

پتروگرافی و ژئوشیمی دولومیت‌های بخش زیرین سازند لار در البرز مرکزی، جنوب خاوری بهشهر

محبوبه اصغری^۱، نادر کهنسال قدیم وند^۲، حمید رضا ناصری^۳، حسینعلی مختارپور^۴ و عیسی متاجی^۵

چکیده

بررسی‌های پتروگرافی سازند لار در ارتفاعات جنوبی بهشهر در استان مازندران نشان می‌دهد که فرایند دولومیتی شدن به طور گسترده بخش زیرین این سازند را تحت تأثیر قرار داده است. در این پژوهش انواع دولومیت‌های این سازند بر اساس اندازه و فابریک تفکیک شده و سپس ویژگی‌های ژئوشیمیایی و نحوه تشکیل آنها مورد بررسی قرار گرفته است. در برش‌های زیرسطحی مورد مطالعه، پنج نوع دولومیت شامل دولومیت‌های زنونتاپیک A، ایدیوتاپیک S، ایدیوتاپیک E، ایدیوتاپیک C و زنونتاپیک C شناسایی شد. دولومیت نوع اول تقریباً همزمان با رسوبگذاری و در اثر پمپاژ آب دریا تشکیل شده است. سایر دولومیت‌ها به ترتیب درشت شدن اندازه بلور آنها، در محیط‌های کم عمق تا عمیق تدفینی تشکیل شده‌اند. تغییر ترکیب سیال‌های دولومیت ساز در طی مراحل اولیه تا تاخیری دیاژنز سبب چنین تنوعی در تشکیل دولومیت‌های این سازند شده است. با توجه به نتایج آنالیز عنصری، میزان عناصر Ca و Sr از دولومیت نوع اول تا پنجم کاهش یافته و میزان عناصر Fe، Mn و Mg افزایش می‌یابد. تمرکز Na نیز در دولومیت‌های دیاژنتیک اولیه روندی کاهشی دارد ولی در دولومیت دیاژنتیک تاخیری به دلیل تدفین عمیق و احتمالاً تأثیر شورابه‌های حوضه‌ای افزایش می‌یابد.

کلید واژه‌ها: پتروگرافی، ژئوشیمی، دولومیت، سازند لار، بهشهر

-
- ۱- دانشجوی دکتری رسوب شناسی و سنگ شناسی رسوبی - دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال Mahbobehasghari@yahoo.com
 - ۲- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال nkohansal@yahoo.com
 - ۳- عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی h_nassery@sbu.ac.ir
 - ۴- عضو هیئت علمی مجتمع عالی پیامبر اعظم(ص) Mokhtarpour_1388@hotmail.com
 - ۵- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی - واحد چالوس dr.eisamataji@gmail.com

Petrography and geochemistry of the lower part dolomites of Lar Formation in central Alborz, south east Behshahr

Mahboube Asghari, Nader Kohansal- Ghadimvand, Hamid-Reza Naseri, Hosein-Ali Mokhtarpour and Eisa Mataji

Abstract

Petrographic studies indicate that dolomitization process affects the lower part of Lar formation in southern Behshahr in Mazandaran province. In this research, dolomites are classified based on the size and fabric. Then their geochemical characteristics and formation process has been studied. In the subsurface sections five dolomite types were detected as Xenotopic-A, Idiomatic-S, Idiomatic-E, Idiomatic-C and Xenotopic-C. The type one was formed by sea water pumping and is almost contemporaneous with deposition. The others were formed in shallow to deep burial environments based on crystal size. Dolomites are variety in this formation due to dolomite fluid composition changes during initial to delay diagenesis. Based on elemental analysis, the amount of Ca and Sr of dolomite dropped from first to fifth types and the value of Fe, Mn and Mg increases. Na concentration decrease in early diagenetic dolomites, but increases in delayed diagenetic types due to deep burial and probably basin brines.

Keywords: Petrography, Geochemistry, Dolomite, Lar Formation, Behshahr

مقدمه

دولومیت یک کانی کربناته است که مکانیزم دقیق تشکیل آن در محیط‌های رسوبی هنوز بطور کامل شناخته نشده است (Rao 1996, Schmidt et al. 2005, Wacey et al. 2007). دولومیت‌ها تحت شرایط گوناگون دمایی بین ۳۰۰ درجه سانتی‌راد (دولومیت‌های هیدروترمالی) تا ۲ درجه سانتی‌گراد (دولومیت‌های آب سرد) تشکیل می‌شوند (Adabi 2002).

سازند لار با سن ژوراسیک بالایی یکی از سازندهای صخره ساز در ارتفاعات جنوبی شهر بهشهر می‌باشد. این سازند از واحدهای آهکی بیوکلستی در بخش بالایی و واحد دولومیتی در بخش

زیرین تشکیل شده است. مرز زیرین این سازند با واحدهای شیل و ماسه سنگ سازند شمشک به صورت فرسایشی است. با توجه به پوشش گیاهی انبوه موجود در منطقه و نبود رخنمون مناسب، از برش‌های زیر سطحی مربوط به مطالعات سد گلورد شامل گمانه‌های GV-1, BH-9 و BH-10 واقع در جنوب بهشهر برای مطالعه استفاده شد (شکل ۱).

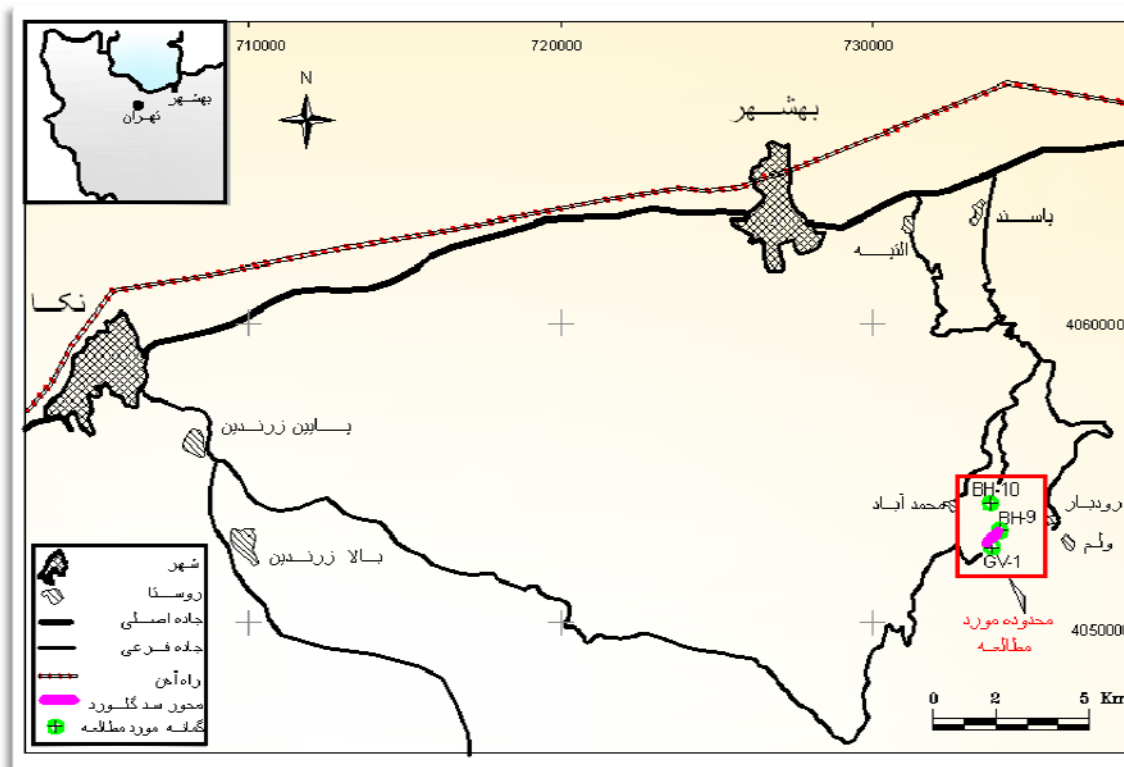
ستبرای بخش دولومیتی سازند لار در این گمانه‌ها به ترتیب حدود ۸۵، ۷۰ و ۶۰ متر می‌باشد.

در این مطالعه از شواهد پتروگرافیکی و ژئوشیمیایی برای تشخیص انواع دولومیتها و بررسی روند دیاژنز در آنها استفاده شده است.

روش مطالعه

به منظور انجام مطالعات پتروگرافی دولومیت‌های سازند لار، تعداد ۱۱۵ نمونه از مغزه‌های حفاری گمانه‌های ژئوتکنیک مربوط به سد گلورد انتخاب شد. از این نمونه‌ها مقاطع نازک تهیه و مورد مطالعه میکروسکوپی قرار گرفتند. تمامی مقاطع نازک توسط محلول آلیزارین قرمز به منظور تشخیص کانی کلسیت

از دولومیت به روش (Dickson 1965) رنگ آمیزی شده‌اند. تعداد ۱۹ نمونه از انواع دولومیتها نیز جهت تعیین عناصر اصلی (Ca و Mg) و فرعی (Fe, Sr, Na) و (Mn) به روش فلورسانس اشعه ایکس (XRF) در آزمایشگاه شرکت کانساران بینالود تهران مورد آنالیز قرار گرفتند.



شکل ۱- نقشه موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به محدوده مورد مطالعه

بحث و بررسی

مطالعات پتروگرافی

قسمت اعظم سازند لار در بخش زیرین شدیداً دولومیتی شده است. مطالعات پتروگرافی و ژئوشیمیایی نشان می‌دهد که چندین فاز دولومیتی

شدن این آهک‌های پلاتفرم را تحت تأثیر قرار داده و فرآیند تبلور مجدد و تأثیر محلول‌های دولومیت زا در طول دیاژنز و بعد از آن پیچیدگی مطالعات این دولومیت‌ها را چندین برابر کرده است. برای نامگذاری دولومیت‌های سازند لار از رده بندی

استفاده قرار گیرد (Amthor and Friedman 1992, Ye and Mazzullo 1992). با توجه به فابریک و اندازه خیلی ریز بلورها، وجود ذرات پراکنده کوارتز در حد سیلت، مقدار ناچیز فسیل و شبه پلوئید در زمینه، به نظر می‌رسد که دولومیکرایت‌ها تحت شرایط سطحی و دمای پایین (Low-temperature) تشکیل شده‌اند (Gregg and Shelton 2000, Al-Asam and Packard 1990). این نوع دولومیت احتمالاً همزمان با رسوبگذاری یا در مراحل اولیه دیاژنز در محدوده بالای اینترتایدال تشکیل شده است (Gregg and Shelton 1990, Adabi 2002).

- دولومیت نوع دوم (Idiotopic-S)

این نوع دولومیت عمدتاً از بلورهای متراکم و هم‌اندازه، نیمه شکل دار تا بی‌شکل با مرزهای بین بلوری مسطح (Subhedral to anhedral planar-S) تشکیل شده است. اندازه بلورها در این نوع دولومیت متغیر است و بر همین اساس می‌توان آنرا به دو دسته تقسیم نمود. نوع اول شامل بلورهای دولومیت کوچک نیمه شکل دار تا بی‌شکل، با اندازه ۱۰۰-۳۵ میکرون است که سیمای رسوبگذاری اولیه را محو کرده‌اند. این دولومیت را می‌توان تحت عنوان دولومیکرواسپاریت نیز نامید (شکل ۲-ب). نوع دیگر از این دولومیت شامل بلورهای بزرگ‌تر دولومیت می‌باشد. این بلورها بی‌شکل و یا نیمه شکل دار، با مرزهای بین بلوری نامنظم و اندازه ۱۰۰-۳۰۰ میکرون

دولومیت‌ها بوسیله سیبلی و گرگ (Sibley and Gregg 1987) که بافت‌های دولومیتی را به دو دسته ایدیوتوپیک و گزنوتوپیک تقسیم کرده‌اند استفاده شد. بر این اساس دولومیت‌های سازند لار با توجه به فابریک، توزیع اندازه بلورها و شکل مرز بلورها (مسطح یا غیر مسطح) به پنج گروه تقسیم‌بندی شده‌اند.

- دولومیت نوع اول (Xenotopic- A)

دولومیت نوع اول از بلورهای خیلی ریز تا ریز نیمه شکل دار (Subhedral) تا بی‌شکل (Anhedral) با مرز بین بلوری غیر مسطح (Non planar) تشکیل شده است (شکل ۲-الف). اندازه بلورهای دولومیت بین ۶ تا ۲۵ میکرون (میانگین ۱۵ میکرون) در تغییر می‌باشد. این نوع دولومیت معمولاً متراکم و بدون فسیل است و به رنگ قهوه‌ای تیره مشاهده می‌شود. میزان تخلخل در این دولومیت نسبتاً پایین است و در مواردی همراه با دانه‌های ریز کوارتز به طور پراکنده می‌باشد. با توجه به اندازه ریز بلورها می‌توان این نوع دولومیت را دولومیکرایت نیز نامگذاری کرد. قابل ذکر است اندازه بلورهای دولومیت نوع اول در ادامه مراحل دیاژنز افزایش یافته و به دولومیت ایدیوتوپیک (Idiotopic-E) تبدیل می‌شود. حفرات موجود در آن نیز غالباً توسط دولومیت ایدیوتوپیک C پر شده است. به طور کلی اندازه دانه‌های دولومیت می‌تواند برای تشخیص دولومیت‌های دیاژنتیک اولیه از ثانویه مورد

دولومیت ایدیوتاپیک E از انواع دولومیت‌های جانیشینی می‌باشد و همراه آن دولومیت‌های قبلی نیز مشاهده می‌شود. این دولومیت را می‌توان معادل فابریک ایدیوتاپیک فریدمن (Friedman 1965) و دولومیت مسطح (planar-p) مازولو (Mazzullo 1992) قرار داد. در بعضی موارد رمبوند‌های دولومیت درون سیمانی از کلسیت شناور است و بافت پویکیلوتاپیک (poikilotopic) را به وجود می‌آورند (Fridman 1965).

- دولومیت نوع چهارم (C- Idiotope)

دولومیت‌های نوع چهارم شامل دولومیت‌های خود شکل (یوهدرال) متوسط تا درشت بلور شفاف هستند که به صورت سیمان حفره پرکن، فضاهای کوچک و بزرگ (Voids and Vugs) و حتی شکستگی‌ها را پر نموده‌اند (Sibley and Greg 1987). در نتیجه غالباً موجب کاهش تخلخل می‌گردند. به طور معمول ابعاد بلورها متفاوت است و به اندازه فضاهای خالی موجود بستگی دارد که از دیواره به سمت مرکز حفرات و شکستگی‌ها افزایش می‌یابد. اندازه بلورهای رومبهدری در برش‌های مورد مطالعه بیشتر در اندازه ۸۰ تا ۳۰۰ (میانگین ۱۵۰) میکرون است (شکل ۲-۲-ه). گاهی رشد بلور به نحوی است که حفره یا شکستگی را کاملاً پر کرده و در نتیجه شکل بلور به صورت ساب هدرال دیده می‌شود. در این مواقع اندازه بلور نیز افزایش یافته و گاه به حدود ۵۰۰

می‌باشند (شکل ۲-ج). بلورها اغلب هسته ابری و بندرت حاشیه تمیز دارند. این نوع دولومیت ممکن است در امتداد و یا نزدیکی گسل‌ها و حفرات کارستی که در آنها کانی سازی انجام می‌گیرد تشکیل شود (بازرگانی گیلانی و فرامرزی، ۱۳۸۷).

دولومیت نوع دوم معادل بافت هیپ ایدیوتاپیک (Fridman, 1965) و مسطح (Mazzullo, 1992) است. بر اساس نظریه سیبلی و گرگ (Sibley and Greg 1987) فابریک مسطح نیمه شکل‌دار نتیجه رشد آرام بلورها تحت جریان پیوسته‌ای از سیالات دولومیت ساز در دمای پایین می‌باشد. بنابراین با توجه به ویژگی‌های بافتی و اندازه بلورها، احتمالاً این دولومیت‌ها در مرحله تدفین کم عمق بصورت جانیشینی تشکیل شده‌اند (Machel, 2004, Whitaker et al 2004). دولومیت نوع دوم از فراوان‌ترین انواع دولومیت در سازند لار است.

- دولومیت نوع سوم (E- Idiotope)

این نوع دولومیت عمدتاً از بلورهای شکل دار (euhedral) نسبتاً متراکم با خاموشی مستقیم تشکیل شده است (شکل ۲-د). اندازه بلورها در آن بین ۱۲۰ تا ۲۵۰ میکرون (میانگین ۲۰۰ میکرون) تغییر می‌کند. این دولومیت‌ها را با توجه به اندازه آنها دولواسپارایت نیز می‌توان نامید. بیشتر رومبوند‌های دولومیتی دارای سطح مه آلود و حاوی میانبارهایی از میکرایت می‌باشند که توسط یک حاشیه شفاف احاطه شده‌اند.

نظر شبیه دولومیت زین اسبی (saddle) می باشد (Radke and Mathis 1980). تشخیص این دولومیت از نوع چهارم نیز توسط بافت غیر مسطح و خاموشی موجی آن ممکن می باشد.

- مطالعات ژئوشیمیایی

اضافه کردن داده های ژئوشیمیایی به اطلاعات پتروگرافی میتواند درک بهتری از منشاء، زمان تشکیل، ترکیب سیال دولومیت ساز، مدل دولومیتی شدن و روند دیاژنز را فراهم کند (Azmy et al. 2001, Swart et al. 2005). در این زمینه پژوهشگران کارهای پژوهشی زیادی انجام داده اند تا بتوانند منشأ دولومیت های اولیه و ثانویه، زمان دولومیتی شدن، ترکیب سیالات دولومیت ساز و مدل های دولومیتی شدن را مشخص کنند (Mazzulla 2000; Al-Asam and Packard 2000).

عمده عناصری که در این مطالعات مورد استفاده قرار می گیرند منیزیم، استرانسیم، سدیم، آهن و منگنز می باشند (Swart et al. 2005, Marshall 1992, Nelson and Read 1990, Gregg & Shelton 1989). داده های به دست آمده از آزمایشات ژئوشیمیایی نمونه های دولومیت محدوده مورد مطالعه در جدول (۱) ارائه شده که در ادامه مورد بررسی قرار می گیرد.

میکرون نیز می رسد.

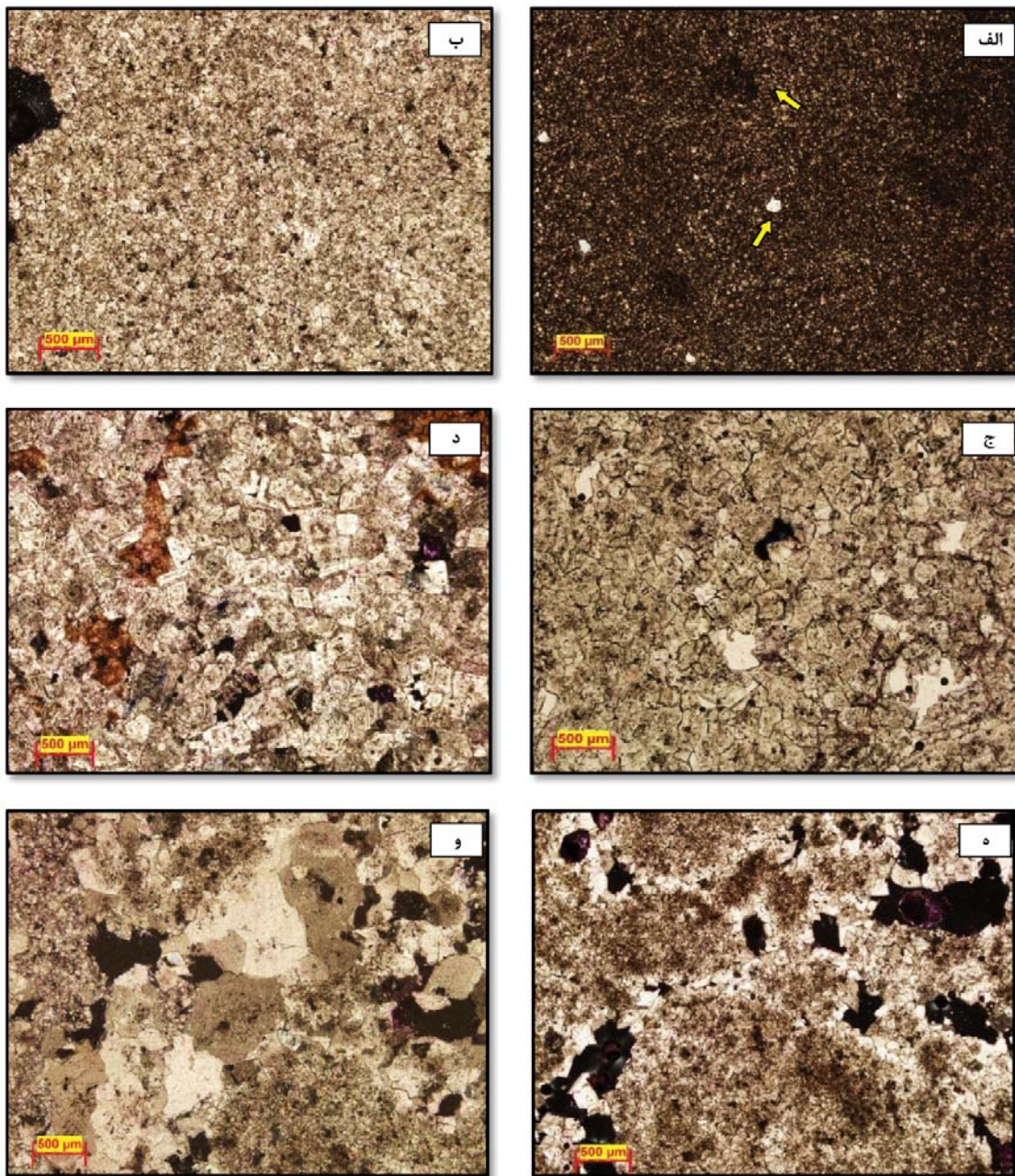
- دولومیت نوع پنجم (Xenotopic-C)

این نوع دولومیت عمدتاً به صورت موزایک های متراکم و نیمه شفاف با مرزهای غیر مسطح و بی شکل تشکیل شده است (شکل ۲- و). اندازه بلورهای این سیمان های دولومیتی متفاوت (بین ۲۰۰ تا ۵۰۰ میکرون) است. ویژگی دولومیت نوع پنجم این است که اغلب به صورت جانشینی و در اندازه های درشت بلور تشکیل می شود و به صورت سیمان حفره ها و شکستگی های موجود در دولومیت های قبلی را پر می نماید. این گونه دولومیت ها در دمای بالاتر از ۶۰ درجه بین ۱۵۰-۶۰ درجه در عمق ۳-۱ کیلومتری تشکیل می شوند (Rake and Mathis 1980).

دولومیت نوع پنجم معادل دولومیت

هیپ ایدیوتاپیک فریدمن (۱۹۶۵) و دولومیت با بافت غیر مسطح نیمه شکل دار (Nonplanar-s) مازولو (Mazzullo 1992) می باشد. این دولومیت موجب تخریب بافت اولیه رسوبی شده بنابراین شناسایی اشکال اولیه رسوبی بسیار مشکل است.

دولومیت نوع پنجم در مراحل آخر فرایند دیاژنتیکی تشکیل شده است و لذا دولومیت های نوع اول، دوم و سوم را قطع می کند. بلورهای این دولومیت گاه خاموشی موجی نشان می دهد و از این



شکل ۲- انواع مختلف دولومیت سازند لار در جنوب بهشهر (ج در نور XPL و بقیه در نور PPL) الف- دولومیت نوع اول (زنوتاپیک A) حاوی شبه پلوئید و ذرات ریز کوارتز آواری، ب- دولومیت ایدیوتاپیک S، ج- دولومیت ایدیوتاپیک S در اندازه درشت تر، د- دولومیت ایدیوتاپیک E با هسته ابری و حاشیه شفاف، ه- دولومیت حفره پر کن (ایدیوتاپیک C) در حاشیه حفرات، و- دولومیت زین اسبی (زنوتاپیک C) که به صورت رگه‌ای در داخل دولومیت‌های دیگر مشاهده می‌شود.

محدوده مورد مطالعه از ۸/۹۵ تا ۱۱/۷۴ درصد (میانگین ۱۰/۰۴ درصد) در تغییر می‌باشد. بالاترین مقدار منیزیم در دولومیت‌های منطقه مورد مطالعه

- منیزیم (Mg) مقدار منیزیم در دولومیت‌های خالص معمولاً ۱۳/۸ درصد است. در حالی که میزان Mg در دولومیت‌های

از بین عناصر فرعی موجود در دولومیت‌ها استرانسیم دارای اهمیت بیشتری می‌باشد (Land 1983, Veizer 1985). میزان استرانسیم در دولومیت‌های محدوده بین ۱۰۵ تا ۱۶۹ پی پی ام (میانگین ۱۳۲ پی پی ام) تغییر می‌کند.

مربوط به دولومیت نوع پنجم می‌باشد. کمترین درصد منیزیم نیز در دولومیت‌های ریز بلور نوع اول مشاهده می‌شود. رسم مقادیر Ca در مقابل Mg نشان می‌دهد که همراه با پیشرفت دولومیتی شدن میزان Mg افزایش و میزان Ca کاهش می‌یابد (شکل ۳-الف).

- استرانسیم (Sr)

جدول ۱- نتایج سنجش عنصری دولومیت‌های مختلف سازند لار در جنوب بهشهر

نوع دولومیت	شماره نمونه	Ca	Mg	Na	Sr	Fe	Mn
		%	%	ppm	ppm	ppm	ppm
<i>Xenotopic- A</i>	GV1-16	۲۶/۴۱	۸/۹۵	۵۱۸	۱۶۹	۹۱۰	۱۵/۵
	GV1-17	۲۵/۸۶	۹/۴۴	۳۵۵	۱۳۲	۱۱۰۰	۱۳
	GV1-20	۲۶/۱۲	۹/۵۲	۲۹۶	۱۵۰	۲۵۹۰	۱۸
<i>Idiotopic- S</i>	GV1-11	۲۶/۶۷	۹/۱۵	۲۳۶	۱۲۵	۱۵۰۰	۲۴/۵
	GV1-12	۲۶/۱۶	۹/۵۰	۲۳۰	۱۱۵	۱۵۲۰	۲۳
	GV1-13	۲۵/۸۲	۹/۸۴	۲۶۵	۱۳۰	۱۴۵۰	۱۵/۵
	GV1-15	۲۵/۱۵	۱۰/۳۲	۴۱۴	۱۵۴	۱۰۶۰	۱۹
	GV1-18	۲۵/۴۷	۱۰/۱۷	۱۵۸	۱۲۱	۳۰۱۰	۱۸/۷۵
	GV1-19	۲۶/۱۲	۹/۴۹	۲۰۰	۱۴۶	۲۹۸۰	۲۰
	BH10-6	۲۶/۰۴	۱۰/۲۶	۳۵۱	۱۱۸	۲۱۵۰	۱۹/۵
BH10-8	۲۵/۳۲	۹/۱۳	۲۸۳	۱۳۵	۲۱۰۰	۱۵	
<i>Idiotopic-E</i>	GV1-14	۲۴/۸۰	۱۰/۳۰	۲۵۲	۱۵۴	۱۴۷۰	۲۱/۲۵
	BH9-4	۲۵/۰۳	۱۰/۲۳	۲۷۵	۱۵۸	۱۳۶۰	۱۶/۲۵
	BH9-5	۲۴/۶۲	۱۰/۵۳	۲۱۹	۱۳۲	۱۶۵۰	۱۵/۵
	BH10-5	۲۴/۹۶	۱۰/۱۲	۳۱۴	۱۲۰	۱۶۶۱	۱۵/۵
	BH10-9	۲۵/۲۸	۹/۸۰	۲۸۵	۱۱۵	۱۵۳۰	۲۳/۲۵
<i>Xenotopic- C</i>	BH9-6	۲۴/۲۳	۱۱/۳۶	۹۴۰	۱۲۲	۳۶۵۰	۳۶۰
	BH9-7	۲۴/۶۸	۱۰/۸۱	۷۱۵	۱۱۰	۴۴۲۰	۳۲۵
	BH10-7	۲۳/۲۵	۱۱/۷۴	۸۳۲	۱۰۵	۵۱۴۰	۴۱۸

در دولومیت‌های سازند لار میزان سدیم بین ۱۵۸ تا ۹۴۰ پی پی ام (میانگین ۳۷۶ پی پی ام) تغییر می‌نماید. رسم مقادیر سدیم در مقابل منیزیم نشان می‌دهد که با افزایش درصد منیزیم در دولومیت‌های نوع اول تا سوم میزان سدیم کمتر می‌شود. ولی در دولومیت‌های درشت بلور (نوع پنجم) به میزان سدیم افزوده می‌شود (شکل ۳-ج). تفسیر مقادیر سدیم در دولومیت‌ها مشکل است. زیرا تمرکز بالای سدیم ممکن است به علت حضور میانبارهای مایع یا جامد از NaCl و یا دگرسانی کانی‌های رسی غنی از سدیم باشد (Akçay et al. 2003, Kirmac and Akdag 2005). مقدار نسبتاً بالای سدیم در دولومیت نوع پنجم سازند لار ممکن است به دلیل شوری سیالات دولومیت ساز باشد که سدیمی بیشتر از ۲۳۰ پی پی ام دارند (Veizer et al. 1987).

– منگنز و آهن (Fe و Mn)

آهن و منگنز برخلاف سدیم و استرانسیم در طی دیاژنز به سنگ اضافه می‌شوند (Banner et al 1987, Tucker and Wright 1990) و رابطه نزدیکی با هم دارند (Burns and Baker 1986). دامنه تغییرات منگنز در دولومیت‌های سازند لار بین ۱۳ تا ۴۱۸ و میانگین ۷۳/۵ پی پی ام متغیر است. میزان آهن دولومیت‌های سازند لار نیز از ۹۱۰ تا ۵۱۴۰ پی پی ام (میانگین ۲۱۷۱ پی پی ام) متغیر می‌باشد (شکل ۳-د). میانگین مقادیر Mn و Fe در دولومیت‌ها بیشتر از

مقدار Sr در دولومیت‌های سازند لار نسبت به مقدار آن در دولومیت‌های دریایی عهد حاضر که به میزان ۵۰۰-۸۰۰ ppm (Land 1980) و نیز حدود ۶۰۰-۸۰۰ ppm (Behrens and Land 1972) گزارش شده، بسیار کمتر است که علت آن می‌تواند تغییرات نوربختی روی داده در حین دیاژنز دفنی بعدی باشد (Eren et al. 2007). با توجه به اینکه بیشتر دولومیت‌های سازند لار تبلور مجدد شدیدی را تحمل نموده است، کاهش مقدار Sr به نظر عادی می‌رسد.

ترسیم مقدار Sr در مقابل Mg نشان می‌دهد که میزان استرانسیم در دولومیت‌های سازند لار با افزایش منیزیم که با افزایش اندازه بلورهای دولومیت همراه است، کاهش می‌یابد (شکل ۳-ب). دولومیت‌های اولیه دانه ریز دارای مقادیر بیشتری Sr نسبت به دولومیت‌های درشت بلور حاصل از دیاژنز تأخیری هستند (Warren 2000). بنا بر آدابی (۱۳۸۳) میزان استرانسیم در دولومیت‌های نوع اول، دوم و سوم به مراتب بیشتر از دولومیت‌های بعدی می‌باشد.

– سدیم (Na)

سدیم فراوان‌ترین کاتیون موجود در آب دریا می‌باشد و تمرکز آن در دولومیت‌ها، درجه شوری سیال مادر را تعیین خواهد کرد (Warren 2000, Suzuki et al. 2006). مقدار سدیم دولومیت‌های عهد حاضر از ۱۰۰۰-۳۰۰۰ ppm متغیر است (Land & Hoaps 1973).

کوارتز آواری و همچنین شواهد ژئوشیمیایی مانند بالا بودن مقادیر Na و Sr و پایین بودن میزان Mn و Fe نسبت به سایر دولومیت‌ها، دولومیت نوع اول به عنوان دولومیت تقریباً همزمان با رسوبگذاری و یا دولومیت دیاژنزی اولیه (Early diagenesis) در نظر گرفته می‌شود و لذا در شرایط سطحی و دمای پایین (Low-temperature) در پهنه‌های کشندی احتمالاً میان کشندی بالایی تشکیل شده است و آب دریا و یا محلول‌های بین ذره‌ای غنی از Mg عامل دولومیتی شدن می‌باشند (Saller 1984, Land 1985, Mitchel et al. 1987).

ب- تبلور مجدد دولومیت اولیه

دولومیت‌های نوع دوم و سوم به احتمال زیاد از تبلور مجدد دولومیت اولیه در مراحل تدفین کم عمق با افزایش اندک دما تشکیل شده‌اند (Land 1985, Machel 1997, Qing 1998a, Reinhold 1998, Al-Aasm and Packard 2000, Chen et al. 2004, Eren et al. 2007). وجود لخته‌هایی (patch) از دولومیت نوع اول در زمینه دولومیت‌های دوم و سوم در بعضی از نمونه‌ها و همچنین مقادیر نسبتاً بالای Sr، Na و مقادیر پایین Mn و Fe نیز تأیید کننده این مطلب می‌باشد (آدابی و میر شاهانی ۱۳۸۲).

منیزیم مورد نیاز این دولومیت‌ها نیز احتمالاً از آب‌های بین دانه‌ای موجود در سنگ بر اثر انحلال کلسیت دارای منیزیم زیاد حاصل شده است (Cander et al. 1988, Mukhopodhyay et al. 1996).

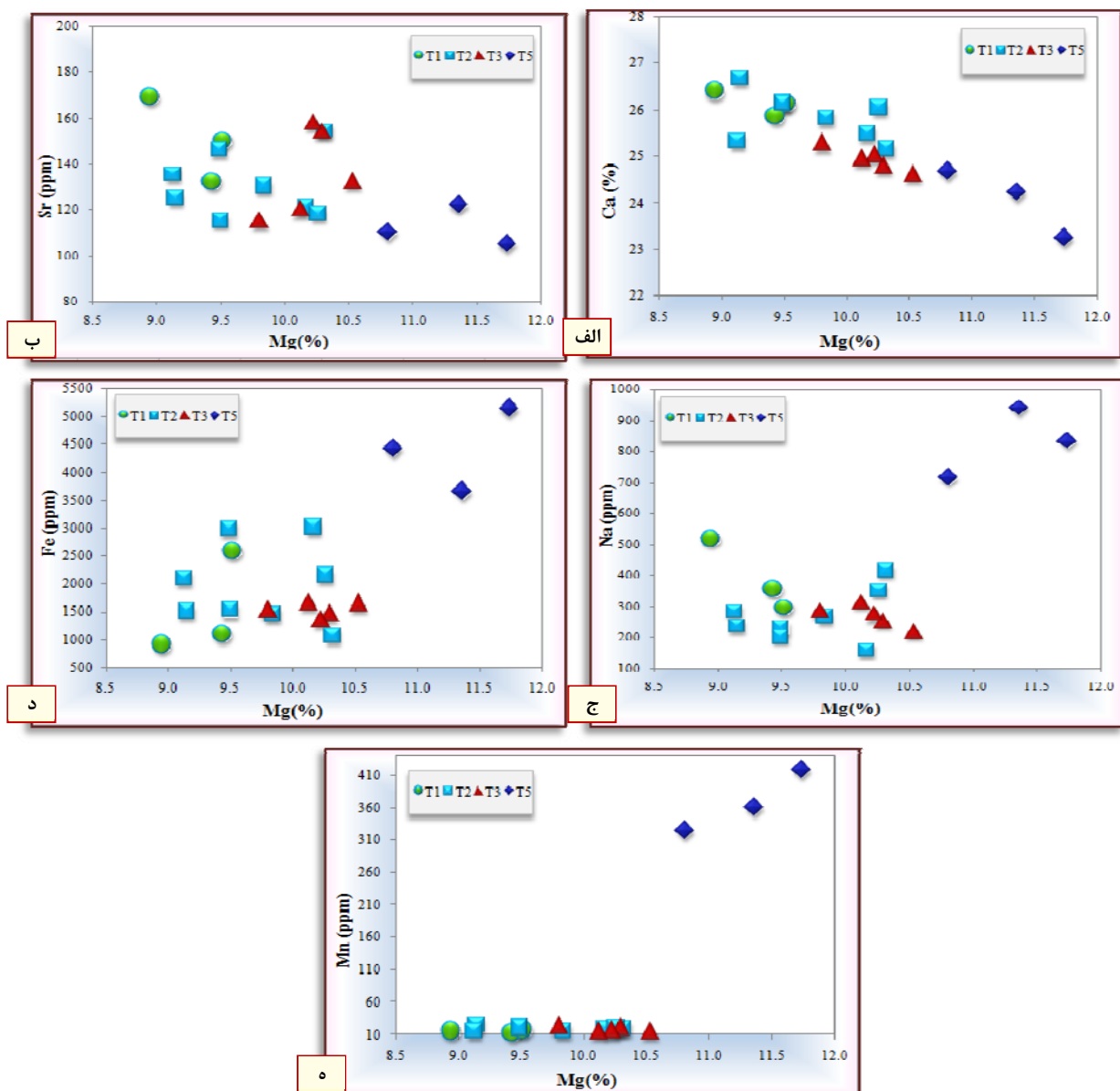
میانگین میزان آنها در سنگ آهک‌های سازند لار (به ترتیب ۱۰/۱ و ۳۶۹ پی پی ام) است. از آن جایی که آهن و منگنز جانشین یون Mg می‌شوند، بنابراین فراوانی آنها در دولومیت‌ها می‌تواند به همین علت باشد. میانگین منگنز موجود در دولومیت نوع اول در مقایسه با سایر دولومیت‌های این سازند پایین‌ترین است (شکل ۳-ه). همچنین به نظر می‌رسد دیاژنز و خصوصاً دولومیتی شدن تأثیر چندانی در محتوای Mn دولومیت‌های اول تا سوم نسبت به سنگ آهک‌ها نداشته است. افزایش قابل توجه میزان Mn و Fe در دولومیت نوع پنجم می‌تواند به دلیل شرایط احیایی حاکم بر محیط باشد (Land 1986) که با افزایش عمق تدفین افزایش می‌یابد (آدابی و میر شاهانی ۱۳۸۲).

– مدل دولومیتی شدن

انواع مختلف دولومیت‌های موجود در این سازند در محیط‌های دیاژنزی و زمان‌های مختلف تشکیل شده‌اند و لذا دارای خصوصیات بافتی و پتروگرافی و ژئوشیمیایی متفاوتی هستند. به طور کلی می‌توان گفت دولومیتی شدن در رسوبات کربناته سازند لار در محدوده مورد مطالعه به صورت زیر رخ داده است:

الف) دولومیتی شدن توسط آب دریا

با توجه به شواهد پتروگرافی مانند اندازه خیلی ریز بلورها، نبود فسیل، رنگ تیره و همراهی با دانه‌های



شکل ۳- تفکیک انواع مختلف دولومیت‌های سازند لار با استفاده از عناصر اصلی و فرعی. الف- نمودار Ca در مقابل Mg. با افزایش منیزیم در دولومیت‌های درشت بلورتر میزان کلسیم کاهش می‌یابد. ب- نمودار Sr در مقابل Mg. میزان استرانسیم نیز با افزایش منیزیم کاهش می‌یابد. ج- نمودار Na در مقابل Mg. در دولومیت‌های اول تا سوم با افزایش مقدار منیزیم، میزان سدیم نیز کاهش نشان می‌دهد ولی در دولومیت نوع پنجم افزایش ناگهانی سدیم روی می‌دهد. د- نمودار Fe در مقابل Mg. همراه با روند دولومیتی شدن و افزایش منیزیم، به میزان آهن نیز افزوده می‌شود. ه- نمودار Mn در مقابل Mg. منگنز نیز با منیزیم رابطه مستقیم دارد. نکته قابل توجه افزایش ناگهانی میزان منیزیم در دولومیت نوع پنجم است.

آراگونیت و کلسیت پر منیزیم تشکیل شده‌اند که در طی دیاژنز به کلسیت کم منیزیم تبدیل شده و منیزیم

بررسی رخساره‌های سازند لار نشان می‌دهد که برخی از آلومک‌های موجود و احتمالاً میکرایت‌ها از

(et al. 2012).

احتمالاً سیالات غنی از منیزیم نشأت گرفته از واحدهای شیلی شمشک واقع در زیر سازند لار، در اثر بالا رفتن گرادیان ژئوترمال و از طریق گسل‌ها و شکستگی‌ها توانستند در واحدهای زیرین سازند لار به چرخش درآمده و سیمان‌های دولومیتی درشت بلور و دولومیت‌های حفره پر کن را ایجاد نمایند (Mattes and Mountjoy 1980, Adabi 1996).

به طور کلی می‌توان گفت که کاهش مقادیر Sr، Na و افزایش مقادیر Mn و Fe از دولومیکرایت‌ها به دولومیت‌های دوم و سوم و همچنین دولومیت‌های حفره پرکن و رگه‌ای نتیجه قرار گرفتن در معرض فرایندهای دیاژنزی با حرارت بالا و تحت شرایط احيایی و تدفین (کم عمق تا عمیق) بوده است (Brand and Veizer 1980). به نظر می‌رسد که دولومیتی شدن در سازند لار در مراحل اولیه توسط آب دریا و سپس توسط دیاژنز تدفینی دنبال و تکمیل شده است.

نتیجه‌گیری

بر اساس مطالعات پتروگرافی پنج نوع دولومیت در سازند لار شناسایی شد. دولومیت نوع اول احتمالاً در محیط میان‌کشنده بالایی و بر اثر پمپاژ آب دریا تشکیل شده است. بنابراین تقریباً همزمان با رسوبگذاری در نظر گرفته می‌شود. دولومیت نوع دوم از جایگزینی کربنات کلسیم یا دولومیت اولیه در طی مراحل تدفین کم عمق تشکیل گردیده است.

خود را به محیط داده است. منیزیم این دولومیت‌ها همچنین می‌تواند از آب‌های درون حفره ای دریایی، آب فسیل و منیزیم موجود در ساختمان کانی‌های رسی تأمین شده باشد (Tucker 1991, Lee and Friedman 1987).

ج) دولومیتی شدن تدفینی عمیق

دولومیت‌های نوع چهارم (حفره پر کن) و پنجم (زین اسبی) به احتمال زیاد در محیط تدفین عمیق تشکیل شده‌اند. در کربنات‌ها دولومیت‌های زین اسبی به طور متداول در شرایط تدفینی عمیق و به وسیله سیالات شور و گرم تشکیل می‌شوند (Drivet and Mountjoy, 1997, Lumsden and Lloyd 1997, Yoo et al. 2000). شواهد ژئوشیمیایی شامل میزان پایین Sr و Na و افزایش قابل توجه Mn و Fe در این دولومیت نیز گواهی بر این مدعا است.

در زیر زمین با افزایش دما موانع جنبشی و ترمودینامیکی تشکیل دولومیت از بین می‌رود بنابراین در صورت فراهم بودن یون منیزیم شرایط تشکیل دولومیت فراهم می‌شود (Lee and Friedman 1987). مکانیسم اصلی مؤثر در دولومیتی شدن در محیط تدفینی، خروج آب در اثر فشردگی رسوبات و خروج منیزیم توسط این مکانیسم می‌باشد.

معمولاً در مدل تدفینی تشکیل استیلولیت‌ها، فرایندهای انحلال فشاری و شورابه‌های حوضه‌ای از منابع تأمین منیزیم می‌باشند (Lee and Friedman 1987, Machel and Huebscher 2000, Jones et al. 2003, Huebscher and Machel 2004, Machel

سازند شمشک تأمین شده است.

منابع

- آدابی، م.ح.، ۱۳۸۳، ژئوشیمی رسوبی، نشر آراین زمین، ۴۵۰ ص.
- آدابی، م. ح. و میرشاهانی، م.، ۱۳۸۲، توصیف خصوصیات پتروگرافی و ژئوشیمیایی انواع مختلف دولومیت‌ها در سازند باروت (البرز مرکزی)، مجله علوم دانشگاه تهران، سال بیست و نهم، شماره ۱، ص ۲۱۱ - ۱۸۷.
- بازرگانی گیلانی، ک. و فرامرزی، م.، ۱۳۸۷، پتروژنز و ترکیب دولومیت کرتاسه شه میرزاد، البرز مرکزی، مجله علوم دانشگاه تهران، ج ۳۴، ص ۲۳-۳۶.
- Adabi, M.H., (1996), **Sedimentology and geochemistry of Upper Jurassic (Iran) and Precambrian (Tasmania) carbonates.** Unpubl. Ph.D. Thesis, Uni. Tasmania, Australia, p. 400.
- Adabi, M.H., (2002), **Petrography and geochemical criteria for recognition of unaltered cold water and diagenetically altered Neoproterozoic dolomite, western Tasmania, Australia.** 16th Australian Geology. Conv., Australia (abst.), p. 350.
- Akcaay, M., H.M., Ozkan, B., Spiro, R., Wilson, and P.O., Hoskin, (2003), **Geochemistry of a high- T hydrothermal dolostone from the Emirli (Odemis, Western Turkey) Sb- Au deposit.** Mineral. Mag., v. 67, p.671-688.
- Al-Aasm, I.S. and Packard J.J., (2000), **Stabilization of early-formed dolomite: a tale of divergence from two Mississippian dolomites,** Sedimentary Geology, v. 131, p. 97-108.
- Amthor, J.E., and Friedman, G.M., (1992), **Early to late- diagenetic dolomitization of platform carbonates: Lower Ordovician Ellenburger Group, Permian basin, Australia,** Carbonates and Evaporites, v. 13, p. 145-156.
- Azmy, K., Veizer, J., Misi, A., Oliveira, T.F., Sanches, A.L., and Dardenne, M.A., (2001), **Dolomitization and isotope stratigraphy of the Vazante Formation, Sao Francisco Basin.** Brazil, Precambrian Research, v. 112,

دولومیت نوع سوم نیز در اثر جایگزینی یا تبلور مجدد دولومیت‌های قبلی حاصل شده است. در نهایت دولومیت‌های نوع چهارم و پنجم از ته نشست مستقیم سیالات دولومیت ساز در حفره‌ها و شکستگی‌ها طی دیاژنز تدفینی عمیق تشکیل شده‌اند.

نتایج حاصل از مطالعات ژئوشیمیایی نشان داده است که مقادیر Sr و Ca در دولومیت نوع اول بیشتر از دولومیت‌های دیاژنزی بعدی است. در حالی که میزان Fe، Mn و Mg در طی فرایند دولومیت شدن روندی افزایشی دارد. آنالیز عنصری همچنین نشان می‌دهد که مقدار Na در دولومیت‌های متوسط و درشت بلور ایدیوتاپیک S و E نسبت به دولومیت‌های ریز بلور زنوتاپیک A کمتر است که به علت شرایط دیاژنز تدفینی و تبلور مجدد آنها است. افزایش قابل توجه میزان Na در دولومیت زین اسبی احتمالاً به دلیل تأثیر شورابه‌های حوضه‌ای می‌باشد. با توجه به اندازه بلورها و افزایش مقادیر Fe و Mn در دولومیت‌های درشت بلور نسبت به دولومیت‌های متوسط بلور ایدیوتاپیک S نشان می‌دهد که دولومیت‌های درشت بلور در شرایط احیایی تر و عمق تدفین بیشتری تشکیل شده‌اند.

منشأ منیزیم دولومیت نوع اول آب دریا است. منیزیم مورد نیاز دولومیت‌های نوع دوم و سوم احتمالاً از آب‌های بین دانه‌ای است. در دولومیت‌های نوع چهارم و پنجم نیز به احتمال زیاد منیزیم از سیالات غنی از Mg نشأت گرفته از واحد شیلی

- Dolomitization and neomorphism in the back reef facies of the Bonneterre and Davies Formations (Cambrian), southeastern Missouri.** J.Sedimentary Petrology, v. 60, p. 549-562.
- Huebscher, H., and Machel, H.G. (2004), **Reflux and burial dolomitization in the Upper Devonian Woodbend Group of north-central Alberta, Canada. Dolomites - The Spectrum: Mechanisms, Models, Reservoir Development.** CSPG Seminar and Core Conference, Jan 13-15 2004, Calgary, Alberta, Canada. Abstracts of Seminar Presentations, Core Displays and Posters, C017, p. 19.
- Jones, G.D., Smart, P.L., Whitaker, F.F., Rostron, B.J., and Machel, H.G. (2003), **Numerical modeling of reflux dolomitization in the Grosmont platform complex (Upper Devonian), Western Canada sedimentary basin.** American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 87, p. 1273-1298.
- Kirmac, M.Z., and Akdag, K., (2005), **Origin of dolomite in the late Cretaceous-Paleocene limestone turbidite, Eastern Pontides, Turkey.** Sedimentary Geology, v. 181, p. 39-57.
- Land, L.S., (1980), **The isotope and trace element geochemistry of dolomite: the state of the art: in Zenger, D.H., Dunham, J.B., and Ethington, R.L., (eds.), Concepts and Models of Dolomitization:**Soc. Econ. Paleontol. Mineral. Spec. Publ., v. 28, p. 87-110.
- Land, L.S., (1985), **The origin of massive dolomite.** J. Geology. Education, p. 112-125.
- Land, L.S., (1986), **Environments of limestone and dolomite diagenesis: some geochemical consideration: In Bathurst, R.G.C., and Land, L.S., (eds.), Carbonate Depositional Environment, Modern and Ancient, part 5, Diagenesis.** Quart. Colorado School Mines, v. 81, p. 26-41.
- Land L.S., and Hoops G.K. (1973), **Sodium in carbonate sediments and rocks: a possible index to the salinity of diagenetic solutions.** J.Sed. Pet. v. 43, p. 614-617.
- Lee, Y.I., and Friedman, G.M., (1987), **Deepburial dolomitization in the Lower** p. 303-329.
- Behrens, E.W. and Land, L.S., (1972), **Subtidal Holocene dolomite, Baffin Bay, Texas.** Bull. Geol. Soc. Am., Abst. with Prog., v. 2, p. 491-492.
- Brand, U., and Veizer, J., (1980), **Chemical diagenesis of multicomponent carbonate system, II: stable isotopes.** Jour. Sed. Petrology, v. 51, p. 987-997.
- Burns S.J. and Baker P.A. (1986), **A geochemical study of dolomite in the Monterey Formation, California.** J. Sed. Pet., v. 57, p. 128-139.
- Cander, H.S, Kaufman, J., Daniels, L.D., and Mayer, W.J., (1988), **Regional dolomitization of shelf carbonates in the Burlington-Keokuk Formation (Mississippian), Illinois and Missouri: constraints from cathodoluminescent zonal stratigraphy: in Shukla, V.J, and Baker, P.A., (eds.) Sedimentology and Geochemistry of Dolostones.** SEPM. Spec. Pub., v. 43, p. 129-144.
- Chen, D., Qing, H., and Yang C. (2004), **Multistage hydrothermal dolomites in the Middle Devonian (Givetian) carbonates from the Guilin area, South China.** J. Sedimentology, v. 51, p. 1029-1051.
- Dickson, J.A.D., (1965), **A modified staining technique for carbonate in thin section,** Nature, 205, p. 587.
- Eren, M., Kaplan, M.Y. and Kadir, S., (2007), **Petrography, Geochemistry and Origin of Lower Liassic Dolomites in the Aydýncýk Area, Mersin, Southern Turkey.** Turkish Journal of Earth Sciences. v. 16, p. 339-362
- Friedman, G.M., (1965), **Terminology of crystallization textures and fabrics in sedimentary rocks.** J. Sed. Pet., v. 35, p. 643-655.
- Gregg J.M., and Shelton K.L., (1989), **Minor- and trace-element distributions in the Bonneterre Dolomite (Cambrian), southeast Missouri: evidence for possible multiple-basin fluid sources and pathways during lead-zinc mineralization.** Geol. Soc. Am. Bulletin, v. 101, p. 221-230.
- Gregg, J.M., and Shelton, K.L., (1990),

- 10- 23.
- Mitchell, J.T., Land, L.S., and Miser, D.E., (1987), **Modern marine dolomite cement in a North Jamaica fringing reef**. *Geology*, v. 15, p. 557-560.
- Mukhopodhyay, I., Chanada, S.K., Fukuoka, M., and Chadhri, A.K., (1996), **Deep water dolomites from protozoic Pengana Group in the Prahita Godvar Valey, Andhra Prades, India**. *J. Sedimentary Reserch*, v. 66, p. 223-230.
- Nelson W.A., and Read J. F. (1990), **Updip to downdip cementation and dolomitization patterns in a Mississippian aquifer, Appalachians**. *J. Sed. Pet*, v. 60, p. 379-396.
- Qing, H., (1998a), **Petrography and geochemistry of early-stage, fine- and medium-crystalline dolomites in the Middle Devonian Presqu'ile at Pine Point, Canada**. *J. Sedimentology*. v. 45, p. 433-446.
- Radke B.M., and Mathis R.L., (1980), **On the formation and occurrence of Saddle dolomite**. *J. Sed. Pet*. v. 56, p. 1149-1168.
- Rao, C.P., (1996), **Elemental composition of marine calcite modern temperate shelf branchipods, bryozoance and bulk carbonates, eastern Tasmania, Australia**. *Carbonates and Evaporites*, v. 11, p. 1-18.
- Reinhold, C., (1998), **Multiple episodes of dolomitization and dolomite recrystallization during shallow burial in Upper Jurassic shelf carbonates: eastern Swabian Alb, southern Germany**. *J. Sed. Geol*, v. 121, p. 71-95.
- Saller, A.H., (1984), **Petrologic and geochemical constrains on the origin of subsurface dolomite, Eniwetak Atoll: an example of dolomitization by normal seawater**. *Geology*, v. 12, p. 217-220.
- Schmidt, M., Xeflide, S., Botz, R., and Mann, S., (2005), **Oxygen isotope fractionation during synthesis of Ca-Mg carbonate and implications for sedimentary dolomite formation**. *Geochimica et cosmochimica Acta*, v. 69, No.19, p. 4665-4674.
- Sibley, D.F., and Gregg, J.M., (1987), **Classification of dolomite rock texture**. *J. Sedimentary Petrology*, v. 57, p. 967-975.
- Suzuki, Y., Iryu, Y., Inagaki, S., Yamada, T., **Ordovician Ellenburger Group carbonates in west Texas and southeastern New Mexico**. *J. Sedimentary Petrology*, v. 57, p. 544-557.
- Lumsden, D.N., and Lloyd, R.V., (1997), **Three dolomites**. *J. Sedimentary. Reserch*, v. 67, p. 391- 396.
- Machel, H.G., (1997), **Recrystallization versus neomorphism and the concept of "significant recrystallization" in dolomite research**, *J. Sedimentary Geology*, v.113, p. 161-168.
- Machel, H.G., (2004), **Concepts and models of dolomitization: a critical reappraisal**, In: C.J.R., Braithwaite, G., Rizi and G., Darke(eds.), **The Geometry and Petrogenesis of Dolomite Hydrocarbone Reservoirs, Geological Society of London, Special Publications**, no. 235, p. 7-63.
- Machel, H.G., Borrero, M.L., Dembiki, E., Huebscher, H., Ping, L., and Zhao, y., (2012), **The Grosmont: a complex dolomitized, fractured and karstified heavy oil reservoir in a Devonian carbonate-evaporite platform**, *Geo Convention*.
- Machel, H.G., and Huebscher, H. (2000), **The Devonian Grosmont heavy oil reservoir in Alberta, Canada**. *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie*. Teil I, Heft 1/2, p. 55-84.
- Marshall J.D. (1992), **Climatic and oceanographic isotopic signals from the carbonate rock record and their preservation**. *Geol. Mag.*, v. 129, p. 143-160.
- Mattes, B.W., and Mountjoy, E.W., (1980), **Burial dolomitization of the Upper Devonian Miett buildup, Jasper National Park, Alberta: in Zenger, D.H., Dunham, J.B., and Ethington, R.L., (eds.), Concepts and Models of Dolomitization**. *Soc. Econ. Paleont. Mineral. Spec. Pub.*, v. 28, p. 259-297.
- Mazzullo, S.J., (1992), **Geochemical and neomorphism alteration of dolomite of dolomite: a review**. *Carbonate and Evaporite*, v. 7, p. 21-37.
- Mazzullo, S.J., (2000), **Organogenic dolomitization in peritidal to deep-sea sediments**. *J. Sedimentary Reserch*, v. 70, p.

(2000), **Dolomitization and dolomite neomorphism: Trenton and Black River Limestones (Middle Ordovician) Northern Indiana.** U.S.A. J. Sedimentary Reserch, v. 70, p. 265–274.

Aizawa, S., and Budd, D.A., (2006), **Origin of atoll dolomites distinguished by geochemistry and crystal chemistry: Kitadaito-jima, northern Philippine Sea.** Sedimentary Geology, v. 183, p. 181-202.

-Swart, P.K., Cantrell, D.L., Westphal, H., Handford, C.R., and Kendall, C.G., (2005), **Origin of dolomite in the Arab-D reservoir from the Ghawar Field, Sudi Arabia: evidence from petrographic and geochemical constraints.** J. Sedimentary Petrology Research, v. 75, p. 476-491.

-Tucker, M.E., (1991), **Sedimentary Petrology.** Black Well, Oxford, p. 260.

-Tucker, M.E., and Wright, V.P., (1990), **Carbonate Sedimentology Petrology.** Black Well, Oxford, p. 482.

-Veizer, J., (1983), **Chemical diagenesis of carbonates: theory and application of trace element technique: Stable Isotopes in Sedimentary Geology: Soc. Econ. Palaeont. Mineral.** Short Course, no. 10, p. 1-100.

-Veizer, J., Lemieux, J., Jines, B., Gibling, M.R., and Savelle, J., (1987), **Paleosalinity and islands, arctic Canada** Can. J. Earth Sci. 15, p. 1448-1461.

-Warren, J.K., (2000), **Dolomite: occurrence, evolution and economically important association.** Earth- Science Reviews, v. 52, p. 1-81.

-Wacey, D., Wright, D.T., and Boyce, A.J., (2007), **A stable isotope study of microbial dolomite formation in the Coorong Region, South Australia,** Chemical Geology, v. 244, p. 155-174.

-Whitaker, F.F., Smart, P.L., and Jones, G., (2004), **Dolomitization: From conceptual to numerical models, In: C.J.R., Braithwaite, G., Rizi and G., Darke(eds.), The Geometry and Petrogenesis of Dolomite Hydrocarbon Reservoirs.** Geological Society of London, Special Publications, no.235, p. 99-139.

-Ye, Q., and Mazzullo, S.J., (1992), **Dolomitization of Lower Permian platform facies, Wichita Formation, North platform, Midland Basin, Texas.** J. Carbonates and Evaporites, v.8, p. 55-70.

-Yoo, C.M., Gregg, J.M., and Shelton, K.L.,