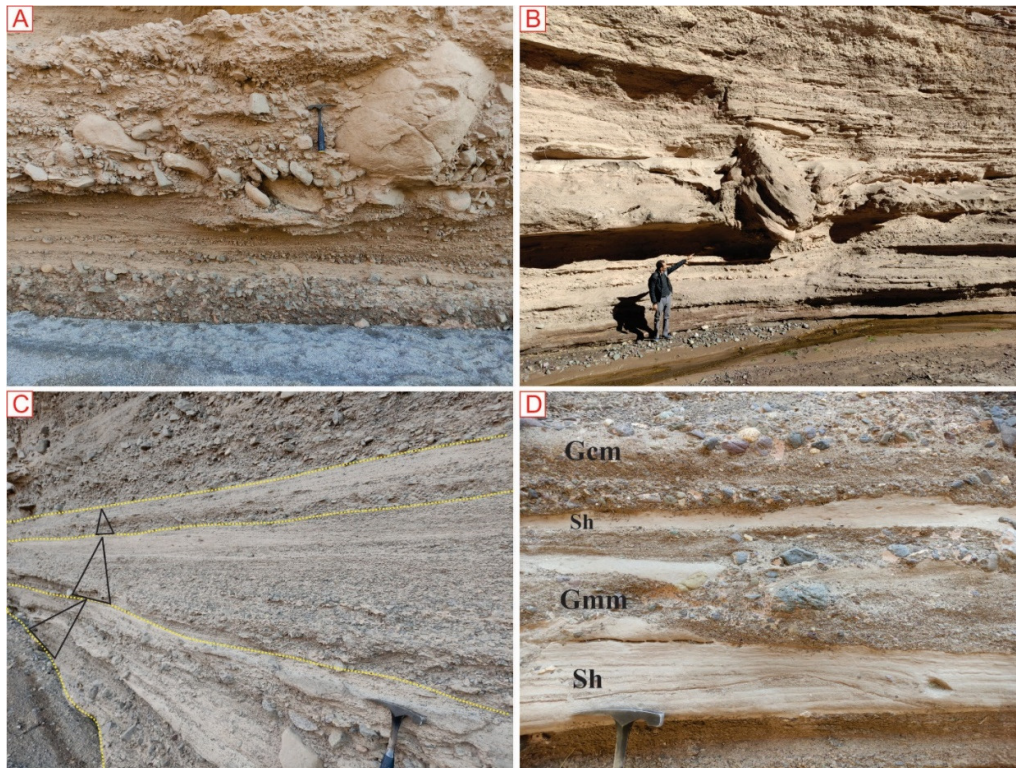
۵- معرفی پدیده‌های مرتبط با زمین‌گردشگری

مهمترین پدیده‌های زمین‌شناختی شناخته شده دره راگه را می‌توان در سه دسته آثار فرسایشی، تنگدره‌ها و ناپیوستگی‌های چینه‌شناسی تقسیم‌بندی کرد که در ادامه شرح داده می‌شوند.

۵-۱- ساختارها و آثار فرسایشی

ساختارها و آثار فرسایشی شامل آن دسته از پدیده‌هایی می‌شوند که توسط فرسایش آبی و بادی شکل گرفته‌اند که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

می‌تواند نشان‌دهنده تاثیر سیلاب‌های فصلی در تشکیل این رخساره باشد (شکل ۴-B). فعالیت دائمی جریان‌های رودخانه‌ای در سطح مخروط‌افکنه (بالاخص کانال‌های اصلی) سبب شستشوی ماتریکس دانه ریز از بین دانه‌های درشت‌تر شده و در نهایت رخساره گراولی دانه پستیان (Gcm) تشکیل می‌شود. همجواری نزدیک رخساره‌های Gmm و Gcm در بیشتر توالی مورد مطالعه گواهی بر تحلیل ذکر شده می‌باشد. هندسه صفحه‌ای و گوه‌ای شکل رخساره Gcm و تغییرات جانبی و عمودی آن به رخساره‌های ماتریکس پستیان نشان از تاثیر جریان‌های رودخانه‌ای است (برای مثال، مایل، ۲۰۰۶؛ راج، ۲۰۰۷؛ گائو و همکاران، ۲۰۱۸). در بعضی از قسمت‌های توالی رسوبی دره راگه، رخساره Gcm به صورت جانبی گوه‌ای و عدسی شکل بوده و در قالب توالی‌های ریزشونده کم ضخامت مشاهده می‌شود (شکل ۴-C). در این توالی‌ها، اندازه نزدیک دانه‌ها و مرزهای فرسایشی تقریباً مسطح می‌توانند نشان‌دهنده کانال‌های کم عمق و باریک تحت تاثیر سیلاب‌های صفحه‌ای باشند (کاپن و مونتینی، ۲۰۰۹؛ چن و همکاران، ۲۰۱۷؛ گائو و همکاران، ۲۰۲۰). از طرف دیگر، تبدیل رخساره‌های Gmm و Gcm به رخساره‌های گراولی Gp، Gh و Gt حاکی از اثر گذاری بیشتر جریان‌های رودخانه‌ای در مخروط‌افکنه رودخانه گیودری است (اینسل، ۲۰۰۰؛ کویکاکا، ۲۰۱۱). کاهش اندازه دانه‌های گراولی در رخساره‌های Gp، Gh و Gt همراه با جورشدگی بهتر دانه‌ها نشان از فعالیت جریان‌های دائمی رودخانه در سطح مخروط‌افکنه می‌باشد. فراوانی این رخساره‌ها در قسمت‌های پایین‌دست دره راگه و همراه با افزایش فراوانی رخساره‌های ماسه‌ای در آن‌ها نیز موید تاثیر بیشتر جریان‌های رودخانه‌ای در قسمت‌های پایینی مخروط‌افکنه است. رخساره‌های Sm، Sh و Sr از مهمترین رخساره‌های ماسه‌ای شناسایی شده در توالی دره راگه می‌باشند. اندازه دانه‌ها در رخساره‌های Sm و Sh اغلب در حد ماسه متوسط تا درشت بوده و به طور کلی از جورشدگی ضعیف تا متوسطی برخوردار هستند. این امر نشان‌دهنده رسوب‌گذاری در سرعت‌های بالای آب و جریان‌های آشفته است (هارمز و همکاران، ۱۹۸۲). تبدیل رخساره Sm به رخساره Sh در توالی دره راگه نشان می‌دهد که سرعت جریان در رخساره Sm بیشتر بوده و به نظر می‌رسد که رخساره Sh در قسمت‌های پایین‌تر رژیم جریانی بالا رسوب‌گذاری کرده



شکل ۴. برخی از شواهد محیط‌های مخروط‌افکنه‌ای - رودخانه‌ای. (A) جورشدگی ضعیف و اندازه درشت دانه‌ها نشان از تاثیر جریان‌های سیلابی است. (B) قطعات بزرگ ریزشی در توالی رسوبی دره راگه نشان از تاثیر سیلاب‌های فصلی می‌باشد. (C) سیکل‌های متعدد ریزشونده گراولی-ماسه‌ای در بخش‌های پایین‌دست دره راگه منعکس‌کننده کانال‌های رودخانه‌ای و تغییرات جانبی کانال است. (D) تناوب رخساره‌های گراولی و ماسه‌ای با مرز مشخص در بعضی از قسمت‌های دره راگه.

Fig. 4. Some evidence of alluvial fan to fluvial environments. A) Poor sorting and coarse grain size indicate the influence of flood flows. B) Large collapse fragments in the sedimentary succession of the Rageh Valley indicate the influence of seasonal floods. C) Multiple gravelly-sandy fine-grained cycles in the lower parts of the Rageh Valley reflect fluvial channels and lateral changed of channel. D) Alternating gravelly and sandy facies with a distinct boundary in some parts of the Rageh Valley.

دودکش‌های جن: این نوع پدیده که به صورت ستون‌هایی برجسته شبیه به دودکش بر روی توالی رسوبی دره راگه تشکیل شده است اغلب تحت تاثیر فرسایش بادی به صورت سایش و بادسب و در اثر برخورد ذرات در حال حرکت با توجه به سرعت بالای باد به دیواره این دودکش‌ها و فرسایش بارانی و آب‌های جاری آن‌ها را ایجاد کرده است (شکل ۵). شرایط تشکیل این دودکش‌ها را می‌توان به علت وجود ذرات ساینده، فقدان یا ضعف پوشش گیاهی در منطقه، وزش بادهای نسبتاً شدید و توپوگرافی مناسب دانست. بدون شک نقش فرسایش آبی نیز در به وجود آمدن دیواره‌ها بی‌تاثیر نبوده که با توجه به جنس توالی رسوبی (اغلب کنگلومرایی) این آثار تشکیل شده‌اند. نمونه‌های این قبیل اشکال مورفولوژیکی در دره راگه چندان زیاد نیست و اغلب در قسمت‌های بالادست دره مشاهده می‌شوند.

بدلندهای ستونی و مخروط‌های کله‌قندی: یکی از پدیده‌های جذاب و فراوان در دره راگه که در دسته آثار فرسایشی قرار می‌گیرد بدلندهاست که اغلب در پایین‌دست دره راگه مشاهده می‌شوند (شکل ۵). این پدیده اغلب حاصل فرسایش آبی و ورود روان آب‌های سطحی به سمت دره شکل گرفته است. با توجه به میزان فرسایش، این آثار بدلندی شکل گاهی به صورت ستون‌هایی با قاعده پهن و با شیب ۴۵ درجه و گاهی به صورت ستون‌هایی کاملاً عمودی با ضخامتی یکسان در راس و قاعده تشکیل شده‌اند. این ستون‌ها اغلب در قسمت‌های پایین‌دست دره که از رخساره‌های گراولی دانه ریز تشکیل شده‌اند، مشاهده می‌گردند از این‌رو، به نظر می‌رسد که بافت رسوبی (مشخصاً اندازه دانه) در تشکیل این قبیل ساخت‌ها نیز حائز اهمیت است. لازم به ذکر است که ارتفاع ستون‌ها غالباً بین ۲۰ تا ۴۰ متر در تغییر است و در مواردی به بیش از ۶۰ متر نیز می‌رسند.



شکل ۵. آثار و ساختارهای فرسایشی و تنگه‌های آبی دره راکه. (A) نمایی از ستون‌ها و مخروط‌های کله‌قندی دره راکه. (B) بدلندهای ستونی که در قاعده پهن‌تر می‌باشند. (C) نمایی از دودکش‌های جن که در رسوبات جوان‌تر تشکیل شده‌اند. (D) توده‌ها و قطعات فروریزشی که در اندازه‌های بزرگ و کوچک مشاهده می‌شوند. (E) نمای بیرونی یکی از باریکه‌های گذر آب در دره راکه. (F) نمای داخلی از باریکه شکل E که فاصله عرضی آن کمتر از ۲ متر است.

Fig. 5. Erosion works and structures and water gorges of Rageh Valley. A) View of the columns and cones of the Rageh Valley. B) Columnar badlands that are wider at the base. C) View of the Jen chimneys that were formed in the latest sediments. D) Collapsed masses and fragments that are observed in large and small sizes. E) Exterior view of one of the narrows of the water passage in Rageh valley. F) Interior view of the figure E that width is less than 2 meters

اولین تنگدره در آغاز دره راگه (نقطه B) بوده اما غالب آن‌ها در میانه دره مشاهده می‌شوند.

۵-۳- سطوح ناپیوستگی

همانطور که در مقدمه ذکر شد، رخساره‌های رسوبی دره راگه در دو بازه سنی قدیم و جدید مشاهده می‌شوند. نهشته‌های قدیمی‌تر که سنگی شده‌اند احتمالاً دارای سن پلیوسن بوده و اغلب از کنگلومرا و ماسه‌سنگ با رنگ روشن‌تر تشکیل شده و در زیر رسوبات عهد حاضر گراولی قرار گرفته‌اند. مرز بین این دو مجموعه رخساره‌ای به صورت فرسایشی و ناپیوسته است (شکل ۶). ناپیوستگی‌ها در بسیاری از موارد از نوع زاویه‌دار بوده و مناظر زیبایی از دیدگاه زمین‌شناسی به وجود آورده است. زاویه لایه‌ها در برخی موارد به ۹۰ درجه نیز می‌رسد که می‌تواند از دیدگاه زمین‌گردشگری حائز اهمیت باشد.

۶- نتیجه‌گیری

دره یا کانیون راگه رفسنجان در ۳۰ کیلومتری جنوب شرقی رفسنجان یکی از پدیده‌های زمین‌شناسی مرتبط با فرایندهای رسوبی می‌باشد که از دیدگاه زمین‌گردشگری حائز اهمیت است. این دره توسط رودخانه گیودری حاصل شده به طوری که جریان دائمی این رود همراه با تکتونیک فعال سبب حفر بستر بر روی مخروط‌افکنه قدیمی خود شده است. برخلاف دره‌های عادی که معمولاً V شکل هستند، دره راگه U شکل بوده و دیواره‌های دره در بیشتر مواقع عمودی هستند. دره راگه دارای طول ۲۳ کیلومتر، عرض بین ۲ تا ۱۸۰ متر و حداکثر عمق ۶۵ متر برآورد شده است. توالی سنگی دره راگه نشان از دو مجموعه سنگی است. مجموعه اول که قدیمی‌تر بوده شامل کنگلومرا و ماسه‌سنگ‌های سخت شده بوده و مجموعه دوم اغلب از آبرفت‌های آواری عهد حاضر تشکیل شده که به صورت ناپیوسته بر روی مجموعه قدیمی‌تر قرار گرفته‌اند. آنالیز رخساره‌های سنگی نهشته‌های آبرفتی عهد حاضر نشان‌دهنده سه مجموعه رخساره گراولی، ماسه‌ای و گلی است که از این میان رخساره‌های گراولی بیش از ۸۰ درصد توالی را به خود اختصاص داده است. در مجموعه رخساره گراولی پنج رخساره سنگی Gmm، Gcm، Gp، Gh و Gt شناسایی شده که اغلب طی جریان‌های خرده‌دار و سیلاب‌های صفحه‌ای و در

توده‌های فروریزشی و واریزه‌ها: این آثار به صورت قطعات بزرگی (در اندازه‌های ۱ تا ۱۰ متر) از جنس دیواره دره هستند که بر اثر نفوذ روان آب‌های سطحی درون شکاف‌ها و شکستگی‌های پشت دیواره و از طرف دیگر فرسایش قسمت تحتانی دیواره توسط آب رودخانه گیودری حاصل می‌شوند (شکل ۵). با کاهش سطح اتکا دیواره به علت فرسایش آبی رودخانه و به دنبال آن ایجاد شکاف در قسمت‌های سطحی و نفوذ روان آب‌های سطحی به درون شکاف‌ها، رسوبات دیواره ناپایدار شده و به کف بستر دره ریزش می‌کنند. به علت زیاد بودن اختلاف ارتفاع و همچنین ضخامت رسوبات، مواد به صورت واریزه‌های بزرگ و کوچک به کف دره می‌ریزند و در برخی موارد باعث مسدود شدن مسیر آب شده‌اند. قطعات واریزه‌ای غالباً در قسمت‌های میانی دره و جایی که عرض دره کم می‌شود سبب ایجاد شکل‌هایی از فرسایش شده که می‌تواند از دیدگاه زمین‌گردشگری حائز اهمیت باشد. لازم به ذکر است که در برخی موارد ریزش دیواره‌ها سبب ایجاد غارهایی به عرض زیاد اما طول کم شده است. این پدیده که حاصل فرسایش آبی در دیواره‌های تنگه می‌باشد و در جاهایی که جنس دیواره‌ها سست و از استحکام کمتری برخوردار است با نفوذ آب سبب تخریب قسمت‌هایی از دیواره مسیر رودخانه دارای پیچ و خم‌های زیاد است و در محل خم‌ها رودخانه با برخورد به دیواره باعث زیر کاوی شده و در اثر زیر کاوی دامنه ناپایدار شده و ریزش می‌کند و تاثیر زیر کاوی‌ها گاهی به صورت غار مانند دیده می‌شود. این عمل فرسایش آبی در فصولی که بارندگی‌های سیل آسا بوده تشکیل شده‌اند.

۵-۲- تنگدره و مجرای آبی

در طول رودخانه گیودری و مسیر دره راگه تعداد زیادی تنگدره مشاهده می‌شود که بعضاً به عرض کمتر از یک متر نیز می‌رسد (شکل ۵). عبور از این تنگه‌ها در فصول خشک از دیدگاه زمین‌گردشگری حائز اهمیت است. در فصول پربارش و بارندگی‌های سیل آسا صداهای غرش و ترسناک آب در هنگام برخورد با این مجراها و باریک‌ها شنیده می‌شود که با لرزش‌های شدید و تکان دهنده دیواره‌های این مجراها همراه است فرسایش بالقوه و بالفعل در سطح تنگدره شدید است که فرسایش آب‌های جاری (بصورت شیاری و ورقه‌ای) در پدید آمدن این نوع مجراها موثر است.

بخش‌های بالایی و میانی مخروط‌افکنه گیودری تشکیل شده است. مجموعه رخساره ماسه‌ای شامل چهار رخساره سنگی Sp, Sm, Sh و Sr و رخساره‌های گلی شامل Fl و Fm می‌باشند. این رخساره‌ها که بیشتر در قسمت‌های پایین‌دست دره راگه و همراه با مجموعه رخساره‌های گراولی مشاهده می‌شوند اغلب تحت تاثیر جریان‌های رودخانه‌ای که در قسمت‌های انتهایی مخروط‌افکنه گیودری فعال تر بوده، راسب شده‌اند. دره راگه داری چشم‌اندازها و پدیده‌های زیبا و متعدد زمین‌شناسی می‌باشد. پدیده‌های رسوبی مرتبط با زمین‌گردشگری دره راگه را می‌توان در سه دسته ساختارها و آثار فرسایشی، تنگه‌ها و مجراهای آبی و سطوح ناپیوستگی تقسیم کرد. در این میان ساختارها و آثار حاصل از فرسایش‌های آبی و

بادی فراون‌تر بوده و شامل بدلندهای ستونی و مخروط‌های کله قندی، دودکش‌های جن و آثار ریزشی و واریزه‌ها هستند. در طول دره راگه تعدادی تنگ‌دره‌ها و مجراهای آبی مشاهده می‌شود که عرض آن‌ها بعضاً به کمتر از ۱ متر نیز می‌رسد. هم‌اکنون دره راگه مورد استقبال برخی از گردشگران میراث طبیعی زمین‌شناختی است با این حال شناسایی، معرفی و تحلیل پدیده‌های رسوبی مرتبط با زمین‌گردشگری دره راگه نشان می‌دهد که این منطقه ویژگی‌های یک سایت گردشگری مناسب را دارا می‌باشد و از پتانسیل بالایی در جذب گردشگران داخلی و خارجی برخوردار است لذا مقاله حاضر می‌تواند زمینه ساز اقدامات بعدی و موثرتری برای ثبت ژئوپارک دره راگه را فراهم کند.



شکل ۶. برخی از ناپیوستگی‌های شناسایی شده در دره راگه که از نوع زاویه‌دار (شکل A) و فرسایشی (شکل B) مابین رخساره‌های قدیمی سفید رنگ و رخساره‌های عهد حاضر مشخص می‌باشند. C) ناپیوستگی زاویه‌دار که بین رخساره‌های ماسه‌سنگی قدیمی و ماسه‌سنگی عهد حاضر در بخش‌های میانی دره راگه مشاهده می‌شود.

Fig. 6. Some of the disconformities identified in the Rageh Valley, that are angular (Figure A) and erosional (Figure B) types, are characteristic between the old white facies and the recent facies. C) Angular discontinuity observed between the old sandstone and recent sandstone facies in the middle parts of the Rageh Valley.

References

- Aftabi, A. and Atapour, H (2010) Alteration geochemistry of volcanic rocks around Sarcheshmeh porphyry copper deposit, Rafsanjan, Kerman, Iran: implications for regional exploration. *Resour. Geol.* 61 (1): 76–90.
- Atapour, H. and Aftabi, A (2007) The geochemistry of gossans associated with Sarcheshmeh porphyry copper deposit, Rafsanjan, Kerman, Iran: implications for exploration and the environment. *J. Geochem. Explor.*, 93: 47–65. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2006.07.007>.
- Blair, T. C. and McPherson, J. G (1994) Alluvial fans and their natural distinction from rivers based on morphology, hydraulic processes, sedimentary processes and facies assemblages. *Journal of Sedimentary Research*, 64 (3): 450-489.
- Blair, T. C. and McPherson, J. G (2009) Processes and forms of alluvial fans. Chapter 14, In: Parsons A. J. Abrahams A. D. (Eds.), *Geomorphology and Desert Environments*: 413-467.
- Cain, S. A. and Mountney, N. P (2009) Spatial and temporal evolution of a terminal fluvial fan system: the Permian Organ Rock Formation, South-east Utah, USA. *Sedimentology*, 56: 1774–1800.
- Chakraborty, P. P. and Paul, P (2013) Depositional character of a dry-climate alluvial fan system from Palaeoproterozoic rift setting using facies architecture and palaeohydraulics: Example from the Par Formation, Gwalior Group, central India. *Journal of Asian Earth Sciences*, 91: 298-315. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2013.09.019>.
- Chen, L. Q., Steel, R. J., Guo, F. S., Olariu, C., Gong, C. L (2017) Alluvial fan facies of the Yongchong Basin: implications for tectonic and paleoclimatic changes during Late Cretaceous in SE China. *J. Asian Earth Sci.* 134: 37–54.
- Dimitrijevic, M. D., Dimitrijevic, M. N. Djordevic, M (1971) Geological quadrangle map of Rafsanjan, 1/100000, Geological Survey of Iran Tehran, sheetb 7150.
- Dimitrijevic, M. D (1973) Geology of Kerman Region. Geology Survey of Iran, Report No. 52: 334 p.
- Dowling, R. K. and Newsone, D (2006) *Geotourism*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands.
- Einsele, G (2000) *Sedimentary Basin Evolution, Facies and Sediment Budget.* (2nd edition), Springer-Verlag, 792p.
- Haj Alilo, B. Nekoei Sadr, B (2011) *Geotourism.* Paym-e-Nor publication. 238p (in Persian).
- Harvey, A (2011) Dryland alluvial fans. In: *Arid Zone Geomorphology: Process, Form and Change in Drylands* (Ed. D.S.G. Thomas), 3rd edn, pp. 333–371. John Wiley&Sons, Chichester.
- Gao, L. Wang, X. Yi, S. Vandenberghe, J. Gibling, M. R. Lu, H (2018) Episodic sedimentary evolution of an alluvial fan (Huangshui Catchment, NE Tibetan Plateau), *Quaternary*, 1 (2): 3-28. <https://doi.org/10.3390/quat1020016>.
- Gao, Ch., Ji, Y., Wu, Ch., Jin, J., Ren, Y., Yang, Z., Liu, D., Huan, Z, Duan, X., Zhou, Y (2020) Facies and depositional model of alluvial fan dominated by episodic flood events in arid conditions: An example from the Quaternary Poplar Fan, north-western China. *Sedimentology*, 67: 1750–1796. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2022.106238>.
- Gough, A (2015) Controls on sediment architecture and deposition in arid continental basin margin systems, this thesis is submitted for the degree of Doctor of Philosophy of the University of Keele.
- Harms, J. C., Southard, J. B., Walker, R. G (1982) Structures and Sequence in Clastic Rock. *SEPM, Short Course*, Chapter 1: 55 pp.
- Koykka, J (2011) Precambrian alluvial fan and braid plain sedimentation patterns: Example from the Mesoproterozoic Rjukan Rift Basin, southern Norway. *Sedimentary Geology*, 234: 89-108.
- Miall, A. D (1985) Architectural element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth Science Review*, 22: 261-308. [https://doi.org/10.1016/0012-8252\(85\)90001-7](https://doi.org/10.1016/0012-8252(85)90001-7).
- Miall, A. D (2000) *Principle of Sedimentary Basin Analysis.* Springer- Verlag, New York, 668p.
- Miall, A. D (2006) *The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology.* Springer-Verlag, New York, 582p.
- Mohamadi Nasab, S., Shafiei Bafti, B., Yarahmadi, M. R., Mahmoudi Maymand, M., Kamalabadi Khorasani, J (2022) Mineralogical Properties of the Copper Slags from the SarCheshmeh Smelter Plant, Iran, in View of Value Recovery. *Minerals*, 12 (9): 1153. <https://doi.org/10.3390/min12091153>.
- Moscariello, A (2017) Alluvial fans and fluvial fans at the margins of continental sedimentary basins: geomorphic and sedimentological distinction for geo-energy exploration and development. Geological Society, London,

- Special Publications, 440: 215-243.
<https://doi.org/10.1144/SP440.11>.
- Raj, R (2007) Late Pleistocene fluvial sedimentary facies, the Dhadhar River basin, Western India. *Quaternary International*, 159: 93-101.
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2006.08.014>.
- Safari, H. O., Bagas, L., Shafiei Bafti, B (2015) Structural controls on the localization of Cu deposits in the Kerman Cu metallogenic province of Iran using geoinformatic techniques. *Ore Geology Reviews*, 67: 43–
<https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2014.11.01456>.
- Okano, K. Suwa, H. Kanno, T (2012) Characterization of debris flows by rainstorm condition at a torrent on the Mount Yakedake volcano, Japan. *Geomorphology*, 136: 88–94.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.04.006>.

Presentation of the sedimentary phenomena related to geotourism of the Rageh Valley in the southeast of Rafsanjan, west of Kerman: Emphasis on the analysis of lithofacies and sedimentary environment

M. Jahanshahpour¹, H. Zand-Moghadam^{2*} and A Abbasnejad³

1- M. Sc., student. Dept., of Geology, Faculty of Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

2- Assoc. Prof., Dept., of Geology, Faculty of Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

3- Prof., Dept., of Geology, Faculty of Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

* Zand1883@uk.ac.ir

Received: 2024.9.24 Accepted: 2024.12.23

Abstract

Rageh valley is located 30 km southeast of Rafsanjan city. This valley formed by Givdari River on an old alluvial fan. Givderi river originates from Sarcheshme mountains (part of Dehj-Sardoieyeh belt) and after passing through the mountains, it enters the Givderi alluvial fan. Gravel facies association are considered the most important lithofacies forming the Rageh Valley succession, which are often formed during the flow of debris flows and sheetfloods in the upper and middle parts of the alluvial fan. Downstream of Rageh Valley, sandy and mud facies along with gravel facies association are observed, that reflects the influence of river currents in their formation. The constant flow of this river along with the active tectonics of the region has caused continuous changes in the bed and walls of the valley, which are important from the point of view of geotourism. The unique phenomena of Rageh Valley can be divided into three categories: structures and erosions, gorges and waterways, and discontinuity levels. In the meantime, the structures and works resulting from water and wind erosion are more prominent. Among the most important of these structures, we can mention columnar mounds, sugar cones, elf chimneys, and debris. Introducing and knowing the geological phenomena of Rageh Valley can be useful in attracting tourists as well as registering the Geopark.

Keywords: Geotourism, Rageh Valley, Givdari River, Alluvial fan

Introduction

Rageh Valley (Canyon), also known by other names such as Shahzadeh-Abbas Valley or Givdari Valley, is located 30 kilometers southeast of Rafsanjan city (west of Kerman province). Unlike normal valleys that are usually V-shaped, this valley is U-shaped and the valley walls are mostly vertical. The water of the Givdari River is supplied from numerous watercourses of the Sarcheshmeh Mountains located in the south of the Rafsanjan plain and has caused the valley to be dug out on the sediments of the Givdari alluvial fan. The study area in this research includes parts from the upstream of the river to the lowest part of the Givdari River, where the valley continues to the same level as the plain. This choice is often due to the presence of various geological phenomena along the route that are important from the perspective of geotourism. The length of the valley is 23 kilometers, the width of the valley varies between 2 and 180 meters, and the maximum depth of the valley is estimated to be 65 meters. Field and lithological

observations of the valley walls and floor indicate two rock assemblages. The first set, which is older, consists of conglomerate and hardened sandstones, and the second set is mostly composed of Quaternary detrital alluvium that is discontinuously deposited on the older set (Neogene layers). In this study, the analysis of the lithofacies and sedimentary environment of recent alluvial deposits is considered. Rageh Valley has beautiful and numerous geological landscapes and phenomena, and therefore has the potential to be registered as a geopark, and measures are being taken in this regard. Therefore, the aim of this study is to lithofacies analysis and sedimentary environment of the Rageh Valley succession and introduce phenomena related to geotourism in the study area, and it is hoped that the geotourism potential of the area will be introduced better than in the past. It should be noted that the Miall (1985, 2000, 2006) facies classification and codes have been used to distinguish lithofacies.

Discussion and Conclusion

1- Lithofacies

Lithofacies of the succession of Rageh Valley are divided into three associations: gravel, sand and mud. Of these, gravelly facies accounts for more than 80%, and the rest, in order of abundance, are related to sandy facies and then muddy facies. It should be noted that facies of rhythmic gravelly-sandy or sand-mud layers have also been identified, which can be considered as two separate sets. Each rock set consists of several lithofacies, which are listed separately below.

Gravelly facies association: In general, gravelly sediments are observed in very different sizes, with the grain size reaching more than 1 meter in some cases, but on average, they are pebble-sized (16 to 64 mm) and have poor to moderate sorting and roundness. The relationship between grain size and sorting and roundness parameters is direct, with coarser-grained gravelly sediments having well to moderate sorting and roundness. The lithofacies identified in this association, in order of abundance, include the matrix-supported massive gravel (Gmm), the clast-supported massive gravel (Gcm), the planar cross-bed gravel (Gp), horizontal-bed gravel (Gh), trough cross-bed gravel (Gt).

Sand facies association: Sand facies is more abundant after gravel facies, accounting for about 15% of the succession of the Rageh Valley. These facies association are often observed downstream of the Rageh Valley, are accompanied by gravel, and sometimes mud facies. However, they are also present upstream. Sand lithofacies, in order of abundance, include horizontal-layer an lamination sand (Sh), massive sand (Sm), planar cross-bedding sand (Sp), and ripley sand (Sr).

Mud facies association: The Fl (mud with parallel and cross-laminations) and to some extent Fm (massive mud) are the two dominant lithofacies in this association, which alternate with sandstone facies (mostly Sr) and rarely fine-grained gravel (granule size). This facies association is often observed in the lower parts of the Rageh Valley and is not very widespread.

2-Sedimentary environment

It seems that the movement of the Givdari River on its old alluvial fan and changes in the river bed level due to tectonic folding and uplift caused the formation of the Rageh Valley.

Therefore, the mentioned facies were deposited in a fluvial and alluvial fan type environment. This alluvial fan is close to the source area and is mostly composed of gravelly facies with weak to medium sorting and medium roundness. Debris flows, temporary and fluvial floods are considered the most important sedimentary flows and processes controlling the dispersion of sediments in alluvial fans. Alluvial fans affected by temporary floods are themselves affected by processes such as sheet flows, channel flows and small-scale flows. Among the identified gravelly facies, the Gmm lithofacies has the highest abundance. The poor sorting and different grain size distribution in this lithofacies, together with the supporting mud background, indicate that this lithofacies is the result of deposition by high-density mass flows and sometimes turbulent flows. This feature indicates the activity of debris flows in the formation of this lithofacies. However, low-viscosity flows such as floods can also cause the formation of this lithofacies, and this occurs when the energy of flood flows suddenly decreases and sediments of different sizes are deposited together. The presence of large debris fragments in some Gmm lithofacies may also indicate the influence of seasonal floods in the formation of this facies. The constant activity of river flows on the alluvial fan surface (especially the main channels) causes the fine-grained matrix to be washed out from between the coarser grains, ultimately forming the supporting gravelly facies (Gcm). The close proximity of Gmm and Gcm lithofacies in most of the studied sequence is evidence of this analysis. The planar and wedge-shaped geometry of the Gcm lithofacies and its lateral and vertical variations to the matrix supported lithofacies indicate the influence of river flows in some parts of the Rageh Valley succession, the Gcm is laterally wedge-shaped and lenticular and is observed in the form of thin, fine-grained sequences. In these sequences, the close grain size and nearly flat erosional boundaries may indicate shallow and narrow channels influenced by sheet floods. On the other hand, the transformation of Gmm and Gcm into Gp, Gh and Gt lithofacies indicates a greater influence of fluvial flows in the alluvial fan of the Givdari River. The decrease in gravelly grain size in the Gp, Gh and Gt lithofacies, together with better sorting of grains, indicates the activity of permanent

fluvial flows on the alluvial fan surface. The abundance of these facies in the lower parts of the Rageh Valley, along with the increase in the abundance of sandy facies in them, also confirms the greater influence of fluvial flows in the lower parts of the alluvial fan. Sm, Sh and Sr lithofacies are the most important sand facies identified in the Rageh Valley succession. The grain size in Sm and Sh lithofacies is often medium to coarse sand and generally has poor to moderate sorting. This indicates deposition at high water velocities and turbulent flows. Sand layers are often located in a planar or wedge-shaped geometric shape between gravelly facies with a well-defined boundary. The non-erosive boundary between gravelly and sandy facies and the approximate orientation of pebbles indicate deposition in flood flows. This is so that during floods and high water flow velocity, gravelly sediments are deposited with an erosive boundary and in the form of bed load, and with a gradual decrease in flow energy, gravelly sediments become finer and finally turn into sandy facies. In the lower parts of the Rageh Valley, the Sr facies alternates with mud facies. These facies are generally influenced by fluvial flows and have been deposited in low flow regimes. This indicates that as we approach the base of the alluvial fan, fluvial flows have become more dominant than other flows. Therefore, the analysis of the alluvial fan facies of the Givdari River in the Rageh Valley shows that debris flows and flood flows in the upper parts of the alluvial fan, flood and fluvial flows in the middle parts of the alluvial fan, and only fluvial flows at the end of the alluvial fan are

the most important sedimentary processes in the dispersion of the Rageh Valley sediments.

3- Introducing a phenomenon related to geotourism

The most important known geological phenomena of the Rageh Valley can be divided into three categories: erosional effects, narrow valleys, and stratigraphic discontinuities.

Structures and erosional effects: Structures and erosional effects include those phenomena that have been formed by water and wind erosion, the most important of which are columnar mounds, sugar cones, elf chimneys and collapse masses and debris.

Gorges and waterways: Along the Givedari River and the Rageh Valley, a large number of narrow valleys are observed, some of which are less than one meter wide. Passing through these gorges in the dry seasons is important from a geotourism perspective. Potential and actual erosion on the surface of the gorges is severe, and erosion by flowing water (in the form of grooves and sheets) is effective in the formation of these types of channels.

stratigraphic discontinuities: The sedimentary facies of the Rageh Valley are observed in two age ranges: old and recent. The older deposits that have become petrified are probably of Pliocene age and are often composed of lighter-colored conglomerate and sandstone and are located below the current gravelly sediments. The boundary between these two facies sets is erosional and discontinuous. The discontinuities are in many cases angular and have created beautiful landscapes from a geological point of view.