

رخساره‌ها و محیط رسوبی بخش پایینی سازند آخوره (اٲوسن میانی)، برش شوراب، شمال ناین

محمد ملاح^۱، محمدعلی صالحی^{۲*}، مهدی جعفرزاده^۳ و زهرا مزروعی‌سبدانی^۴

۱ و ۴- کارشناس ارشد زمین‌شناسی، دانشکده علوم‌پایه، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

۲- استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم‌پایه، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

۳- استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم‌زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

نویسنده مسئول: ma.salehi@sci.ui.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۰/۸/۲ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۴

نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

توالی مورد مطالعه شامل بخش پایینی سازند آخوره (اٲوسن میانی) در شمال ناین واقع در زون ایران مرکزی می‌باشد. این سازند به صورت نهشته‌های آواری و با ضخامت زیاد در طی فاز کوهزایی لارامید و فرسایش بلندی‌های حاصل از چین‌خوردگی و همزمان با فعالیت‌های آتشفشانی بعد از اٲوسن تشکیل شده است. این توالی شامل ۵۰۵ متر ماسه‌سنگ، کنگلومرا و سیلتستون بوده که به ۱۰ واحد چینه‌شناسی تفکیک شده است. در توالی مورد مطالعه رخساره‌های آواری شناسایی شده شامل سه دسته اصلی درشت، متوسط و ریزدانه و همچنین رخساره‌ی خاک دیرینه P می‌باشد. رخساره درشت دانه شامل Gm, Gc, Gp, Gh, Gf, Gm, Gg می‌باشد. رخساره دانه متوسط شامل Sm و Sh بوده و رخساره‌ی دانه ریز شامل Fm, Fsm, Fl می‌باشد. رخساره‌های شناسایی شده در توالی مورد مطالعه به چهار مجموعه رخساره آواری گروه‌بندی شده‌اند. همچنین عناصر ساختاری GB, SG, SB و OF شناسایی گردیده است. این عناصر ساختاری مربوط به یک محیط قاره‌ای از نوع رودخانه بریده بریده است. وجود محیط قاره‌ای در بخش پایینی سازند مذکور با مطالعات جغرافیای دیرینه هم خوانی دارد. مطالعه این توالی رسوبی علاوه بر این که برای اولین بار محیط رسوبی آن مورد بررسی قرار می‌گیرد، نتایج بدست آمده نیز اطلاعات مهمی را در رابطه با تکامل ژئودینامیکی ایران مرکزی در طول اٲوسن میانی ارایه می‌نماید.

واژگان کلیدی: رخساره‌های آواری، محیط رسوبی، اٲوسن میانی، سازند آخوره، ناین، ایران مرکزی

پیشگفتار

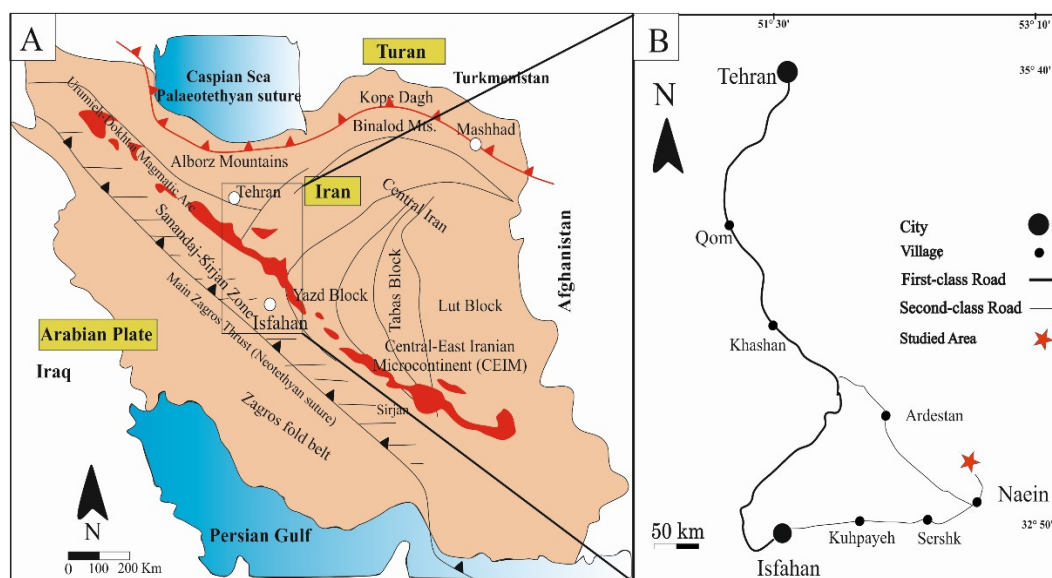
داوودزاده (۱۹۷۲) به عنوان برش نمونه این سازند معرفی شده است این سازند با یک کنگلومرای قاعده‌ای مشخص آغاز شده است و در ادامه توالی توسط ماسه‌سنگ، شیل و مارن و گاهی با حضور کنگلومرای دانه ریز به صورت تکرار شونده و با ضخامت بیش از سه هزار متر تشکیل یافته است. بر اساس حضور برخی فسیل‌های حمل شده از جمله فرامینیفرهای بنتیک شاخص در قله‌های آهکی کنگلومرای قاعده‌ای مربوط به سن اٲوسن زیرین، منجر به در نظر گرفتن سن اٲوسن میانی برای سازند آخوره در منطقه شمال ناین گردیده است (داوودزاده، ۱۹۷۲).

سازند آخوره در برش شوراب که در این پژوهش مورد مطالعه قرار گرفته است در ۲۵ کیلومتری شمال شهر ناین قرار دارد و در مختصات جغرافیایی $39^{\circ} 07' 53'' E$ و $33^{\circ} 01' 47'' N$ واقع شده است (شکل ۱). در این تحقیق سعی بر آن است که شرایط محیطی و رخساره‌های بخش

ویژگی‌های سنگی و زیستی توالی‌های اٲوسن در ایران مرکزی بسیار متنوع است و نشانگر شرایط جغرافیایی متنوع و متفاوتی می‌باشد بنابراین در توالی‌های اٲوسن ایران مرکزی رسوبات گوناگون منجر به رخساره‌های متنوع گردیده است (حاجیان، ۱۳۷۵؛ خسروتهرانی، ۱۳۸۴). از جمله رخساره سنگ‌آهک نومولیت‌دار و مارن در نواحی مختلف ایران مرکزی نهشته شده‌اند (درویش‌زاده، ۱۳۷۰). علاوه بر این در برخی نواحی از ایران مرکزی نظیر منطقه ناین نهشته‌های اٲوسن شامل رخساره‌های عمدتاً آواری می‌باشند (آقاناتی، ۱۳۸۵). نهشته‌های به سن سنوزویک در شمال ناین عمدتاً شامل توالی ضخیم قرمز تا ارغوانی رنگی از نهشته‌های آواری به نام سازند آخوره به سن اٲوسن میانی می‌باشد که بر روی مجموعه افیولیتی ناین با سن کرتاسه بالایی قرار گرفته است. در همین منطقه که توسط

بازسازی شرایط فیزیکی، شیمیایی و زیستی حاکم بر آن می‌باشد (امینی، ۱۳۹۷). در این مقاله به منظور بازسازی محیط رسوبی بخش قاعده‌ای سازند آخوره در شمال ناین در برش شوراب، رخساره‌ها و مجموعه رخساره‌ها شناسایی و توصیف و در نهایت محیط رسوبی دیرینه تفسیر می‌گردد. با توجه به اینکه تاکنون هیچگونه مطالعه محیط رسوبی بر روی سازند آخوره در شمال ناین انجام نگرفته است نتایج این بررسی در بازسازی جغرافیای دیرینه این بخش از ایران مرکزی در طی زمان ائوسن میانی با اهمیت خواهد بود.

پایینی این سازند بررسی شود. رخساره‌های سنگی توسط فرایندهای رسوبی که در مناطق خاصی از محیط رسوبگذاری عمل می‌کنند، کنترل می‌شوند از این رو شناخت رخساره‌های سنگی به تفسیر فرایندهای همزمان با رسوبگذاری کمک می‌نماید (کاتانیانو، ۲۰۰۳). تشخیص مجموعه رخساره‌ها نیز یک عنصر برای بازسازی محیط رسوبی دیرینه است که برای تشخیص آب و هوای و تاریخچه فرونشست حوضه‌های رسوبی مناسب می‌باشد (موسوی‌حرمی، ۱۳۸۹). زمانی که از بازسازی شرایط محیطی یک محیط رسوبی صحبت به میان می‌آید منظور



شکل ۱. نقشه راه دسترسی به منطقه مورد مطالعه در شمال ناین. موقعیت تقریبی منطقه مورد مطالعه با علامت ستاره مشخص شده است.

سنگی و بررسی مشخصاتی نظیر ترکیب کانی‌شناسی و بافت آن‌ها صورت گرفته است و نام‌گذاری رخساره‌های میکروسکوپی آواری (پتروفاسیس‌ها) بر اساس تقسیم‌بندی فولک (۱۹۸۰) انجام شده است. بر اساس اندازه ذرات، رخساره‌های سنگی به سه گروه دانه درشت، متوسط و ریز تفکیک شده‌اند.

نتایج

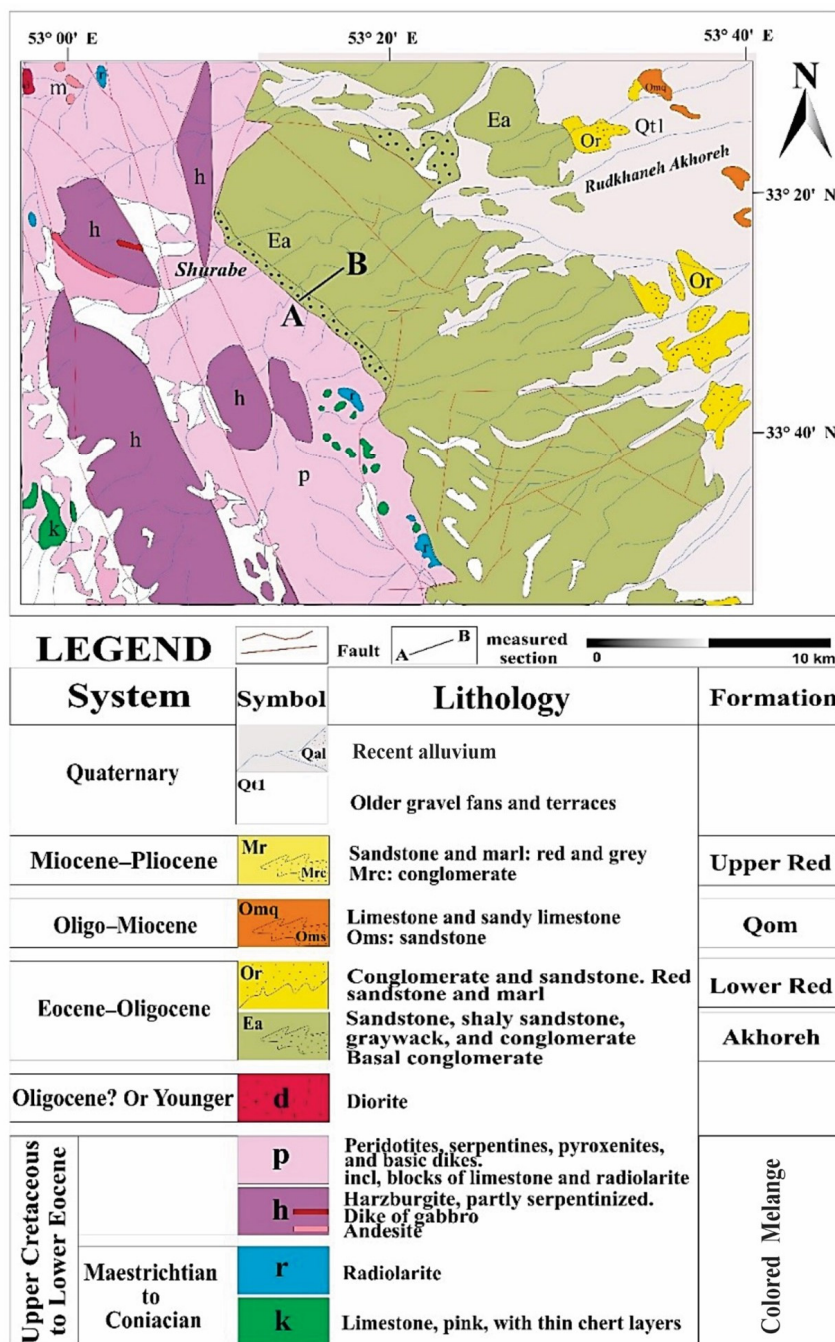
برش مورد مطالعه از سازند آخوره بر روی نقشه زمین‌شناسی ناین ۱:۱۰۰۰۰۰ نشان داده شده است (شکل ۲). نهشته‌های ائوسن میانی در برش مورد مطالعه (شوراب) با ضخامت ۵۰۵ متر شامل بخش پایینی سازند آخوره می‌باشد که از کنگلومرای گل‌پشتیبان، شیل و به

روش مطالعه

مطالعات صحرایی و نمونه‌برداری از توالی مورد مطالعه شامل اندازه‌گیری توالی نهشته‌های بخش قاعده‌ای سازند آخوره به سن ائوسن میانی، ثبت ویژگی‌های سنگ‌شناسی، رنگ، ضخامت، ساخت رسوبی و مقدار شیب لایه می‌شود. شناسایی رخساره‌های سنگی سیلیسی آواری در صحراء برمبنای طبقه‌بندی میال (میال، ۲۰۱۳) صورت گرفته است. نمونه‌برداری بر اساس تغییرات ویژگی‌های سنگ‌شناسی و به صورت غیرسیستماتیک انجام شده و تعداد ۲۴ نمونه برداشت شده است. مشخصات صحرایی توالی مورد مطالعه در ستون چینه‌شناسی رسم گردیده است. مطالعات پتروگرافی بر روی ۱۹ برش‌نازک ماسه‌سنگ نیز به منظور تکمیل مطالعات رخساره‌های

چینه‌ای، شناسایی رخساره‌های سنگی، عناصر ساختاری و زیر محیط‌ها و در نهایت محیط رسوبی گردیده است. تصاویر صحرایی واحدهای سنگ‌چینه‌ای در شکل‌های ۳ و ۴ آمده است.

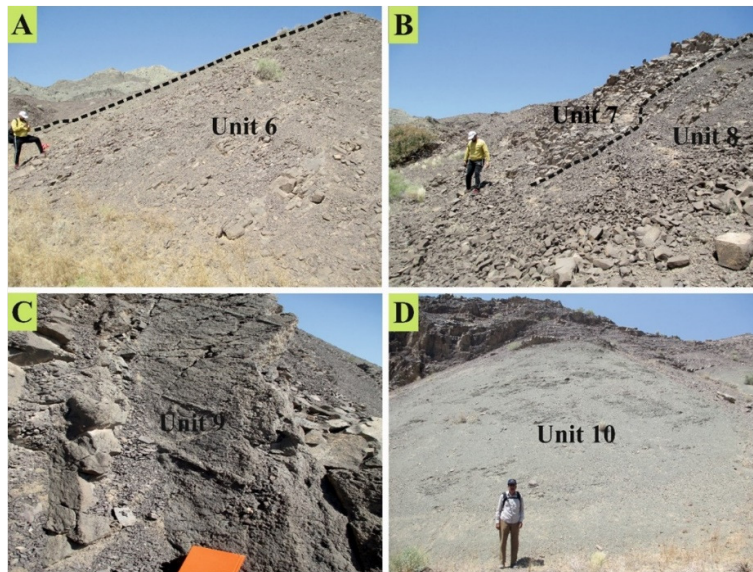
طور غالب ماسه‌سنگ‌های عمدتاً به رنگ قرمز ارغوانی تشکیل شده‌اند. مرز زیرین سازند آخوره با مجموعه افیولیتی نایب به صورت گسله است و این سازند به صورت همشیب در زیر سازند قرمز پایینی قرار می‌گیرد. مطالعات صحرایی انجام شده منجر به تفکیک ۱۰ واحد سنگ



شکل ۲. بخشی از نقشه زمین‌شناسی نایب با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ (اقتباس با تغییراتی از داوودزاده، ۱۹۷۲) موقعیت برش مورد مطالعه (A-B) بر روی نقشه مشخص شده است.



شکل ۳. تصاویر صحرایی از رخنمون توالی ائوسن (بخش پایینی سازند آخوره) در برش شوراب. A: نمایی کلی از رخنمون مورد مطالعه (دید به سمت خاور). B: مرز سازند آخوره و مجموعه افیولیتی ناین که به صورت گسله می‌باشد. واحد سنگ‌چینه‌ای شماره یک عمدتاً از کنگلومرای گل پش‌تیبان قرمز تشکیل شده است. C: نمایی نزدیک از کنگلومرای واحد ۱. D: نمایی نزدیک واحد ۲ که نشان‌دهنده توالی ماسه‌سنگ، سیلتستون و شیل به رنگ بنفش می‌باشد. E: توالی ماسه‌سنگ، سیلتستون و شیل واحد ۴.



شکل ۴. ادامه تصاویر صحرایی از واحدهای سنگ‌چینه‌ای رخنمون بخش پایینی سازند آخوره در برش شوراب. A: رخنمون ماسه‌سنگ و شیل به رنگ بنفش از واحد ۶. B: نمایی از مرز بین واحد ۷ و ۸ که نشان‌دهنده راس واحد ۷ با لیتولوژی ماسه سنگ بنفش و قاعده واحد ۸ با لیتولوژی شیلی می‌باشد. C: نمای نزدیک ماسه‌سنگ متوسط دانه از واحد ۹. D: رخنمون صحرایی واحد ضخیم (۳۱ متر) از شیل سبز واحد ۱۰.

رخساره‌های سنگی

در این مطالعه تشخیص رخساره‌های سنگی بر اساس طبقه‌بندی میال (میال، ۲۰۱۳) انجام گردید. رخساره‌های سنگی شناسایی شده در سازند آخوره به سه دسته دانه درشت، متوسط و ریز دانه تقسیم شده و در مجموع ۱۱ رخساره‌های سنگی شناسایی شده است که به شرح زیر است (جدول ۱).

رخساره‌های سنگی دانه درشت

تعداد شش رخساره‌های سنگی دانه درشت در سازند آخوره شامل Gmm, Gmg, Gci, Gcm, Gp, Gh شناسایی شده است.

رخساره کنگلومرای Gmm: این رخساره تحت عنوان Matrix Supported Massive Conglomerate معرفی شده است و به کنگلومرای توده‌ای که حاوی مقدار زیادی ماتریکس ماسه‌ای باشد گفته می‌شود (میال، ۲۰۱۳). این رخساره در بخش قاعده‌ای سازند آخوره در واحد سنگ‌شناسی شماره یک حضور دارد و دارای رنگ قرمز می‌باشد. این رخساره دارای لایه‌بندی بسیار ضعیف بوده و دانه‌ها دارای اندازه‌ای در حد ۱۰ سانتی‌متر و گاه‌ها بزرگ‌تر بصورت پراکنده در بین ماتریکس قابل شناسایی می‌باشند (شکل ۵ A). جنس قلوه‌ها در این رخساره عمدتاً از نوع آذرین، رسوبی و به مقدار کمتر دگرگونی می‌باشد. این قلوه‌ها عمدتاً از منشأ مجموعه افیولیتی می‌باشد، برخی قطعات شاخص شامل خرده‌سنگ‌های گابرو، بازالت، سرپنتینیت و چرت‌های رادیولاریتی می‌باشد. رنگ اکثر قلوه‌ها به جز قلوه‌های رادیولاریتی سیاه تا سبز تیره می‌باشد. این رخساره به سمت بالای توالی به رخساره‌های دانه درشت Gmg و رخساره‌های دانه ریز FI تبدیل می‌شود (شکل ۸). جریان واریزه‌های پلاستیک و غلیظ با انرژی بالا سبب ته‌نشست این رخساره می‌گردد (وون و همکاران، ۲۰۰۲؛ میال، ۲۰۱۳) (جدول ۱).

رخساره کنگلومرای Gmg: این رخساره به اختصار Matrix Supported Conglomerate می‌باشد (میال، ۲۰۱۳). این رخساره دارای لایه‌هایی با دانه‌بندی تدریجی نرمال و معکوس است. این رخساره دارای قطعات متفاوت و در اندازه گرانول تا کابل (۲-۲۵۶ میلی‌متر) می‌باشد. این رخساره که بخش زیادی از رخساره‌های کنگلومرای برش مورد مطالعه را تشکیل داده است دارای رنگ قرمز روشن

می‌باشد. جنس قطعات از سنگ‌های آذرین و رسوبی می‌باشد. قطعات تشکیل‌دهنده با اندازه متفاوت در بین ماتریکس موجود می‌باشد (شکل ۵ B).

این رخساره در اثر جریان‌های خرده‌دار پلاستیسیته با ویسکوزیته پایین تشکیل می‌گردد (وون و همکاران، ۲۰۰۲؛ میال، ۲۰۱۳)، (جدول ۱).

رخساره کنگلومرای Gci: این رخساره مخفف Clast Supported Conglomerate می‌باشد (میال، ۲۰۱۳). این رخساره در بین رخساره‌های کنگلومرای با دانه‌بندی تدریجی قابل مشاهده است و به رنگ قرمز ارغوانی کم‌رنگ دیده می‌شود. اندازه دانه‌ها در حد کابل (۱۲۸ میلی‌متر) می‌باشد. در بین نهشته‌های کنگلومرای دانه‌بندی درشت شونده و ریز شونده به سمت بالا قابل مشاهده است (شکل ۵ C). این رخساره دارای روندی درشت شونده در اندازه دانه به سمت بالا می‌باشد (شکل ۵ C-D). رخساره مذکور به صورت عمودی به رخساره دانه متوسط Sh و دانه ریز FI ختم می‌شود و دارای میان لایه‌های ماسه‌سنگ می‌باشد. این رخساره در اثر جریان‌های خرده‌دار غنی از دانه و جریان‌هایی با کشش بالا و پلاستیسیته کاذب و جریان کشش پایین تشکیل می‌شود (وون و همکاران، ۲۰۰۲؛ میال، ۲۰۱۳؛ کومار و همکاران، ۲۰۲۱)، (جدول ۱).

رخساره کنگلومرای Gcm: این رخساره تحت عنوان Clast Supported massive Conglomerate می‌باشد (میال، ۲۰۱۳). این رخساره در بخش‌های مختلف از برش مورد مطالعه قابل مشاهده است. رخساره‌های کنگلومرای توده‌ای قطعات پشتیبان بوده که دارای رنگ قرمز است و دارای دانه‌های بزرگ و کم‌گرد شده گراولی از جنس قطعات چرت، سیلیس و قطعات سنگی آذرین است (شکل ۵ E). اندازه دانه در این رخساره در تغییر و از حد گرانول تا کابل (۲-۲۵۶ میلی‌متر) می‌باشد و به صورت عمودی به رخساره‌های دانه ریز FI و Fm تبدیل می‌شود. این رخساره دارای ساخت توده‌ای و بدون نظم و Massive است. این رخساره با میان لایه‌هایی از رخساره دانه ریز FI همراه می‌باشد، که می‌تواند بیانگر کاهش ناگهانی سرعت و آرام شدن ناگهانی انرژی محیط باشد. این رخساره بدون دانه‌بندی در لایه‌ها و ایمبریکاسیون بوده و دارای مقدار کمی ماتریکس می‌باشد. تغییر در اندازه یک رخساره نشان از تغییر انرژی جریان می‌باشد (وون و همکاران، ۲۰۰۲). این رخساره توسط جریان‌های خطی و آشفته و همچنین

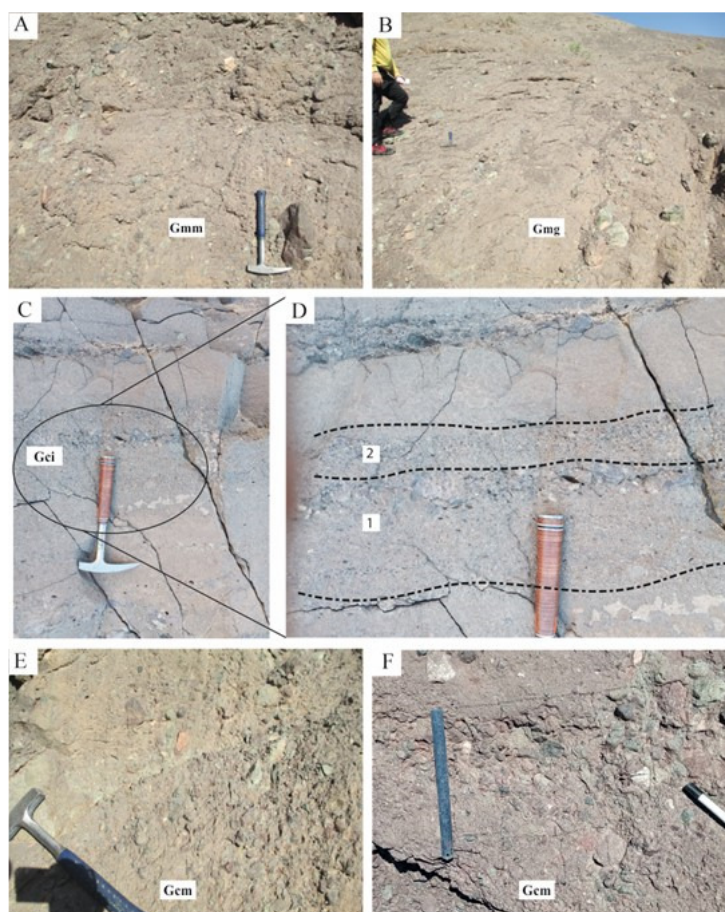
این رخساره صورتی روشن است. دانه‌ها اغلب از جنس سنگ‌های آذرین است که دارای گردشگی نسبتاً ضعیفی هستند. در این رخساره قلوها دارای جهت‌یابی واضحی هستند و بنظر می‌رسد دارای جهت جریان دیرینه‌ای یک طرفه باشند (شکل ۶ A-B). در لایه‌بندی مورب مسطح لایه‌های شیب‌دار وجود دارد که سطح بالایی آن‌ها با سطح افق به صورت مماسی یا زاویه‌دار می‌باشد که عمدتاً به نسبت سرعت جریان و میزان حمل و نقل رسوب بستگی دارد (تاکر، ۲۰۰۱). این رخساره به صورت عمودی به رخساره دانه ریز Fm, Fl ختم می‌شود. این ساخت در اثر رسوب‌گذاری در قسمت پشتی ریبیل‌مارک‌ها، دون‌ها، امواج ماسه‌ای، سدها و یا در روی مخروط‌ها و دلتاهای کوچک تشکیل می‌گردند (تاکر، ۲۰۰۱). این رخساره در اثر مهاجرت سدهای طولی و زبانه‌ای در بخش‌های عمیق کانال و اشکال بستر عرضی و سدهای عرضی نیز پدید می‌آید (میال، ۱۹۹۷؛ ۲۰۱۳)، (جدول ۱).

جریان‌های خرده‌دار با پلاستیسیته کاذب و ویسکوزیته و بار رسوبی بالا بر جای گذاشته می‌شود (وون و همکاران، ۲۰۰۲؛ میال، ۲۰۱۳). این رخساره احتمالاً در اثر حمل و نقل بار بستر به صورت نهشته‌های باقی مانده کانالی و از جریان‌هایی که سرعت و انرژی بالایی دارند تشکیل شده‌اند (پتیت و همکاران، ۲۰۰۵؛ ایتو و همکاران، ۲۰۰۶). تشکیل این رخساره بیانگر انرژی بالای محیط در هنگام رسوبگذاری بوده و به علت تشکیل در شرایط جریان آشفته، حالت توده‌ای دارند (ریدینگ و کولینسون، ۱۹۹۶؛ کاستیک و همکاران، ۲۰۰۵). این رخساره در نواحی پر شیب و پر انرژی برجا گذاشته می‌شود (وون و همکاران، ۲۰۰۲؛ میال، ۲۰۱۳).

رخساره کنگلومرایبی Gp: این رخساره در واقع رخساره دانه درشت با طبقه‌بندی مورب مسطح Planar Cross Beds است (میال، ۲۰۱۳). اندازه دانه‌ها در این رخساره در حد پیل و گاه‌آ کابل (۱۶-۲۵۶ میلی‌متر) می‌باشد و رنگ

جدول ۱. کدهای رخساره‌ای شناسایی شده در بخش قاعده‌ای سازند آخوره برش مورد مطالعه به همراه ساختار رسوبی و تفسیر شرایط تشکیل (اقتباس با تغییرات از میال، ۲۰۱۳).

Facies code	Facies	Sedimentary structure	Interpretation
Gmm	Matrix supported, massive conglomerate	Weak grading	Plastic debris flow (high strength, viscous)
Gmg	Matrix supported, conglomerate	Inverse to normal grading	Pseudoplastic debris flow (low strength, viscous)
Gci	Clast supported conglomerate	Inverse grading	Clast rich debris flow (high strength, or pseudoplastic debris flow (low strength)
Gcm	Clast supported massive conglomerate	--	Pseudoplastic debris flow (inertial bedload, turbulent flow)
Gp	conglomerate, stratified	Planar cross beds	Transverse bedforms or bar remnants
Gh	Clast supported crudely bedded conglomerate	Horizontal bedding imbrication	Longitudinal bedforms lag deposits, sieve deposits
Sh	Very fine to coarse, grained sandstone	Horizontal lamination parting or streaming lineation	Plane-bed flow (critical flow)
Sm	Fine to coarse grained sandstone	Massive or faint lamination	Sediment gravity flow deposits
Fm	Mudstone, siltstone	Massive, desiccation cracks	Overbank, abandoned channel, or drape deposits
Fsm	Siltstone, mudstone	Massive	Backswamp or abandoned channel deposits
Fl	Siltstone, mudstone	Fine lamination	Overbank, abandoned channel, or waning flood deposits
P	Paleosol carbonate (calcite, siderite)	Pedogenic features: nodules, filaments	Soil with chemical precipitation



شکل ۵. تصاویر صحرایی انواع رخساره‌های سنگی شناسایی شده در سازند آخوره برش شوراب. A: رخساره دانه درشت Gmm. B: رخساره دانه درشت Gmg. C-D: رخساره دانه درشت Gci. دانه‌بندی تدریجی، عدد ۱ نشان‌دهنده دانه‌بندی درشت شونده به سمت بالا یا همان رخساره دانه درشت Gci است و عدد ۲ نشان‌دهنده دانه‌بندی تدریجی ریز شونده به سمت بالا است. آثار خاکزایی رخساره P به صورت لکه‌های با رنگ روشن در تصاویر مشخص می‌باشد. E: رخساره دانه درشت Gem. F: رخساره دانه درشت Gem.

(۲۰۰۷). این رخساره به توسط اشکال توده‌ای لایه‌ای، نهشته‌های باقی‌مانده، نهشته‌های غربال شده و اشکال لایه‌ای متقاطع و مهاجرت جانبی سدهای طولی و رسوبات باقی مانده در کف کانال تشکیل می‌شود (میل، ۲۰۱۳) (جدول ۱). رخساره‌های ماسه‌ای در سیستم رودخانه‌ای نتیجه انتقال ماسه به وسیله جریان‌های کششی به صورت بار بستر و با جریان‌های جهشی هستند (میل، ۲۰۱۳).

رخساره‌های سنگی دانه متوسط

تعداد دو رخساره سنگی دانه متوسط در بخش قاعده‌ای سازند آخوره شامل Sm, Sh شناسایی شده است (جدول ۱).

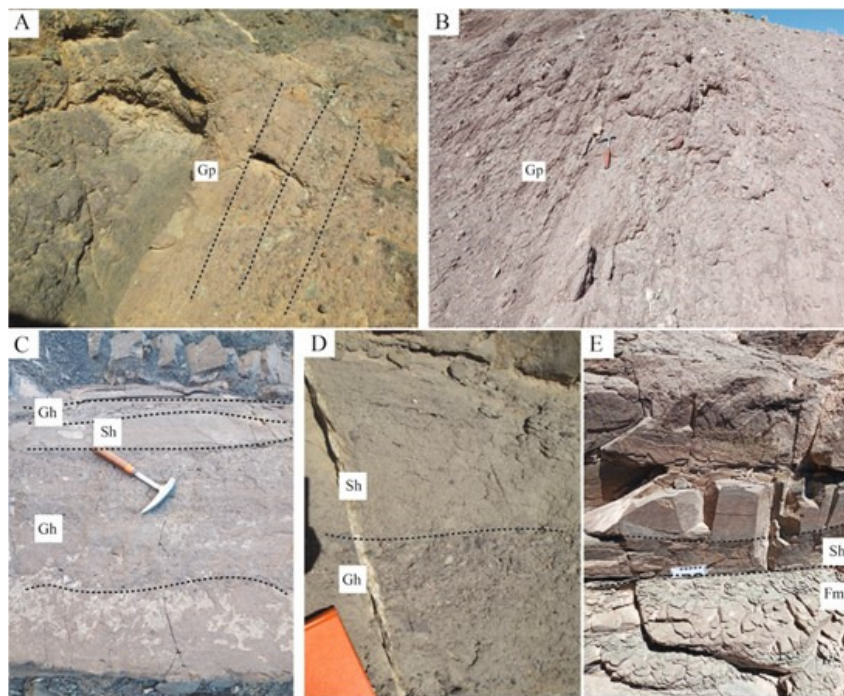
رخساره ماسه‌سنگی Sh: این رخساره مخفف Horizontally Bedded Sandstone است (میل، ۲۰۱۳) این رخساره دارای ذرات در حد ماسه دانه ریز تا متوسط

رخساره کنگلومرای Gh: این رخساره تحت عنوان Clast Supported Horizontally Stratified Conglomerate می‌باشد (میل، ۲۰۱۳). اندازه دانه‌ها در این رخساره در حد پیل (۱۶ میلی‌متر) می‌باشد. این رخساره دارای قطعاتی با جهت‌گیری نسبتاً افقی می‌باشد. جنس قطعات همانند سایر رخساره‌های کنگلومرای چرت و خرده‌سنگ‌های آذرین است. دانه‌ها برخی کمی گرد شده و برخی زاویه‌دار هستند (شکل ۶ C). در این رخساره گاهاً لایه‌هایی با دانه‌بندی تدریجی قابل مشاهده است که دارای رنگ ارغوانی و گاهاً مایل به خاکستری می‌باشند. در بین این رخساره گاهی میان لایه‌های ماسه‌سنگی با انواع ساخت افقی قابل مشاهده است. این رخساره در بالا به رخساره دانه متوسط Sh ختم می‌شود (شکل ۶ D).

این رخساره حاصل مهاجرت سدهای طولی و یا حاصل رسوبات باقی مانده کف کانال می‌باشد (کیم و همکاران،

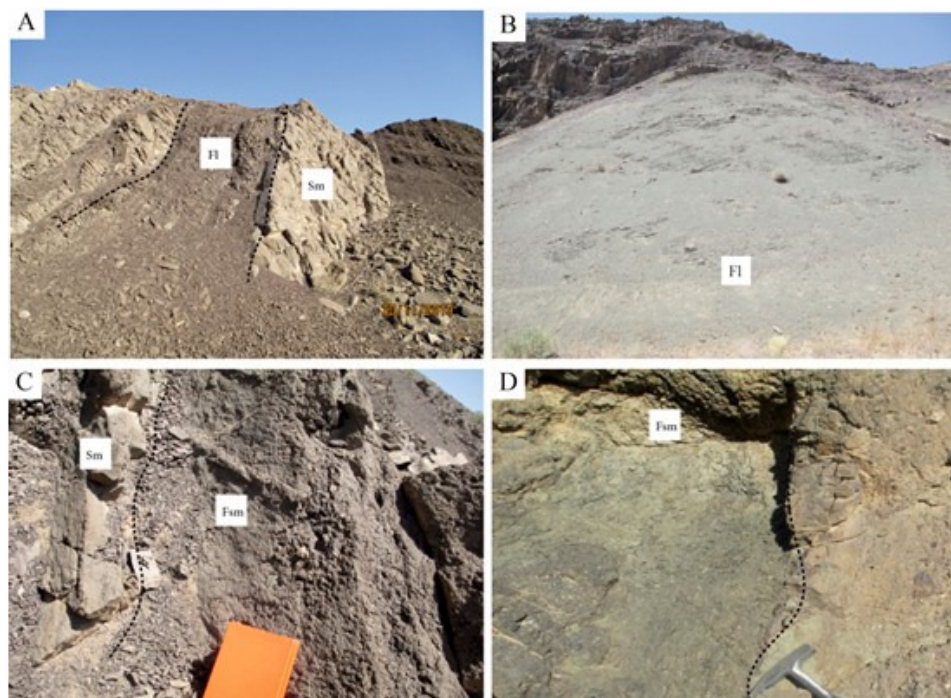
رخساره ماسه‌سنگی **Sm**: این رخساره مخفف Massive or Faint Lamination است (میال، ۲۰۱۳). بخش زیادی از ماسه‌سنگ‌های مورد مطالعه دارای حالت توده‌ای هستند. تغییرات اندازه دانه در این رخساره از ماسه ریز تا درشت دانه می‌باشد (۰/۵-۰/۱۲۵ میلی‌متر) و به صورت عمودی به رخساره دانه‌ریز Fl, Fm ختم می‌شود. رنگ این رخساره به صورت قرمز روشن تا خاکستری می‌باشد (شکل ۷ A-C). در این رخساره رسوب‌گذاری ذرات توسط جریان‌های کشتی صورت گرفته زیرا در رسوبات ماسه‌ای که توسط جریان‌های کشتی تشکیل شده‌اند لامیناسیون‌هایی به اشکال مختلف دیده می‌شود (بلت و همکاران، ۱۹۸۰). نبود لامیناسیون و فقدان ساختمان رسوبی در رسوبات این رخساره، نهشته شدن این رخساره توسط جریان گراویده‌ای یا رسوبگذاری سریع ذرات معلق در آب نشان می‌دهد (موسوی‌حرمی، ۱۳۸۹؛ قاضی و مونتی، ۲۰۰۹؛ میال، ۲۰۱۳).

(۰/۲۵-۰/۱۲۵ میلی‌متر) با ساختار طبقه‌بندی افقی می‌باشد. رخساره‌ی Sh جزو فراوان‌ترین رخساره‌های ماسه‌سنگی موجود در برش مورد مطالعه می‌باشد و دارای رنگ‌های سبز، خاکستری و قرمز ارغوانی می‌باشد. پتروفالسیس رخساره‌ی مذکور بر اساس ترسیم داده‌های نقطه شماری در مثلث فولک (۱۹۸۰) غالباً فلدسپاتیک لیت‌آرنایت بوده و این رخساره دارای لامیناسیون‌های افقی است (شکل ۶ D-E). بیشتر لامیناسیون‌های افقی در سطح خود دارای جدایی خطی^۱ هستند، که این خطوط به موازات جهت جریان قدیمه قرار دارند. این رخساره گاه‌ها در پایین با رخساره Gh, Gci و در بالا به رخساره Fl ختم می‌شود (شکل ۸). این رخساره با اندازه‌های متفاوت و در سرعت‌های متفاوت جریان تشکیل می‌شود (لی و چوک، ۲۰۰۶؛ میال، ۲۰۱۳). این رخساره در توالی مورد نظر در سرعت‌های بالای آب تشکیل شده است (سلی، ۱۹۹۶). همچنین این رخساره در محیط‌های بار بستر مسطح، ورقه‌های ماسه‌ای مسطح در رژیم بالا و پایین جریان تشکیل می‌شود (میال، ۲۰۱۳)، (جدول ۱).



شکل ۶. ادامه تصاویر صحرایی انواع رخساره‌های سنگی شناسایی شده در سازند آخوره برش شوراب. A: رخساره دانه درشت **Gp**. B: بخشی از کنگلومراهای نهشته شده دارای لایه‌بندی. C: رخساره دانه درشت **Gh** و متوسط **Sh**. D: رخساره دانه متوسط **Sh**. E: رخساره دانه متوسط **Sh** به همراه رخساره دانه ریز **Fm**.

¹ Parting lineation



شکل ۷. ادامه تصاویر صحرایی انواع رخساره‌های سنگی دانه متوسط و ریز شناسایی شده در سازند آخوره برش شوراب. A: رخساره دانه متوسط Sm به صورت توالی تکرار شونده، رخساره ریز دانه Fl. B: رخساره دانه ریز Fl. C: رخساره دانه متوسط Sm و رخساره ریز دانه Fsm. D: رخساره دانه ریز Fsm.

که به صورت توده‌ای و بدون لامیناسیون دارای رنگ قرمز مایل به خاکستری می‌باشد (شکل ۷ E). این رخساره در سیلتستون‌های برش مورد مطالعه وجود دارد. در سطح این رخساره ترک‌های گلی قابل مشاهده است که ترک‌ها توسط رسوبات کمی درشت تر در حد ماسه پر شده‌اند (شکل ۷ E). این رخساره به رخساره Sh ختم می‌شود. این رخساره در محیط‌های خارج کانال یا حاصل ته‌نشست رسوبات در انرژی پایین جریان در بالای پشته‌ها و یا در دشت سیلابی نهشته می‌شود (میل، ۲۰۱۳) (جدول ۱).

رخساره ریزدانه Fsm: این رخساره توده‌ای^۲ بوده و دارای ذرات در حد سیلت و گل (۰/۰۳۹-۰/۰۳۱ میلی‌متر) می‌باشد. رنگ این رخساره اغلب قرمز می‌باشد. این رخساره گاهی پس از رخساره دانه متوسط Sh نهشته شده است (شکل ۷ C-D). این رخساره پس از نهشته‌های موجی و یا در نهشته‌های کانالی تشکیل می‌شود (میل، ۲۰۱۳) (جدول ۱). این رخساره نشان‌دهنده نهشته‌های حاصل از فروکش جریان‌های سیلابی قوی است که قدرت جریان به اندازه کافی برای نهشت رسوبات تخریبی در اندازه گل و سیلت از جریان معلق است. وجود سطح تماس تحتانی

رخساره‌های سنگی دانه‌ریز

تعداد سه رخساره سنگی دانه‌ریز در بخش قاعده‌ای سازند آخوره شامل Fl, Fm, Fsm شناسایی شده است.

رخساره ریزدانه Fl: این رخساره اختصار Fine lamination می‌باشد (میل، ۲۰۱۳). رخساره‌ی ریز دانه Fl دارای دانه‌هایی در اندازه سیلت ریز و گاهی گل (۰/۰۳۹-۰/۰۰۷۸ میلی‌متر) است. رنگ رخساره اغلب سبز مایل به خاکستری است (شکل ۷ A-B). لامیناسیون موازی بارزترین و مهم‌ترین ساخت در رخساره‌ی مذکور می‌باشد. این رخساره اغلب در انرژی پایین جریان آب و در نتیجه جریان‌های تعلیقی حاصل شده است (هیگ و همکاران، ۲۰۱۲؛ میل، ۲۰۱۳). این رخساره در حاشیه کانال‌های متروک، جریان‌های سیلابی فروکش کرده، ته‌نشست ذرات معلق در اثر کاهش سرعت جریان در منطقه خارج کانال و بالای پشته‌های ماسه‌ای^۱ و در ته‌نشست ذرات معلق در انرژی پایین جریان تشکیل می‌شود (میل، ۲۰۱۳).

رخساره ریزدانه Fm: این رخساره Massive desiccation cracks می‌باشد (میل، ۲۰۱۳). این رخساره دارای ذرات سیلت و گل بوده (۰/۰۳۹-۰/۰۳۱ میلی‌متر)

² Massive

¹ Over bank

رخساره‌های دانه درشت فراوان‌تر و رخساره‌های دانه‌ریز دارای فراوانی کمی در این مجموعه رخساره می‌باشند. رخساره Gmm حاصل جریان‌های خرده‌دار با کشش و گرانروی بالا (به علت ماتریکس زیاد) می‌باشد، همچنین حاصل جریان با کشش و گرانروی پایین می‌باشد (میل، ۲۰۱۳). رخساره Gci جریان با قطعات زیاد و بسته به شرایط کشش جریان می‌تواند متفاوت باشد. رخساره Gcm نشان‌دهنده جریان آشفته و بار رسوبی بالا می‌باشد (میل، ۲۰۱۳). رخساره‌های کنگلومرای Gh توسط جریان‌های دایم رودخانه و رسوبات باقی مانده و بار بستر رودخانه تشکیل شده است (آینسل، ۲۰۰۰؛ میل، ۲۰۱۳)، رخساره Gp ناشی از حرکت جانبی رودخانه به سمت پایین دست می‌باشد (آینسل، ۲۰۰۰؛ میل، ۲۰۱۳). همچنین وجود خاک دیرینه در این مجموعه رخساره بیانگر تشکیل کلسیت حاصل تبخیر و یا خروج گاز دی اکسید کربن است و خروج از آب و دوره با آب و هوای نسبتاً گرم می‌باشد.

مجموعه رخساره ۲ (FA2): این مجموعه رخساره دارای رخساره‌های دانه‌ریز Fsm, Fl می‌باشد و گاهاً دارای میان لایه‌هایی از رخساره دانه متوسط Sh و Sm می‌باشد (شکل ۸). رخساره دانه متوسط در این مجموعه رخساره دارای پتروفاسیس فلدسپاتیک لیت‌آرنایت و لیتیک آرکوز می‌باشد. وجود رخساره‌های ریز دانه نشان‌دهنده رسوبات نواحی دشت سیلابی و ناشی از رسوبگذاری ذرات از حالت معلق در رژیم‌های جریان آهسته و نواحی دور از منشأ می‌باشد (میل، ۲۰۱۳). همچنین میان لایه‌هایی از رخساره‌های دانه متوسط نشان‌دهنده افزایش انرژی نسبت به رخساره‌های ریز دانه می‌باشد که پس از فروکش جریان‌های سیلابی نهشته شده و تا نواحی نزدیک به رخساره‌های ریزدانه نیز رسیده است. رخساره دانه ریز Fl ناشی از رسوبات نواحی خارج از کانال و دشت سیلابی ناشی از رسوبگذاری ذرات از حالت معلق در رژیم‌های جریان آهسته و رخساره Fsm مربوط به رسوبات دشت سیلابی نهشته شده در رژیم جریان پایین و در نواحی دور از منشأ می‌باشد (آینسل، ۲۰۰۰؛ میل، ۲۰۱۳).

مجموعه رخساره ۳ (FA3): این مجموعه رخساره دارای رخساره‌های دانه متوسط Sh, Sm می‌باشد. رخساره‌های دانه متوسط این مجموعه رخساره دارای پتروفاسیس لیتیک آرکوز و فلدسپاتیک لیت‌آرنایت می‌باشد. در بین

مشخص در قاعده این رخساره نیز رویدادهای سیلابی ناگهانی را پیشنهاد می‌کند که با رسوب‌گذاری بار معلق در طی فروکش جریان دنبال شده است (قاضی و موتنی، ۲۰۰۹؛ لویز-گومز و همکاران، ۲۰۱۰؛ میل، ۲۰۱۳، گووش، ۲۰۱۴).

رخساره خاک دیرینه P: رخساره خاک دیرینه شناسایی شده در توالی مورد مطالعه در رخساره‌های آواری دانه درشت و متوسط و در واحدهای چینه‌سنگی پایینی سازند آخوره شناسایی شده است (شکل ۵ C-D). این آثار خاک دیرینه به صورت لکه‌ای و وصله‌ای به رنگ روشن با اندازه‌های در حد سانتی‌متر هستند و احتمالاً از نوع کلسیتی می‌باشند. فرایندهای تشکیل خاک‌های دیرینه نشان‌دهنده تناوبی از دوره‌های خشک و مرطوب است (موسوی‌حرمی و همکاران، ۲۰۰۹). این خاک‌ها در توالی‌های سیلیسی آواری و کربنات و در محیط‌های رسوبی مختلف یافت شده‌اند (آلونزو زارزا، ۲۰۰۳). خاک‌های دیرینه اطلاعات مهمی در مورد شرایط آب و هوای دیرینه، میزان CO₂ اتمسفر دیرینه و نرخ رسوبگذاری به ویژه در در حوضه‌های رسوبگذاری قاره‌ای محسوب می‌شود (ریتالک، ۱۹۹۸؛ آلسو زارزا، ۲۰۰۳؛ دی لا هورا و همکاران، ۲۰۰۸؛ میل، ۲۰۱۳). تشکیل کلسیت حاصل تبخیر و یا خروج گاز در اکسید کربن است.

مجموعه رخساره‌های آواری

در این مطالعه رخساره‌های سنگی آواری در قالب چهار مجموعه رخساره^۳ دسته‌بندی شده‌اند که در زیر به شرح آن‌ها پرداخته شده است.

مجموعه رخساره ۱ (FA1): این مجموعه رخساره اغلب شامل رخساره‌های دانه درشت کنگلومرای بوده که در ابتدای برش مورد مطالعه قابل مشاهده است. علاوه بر رخساره دانه درشت گاهاً رخساره ریز دانه و با فراوانی کمتر مجموعه رخساره متوسط دانه قابل مشاهده است (شکل ۸). این مجموعه رخساره دارای رخساره‌های دانه درشت Gmm, Gmg, Gci, Gcm, Gp و Gm می‌باشد. علاوه بر رخساره‌های دانه درشت رخساره دانه متوسط Sh, Sm و ریز دانه Fl, Fm, Fsm در این مجموعه رخساره قابل مشاهده است. رخساره دانه متوسط Sh دارای پتروفاسیس فلدسپاتیک لیت‌آرنایت می‌باشد. لازم به ذکر است

³ Facies Association

معمولاً به صورت گسترده در کف کانال و به احتمال زیاد بر اثر مهاجرت سدهای طولی در بالادست رودخانه تشکیل شده‌اند و بطور متناوب با عناصر ساختاری SG و SB مشاهده می‌شود (شکل ۸). این زیر محیط عمدتاً بر اثر مهاجرت سدهای گراولی در سیستم‌های رودخانه‌ای بریده بریده با بار بستر گراولی تشکیل شده است (میل، ۲۰۱۳). براساس تغییرات ارتفاع و سطح زمین و تغییر بستر انواع حالت‌ها و شکل‌های مختلف سدها و پشته‌های عمدتاً طولی ایجاد می‌شود (کونر-استیج و همکاران، ۲۰۱۸). اغلب در محیط‌های رودخانه‌ای بریده بریده وجود رخساره‌های دانه درشت نشان‌دهنده بخش‌هایی بالایی از مخروط‌افکنه‌ی وابسته به این سیستم یا کانال‌های رودخانه می‌باشند (امینی، ۱۳۹۷).

عناصر ساختاری SG (Sediment Gravity flow): این عنصر ساختاری شامل مجموعه رخساره ۱ می‌باشد (شکل ۸). این مجموعه رخساره دارای انواع کدهای رخساره‌ای درشت دانه از قبیل Gmm, Gmg, Gci, Gcm است. در این عنصر ساختاری کنگلومراها گاهاً دانه‌پشتیبان (Gcm) و اغلب ماتریکس (Gmm, Gmg) پشتیبان هستند. دانه‌بندی اغلب به صورت ریز شونده به سمت بالا ولی توالی درشت شونده به بالا در رخساره Gci نیز وجود دارد. این مجموعه رخساره عمدتاً تحت تاثیر جریان‌های خرده‌دار و جریان‌های رسوبی حاصل از نیروی گرانی با نرخ رسوبگذاری بالا در محیط رسوبی تجمع پیدا کرده‌اند. این عنصر ساختاری معمولاً به فرم گسترده و ورقه‌ای و بطور متناوب با عنصر GB یافت می‌شوند. جریان‌های خرده‌دار با نرخ رسوبگذاری بالا در نواحی نزدیک به منشأ در سیستم‌های رودخانه‌ای بریده بریده، از نظر شکل هندسی غالباً پهن و به فرم ورقه‌ای هستند (میل، ۲۰۱۳).

عناصر ساختاری OF (Floodplain): این عنصر ساختاری را اغلب رخساره‌های دانه ریز تشکیل می‌دهد. این عنصر ساختاری دارای انواع کدهای رخساره‌ای دانه متوسط (Sh) و دانه‌ریز (Fm, Fsm, Fl) می‌باشد. این عنصر ساختاری پس از مجموعه رخساره دانه درشت GB نهشته شده است. عنصر ساختاری مذکور دارای سیلتستون با میان لایه‌های گل و شیل می‌باشد که بخش اعظم شیل را شیل‌های سبز تشکیل می‌دهد. این عنصر دارای مجموعه رخساره ۲ و ۴ می‌باشد (شکل ۸). وجود رخساره‌های ریزدانه نشان‌دهنده رسوبات نواحی دشت‌سیلابی و ناشی از

این رخساره مجموعه رخساره دانه ریز Fm, Fsm و Fl نیز به صورت جزئی قابل مشاهده است (شکل ۸). رخساره‌های دانه متوسط این مجموعه رخساره احتمالاً در انرژی بالای جریان، در بالای پشته‌ها و یا داخل کانال و پس از فروکش جریان‌های سیلابی نهشته شده است (آینسل، ۲۰۰۰؛ میل، ۲۰۱۳). رخساره Sh و Sm بیانگر رژیم جریانی پایین و هنگام فروکش کردن جریان‌های سیلابی می‌باشد (آینسل، ۲۰۰۰؛ میل، ۲۰۱۳). رخساره Fm مربوط به کاهش ناگهانی انرژی جریان در رسوب گذاری سریع ذرات معلق در شرایط جریانی آرام می‌باشد (میل، ۲۰۱۳). وجود این مجموعه رخساره پس از مجموعه رخساره FA2 با میزان بالای رخساره‌های ریزدانه نشان‌دهنده افزایش انرژی محیط و عدم سکون و آرامش نسبی محیط رسوب‌گذاری دارد. در طی این مجموعه رخساره از پایین به بالای توالی شاهد افزایش رخساره‌های ریزدانه بوده که نشان از بازگشت محیط به سکون، آرامش نسبی و میزان نرخ پایین رسوبگذاری است.

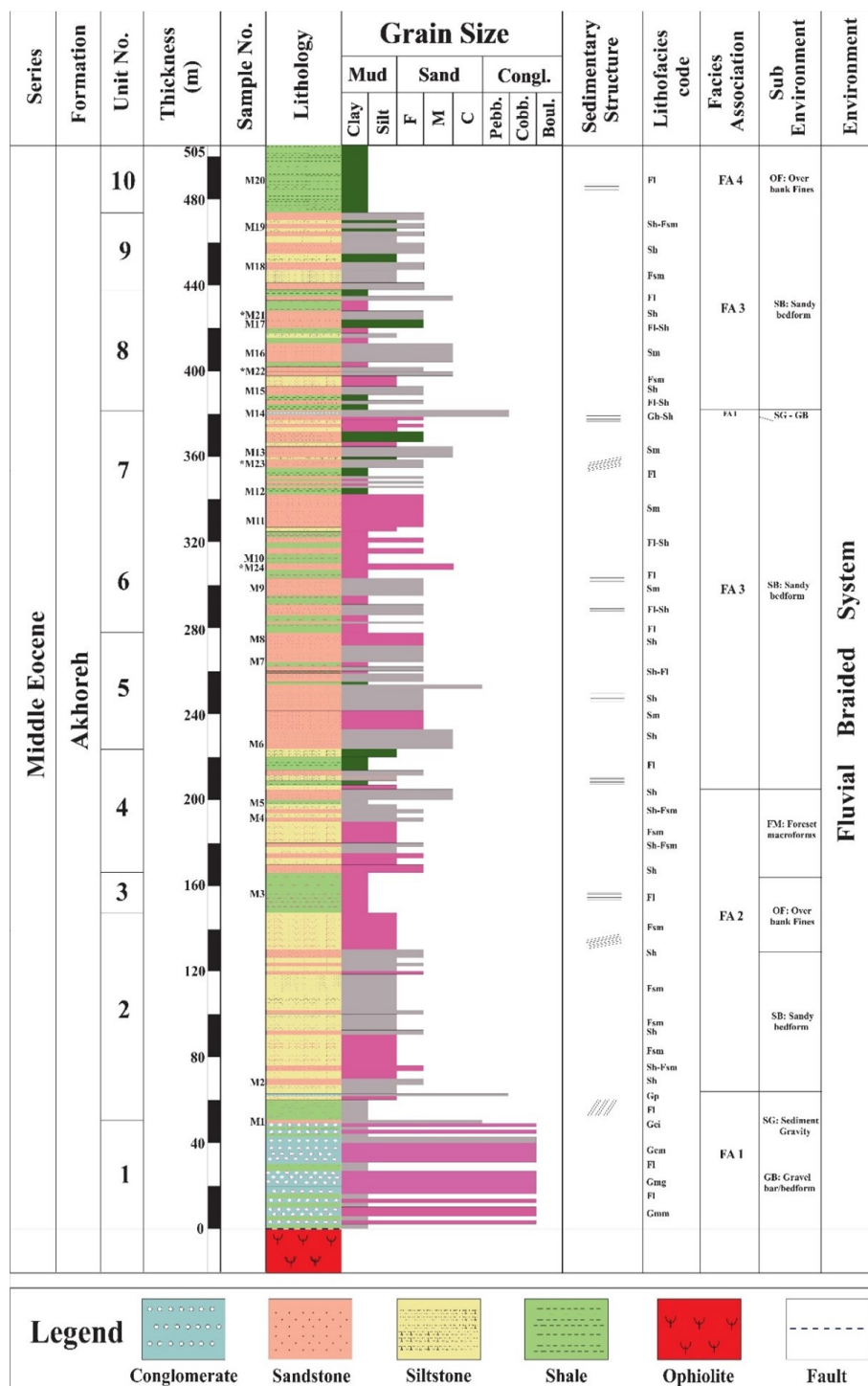
مجموعه رخساره ۴ (FA4): این مجموعه رخساره دارای رخساره دانه‌ریز شیل سبز با کد رخساره‌ای Fl می‌باشد. شیل‌های سبز در ضخامت‌های کم در مجموعه رخساره FA3 نیز قابل مشاهده است (شکل ۸). اما این مجموعه رخساره تماماً دارای رخساره شیل سبز می‌باشد که بیانگر رسوبات نواحی خارج از کانال و دشت‌سیلابی و همچنین ناشی از رسوبگذاری ذرات از حالت معلق در رژیم‌های جریانی آهسته می‌باشد.

عناصر ساختاری

شناسایی رخساره‌ها، پتروفاسیس‌ها، رخساره‌های سنگی آواری ایجاد شده توسط تغییرات شرایط فیزیکی محیط و بررسی تغییرات عمودی و جانبی آن‌ها در تفسیر محیط رسوبی دیرینه حایز اهمیت است. از بررسی‌های حاصله چهار عنصر ساختاری که منطبق بر مجموعه رخساره‌های تشریح شده است مورد شناسایی و بررسی قرار گرفته است. **عناصر ساختاری GB (Gravel-bar):** این عنصر ساختاری اغلب دارای رخساره‌های Gh, Gp, Gmm است. این عنصر ساختاری تحت عنوان اشکال لایه‌ای و سدهای گراولی نامیده می‌شود که از مجموعه رخساره‌های سنگی ذکر شده تشکیل شده است. این عنصر ساختاری شامل مجموعه رخساره ۱ می‌باشد (شکل ۸). این عنصر ساختاری

مسطح بخش کمی از توالی مورد مطالعه را به خود اختصاص می‌دهد (شکل ۸). این مجموعه رخساره با مشخصات فوق ذکر شده مربوط به دشت‌سیلابی یک سیستم رودخانه‌ای بریده بریده می‌باشد (امینی، ۱۳۹۷).

رسوبگذاری ذرات از حالت معلق در رژیم‌های جریانی آهسته و نواحی دور از منشأ می‌باشد (میال، ۲۰۱۳). این مجموعه رخساره نشانگر کاهش ناگهانی جریان می‌باشد (یوسفی‌یگانه و همکاران، ۲۰۱۲). این عنصر با مشخصات رسوبات عمدتاً دانه‌ریز و با ساخت رسوبی لامیناسیون



شکل ۸. ستون چینه‌شناسی بخش قاعده‌ای سازند آخوره در برش شوراب. رخساره‌های سنگی با کد رخساره‌ای، محیط‌های رسوبی و دیگر ویژگی‌های صحرایی در امتداد ستون مشخص است.

ماسه‌ها با لایه‌بندی افقی و مورب است (آینسل، ۲۰۰۰؛ میال، ۲۰۱۳). این عنصر ساختاری با دور شدن از منشأ دارای نهشته‌های ریزدانه می‌شود (آینسل، ۲۰۰۰). عنصر ساختاری FM در نقاطی تشکیل شده که دارای بار بستر زیاد می‌باشند (آینسل، ۲۰۰۰). رخساره Fsm در این عناصر ساختاری مربوط به رژیم جریان پایین و در نواحی دور از منشأ می‌باشد (آینسل، ۲۰۰۰؛ میال، ۲۰۱۳).

محیط رسوبی

در توالی‌های رسوبی ایران سازندهای متعددی به رسوبگذاری در محیط رودخانه‌ای نسبت داده شده است که از آن جمله می‌توان سازندهای سرخ بالایی (امینی، ۱۳۹۷)، آغاچاری (اعتمادسعید و همکاران، ۱۳۹۷)، کشکان (زارعی‌سهمیه و یوسفی‌یگانه، ۱۳۸۸)، شورچی (موسوی‌حرمی و برنر، ۱۹۹۰)، و بخش‌هایی از سازند شمشک (صالحی و همکاران، ۲۰۱۸) را نام برد.

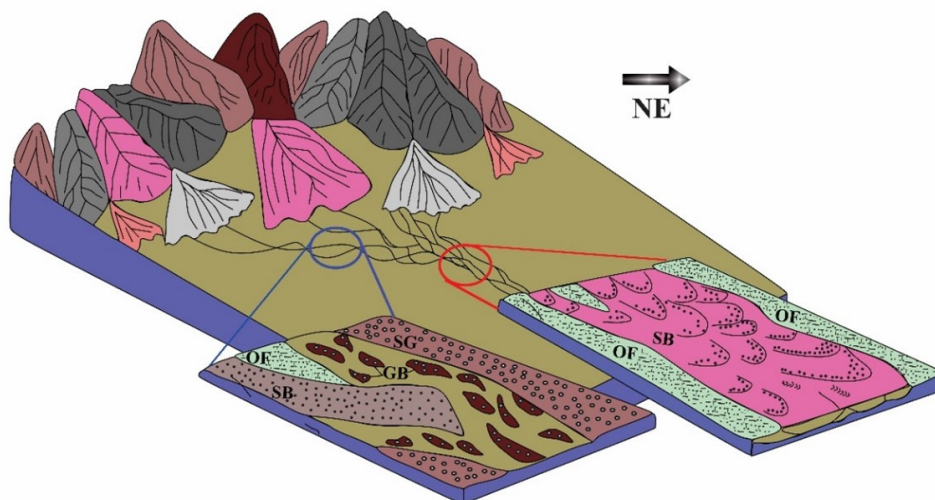
در منطقه مورد مطالعه بجز مطالعات محدودی بر روی محیط رسوبی توالی‌های کربناته با سن جوان‌تر (صیرفیان و ترابی، ۲۰۰۵)، هیچگونه مطالعه‌ای بر روی نهشته‌های آواری آن صورت نگرفته است. از مطالعات اخیر بر روی بخش پایینی سازند آخوره در محدوده برش نمونه که فاصله نزدیکی با برش مطالعه شده در این پژوهش قرار دارد به مطالعه خالصی نایینی و همکاران (۱۳۹۹) می‌توان اشاره کرد که نتایج مشابهی از لحاظ محیط رسوبی و رخساره‌های بدست آمده دارد. به طوریکه مطالعه رخساره‌های آواری در این برش شروع رسوبگذاری توالی آواری سازند آخوره را به سیستم مخروط‌افکنه و رودخانه‌های بریده بریده وارد شده به آن است تفسیر می‌نماید. در این پژوهش نیز براساس مطالعات صحرایی و بررسی ارتباط رخساره‌ها و عناصر ساختاری محیط رسوبی بخش قاعده‌ای سازند آخوره رودخانه‌ای از نوع بریده بریده می‌باشد (شکل ۹). هرگونه تغییرات در شرایط آب و هوایی در سطح زمین به گونه‌ای در محیط رودخانه‌های آن منطقه ثبت می‌گردد (امینی، ۱۳۹۷). رودخانه‌های بریده بریده اغلب در شرایط آب و هوایی با تغییرات شدید رژیم جریان و مناطق فعال از نظر کوهزایی (مناطق جوان) گسترش می‌یابند (امینی، ۱۳۹۷؛ ریدینگ، ۱۹۹۶). محیط‌های رودخانه‌ای بریده بریده بسته به نوع رسوبات ممکن است از نوع با بار بستری گراول و یا بیشتر با بار بستری ماسه‌سنگ باشد (امینی، ۱۳۹۷).

عنصر ساختاری **SB (Sandy-bedform)**: رخساره‌های سنگی تشکیل‌دهنده این عنصر ساختاری عمدتاً در اندازه ماسه بوده و تحت عنوان اشکال لایه ماسه‌ای نامیده می‌شوند (شکل ۸). شکل هندسی این رسوبات به فرم ورقه‌ای گسترده می‌باشد که معمولاً در رژیم‌های جریان بالایی و پایین تشکیل شده‌اند (هارم و فهنتوک، ۱۹۶۵). در زمانی که نرخ رسوبگذاری متوسط بوده است در سیستم‌های رودخانه‌ای بریده بریده ماسه‌ای برجای گذاشته شده‌اند، اما معمولاً در رژیم‌های جریان پایین و بالا ممکن است رسوبات پرکننده کانال را تشکیل دهند (یوسفی‌یگانه و همکاران، ۲۰۱۲؛ میال، ۲۰۱۳؛ پورسلطانی، ۲۰۲۰). این عنصر دارای مجموعه رخساره ۳ می‌باشد (شکل ۸). این مجموعه رخساره دارای ماسه‌سنگ با پتروفاسیس لیتیک آرکوز و فلدسپاتیک لیت‌آرنایت بود و اندازه دانه‌ها از ماسه ریز تا ماسه درشت در تغییر است. در بین ماسه‌سنگ‌ها میان لایه‌هایی از سیلتستون، گل‌سنگی و شیل نیز قابل مشاهده است. اغلب در محیط‌های رودخانه‌ای بریده بریده بخش‌هایی با فراوانی بالای ماسه‌سنگ‌ها نشان‌دهنده وجود کانال‌ها و حاشیه‌ای آن‌ها، همچنین برتری کانال‌های فصلی می‌باشد (امینی، ۱۳۹۷). حضور چنین مجموعه رخساره‌ای نشان‌دهنده محیط آب و هوایی گرم و خشک با تغییرات شدید رژیم جریان است (امینی، ۱۳۹۷). حضور ترک‌های گلی در رخساره‌های دانه‌ریز سازند آخوره حاکی از آب و هوایی گرم و خشک در زمان رسوبگذاری این سازند می‌باشد. لازم به ذکر است این تفسیر از آب و هوای دیرینه با مطالعات حاصل از بررسی‌های جغرافیای دیرینه و قرارگیری ایران مرکزی در کمربند آب و هوایی گرم و خشک در طی ائوسن میانی هم خوانی دارد.

عنصر ساختاری **FM (Foreset macroforms)**: این عنصر ساختاری را اغلب رخساره‌های دانه‌ریز و متوسط دانه تشکیل می‌دهد و دارای انواع کدهای رخساره‌ای دانه متوسط (Sh) و دانه‌ریز (Fm، Fsm) می‌باشد. این مجموعه رخساره پس از مجموعه رخساره دانه درشت GB نهشته شده است. این عنصر ساختاری در کنار عناصری مانند OF، SB نهشته شده است و با یکدیگر پیوستگی جانبی دارند (شکل ۸). این عنصر ساختاری اغلب با عنصر ساختاری SB تشکیل می‌شود (ریدینگ، ۱۹۹۶؛ اینسل، ۲۰۰۰؛ میال، ۲۰۱۳). از ویژگی‌های شاخص آن وجود

پشته‌های متشکل از گراول و ماسه است (کونر- استیچ و همکاران، ۲۰۱۸). در این رودخانه‌ها به علت شرایط ژئومورفولوژیکی و هیدرولوژیکی قطعات در اندازه کابل و حتی بیشتر نیز حمل می‌شود و منجر به رسوبگذاری قطعات با اندازه متفاوت می‌گردد (آشمور، ۲۰۱۳).

البته در توالی مورد مطالعه ابتدا بار بستری گراول و سپس بار بستری عمدتاً ماسه‌سنگی نهشته شده است. تغییرات مورفولوژیکی رودخانه تغییرات آب و هوایی شرایط تشکیل رسوب را منعکس می‌کند (بلی و همکاران، ۲۰۱۵). رودخانه‌ی بریده بریده شامل تعداد زیادی کانال‌ها و



شکل ۹. مدل نمادین از محیط رسوبی رودخانه‌ای بریده بریده عمدتاً ماسه‌ای در بخش قاعده‌ای سازند آخوره در برش شوراب، شمال نایین.

طی دوره آب و هوای گرم است. رنگ قرمز و حضور کالکرت در نهشته‌های رودخانه‌ای و مخروط‌افکنه بیانگر آب و هوای گرم و خشک می‌باشد (ویلسمن و همکاران، ۲۰۲۱). پس از رخساره‌های گراولی زیر محیط OF مشاهده شده است که ریزدانه‌ها غالب هستند و یک حالت کاهش اندازه دانه در توالی را نشان می‌دهد که احتمالاً رسوبات دشت سیلابی بر روی رسوبات بستر گراولی قرار گرفته و نشان‌دهنده کاهش انرژی محیط و سکون نسبی می‌باشد. در ادامه زیر محیط SB تشکیل شده است که در بین این زیر محیط شاهد تشکیل SG است که نشان از افزایش انرژی و مهاجرت بستر گراولی می‌باشد. پس از ته‌نشست دانه درشت‌ها، رخساره‌ی SB تشکیل شده است و پس از آن رخساره‌ی FM است. سپس زیر محیط OF با اکثریت شیل سبز می‌باشد که نشان از کاهش انرژی، سکون نسبی و همچنین شرایط شیمیایی مورد نیاز جهت تشکیل شیل سبز می‌باشد. به طور کلی فراوانی زیر محیط‌های SB و GB فراوانی بیشتری نسبت به زیر محیط OF, FM دارند. این نسبت فراوانی از مشخصه‌های اصلی در محیط‌های رودخانه‌ای بریده بریده است (موسوی حرمی و برنر، ۱۹۹۰؛ امینی، ۱۳۹۷). گسترش توالی‌های ریز شونده بیانگر میزان

رودخانه‌های بریده بریده به طور جانبی ثابت نبوده و حرکت می‌کنند. این رودخانه‌ها اغلب در مناطق نزدیک منشأ با شیب زیاد و میزان آب فراوان و قدرت تخریبی زیاد جریان دارند و اغلب دارای پیچش کم هستند (موسوی حرمی، ۱۳۸۹؛ موسوی حرمی و برنر، ۱۹۹۰). رودخانه بریده بریده در مناطقی با ارتفاعات زیاد و مخروط‌افکنه‌ها تشکیل شده و بر اساس ویژگی‌های محیطی ابعاد و طول متفاوت داشته و از ذرات ریز در حد سیلت و رس تا ذرات بزرگ‌تر از کابل را در برمی‌گیرد (مولر و پیتلیک، ۲۰۱۴). لازم به ذکر است بررسی‌های شرایط دیرینه در خصوص میزان برجستگی و میزان ارتفاع منطقه با تفسیرهای بیان شده هم‌خوانی دارد. از جمله علل عدم جورشدگی رسوبات برش مذکور وضعیت پر شیب و انرژی بالای رودخانه می‌باشد. حرکت جانبی رودخانه باعث تشکیل رسوبات ماسه‌ای و گراولی شده که در کانال‌ها یا سدهای درون رودخانه رسوب می‌کنند. حرکت جانبی رودخانه باعث تشکیل رسوبات ماسه‌سنگی و کنگلومرایبی همراه با مقداری شیل در داخل آن‌ها می‌گردد. در ابتدای برش زیر محیط‌های SG, GB در هم ادغام شده‌اند و در این زیر محیط شاهد خاکزایی نیز هستیم که بیانگر خروج دی‌اکسیدکربن حاصل از تبخیر

می‌باشد. در توالی مورد مطالعه چهار مجموعه رخساره آواری شناسایی گردید. مجموعه رخساره FA1 مربوط زیر محیط GB (Gravel bar/bedform) و SG (Sediment Over) Gravity) است. FA4 - FA2 مربوط به بخش (Over) Gravity) بوده و مجموعه رخساره FA3 معادل عنصر ساختاری SB (Sandy bedform) است. زیر محیط‌های ذکر شده مربوط به رودخانه بریده بریده می‌باشد. رودخانه بریده بریده در یک منطقه فعال تکتونیکی و شرایط آب و هوای گرم و خشک نهشته شده است که این مشخصات با جغرافیای دیرینه ایران مرکزی در طی ائوسن میانی هم خوانی دارد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از داوران محترم نشریه رسوب‌شناسی کاربردی که در جهت ارتقای کیفیت این مقاله، پیشنهادات ارزنده‌ای ارائه نمودند، کمال تشکر و قدردانی را دارند.

منابع

- آقنابتی، ع (۱۳۸۵) زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.
- اعتمادسعید، ن، نجفی، م، زین‌العابدین قویم، ن، قدس، ع، ا، (۱۳۹۷) آنالیز رخساره‌ای و بازسازی محیط نهشته دیرینه رسوبات پیش‌بومی نئوژن در شمال فروربار دزفول، زاگرس. مجله علوم زمین، شماره ۱۰۸، ص ۳-۱۲.
- امینی، ع. ا (۱۳۹۷) محیط‌های رسوبی. انتشارات دانشگاه تهران (چاپ دوم)، ۴۷۶ ص.
- حاجیان، ج (۱۳۷۵) زمین‌شناسی ایران: پالئوسن- ائوسن در ایران، سازمان زمین‌شناسی کشور، شماره ۲۸، ۴۶۰ ص.
- خالصی نائینی، م، صالحی، م، ع، تدین، م، جعفرزاده، م (۱۳۹۹) بررسی رخساره‌های رسوبی نهشته‌های آواری ائوسن در شمال نایین: کاربرد در بازسازی شرایط محیط‌رسوبی دیرینه ایران مرکزی، سیزدهمین همایش انجمن دیرینه‌شناسی ایران، اصفهان، ص ۷۵-۸۲.
- خسروتهرانی، خ (۱۳۸۴) زمین‌شناسی ایران: مزوزویک- سنوزویک، جلد دوم، انتشارات کلیدر، ۵۰۰ ص.
- درویش‌زاده، ع (۱۳۷۰) زمین‌شناسی ایران، انتشارات امیرکبیر، ۴۳۴ ص.
- زارعی‌سهمیه، ر، یوسفی‌یگانه، ب (۱۳۸۷) رخساره‌های رسوبی و جهت جریان دیرینه در سازند کشکان غرب خرم‌آباد، مجله علوم پایه دانشگاه بوعلی‌سینا، شماره ۵، ص ۳۵-۲۵.

میرایی و کاهش فعالیت تکتونیکی و یک نواختی در تغییر شکل ساختاری در منطقه خاستگاه رسوبات است (امینی، ۱۳۹۷). بر اساس شواهدی نظیر حضور رخساره‌های کنگلومرایی با جورشدگی ضعیف، فراوانی ساخت‌های رسوبی یک جهته، فرم هندسی کانالی شکل و پشته‌های درون کانال که حاکی از جابجایی رسوبات به صورت بار بستر به صورت گراوای و ماسه‌ای هستند همگی شواهدی تایید کننده محیط‌رسوبی رودخانه‌ای از نوع بریده بریده در بخش ابتدایی سازند آخوره می‌باشد. به طور کلی در بخش پایینی توالی مورد مطالعه که نهشته‌های دانه درشت غالب هستند بیانگر برتری نهشته‌های مخروط‌افکنه در بخش‌های بالادستی از محل منشأ می‌باشد، در حالی که در قسمت‌های فوقانی از توالی مورد مطالعه که رخساره‌های دانه متوسط و ریز در آن غالب است برتری با نهشته‌های دشت‌سیلابی در بخش‌های دورتر از منشأ می‌باشند. با توجه به بازسازی صورت گرفته جغرافیای دیرینه در زمان ائوسن میانی که زمان احتمالی نهشته شده سازند آخوره در ایران مرکزی می‌باشد، رسوبات بخش پایینی سازند آخوره احتمالاً در حاشیه یک حوضه پشت کمان قاره‌ای در حال کشش که فرونشینی قابل ملاحظه‌ای را می‌گذرانده تشکیل شده است (بریر و همکاران، ۲۰۱۸)

نتیجه‌گیری

سازند آخوره به سن ائوسن میانی از نهشته‌های آواری قرمز رنگ تشکیل شده است که مجموعه افیولیتی نایین را پوشانده است. توالی مورد مطالعه از بخش پایینی سازند آخوره دارای ۵۰۵ متر ضخامت است که بر اساس ضخامت، نوع لیتولوژی، ساخت‌های رسوبی به ۱۰ واحد سنگ‌چینه- ای تفکیک گردیده است. ابتدای توالی مورد مطالعه لیتولوژی غالب کنگلومرای گل‌پشتیبان بوده و با یک گسل از مجموعه افیولیتی نایین جدا شده است. این واحد دارای قطعات بازی و فوق بازی است که از افیولیت نایین مشتق شده است. توالی به سمت بالا ریز شونده می‌باشد و در ادامه کنگلومرا به لایه‌های ماسه‌سنگ، سیلتستون و شیل تبدیل می‌گردد. رخساره‌های آواری شناسایی شده در برش مورد مطالعه به سه دسته درشت، متوسط و ریزدانه قابل تقسیم هستند. رخساره درشت دانه شامل Gcm, Gh, Gp, Gci, Gm و Gmm می‌باشد. رخساره دانه متوسط شامل Sh و Sm بوده و رخساره‌ی دانه ریز شامل Fl, Fsm و Fm

- Higgs, K. E., King, P. R., Raine, J. I., Sykes, R., Browne, G. H., Crouch, E., Baur, J. R (2012) Sequence stratigraphy and controls on reservoir sandstone distribution in an Eocene marginal marine-coastal plain Fairway, Taranaki Basin, New Zealand. *Marine and Petroleum Geology*, 30: 175-192.
- Ito, M., Matsukawa, M., Saito, T., Nichols, D. J (2006) Facies architecture and paleohydrology of a synrift succession in the Early Cretaceous Choyr Basin, Southern Mongolia. *Cretaceous Research*, 27: 226-240
- Kim, J. C., Lee, Y. I., Hisada, K. I (2007) Depositional and compositional controls on sandstone diagenesis, the Tetori Group (Middle Jurassic-Early Cretaceous), central Japan. *Sedimentary Geology*, 195: 183-202.
- Kostic, B., Bech, A., Aigner, T (2005) 3-D sedimentary architecture of a Quaternary gravel delta (SW-Germany): Implication for hydrostratigraphy. *Sedimentary Geology*, 181: 143-171.
- Kwon, Y. K., Chough, S. K., Choi, D. K., Lee, D. J (2002) Origin of limestone conglomerates in the Choson Supergroup (Cambro-Ordovician), mid-east korea. *Sedimentary Geology*, 146: 265-283.
- Kumar, P., Shekhar, S., Shukla, A., Chakraborty, P. P (2021) Facies architecture and spatio-temporal depositional variability in the Pliocene Sandhan fluvial system, Kutch Basin, India. *Journal of Earth System Science*, 130(4): 237.
- Lee, H. S., Chough, S. K (2006) Lithostratigraphy and depositional environments of the Pyeongan Supergroup (Carboniferous-Permian) in the Taebaek area mid-east Korea. *Journal of Asian Earth Sciences*, 26: 339-352.
- Lopez- Gomez, J., Arche, A., Vargas, H., Marzo, M (2010) Fluvial architecture as a response to two-layer lithospheric subsidence during the Permian and Triassic in the Iberian Basin, eastern Spain. *Sedimentary Geology*, 223: 320-333.
- Miall, A. D (2013) *The Geology of Fluvial Deposits, Sedimentary Facies, Basin Analysis, and Petroleum Geology*. 4th ed. Springer, Berlin.
- Moussavi-Harami, R., Brenner, R. L (1990) Lower Cretaceous (Neocomian) fluvial deposits in eastern Kopet-Dagh Basin, northeastern Iran. *Cretaceous Research*, 11:163-174.
- Moussavi-Harami, R., Mahboubi, A., Nadjafi, M., Brenner, R. L., Mortazavi, M (2009) Mechanism of calcrete formation in the Lower Cretaceous (Neocomian) fluvial deposits, northeastern Iran based on petrographic, geochemical data. *Cretaceous Research*, 30(5): 1146-1156.
- Mueller, E. R., Pitlick, J (2014) Sediment supply and channel morphology in mountain river
- موسوی‌حرمی، س. ر (۱۳۸۹) رسوب‌شناسی، انتشارات آستان قدس رضوی (چاپ دوازدهم)، ۴۷۴ ص.
- Alonso-Zarza, A. M (2003) Palaeoenvironmental significance of palustrine carbonates, calcretes in the geological record. *Earth Science*, 60: 261-298.
- Ashmore, P (2013) Morphology and dynamics of braided rivers. In: Shroder, J., Wohl, E. (Eds.), *Treatise on Geomorphology*. San Diego: Academic Press, 289-312.
- Barrier, E., Vrielynck, B., Brouillet, J. F., Brunet, M. F (2018) Paleotectonic reconstruction of the central Tethyan realms. paris, commission for Geological Map of the World: CGMW/CCGM.
- Belletti, B., Dufour, S., Piégay, H (2015) What is the relative effect of space and time to explain the braided river width and island patterns at a regional scale?. *River Research and Applications*, 31: 1-15.
- Blatt, H., Middleton, G. V., Murray, R (1980) *Origine of Sedimentary Rocks* (2nd edition). Prentice Hall Inc, Englewood Cliffs, Newjersey.
- Catuneanu, O (2003) *Sequence Stratigraphy of Clastic Systems*. Geological Association of Canada. Short Course Notes, 16: 1-248.
- Connor-Streich, G., Alexander, J.H., James B., Walter, B., Harvey, G. L (2018) Let's get connected: A new graph theory-based approach and toolbox for understanding braided river morphodynamics. *WIREs Water*, 5(5): 1-26.
- Davoudzadeh, M (1972) Geology and petrography of the area north of Nain, central-Iran. *Geological Survey of Iran*, 14, 89 p.
- De La Horra, R., Benito, M. I., Lopez-Gomez, J., Arche, A., Barrenechea, J. F, Luque, J (2008) Palaeoenvironmental significance of Late Permian palaeosols in the South-Eastern Iberian Ranges, Spain. *Sedimentology*, 55: 1849-1873.
- Einsele, G (2000) *Sedimentary Basin Evolution, Facies and Sediment Budget* (2nd edition). Springer.
- Folk, R. L (1980) *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill Publishing Company., Austin, Texas.
- Ghazi, Sh., Mountney, N. P (2009) Facies and architectural element analysis of a meandering fluvial succession, The Permian Warchha Sandstone, salt Range: Pakistan. *Sedimentary Geology*, 221: 99-126.
- Ghosh, S (2014) Palaeogeographic significance of ferruginous gravel lithofacies in the Ajay-damodar interfluve, West Bengal, India. *International Journal of Geology*, 4: 81-100.
- Harms, J. G., Fahnestock, R. K (1965) Classification, bed forms and flow phenomena (with an example from the Rio Grande). In: Middleton, G. V. (Ed.), *Primary Sedimentary Structures and Their Hydrodynamic Interpretation*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication, 84-115.

- systems: 2. Single thread to braided transitions. *Journal of Geophysical Research, Earth Surface*, 119: 1516-1541.
- Petit, F., Gol, F., Houbrechts, G., Assani, A. A (2005) Critical specific stream power in gravel-bed rivers. *Geomorphology*, 69: 92-101.
- Poursoltani, M. R (2020) Architectural analysis of an Early Cambrian braided-river system on the north Gondwana margin: The lower sandstone of the Lalun Formation in the Shirgesht area, central Iran. *Journal of African Earth Sciences*, 171: 103935.
- Reading, H. G., Collinson, J. D (1996) Clastic coastal. In: Reading, H.G., (Ed.), *Sedimentary Environment and Facies*. Black well Scientific Publication, Ltd Oxford, 154-231.
- Retallack, G. J (1998) Core concepts of paleopedology. *Quaternary International*, 51-52, 203-212.
- Salehi, M. A., Moussavi-Harami, R., Mahboubi, A., Fursich, F.T., Wilmsen, M., Heubeck, C (2018) A tectono-stratigraphic record of an extensional basin: the Lower Jurassic Ab-Haji Formation of east-central Iran. *Swiss Journal of Geosciences*, 111: 51-78.
- Selley, R. C (1996) *Ancient Sedimentary Environment and Their Sub-surface Diagenesis* (4th edition). Routledge, London.
- Seyrafian, A., Toraby, H (2005) Petrofacies and sequence stratigraphy of the Qom Formation (Late Oligocene-Early Miocene?), north of Nain, southern trend of central Iranian Basin. *Carbonates and Evaporites*, 20(1): 82-90.
- Tucker, M. E (2001) *Sedimentary Petrology* (3ed edition): Blackwell science
- Yousefi Yeganeh, B., Feiznia, S., Tom, A. J., Loon, V (2012) Sedimentary environment and palaeogeography of the Palaeocene–Middle Eocene Kashkan Formation, Zagros fold-thrust belt, SW Iran. *Geologos*, 18: 13-36.
- Wilmsen, M., Fursich, F. T., Seyed-Emami, K., Majidifard, M. R. (2021) The Upper Jurassic Garedu Red Bed Formation of the northern Tabas Block: elucidating Late Cimmerian tectonics in east-Central Iran. *International Journal of Earth Sciences*, 110(3): 767-790.