

تفسیر توالی پاراژنتیکی نهشته‌های سیلیسی آواری سازند داهو (کامبرین پیشین) در خاور و جنوب خاور زرنند کرمان

نویسنده: رضا موسوی حرمی*، اسد... محبوبی*، علی خردمند**، حامد زند مقدم*

*گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران
**گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران

Interpretation of Paragenetic Sequence of Siliciclastic Sediments of Dahu Formation (Late Cambrian), in E and SE Zarand, Kerman

By: R. Moussavi-Harami*, A. Mahboubi*, A. Kheradmand** & H. Zandmoghadam*

* Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
** Department of Geology, Faculty of Science, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran

تاریخ پذیرش ۱۳۸۷/۰۴/۱۴

تاریخ دریافت ۱۳۸۶/۱۲/۱۳

چکیده

به منظور تفسیر توالی پاراژنتیکی و تاریخچه پس از رسوبگذاری نهشته‌های سیلیسی آواری سازند داهو به سن کامبرین پیشین، دو برش داهوئیه (الگو) و گزوئیه به سترای ۲۴۰ و ۲۲۷ متر به ترتیب در جنوب خاور و خاور زرنند، شمال باختر کرمان، مطالعه شده است. فرایندهای دیاژنتیکی شناسایی شده شامل فشردگی، سیمانی شدن، دگرسانی، انحلال و شکستگی‌ها و رگه‌های پر شده است که طی سه مرحله انوژنز، مزوژنز و تلوزنز رسوبات را تحت تأثیر قرار داده‌اند. بررسی کانی‌های رسی در ماسه سنگ‌ها و گل‌سنگ‌های سازند داهو منجر به شناسایی دو گروه رسی ایلیت و کلریت شده است. ایلیت بیش از ۹۰ درصد از کل کانی‌های رسی را به خود اختصاص داده است که اغلب با افزایش ژرفای تدفین و دیاژنز کانی‌های رسی در طی دگرسانی و انحلال فلدسپار پتاسیم تشکیل شده‌اند. تفسیر توالی پاراژنتیکی نهشته‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که اغلب فرایندهای دیاژنتیکی در مرحله مزوژنیک عمل کرده است، همچون فشردگی فیزیکی و تشکیل سیمان هماتی در مرحله انوژنیک، و فرایندهایی همچون فشردگی شیمیایی، سیمانی شدن سیلیسی و دولومیتی، دگرسانی فلدسپارها، سریسیتی شدن، ایلیتی شدن و کلریتی شدن و انحلال فلدسپارها و چرت‌ها، در مرحله مزوژنیک روی داده است. همچنین، تشکیل شکستگی‌ها و رگه‌های پر شده با کلسیت در مرحله تلوزنیک و در طی بالآآمدگی رسوبات اتفاق افتاده است. امید است تا این داده‌ها بتواند در تفسیر تاریخچه دفن رسوبات مشابه در مقیاس محلی و ناحیه‌ای مفید واقع شوند.

کلید واژه‌ها: سازند داهو، سیلیسی-آواری، دیاژنز، توالی پاراژنتیکی

Abstract

For interpretation of paragenetic sequence and post depositional history of siliciclastic sediments of Dahu Formation (Late Cambrian), two stratigraphy sections were measured at Dahuieh (type section) and Gazuieh in the NE and E of Zarand, with the thickness of 240 and 227 meters, respectively. The diagenetic processes affected these sediments, during three stages eogenesis, mesogenesis and telogenesis, including compaction, cementation, alteration, dissolution, fracturing and vein filling. Clay mineral study within sandstone and mud rocks of Dahu Formation led to identification of two groups of clay as illite and chlorite. Illite form 90% of clay minerals in these sediments that are mostly formed during burials and clay mineral diagenesis as well as alteration and dissolution of potassium feldspar. The interpreted paragenetic sequence shows that a large number of

diagenetic processes act in the mesogenetic stage. Physical compaction and hematite cement have operated in eogenetic stage, while other processes such as chemical compaction, silica and dolomite cement, feldspar alteration, sericitization, illitization and chloritization, dissolution of feldspars and cherts have occurred in mesogenetic stage. The fractures and calcite vein filling have formed in telogenetic stage during uplifting. We hope that this information can be used for evaluation of post depositional and burial history of similar sediments in local and regional scale.

Key words: Dahu formation, Siliciclastic, Diagenesis, Paragenesis sequence

۱- مقدمه

فازهای مختلف سیمان‌شدگی کربنات‌ها استفاده شده است. همچنین شش نمونه سنگی با بیشترین مقدار کانی رسی، برای مطالعات SEM و تجزیه نقطه‌ای EDX انتخاب و مطالعه شدند.

۳- سنگ‌نگاری

مطالعات سنگ‌نگاری منجر به تقسیم‌بندی نهشته‌های سازند داهو به سه دسته کنگلومرای، ماسه‌سنگی و گل‌سنگی شده است. کنگلومراها که تنها در قاعده سازند داهو مشاهده می‌شوند، الیگومیکتیک بوده و از قلوهای چرتی تشکیل یافته‌اند که در زمینه‌های ماسه‌ای و سیمان دولومیتی قرار دارند. کوارتز فراوان‌ترین دانه در ماسه سنگ‌ها به‌شمار می‌آید که اغلب تک‌بلورین بوده و فراوانی آن بین ۷۵ تا ۹۰ درصد در تغییر است. فلدسپارها شامل میکروکلین، ارتوکلاز و پلاژیوکلاز هستند و فراوانی آنها بین ۵ تا ۲۳ درصد است. از خرده سنگ‌ها می‌توان به خرده‌های چرت، اسلیت، شیل و به مقدار اندکی خرده‌های آتشفشانی اشاره کرد که در مجموع دامنه‌ای بین ۵ تا ۳۴ درصد را در برمی‌گیرند، اما اغلب فراوانی در حدود ۱۴ درصد را نشان می‌دهند. کانی‌های فرعی ماسه سنگ‌ها شامل مسکوویت، همتیت، زیرکن، آپاتیت و تورمالین هستند. بنابراین اغلب ماسه سنگ‌های سازند داهو از دو رخساره سنگی ساب‌آرکوز و ساب‌لایت‌آرنایت تشکیل شده‌اند که از ویژگی‌های اصلی این رخساره‌های سنگی می‌توان به میزان بالای رس در آنها اشاره کرد، به طوری که در مواردی، مقدار آن به ۳۵ درصد از کل سنگ نیز می‌رسد.

۴- فرایندهای دیازنتیکی

به طور کلی فرایندهای دیازنت به دو صورت فیزیکی و شیمیایی رسوبات را تحت تأثیر قرار می‌دهد. دیازنت فیزیکی، حاصل فشار و وزن لایه‌های جوان‌تر رویی و نیز فشارهای زمین‌ساختی است که خروج آب‌های منفذی و آرایش دوباره ذرات را دنبال خواهد داشت و دیازنت شیمیایی سبب انحلال و تبلور دوباره کانی‌های اولیه به علاوه سیمانی شدن است (Sanyal et al., 2005)

دیازنت طیف گسترده‌ای از فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و زیست‌شناختی پس از رسوبگذاری را شامل می‌شود که در آن، رسوبات اولیه با آب‌های منفذی در حوضه رسوبی واکنش داده تا به یک تعادل بافتی و زمین‌شیمیایی پایدار با محیط دست یابند (Schmid et al., 2004). این فرایندها در شرایط فشار، دما و ترکیب شیمیایی در طی رسوبگذاری، تدفین و فراخاست حوضه تکامل می‌یابند که می‌توان آنها را در سه مرحله ائوزن، مزوزن و تلوزن دنبال کرد. هدف از این تحقیق، شناسایی فرایندهای دیازنتی و تفسیر توالی پاراژنتیکی رسوبات سیلیسی-آواری سازند داهو به سن کامبرین پیشین است تا بتواند به بازسازی تاریخچه پس از رسوبگذاری این نهشته‌ها و نهشته‌های هم‌ارز کمک کند. به این منظور، دو برش داهوئیه (الگو) در ۲۰ کیلومتری جنوب خاور و گزوئیه در ۵ کیلومتری خاور زرنند در ۷۵ کیلومتری شمال باختر کرمان مطالعه شده (شکل ۱) و ستبرای این برش‌ها به ترتیب ۲۴۰ و ۲۲۷ متر اندازه‌گیری شده است. تحلیل رخساره‌های سنگی و عناصر ساختاری سبب شناسایی ۹ رخساره سنگی (Gcm, Sp, St, Sh, Sl, Sr, Sm, Fl, Fm) و ۵ عنصر ساختاری (CH, LA, FF, CR, CS) شده است که نشان دهنده رسوبگذاری در محیط‌های رودخانه‌ای از نوع رودپیچی (مئاندری) با بستر ماسه‌ای است (موسوی حرمی و همکاران، زیر چاپ).

۲- روش کار

پس از اندازه‌گیری برش‌ها، ۱۶۰ نمونه به صورت سیکی برداشت و از این تعداد ۱۰۰ مقطع نازک میکروسکوپی تهیه شده است. مطالعه مقاطع نازک توسط میکروسکوپ پلاریزان انجام گرفته و شمارش دانه‌ها در ماسه سنگ‌ها توسط دستگاه شمارنده نقاط و به روش گزی - دیکینسون (Ingersoll et al., 1984) انجام شده است. پس از مطالعات سنگ‌نگاری، رنگ آمیزی مقاطع توسط آلزارین سرخ و مخلوط آلزارین سرخ و فروسیانید پتاسیم به روش دیکسون (Dickson, 1966) برای تشخیص سیمان‌های کربناتی انجام شده است. از مطالعه کاتودولومینسانس (CL) نیز برای بررسی

نوع اول استیلولیت‌هایی هستند که به موازات لایه‌بندی شکل گرفته و نوع دوم شامل استیلولیت‌هایی می‌شود که در خلاف جهت لایه‌بندی تشکیل شده‌اند که به ترتیب به علت فشارهای حاصل از تدفین و فشارهای زمین‌ساختی حاصل شده‌اند. استیلولیت‌ها در ماسه سنگ‌های داهو از نوع دوم هستند که بر اثر فشارهای زمین‌ساختی به وجود آمده و به احتمال در مراحل نهایی دیاژنز توسط اکسید آهن پر شده‌اند.

۴-۲- سیمانی شدن (Cementation)

سیمانی شدن در اثر ته نشینی از سیال‌های خارجی ابر سیر شده (فوق اشباع) می‌تواند از محیط‌هایی با سنگ میزبان متفاوت و یا محیطی با دما و فشار متفاوت سرچشمه گرفته باشد. در سایر موارد، به سامانه دیاژنتیکی دانه و سیال وابسته بوده که همراه با انحلال محلی و ته نشینی دوباره در یک محیط آبدار می‌باشد (Kay et al., 2006). سیمان‌هایی که در سنگ‌های مورد مطالعه (کنگلومر و ماسه سنگ‌ها) شناسایی شده‌اند به صورت زیر می‌باشند:

سیمان سیلیسی (Silica Cement): در ماسه سنگ‌های مورد مطالعه این سیمان به صورت رورشدی (over growth) بر روی برخی از دانه‌های کوارتز مشاهده می‌شود که با دانه‌های اصلی دارای پیوستگی نوری است (شکل ۲-ج). مرز بین سیمان و دانه توسط لایه نازک و سرخ رنگی از هماتیت و رس مشخص است. علاوه بر این سیمان سیلیسی به طور پرکننده حفره‌ها نیز وجود دارد (شکل ۲-ج). به عقیده (Schmid et al., 2004)، بیشترین سیمان شدن سیلیسی در دمای ۱۲۵ تا ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد رخ می‌دهد. سیمان‌های سیلیسی در مقاطع مورد مطالعه چندان زیاد نیستند و اغلب در افق‌های بالایی برش گزوه‌ها شناسایی شده‌اند. این امر می‌تواند به علت آهن‌نگ رسوبگذاری بالا که سبب افزایش فشردگی می‌شود، باشد که در طی آن فضاهای خالی برای ته نشینی سیمان سیلیسی از بین می‌رود (Kim et al., 2007). بررسی منشأ سیلیس از موارد مهم در این نوع از سیمان شدگی قلمداد می‌شود. McBride (1989) در مورد انواع منشأ سیلیس بحث کرده است. ایشان مهم‌ترین منشأ را انحلال فشارشی می‌دانند. انحلال فشارشی ذرات کوارتز در فصل مشترک شیل - ماسه سنگ و نیز شیل‌های ماسه‌ای - سیلتی فرایندی متداول و احتمالی برای منشأ سیلیس به‌شمار می‌آید (Molennar et al., 2006)، که در مورد ماسه سنگ‌های سازند داهو نیز وجود دارد ولی این فرایند نمی‌تواند به عنوان مهم‌ترین منشأ تأمین‌کننده سیلیس در ماسه سنگ‌های مورد مطالعه به‌شمار رود. به نظر می‌رسد که مهم‌ترین منشأ سیلیس می‌تواند از انحلال ذرات سیلیسی همچون چرت‌ها، انحلال و دگرسانی فلدسپارها سرچشمه گرفته باشد که آثار آن به فراوانی در ماسه سنگ‌های مورد مطالعه دیده می‌شود.

که در نهشته‌های داهو شناسایی شده‌اند. ترکیب و بافت رسوب، تاریخچه دفن همراه با شیمی آب‌های منفذی در حوضه رسوبگذاری، مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در دیاژنز به‌شمار می‌آیند (Kim et al., 2007). همچنین سن رسوبات و شکل هندسی لایه‌ها، اقلیم و محیط رسوبی (Tucker, 2001; Parcerisa et al., 2006) و رخساره‌های سنگی (Molennar et al., 2006) نیز نقش بسزایی در دیاژنز دارند. در این قسمت، فرایندهای دیاژنزی مؤثر بر سنگ‌های سازند داهو که در مقاطع مورد مطالعه شناسایی شده است، بررسی می‌شود.

۴-۱- فشردگی (Compaction)

فرایند فشردگی به دو شکل فیزیکی و شیمیایی سنگ‌های سازند داهو را تحت تأثیر قرار داده است.

فشردگی فیزیکی: فشردگی فیزیکی سبب خروج آب، چرخش و خرد شدن دانه‌ها و سرانجام تراکم ذرات ضعیف می‌شود که همگی منجر به کاهش تخلخل و آرایش متراکم سنگ می‌شود (Mork & Moen, 2007) و اثرات این فشردگی در سنگ‌های مورد مطالعه به صورت تماس نقطه‌ای و مماسی بین دانه‌ها است (شکل ۲-الف). فشردگی در اثر فشار لایه‌های بالایی، باعث ایجاد شکستگی موضعی و خمش در دانه‌های نرم (همچون مسکوویت)، در ماسه سنگ‌های سازند داهو شده است (شکل ۲-ب).

فشردگی شیمیایی: فشردگی شیمیایی شامل انحلال، انتقال و تمرکز عناصر است (Mork and Moen, 2007). از مسائل مهم در فشردگی شیمیایی، انحلال فشارشی (pressure solution) است. این انحلال در مرز بین دانه‌ها، جایی که دانه‌ها در تماس با یکدیگرند رخ می‌دهد و سبب ایجاد تماس مضرس و محدب - مقعر می‌شود (شکل ۲-پ و ت). این فرایند ممکن است در ژرفای زیاد ۲/۵ تا ۳/۵ کیلومتری و در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد صورت گیرد و سبب کاهش تخلخل شود (McBride, 1989; Schmid et al., 2004). به نظر می‌رسد که در مقاطع مورد مطالعه به علت زمینه فراوان، انحلال فشارشی کمتر ایجاد شده باشد، اما به طور پراکنده و در نقاطی که مقدار زمینه کمتر است، به وضوح قابل تشخیص است. مرزهای محدب - مقعر و مضرس بیانگر انحلال فشارشی هستند که در نوع اول انحلال به صورت جزئی است (Bernet et al., 2007). استیلولیتی شدن نیز از فرایندهای شیمیایی دیاژنز است که بر اثر فشردگی و پس از انحلال فشارشی حاصل می‌شود. عوامل متعددی در تشکیل استیلولیت‌ها مؤثر هستند که شامل دما، فشار، ترکیب ماسه سنگ و کانی‌شناسی استیلولیت می‌شوند (Baron & Parnell., 2007). استیلولیت‌ها در مقاطع مورد مطالعه، بیشتر توسط اکسید آهن پر شده‌اند (شکل ۲-ث).

(Baron and Parnell 2007) استیلولیت‌ها را به دو دسته تقسیم می‌کنند.

از مهم ترین سیمان ها در نهشته های سرخ رنگ به شمار می روند که در اصل رنگ سرخ آنها نیز به این سیمان نسبت داده می شود. وجود این سیمان بازتاب کننده اقلیم نیمه خشک و شرایط اکسیدی است (Jimens-Espinsona & Jimens-Milla, 2003; Reed et al., 2005)، که در مورد سازند داهو نیز صادق است. سیمان اکسید آهن در مقاطع مورد مطالعه تقریباً بین تمام دانه ها وجود دارد. در اطراف بیشتر دانه های کوارتز، لایه نازکی از هماتیت مشاهده می شود (شکل ۲-خ) که در بعضی نقاط، مرز بین سیمان رورشدی و دانه را متمایز می کند (شکل ۲-ج). همان طور که ذکر شد، در بعضی قسمت ها این سیمان به صورت تداخلی و بی شکل همراه با سیمان دولومیتی دیده می شود (شکل ۲-چ). حضور سیمان هماتی در اطراف سیمان دولومیتی بازتاب کننده تشکیل قسمتی از این سیمان در مرحله دیاژنز دفنی و یا بالا آمدگی رسوبات است (Reed et al., 2005). منشأ آهن در نهشته های داهو می توانسته است هم به صورت آواری و هم دیاژنتیکی باشد. شواهد هر دو مورد در مقاطع مورد مطالعه وجود دارد به گونه ای که فراوانی دانه های گرد شده هماتیت می توانسته است از هوازگی افق های لاتریتی و سازندهای آهن دار آرکنن سرچشمه گرفته باشد. هوازگی سنگ های رسوبی و آذرین در ناحیه منشأ سبب آزاد شدن یون آهن و حمل آن به محیط رسوبگذاری می شود (برای مثال، Moussavi-Harami and Brenner, 1993)، سپس به صورت محلول در آب های بین ذره ای قرار گرفته و در شرایط اکسیدی این سیمان تشکیل می شود. جذب آهن توسط رس ها و سپس آزاد شدن آنها در اثر آبکافت (هیدرولیز) و همچنین تجزیه کانی های فرومنیزیم نیز باعث آزاد شدن آهن در طی فرایند دیاژنز می شود (Tucker, 2001).

سیمان رسی (Clay Cement): کانی های رسی در جازاد (اتوژن) به صورت سیمان پرکننده حفره ها و پوشش های رسی در اطراف دانه ها یافت می شوند (شکل ۶-الف و ب). مطالعات SEM و EDX کانی های رسی نشان داده است که اغلب این رس ها به گروه ایلیت تعلق دارند. همچنین مقدار اندک و پراکنده ای کلریت نیز مشخص است. ایلیت و کلریت متداول ترین کانی های رسی در ماسه سنگ ها به شمار می روند و اغلب منشأ دیاژنز تأخیری دارند (Tucker, 2001; Sanyal et al., 2005; Al-Ramadan et al., 2004); به (kim et al., 2007; Wolela & Gierlowski-Kordish, 2007). علت فراوانی و اهمیت کانی های رسی در نهشته های سیلیسی آواری سازند داهو، این کانی ها به طور جداگانه بحث می شوند.

۳-۴ - دگرسانی و انحلال (Alteration and Dissolution)

فرایند دگرسانی اغلب در طی دیاژنز دفنی صورت می گیرد

(شکل ۵-ب و پ). علاوه بر این، فراوانی کانی های رسی و تبدیل آنها به یکدیگر (برای مثال، تبدیل اسمکتیت و کائولینیت به ایلیت)، به طور قابل توجهی سیلیس تولید می کند (Wordon and Morad, 2000; Schmid et al., 2004). سیمان کربناتی (Carbonate Cement): یکی دیگر از سیمان های موجود در مقاطع مورد مطالعه، سیمان کربناتی است که به صورت لکه ای در متن ماسه سنگ ها پراکنده شده اند (شکل ۲-چ). رنگ آمیزی مقاطع نازک توسط آلزاین سرخ و مخلوط آلزاین سرخ و فرو سیانید پتاسیم مشخص کرد که این سیمان از نوع دولومیت بدون آهن است. در ماسه سنگ های سازند داهو سیمان دولومیتی اغلب به طور تداخلی با سیمان هماتی وجود دارد ولی در کنگلومراها به صورت یکنواخت بین دانه ها را فرا گرفته است (شکل ۲-ح). این امر می تواند ناشی از فقدان ذرات ناپایدار و رس در بین قلوها و فضای بین حفره های بزرگ تر باشد. به عبارت دیگر الیگومیکتیک بودن کنگلومرای قاعده سازند داهو باعث شده است که حجم وسیعی از سیمان دولومیتی بین دانه ها را فرا گیرد. در مطالعات سنگ نگاری توسط میکروسکوپ پلاریزان، آثاری از کلسیت در بین دانه ها مشاهده نشده است اما در تصاویر SEM و تجزیه EDX می توان خرده هایی از بلورهای کلسیت را تشخیص داد (شکل ۳). بنابراین سیمان دولومیتی اغلب از جانشینی کلسیت حاصل شده است. جانشینی دولومیت ممکن است همزمان با رسوبگذاری و در طی دیاژنز اولیه و یا پس از رسوبگذاری به هنگام تدفین رسوبات انجام گیرد (Hood et al., 2004). مطالعات کاتودولومینسانس (CL) بازگو کننده چندین فاز تشکیل سیمان دولومیتی است (شکل ۴). با توجه به نبود یون آهن در دولومیت ها، خاصیت لومینسانس اغلب به حضور یون منگنز مربوط می شود (Hemming et al., 1989). با این وجود، احتمال شکل گرفتن دولومیت ها به صورت اولیه نیز هست که در این صورت، دولومیت ها در حدواسط محیط های قاره ای و دریایی تشکیل شده است (برای مثال، Kim et al., 2007) و سپس بر اثر تبلور دوباره به دولومیت های ثانویه تبدیل شده اند. محلول های منیزیم داری که سبب اشباع شدن سیال های از یون منیزیم شده است می توانسته از نهشته های مجاور (دولومیت های سازند دزو و کوهبنان) تأمین شده باشد. بنابراین فشردگی به همراه انحلال کربنات ها توسط آب های جوی در نهشته های کربناتی، می تواند محلول های غنی از کربنات را به محل دیگری حمل کرده و باعث تشکیل این سیمان شود (Tucker & Wright, 1991). همچنین تبدیل رس ها به یکدیگر (اسمکتیت به ایلیت) نیز سبب سیر شدگی سیال منفذی از یون منیزیم می شوند (Reed et al., 2005)، که ممکن است تأمین کننده این عنصر برای تشکیل دولومیت باشد.

اکسید آهن به عنوان سیمان (Fe oxide Cement) : سیمان هماتی

هستند که به طور پراکنده، مقادیر اندکی کلریت نیز شناسایی شده است. تشکیل ایلیت اغلب به فرایندهای دیاژنزی از قبیل ایلیتی شدن کانی‌های رسی اولیه مربوط می‌شود. کانی‌های رسی در ماسه سنگ‌های مورد مطالعه را می‌توان در سه گروه زیر تقسیم بندی کرد:

رس‌های زمینه‌ای (matrix clay): این رس‌ها بر اثر هوازدگی سنگ‌های ناحیه منشأ تشکیل می‌شوند و سپس توسط عامل حمل در بین ماسه‌ها قرار گرفته‌اند. از ویژگی‌های اصلی این رس‌ها در تصاویر SEM نامنظم قرار گرفتن آنها در بین دانه‌های اصلی است (شکل ۷).

رس‌های تراوشی (infiltrated clay): این رس‌ها در اغلب ماسه سنگ‌های دانه پستیان وجود دارند که در مقاطع نازک و تصاویر SEM به صورت پوشش‌های ماساس بر سطح دانه‌ها ظاهر می‌شوند (شکل ۶-الف و پ). ذرات تشکیل دهنده آنها اغلب به موازات سطح دانه جهت یافته شده‌اند.

رس‌های درجازا (authigenic clay): این رس‌ها به طور درجازاد، در فضاهای خالی ماسه سنگ‌ها تشکیل می‌شوند. این کانی‌ها در اثر برهم کنش آب و رسوب از یون‌هایی اشباع شده و سپس به صورت کانی‌های درجازاد ته‌نشین می‌شوند. از ویژگی‌های اصلی این رس‌ها می‌توان به شکل وجه‌دار و ترکیب یکنواخت (همگن) آنها اشاره کرد (Hathon and Houseknecht, 1992) (شکل‌های ۹ و ۸).

ساختارهای ریز کانی‌های رسی در تصاویر SEM و تجزیه‌های نقطه‌ای EDX نشان می‌دهد که هر سه گروه نام‌برده، از کانی‌های رسی ایلیت و کلریت تشکیل شده‌اند. ایلیت هم به صورت ذرات آواری از منشأ سرچشمه گرفته (رس زمینه‌ای) و هم به طور درجازاد تشکیل شده است. از ویژگی‌های اصلی ایلیت در تجزیه‌های EDX فراوانی بالای یون پتاسیم نسبت به دیگر عناصر است (welton, 1984). با توجه به سن بالای این رسوبات به نظر می‌رسد که مهم‌ترین فرایند تشکیل ایلیت مربوط به دیاژنز ماسه‌سنگ‌ها است. این کانی، اغلب طی دیاژنز نهایی از دگرسانی و انحلال کانی‌های دیگر حاصل می‌شوند. مهم‌ترین عامل تأثیر گذار در دیاژنز کانی‌های رسی افزایش فشار و دما است (Lanson et al., 2002; Cuadros, 2006; Kim et al., 2007).

همچنین عامل زمان نیز نقش بسزایی دارد به گونه‌ای که هر چه زمان زمین‌شناسی بیشتر شود، شرایط تشکیل ایلیت و کلریت فراهم می‌شود. بنابراین کانی‌های رسی شاخص در پرکامبرین و پالئوزویک زیرین به‌طور عمده ایلیت و کلریت هستند (Tucker, 2001)، که در مورد نهشته‌های سازند داهو به سن کامبرین پیشین نیز صادق است. ایلیت طی فرایند ایلیتی شدن می‌تواند از کانی‌های فلدسپار پتاسیم، کائولینیت-دیکیت و اسمکتیت حاصل شود (Lanson et al., 2002). لازم به ذکر است که هیچ آثاری از کائولینیت و اسمکتیت در تصاویر SEM مشاهده نشده است اما دگرسانی و انحلال فلدسپار پتاسیم به فراوانی در مقاطع نازک و تصاویر SEM به چشم می‌خورد (شکل

(Worden and Morad, 2000). دگرسانی فلدسپارها رایج‌ترین دگرسانی در ماسه‌سنگ‌های داهو است (شکل ۵-الف) که ترجیحاً در امتداد شکستگی‌های کوچک (Microfractures)، رخ‌ها و سطوح تماس ذرات رخ داده است. شکستگی‌های کوچک در فلدسپارها در فرایند فشردگی گسترش می‌یابد، لذا سیال منفذی به آسانی از این شکستگی‌ها و رخ‌ها عبور کرده و دگرسانی فلدسپارها را سبب می‌شوند (Kim et al., 2007). همچنین وجود پوشش‌های رسی در بین ذرات، تخلخل و نفوذپذیری اولیه را حفظ می‌کند که در نتیجه آن سیال‌ها به آسانی در بین دانه‌ها حرکت کرده و باعث افزایش دگرسانی دانه‌های ناپایدار می‌شود (Al-Ramadan et al., 2004). سرسبیتی شدن فلدسپارها یکی از فرایندهای دگرسانی در ماسه سنگ‌های مورد مطالعه به شمار می‌رود که اغلب در غلظت‌های بالای یون پتاسیم نسبت به سیلیس رخ می‌دهد (Reed et al., 2005; Weber and Ricken, 2005). دگرسانی فلدسپارها به‌طور عمده در طی دفن و پیش از تشکیل سیمان سیلیسی و در دمای ۹۰ تا ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد رخ می‌دهد (Reed et al., 2005). لازم به ذکر است که فرایند دگرسانی می‌تواند در ناحیه منشأ نیز صورت گیرد که ارتباطی با فرایندهای دیاژنتیکی حوضه رسوبی ندارد (Bernet et al., 2007). فرایندهای ایلیتی شدن و کلریتی شدن از دیگر فرایندهای دگرسانی در نهشته‌های سازند داهو به شمار می‌آید که در مبحث کانی‌های رسی بحث خواهد شد. با افزایش ژرفای تدفین و بالا رفتن دما، کانی‌ها از مرحله دگرسانی به مرحله انحلال رسیده و حل می‌شوند. انحلال چرت‌ها و فلدسپارها وجانشینی کربنات (شکل ۵-ب و پ)، شواهدی دیگر از فرایندهای انحلال در نهشته‌های داهو است که در دما و pH بالا (۹ تا ۱۰) صورت گرفته است (Morad et al., 2000).

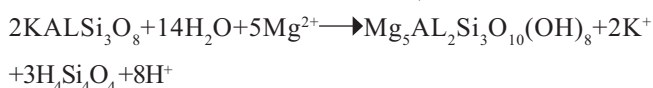
۴-۴- شکستگی‌ها و رگه‌های کلسیتی (Calcitic Veins)

در مراحل نهایی دیاژنز به علت فعالیت‌های زمین‌ساختی رسوبات چین خورده و بالا می‌آیند، بنابراین شکستگی‌هایی در ماسه‌سنگ‌ها شکل گرفته که بعدها توسط سایر کانی‌های دیگر پر می‌شوند (Cook et al., 2006). برخی از این شکستگی‌ها توسط رگه‌هایی از کلسیت سفید رنگ پر شده‌اند. تشکیل این رگه‌ها در مراحل نهایی دیاژنز و بعد از سنگ شدن کامل می‌شود. این شکستگی‌ها در مقیاس صحرایی نیز قابل دیدن هستند (شکل ۵-ث). یون کلسیم برای تشکیل این رگه‌ها به احتمال از انحلال سازندهای آهکی مجاور که تحت تأثیر آبهای جوی قرار گرفته‌اند، تأمین شده است.

۵- کانی‌های رسی (Clay minerals)

در ماسه‌سنگ‌های سازند داهو بیش از ۹۰ درصد کانی‌های رسی از نوع ایلیت

زمانی بیشتر می شود که غلظت پتاسیم ثابت باشد. در این مواقع، ته نشینی ایلیت تنها در pH بالا صورت می گیرد (Bauer et al., 1998). تبدیل اسمکتیت به ایلیت نیز هنگام فرایند ایلیتی شدن رخ می دهد. این فرایند نیز با افزایش تدفین و دما انجام می شود و در پی آن سیلیس، آب و کاتیون K^+ آزاد می شود (Cuadros, 2006). لازم به ذکر است که سازوکار دقیق تبدیل اسمکتیت به ایلیت دقیقاً مشخص نیست. همان طور که گفته شد، کلریت نیز به مقدار اندکی در ماسه سنگ های سازند داهو شناسایی شده است. این کانی در تصاویر SEM به شکل بلورهای گل سرخی (rosettes) یا هگزگونال دروغین مشاهده می شوند (شکل ۱۰). تجزیه نقطه ای EDX این نمونه ها بازتاب کننده نزدیک بودن چندریخت این کانی به چندریخت های ایلیت است. که این امر به علت حضور عنصر پتاسیم به همراه منیزیم است. به نظر می رسد کانی کلریت در ماسه سنگ های سازند داهو نیز اغلب از انحلال و دگرسانی فلدسپارهای پتاسیم دار تشکیل شده اند (Morales & De Ros, 1992). این واکنش به صورت زیر انجام می گیرد:



همچنین یون های لازم برای تشکیل کلریت نیز در طی دفن ژرف ماسه سنگ ها می تواند از میکاهای آواری تأمین شده باشد (Kim et al., 2007)، که در ماسه سنگ های مورد مطالعه نیز صادق است.

۶- توالی پاراژنتیکی (Sequence Paragenetic)

همان طور که پیش تر ذکر شد، رویدادهای پاراژنتیکی را می توان در سه مرحله ائوژن، مزوژن و تلوژن، دنبال کرد (جدول ۱). در مراحل ائوژن و تلوژن، رسوبات در معرض آب و هوا قرار دارند و رژیم هیدرولیکی جوی نقش بسزایی در فرایندهای دیاژنتیکی دارد اما در مرحله مزوژن، رژیم آب شناختی غالب از نوع فشارشی است (Einsle, 2000; Mansurbeg et al., 2007). روند دیاژنزی در ماسه سنگ ها به عوامل مختلف بستگی دارد که این عوامل به ترتیب شامل محیط رسوبگذاری، ترکیب و بافت رسوب، شیمی آب درون حفره ها، وضعیت زمین ساختی حوضه، ژرفای دفن و زمان فراخاست است (Mansurbeg et al., 2007).

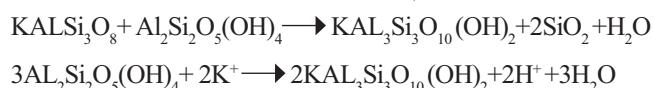
۶-۱- مرحله ائوژن (Eogenesis Stage)

در مرحله ائوژن یا ائوژنتیک، محیط دیاژنتیکی نزدیک سطح زمین واقع شده و فرایندهای مرتبط با آن اتفاق می افتد. به طور معمول در این مرحله دما کمتر از ۷۰ درجه سانتی گراد و ژرفای تدفین کمتر از ۲ کیلومتر است (Morad et al., 2000; Mansurbeg et al., 2007). بنابراین آب و

در اصل در طی دگرسانی فلدسپار پتاسیم، کائولینیت به وجود می آید که بعدها با افزایش ژرفا و دما به ایلیت تبدیل می شوند. کائولینیت همچنین از دگرسانی میکای آواری نیز تشکیل می شود (Osborne et al., 1994)، (شکل ۶-ث). فرایند تشکیل کائولینیت عموماً به صورت زیر است:



این فرایند اغلب در ژرفا و دمای پایین صورت می گیرد. کائولینیت با افزایش تدفین و دما به مجموعه کائولینیت - دیکیت تبدیل می شود. دیکیت جزء کانی های گروه کائولن به شمار می آید که در دما و ژرفای بیشتری نسبت به کائولینیت تشکیل می شود. با افزایش ژرفای تدفین دیکیت نیز به ایلیت تبدیل می شود. این فرایند اغلب در دماهای بیش از ۱۲۰ یا ۱۴۰ درجه سانتی گراد رخ می دهد (Purvis, 1995). معادله واکنشی تشکیل ایلیت از کائولینیت در حضور و نبود فلدسپار پتاسیم به صورت زیر است:



در واکنش دوم، یون پتاسیم باید از سیال های خارجی تأمین شود. همان طور که در واکنش تشکیل ایلیت در حضور فلدسپار پتاسیم مشاهده می شود، انحلال فلدسپار در دو مرحله صورت می گیرد. در اولین مرحله کائولینیت و در مرحله بعدی ایلیت به وجود می آید. لذا با توجه به آثار انحلال و تشکیل ایلیت در سطوح رخ فلدسپارهای پتاسیم (شکل ۶-ت)، به احتمال زیاد کانی های ایلیت از تبدیل کائولینیت و در حضور فلدسپار پتاسیم حاصل شده اند (برای مثال، Sanyal et al., 2005). اندازه بلورهای ایلیت با دما تغییر می کند به گونه ای که ابتدا بلورهای رشته ای و کشیده و در دماهای بالاتر به فرم الواری (shap lath) مشاهده می شوند. بلورهای هگزگونال ایلیت نیز اغلب در ژرفای بیشتر از ۴۰۰۰ متر تشکیل می شود (Lanson et al., 1996). بنابراین، با توجه به شکل بلورهای ایلیت در ماسه سنگ های سازند داهو (اغلب هگزگونال و الواری)، نتیجه می شود که بیشتر ایلیت ها در طی فشار و دمای بالا تشکیل شده اند (شکل ۹). اگرچه رابطه مستقیمی بین دما و فشار با شدت ایلیتی شدن وجود دارد، اما در این میان بی هنجاری هایی نیز وجود دارد. به گونه ای که مطالعات Ehrenberg et al. (1993) نشان داده است که در ژرفای ۳۰۰۰ تا ۴۰۰۰ متری کائولینیت هنوز باقی مانده است. بنابراین علاوه بر دما و فشار عوامل دیگری نیز در تشکیل ایلیت مؤثر است که نیاز به مطالعات بیشتر دارد. در واکنش های تشکیل ایلیت، آب نقش بسزایی دارد. این آب اغلب دارای منشأ جوی است (Platt, 1993). گسل خوردگی و شکستگی ها در هنگام فراخاست رسوبات سبب می شود که آب جوی به فضای خالی نفوذ کرده و باعث تجزیه فلدسپارها و سایر کانی ها شود. همچنین تغییرات pH کوچک محیط در هر شرایطی می تواند در ایلیتی شدن تأثیر گذار باشد. تأثیر pH

، تشکیل دولومیت‌ها مربوط به مراحل تدفین زیاد ماسه سنگ‌هاست به گونه‌ای که از طریق آب‌های منفذی و نیز جانشینی در کلسیت و دولومیت‌های آهن‌دار و بدون آهن مرحله ائوزنز، به وجود می‌آیند. این فرایند به‌طور معمول پیش از انحلال صورت می‌گیرد. از طرفی انحلال چرت‌ها و فلدسپارها و جانشینی دولومیت در آنها در ژرفای دفن و دمای به‌نسبت بالا صورت می‌گیرد. بنابراین، آنچه مسلم است این که سیمان دولومیتی ماسه سنگ‌های داهو در طی چندین فاز (تصاویر CL) و اغلب در مراحل تدفین به نسبت بالای رسوبات، در مرحله مزوزنز به وجود آمده است. سیال‌های غنی از یون منیزیم می‌توانستند از نهشته‌های زیرین داهو (دولومیت‌های سازند دزو) تأمین شده و در اثر بالاتر بودن فشار سیال‌های درون حفره‌ای نسبت به فشار لایه‌های رویی (فشار لیتواستاتیک)، این سیال‌ها به سمت بالا حرکت کرده و باعث دولومیتی شدن سیمان‌های کربناتی بین دانه‌ها شده‌اند. علاوه بر سیمان‌های سیلیسی و دولومیتی، بخشی از سیمان‌های اکسید آهن که به‌طور متناوب با سیمان‌های دولومیتی قرار گرفته‌اند، نیز در این مرحله تشکیل شده‌اند. از فرایندهای دیگر این مرحله می‌توان به سرسیستی شدن، کلریتی شدن و ایلیتی شدن اشاره کرد که به ترتیب با افزایش دما و ژرفای تدفین رسوبات تشکیل شده‌اند. این کانی‌ها از دگرسانی و تجزیه فلدسپارهای پتاسیم‌دار، رس‌های زمینه‌ای اولیه و خرده‌های آتشفشانی و دگرگونی تشکیل شده‌اند. بنابراین دگرسانی فلدسپارها و انحلال فازهای ناپایدار در این مرحله انجام شده است (برای مثال، Al-Ramadan et al., 2004; Reed et al., 2005; Kim et al., 2007) به گونه‌ای که این کانی‌ها در مجاورت آب‌های تراکمی، دچار دگرسانی و انحلال می‌شوند.

۶-۳ - مرحله تلوزنز (Telogenesis Stage)

در مرحله تلوزنز که آخرین مرحله از رویدادهای دیاژنتیکی به‌شمار می‌آید، سنگ‌ها بالا آمده و شکستگی در آنها ایجاد می‌شود. این شکستگی‌ها می‌توانند توسط کانی‌های مختلفی که در شرایط آب و هوایی خاصی به وجود می‌آیند، پر شوند. رگه‌های کلسیتی در نهشته‌های سرخ رنگ سازند داهو از این موارد است که کلسیت پرکننده حفره‌ها توسط آب‌های درون حفره‌ای و در مراحل اولیه فراخاست و یا در نزدیکی سطح زمین و تحت تأثیر آب‌های جوی حاصل شده‌اند (Weber and Ricken, 2005). به‌طور کلی رویدادهای دیاژنتیکی در مرحله ائوزنز و تلوزنز به‌طور مستقیم تحت تأثیر آب و هوا هستند (Mansurbeg et al., 2007). بنابراین به وجود آمدن شرایط اکسیدی و تشکیل لایه‌های سرخ رنگ داهو می‌تواند در مرحله تلوزنز نیز اتفاق افتاده باشد.

۷- نتیجه‌گیری

مطالعه فرایندهای دیاژنتیکی و تفسیر توالی پارائنتیکی نهشته‌های سیلیسی آواری سازند داهو نشان می‌دهد که فرایندهای دیاژنتیکی شامل فشردگی،

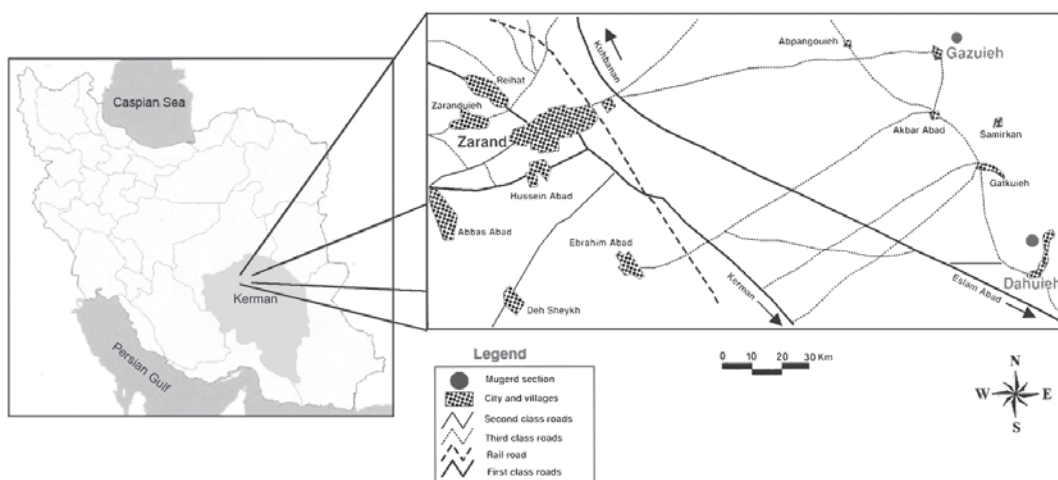
هوا و ترکیب اجزای تشکیل دهنده دو عامل اصلی در عملکرد فرایندهای دیاژنتیکی این مرحله به‌شمار می‌آیند. تشکیل لایه‌های سرخ که به‌طور شاخص مربوط به مناطق نیمه خشک هستند را می‌توان در این مرحله متصور شد (Reed et al., 2005). آهن موجود می‌توانسته است از هوازدگی کانی‌های مافییک در ناحیه منشأ و یا در اثر آبکافت رس‌ها آزاد شده باشد که ابتدا به شکل اکسید آهن آبدار و سپس هماتیت مشاهده می‌شود (Einsele, 2000; Tucker, 2001). بنابراین تشکیل پوشش‌های هماتیتهای در اطراف دانه‌ها و در ماسه سنگ‌های مورد مطالعه از فرایندهای دیاژنتیکی هستند که در نزدیکی سطح زمین اتفاق افتاده‌اند. همبندی بین دانه‌ها می‌تواند بازتاب‌کننده میزان فشردگی باشد به گونه‌ای که همبندی‌های نقطه‌ای، مماسی و طولی و همچنین خمیدگی میکاها در فشارهای پایین و در مراحل اولیه دیاژنز به وقوع می‌پیوندد. سیمان سیلیسی در مراحل اولیه دیاژنز به مقدار اندکی تشکیل می‌شود زیرا غلظت سیلیس در آب‌های جوی به مقداری نیست که سیمان سیلیسی شکل گیرد (McBride, 1989). اما سیمان به صورت اکسید آهن به‌طور عموم در مرحله اولیه دیاژنز تشکیل می‌شود (Tucker, 2001).

۶-۲ - مرحله مزوزنز (Mesogenesis Stage)

فرایندهای دیاژنتیکی مؤثر در این مرحله، شامل فرایندهایی می‌شود که در ژرفای زیادتر از ۲ کیلومتر صورت می‌گیرد. همچنین افزایش دما (بیشتر از ۷۰ درجه سانتی‌گراد) و تکامل آب‌های منفذی (Morad et al., 2000) سبب گسترش تغییرات مرحله ائوزنیک می‌شود. در اثر برهم‌کنش آب و رسوب، سیال‌های منفذی (سازندی) انحلال‌پذیرتر می‌شوند. علاوه بر این، اضافه شدن یون‌هایی از سازندهای مجاور، این انحلال‌پذیری را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Wycherly et al., 2003). در این مواقع، آب بین حفره‌ای به علت انحلال فشارشی و دگرسانی دانه‌های ناپایدار از املاح به‌دست آمده غنی شده و سیمان‌هایی همچون سیمان سیلیسی و دولومیتی در نهشته‌های داهو به وجود آمده است. انحلال فشارشی که در ژرفای بیشتر از ۲ کیلومتر رخ می‌دهد (McBride, 1989)، سبب تشکیل همبری محذب - مقعر و مضرس در این مرحله می‌شود. از این رو غلظت سیلیس در آب‌های بین حفره‌ای بالا رفته و سیمان سیلیسی تشکیل می‌شود. با افزایش فشار در این مرحله استیلولیت‌ها و رگه‌های انحلالی نیز متعاقب انحلال فشارشی ایجاد می‌شوند. شکل گرفتن سیمان‌های دولومیتی در طی دیاژنز دنی و هنگامی که آب‌های درون سازندی از نظر شیمیایی کاهیده هستند، وجود دارد (Reed et al., 2005). به علت این که سیمان‌های دولومیتی به صورت لکه‌ای بین دانه‌ها را فرا گرفته‌اند، باید این عمل در حین فشردگی اولیه و پیش از تدفین بسیار ژرف صورت گرفته باشد که کربنات‌ها در فضاهای خالی ته‌نشین شوند. بقایای کلسیت در دولومیت‌ها که تنها در تصاویر SEM مشاهده شده است می‌تواند به علت سن بالای رسوبات و جانشینی کامل دولومیت باشد. به عقیده (Mansurbeg et al., 2007)

کلریتی شدن کانی های رسی اولیه و میکاهای آواری در مرحله مزوژنز حاصل شده اند. همچنین فرایندهای سریستی شدن به همراه فرایند انحلال چرت ها و فلدسپارها نیز در مرحله مزوژنز صورت گرفته اند. در نهایت تشکیل شکستگی ها و رگه های پر شده با کلسیت در طی مراحل نهایی دیاژنز (تلوژنز) و بر اثر بالا آمدگی و چین خوردن رسوبات سازند داهو حاصل شده است. امید است که داده های به دست آمده بتواند در تفسیر تاریخچه پس از رسوبگذاری سازندهای مشابه مورد استفاده قرار گیرد که نتیجه عملکرد سیال ها بر روی رخساره های سیلیسی آواری در اوائل پالتوزویک را نشان می دهد.

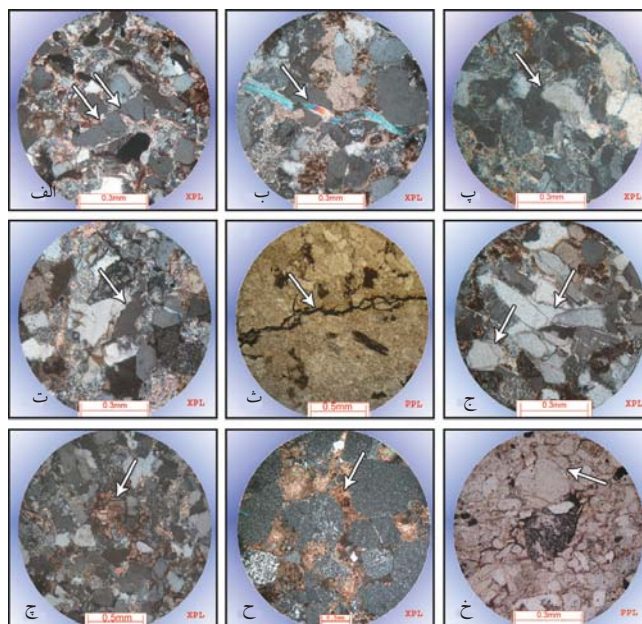
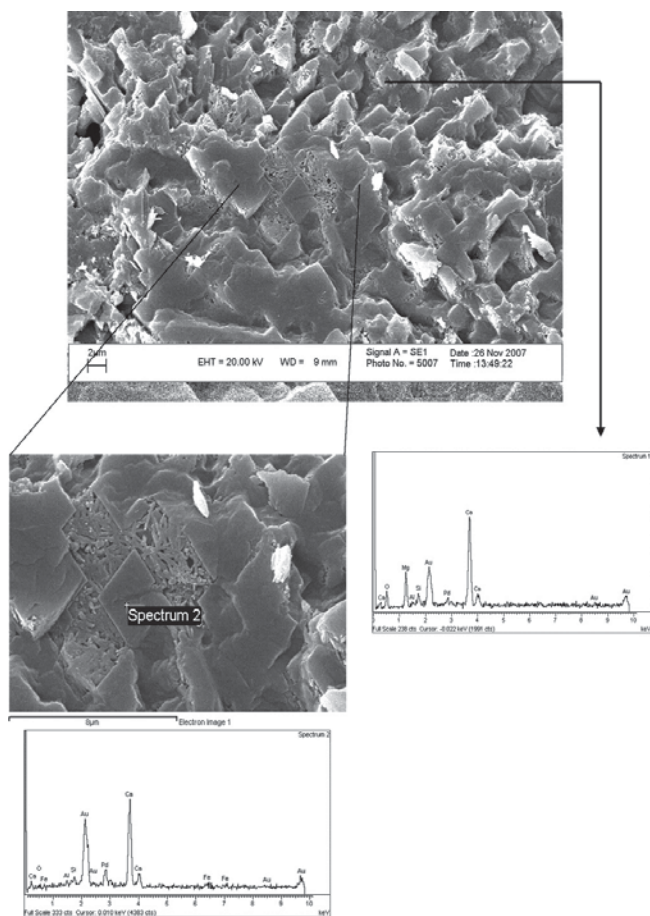
سیمان شدگی، دگرسانی، انحلال، شکستگی ها و رگه های پر شده است. فرایند فشردگی در نهشته های سازند داهو به دو صورت فیزیکی (آرایش نزدیک دانه ها و خمش کانی های نرم) و شیمیایی (انحلال فشارشی و استیلولیت) بوده که به ترتیب در مراحل ائوژنز و مزوژنز عمل کرده اند. سیمان های شناسایی شده شامل سیمان هماتی، رسی، سیلیسی و دولومیتی است که از این میان تنها بخشی از سیمان هماتی در مرحله ائوژنز و بقیه سیمان ها به مرحله مزوژنز تعلق دارند. مطالعه کانی های رسی نهشته های مورد مطالعه، دو گروه رسی ایلیتی و کلریت را مشخص می کند. این دو گروه رسی طی فرایند ایلیتی شدن و



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی ناحیه مورد مطالعه. نوک پیکان موقعیت دو برش سازند داهو را نشان می دهند.

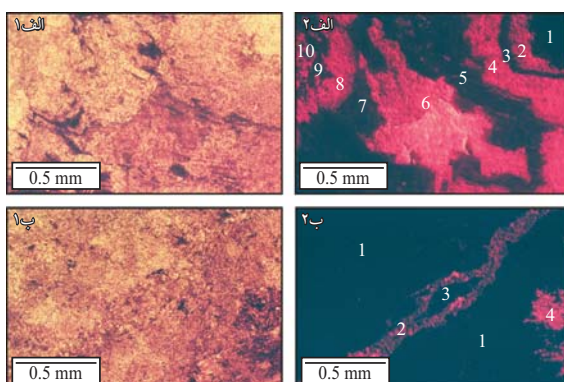
جدول ۱- توالی پاراژنتیکی نهشته های سیلیسی آواری سازند داهو

DEAGENETIC PROCESSES		TIME	EO GENESIS	MESO GENESIS	TELO GENESIS
PHYSICAL COMPACTION	Close packing Bent mica	Pressure	---	-----	
			Styrolite		-----
CHEMICAL COMPACTION	Porefilling Overgrowth	Hematite cement Clay cement	---	-----	---
			Sericitization Illitization Chloritization	-----	-----
DISSOLUTION				-----	
VEIN FILLING					---
FRACTURING					---

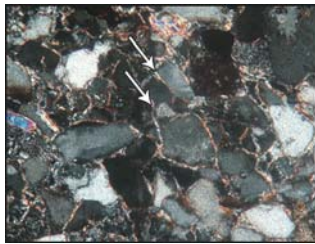


شکل ۲- الف) مرزهای همبری دانه‌ها به صورت نقطه‌ای و مماسی (نوک پیکان). ب) خمیدگی کانی مسکوویت در اثر فشردگی فیزیکی (نوک پیکان). پ) مرز تماسی از نوع محدب- مقعر بین دانه‌های کوارتز. ت) مرز دانه‌ها از نوع دنداندار. این نوع مرزها بیانگر انحلال فشارشی در ماسه‌سنگ‌های سازند داهو هستند. ث) تشکیل استیلولیت‌ها و رگه‌های انحلالی در ماسه‌سنگ‌های سازند داهو بر اثر فشردگی شیمیایی (نوک پیکان). ج) سیمان سیلیسی به صورت پرکننده حفره‌ها و رورشدی (نوک پیکان). چ) سیمان دولومیتی همراه با لایه‌های اکسید آهن در ماسه‌سنگ‌های سازند داهو (نوک پیکان). ح) سیمان دولومیتی بین قلوه‌های چرتی کنگلومرای قاعده سازند داهو (نوک پیکان). خ) سیمان هماتیسی سرخ رنگ که اطراف اغلب دانه‌های ماسه‌سنگی را پوشیده است.

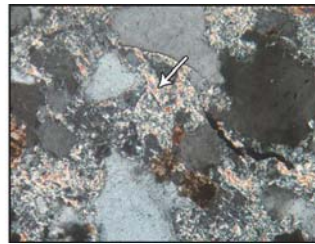
شکل ۳- تصاویر SEM و تجزیه‌های EDX از کانی‌های دولومیت و کلسیت. در این تصاویر بقایایی از آثار کلسیت لوزوجهی در سیمان دولومیتی مشخص است. این امر نشان می‌دهد که اغلب سیمان‌های دولومیتی از جانشینی کلسیت حاصل شده‌اند.



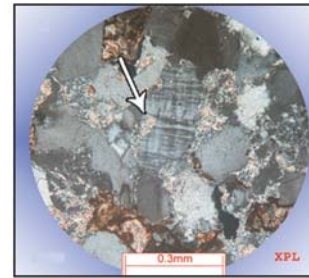
شکل ۴- تصاویر کاتودولومینسانس از سیمان‌های دولومیتی در کنگلومراهای سازند داهو. تصاویر سمت چپ PPL و تصاویر سمت راست مربوط به کاتودولومینسانس همان نمونه است. فازهای مختلف سیمان شدگی با شماره بر روی هر تصویر نمایش داده شده است. اغلب سیمان‌های دولومیتی سازند داهو در فازهای مختلف سیمان‌شدگی تشکیل شده‌اند.



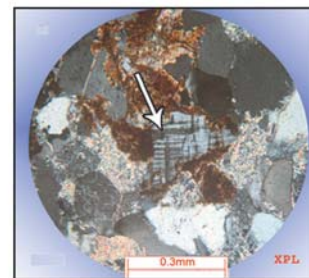
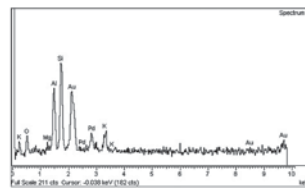
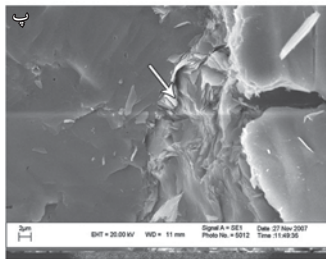
الف



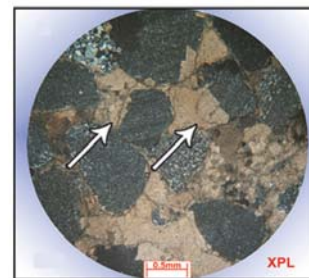
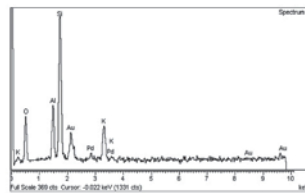
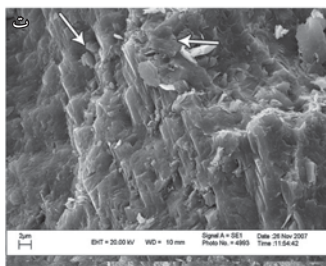
ب



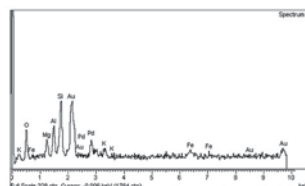
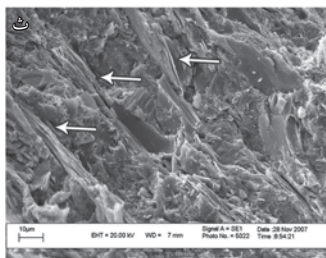
الف



ب



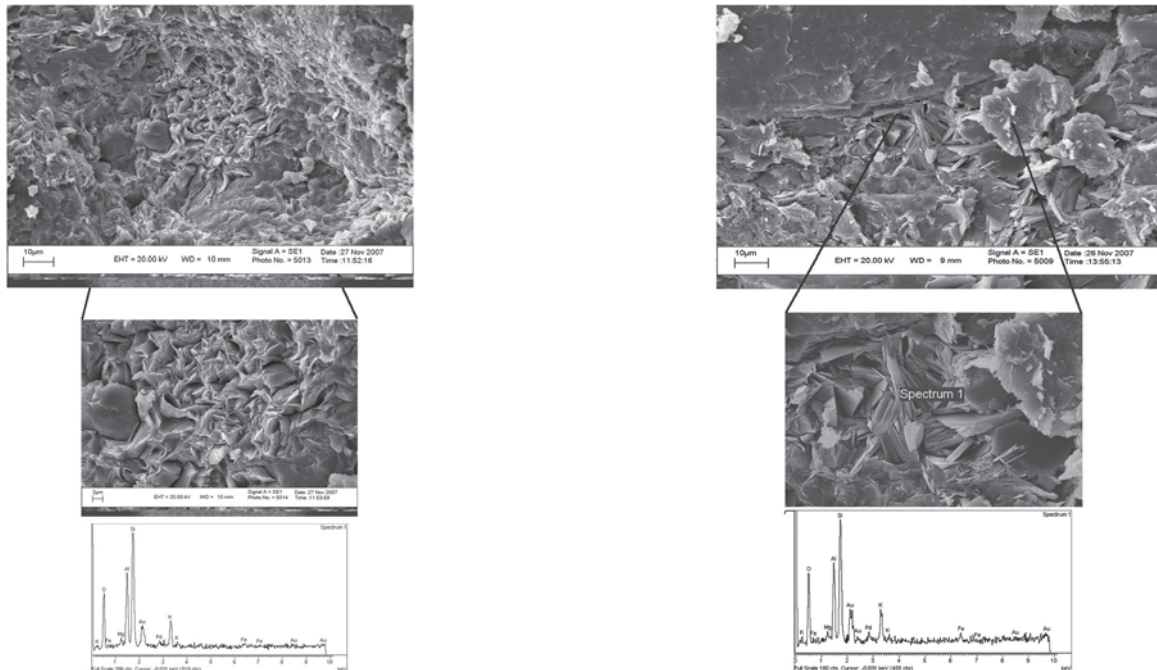
ب



ث

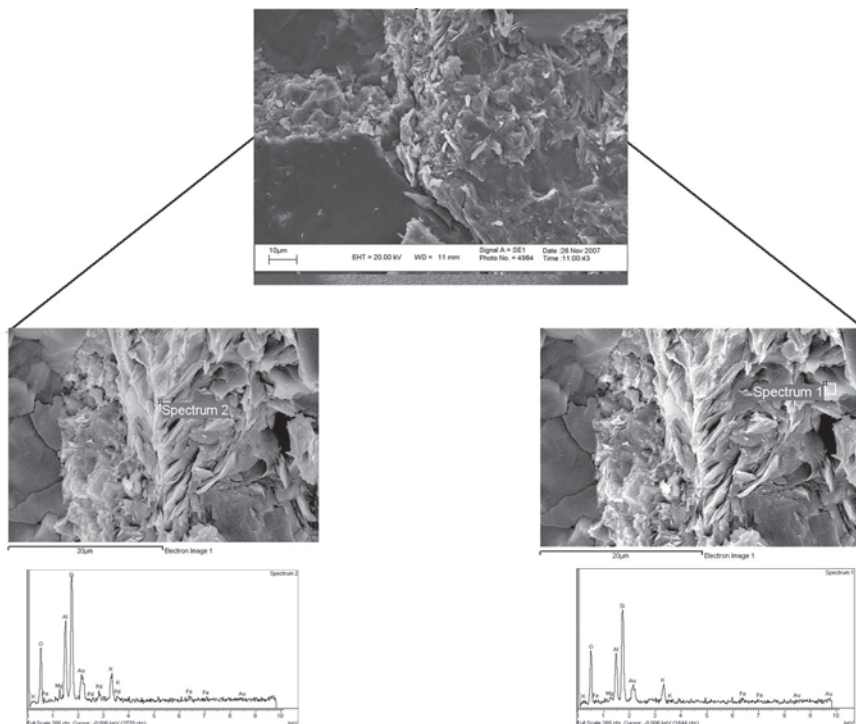
شکل ۶- الف) رس های نفوذی در مقاطع نازک میکروسکوپی (نوک پیکان).
 ب) رس های زمینه ای در جازاد. در مقاطع نازک میکروسکوپی نمی توان این رس ها را از هم تمیز داد. پ) رس های نفوذی در تصویر SEM. تجزیه EDX ایلیت بودن این رس ها را نشان می دهد (نوک پیکان). ت) تجزیه فلدسپار پتاسیم دار در تصویر SEM. رس های تشکیل شده در بین رخ ها و اطراف این دانه ها اغلب ایلیت است (نوک پیکان). تجزیه EDX مربوط به فلدسپار پتاسیم است. ث) نمونه گلستگی از نهشته های سیلیسی آواری سازند داهو. به قرار گرفتن رس ها در بین لایه های میکا توجه شود. به احتمال زیاد تجزیه میکاها در گلستگ ها محتمل ترین فرایند تشکیل کانی های رسی است. تجزیه EDX مربوط به میکاهای آواری (نوک پیکان) است.

شکل ۵- آثار دگرسانی در نهشته های سیلیسی آواری سازند داهو. الف) دگرسانی میکروکلین به کانی های رسی و سریسیت (نوک پیکان). ب) انحلال فلدسپار و جانشینی سیمان دولومیتی در آن (نوک پیکان). پ) انحلال قلوه های چرتی و جانشینی دولومیت. نوک پیکان نشان دهنده مرز دانه است. ت) فراخاست رسوبات سبب ایجاد شکستگی ها و رگه های پر شده با کلسیت شده است (نوک پیکان).

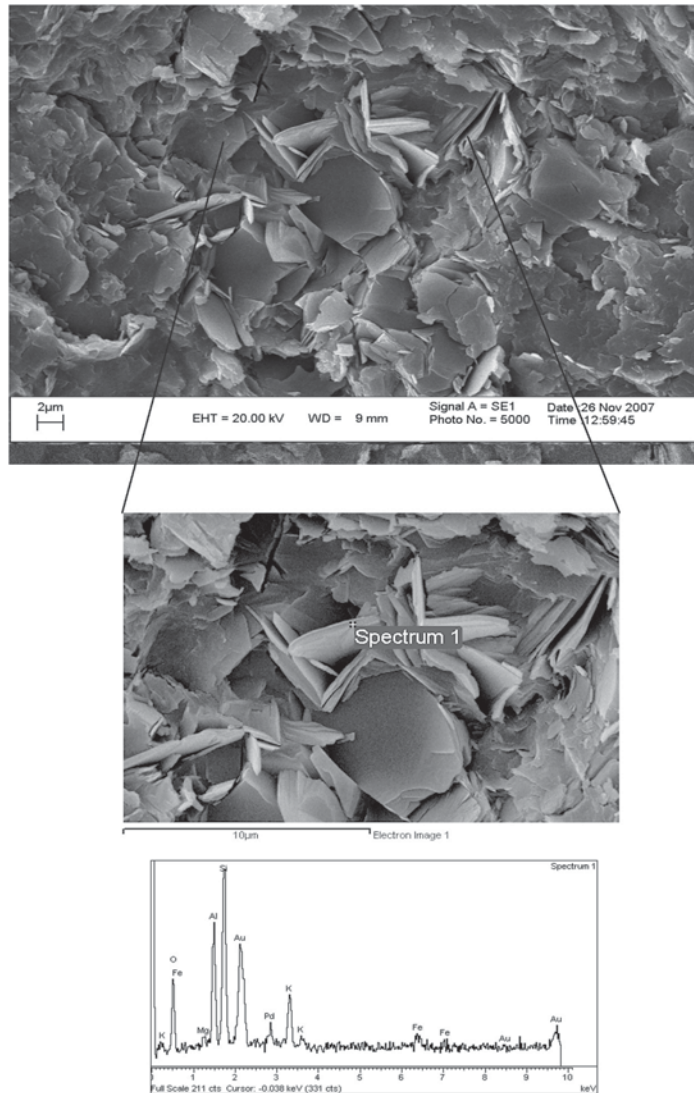


شکل ۸- رس های درجازاد که در فضاهای خالی شکل گرفته اند. تجزیه EDX نشان می دهد که این رس ها از نوع ایلیت هستند. به وجه دار بودن این رس ها توجه شود.

شکل ۷- رس های زمینه ای. این رس ها در اثر عامل حمل و نقل یا شکسته شدن خرده سنگ ها در بین دانه ها حاصل شده اند. به نامنظم بودن این رس ها توجه شود. تجزیه EDX بیانگر ایلیتی بودن این رس هاست.



شکل ۹- ساختارهای مختلف الواری (Spectrum 2) و هگزاگونال دروغین (Spectrum 1) کانی ایلیت که در دمای بالا تشکیل شده اند.



شکل ۱۰- رس های درج‌زاد تجزیه EDX و ساختار گل سرخی این کانی بازتاب کننده کلریت بودن آنهاست. این رس‌ها به طور پراکنده و به مقادیر اندکی در ماسه‌سنگ‌های سازند داهو وجود دارند.

کتابنگاری

موسوی حرمی، ر.، محبوبی، ا.، خردمند، ع.، زندمقدم، ح.، (زیر چاپ). تجزیه رخساره های سنگی و سیکل های به طرف بالا ریز شونده در نهشته های سیلیسی آواری سازند داهو (کامبرین پیشین)، واقع در خاور و جنوب خاور زرنند، شمال باختر کرمان. فصلنامه علوم زمین.

References

Al-Ramadan, K. A., Hussain, M., Imam, B. & Saner, S., 2004- Lithologic characteristics and diagenesis of the Devonian Jauf sandstone at Ghawar Field, eastern Saudi Arabia. *Marine and Petroleum Geology*, 21, 1221-1234.



- Baron, M. & Parnell, J., 2007- Relationships between stylolites and cementation in sandstone reservoirs: Examples from the North Sea, U. K. and East Greenland. *Sedimentary Geology*, 194, 17–35.
- Bauer A., Velde, B. & Berger G., 1998- Kaolinite transformation in high molar KOH solutions. *Applied Geochemistry*, 13, 619-629.
- Bernet, M. & Bassett, K., 2005- Provenance analysis by single quartz- grain SEM-CL/Optical microscopy. *Journal of Sedimentary Research*, 75, 492-500.
- Cooke, M. L., Simo, J. A., Underwood, C. A. & Rijken, P., 2006- Mechanical stratigraphic controls on fracture patterns within carbonates and implications for groundwater flow. *Sedimentary Geology*, 184, 225-239.
- Cuadros, J., 2006- Modeling of smectite illitization in burial diagenesis environments, *Geochemical at Cosmochimica Acta*, 70, 4181-4195.
- Dickson, J. A. D., 1966- Carbonate identification and genesis as revealed by staining. *Journal of Sedimentary Petrology*, 36, 441-505.
- Ehrenberg S. N., Aagaard P., Wilson M. J., Fraser A. R. & Duthie D. M. L., 1993- Depth-dependent transformation of kaolinite to dickite in sandstones of the Norwegian continental shelf. *Clay Minerals*, 28, 325-352.
- Einsele, G., 2000- *Sedimentary Basin Evolution, Facies and Sediment Budget*. (2nd edition), Springer-Verlag, 792p.
- Hathon, L. A. & Houseknecht, D. W., 1992- Origin and diagenesis of clay minerals in the Oligocene Sespe Formation, Ventura basin. In: Houseknecht, D. W. and Pittman, E. D. (Eds.), *Origin, Diagenesis, and Petrophysics of Clay Minerals in Sandstones*. SEPM Special Publication, 47, 185-195.
- Hemming, N. G., Meyers, W. J. & Grams, J. C. 1989- Cathodoluminescence in diagenetic calcites: The roles of Fe and Mn as deduced from electron probe and spectrophotometric measurement. *Journal of Sedimentary Petroleum*, 59, 404-411.
- Hood, S. D., Nelson, C. S. & Kamp, P. J. J., 2004- Burial dolomitisation in on-tropical carbonate petroleum reservoir: the Oligocene Tikorangi Formation Taranaki Basin, New Zealand: *Sedimentary Geology*, 172, 117–138.
- Ingersoll, R. V., Bullard, T. F., Ford, R. L., Grimm, J. P., Pickle, J. D. & Sares, S.W., 1984- The effect of grain size on detrital modes: A test of the Gazzi-Dickinson point – contouring method., *Journal of Sedimentary Petrology*, 54, 0103-0116.
- Jimenez-Espinosa, R. & Jimenez-Millan, J., 2003- Calcrete development in Mediterranean colluvial carbonate systems from SE Spain. *Journal of Arid Environments*, 53, 479-489.
- Kay, M.A., Main, I. G., Elphick, S. C. & Ngwenya, B. T., 2006- Fault gouge diagenesis at shallow burial depth: Solution–precipitation reactions in well-sorted and poorly sorted powders of crushed sandstone. *Earth and Planetary Science Letters*, 243, 607–614.
- Kim, J. C., Lee, Y. I., & Hisada, K., 2007- Depositional and compositional controls on sandstone diagenesis, the Tetori Group (Middle Jurassic–Early Cretaceous), Central Japan. *Sedimentary Geology*, 195, 183–202.
- Lanson, B., Beaufort, D., Berger, G., Bauer, A., Cassagnabere, A. & Meunier, A., 2002- Authigenic kaolin and illitic minerals during burial diagenesis of sandstones: a review. *Clay Mineralogy*, 37, 1-22.
- Lanson, B., Beaufort, D., Berger, J. & Lacharpagne, J. C., 1996- Late stage diagenesis of clay minerals in porous rocks: Lower Permian Rotliegendes reservoir off-shore of the Netherlands. *Journal of Sedimentary Research*, 66, 501-518.
- Mansurbeg, H., Morad, S., Salem, A., Marfil, R., El-ghali, M. A. K., Nystuen, J.P., Caja, M. A., Amorosi, A., Garcia, D. & La Iglesia, A. 2007- Diagenesis and reservoir quality evolution of palaeocene deep-water, marine sandstones, the Shetland-Faroes Basin, British continental shelf. *Marine and Petroleum Geology*, in press.
- McBride, E. F., 1989- Quartz cement in sandstones: a review. *Earth Science Reviews*, 26, 69-112.
- Molennar, N., Cyziene, J. & Sliupa, S. 2006- Quartz cementation mechanisms and porosity variation in Baltic Cambrian



- sandstones. *Sedimentary Geology*, xx, 1-25.
- Morad, S., Ketzar, J.M. & Ros, L. F., 2000- Spatial and temporal distribution of diagenetic alteration in siliciclastic rocks: Implications for mass transfer in sedimentary basins. *Sedimentology*, 47, 95-120.
- Moraes, M. A. & De Ros, L. F., 1992- Depositional, infiltrated and authigenic clays in fluvial sandstone of the Jurassic Sergi Formation, Reconcavo basin, northeastern Brazil. In: Houseknecht, D. W. and Pittman, E. D. (Eds.), *Origin, Diagenesis, and Petrophysics of Clay Minerals in Sandstones*. SEPM Special Publication, 47, 197-208.
- Mork, M. B. E. & Moen, K., 2007- Compaction microstructures in quartz grains and quartz cement in deeply buried reservoir sandstones using combined petrography and EBSD analysis. *Journal of Structural Geology*, xx, 1-12.
- Moussavi-Harami, R. & Brenner, R. L., 1993- Diagenesis of nonmarine petroleum reservoirs: The Neocomian (Lower Cretaceous) Shurijeh Formation, Kopet-Dagh Basin, NE Iran. *Journal of Petroleum Geology*, 16, 55-72.
- Osborne, M., Hazelding, R. S. & Fallick, A. E., 1994- Variation in Kaolinite morphology with growth temperature in isotopically mixed pore-fluids, Brent group, UK North Sea. *Clay Minerals*, 29, 591-608.
- Parcerisa, D., Gomez-Gras, D., Trave, A., Martin-Martin, J. D. & Maestro, E., 2006- Fe and Mn in calcites cementing red beds: a record of oxidation-reduction conditions examples from the Catalan Coastal Ranges (NE Spain). *Journal of Geochemical Exploration*, 89, 318-321.
- Platt, J. D., 1993- Controls on clay mineral distribution and chemistry in the early Permian Rotliegend of Germany. *Clay Minerals*, 28, 393-416
- Purvis, K., 1995- Diagenesis of Lower Jurassic sandstones, Block 211/13 (Penguin area), UK northern North Sea. *Marine and Petroleum Geology*, 12, 219-228.
- Reed, J. S., Eriksson, K. A. & Kowalewski, M., 2005- Climate, depositional and burial controls on diagenesis of Appalachian Carboniferous Sandstones: qualitative and quantitative methods. *Sedimentary Geology*, 176, 225-246.
- Sanyal, P., Bhattacharya, S. K. & Prasad, 2005- Chemical diagenesis of Siwalik sandstone: Isotopic and mineralogical proxies from Surai Khola section, Nepal. *Sedimentary Geology*, 180, 57-74.
- Schmid, S., Worden, R. H. & Fisher, Q. J., 2004- Diagenesis and reservoir quality of the Sherwood Sandstone (Triassic), Corrib Field, Slyne Basin, west of Ireland. *Marine and Petroleum Geology*, 21, 299-315.
- Tucker, M. E. & Wright, V.P., 1991- *Carbonate Sedimentology*. Blackwell, Oxford, 482p.
- Tucker, M. E., 2001- *Sedimentary Petrology*. Third Edition, Blackwell, Oxford, 260p.
- Weber, J. & Ricken, W., 2005- Quartz cementation and related sedimentary architecture of the Triassic Solling Formation, Reinhardswald Basin, Germany. *Sedimentary Geology*, 175, 459-477.
- Wolela, A. M. & Gierlowski-Kordesch, E. H., 2007- Diagenetic history of fluvial and lacustrine sandstones of the Hartford Basin (Triassic-Jurassic), Newark Supergroup, USA. *Sedimentary Geology*, 197, 99-126.
- Worden, R. H., & Morad, S., 2000- Quartz cementation in oil field sandstones: a review of the key controversies. In: Worden, R., Morad, S. (Eds.), *Quartz Cementation in Sandstones*. International Association of Sedimentologists, Special Publication, 29, 1-20.
- Wycherley, H. L., Parnell, J., Watt, G. R., Chen, H. & Boyce, A. J., 2003- Indicators of hot fluid migration in sedimentary basins: evidence from the UK Atlantic Margin. *Petroleum Geoscience* 9, 357-374.