



## مقایسه فرایندهای دیاژنزی و تأثیر آن بر سنگ‌نگاری و ژئوشیمی دولومیت‌های واحد دالان بالایی در برش کوه سورمه و یکی از میادین خلیج فارس

سمیه پرهام<sup>۱\*</sup>، محمدرضا کمالی<sup>۲</sup>، فرج‌الله فیاضی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکتری رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی، دانشگاه هرمزگان و زمین‌شناس ارشد پژوهشگاه صنعت نفت، تهران، ایران

۲- دانشیار زمین‌شناسی نفت، پژوهشگاه صنعت نفت، تهران، ایران

۳- دانشیار رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی، دانشگاه خوارزمی تهران، تهران، ایران

\* عهده‌دار مکاتبات: parhams@ripi.ir

دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۸/۱۹، پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۱۱/۲۹

### چکیده

بخش بالایی سازند دالان، مخازن هیدروکربنی گسترده‌ای را در خلیج فارس و حوضه زاگرس در برمی‌گیرد. این مطالعه به مقایسه فرایندهای دیاژنزی مؤثر بر این بخش، در یک برش سطحی و یک برش زیرسطحی پرداخته و در آن تاریخچه دیاژنتیکی و توالی پارازنتیکی از دیدگاه سنگ‌نگاری بررسی شده است. سپس تأثیر دیاژنزی بر ژئوشیمی دولومیت‌ها که از مؤلفه‌های اصلی سازنده این واحد است، در کوه سورمه و خلیج فارس مقایسه شده است. بررسی روند فرایندهای دیاژنتیکی در برش سطحی و زیرسطحی نشان می‌دهد که سازند دالان در مناطق مورد مطالعه، محیط‌های دیاژنزی مختلف و روندهای دیاژنتیکی متفاوتی طی کردند. شواهد حاکی از این است که نمونه‌های زیرسطحی، ابتدا تحت تأثیر محیط دیاژنتیکی دریایی قرار گرفته‌اند. پس از آن، رسوبات این چاه مستقیماً وارد محیط تدفینی نشده‌اند، بلکه دست‌کم بخش‌هایی مانند سد انولیتی ابتدا وارد محیط دیاژنتیکی جوی شده و پس از طی فرایندهای مربوط به این محیط، وارد محیط دیاژنزی تدفینی شده‌اند. نمونه‌های کوه سورمه نیز شواهد محیط دیاژنزی دریایی را نشان می‌دهند. شواهدی چون انواع استیلولیت، وجود سیمان‌های دولومیت زین‌اسبی، شکستگی‌ها، سیمان‌های تدفینی درشت‌بلور و سیلیسی شدن دلالت بر پشت سر گذاشتن محیط دیاژنزی تدفینی عمیق و بالاتر از دمای بحرانی است. پس از آن بر اثر فراخاست، رسوبات وارد محیط دیاژنزی جوی شده‌اند. مطالعه ژئوشیمی عناصر فرعی دولومیت‌ها، تأثیر دیاژنزی جوی بر نمونه‌های کوه سورمه را به‌خوبی نشان می‌دهد. دو عنصر Na و Sr در نمونه‌های کوه سورمه مقادیر پایین‌تری نسبت به نمونه‌های زیرسطحی نشان می‌دهد که این امر به دلیل ضریب تفکیک پایین و کمتر از ۱ این دو عنصر و پایین بودن میزان آنها در آبهای جوی است. از سوی دیگر، بالاتر بودن میزان دو عنصر Fe و Mn در نمونه‌های سطحی نسبت به زیرسطحی به دلیل پایین‌تر بودن میزان دو عنصر یادشده در آبهای جوی و بالا بودن ضریب تفکیک این عناصر (مثلاً  $Mn > 15$ ) است.

واژه‌های کلیدی: فرایندهای دیاژنتیکی، ژئوشیمی، کوه سورمه، خلیج فارس

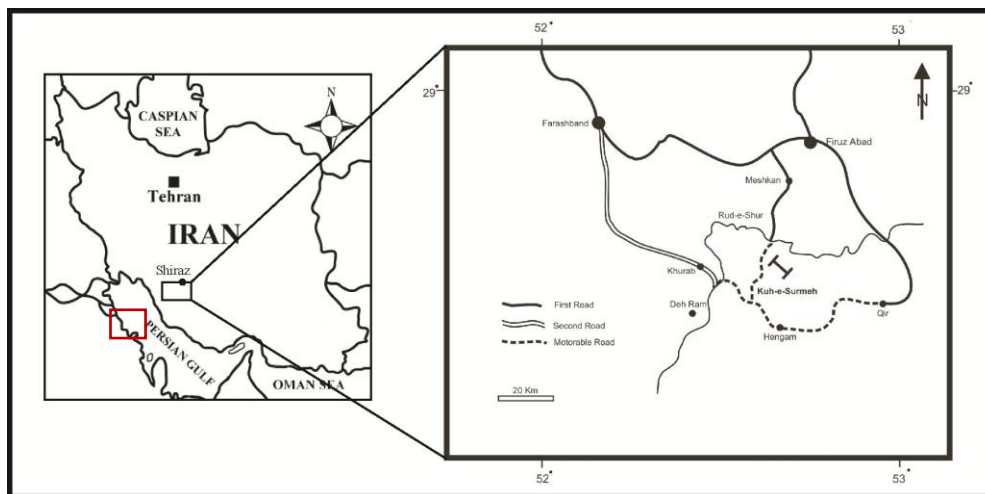
### ۱- مقدمه

در این پژوهش فرایندهای دیاژنزی مؤثر بر این بخش در یک برش سطحی در کوه سورمه در ناحیه زاگرس چین‌خورده و یک برش زیرسطحی در یکی از میادین گازی در خلیج فارس مطالعه شده و با یکدیگر مقایسه شده است.

### ۲- موقعیت جغرافیایی مناطق مورد مطالعه

کوه سورمه با روند شمال غرب- جنوب شرق در حوضه زاگرس، در ۱۰۵ کیلومتری شمال خلیج فارس و ۱۲۰ کیلومتری جنوب شیراز و ۳۳ کیلومتری جنوب و جنوب غربی فیروزآباد قرار گرفته است. مختصات جغرافیایی آن  $29^{\circ} 52'$  طول شرقی و  $30^{\circ} 28'$  عرض شمالی است. در این ناحیه کوه سورمه با ارتفاع ۲۲۴۰ متر از سطح دریا مرتفع‌ترین نقطه منطقه است. چاه مورد مطالعه در خلیج فارس و در جنوب غربی بندر عسلویه واقع شده است (شکل ۱).

بخش بالایی سازند دالان یکی از مهم‌ترین لایه‌های مخزنی‌گازدار در بخش‌هایی از زاگرس و خلیج فارس است. این بخش به‌طور عمده شامل تناوبی از سنگ آهک و دولومیت همراه با میان‌لایه‌های تیخیری است. تاکنون مطالعات گسترده‌ای روی این سازند انجام شده است که از جنبه‌های مختلف به بررسی این سازند پرداخته‌اند که از آن جمله می‌توان به (Kashfi, 1992)، کاووسی، (۱۳۷۴)، لطف پور (۱۳۸۴)، ربانی (۱۳۸۲) و (۱۳۸۳)، شارلند و همکاران (Sharland et al., 2001)، اینسالاکو و همکاران (Insalaco et al., 2006)، مرادپور و همکاران (Moradpour et al., 2008)، رحیم‌پور و همکاران (Rahimpour-Bonab et al., 2010)، کمالی و همکاران، (۱۳۹۱) و پرهام و کمالی، (۱۳۹۳) اشاره کرد.

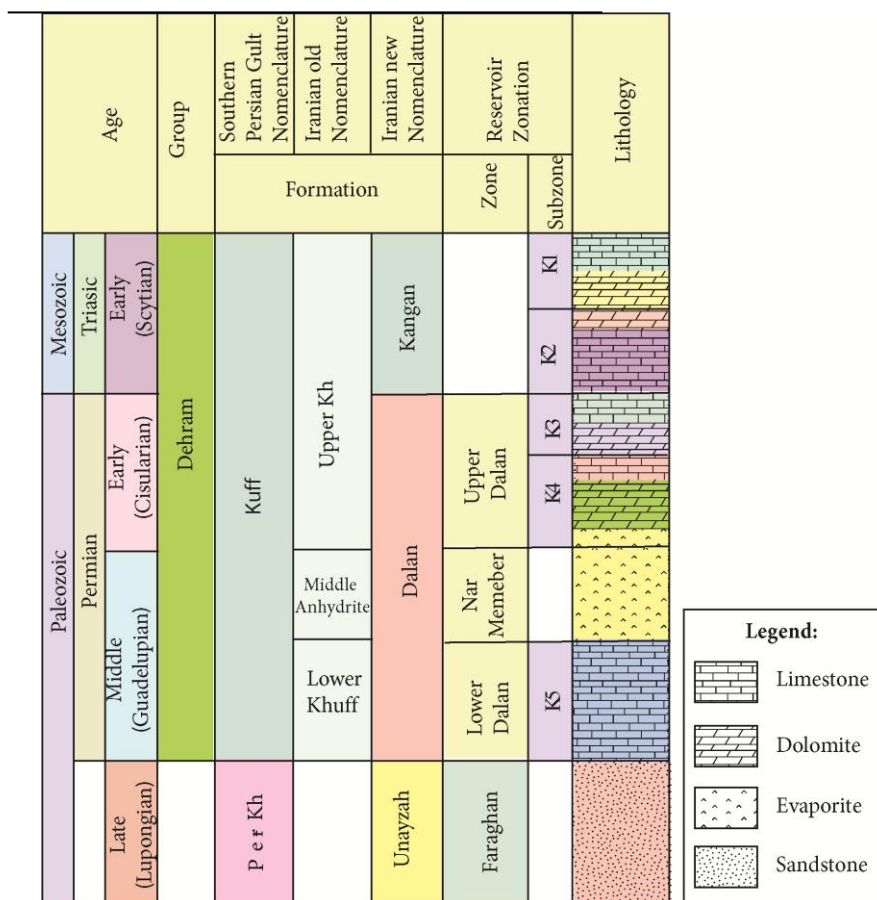


شکل ۱- موقعیت جغرافیایی برش‌های مورد مطالعه. موقعیت برش سطحی با مستطیل سیاه‌رنگ و موقعیت برش زیرسطحی با مستطیل قرمز رنگ مشخص شده است.

### ۳- چینه‌شناسی سازند دالان

ضخیم‌لایه تا توده‌ای، آهک‌های انولیتی و آهک‌های دولومیتی واحد میانی نار از لایه‌های ضخیم انیدریت و دولومیت گچ‌دار و دالان بالایی شامل تناوبی از دولومیت‌ها و آهک‌های متوسط لایه تشکیل شده است. مرز بالایی این سازند با سازند کربناتی کنگان ناپیوسته در صورتی‌که مرز زیرین با سازند فراقان تدریجی و همساز است (مطیعی، ۱۳۷۲).

مقطع نمونه سازند دالان از سه بخش متمایز (دو بخش آهکی در بالا و پایین و یک بخش انیدریتی در وسط) تشکیل یافته است (درویش‌زاده، ۱۳۸۹) (شکل ۲). واحد دالان زیرین شامل سنگ آهک فسیل‌دار، دولومیت



شکل ۲- ستون چینه‌نگاری سازند دالان با تغییراتی از مرادپور و همکاران، (Moradpour et al., 2008)

#### ۴- روش‌های مطالعه

خشک، وکستون بیوکستی و پکستون بیوکستی تشکیل شده در محیط لاگون، گرینستون اتوئیدی بیوکستی و گرینستون اتوئیدی تشکیل شده در محیط تپه‌های زیر آبی، گرینستون اتوئیدی بیوکستی اینتراکستی که در حواشی رو به دریای تپه‌های سدی زیر آبی تشکیل شده است.

#### ۶- فرایندهای دیاژنزی

مهم‌ترین فرایندهای دیاژنزی در این واحد عبارتند از آشفستگی زیستی، میکریته شدن توسط موجودات میکروسکوپی، نوربختی، انواع فرایندهای جانیشینی شامل دولومیتی شدن، سیلیسی شدن، انیدریتی شدن، تراکم، سیمانی شدن و انحلال است.

#### ۶-۱- آشفستگی زیستی

این فرایند در مقاطع مطالعه شده به صورت حفر دالان‌های زیرزمینی توسط جانداران در رسوبات نرم و پرشدن دوباره آنها، گاه به صورت تغییر رنگ رسوبات به صورت تیره و روشن و در مواردی به صورت تفاوت در تجمع زیست‌آوارها در نمونه‌ها قابل شناسایی است. این فرایند در کوه سورمه به طور عمده در رخساره‌های مربوط به محیط لاگون و دریای باز به صورت حفر دالان‌های زیرزمینی توسط جانداران در رسوبات نرم و پرشدن دوباره آنها مشخص می‌شود. در نمونه‌های مربوط به چاه مورد مطالعه، بیشتر به صورت تغییر رنگ رسوبات دیده می‌شود (شکل ۳- A، B و C).

#### ۶-۲- میکریته شدن

این فرایند در نمونه‌های مورد مطالعه، در تعداد کمی از آلوکم‌ها از جمله خرده‌های خارپوستان، باعث تشکیل پوشش میکریته شده است. ادامه این فرایند باعث شده کل آلوکم با میکریته جانشین شود. اتوئید، خرده‌های خارپوست و بعضی روزن‌داران به صورت کاملاً میکریته در نمونه‌ها دیده می‌شوند. این فرایند در رخساره‌های متعددی چون وکستون زیست‌آواری تا پکستون لاگونی یا اتوئید پلوئید گرینستون حواشی لاگونی تپه‌های سدی به فراوانی دیده می‌شود و هم در نمونه‌های برش کوه سورمه و هم در برش زیرسطحی قابل شناسایی است اما به خاطر گسترش کمتر رخساره‌های لاگونی در برش زیرسطحی، آلوکم‌های میکریته شده در این نمونه‌ها کمتر دیده می‌شود (شکل ۳- D).

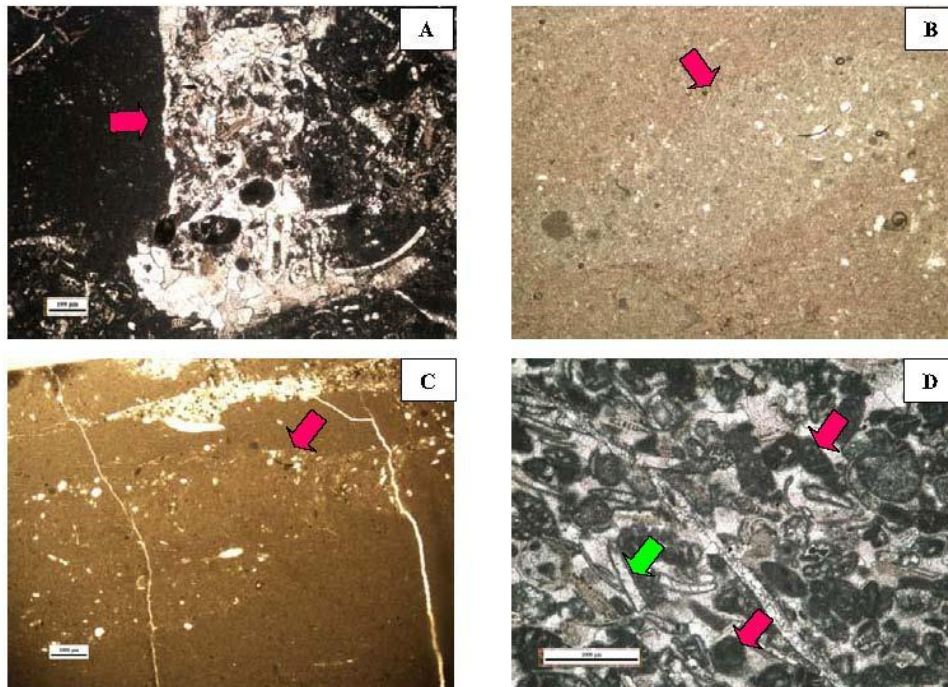
به منظور بررسی فرایندهای دیاژنزیکی بخش بالایی سازند دالان از ۱۵۰ متر مغزه و ۴۵۰ نمونه با فواصل حداکثر ۳۰ سانتی‌متری استفاده شده است. در برش کوه سورمه ۲۸۰ نمونه با فاصله حداکثر یک متر و حداقل ۳۰ سانتی‌متر برداشت شد. همه نمونه‌ها پس از تهیه با محلول آلزاین سرخ به روش Dickson, (1965) رنگ‌آمیزی شدند. در این مطالعه، نام‌گذاری سنگ‌های آهکی بر اساس رده‌بندی Dunham, (1962) و برای دولومیت‌ها، از رده‌بندی بافتی Sibley, Gregg and Sibley, (1984) and Gregg, (1987) و برای اندازه بلورهای دولومیت از مقیاس Folk, (1974) استفاده شده است. به منظور بررسی دولومیت‌های ریزبلور ۶ نمونه انتخاب و در پژوهشگاه صنعت نفت توسط میکروسکوپ الکترونی عکس‌برداری شد. افزون بر این، به منظور انجام مطالعات ژئوشیمیایی، ۱۶ نمونه دولومیت انتخاب شد و پس از تهیه پودر به وسیله مته دندانپزشکی، با دستگاه ICP در آزمایشگاه پژوهشگاه صنعت نفت تجزیه شدند.

#### ۵- رخساره‌ها و محیط‌های رسوبی

مطالعات پیشین بر روی رخنمون سازند دالان در ناحیه کوه سورمه حاکی از وجود ۵ کمر بند رخساره‌ای مربوط به یک سکوی بزرگ کربناتی از نوع رمپ است که در چارچوب ۹ گروه رخساره‌ای شناسایی و رده‌بندی شده‌اند (لطف‌پور، ۱۳۸۳).

این رخساره‌های عبارتند از: انیدریت لایه‌ای، فنسترال گل‌سنگ دولومیتی، استروماتولیت بایندستون و گل‌سنگ دولومیتی همراه با قالب کانی‌های تیخیری که در پهنه‌های کشندی و لاگون‌های با شدت تبخیر بالا تشکیل شده‌اند. محیط‌های لاگونی با رخساره وکستون تا پکستون دارای خرده‌های اسکلتی موجودات لاگونی شناخته می‌شود، رخساره‌های اتوئید، پلوئید گرینستون دانه ریز، همراه با خرده‌های اسکلتی لاگونی، اتوئید گرینستون دانه ریز با تخلخل قالبی و گرینستون درون‌آواری زیست‌آواری دانه درشت با تخلخل بین‌دانه‌ای بیانگر محیط تپه‌های سدی کربناته هستند که در سازند دالان از گسترش بالایی برخوردارند. رخساره‌های دریای باز شامل رخساره وکستون دارای خرده‌های اسکلتی دریای باز همراه با آشفستگی زیستی می‌شود.

رخساره‌های موجود در چاه مورد مطالعه شامل دولومادستون و دولواستروماتولیت بایندستون مربوط به محیط پهنه‌های کشندی گرم و



شکل ۳- فرایندهای میکربیتی شدن و آشفتنگی زیستی در نمونه‌های مورد مطالعه. (A) آشفتنگی به صورت حفر دالان زیرزمینی در نمونه کوه سورمه. (B و C) آشفتنگی زیستی به صورت تغییر رنگ رسوبات در نمونه‌های زیرسطحی. (D) پوشش میکربیتی (فلش سبز) و میکربیتی شدن کامل دانه‌ها (فلش‌های قرمز) در نمونه سطحی

دولومیتی. تفاوت این دولومیت‌ها در برش سطحی و زیرسطحی به قرار زیر است:

دولومیکریت دارای بلورهای بسیار ریز، بی‌شکل تا شکل‌دار و هم‌اندازه بوده که جانشین میکربیت‌های زمینه سنگ شده است و دارای فابریک فنسترال، فیلامنت‌های میکروبی، حفره‌های باقیمانده از کانی‌های تبخیری و گرهک‌های انیدریتی است. این نوع دولومیت در توالی‌هایی دولومادستونی به صورت بین‌لایه‌ای با لایه‌های انیدریت قرار دارد. نوع دوم دولومیت شناسایی شده، دولومیکرواسپاریت است که از تبلور دوباره دولومیکریت‌ها تشکیل شده است. دولومیت‌های پراکنده در زمینه آهکی نیز از دولومیت‌های موجود و قابل مشاهده است و شروع فرایند جانشینی آهک به وسیله دولومیت را نشان می‌دهد. دولومیت‌های اخیر هم در برش سطحی و هم زیرسطحی وجود دارد. با این تفاوت که فراوانی دولومیکریت در نمونه‌های زیرسطحی بیشتر است. در حالی که در نمونه‌های سطحی دولومادستون‌هایی که فرایند هسته‌گذاری دولومیت در آنها شروع شده است بیشتر به چشم می‌خورد و به عبارتی، دولومیت‌های پراکنده در زمینه آهکی، فراوانی بیشتری دارند. میزان و درصد جانشینی به وسیله دولومیت نیز بین ۰ تا ۱۰۰ درصد متغیر است. اما در نمونه‌های زیرسطحی دولومادستون‌ها غالباً با دولومیت جانشین شده‌اند و فراوانی گرهک‌های انیدریت در آنها بیشتر است. از آنجا که گرهک‌ها رسوبات تبخیری هستند که در شرایط آب و هوای گرم و خشک تشکیل می‌شوند، وجود آنها نشانه شرایط آب و هوایی گرم و خشک است. در نتیجه این تفاوت نشان‌دهنده این است که در زمان تشکیل این نوع دولومیت‌ها، آب و هوای گرم و خشک‌تری در محدوده خلیج فارس امروزی حاکم بوده است.

### ۳-۶- جانشینی

این فرایند به طور گسترده به صورت سیلیسی شدن، انیدریتی شدن، دولومیتی شدن و دولومیت‌زدایی دیده می‌شود که در زیر بحث می‌شوند:

### ۴-۶- سیلیسی شدن

این فرایند تنها در نمونه‌های کوه سورمه به میزان کم و به دو صورت مشاهده می‌شود: الف) به صورت بلورهای منظم و شکل‌دار (شکل ۴-۱) تا بی‌شکل (شکل ۴-۲) کوارتز که در فضای داخل شکستگی‌ها تشکیل شده است. ب) جانشینی انتخابی بخشی تا کامل سیلیس به جای زیست‌آوارهایی مانند بازوپایان، خارپوستان و دوکفه‌ای (شکل ۴-۳). سیلیسی شدن در نمونه‌های زیرسطحی مشاهده نشده است. از آنجا که سیلیسی شدن باید در دماهای بالا صورت گیرد احتمالاً این فرایند با سیالات گرمایی در ارتباط است تا این سیالات دمای لازم برای فرایند یادشده را فراهم نمایند (Marfil et al., 2005).

### ۵-۶- دولومیتی شدن

دولومیت به شکل‌ها و فابریک‌های مختلف در نمونه‌های کوه سورمه و برش زیرسطحی مشاهده می‌شود. این دولومیت‌ها عبارتند از: دولومیکریت، دولومیکرواسپاریت، دولومیت‌های پراکنده در زمینه آهکی، دولومیت‌های جانشینی، دولومیت مجاور استیلولیت‌ها، دولومیت زین‌اسبی و سیمان

است. دولومیت یادشده بر اساس مطالعات انجام‌شده پیشین ( Kamali, 1995) احتمالاً در دمای بالاتر از ۶۰ تا ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد شکل می‌گیرد (Ahr, 2008). که این دما با پنجره نفت‌زایی نیز مقارن است. این مسئله نشان‌دهنده این است که رسوبات واحد دالان بالایی در ناحیه کوه سورمه عمق تدفین بیشتری طی کرده و تحت تأثیر دمای بالاتری قرار گرفته‌اند.

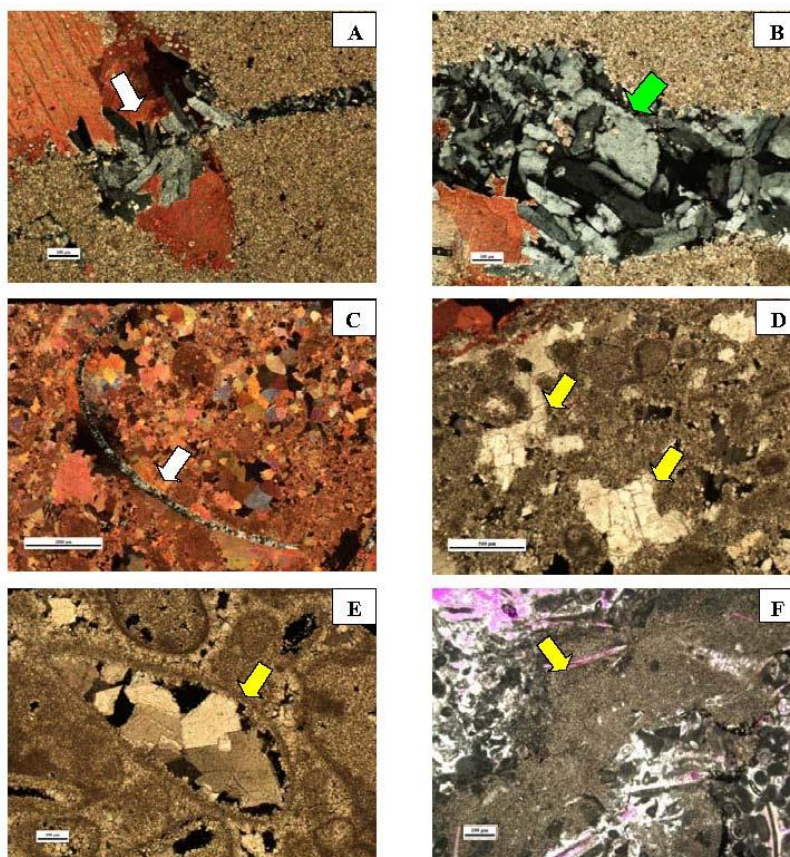
#### ۶-۷- دولومیت‌های مجاور استیلولیت‌ها

این دولومیت‌ها دارای بلورهای نیمه‌شکل‌دار و هم‌اندازه به رنگ قهوه‌ای به طور موضعی در اطراف بعضی استیلولیت‌ها دیده می‌شوند (شکل ۴- F). این دولومیت تنها در چاه مورد مطالعه و در تعداد معدودی از نمونه‌ها قابل مشاهده است.

دولومیتی‌شدن جانشینی، در نمونه‌های مورد مطالعه مشابه است. اما سیمان‌های پرکننده تخلخل‌های قالبی در نمونه‌های زیرسطحی به‌طور عمده انیدریت فراگیر است، اما در نمونه‌های کوه سورمه به‌صورت سیمان کلسیتی درشت‌بلور است که فضاهای خالی موجود مانند شکستگی‌ها و تخلخل‌های انحلالی را پر کرده است.

#### ۶-۶- دولومیت زین‌اسبی

این نوع دولومیت بی‌شکل، در اندازه‌های مختلف با خاموشی موجی، هم به‌صورت سیمان در حفره‌ها و هم به‌صورت جانشینی در ائوئیدها و دیگر آلوکم‌ها (شکل ۴- E و D) (Marfil et al., 2005) در بخش پایین واحد دالان بالایی در کوه سورمه قابل تشخیص است. فراوانی این نوع دولومیت در نمونه‌های یادشده زیاد است و در برخی نمونه‌ها تا ۱۰ درصد حجم سنگ را به خود اختصاص می‌دهد، اما در نمونه‌های چاه مورد مطالعه مشاهده نشده



شکل ۴- فرایند سیلیسی‌شدن و دولومیتی‌شدن در نمونه‌های مورد مطالعه. (تصاویر A تا E مربوط به نمونه‌های کوه سورمه است). (A) بلورهای شکل‌دار کوارتز. (B) بلورهای شکل‌دار تا بی‌شکل کوارتز تشکیل‌شده در شکستگی. (C) جانشینی صدف یک دوکفه‌ای با چرت. (D) دولومیت زین‌اسبی به‌صورت پرکننده حفره‌های انحلالی در نمونه‌های کوه سورمه. (E) سیمان دولومیت زین‌اسبی درون حجره یک دوکفه‌ای. (F) دولومیت‌های مجاور استیلولیت در نمونه‌های زیر سطحی

و زیست‌آوارها شده و تنها آثاری از بافت قبلی برجای مانده است. این فرایند تنها در نمونه‌های چاه مورد مطالعه دیده می‌شود. جانشینی به‌وسیله انیدریت در طی مراحل اولیه دیاژنوز تدفینی به‌وسیله چرخش به سمت پایین

#### ۶-۸- انیدریتی‌شدن

در این فرایند انیدریت، جانشین زمینه سنگ و آلوکم‌هایی مانند ائوئید

شورابه غنی از سولفات در کربنات‌های متخلخل و تراوا رخ می‌دهد.

### ۶-۹- کلسیتی شدن یا دولومیت زدایی

این فرایند به میزان کم و تنها در نمونه‌های کوه سورمه مشاهده می‌شود. در این فرایند بلورهای لوزوجهی دولومیت به علت فراخاست پس از تدفین با کلسیت جانشین شده‌اند. عامل اصلی ایجاد این پدیده نفوذ آبهای جوی از داخل سولفات‌ها به‌ویژه سولفات کلسیم و تماس با دولومیت است، همچنین تماس دولومیت با آبهای جوی غنی از کلسیم، به دلیل فراخاست می‌تواند دلیل دیگر دولومیت زدایی باشد.

### ۶-۱۰- سیمانی شدن

مطالعه سنگ‌نگاری سنگ‌های واحد دالان بالایی منجر به تشخیص انواع سیمان‌های کلسیتی، دولومیتی و انیدریتی با فابریک‌های مختلف شده است. این سیمان‌ها شامل سوزنی هم‌ضخامت، تیغه‌ای، کلسیت هم‌بعد، سیمان هم‌محور، سیمان کلسیتی درشت‌بلور، سیمان دروزی، سیمان میکریتی، سیمان دولومیت زین‌اسبی و سیمان‌های انیدریتی است. از میان این سیمان‌ها، سیمان تیغه‌ای، سوزنی، کلسیت هم‌بعد، هم‌محور، در هر دو برش قابل شناسایی است. اما سیمان‌های کلسیتی درشت‌بلور، سیمان دروزی، سیمان میکریتی، زین‌اسبی و سیمان‌های انیدریتی تنها در یک برش دیده می‌شود که در ادامه مورد بحث قرار می‌گیرد.

سیمان تیغه‌ای هم‌ضخامت: در رخساره‌های ائوئید گرینستون بخش مرکزی تپه‌های سدی و گرینستون درون‌آواری زیست‌آواری حواشی رو به دریای آن به‌ویژه در چاه مورد مطالعه به فراوانی مشاهده می‌شود. در کوه سورمه با توجه به اینکه گسترش رخساره‌های گرینستونی کمتر است فراوانی این سیمان کمتر است. این سیمان با حواشی هم‌ضخامت در اطراف آلوکم‌هایی مانند روزن‌داران، دوکفه‌ها، ائوئیدها و پلوییدها مشاهده می‌شود. سیمان کلسیت هم‌بعد: سیمان هم‌بعد به طور عمده بین دانه‌ها، در شکستگی‌ها، درون حفره‌ها، صدف برخی جانداران مانند دوکفه‌ای‌ها، استراکودها، روزن‌داران و همچنین حفره‌های انحلالی، در هر دو برش دیده می‌شود.

سیمان هم‌محور: در نمونه‌های مورد مطالعه با فراوانی نسبتاً بالا و در رخساره‌های متعدد قابل مشاهده است. این سیمان بر روی قطعات خارپوستان تشکیل می‌شود، به گونه‌ای که هم‌جهت با محور بلوری قطعات خارپوستان است. گاهی بلورهای بزرگی شکل گرفته و قطعات اطراف را نیز در بر می‌گیرند. اندازه بزرگ این بلورها ممکن است نشانگر رشد آرام‌تر آنها نسبت به سیمان کلسیتی هم‌بعد باشد (Longman, 1980).

### ۶-۱۰-۱- سیمان کلسیتی درشت‌بلور

در نمونه‌های کوه سورمه این سیمان به صورت بلورهای تقریباً هم‌بعد، شفاف و درشت کلسیت به‌طور عمده شکستگی‌های ثانویه موجود در سنگ و گاهی حفره‌های انحلالی و تخلخل درون دانه‌های زیست‌آوار را پر کرده است. از آنجا که قسمت‌های پایینی این واحد به شدت دچار برشی شدن

شده است این سیمان در آخرین مراحل دیازنز به صورت خمیره‌ای، قطعات خردشده را به هم متصل نگه داشته است. این سیمان به صورت رگه‌های کلسیتی به فراوانی در غالب نمونه‌های کوه سورمه مشاهده می‌شود و نقش بسزایی در کاهش تخلخل به‌ویژه شکستگی‌ها دارد (شکل ۵-۵A). بلورهای درشت و شفاف (limpid) نشانه تشکیل با سرعت آهسته و مشخصه محیط تدفینی است (Hardwood, 1988). اما در نمونه‌های چاه مورد مطالعه مشاهده نشده است.

### ۶-۱۰-۲- سیمان کلسیت دروزی

این سیمان که بندرت در نمونه‌های کوه سورمه دیده می‌شود یک سیمان پرکننده حفره بوده که اندازه بلورها از دیواره حفره به سمت مرکز آن بزرگ‌تر می‌شود (شکل ۵-۵B).

### ۶-۱۰-۳- سیمان میکریتی

در نمونه‌های کوه سورمه این سیمان در محیط لاگون تشکیل شده و به صورت نوار نازک تیره اطراف بعضی دانه‌ها و در برخی موارد داخل حفره‌های زیست‌آوارها را پوشانده است (شکل ۵-۵C). میزان این سیمان بسیار کم بوده و سهمی در کاهش تخلخل ندارد. این سیمان شاخص محیط فریاتیك دریایی است (Hardwood, 1988).

### ۶-۱۰-۴- سیمان‌های انیدریتی

سیمان انیدریتی به سه شکل در نمونه‌ها وجود دارد.

۱- به صورت بلورهای ریز سوزنی و کشیده با جهت‌یافتگی تصادفی در نمونه‌ها مشاهده می‌شود. این نوع سیمان به‌ویژه در بخش پایینی واحد دالان بالایی در کوه سورمه فضای داخل شکستگی‌ها و تخلخل حاصل از برشی شدن را پر کرده است و احتمالاً به صورت تزریقی بر اثر انحلال تبخیری‌های واحد نار وارد این بخش شده است. در نمونه‌های زیرسطحی توزیع و پراکندگی این نوع سیمان بیشتر است (شکل ۵-۵D) و به‌ویژه در توالی‌های به سمت بالا کم عمق شونده به فراوانی دیده می‌شود.

۲- به صورت بلورهای درشت اسپاری که به طور تأخیری فضای خالی بین‌دانه‌ای، قالبی و حفره‌ای را پر کرده است (شکل ۵-۵E). این سیمان تنها در نمونه‌های چاه مورد مطالعه و به میزان کم یافت می‌شود.

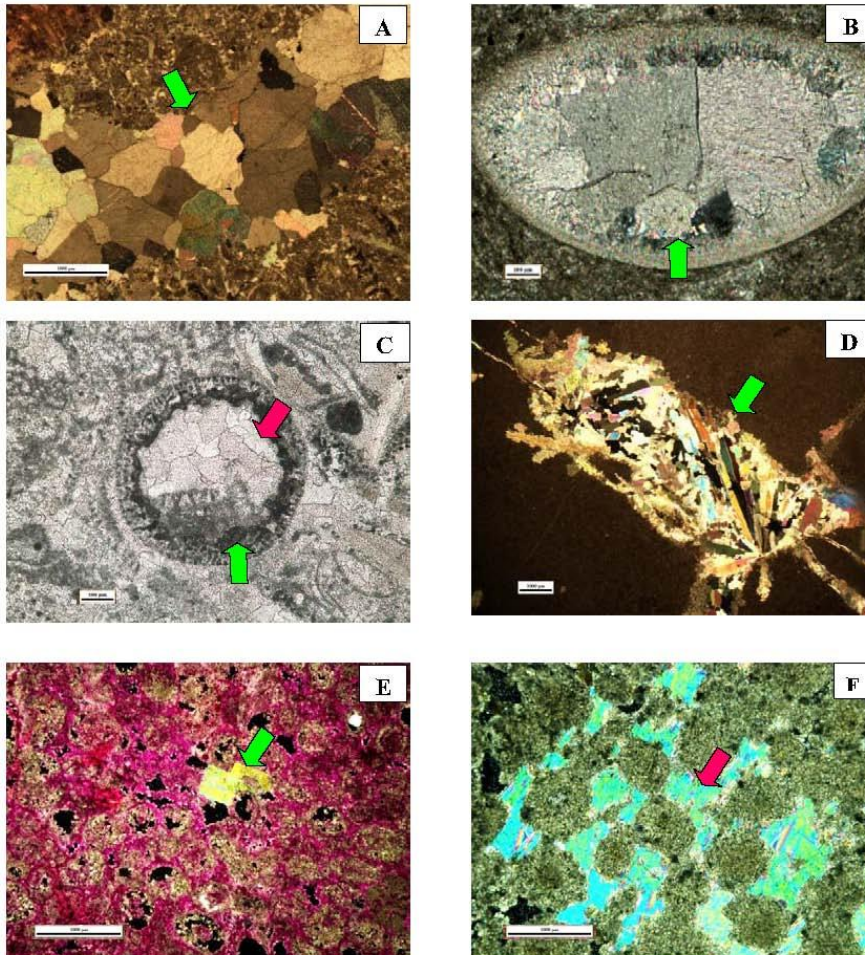
۳- به صورت سیمان فراگیر، که در این حالت، انیدریت از یک یا چند بلور بزرگ با ابعاد چند میلی‌متر یا بیشتر تشکیل شده که چندین دانه را در بر می‌گیرد (Tucker, 1991) (شکل ۵-۵F). این سیمان به میزان فراوان در نمونه‌های چاه مورد مطالعه مشاهده شده و نقش بسزایی در کاهش تخلخل به‌ویژه تخلخل‌های بین‌دانه‌ای و حفره‌ای دارد.

### ۶-۱۱- فابریک ژئوپتال

این فابریک تنها در رخساره‌های لاگونی نمونه‌های مطالعه شده کوه

کلسیت اسپاری، سطح اولیه رسوبگذاری را نشان می‌دهد.

سورمه دیده شده است. این فابریک در پوسته‌های فسیلی به‌ویژه در پوسته شکم‌پایان (شکل ۵- C) تشکیل شده است. فصل مشترک گل و سیمان



شکل ۵- انواع سیمان در نمونه‌های مورد مطالعه. (A) بلورهای درشت کلسیت اسپاری پرکننده شکستگی. (B) سیمان کلسیتی دروزی. (C) سیمان میکریتی به‌صورت پوشاننده دیواره درونی زیست‌آوار (فلش سبز). فابریک ژئوپتال درون صدف تشکیل شده و بخش بالایی با سیمان کلسیت هم‌بعد پر شده است (فلش قرمز). (D) سیمان انیدریتی متشکل از بلورهای کشیده. (E) بلور انیدریت اسپاریتی متبلور شده در فضای بین‌دانه‌ای. (F) سیمان انیدریت فراگیر (انواع سیمان در شکل با فلش نشان داده شده است)

## ۱۲-۶- انحلال

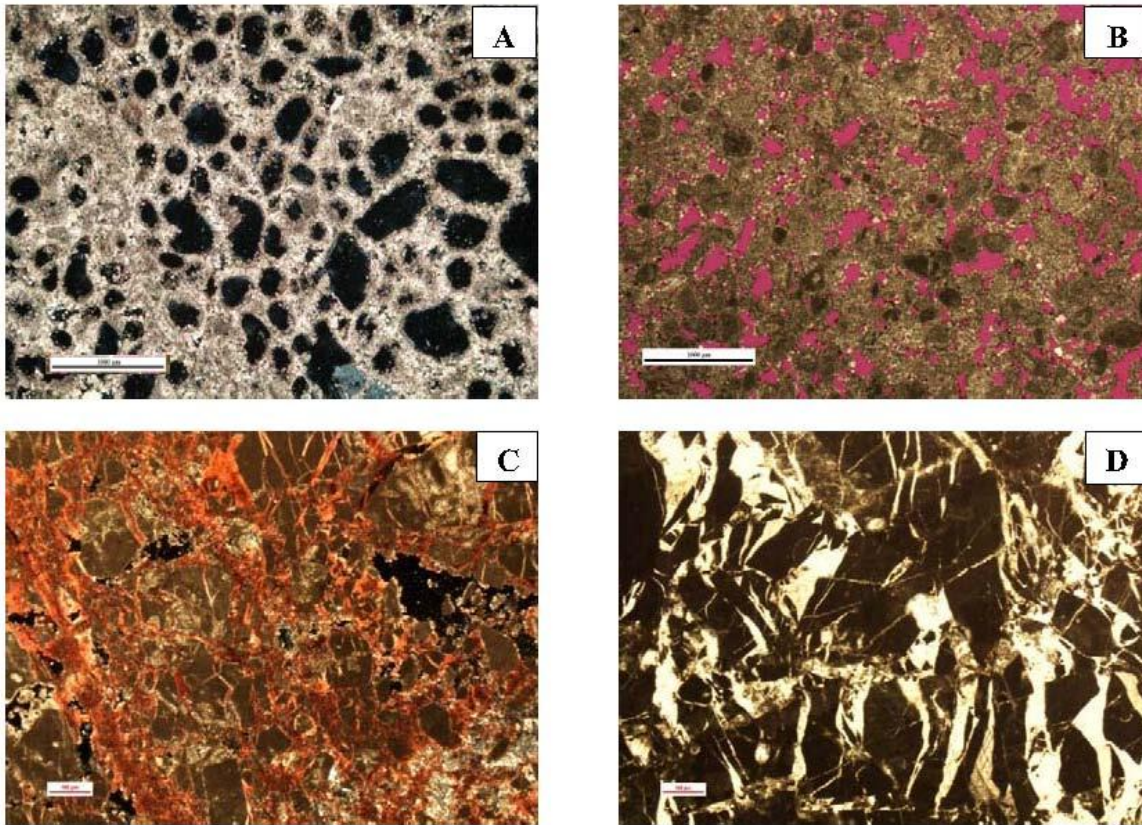
دچار انحلال در مقیاس وسیع شده و باعث خالی شدن فضای زیرین واحد دالان بالایی شده است. در نتیجه لایه‌های رویی بر اثر وزن خود فرو ریخته و برش‌هایی از نوع ریزش به دلیل انحلال تبخیری (evaporite solution collapse) تشکیل شده است. در بخش‌های پایینی واحد دالان بالایی در کوه سورمه برشی شدن و تخلخل حاصل به فراوانی مشاهده می‌شود. اما با دور شدن از مرز دالان بالایی با نار میزان این تخلخل نیز کاهش می‌یابد. در بخش‌هایی این تخلخل با سیمان انیدریتی و دولومیتی پر شده یا کاهش یافته است (شکل ۶- C و D). برشی شدن می‌تواند تخلخل را افزایش دهد به گونه‌ای که مخزنی برای هیدروکربن یا میزبانی برای کانه‌زایی شود (Moore, 1989). این فرایند با اینکه در برش کوه سورمه تخلخل برشی بالایی ایجاد کرده است اما تخلخل ایجاد شده به‌وسیله تزریق شوراب‌های حاصل از انحلال تبخیری‌های واحد نار کاهش یافته است.

در جدول ۱ فرایندهای دیاژنتیک در برش کوه سورمه و برش زیرسطحی مقایسه شده است.

انحلال در نمونه‌های چاه مورد مطالعه به طور گسترده‌ای باعث تشکیل تخلخل قالبی (شکل ۶- A) حاصل از انحلال ائویدها در رخساره‌های گریستونی از جمله ائوید گریستون شده است. فرایند انحلال تحت تأثیر آبهای زیراشباع جوی رخ داده است. افزایش انحلال سبب تبدیل تخلخل قالبی به حفره‌ای شده است. این فرایند نقش بسیار مهمی در افزایش کیفیت مخزنی داشته است. در نمونه‌های کوه سورمه نیز تخلخل‌های قالبی و حفرات انحلالی (شکل ۶- B) به فراوانی دیده می‌شود.

## ۱۳-۶- برشی شدن

در کوه سورمه از آنجا که بخش زیرین دالان بالایی یعنی عضو نار حاوی لایه‌های کربناتی و به‌ویژه تبخیری (انیدریت) است، تحت تأثیر دیاژنز جوی



شکل ۶- فرایندهای انحلال و برشی شدن. (A) تخلخل قالبی حاصل از انحلال انوییدها و زیست‌آوارها در نمونه زیرسطحی. (B) تخلخل انحلالی در نمونه کوه سورمه. (C و D) برشی شدن در نمونه‌های کوه سورمه

جدول ۱- مقایسه فرایندهای دیاژنتیک در برش کوه سورمه و برش زیرسطحی

برش زیرسطحی (میدانی در خلیج فارس)	برش سطحی (کوه سورمه)	فرایندهای دیاژنتیک	
-	*	سیلیسی شدن	جانشینی
*	-	انیدریتی شدن	
-	*	دولومیت‌زدایی	
-	*	دولومیت زین‌اسبی	انواع دولومیت
*	-	دولومیت مجاور استیلولیت‌ها	
-	*	سیمان کلسیت درشت‌بلور	انواع سیمان
-	*	سیمان دروزی	
-	*	سیمان میکریتی	
*	-	سیمان انیدریتی	
-	*	برشی شدن	
-	*	فابریک ژئوپتال	
-	*	شکستگی	



## ۷- ارائه تاریخچه دیاژنتیکی

با توجه به روند فرایندهای دیاژنتیکی چنین به نظر می‌رسد که سازند دالان در محیط‌های مورد مطالعه، محیط‌های دیاژنزی مختلف و روندهای متفاوتی طی کردند. در نمونه‌های چاه مورد مطالعه، فرایندهایی چون آشفستگی زیستی، میکریتی شدن و سیمان حاشیه هم‌ضخامت دلالت بر طی محیط دیاژنزی دریایی دارد. با توجه به شواهدی چون انحلال گسترده و تشکیل تخلخل‌های قالبی و حفره‌ای و تشکیل انواع سیمان‌های مربوط به محیط جوی (تیغه‌ای، هم‌بعد و غیره) و ترتیب تقدم، تأخر فرایندها می‌توان نتیجه گرفت که رسوبات این چاه پس از طی محیط دیاژنزی دریایی مستقیماً وارد محیط تدفینی نشده‌اند، بلکه حداقل بخش‌هایی مانند سد اثولیتی (Shoal) ابتدا وارد محیط دیاژنزی جوی شده و پس از طی فرایندهای مربوط به این محیط وارد محیط دیاژنزی تدفینی شده‌اند.

نمونه‌های کوه سورمه نیز شواهد طی محیط دیاژنزی دریایی را نشان می‌دهد. آثار و شواهدی چون انواع استیلولیت، وجود سیمان‌های دولومیت زین‌اسبی، شکستگی‌ها، سیمان‌های تدفینی درشت‌بلور و سیلیسی شدن دلالت بر پشت سر گذاشتن محیط دیاژنزی تدفینی عمیق و بالاتر از دمای بحرانی (CRT) است. پس از آن بر اثر فراخاست رسوبات (Uplift)، رسوبات وارد محیط دیاژنزی جوی شده‌اند. انحلال و تشکیل تخلخل‌های قالبی و حفره‌ای، نوربختی آراگونیت به کلسیت، تشکیل انواع سیمان‌های این محیط مانند دروزی، هم‌بعد در این محیط رخ داده است.

## ۸- مطالعات ژئوشیمیایی

به منظور انجام مطالعات ژئوشیمیایی ۱۶ نمونه دولومیت انتخاب و پودر آنها به وسیله مت‌دندانپزشکی (dental drill) تهیه شده و برای تعیین عناصر اصلی و فرعی با دستگاه ICP در آزمایشگاه پژوهشگاه صنعت نفت تجزیه شدند. گستره مقادیر عناصر اصلی (Ca, Mg)، عناصر فرعی (Na, Sr, Mn, Fe) برحسب درصد جرمی اندازه‌گیری شده است. به منظور مقایسه نتایج تجزیه مقادیر بعضی از عناصر بر حسب ppm محاسبه شده‌اند. نتایج حاصل در جدول ۲ آمده است.

## ۸-۱- ترکیب عنصری

ترکیب عناصر اصلی و فرعی در دولومیت‌ها به ترکیب سیالات دولومیت‌ساز، درجه باز بودن سامانه دیاژنتیکی یا نسبت آب به سنگ و ضریب توزیع عناصر در دولومیت بستگی دارد (Tucker and Wright, 1990). همچنین ترکیب عناصر اصلی و فرعی در دولومیت‌ها به مقدار قابل توجهی به دلیل ترکیب متفاوت سیالات دولومیت‌ساز (شیرین، لب‌شور، دریایی، فوق‌العاده شور) متغیر است (Behrens and Land, 1972; Kretz, 1982; Rao, 1996). در آبهای دریایی شور تا بسیار شور مقادیر Ca, Mg, Sr, Na بالا در حالی که مقادیر Fe و Mn پایین است. برعکس در آبهای شیرین مقادیر Ca, Mg, Sr و Na پایین در حالی که مقادیر Fe و Mn بالاست (آدابی، ۱۳۸۳).

جدول ۲- میزان عناصر اصلی و فرعی دولومیت‌ها (SW: نمونه‌های کوه سورمه، A: نمونه‌های زیرسطحی)

Sample No.	Ca %,mass	Mg %,mass	Sr ppm	Na ppm	Mn ppm	Fe ppm
A.823	20	8	100	900	100	800
A.841	18	7.9	100	900	100	1400
A.855	23	4	200	800	100	300
A.504	19	7.9	100	900	100	100
A.501	19	7.5	100	900	100	100
A.554	23	5.8	300	900	100	100
A.790	20	6.4	1000	700	100	700
A.840	19	7.5	300	300	100	1000
SW.7	21	6.6	100	500	200	700
SW.22	21	6.6	100	400	200	1000
SW.23	20	6.6	400	400	100	2000
SW.37	20	7.9	100	900	200	1600
SW.41	21	7.4	100	800	200	1200
SW.55	20	6.9	100	600	300	1400
SW.56	20	6.7	100	600	200	2600
SW.59	22	6.7	100	700	200	1800

## ۱-۱-۱-۱- عناصر اصلی

## ۱-۱-۱-۱- کلسیم و منیزیم

تمرکز Ca و Mg در دولومیت‌ها به نسبت Mg/Ca در سیالات بستگی دارد (Sass and Bein, 1988). دولومیت می‌تواند از سیالاتی که نسبت Mg/Ca آنها بین حدود ۱ تا ۱۰ متغیر است، تشکیل شود. دولومیتی که میزان Ca و Mg در آن مساوی باشد دولومیت استوکیومتری یا ایده‌آل نامیده می‌شود. در نمونه‌های مورد مطالعه میزان Ca بین ۱۸ درصد تا ۲۳ درصد در تغییر است. میزان Mg بین ۴ درصد تا ۸ درصد (میانگین ۶/۹ درصد) تغییر می‌کند. مقادیر یادشده حاکی از دور بودن دولومیت از حالت استوکیومتری (less stoichiometric) است، مانند دولومیت‌های پهنه‌های کشندی هولوسن و سنوزویک که اغلب دارای نظم ضعیف (Poorly ordered) و استوکیومتری پایین هستند (Land, 1985; Mazzullo, 1992).

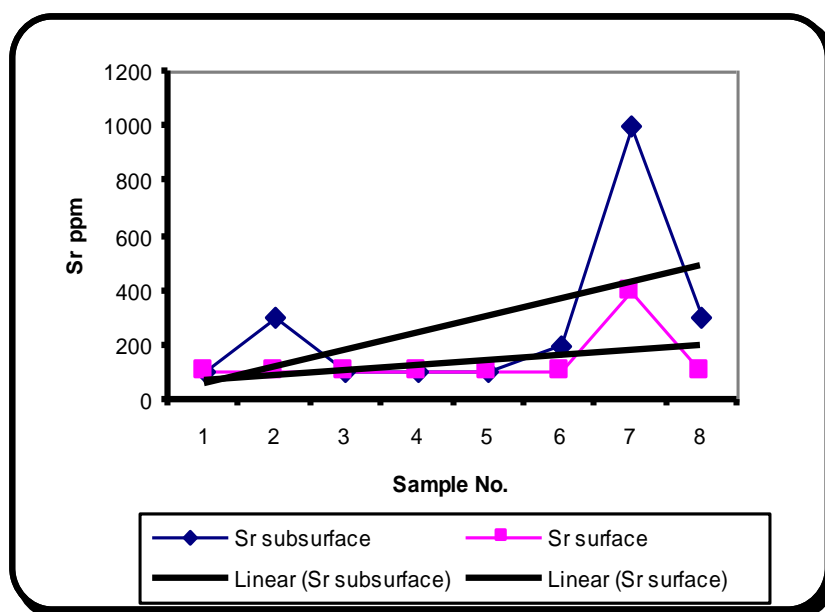
## ۱-۲-۱-۱- عناصر فرعی

## ۱-۲-۱-۱- استرانسیم (Sr)

استرانسیم یکی از مهم‌ترین عناصر فرعی است که در مطالعات

ژئوشیمیایی بیشتر مورد استفاده است (Veizer, 1983; Land, 1985). به این دلیل که عنصر استرانسیم در اسکلت کربناتی موجودات زنده و همین‌طور در سیمان‌های آراگونیتی و شبکه بلوری آراگونیت جانشین عنصر Ca می‌شود (Bathurst, 1987) بنابراین میزان این عنصر با کانی‌شناسی کربنات‌ها ارتباط مستقیم دارد و مقدار استرانسیم در دولومیت‌ها کمتر از آهک‌هاست (Rao, 1996). مقدار Sr در دولومیت‌های عهد حاضر بین حدود ۱۵۰ تا ۳۵۰۰ پی‌پی‌ام در تغییر است (آدابی، ۱۳۸۳). میزان عنصر استرانسیم در نمونه‌های مورد مطالعه بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ پی‌پی‌ام (میانگین ۲۰۰ پی‌پی‌ام) در تغییر است. تغییرات این عنصر در نمونه‌های رخنمون کوه سورمه بین ۱۰۰ تا ۴۰۰ پی‌پی‌ام و میانگین ۱۲۵ پی‌پی‌ام و در نمونه‌های زیرسطحی بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام با میانگین ۲۷۵ پی‌پی‌ام است. این امر به دلیل تأثیر دیاژنز جوی است. چون ضریب توزیع (Partition Coefficient) استرانسیم در آبهای جوی بسیار پایین است، در نتیجه میزان آن در کربنات‌هایی که تحت تأثیر دیاژنز جوی قرار گرفته‌اند به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد (Winfield et al., 1996) (شکل ۷).

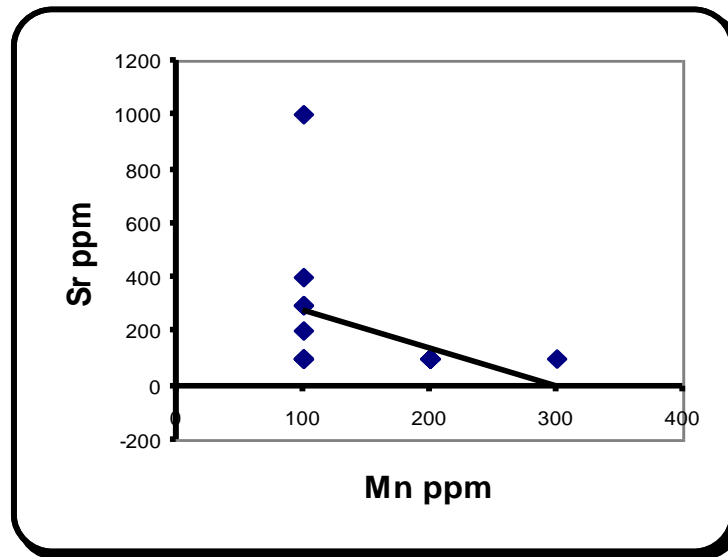
یک نمونه میزان ۱۰۰۰ ppm استرانسیم نشان می‌دهد که این امر می‌تواند به دلیل تأثیر و ته‌نشین شدن از مایعات بسیار شور (hypersaline) باشد (Tucker and Wright, 1990).



شکل ۷- مقایسه میزان عناصر استرانسیم در نمونه‌های سطحی و زیرسطحی. میزان استرانسیم در نمونه‌های سطحی که تحت تأثیر دیاژنز جوی قرار گرفته‌اند پایین‌تر از نمونه‌های زیرسطحی است.

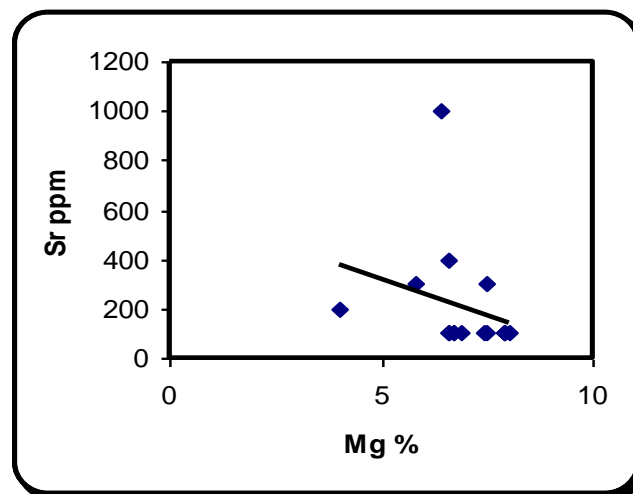
مقایسه بر مبنای شباهت‌های سنگ‌شناسی و محیط رسوبی انجام شده است.

رسم مقادیر Sr در برابر Mn نشان می‌دهد که نمونه‌های سازند دالان در محدوده ارائه شده برای آهک‌های آراگونیتی مزدوران (Adabi and Rao, 1991) قرار دارد، که کانی اولیه آن آراگونیتی بوده است (شکل ۸).



شکل ۸- روند تغییرات استرانسیم نسبت به منگنز

رسم نمودار Sr در برابر Mg حاکی از روند کاهشی است (شکل ۹)،  
یعنی با افزایش میزان Mg میزان Sr کاهش می‌یابد. چون در شبکه  
دولومیت به جای Ca می‌نشینند، هرچه میزان Ca در دولومیت کاهش  
یابد و به عبارتی Mg افزایش یابد، میزان Sr نیز کاهش می‌یابد  
(Adabi and Rao, 1991).



شکل ۹- روند تغییرات استرانسیم نسبت به منیزیم. چون استرانسیم در شبکه دولومیت به جای کلسیم می‌نشینند، با افزایش منیزیم و کاهش کلسیم میزان استرانسیم کاهش یافته است.

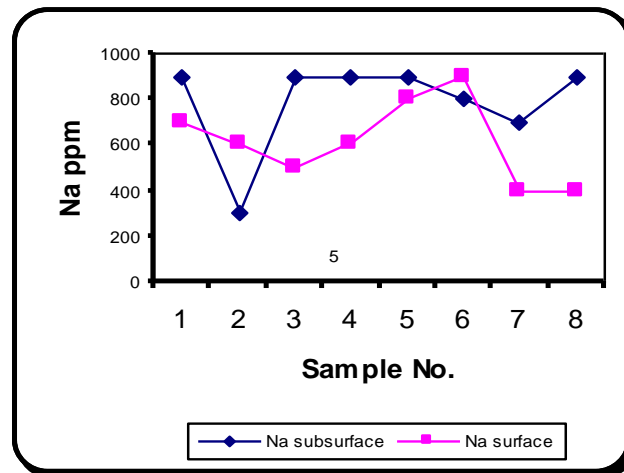
بستگی دارد (Land and Hoops, 1973; Morison and Brand, 1988; Rao and Adabi, 1992). مقدار Na با افزایش شوری (Land and Hoops, 1973) and افزایش عمق آب (Rao and Adabi, 1992)، سرعت رشد (Busenberg and Plummer, 1985) و نقص شبکه بلوری (Crystal defect) موجود در کربنات‌ها (Rao, 1996) افزایش می‌یابد.  
میزان سدیم در نمونه‌های مورد مطالعه بین ۳۰۰ تا ۹۰۰ پی‌پی‌ام

#### ۸-۲-۲-۱-۸- سدیم (Na)

مقدار سدیم در دولومیت‌های عهد حاضر بین ۱۰۰ تا ۲۵۰۰ پی‌پی‌ام در نوسان است (آدابی، ۱۳۸۳). سدیم فراوان‌ترین کاتیون موجود در آب دریا و شاخصی برای تعیین درجه شوری سیال قدیمی (Paleosalinity) است (Veizer, 1983; Land, 1985). غلظت سدیم در کربنات‌ها به درجه شوری، عمق آب، تفریق زیستی، اثرات جنبشی و کانی‌شناسی کربنات

بالا تر میزان سدیم در نمونه‌های زیرسطحی (شکل ۱۰) احتمالاً به دلیل تأثیر دیاژنز جوی در نمونه‌های سطحی است. از آنجا که ضریب تفکیک (Partition Coefficient) سدیم کمتر از ۱ است و در آب جوی تمرکز کمی دارد، بنابراین محصول دیاژنزی حاصل تمرکز پایینی از Na را نشان می‌دهد (Brand and Veizer, 1980; Rao, 1990; Adabi and Rao, 1991).

(میانگین ۷۵۰ پی‌پی‌ام) در تغییر است. (1983) Veizer نشان داد رخساره‌های دولومیتی شده به وسیله سیالات بسیار شور به طور کلی دارای بیش از ۲۳۰ پی‌پی‌ام سدیم است، در حالی که در رخساره‌های دریای باز این میزان پایین تر است. میزان سدیم در نمونه‌های سطحی مورد مطالعه بین ۳۰۰ تا ۹۰۰ پی‌پی‌ام با میانگین ۶۱۲ پی‌پی‌ام و در نمونه‌های زیرسطحی بین ۷۰۰ تا ۹۰۰ پی‌پی‌ام با میانگین ۷۸۸ پی‌پی‌ام در تغییر است. غلظت

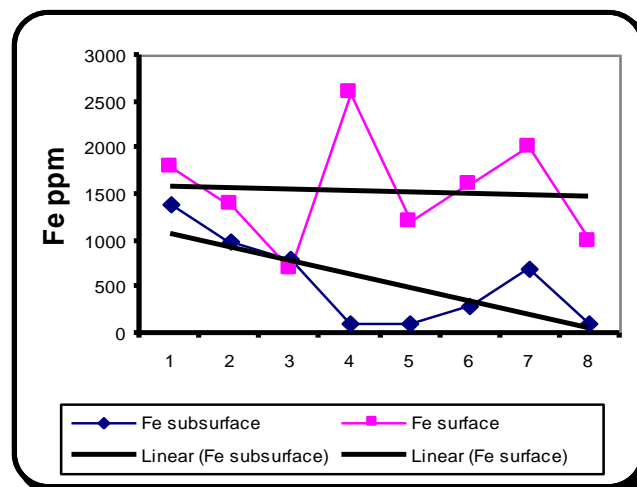


شکل ۱۰- مقایسه میزان عنصر سدیم در نمونه‌های سطحی و زیرسطحی. میزان سدیم در نمونه‌های سطحی به دلیل تأثیر دیاژنز جوی مقادیر پایین‌تر از نمونه‌های زیرسطحی نشان می‌دهد.

این دلیل است که مقدار Mn و Fe در طی دیاژنز جوی افزایش می‌یابد (Brand and Veizer, 1980; Rao, 1990; Adabi and Rao, 1991). این افزایش به دو دلیل است: ۱- مقدار آهن و منگنز در آب دریا کم و در سیالات دیاژنتیکی درون حفره‌های زیاد است. ۲- ضریب توزیع بیشتر از ۱ است. مثلاً برای Mn تقریباً برابر ۱۵ است (Adabi and Rao, 1991).

### ۱-۱-۳- آهن و منگنز (Fe, Mn)

در نمونه‌های سطحی منطقه مورد مطالعه، مقدار آهن بین ۷۰۰ تا ۲۶۰۰ پی‌پی‌ام (میانگین ۱۵۳۷ پی‌پی‌ام) در نوسان است (شکل ۱۱). مقدار منگنز نیز در نمونه‌های رخنمون کوه سورمه از ۱۰۰ تا ۳۰۰ پی‌پی‌ام (میانگین ۲۰۰ پی‌پی‌ام) در تغییر است اما در نمونه‌های زیرسطحی هم مقدار حدود ۱۰۰ پی‌پی‌ام را نشان می‌دهند. بیشتر بودن میزان Fe و Mn در نمونه‌های سطحی نسبت به نمونه‌های زیرسطحی به



شکل ۱۱- مقایسه میزان عنصر Fe در نمونه‌های سطحی و زیرسطحی. این نمودار حاکی از مقادیر بالاتر منگنز در نمونه‌های سطحی است.

## نتیجه‌گیری

تأثیر دیازنزی جوی تغییر نکرده است.

## مراجع

- تأثیر دیازنزی جوی تغییر نکرده است.
- آدابی، م. ح.، ۱۳۸۳، "ژئوشیمی رسوبی" انتشارات آرین زمین، ۴۴۸ صفحه.
- پرهام، س. و کمالی، م. ر.، ۱۳۹۳، "بررسی انواع تخلخل، عوامل مؤثر بر آن و زون‌بندی مخزن دالان بالایی در برش کوه سورمه و خلیج فارس" فصلنامه علوم زمین، سال ۲۳، شماره ۹۲، صفحه ۹۳ تا ۱۰۴.
- درویش‌زاده، ع.، ۱۳۸۹، "زمین‌شناسی ایران: چینه‌شناسی، تکتونیک، دگرگونی و ماگماتیسیم" انتشارات امیرکبیر، ۴۳۴ صفحه.
- ربانی، ا.، ۱۳۸۲، "بررسی منشاء گازهای مخازن پرمین-تریاس جنوب ایران" مجله تحقیق در علوم و مهندسی نفت، شماره ۳۷، ۱۰ صفحه.
- ربانی، ا.، ۱۳۸۳، "مطالعه ژئوشیمیایی رخساره‌های کربناته-دولومیتی سنگ مخزن گازی دالان و کنگان در میدان سلمان" بیست و دومین همایش سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۲ صفحه.
- کاوسی، م. ع.، ۱۳۷۴، "سنگ‌شناسی رسوبی و محیط‌های رسوبی سازند دالان و فراقان (پرمین زیرین-پرمین میانی) در ناحیه دنا" پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، ۱۱۶ صفحه.
- کمالی، م. ر.، پرهام، س. و فیاضی، ف.، ۱۳۹۱، "بررسی رخساره‌ها، محیط‌های رسوبی و دیازنزی کربنات‌های بالایی سازند دالان در خلیج فارس" فصلنامه علوم زمین، سال ۲۲، شماره ۸۶، صفحه ۲۰۳ تا ۲۱۲.
- لطف‌پور، م. آدابی، م. ح.، ۱۳۸۳، "بررسی محیط‌های رسوبی و چینه‌شناسی سکانسی سازند دالان در نواحی کوه سورمه و کوه دنا" مجله علوم دانشگاه تهران، ۸ صفحه.
- لطف‌پور، م.، ۱۳۸۴، "چینه‌شناسی توالی‌ها، محیط رسوبی و بیواستراتیگرافی سازندهای دالان و کنگان در ناحیه زاگرس جنوبی با نگرشی ویژه بر مرز پرموتریاس" رساله دکتری دانشگاه شهید بهشتی، ۴۰۰ صفحه.
- مطیعی، ه.، ۱۳۷۲، "چینه‌شناسی زاگرس" انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی کشور، ۱۳۰ صفحه.
- Adabi, M.H., and Rao, C.H., 1991, "Petrographic and geochemical evidence for original aragonitic mineralogy of Upper Jurassic Carbonates (Mozduran. Formation), Sarakhs area", Iran: Sed. Geology, v.72, P.253-267.**
- Ahr, W. M., 2008, "Geology of carbonate reservoirs", Wiley publication. P.277.**
- Behrens, E.W. and Lands, L.S. 1972, "Subtidal Holocene dolomites, Baffin Bay", Texas. J. Sed. Petrol. 42, P.155-161.**
- Brand, v., and Veizer, J., 1980, "Chemical diagenesis of a multicomponent Carbonate system-I: trace elements: Jour", Sed. Petrol., v.50, P.1219-1236.**
- Busenberg, E. and Plummer, N.L., 1985, "Kinetic and thermodynamic factors controlling the distribution of SO<sub>4</sub> and Na in calcites and selected aragonites: Geochim", Cosmochim. Acta, v.49, P.713-725.**
- Bathurst, R.G.C., 1987, "Diagenetically enhanced bedding in argillaceous platform limestones; stratified cementation and selective compaction: Sedimentology", v.34, P.749-778.**
- نتایج حاصل از مطالعات انجام شده روی نمونه‌های واحد دالان بالایی در کوه سورمه و خلیج فارس به شرح زیر خلاصه می‌شود: فرایندهای دیازنتیکی مؤثر بر این واحد شامل آشفستگی زیستی، میکریتی‌شدن، جانیشینی (سیلیسی‌شدن، دولومیتی‌شدن، انیدریتی‌شدن و کلسیتی‌شدن)، سیمانی‌شدن، انحلال و شکستگی است. از میان این فرایندها و محصولات آنها، سیلیسی‌شدن، دولومیت‌زدایی، سیمان کلسیت درشت‌بلور، سیمان دروزی، میکریتی، دولومیت زین‌اسبی و فابریک ژئوپتال، تنها در نمونه‌های کوه سورمه مشاهده می‌شود. در نمونه‌های زیر سطحی، دولومیت مجاور استیلولیت‌ها، جانیشینی با انیدریت، و سیمان انیدریتی با فابریک‌های مختلف شناسایی شده است. انیدریت سوزنی در بخش‌های پایینی واحد دالان بالایی به صورت تزییقی دیده می‌شود.
- در نمونه‌های چاه مورد مطالعه فرایندهایی چون آشفستگی زیستی، میکریتی‌شدن و سیمان حاشیه هم‌ضخامت دلالت بر طی محیط دیازنزی دریایی است. با توجه به شواهدی چون انحلال گسترده و تشکیل تخلخل‌های قالبی و حفره‌ای و تشکیل انواع سیمان‌های مربوط به محیط جوی (تیغه‌ای، هم‌بعد و غیره) و ترتیب تقدم، تأخر فرایندها می‌توان نتیجه گرفت که رسوبات این چاه پس از طی محیط دیازنزی دریایی مستقیماً وارد محیط تدفینی نشده‌اند، بلکه دست‌کم بخش‌هایی مانند سد انولیتی ابتدا وارد محیط دیازنزی جوی شده و پس از طی فرایندهای مربوط به این محیط وارد محیط دیازنزی تدفینی شده‌اند.
- نمونه‌های کوه سورمه نیز شواهد طی محیط دیازنزی تدفینی را نشان می‌دهد. آثار و شواهدی چون انواع استیلولیت، وجود سیمان‌های دولومیت زین‌اسبی، شکستگی‌ها، سیمان‌های تدفینی درشت‌بلور و سیلیسی‌شدن دلالت بر پشت سر گذاشتن محیط دیازنزی تدفینی عمیق و بالاتر از دمای بحرانی (CRT) است. پس از آن بر اثر فراخاست رسوبات، رسوبات وارد محیط دیازنزی جوی شده‌اند. انحلال و تشکیل تخلخل‌های قالبی و حفره‌ای، نوریختی آراگونیت به کلسیت، تشکیل انواع سیمان‌های این محیط مانند دروزی، هم‌بعد در این محیط رخ داده است.
- وجود سیمان‌های دولومیت زین‌اسبی و کوارتز شکل‌دار در نمونه‌های کوه سورمه و عدم وجود آنها در نمونه‌های زیرسطحی خلیج فارس مبین این است که این نمونه‌ها در محیط تدفینی عمیق، تحت تأثیر محلول‌های گرمابی با دمای بالا حدود ۶۰ تا ۱۵۰ درجه قرار گرفته‌اند و در مقایسه با بخش‌های هم‌ارز این سازند در خلیج فارس، سازند دالان بالایی عمق بیشتری از تدفین را پشت سر گذاشته است.
- بررسی نتایج تجزیه‌های شیمیایی نشان می‌دهد که مقدار دو عنصر Na و Sr در نمونه‌های سطحی پایین‌تر از نمونه‌های زیرسطحی است که این امر به دلیل ضریب تفکیک (Partition Coefficient) پایین و کمتر از ۱ و غلظت پایین آنها در آبهای جوی است، بنابراین محصول دیازنزی حاصل، تمرکز پایینی از این عناصر را نشان می‌دهد.
- عناصر Fe و Mn در نمونه‌های سطحی میزان بالاتری نشان می‌دهد. چون (۱) ضریب توزیع این عناصر، بالا است (مثلاً برای Mn تقریباً برابر ۱۵ است) و (۲) میزان آهن و منگنز در آب دریا کم و در سیالات دیازنتیکی درون حفره‌ای زیاد است. در نتیجه در طی دیازنزی جوی میزان آنها در محصولات دیازنزی افزایش می‌یابد. میزان عناصر اصلی Ca و Mg تحت

- Dickson, J.A.D., 1965**, "A modified. Staining technique for carbonate in thin section: Nature", v.205, P.587.
- Dunham, R.J., 1962**, "Classification of carbonate rocks according to depositional texture", In: *AAPG Bulletin, Memoir1*, P.526-540.
- Folk, R.L., 1974**, "Petrology of sedimentary Rocks: Hemphill", *Publ., Co., Austin, Texas*, P.18.
- Gregg, J.M., and Sibley, D.F., 1984**, "Epigenetic dolomitization and the origin of xenotopic dolomite texture reply: Jour", *Sed. Petrology*, v.56, P.735-763.
- Hardwood, G.M. 1988**, "Principles of sedimentary petrography. In: Technique in Sedimentology (ed.) by Tucker", *M. Black well Oxford*. P.108-174.
- Insalaco, E. Virgone, A., Courme, B., Gaillot, J., Kamali, M., Moallemi, S.A., Lotfpour, M., and Monibi, S., 2006**, "Upper Dalan Member and Kangan Formation between the Zagros Mountains and offshore Fars, Iran: depositional system, biostratigraphy and stratigraphic architecture", *Geoarabia*, v.11, No. 2, P.75-176.
- Kamali, M.R., 1995**, "Sedimentology and petroleum geochemistry of the Ouldburra Formation", Eastern Officer Basin, PhD. Thesis. Adelaid University, Southwest Australia, P.141.
- Kashfi, M.S., 1992**, "Geology of the Permian super-giant gas reservoirs in the greater Persian Gulf area: Jour. Petrol. Geol", 15, P.465-480.
- Kretz, R., 1982**, "A model for the distribution of trace elements between calcite and dolomite", *Geochem. Cosmochim. Acta*. 46, P.1979-1981.
- Land, L.S., 1985**, "The origin of massive dolomite: Jour. Geol", *Education*, v.33, P.112-125.
- Land, L.S., and Hoops, G.K., 1973**, "Sodium in Carbonate Sediments and rocks: a possible index to the salinity of diagenetic solutions: Jour", *Sed. Petrol.*, v.43, P. 614-617.
- Longman, M.W., 1980**, "Carbonate diagenetic texture from nearshore diagenetic environment", American Association of petroleum Geol, *Bulletin*, v.64. P.461-487.
- Marfil, R., Caja, M.A, Tsige, M., Al-Aasm, I.S., Martin-Crespo, T., Salas, R., 2005**, "Carbonate-cemented stylolites and fractures in the Upper Jurassic Limestones of the Eastern Iberian Range", *Spain: A record of palaeofluids composition and thermal history. Sed. Geol.* v. P.1-21.
- Mazzullo, S.J., 1992**, "Geochemical and neomorphic alteration of dolomite: a review. Carbonate and Evaporates", v.7, P.21-37.
- Moore, C.H, 1989**, "Carbonate Diagenesis and Porosity", *Elsevier, Amsterdam*, P.338.
- Moradpour, M., Zamani, Z., Moallemi, S.A., 2008**, "Control on reservoir quality in Lower Triassic Kangan Formation, Southern Persian Gulf", *Journal of Petroleum Geology*, v. 31(4), P.367-386.
- Morison, J.O., and Brand, U., 1988**, "An evaluation of diagenesis and chemostratigraphy of upper cretaceous mollusks from the Canadian Interior Seaway: Chem", *Geology*, v.72, P.235-248.
- Rahimpour-Bonab, H., Esrafil-Dizeji, B. and Tavakoli, V., 2010**, "Dolomitization and Ahydrite precipitation in Permo-Triassic Carbonates at the South Pars Gasfield, offshore Iran: Controls on Reservoir Quality", *Jouranal of Petroleum Geology*, V. 33 (2), P. 1-24.
- Rao, C.P., 1990**, "Geochemical characteristics of cool-temperate Carbonates, Tasmania, Australia: Carbonates and Evaporates", v.5, P. 209-221.
- Rao, C.P., 1996**, "Modern Carbonates, Tropical, Temperate, Polar, introduction to sedimentology and geochemistry", *Arts of Tasmania*, P.206.
- Rao, C.P., and Adabi, M.H., 1992**, "Carbonate minerals major and minor elements and oxygen and Carbon isotopes and their variation with depth in cool, temperate carbonates, western Tasmania, Australia", *Mar. Geology*, v.103, P.249-272.
- Sass, E., and Bein, A., 1988**, "Dolomitization and Salinity: a comparative geochemical study: In shukla", v., and Baker, P.A., (edit), *Sedimentology and geochemistry of Dolostones: Soc. Econ. Paleontol. Mineral. Spec. Publ.*, v. 43, P.223-233.
- Sharland, P., Archer, D., and Casey, R., 2001**, "Arabian Plate Sequence Stratigraphy", *Blackwell, Oxford*, P.320.
- Sibley, D.F., and Gregg, J.M., 1987**, "Classification of dolomite rock texture: Jour Sed", *Petrology*, v.57, P.967-975.
- Tucker, M.E. and Wright, V.P., 1990**, "Carbonate Sedimentology", *Blackwell. Sci. Pub.*, P.482.
- Tucker, M.E., 1991**, "Sedimentary Petrology: An Introduction to the Origin of sedimentary rocks: Blackwell", *Sci. Publ.*, London, P.260.
- Veiser, J., 1983**, "Chemical diagenesis of carbonates: Theory and application of trace element technique: Stable Isotopes in Sedimentary Geology", *Soc Econ Paleont Mineral. Short Course No.10*, P.3-1 to 5-100.
- Winefield, R.P., Nelson, C.S., and Hodder, A.P.W., 1996**, "Discriminating temperature carbonates and their diagenetic environment using bulk elemental geochemistry: a reconnaissance study based on New Zealand Cenozoic Limestones: Carbonates and Evaporates", v.11, P.19-31.