

پتروژئولوژی، سال پنجم، شماره بیستم، زمستان ۱۳۹۳، صفحه ۱-۱۴  
تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۳/۳۱

## ژئوشیمی و پتروژئز دایک‌های دولریتی حاوی مگاکریست پلاژیوکلاز واقع در بخش میانی نوار ولکانو-پلوتونیک دهج-ساردوئیه (استان کرمان)

زهرا زلفی و حمید احمدی پور \*

گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

### چکیده

در بخش‌های مرکزی نوار ولکانو-پلوتونیک دهج-ساردوئیه در استان کرمان، دایک‌های دولریتی ویژه‌ای وجود دارد که حاوی مگاکریست‌های پلاژیوکلاز است. این ناحیه در ۷۰ کیلومتری جنوب شهر کرمان قرار دارد و بخشی از کمربند آتشفشانی ارومیه-دختر را به نمایش می‌گذارد. فراوان‌ترین سنگ‌های ناحیه شامل: سنگ‌های آذرآواری و گدازه‌های آندزیتی تا بازالتی است که سنی معادل ائوسن دارد و سنگ میزبان دایک‌های مورد مطالعه به شمار می‌رود. ضخامت دایک‌ها در صحرا به هفت متر می‌رسد و پلاژیوکلاز، تنها کانی است که به خوبی در آنها مشاهده می‌شود. بلورهای پلاژیوکلاز یک تفریق جریان‌ی واضحی را نشان می‌دهد و تمایل دارد که در بخش‌های مرکزی دایک‌ها تجمع نماید. در زیر میکروسکوپ، این دایک‌ها، حاوی مگاکریست‌های پلاژیوکلاز و فنوکریست‌های اولیوین است که در زمینه‌ای ریزبلور و میکرولیتی قرار دارد. بلورهای پلاژیوکلاز انواع بافت‌های غیر تعادلی نظیر: بافت غربالی، غباری و منطقه‌بندی را نشان می‌دهد. این شواهد می‌تواند دلیلی بر فرآیندهایی مانند: تغذیه مکرر آشیانه ماگمایی یا کاهش فشار ناشی از صعود ماگما باشد. از نظر ژئوشیمیایی این دایک‌ها ماهیت کالک‌آلکالن داشته و گرایش اندکی به سمت توله‌ایتی دارد. همچنین، تهی‌شدگی سنگ‌های مورد نظر از: Ta, P, Nb و Ti نشان می‌دهد که شاید ماگما‌های سازنده آنها به مناطق فرورانش تعلق داشته و تحت تأثیر آلودگی پوسته‌ای قرار گرفته‌اند. بر اساس مطالعات پتروژنتیکی دایک‌های مطالعه شده در یک محیط حاشیه فعال قاره تشکیل شده‌اند. فراوانی عناصر کمیاب نشان‌دهنده این است که شاید ماگما‌های سازنده دایک‌های منطقه، محصول ذوب بخشی یک گوشته باشد که تحت تأثیر سیالات آزاد شده از لیتوسفر فرورو، متاسوماتیزه شده است. تغییرات نسبت‌های Th/Yb و Ta/Yb نشان می‌دهد که ماگما‌های مورد نظر در هنگام صعود به سطح زمین، دچار آلودگی پوسته‌ای شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: مگاکریست پلاژیوکلاز، دایک‌های دولریتی، کرمان، نوار ولکانو-پلوتونیک دهج-ساردوئیه

### مقدمه

دهج-ساردوئیه که از نظر زمین‌شناسی جزو بخش

جنوب‌شرقی کمربند ماگمایی ارومیه-دختر به

در بخش‌های میانی نوار ولکانو-پلوتونیک

\* hahmadi@uk.ac.ir

نظر می‌رسد. از آنجایی که در نقشه زمین‌شناسی (Afsharian Zadeh *et al.*, ۱:۱۰۰۰۰۰ بردسیر 1993) برای این دایک‌ها سنی معادل با الیگومیوسن در نظر گرفته شده، طبیعی است که مطالعه دقیق منشأ آنها می‌تواند به شناخت بخشی از تاریخ زمین‌شناسی منطقه کمک نماید.

### زمین‌شناسی منطقه

نوار دهج-ساردوئیه که دایک‌های غنی از درشت‌بلورهای پلاژیوکلاز در گستره وسیعی از بخش میانی آن نفوذ کرده‌اند، بخش جنوب‌شرقی کمان ماگمایی ارومیه-دختر را تشکیل داده و با روند شمال‌غرب-جنوب‌شرق در استان کرمان قرار گرفته است. نوار دهج-ساردوئیه بیشترین حجم ماگماتیسم کمربند ارومیه-دختر را به خود اختصاص داده و بخش اعظم سنگ‌های موجود در این کمربند ترکیب حدواسط تا بازی دارد و در محدوده کالک‌آلکانل قرار می‌گیرد. Dimitrijevic در سال ۱۹۷۳ این نوار را به چند مجموعه تقسیم کرد و دایک‌های مطالعه شده در یکی از این مجموعه‌ها به نام مجموعه هزار واقع شده است. مجموعه هزار با سن ائوسن فوقانی بالاترین مجموعه از سنگ‌های آذرین ائوسن ناحیه کرمان بوده و شامل: بیش از ۱۵۰۰ متر سنگ‌های آتشفشانی و رسوبی است.

در این بخش از کمربند انواع سنگ‌های آتشفشانی از جمله: گدازه‌های بازالتی و آندزیتی و انواع مختلف نهشته‌های آذرآواری از جمله: توف، آگلومرا و برش مشاهده شده که سنگ میزبان دایک‌های مورد نظر است (شکل ۱-A). گدازه‌های بازالتی موجود در منطقه، به صورت توالی‌های منظم با پیروکلاستیک‌ها دیده می‌شود و حداکثر ضخامت لایه‌های آنها به ۴۰ متر می‌رسد. در نمونه دستی، کانی‌های پلاژیوکلاز، پیروکسن و گاهی

شمار می‌رود (Dimitrijevic, 1973) تعداد زیادی دایک‌های دولریتی غنی از بلورهای بسیار درشت پلاژیوکلاز دیده می‌شود که به درون گدازه‌ها و سنگ‌های آذرآواری ائوسن نفوذ کرده‌اند. این منطقه بین طول‌های جغرافیایی ۲۹°۳۰' تا ۲۹°۴۵' شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۵۶°۳۰' تا ۵۷°۳۰' شمالی (جنوب‌شرق بردسیر تا جنوب‌غرب راین) قرار گرفته است. در این بخش، مطالعات زمین‌شناسی در قالب نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ سیرجان (Soheili, 1993) و (Afsharian Zadeh *et al.*, ۱:۱۰۰۰۰۰ بردسیر 1993) و همچنین، پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد انجام شده است و سنگ‌شناسی واحدهای گدازه‌ای و آذرآواری در آن به خوبی مطالعه و نمونه‌هایی از گدازه‌های آندزیتی حاوی بلورهای درشت پلاژیوکلاز در شمال‌غرب منطقه شیرینک واقع در جنوب‌شرق بردسیر (Naderi, 2013)، در منطقه دره زارچوئیه واقع در جنوب‌شرق بردسیر (Fatehi Chenar *et al.*, 2012؛ Fatehi Chenar, 2012)، در بخش غربی منطقه هزار واقع در جنوب‌غرب راین (Khajeh Javaran, 2011) و در مجموعه سنگ صیاد واقع در جنوب‌شرق بردسیر (Mohammadi, 2008) گزارش شده‌اند. اما مطالعه سنگ‌شناسی دقیقی بر روی این گونه دایک‌های غنی از پلاژیوکلاز انجام نشده است. بنابراین، در این پژوهش تلاش شده تا با اتکا به نتایج تجزیه شیمیایی و ارتباط آنها با مطالعات صحرایی و میکروسکوپی ماهیت ژئوشیمیایی و خاستگاه تکتونیکی این دایک‌ها به همراه ارائه مدل احتمالی تشکیل آنها، بررسی شود. علاوه بر این، دایک‌های مورد نظر به عنوان یک فاز ماگمایی مستقل در منطقه وسیعی از نوار دهج-ساردوئیه نفوذ کرده و می‌تواند نماینده یک فاز ماگمایی بعد از ائوسن در منطقه باشد. بنابراین، مطالعه آنها ضروری به

است در بعضی نمونه‌ها، دایک‌های مورد بررسی قطعاتی از پیروکلاستیک‌های میزبان را در بر گرفته‌اند. در صحرا پلاژیوکلاز تنها کانی است که در این دایک‌ها به وفور هم به صورت تیغه‌ای و هم تخته‌ای دیده می‌شود (شکل ۱-B و C) و گاهی در نمونه دستی منطقه‌بندی هم نشان می‌دهد. این کانی با اندازه‌های متفاوت از کمتر از یک سانتی‌متر تا سه سانتی‌متر در زمینه‌ای کاملاً ریزدانه به صورت جهت یافته یا به صورت متقاطع در زمینه قرار دارد. در صحرا از حاشیه به سمت مرکز دایک، اندازه و فراوانی بلورهای پلاژیوکلاز بیشتر می‌شود که می‌تواند نشان‌دهنده سرد شدن سریع ماگما در مرز تماس با سنگ میزبان یا مبین تفریق جریانی (Best, 2003) و تمرکز بلورهای درشت پلاژیوکلاز در مرکز دایک باشد (شکل ۱-D). تقریباً تمامی دایک‌های مورد بررسی، به دلیل وجود فعالیت‌های تکتونیکی، ظاهری تکتونیزه همراه با شکستگی‌های فراوان دارد و در بعضی از این شکستگی‌ها به دلیل نفوذ محلول‌های گرم رگه‌های کلسیت ایجاد شده است.

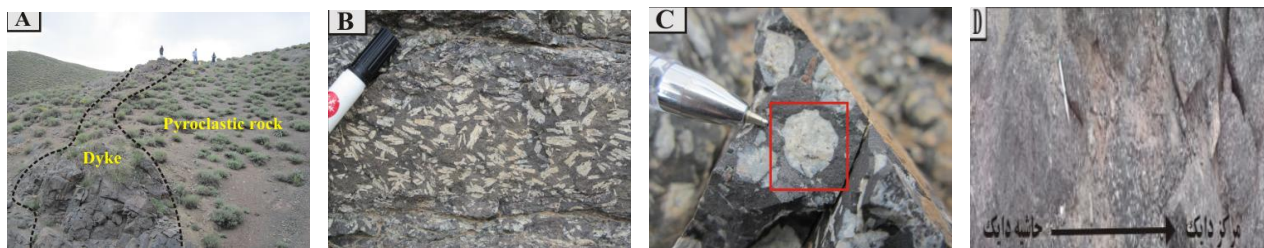
### روش انجام پژوهش

به منظور بررسی دایک‌های مورد مطالعه در ابتدا مطالعات کتابخانه‌ای و سپس با اتکا به این اطلاعات پایه، بازدید صحرایی و نمونه‌برداری از منطقه انجام شد. بعد از انجام مطالعات میکروسکوپی، تعداد ۱۰ نمونه برای تجزیه شیمیایی (با همکاری شرکت زرآزما) به آزمایشگاه LABWEST در کشور استرالیا فرستاده شد. تجزیه اکسیدهای اصلی به درصد و با روش ICP-AES و تجزیه عناصر فرعی و کمیاب به ppm و با روش ICP-MS انجام گرفت. برای هر نمونه، ۱۲ اکسید اصلی و ۳۶ عنصر فرعی و کمیاب اندازه‌گیری شده است.

اولیون قابل تشخیص است. اما بیشتر حجم سنگ را زمینه‌ای ریزبلور تشکیل می‌دهد. رنگ غیر هوازده بازالت‌ها سیاه تا خاکستری تیره است در صورتی که سطح هوازده به دلیل ورنی صحرایی به رنگ قهوه‌ای تیره تا سیاه در آمده است.

گدازه‌های آندزیتی به رنگ خاکستری و خاکستری تیره تا سیاه دیده می‌شود و دارای بلورهای پلاژیوکلاز و پیروکسن است. از لحاظ حجمی، پلاژیوکلاز در آنها بیشتر از پیروکسن و اندازه بلورهای پلاژیوکلاز در این گدازه‌ها حداکثر به ۰/۵ سانتی‌متر می‌رسد. سنگ‌های آذرآواری میزبان، شامل: برش، توف و آگلومرا است. برش‌ها به صورت لایه‌هایی با ضخامت متوسط ۱۵ متر دیده می‌شود. دارای قطعات زاویه‌دار با اندازه‌های مختلف بوده که در زمینه‌ای نیمه جوش خورده قرار دارد. این قطعات از تنوع ترکیبی برخوردار هستند. به گونه‌ای که قطعات درشت که اندازه آنها حداکثر به ۳۰ سانتی‌متر هم می‌رسد، گدازه‌اند و قطعات کوچک‌تر از جنس توف است. توف‌ها در منطقه به صورت لایه لایه و به رنگ ارغوانی و گاهی سبز دیده می‌شود. دانه‌ریز و جوش خورده‌اند و ضخامت لایه‌ها تا ۲ متر می‌رسد. آگلومراها نیز به صورت لایه‌هایی با ضخامت ۵۰ متر دیده می‌شود. این نهشته‌ها زمینه‌ای با جوش خوردگی متوسط دارد که در آن، قطعات گرد شده با ترکیبات مختلف قرار گرفته‌اند.

دایک‌های مطالعه شده حداکثر هفت متر ضخامت دارد و امتداد آنها شمال شرق-جنوب غرب و شمال غرب-جنوب شرق است. طول این دایک‌ها گاهی به ۱۰۰ متر هم می‌رسد. گاهی نیز به صورت توده‌های آپوفیز مانند به قطر ۱/۵ متر دیده می‌شود. رنگ غیرهوازده این دایک‌ها، خاکستری کمی متمایل به سیاه و رنگ هوازده آنها کاملاً سیاه



شکل ۱- ویژگی‌های صحرایی دایک‌های غنی از پلاژیوکلاز. (A) دایک‌هایی که ظاهر صخره‌ای دارد؛ (B) بلورهای پلاژیوکلاز با فرم تیغه‌ای و حالت جریان‌ی؛ (C) بلور پلاژیوکلاز با فرم تخت‌های؛ (D) افزایش فراوانی و اندازه بلورهای پلاژیوکلاز از حاشیه به مرکز دایک که مبین تفریق جریان‌ی یا سرد شدن سریع ماگما در مرز تماس با سنگ میزبان است.

## پتروگرافی

به خود اختصاص داده و از لحاظ اندازه، قطرشان تا ۲/۵ میلی‌متر می‌رسد. این کانی یا به مجموعه ایدینگزیت تبدیل شده یا کانی‌های ثانویه کلریت، کلسیت و کوارتز در قالب آن، به صورت دروغین جانشین شده‌اند. به گونه‌ای که در بعضی از بلورها، کلریت به طور کامل قالب اولیون را فرا گرفته است. زمینه این سنگ‌ها شامل: میکروولیت‌های پلاژیوکلاز، ریزبلورهای کلینوپیروکسن، کانی‌های اوپاک همراه با کانی‌های ثانویه و دگرسان مثل: کلسیت و کلریت است. در این سنگ‌ها، حجم زمینه تا ۵۰ درصد می‌رسد که از این میزان، بیشترین حجم را کانی پلاژیوکلاز به خود اختصاص داده است. ویژگی‌های پتروگرافی آندزیت‌ها شبیه به بازالت‌ها است با این تفاوت که در آندزیت‌ها درصد پلاژیوکلاز بیشتر بوده و اندازه آنها نیز بزرگ‌تر است. علاوه بر این، کانی اصلی فرومنیزین در این سنگ‌ها، کلینوپیروکسن است و اثری از اولیون در آنها دیده نمی‌شود.

**پتروگرافی دایک‌های غنی از مگاکریست‌های پلاژیوکلاز:** بافت کلی این دایک‌ها، پورفیری است. به گونه‌ای که مگاکریست‌های پلاژیوکلاز و فنوکریست‌های اولیون در زمینه‌های ریزبلور متشکل از میکروولیت‌های پلاژیوکلاز، ریزبلورهای کلینوپیروکسن و کانی‌های اوپاک قرار گرفته‌اند.

بررسی‌های میکروسکوپی نشان داد که دایک‌های مورد مطالعه، ترکیب بازالتیک-آندزیت داشته و بافت اصلی آنها پورفیری است. اما علاوه بر این بافت، بافت گلومروپورفیری و بادامکی نیز به صورت فرعی دیده می‌شود. از آنجا که سنگ میزبان اصلی این دایک‌ها، گدازه‌های بازالتی و آندزیتی است؛ نخست مختصری به شرح ویژگی‌های سنگ‌نگاری گدازه‌های میزبان می‌پردازیم:

در سنگ‌های میزبان بازالتی، فنوکریست‌های پلاژیوکلاز (با قطر دو تا چهار میلی‌متر) اغلب شکل‌دار و نیمه شکل‌دار بوده و در بعضی مقاطع به دلیل تغییر شرایط تعادلی، دارای بافت غربالی هستند. با توجه به زوایای خاموشی ۳۶ تا ۴۵ درجه، ترکیب بلورهای پلاژیوکلاز از لابرادوریت تا بیتونیت تغییر می‌کند. فنوکریست‌های کلینوپیروکسن با طول حداکثر ۴ میلی‌متر، شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار و گاهی دارای ماکل مکرر است و همچنین، به صورت ریزدانه در زمینه سنگ قرار گرفته‌اند. با توجه به زاویه خاموشی ۳۴ تا ۴۴ درجه، کلینوپیروکسن‌های موجود از نوع اوزیت-دیوپسید است. بلورهای شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار اولیون، یک تا پنج درصد از حجم فنوکریست‌ها را

تفاوت دارد. در دایک‌های مورد مطالعه، کانی پیروکسن فقط به صورت بلورهای بسیار ریز در زمینه سنگ حضور دارد که به صورت بی شکل با حواشی خورده شده و بافت اینترگرانولار در بین تیغه‌های ریز پلاژیوکلاز قرار گرفته‌اند (شکل ۲-۲C). کانی‌های بی شکل و نیمه شکل‌دار اولیوین به صورت فنوکریست با قطر حداکثر ۲/۵ میلی‌متر (به طور استثنا در بعضی مقاطع تا چهار میلی‌متر) با کانی‌های ثانویه کلریت، کلسیت، کوارتز و مجموعه کانی‌های ایدینگزیت پر شده‌اند (شکل ۲-۲D). توسعه پدیده ایدینگزیتی شدن در حاشیه بلورهای اولیوین، بیانگر وجود منطقه‌بندی ترکیبی در این کانی‌ها است. زیرا فقط اولیوین‌های با میزان جزو فورستریت کمتر از ۵۰ درصد می‌توانند تحت اثر ایدینگزیتی شدن قرار گیرند (Donaldson and Henderson, 1998). در این حالت، ترکیب اولیوین در حاشیه برای ایدینگزیتی شدن مناسب است و مرکز بلور به دلیل غنی بودن از منیزیم، ایدینگزیتی نمی‌شود (Donaldson and Henderson, 1998). در جدول ۱، اختلافات بافتی و کانی‌شناسی سنگ میزبان بازالتی و دایک‌های مورد مطالعه، آورده شده است.

### ژئوشیمی

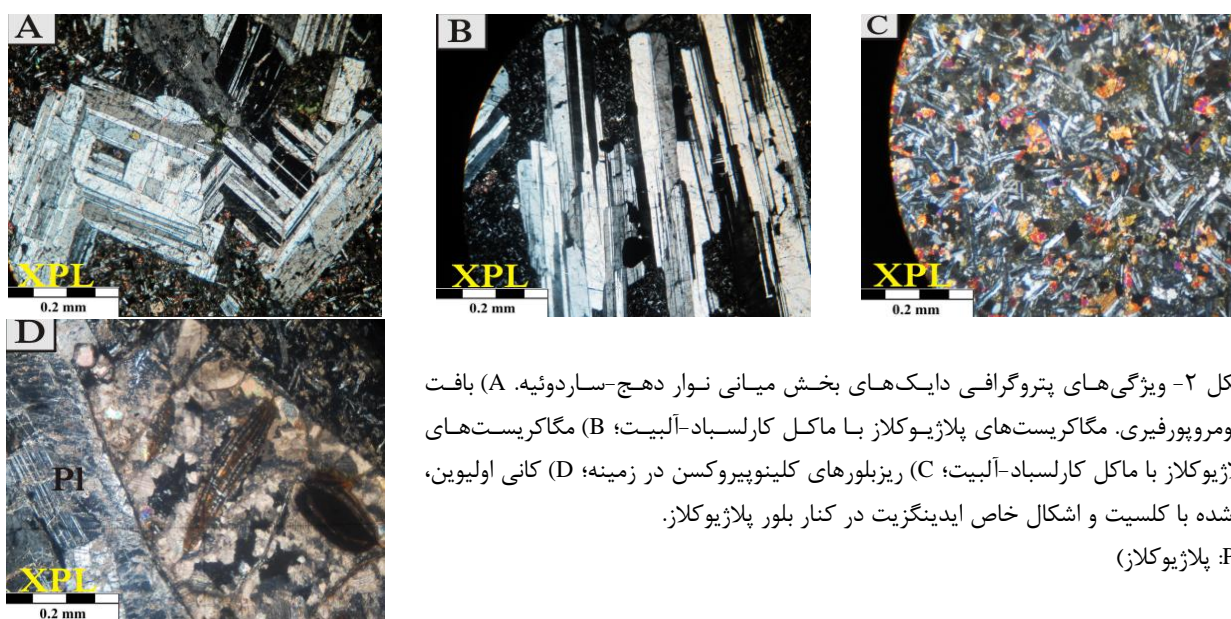
برای بررسی ماهیت دایک‌های مطالعه شده نمونه‌های سالم و کمتر دگرسان برای تجزیه شیمیایی انتخاب و در تفسیر داده‌های ژئوشیمیایی، از عناصری که در محیط‌های دگرسان به نسبت کم تحرک و غیرفعال باقی می‌مانند، استفاده شده است. جدول ۲ نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی نمونه‌های دایکی را نشان می‌دهد. به منظور نامگذاری شیمیایی از نمودار Nb/Y نسبت به Zr/Ti (Le Bas et al., 1986) (شکل ۳) استفاده شده است. طبق این

این دایک‌ها علاوه بر بافت پورفیری و گلومروپورفیری (شکل ۲-A) دارای بافت بادامکی بوده و حفرات، با کانی‌های ثانویه کلسیت، کوارتز، کلسدونی و کلریت پر شده‌اند. بلورهای شکل‌دار و نیمه شکل‌دار پلاژیوکلاز، به صورت مگا کریست و فنوکریست مشاهده می‌شود. حداکثر طول مشاهده شده در مگا کریست‌های پلاژیوکلاز از شش میلی‌متر تا ۲۲/۵ میلی‌متر و در فنوکریست‌ها از دو تا چهار میلی‌متر متغیر است. با توجه به زاویه خاموشی ۳۶ تا ۴۳ درجه در پلاژیوکلازها ترکیب آنها از بیتونیت تا لابرادوریت تغییر می‌کند. در فرم تخته‌ای، بلورهای پلاژیوکلاز منطقه‌بندی ضعیف و در فرم تیغه‌ای، ماکل کارلسباد-آلبیت، پلی‌سنتتیک، بافت غربالی و پلاژیوکلازهای با اشکال متقاطع مشاهده می‌شود (شکل ۲-B). بافت غربالی، یکی از بافت‌های رایج موجود در بلورهای پلاژیوکلاز بوده که نشانه عدم وجود شرایط تعادل است. در اثر عدم تعادل، بخش‌هایی از بلور شروع به ذوب شدن می‌کند و چنانچه ماگما بلافاصله بیرون بریزد و فرصت تبلور نداشته باشد، بخش‌های ذوب شده آن شیشه‌ای شده و به صورت غربالی دیده می‌شود (Kawabata and Shuto, 2005). علاوه بر پلاژیوکلازهای با ترکیب لابرادوریت تا بیتونیت، یک سری بلورهای پلاژیوکلاز با درصد فراوانی کمتر (حداکثر ۱۵ درصد) وجود دارد که دارای زاویه خاموشی ۱۸ تا ۲۵ بوده و ترکیب الیگوکلاز تا آندزین دارد. این موضوع می‌تواند مبین این باشد که این بلورها به یک نسل متفاوت تعلق دارد. این بلورها با طول حداکثر سه میلی‌متر جزو فنوکریست‌ها بوده و دارای ماکل کارلسباد-آلبیت با حواشی انحلال یافته است. اختلاف در ترکیب و بافت بلورهای پلاژیوکلاز نشان می‌دهد که شاید ترکیب ماگماهای سازنده این پلاژیوکلازها با یکدیگر

و منشأ آنها مرتبط با گوشته غنی شده‌ای است که تحت تأثیر سیالات مربوط به پهنه فرورانش قرار گرفته است. در نمودارهای شکل‌های ۳ و ۴، دو نمونه ZE20 و ZA16 موقعیت‌های متفاوتی را نشان می‌دهد. بررسی پتروگرافی این دو نمونه، نشان می‌دهد که زمینه آنها دگرسانی بیشتری را تحمل کرده و این امر در مقدار بالاتر LOI این دو نمونه در جدول ۱ نیز منعکس شده است.

نمودار دایک‌های منطقه ترکیب بازالتیک-آندزیت و بازالت دارد. با نمودار Th/Yb نسبت به Ta/Yb (Pearce, 1983) می‌توان به سری ماگمایی سنگ‌های مورد مطالعه، نوع کمان آتشفشانی و ماهیت منشأ گوشته درگیر در ذوب پی برد (شکل ۴).

طبق شکل ۴، نمونه‌های مورد بررسی در سری کالک‌آلکان و محیط کمان فعال قاره‌ای واقع شده



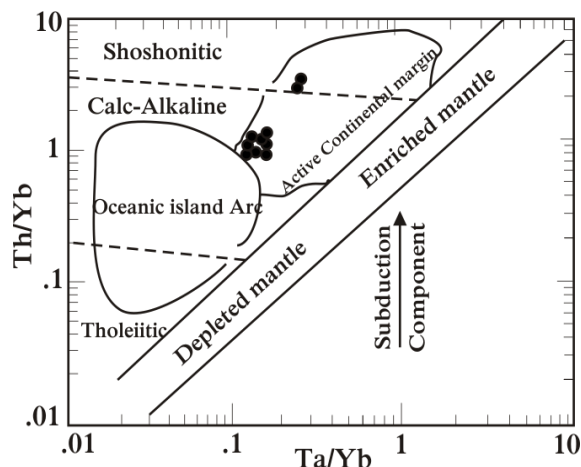
شکل ۲- ویژگی‌های پتروگرافی دایک‌های بخش میانی نوار دهج-ساردوئیه. (A) بافت گلومروپورفیری. مگاکریست‌های پلاژیوکلاز با ماکل کارلسباد-آلبیت؛ (B) مگاکریست‌های پلاژیوکلاز با ماکل کارلسباد-آلبیت؛ (C) ریزبلورهای کلینوپیروکسن در زمینه؛ (D) کانی اولیوین، پرشده با کلسیت و اشکال خاص ایدینگزیت در کنار بلور پلاژیوکلاز. (PI: پلاژیوکلاز)

جدول ۱- اختلافات بافتی و کانی‌شناسی سنگ میزبان بازالتی و دایک‌های بخش میانی نوار دهج-ساردوئیه (Zolfi, 2014)

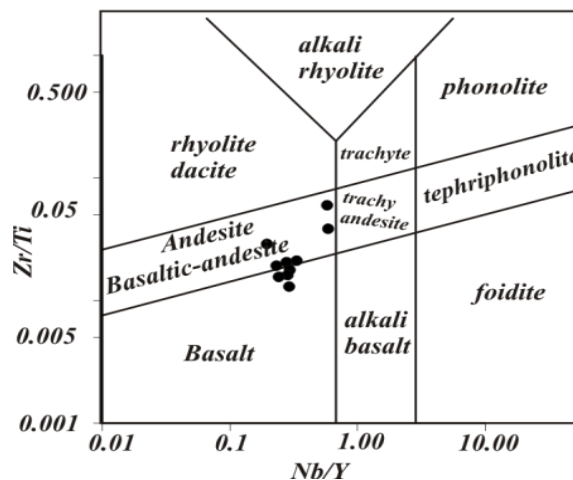
دایک‌های بخش میانی نوار دهج-ساردوئیه	سنگ میزبان بازالتی	اختلافات بافتی و کانی‌شناسی
دارای بافت پورفیری، گلومروپورفیری (تجمع بلورهای پلاژیوکلاز با هم)، اینترگرانولار (درهم قفل شدن ریزبلورهای کلینوپیروکسن با هم و با میکروولیت‌های پلاژیوکلاز)، بادامکی (پرشده با کانی‌های ثانویه کلسیت، کلریت، اپیدوت، کوارتز و کلسدون) و بافت جریان	دارای بافت پورفیری و بادامکی (پرشده با کانی‌های ثانویه کلسیت، کلریت، اپیدوت، کوارتز و کلسدون)	
حاوی مگاکریست‌های پلاژیوکلاز (۱۵ درصد)، فنوکریست‌های پلاژیوکلاز (۲۰ درصد)، فنوکریست‌های اولیوین (کمتر از ۵ درصد) و زمینه حاوی ریزبلورهای پلاژیوکلاز و کلینوپیروکسن (۶۰ درصد)	حاوی فنوکریست‌های پلاژیوکلاز (۳۵ درصد)، اولیوین (۱ تا ۵ درصد) و کلینوپیروکسن (تا ۱۰ درصد)، زمینه ۵۰ درصد	
زمینه متشکل از میکروولیت و میکروفنوکریست‌ها، در بعضی از نمونه‌ها زمینه حاوی ریزبلورهای کلینوپیروکسن (تا ۳۰ درصد) و در بعضی دیگر فاقد ریزبلورهای کلینوپیروکسن، حاوی کانی‌های اپاک به صورت اولیه و ثانویه	زمینه متشکل از میکروولیت‌های پلاژیوکلاز، ریزبلورهای کلینوپیروکسن، کانی‌های اپاک به صورت ثانویه و مواد نهان بلور	

جدول ۲- نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی اکسیدهای اصلی و عناصر کمیاب نمونه‌های دایکی بخش میانی نوار دهج-ساردوئیه

Sample	ZE2	ZE4	ZE20	ZCD1	ZA8D3	ZA4	ZA2	ZA1D1	ZA16	ZA13D4
Name	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
(Wt%)										
SiO <sub>2</sub>	51.77	51.31	49.02	51.09	52.71	52.07	47.76	51.25	50.02	51.09
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19.61	21.26	16.27	16.34	18.08	17.44	17.81	18.03	13.6	18.07
CaO	6.02	7.17	6.23	8.36	7.7.39	8.56	9.01	8.75	5.52	8.50
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.03
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.99	2.83	4.23	4.27	3.42	4.93	4.30	3.47	4.60	3.75
FeO	5.09	4.40	8.07	8.04	5.46	7.96	8.11	6.70	7.80	6.70
K <sub>2</sub> O	2.23	3.10	0.63	0.89	1.82	2.27	1.29	0.69	0.46	1.62
MgO	2.76	2.29	4.14	3.47	2.65	2.51	3.80	3.67	3.65	3.19
MnO	0.13	0.15	0.22	0.23	0.15	0.20	0.27	0.16	0.18	0.16
Na <sub>2</sub> O	3.57	3.32	3.09	2.82	3.26	3.36	2.99	2.89	3.86	2.87
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.68	0.55	0.82	0.46	0.39	0.33	0.37	0.24	0.51	0.34
TiO <sub>2</sub>	1.07	0.96	1.84	1.53	1.43	1.62	1.67	1.16	1.90	1.35
L.O.I	3.46	3.41	4.81	1.68	2.23	1.25	1.62	1.69	6.06	1.64
SUM	99.8	99.7	99.5	99.3	99.1	99.3	99	98.9	100	99.4
(ppm)										
Ba	1070	1400	229	374	616	631	1060	573	181	631
Co	23.1	14.1	30.1	36.9	26.1	25.6	33.3	33.7	22.4	27.5
Ni	20	14	17	31	24	21	28	28	11	27
Zn	147	80	176	175	120	114	192	117	67	111
Cu	154	74	321	191	203	111	181	903	163	87
Ag	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Rb	43.8	39.2	16.0	18.9	50.3	69.6	29.9	8.8	7.3	33.0
Y	51	31	64	46	36	36	39	30	31	31
Zr	358	213	301	211	173	151	155	130	148	145
Nb	31	18	12	15	10	10	10	7	9	9
Cs	1.1	3.3	2.2	0.5	1.6	2.6	1.4	0.6	1.1	1.2
La	72.5	65.1	30.9	27.2	22.8	21.8	24.5	15.3	30.0	20.4
Ce	120	108	65.9	51.7	42.6	40.9	46.2	29.1	56.3	39.3
Pr	14.4	12.9	10.1	7.17	6.05	5.83	6.46	4.29	7.96	5.53
Nd	106	92.9	88.0	59.3	51.5	50.5	56.1	36.2	67.3	48.6
Sm	9.2	8.4	11.1	7.3	5.9	5.7	6.7	4.3	7.7	5.3
Eu	2.15	2.05	2.31	1.83	1.65	1.64	1.95	1.36	1.92	1.55
Gd	10.8	10.2	11.7	7.58	6.63	6.46	7.89	4.81	8.56	6.07
Tb	1.28	1.13	1.89	1.14	1.00	0.99	1.12	0.78	1.24	0.96
Dy	6.98	6.36	11.1	7.21	5.91	6.10	6.86	4.73	7.73	5.51
Ho	1.42	1.28	2.49	1.54	1.27	1.34	1.41	1.00	1.63	1.22
Er	3.66	3.44	6.65	4.38	3.56	3.75	4.07	2.73	4.44	3.18
Tm	0.77	0.65	1.27	0.80	0.59	0.72	0.76	0.52	0.86	0.64
Yb	4.0	3.4	6.5	4.3	3.6	3.8	4.2	2.8	4.8	3.4
Lu	0.69	0.61	1.14	0.70	0.61	0.72	0.78	0.68	1.11	1.21
Hf	7	5	8	5	4	4	4	3	5	4
Ta	1.0	0.9	0.6	0.6	<0.5	0.5	0.5	<0.5	0.6	<0.5
Tl	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
W	1	1	<1	<1	<1	1	<1	<1	1	<1
Th	29.6	26.0	5.6	6.1	4.8	5.2	5.6	3.0	6.3	4.5
U	4.27	5.06	1.52	1.72	1.48	1.72	1.90	0.89	1.79	1.26
V	141	104	254	304	261	342	336	249	341	247
Ga	27	18	22	25	22	21	24	24	14	22
Mo	<2	<2	3	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Sn	3	2	3	2	2	2	2	1	1	1



شکل ۴- نمودار Ta/Yb نسبت به Th/Yb (Pearce, 1983). در این نمودار، نمونه‌های دایک‌های بخش میانی نوار دهج-ساردوئیه ماهیت کالک‌آلکالین و محیط تکتونیکی حاشیه فعال قاره‌ای را نشان می‌دهد.



شکل ۳- موقعیت نمونه‌های دایک‌های بخش میانی نوار دهج-ساردوئیه در نمودار Zr/Ti در برابر Nb/Y (Le Bas et al., 1986)

عناصر Nb و Ti در این سنگ‌ها، تهی‌شدگی مشخصی را نشان می‌دهد که می‌تواند ارتباط ماگماهای مادر آنها را با محیط‌های کمانی بیان نماید (Pearce, 1982). عنصر Ti به راحتی می‌تواند در فازهای تفریق یافته‌ای همچون: تیتانومگنتیت، پیروکسن و اسفن قرار گیرد و تهی‌شدگی از خود نشان دهد. عناصر P و Ce نیز دارای تهی‌شدگی است. Pearce (۱۹۸۳) آنومالی منفی Ce را به متحرک بودن این عنصر در محیط‌های فرورانش نسبت می‌دهد.

یکی از جنبه‌های حایز اهمیت در تعیین جایگاه تکتونیکی ماگما، بررسی الگوی عناصر کمیاب در نمودارهای عنکبوتی است. نمونه‌های مورد بررسی نسبت به کندریت (Thompson, 1982) و گوشته اولیه (Sun and Mc Donough, 1989) نرمالیز شده‌اند (شکل ۷). در سنگ‌های مورد مطالعه، فراوانی عناصر کمیاب با پتانسیل یونی بالا (HFSE) نسبت به عناصر کمیاب با شعاع یونی بزرگ (LILE) روند منظم‌تری داشته و

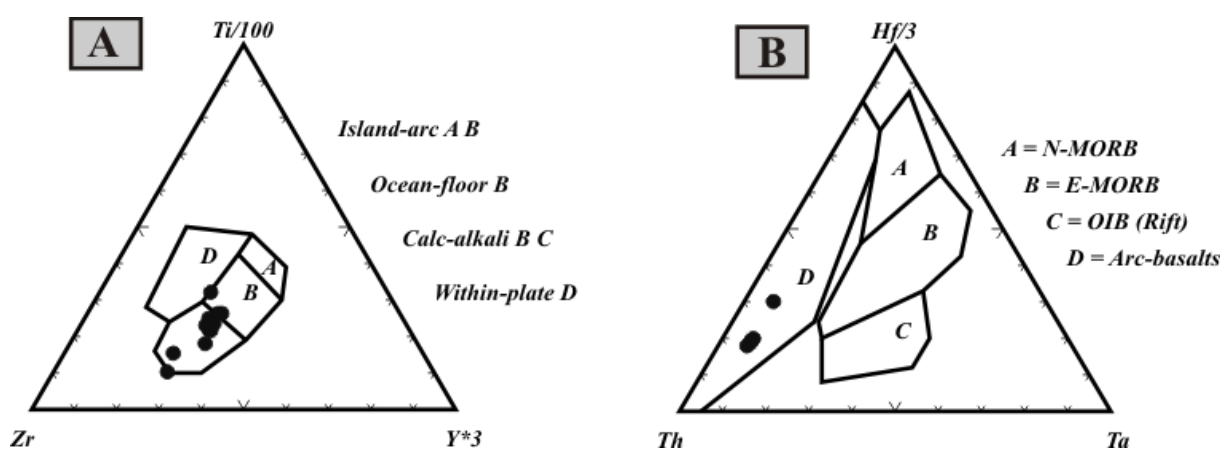
### خاستگاه زمین‌ساختی دایک‌ها: برای

تعیین جایگاه زمین‌ساختی دایک‌های مطالعه شده از نمودار Ti-Y-Zr برگرفته از Pearce و Cann (۱۹۷۳) استفاده شده است. با توجه به شکل ۵- A، دایک‌های مورد مطالعه در محدوده بازالت کالک‌آلکالین (C) قرار می‌گیرد. همچنین، بر اساس نمودار مثلثی Wood (۱۹۸۰) نمونه‌ها، به محدوده بازالت‌های مرتبط با قوس تعلق دارد (شکل ۵-B). علاوه بر این، ماهیت کالک‌آلکالین سنگ‌های منطقه و آلودگی احتمالی آنها در شکل ۶ به خوبی روشن است. در این شکل با توجه به قرارگیری نمونه‌ها در مسیر مؤلفه W به نظر می‌رسد که سنگ منشأ ماگمای سازنده نمونه‌ها، غنی‌شدگی از یک فاز سیال را نشان می‌دهد که شاید مربوط به آب‌زدایی ورقه اقیانوسی فرورونده باشد. همانگونه که در شکل ۶ دیده می‌شود، عنصر Th در نمونه‌ها غنی‌شدگی نشان می‌دهد. به عقیده Pearce (۱۹۸۲) بازالت‌های کالک‌آلکالین از عنصر توریم نسبت به دیگر عناصر غنی هستند. علاوه بر این،

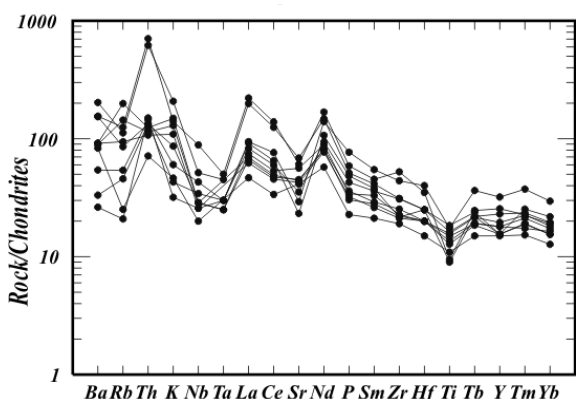


غیر متحرک هستند. وی بر این باور است که یک حالت خاص از جابه‌جایی عناصر نادر خاکی مربوط به آب‌زدایی صفحه اقیانوسی فرورونده است که می‌تواند باعث ایجاد ماگمای کالک‌آلکان شود. علاوه بر این، عناصر LILE نسبت به عناصر HFSE دارای غنی‌شدگی بیشتری بوده که این غنی‌شدگی از ویژگی‌های بارز محیط‌های فرورانش است (Taylor and Martinez, 2003).

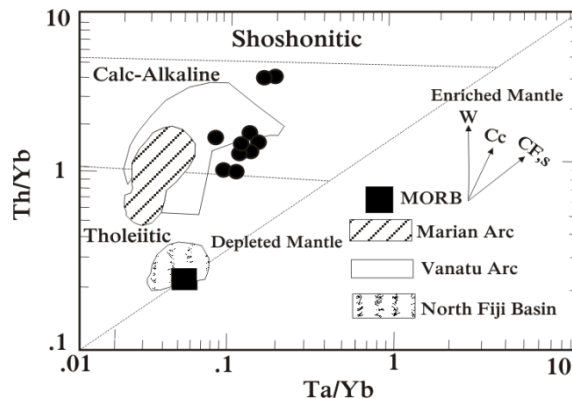
LILE نسبت به HFSE دارای پراکندگی بیشتری است. Morata و Aguirre (۲۰۰۳) معتقدند که این پراکندگی به علت تحرک به نسبت بالای عناصر LILE در طول دگرسانی است. Pearce (۱۹۸۳) بر این عقیده است که عناصر ناسازگار که به گروه LILE متعلق هستند (مانند: K, Ce, Ba, Sr و Rb) متحرک‌اند. در صورتی که عناصر HFSE (Zr و Y, Th, Ta, Sc, REE, P, Nb, Hf, نظیر: )



شکل ۵- A) موقعیت دایک‌های بخش میانی نوار دهج-ساردوئیه در نمودار مثلثی Zr-Ti-Y (Pearce and Cann, 1973)؛ B) موقعیت این نمونه‌ها در نمودار Th-Hf-Ta (Wood, 1980)



شکل ۷- نمودار عنکبوتی عناصر کمیاب در دایک‌های بخش میانی نوار دهج-ساردوئیه که با کندریت نرمالیز شده‌اند (Thompson, 1982)

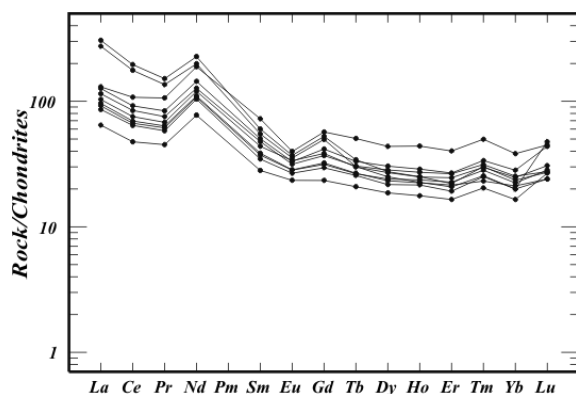


شکل ۶- نمودار دوتایی Ta/Yb در مقابل Th/Yb (Pearce, 1983). غنی‌شدگی از یک فاز سیال؛ Cc: مبین آلیش پوسته‌ای؛ CF: تفریق بلوری و s: غنی‌شدگی مرتبط با منشأ

(Cole et al., 2006)،  
 باقی ماندن آنها در فازهای دیرگداز ورقه اقیانوسی

در مناطق دیگر کمر بند ارومیه-دختر نیز سنگ‌هایی با ویژگی‌های ژئوشیمیایی مشابه به محیط‌های فرورانش نسبت داده شده‌اند (Etemadi et al.; Roozbahani and Arvin, 2010)

نمونه‌ها از LREE، غنی هستند و میزان این غنی‌شدگی به سمت MREE و HREE، کاهش می‌یابد. Machado و همکاران (۲۰۰۵) معتقدند که غنی شدن سنگ‌ها از LREE مبین وابستگی این سنگ‌ها به سری کالک‌آلکان است. طبق نمودار، بالا بودن نسبت LREE/HREE، نشان‌دهنده بالا بودن نسبت CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O در منشأ، عمق بیشتر تولید ماگما یا پدیده تفریق است. در این نمودار، عناصر نادر خاکی سبک تغییرات شدیدتری نشان می‌دهد. در حالی که، الگوی عناصر سنگین مسطح بوده و تغییرات چندانی ندارد. آنومالی مثبت Nd نیز می‌تواند به دلیل خطای دستگاهی باشد.



یا آلودگی با پوسته قاره‌ای است (Gill, 1976a). زیرا در پوسته قاره‌ای مقدار آنها پایین است.

در شکل ۸ که در آن فراوانی عناصر نادر خاکی نسبت به کندریت (Sun and Mc Donough, 1989) نرمالیز شده‌اند، فراوانی این عناصر دارای روندهای موازی و منظم با سیر نزولی است. Best (۲۰۰۳) معتقد است که روندهای موازی در نمونه‌ها مبین منشأ واحد این سنگ‌هاست. وی اعتقاد دارد که سنگ‌های مرتبط با قوس به دلیل غنی بودن از عناصر لیتوفیل، با شعاع یونی بزرگ (LILE) نسبت به سایر عناصر واسطه، این حالت را بیشتر نشان می‌دهد. همانگونه که در شکل مشاهده می‌شود،

شکل ۸- نمودار فراوانی عناصر نادر خاکی در دایک‌های بخش میانی نوار دهج-ساردوئیه که با کندریت نرمالیز شده‌اند (Sun and Mc Donough, 1989)

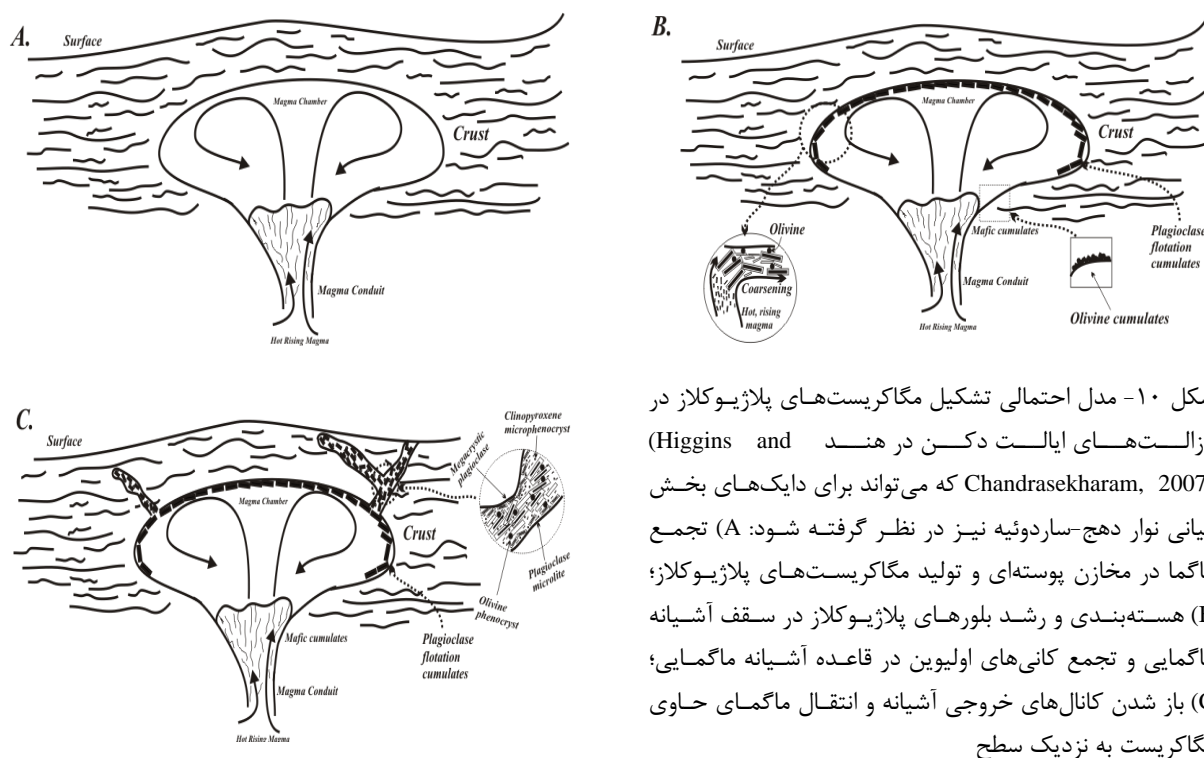
(۲۰۰۷) ماگما یا ماگماهای میزبان بلورهای درشت پلاژیوکلاز، در مخازن پوسته‌ای متوقف شده و بلورهای مورد نظر محصول تبلور در همین مخازن هستند. در این زمان، نیروهای تکتونیکی و گسل‌ها باعث تزریق ماگماهای جدید و داغ به آشیانه ماگمایی شده و در حین تزریق، جریان‌ات کنوکسیونی قوی در آشیانه ماگمایی به حرکت در می‌آید. در ابتدای تبلور که بلورهای پلاژیوکلاز و کانی‌های مافیک تشکیل می‌شود؛ ماگما، چگال و غنی از آهن است و از آنجا که چگالی بلورهای پلاژیوکلاز کمتر از ماگما است؛ این بلورها در قسمت بالای آشیانه متمرکز می‌شوند. به علت تداوم جریان‌ات کنوکسیونی در آشیانه و تزریق

مدل احتمالی تشکیل دایک‌های غنی از مگاکریست‌های پلاژیوکلاز: وجود بلورهای درشت پلاژیوکلاز در دایک‌های مورد مطالعه و چگالی پایین تر آنها نسبت به ماگمای میزبان، این تفکر را تقویت می‌کند که بلورهای پلاژیوکلاز در مخازن ماگمایی پوسته‌ای متبلور و به حالت شناوری در بالای آشیانه ماگمایی متمرکز یافته‌اند. با توجه به این موضوع و سایر مطالعات انجام شده، می‌توان مدل تبلور بلورهای پلاژیوکلاز در بازالت‌های ایالت دکن در هند، که توسط Higgins و Chandrasekharam (۲۰۰۷) ارائه شده را برای این دایک‌ها در نظر گرفت (شکل ۱۰). طبق مدل Higgins و Chandrasekharam

سرد شدن چنین ماگماهایی است. از آنجایی که در سنگ‌های مورد بررسی در کنار بلورهای پلاژیوکلاز می‌توان تعداد کمی بلور اولیوین را نیز مشاهده کرد؛ احتمال دارد که در زمان تبلور بلورهای درشت پلاژیوکلاز بلورهای اولیوین نیز در این ماگماها متبلور شده و بخش اعظم آنها ته‌نشین شده باشد. فقط مقدار بسیار اندکی از بلورهای اولیوین که به طور عمده به پلاژیوکلازها اتصال دارد، تحت تأثیر جریان‌ات کنوکسیونی به همراه ماگمای سازنده دایک‌ها به بالای آشیانه منتقل شده و در حال حاضر در سنگ‌ها دیده می‌شود. به نظر می‌رسد که بلورهای زمینه دایک‌های مطالعه شده، یعنی کلینوپیروکسن‌ها و بلورهای ریز پلاژیوکلاز نیز در حین صعود متبلور شده‌اند و بلور کلینوپیروکسن به صورت فنوکریست در ماگمای سازنده دایک‌ها تشکیل نشده است.

مکرر ماگما، بلورهای موجود، همچنان نزدیک به دمای لیکیدوس خود باقی‌مانده و به درشت شدن ادامه می‌دهند. در همین حال، کانی‌های مافیک، با چگالی بیشتر، در قسمت تحتانی آشیانه تجمع حاصل کرده و ماگمای باقی‌مانده به صورت مایعی فقیر از بلور و سبک‌تر با قابلیت تحرک بالا در بالای بلورهای انباشتی مافیک قرار می‌گیرد. مرحله آخر، انتقال ماگمای حاوی مگاکریست پلاژیوکلاز به نزدیکی سطح است (Higgins and Chandrasekharam, 2007).

به نظر می‌رسد که در منطقه مطالعه شده، عملکرد گسل‌های موجود یا تشکیل گسل‌های جدید باعث باز شدن کانال‌های خروجی آشیانه و انتقال ماگما به نزدیک سطح و ایجاد دایک‌ها شده است. بدیهی است که ماگمایی که از بالای سقف آشیانه ماگمایی خارج می‌شود غنی از مگاکریست پلاژیوکلاز باشد و دایک‌های مورد مطالعه محصول



شکل ۱۰- مدل احتمالی تشکیل مگاکریست‌های پلاژیوکلاز در بازالت‌های ایالت دکن در هند (Higgins and Chandrasekharam, 2007) که می‌تواند برای دایک‌های بخش میانی نوار دهج-ساردوئیه نیز در نظر گرفته شود: (A) تجمع ماگما در مخازن پوسته‌ای و تولید مگاکریست‌های پلاژیوکلاز؛ (B) هسته‌بندی و رشد بلورهای پلاژیوکلاز در سقف آشیانه ماگمایی و تجمع کانی‌های اولیوین در قاعده آشیانه ماگمایی؛ (C) باز شدن کانال‌های خروجی آشیانه و انتقال ماگمای حاوی مگاکریست به نزدیک سطح

## نتیجه‌گیری

حاصله هنگام صعود به سمت زمین دچار آلودگی پوسته‌ای شده‌اند. بلورهای پلاژیوکلاز پس از تبلور به حالت شناور در سقف آشیانه ماگمایی قرار گرفته است و به رشد خود ادامه می‌دهد و سپس با ایجاد شکستگی به همراه ماگمای میزبان به افق‌های بالاتر صعود و در اثر سرد شدن به دایک‌های غنی از مگاکریست‌های پلاژیوکلاز تبدیل شده است.

## سیاسگزاری

نگارندگان از ریاست محترم دانشکده علوم دانشگاه شهید باهنر کرمان که در انجام این پژوهش ما را یاری رسانده‌اند سپاسگزاری می‌نمایند.

دایک‌های غنی از مگاکریست‌های پلاژیوکلاز در منطقه مطالعه شده، ترکیب بازالت و بازالت متمایل به بازالتیک-آندزیت دارد. بر اساس داده‌های ژئوشیمیایی، ماهیت ماگماهای سازنده آنها کالک‌آلکان است. غنی‌شدگی از LILE و LREE نسبت به HFSE و HREE همراه با تهی‌شدگی از HFSE در نمونه‌های مورد نظر، گویای این است که دایک‌های مورد مطالعه در یک محیط فرورانشی از نوع حاشیه فعال قاره‌ای جایگزین شده‌اند. فراوانی عناصر کمیاب نشان‌دهنده این است که گوشته مورد نظر تحت تأثیر سیالات آزاد شده از لیتوسفر فرورو از عناصر ناسازگار غنی شده و ماگماهای

## منابع

- Afsharian Zadeh, M., Etemadi, N. and Ghomashi, A. (1993) Geological Quadrangle map of Bardsir 1:100000, No. 7349, Geological Survey and Mineral Exploration of Iran, Tehran (in Persian).
- Best, M. G. (2003) *Igneous and metamorphic Petrology*. Wiley-Blackwell, USA.
- Cole, R. B., Nelson, S. W., Layer, P. W. and Oswald, P. J. (2006) Eocene volcanism above depleted mantle sab window is southern Alaska. *Geological Society of American Bulletin* 118: 140-158.
- Dimitrijevic, M. (1973) *Geology of Kerman region*. Report no. Yu/ 52, 334, Geological Survey of Iran.
- Donaldson, C. H. and Henderson, C. M. B. (1988) A new interpretation of round embayment in quartz crystals. *Mineralogical Magazine* 52: 27-33.
- Etemadi, B., Taghipour, B., Ghobadi, A., Eslami, A. and Salimi Darani, M. (2012) Petrography and tectonic setting investigation of Tertiary igneous rocks in the Nodoushan area (SW of Sadough, Yazd province). *Petrology* 2-3(10): 13-26 (in Persian).
- Fatehi Chenar, H. (2012) *Petrography, geochemistry and petrogenesis of igneous rocks of Zarchuieh valley, south-east of Bardsir (Kerman province)*. MSc thesis, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran (in Persian).
- Fatehi Chenar, H., Ahmadipour, H. and Moradian Shahrabaki, A. (2012) Geochemistry and tectonic setting of plutonic rocks in Zarchuieh valley (SE of Bardsir, Kerman). *Petrology* 2(8): 69-84 (in Persian).
- Gill, J. B. (1976a) Composition and age of Leu Basin and Pidge volcanic rocks: implications for evolution of an inter arc basin and remnant arc. *Geological Society of America Bulletin* 87: 1384-1395.
- Higgins, M. D. and Chandrasekharan, D. (2007) Nature of sub-volcanic magma chambers, Deccan province, India: evidence from quantitative textural analysis of plagioclase megacrysts in the Giant plagioclase basalts. *Journal of Petrology* 48: 885-900.
- Kawabata, H. and Shuto, K. (2005) Magma mixing recorded in intermediate rocks associated with high-Mg andesites from the Setouchi volcanic belt, Japan: implications for Archean TTG formation. *Journal of*

Volcanology and Geothermal Research 140: 241-271.

- Khajeh Javaran, Z. (2011) Petrography, geochemistry and petrogenesis of western volcanic complex of Hezar (south-west of Rayen, Kerman province). MSc thesis, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran (in Persian).
- Le Bas, M. J., Le Maitre, R. W., Streckeisen, A. and Zannettin, B. (1986) A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *Journal of Petrology* 27: 745-750.
- Machado, A., Lima, E. F., Chemale, J. F., Morta, D., Oteiza, O., Almeida, D. P. M., Figueiredo, A. M. G., Alexandre, F. M. and Urrutia, J. L. (2005) Geochemistry constraints of Mesozoic-Cenozoic calc-alkaline magmatism in the south Shetland arc, Antarctica. *Journal of South America Earth Sciences* 18: 407-425.
- Mohammadi, M. (2008) Petrology and environmental investigations of volcanic and volcano-sedimentary rocks of Sang-e-Sayad complex in south-east of Bardsir (Kerman province). MSc thesis, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran (in Persian).
- Morata, D. and Aguirre, L. (2003) Extensional lower Cretaceous volcanism in the coastal range. *Journal of Petrology* 29: 20-30.
- Naderi, M. (2013) Geochemistry and petrogenesis of igneous rocks in north-west Shirinak village, south-east of Bardsir (Kerman province). MSc thesis, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran (in Persian).
- Pearce, J. A. and Cann, J. R. (1973) Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. *Earth and Planetary Science letters* 19: 290-300.
- Pearce, J. A. (1982) Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In: *Andesite* (Ed. Trorpe, R. S.). John Wiley and Sons, New York.
- Pearce, J. A. (1983) Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: *Continental basalts and mantle xenoliths* (Eds. Hawkesworth, C. J. and Norry, M. J.) Shiva Publications 230-249. Nantwich, Cheshire.
- Roobahani, L. and Arvin, M. (2010) Petrography, geochemistry and petrogenesis of rhyolitic and andesitic rocks of Nasir-Abad area, SW of Rayen, Kerman. *Petrology* 1(2): 1-16 (in Persian).
- Soheili, J. (1993) Geological Quadrangle map of Sirjan, 1:250000, No. L11, Geological Survey and Mineral Exploration of Iran, Tehran (in Persian).
- Sun, S. S. and Mc Donough, W. F. (1989) Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts: implication for mantle composition and processes. In: *Magmatism in oceanic basalts* (Eds. Saunders, A. D. and Norry, M. J.) Special Publication 42: 313-345. Geological Society, London.
- Taylor, B. and Martinez, F. (2003) Back-arc basin basalts systematics. *Earth and Planetary Science Letters* 210: 481-497.
- Thompson, T. D. (1982) Chondrite-normalized extended multi-element (spider) diagram. Elsevier, Amsterdam.
- Wood, D. A. (1980) The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province. *Earth and Planetary Science Letters* 50: 11-30.
- Zolfi, Z. (2014) Geochemistry and petrogenesis of plagioclase bearing dykes in the middle part of Dehaj-Sarduieh belt (south of Bardsir to south of Rayen, Kerman province). MSc thesis, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran (in Persian).

## **Geochemistry and Petrogenesis of doleritic dykes containing megacrystic plagioclases in the middle part of Dehaj-Sarduieh volcano-plutonic belt (Kerman province)**

**Zahra Zolfi and Hamid Ahmadipour \***

Department of Geology, Faculty of Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

### **Abstract**

In the central part of Dehaj-Sarduieh volcano-plutonic belt in Kerman province, there are some special doleritic dykes containing plagioclase megacrysts. This area is located 70 km south of Kerman city, and represents a part of Urumieh-Dokhtar volcanic belt. The most abundant rocks in the area include pyroclastic rocks and basaltic to andesitic lava flows with Eocene in age and are considered as the host rocks for the studied dykes. The thickness of the dykes reach up to 7 meters in the field, in which plagioclases are the only minerals can be recognized. Plagioclase crystals show a clear flow differentiation and generally, tend to concentrate in the central parts of the dykes. Under the microscope, the studied dykes contain plagioclase megacrysts and olivine phenocrysts set in a fine-grained and microlithic matrix. Different types of non-equilibrium textures such as mesh, dusty and zoning are found in the plagioclases. These evidences suggest some processes such as replenishment of magma chamber and decompression due to rapid ascent of magma. Geochemically, these rocks belong to the calc-alkaline magmatic series with some tendency toward the tholeiitic ones. Depletion of Nb, P, Ta and Ti elements suggest that the parent magmas relate to the subduction zone setting and affected by crustal contamination. According to the petrogenetic studies, the dykes formed in an active continental margin environment. Trace element concentrations revealed that the parent magmas probably, produced by partial melting of mantle sources. The source may have been metasomatized by slab-derived fluids and variations in Th/Yb and Ta/Yb ratios indicate that the resulted magmas have been affected by crustal contamination en route to the surface.

**Key words:** Megacrystic plagioclase, Doleritic dykes, Kerman, Dehaj-Sarduieh volcano-plutonic belt

---

\* hahmadi@uk.ac.ir