

## پترولوژی و ژئوشیمی توده‌های گرانیتی شمال شرق سقز وهاله دگرگونی آن

دکتر محمد علی آراین<sup>۱</sup>، دکتر علی امامعلی پور<sup>۲</sup> و افسر محمد امینی<sup>۳</sup>

### چکیده

محدوده مورد مطالعه در شرق نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سقز واقع است این محدوده در بخش شمالی زون سندج - سیرجان قرار دارد. در این منطقه یک سری توده‌های نفوذی با ترکیب گرانیت، گرانودیوریت، کوارتز مونزونیت و کوارتز دیوریت متعلق به کرتاسه بالایی تا پالئوسن به داخل سنگ‌های قدیمی‌تر شامل ماسه سنگ‌های سازند کهر (پرکامبرین) و سنگ‌های کربناته و ولکانیکی کرتاسه نفوذ کرده‌اند که تماس سنگ میزبان و توده‌های نفوذی منجر به دگرگونی مجاورتی خفیف شده و هورنفلس‌هایی را ایجاد کرده است. این گرانیتوئیدها دارای کانی‌های اصلی کوارتز، پلاژیوکلاز، ارتوز و کانی‌های مافیک بیوتیت و هورنبلند بوده و همچنین سبب سولوس می‌باشند. این توده‌ها دارای انکلاوهای میکرو گرانولار مافیکی هستند که اکثراً گرد شده و بیضی شکل‌اند و خصوصیات پتروگرافی و ژئوشیمی مشابهی با حاشیه مافیک توده نفوذی دارند. توده‌های گرانیتی همراه با رگه‌های سیلیسی و دایک‌های آپلیتی می‌باشند که نفوذ و جایگیری آنها در یک فاز تاخیری نسبت به توده اصلی گرانیتی صورت گرفته است. دایک‌های دیابازی دگرسان شده با منشاء ماگمایی متفاوت نسبت به توده اصلی نیز وجود دارند که به درون این گرانیت‌ها تزریق شده‌اند. شواهد پتروگرافی و ژئوشیمیایی حاکی از ماهیت کالک آلکان با پتاسیم متوسط و بالا و متا آلومین تا پرآلومین بودن ماگمای اصلی می‌باشد. با توجه به نمودارهای مختلف پترولوژیکی تفریق ماگمایی از طریق تبلور بخشی در ماگمای مادر قابل استنباط است. شواهد میکروسکوپی و ژئوشیمیایی منشاء ماگمایی تیپ I را برای این گرانیت‌ها نشان می‌دهد و نمودارهای مختلف تشخیص محیط‌های تکنونیک نیز جایگاه گرانیتوئیدهای منطقه را حاشیه فعال قاره ای معرفی می‌نماید.

**کلید واژه‌ها:** سقز، گرانیتوئید، گرانیت، کالک آلکان، تیپ I، حاشیه فعال قاره

### Petrology and geochemistry of granitic masses and those metamorphic hallow in north – east of Saghez

Dr.Mohammad-Ali Arian, Dr.Ali Emamalipour and Afsar Mohammad Amini

#### Abstract

The studied area is located, in the eastern part of 1:100000 the geological map of Saghez. This region is located in the northern part of Sanandaj-Sirjan zone. In this area some of intrusive masses with the composition of granite, granodiorite, quartz monzonite and quartz diorite which are belongs to upper cretaceous-paleogene, have penetrated to older rocks such as Kahar formation sandstone (Precambrian),

۱- استادیار گروه زمین‌شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۲- استادیار گروه معدن دانشگاه ارومیه، دانشکده فنی مهندسی

۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد پترولوژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

cretaceous carbonated and volcanic rocks which caused a weak contact metamorphism on the host rocks and permeable hornfels by getting in contact with them. These granitoids include the minerals quartz, plagioclases, orthoclase and mafic minerals biotite and hornblende, and are also subsolvus. These masses have mafic microgranular xenoliths, mostly round and oval, with the same petrography and geochemistry properties with mafic margins of permeable mass. Also are accompanied by siliceous veins and aplitic dykes, that their permeation and replacement have been done in a delay phase in comparison with the main mass. Altered diabasic dykes with different magma source from the main mass are exist that has been injected into these granites. Petrography and geochemical evidences indicate the Calc Alkaline nature with medium to high potassium and metaluminous to peraluminous of the major magma. Considering to several petrological diagrams, the magmatic fractionation is presumable in original magma by fractional crystallization. Microscopic and geochemical evidences show magma source type I for these granites and various diagrams of different tectonic environments are distinguish indicate of active continental margins for the place granitoids of this area.

**Keywords:** Saghez, Granitoid, Granite, Calc Alkaline, I Type, Active Continental margins

#### مقدمه

بعضی از واحدهای سنگی موجود در ورقه سقز

خصوصیات زون دگرگونه سنندج-سیرجان را داشته و گاهی نیز تشابهات لیتولوژیکی با زون البرز-آذربایجان را نشان می‌دهند.

نهشته‌های مربوط به سرآغازهای کرتاسه در محدوده ورقه سقز حضوری چشم‌گیر دارند و اغلب دارای رخساره آواری و آتشفشانی هستند. سنگ‌های آتشفشانی ائوسن و نهشته‌های آذرآواری وابسته به آن در محدوده مورد بررسی رخنمون‌های زیادی ندارند، در حالی که نهشته‌های کربناته الیگو-میوسن حضوری چشم‌گیری دارند و بیشتر ویژگی‌های زون البرز-آذربایجان را نشان می‌دهند.

رخدادهای تکتونیکی و فرایندهای وابسته در طی مزوزوئیک محدوده ورقه سقز را تحت تاثیر قرار داده است. فعالیت تکتونیکی در تریاس فوقانی آغاز شده که افتخار نژاد (۱۳۵۲) آن را به سیمیرین پیشین نسبت داده است. حرکات تکتونیکی سیمیرین پسین در منطقه مهاباد به صورت دگرگونی و نفوذ گرانیته‌ها دیده می‌شوند. حرکات کوهزایی کرتاسه پایانی با مرحله‌ای از

محدوده مورد مطالعه در ۱۰ کیلومتری جنوب شرق بوکان و ۲۰ کیلومتری شمال شرق سقز و از نظر تقسیم بندی تکتونو رسوبی ایران این محدوده در بخش شمال غربی زون سنندج - سیرجان (نبوی، ۱۳۵۵) قرار دارد. در محدوده شرقی نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی سقز و در بین طول‌های جغرافیایی شرقی  $21^{\circ} 46'$  تا  $30^{\circ} 46'$  و عرض‌های جغرافیایی شمالی  $15^{\circ} 36'$  تا  $30^{\circ} 36'$  واقع شده است (شکل ۱).

این توده‌های گرانیته‌ای متعلق به کرتاسه بالایی تا پالئوسن هستند که به داخل سنگ‌های قدیمی‌تر شامل ماسه سنگ‌های سازند کهر با سن پرکامبرین و سنگ‌های کربناته و ولکانیکی مربوط به کرتاسه نفوذ کرده‌اند (باباخانی، ۱۳۸۲) که تماس سنگ میزبان و توده‌های نفوذی منجر به دگرگونی مجاورتی خفیف شده و هورنفلس‌هایی را ایجاد کرده است. در محدوده مورد مطالعه سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای با شدت دگرگونی در حد رخساره شیست سبز نیز وجود دارد.

۲) انکلاوهای میکروگرانولار مافیک در داخل توده های گرانیتوئیدی: این توده ها دارای انکلاوهایی به اشکال بیضوی و گرد شده می باشند که به فراوانی در داخل ماگمای نفوذی منطقه قابل مشاهده است. ۸ تا ۲۰ سانتیمتر قطر دارند و با توجه به شواهد پتروگرافی و ژئوشیمی اغلب انکلاوها از جنس حاشیه توده نفوذی می باشند (عکس ۲).

۳) رگه های سیلیسی و دایک های آپلیتی: اغلب توده های گرانیتی در منطقه مورد مطالعه توسط رگه های سیلیسی که ضخامت آنها به ۱۵ سانتیمتر می رسد، قطع شده اند. نیروهای تکتونیکی حاکم بر منطقه باعث ایجاد درزهائی در اطراف و درون توده شده که رگه های سیلیسی فراوانی به داخل این درزه ها وارد شده است. بخش هایی از ماگمای مربوط به همین توده های گرانیتی در امتداد شکستگی های موجود در توده ها نفوذ کرده و سبب تشکیل دایک ها و آپوفیزهای میکرو گرانیتی و آپلیتی شده که توده های گرانیتی را قطع کرده است، به نظر می آید که نفوذ و جایگیری آنها در یک فاز تأخیری نسبت به توده اصلی گرانیتی صورت گرفته است. رنگ این آپلیت ها سفید تا خاکستری روشن است و ۵ تا ۷ سانتی متر ضخامت دارند (عکس ۳).

۴) دایک های دیابازی: توده های محدود شده مورد مطالعه در جنوب غربی و شمال منطقه توسط دایک های دیابازی قطع شده اند. و ضخامت این دایک ها ۰/۵ تا ۱ متر می باشند. این دایک ها اغلب به رنگ خاکستری تیره تا مایل به سبز تیره دیده می شوند که به داخل سازند باروت و توده های گرانیتوئیدی نفوذ کرده اند (عکس ۴).

چین خوردگی، گسلش و دگرگونی آغاز شده که در ایجاد زون های برشی نقش بسزایی دارد. به طور کلی فاز کوهزایی لارامید به صورت فاز دینامو ترمال عمل کرده که باعث تشکیل شیستوزیته و چین خوردگی طبقات گشته است.

دگرگونی ضعیف نهشته های کرتاسه و نفوذ توده های گرانیتوئیدی در منطقه و تکتونیزه بودن منطقه را می توان بیشتر با فاز کوهزایی لارامی در ارتباط دانست.

### زمین شناسی منطقه

توده های نفوذی در این محدوده مورد مطالعه توده گرانیتی قلعه گاه نامیده شده است (باباخانی، ۱۳۸۲). سنگ های آذرین و دگرگونی مورد مطالعه در این محدوده در ۵ گروه قابل تقسیم بندی هستند.

۱) توده های آذرین نفوذی: توده سنگ های نفوذی که اکثریت حجم آنها گرانیت می باشد در سنگ های کهن اسلیتی سازند کهر و سنگ های کربناته و ولکانیکی کرتاسه وارد شده و همراه نهشته های سازند کهر و مجموعه های کربناته، آواری و آتشفشانی باتولیتی زیبایی را ساخته است. این توده های گرانیتی که سرشار از بیوتیت بوده بستر رودخانه زرینه رود در محل سد بوکان را پدید آورده است. اغلب سالم و دارای رنگ خاکستری روشن می باشند. سنگ های تشکیل دهنده این توده به طور کلی شامل گرانیت و گرانودیوریت می باشد که کوارتز مونوزونیت و کوارتز دیوریت نیز به مقدار کمتر همراه با آنها دیده می شود (عکس ۱).



عکس ۱- تصویری از توده‌های نفوذی محدوده مورد مطالعه



عکس ۲- پراکندگی انکلاوهای مافیک در توده گرانیتوئیدی

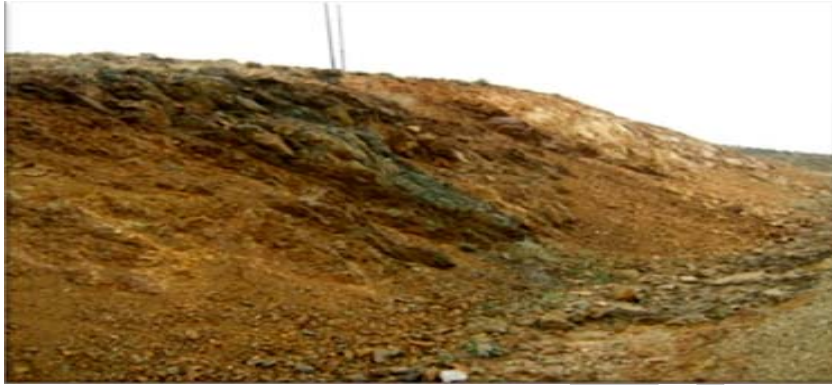


عکس ۳- تصویری از دایک آپلیتی که به داخل توده گرانیتی نفوذ کرده است

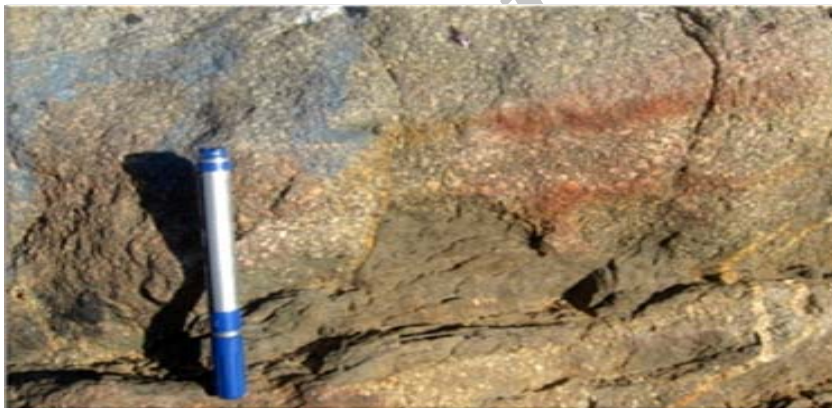
شدت دگرگونی در حد رخساره شیست سبز می‌باشد  
که به صورت متورق در شرق و جنوب شرقی منطقه

(۵) سنگ‌های دگرگونی منطقه: سنگ‌های  
دگرگونی ناحیه‌ای شامل اسلیت، فیلیت و میکاشیست با

دیده می شوند. سنگ های دگرگونی مجاورتی به عنوان پیامد رخداد ماگماتیسم در اطراف توده ها گسترش دارند که تا حد خفیفی هورنفلسی شده اند، این سنگ ها به رنگ های طوسی و تیره دیده می شود و در هنگام شکستن دارای لبه های تیز و برنده می باشند. (عکس های ۵ و ۶).



عکس ۴- تصویری از دایک دیابازی که به داخل توده گرانیتوئیدی نفوذ کرده است



عکس ۵: رخنمونی از میکاشیست در اطراف توده گرانودیوریت

### هورنفلس



عکس ۶: رخنمونی از هورنفلس های تشکیل شده در مجاورت توده گرانیتی

## پتروگرافی

نمونه سنگ‌های این توده‌ها در نمونه دستی دانه متوسط تا دانه درشت بوده و شامل بلورهای کوارتز و فنوکریست‌های پلاژیوکلاز و فلدسپار آلکالن و کانی‌های فرومنیزین بیوتیت و هورنبلند می‌باشند و دارای بافت‌های پورفیری، راپاکیوی، میرمیکیتی و پوئی کلیتیک هستند.

پلاژیوکلاز فراوان‌ترین کانی تشکیل دهنده این سنگ‌ها بوده که اندازه بلورهای آن ۰/۵ تا ۴ میلیمتر در تغییر است و اغلب نیمه شکل دار و شکل دار می‌باشند. در بعضی نمونه‌ها خودشکل هستند به همین علت احتمالاً در فاز اولیه تبلور ایجاد شده اند. بعضی از بلورها نیز دارای ماکل پلی سینتتیک می‌باشند. پلاژیوکلازها در این سنگ‌ها اغلب دگرسانی ضعیفی را متحمل شده‌اند، گاهی دگرسانی در قسمتهای مرکزی بلور با شدت بیشتری صورت گرفته است که مجموعه کانی‌های سریسیت و کلریت حاصل این تجزیه می‌باشد. پلاژیوکلازها در برخی نمونه‌ها زونینگ را نشان می‌دهد که به دلیل تغییرات ناگهانی در شرایط ترمودینامیکی تبلور می‌باشد و معرف تغییر ترکیب ماگما در خلال تبلور و عدم تعادل بین ماگما و بلور در حال تشکیل در آن و یا تغییرات فشار  $H_2O$  می‌باشد (عکس ۷). کوارتزها به صورت نیمه خود شکل تا بی‌شکل هستند. اندازه بلورهای کوارتز ۰/۵ تا ۲ میلیمتر متغیر است. بعضی بلورهای کوارتز خاموشی مستقیم و بعضی خاموشی موجی دارند، اغلب بلورهای کوارتز در بین سایر کانی‌های دیگر پراکنده هستند.

آلکالی فلدسپار از نوع ارتوکلاز می‌باشد، اندازه این کانی‌ها از ۰/۷ تا ۳ میلیمتر در تغییر می‌باشند، میکروکلین نیز به مقدار کمتری دیده می‌شود که اغلب بی شکل است. ارتوزها دارای ماکل کارلسباد می‌باشند. اکثراً در اثر آلتراسیون سریسیتی شده و تبدیل به کانی‌های رسی شده‌اند و اغلب دارای بافت میکرو پرتیتی می‌باشند (عکس ۸). گاهی محلول‌های هیدروترمال سبب دگرسانی ارتوکلازهای میکروپرتیتی به کانی‌های رسی و سریسیت شده است.

بیوتیت به صورت نیمه شکل دار دیده می‌شوند گاهی در آنها ماکل کارلسباد دیده می‌شود. اندازه آنها از ۰/۸ تا ۱/۵ میلیمتر در تغییر است. این کانی پلئو کروئیسیم قهوه ای دارد. در برخی از بیوتیت‌ها حالت خردشدگی و اسکلتی قابل مشاهده می‌باشد. اغلب به کلریت و اپیدوت تجزیه شده‌اند و در اثر نیروهای تکتونیکی حاکم بر منطقه گاهی دچار خمیدگی شده‌اند. خاموشی موجی ضعیف هم که در بیوتیت دیده می‌شود متأثر از استرس وارد شده به سنگ می‌باشد.

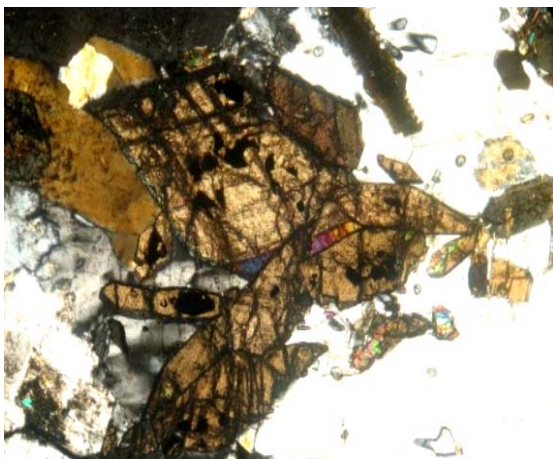
هورنبلندها دارای خاموشی مایل، پلئوکروئیسیم شدید و گاهی نیز دارای ماکل کارلسباد و اغلب شکل دار تا نیمه شکل دار هستند (عکس ۹). اسفن‌ها اتومورف و گزنومورف بوده و برجستگی بالا نشان می‌دهند (عکس ۱۰).



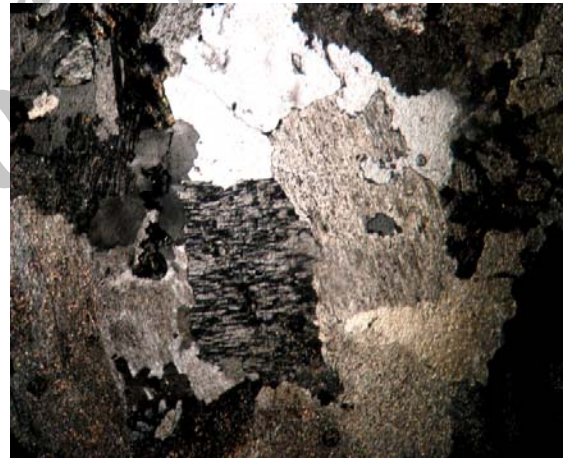
عکس ۹- هورنبلند با ماکل کارلسباد در زمینه ای از پلاژیوکلاز و کوارتز با بافت پورفیری در کوارتز دیوریت مشاهده می شود. (X40, XPL)



عکس ۷- دگرسانی پلاژیوکلاز با ماکل آلبیتی که به طرف مرکز سرسیتی شده است ودانه های ریز کوارتز و بیوتیت قابل مشاهده است. (X100, XPL).



عکس ۱۰- بلورهای اسفن با برجستگی بالا در گرانود یوریت دیده می شود. (X100, XPL).



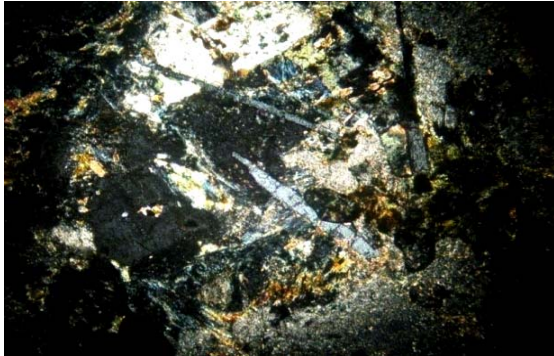
عکس ۸- ارتوز با ماکل میکروپرتیتی و کوارتز در کوارتز مونزونیت دیده می شود. (X40, XP)

فلدسپار آلکالن هستند، آپاتیت، زیرکن و اسفن به صورت فرعی در آنها وجود دارد. سرسیت، اپیدوت و کلریت نیز کانی های ثانویه می باشند (عکس ۱۲). دایک های آپلیتی دارای بافت های گرانولار و میرمکتی و گرانوفیری هستند. کانی های اصلی آنها شامل ارتوکلاز، میکروکلین، کوارتز و پلاژیوکلاز و کانی های فرعی شامل بیوتیت، هورنبلند و اسفن می باشد. اپیدوت، سرسیت، کلریت و کانی های

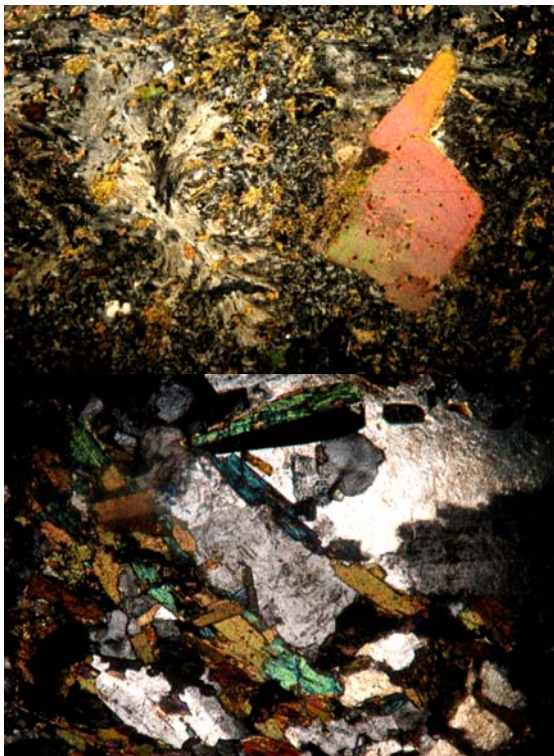
آپاتیت ها به صورت اتومورف هستند و در فلدسپارها به صورت ادخال حضور دارند (عکس ۱۱). کانی های اپیک اکثراً بی شکل و به مقدار کمتر خود شکل هستند. زیرکن ها نیز به صورت فرعی در سنگ وجود دارند. کلریت، سرسیت، اپیدوت و کانی های رسی نیز در نتیجه دگرسانی کانی های اولیه و به صورت جانشینی در آنها قابل مشاهده هستند. انکلاوهای میکروگرانولار مافیک توده ها دارای کانی های اصلی پلاژیوکلاز، هورنبلند، بیوتیت و

سنگ‌ها دارای شیبستوزیته هستند. کانی‌های کوارتز، بیوتیت و گاهی موسکویت در امتداد جهت یافتگی قرار گرفته‌اند (عکس ۱۷).

تجزیه فلدسپارها به صورت سریسیت یا کانی‌های غنی از آلومین و حضور بیوتیت نشان دهنده این است که سنگ مادر آنها پلیت و دارای پتاسیم می‌باشد.



عکس ۱۱- سه بلور آپاتیت سوزنی در زمینه سریسیتی شده ارتوز و دانه‌های ریز کوارتز در گرانیات آلکالن مشاهده می‌شود. (X40, XPL).



عکس ۱۲- هورنبلند با ماکل کارسباد همراه با ارتوز، کوارتز و بیوتیت در آنکلاو دیده می‌شود. (X40, XPL).

رسی حاصل دگرسانی آلکالی فلدسپار، پلاژیوکلاز و بیوتیت می‌باشند (عکس ۱۳).

دایک‌های دیابازی با بافت پوئی کلیتیک و اینترسرتال و بافت تراکیتی دارای کانی‌های اصلی هورنبلند، پلاژیوکلاز و ارتوز، کانی‌های فرعی آپاتیت، کوارتز و کانی‌های اپک و کانی‌های ثانویه اورالیت، کلریت، سریسیت اپیدوت، زوئیزیت، کانی‌های رسی و به مقدار جزئی موسکویت می‌باشد (عکس‌های ۱۴ و ۱۵).

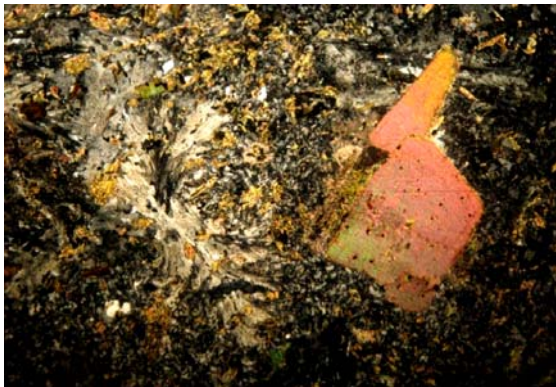
در اثر زون‌های برشی و فعالیت‌های تکتونیک در منطقه شواهدی نظیر تجدید تبلور کانی‌ها، خردشدگی، شکستگی کانی‌ها، خمش در کانی‌ها در نمونه‌های سنگی محدوده دیده می‌شود (عکس ۱۶).

شواهد پتروگرافی در اکثر نمونه‌ها، حضور مجزای پلاژیوکلاز در کنار فلدسپار آلکالن و وجود کانی‌های آبدار مانند بیوتیت و هورنبلند نشان دهنده بالا بودن فشار بخار آب در ماگمای اولیه می‌باشد بنابراین گرانیات‌های منطقه ساب سولوس می‌باشند (بوون و تاتل، ۱۹۵۰). وجود بافت میکروپرتیتی (نشانه پایین بودن فشار بخار آب) در بعضی نمونه‌ها بیان کننده این است که، بعد از تشکیل کانی‌های آبدار و در ادامه فرایند تفریق به تدریج فشار بخار آب ماگمای باقی مانده کاهش پیدا می‌کند و باعث ایجاد بافت میکروپرتیت در سنگ‌ها شده است.

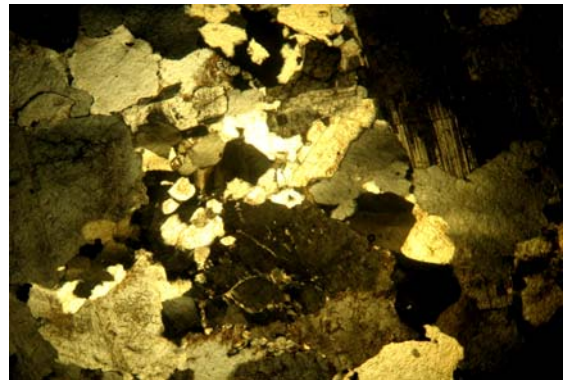
از نظر پتروگرافی سنگ‌های دگرگونی محدوده مورد مطالعه شامل اسلیت، فیلیت، میکاشیست و هورنفلس می‌باشد.

اسلیت با بافت اسلیتی و میکاشیست با بافت لیدوبلاستیک دارای کانی‌های دانه‌ریز کوارتز، کلریت، سریسیت، مگنیتیت و کانی‌های رسی می‌باشند. این

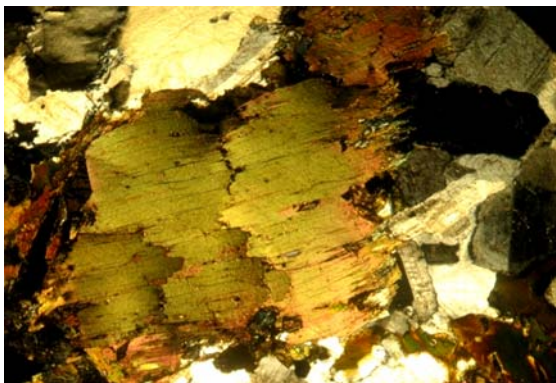




عکس ۱۵- نمونه میکروسکوپی دایک دیابازی آتزه شده با بافت تراکیتی در زمینه از فلدسپار همراه با بیوتیت دیده می شود. (X40, XPL).



عکس ۱۳- کوارتز، ارتوز و پلاژیوکلاز در دایک آپلیتی در تصویر دیده می شود (X40, XPL).



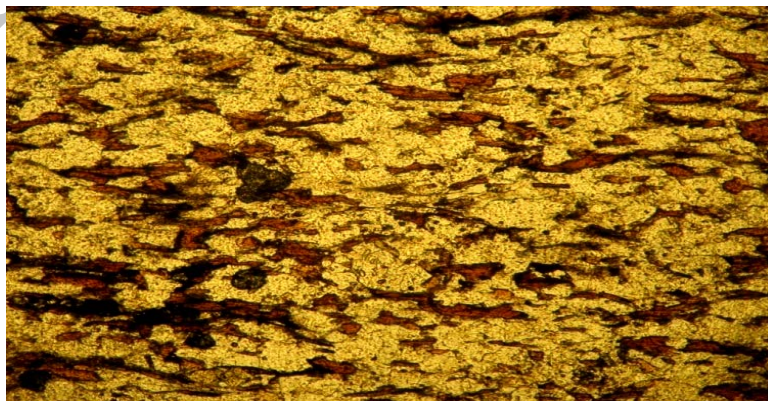
عکس ۱۶- خمیدگی در بیوتیت که در اثر زون برشی در منطقه مورد مطالعه ایجاد شده است. (X100, XPL).



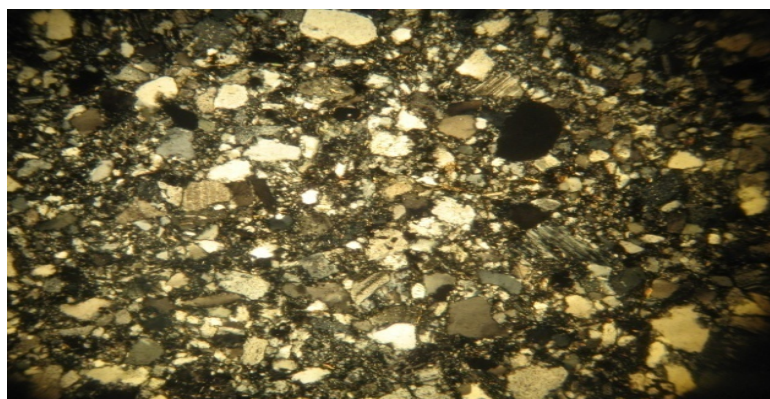
عکس ۱۴- زوئیزیت همراه با هورنبلندهای شکل دار منشوری در دایک دیابازی با بافت پوئی کلتیک قابل مشاهده است. (X40, XPL).

باعث دانه ریز بودن سنگها شده و دارای سنگ مادر متاپلیتی می باشند (عکس ۱۸).

هورنفلس نیز در مطالعات پتروگرافی از کانی های کوارتز، پلاژیوکلاز، آلکالی فلدسپار، بیوتیت، کلریت، سربیسیت، اپیدوت و کانی های اپک تشکیل شده است. پایین بودن درجه دگرگونی در آنها



عکس ۱۷- تصویر میکروسکوپی از میکا شیست با بافت لپیدوبلاستیک قابل مشاهده است. (X40, PPL).



عکس ۱۸- تصویر میکروسکوپی از هورنفلس ایجاد شده در مجاورت توده گرانیتی (X40, XPL)

## ژئوشیمی

با توجه به نقش دگرسانی و تاثیر پذیری عناصر اصلی در صورت امکان از عناصر با تحریک پذیری کمتر و عناصر جزئی و خاکی کمیاب استفاده شده است.

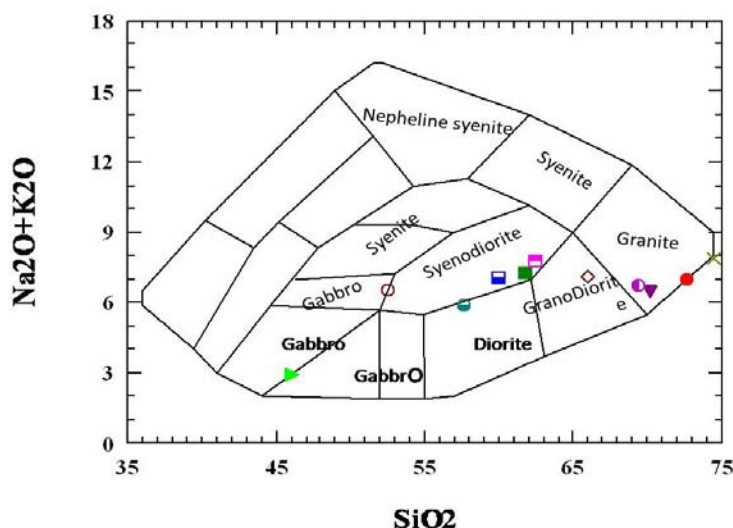
به منظور مطالعات ژئوشیمیایی، ۱۲ نمونه سالم و غیر آتره از توده‌های گرانیتی، انکلاو، دایک آپلیتی و دایک دیابازی به روش XRF تجزیه شیمیایی گردید که نتیجه حاصله در جدول ۱ نشان داده شده است.

litologe	توده گرانیتوئیدی								حاشیه توده	انکلاو	دایک آپلیتی	دایک دیابازی
	◆	◇	▼	■	■	■	▼	●				
symboyl	◆	◇	▼	■	■	■	▼	●	●	○	×	▶
samplel	A-104	A-140	A-148	A-29	A-22	A-30	A-39	A-26	A-27	A-33	A-24	A-50
SiO <sub>2</sub>	75.77	65.95	70.20	62.54	61.77	60.03	69.38	72.68	57.64	52.55	74.48	46.00
TiO <sub>2</sub>	0.11	0.60	0.35	0.48	0.58	0.80	0.328	0.15	0.86	1.34	0.09	1.10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.74	13.87	14.07	16.35	16.93	14.57	14.62	14.76	15.33	14.76	13.91	18.70
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.34	0.64	0.49	0.70	0.77	1.08	0.43	0.27	1.09	1.44	0.20	1.55
FeO	1.65	2.73	2.16	3.12	3.40	4.76	1.88	1.28	4.80	6.14	0.96	6.90
FeOt	1.96	3.31	2.60	3.75	4.09	5.73	2.27	1.52	5/78	7.44	1.14	8.29
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> t	2.17	3.67	2.89	4.17	4.55	6.37	2.52	1.69	6.42	8.26	1.27	9.22
MnO	0.01	0.05	0.02	0.05	0.06	0/10	0.026	0.01	0.08	0.10	0.01	0.15
MgO	0.78	2.61	1.52	2.66	2.76	3.61	1.64	0.45	3.79	6.01	0.15	8.30
CaO	0.17	3.39	2.17	2.33	3.70	4.60	2.04	1.16	6.42	6.24	0.44	11.40
Na <sub>2</sub> O	5.24	4.11	3.78	4.47	4.61	3.74	4.37	3.65	3.81	4.00	3.44	2.09
K <sub>2</sub> O	1.10	3.01	2.69	3.28	2.60	3.31	2.37	3.35	2.08	2.51	4.45	0.80

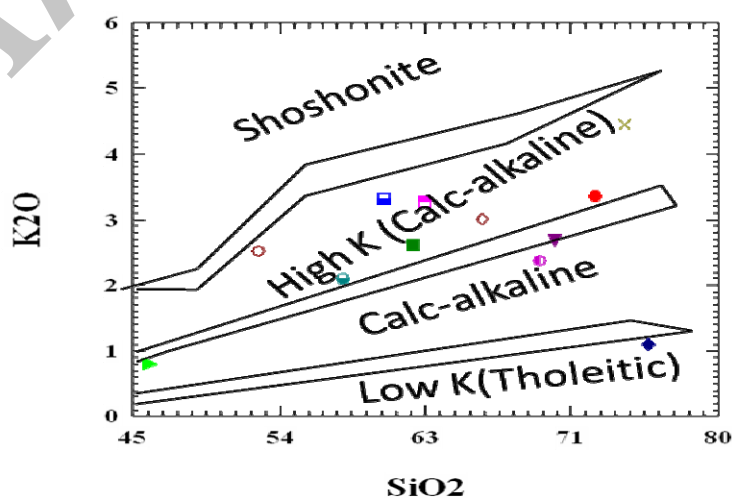
جدول ۱- نتایج آنالیز شیمیایی اکسیدهای اصلی نمونه‌های انتخابی از محدوده مورد مطالعه (به روش XRF)

آذرین محدوده مورد مطالعه بر اساس نمودار ریکوود (۱۹۸۹) که  $\text{SiO}_2$  در برابر  $\text{K}_2\text{O}$  ترسیم شده است نمونه های گرانیتی در محدوده کالک آلکالن با پتاسیم متوسط تا بالا قرار دارند و نمونه انکلاو موجود در گرانیت در محدوده کالک آلکالن با پتاسیم بالا و دایک دیابازی در کالک آلکالن با پتاسیم متوسط قرار گرفته اند (شکل ۳).

برای رده بندی سنگ های منطقه از نمودار ویلسون و همکاران (۱۹۸۹) استفاده شده بر اساس این نمودار  $\text{SiO}_2$  در برابر مجموع آلکالن ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ) قرار دارد، طبق این تقسیم بندی سنگ های آذرین نفوذی در محدوده های گرانیت، گرانودیوریت، دیوریت، نمونه انکلاو در محدوده سینودیوریت و محدوده مرزی گابرو و دایک دیابازی در محدوده گابرو واقع شده اند که با نتایج پتروگرافی همخوانی دارد (شکل ۲). جهت تعیین سری ماگمایی سنگ های



شکل ۲- موقعیت نمونه سنگ های محدوده مورد مطالعه در تقسیم بندی ویلسون و همکاران (۱۹۸۹)



شکل ۳- تعیین سری ماگمایی سنگ های آذرین محدوده مورد مطالعه بر اساس نمودار ریکوود (۱۹۸۹)

جایگاه‌های تکتونیکی خاص و شیمی‌سنگ ارتباط وجود دارد.

از نمودار کولینز و همکاران (۱۹۸۴) جهت بررسی خاستگاه ماگمایی سنگ‌های نفوذی محدوده مورد مطالعه استفاده کرده‌ایم در این نمودار  $\text{SiO}_2$  در برابر Zn می‌باشد. همان گونه که در این نمودار مشاهده می‌شود تمام نمونه‌ها در محدوده تیپ I واقع شده‌اند (شکل ۷).

در بررسی جایگاه تکتونیکی گرانیتوئیدها از نمودارهای پیرس و همکاران (۱۹۸۴) استفاده شده است. نمودارهای Nb/Y و Rb/(Y+Nb) جهت تفکیک محیط‌های تکتونیکی ترسیم شده‌اند. به شرطی که عنصر پر تحرک Rb در منطقه متأثر از پوسته قاره‌ای، دگرسان و هوازده نشده باشد. در این نمودارها ۳ محیط تکتونیک، ORG

WPG, VAG و Syn-COLG را از هم جدا می‌کند. مزبندی این نمودار به گونه‌ای است که بیان‌کننده درجات بالای ذوب بخشی مواد منشاء گوشته‌ای، همراه با تبلور زود هنگام مگنیتیت و جدایش آمفیبول در گرانیت‌های قوس آتشفشانی می‌باشد.

نمودار: Rb/(Y+Nb) بر اساس این نمودار گرانیتوئیدهای منطقه از نوع VAG (گرانیت‌های قوس آتشفشانی) هستند.

نمودار Nb-Y: در این نمودار سنگ‌های منطقه مورد مطالعه در محدوده VAG+Syn - COLG قرار گرفته است (شکل ۸).

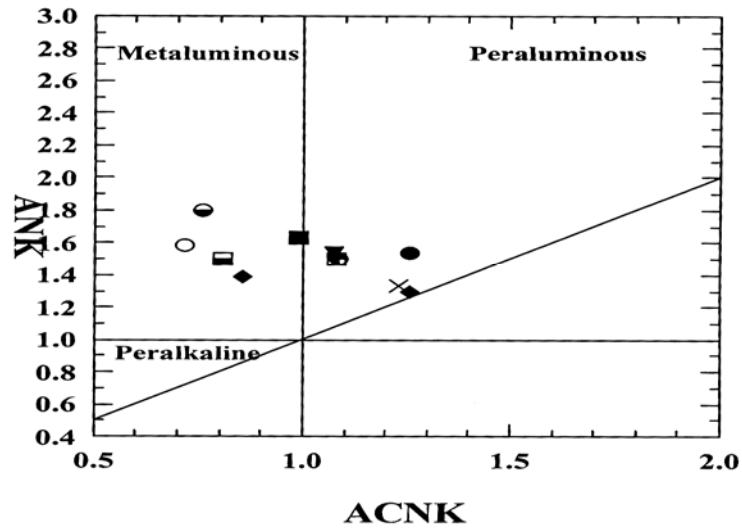
جهت تعیین درجه غنی‌شدگی از آلومین از نمودار مانیار و پیکولی (۱۹۸۹) استفاده شده در این نمودار نشان می‌دهد که تعدادی از سنگ‌های منطقه مورد مطالعه در محدوده متاآلومین و تعدادی دیگر در محدوده پراآلومین قرار گرفته‌اند (شکل ۴).

در بررسی تغییرات شیمیایی عناصر اصلی نسبت به سیلیس از نمودارهای هارکر (۱۹۰۹) استفاده شد. در این نمودار محور افقی به درصد اکسید  $\text{SiO}_2$  و محور عمودی به اکسیدهای عناصر اصلی و فرعی هر نمونه اختصاص داده شده است. که بر اساس این نمودارها با افزایش مقدار  $\text{SiO}_2$  مقادیر  $\text{K}_2\text{O}$  و  $\text{Na}_2\text{O}$  روند نامنظمی دارند که دلیل آن آلتراسیون هیدروترمال در منطقه می‌باشد.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  روند پراکنده‌ای دارد و مقادیر  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{TiO}_2$  و  $\text{P}_2\text{O}_5$  به علت شرکت آنها در مرحله اولیه تفریق در کانی‌های آمفیبول، پلاژیوکلاز و اسفن کاهش می‌یابد (شکل ۵). با افزایش مقدار  $\text{SiO}_2$  مقادیر Zn, Ba, Cr, Ti, Ni روندی نزولی دارند و مقادیر Cu و Pb روندی صعودی را نشان می‌دهند.

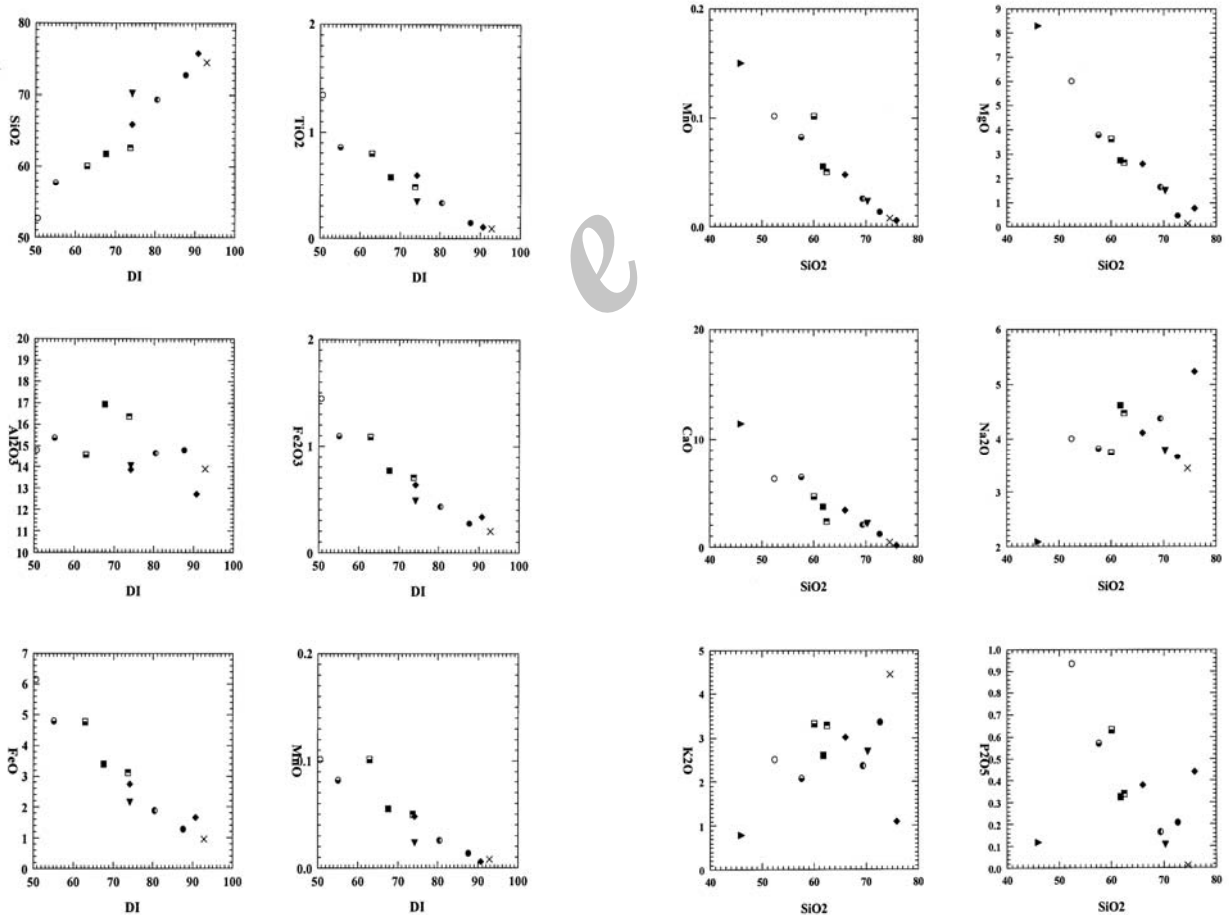
بررسی روند تفریق نیز با استفاده از نمودارهای اکسیدها و عناصر کمیاب به ضریب تفریق که با (D.I) مشخص می‌شود

(D.I: Q + Ab + Or + Ne + Luc) نشان می‌دهد که روند تغییرات  $\text{SiO}_2$  و  $\text{Na}_2\text{O}$  و  $\text{K}_2\text{O}$  به ضریب تفریق افزایشی می‌باشد و تغییرات  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  و  $\text{MgO}$  به این ضریب روندی کاهشی نشان می‌دهد (شکل ۶).

مطالعات ژئوشیمی منظم و تلفیق داده‌های حاصل از آن با مشاهدات صحرایی نشان می‌دهد که بین

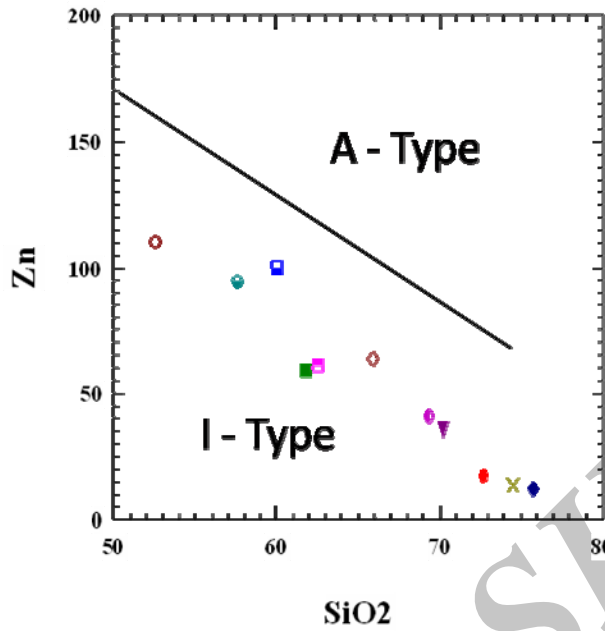


شکل ۴- تعیین درجه غنی شدگی از آلومین در نمودارمانیبار و پیکولی (۱۹۸۹)

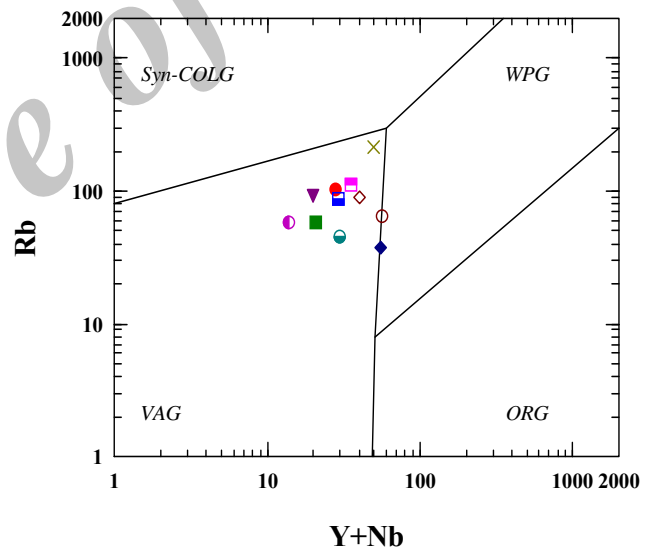
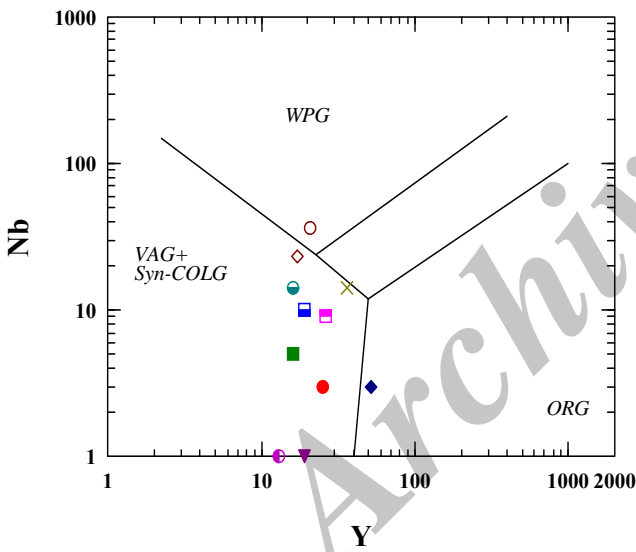


شکل ۶- نمودار تغییرات شیمیایی عناصر اصلی در برابر ضریب تفریق

شکل ۵- نمودار تغییرات شیمیایی عناصر اصلی در برابر  $SiO_2$



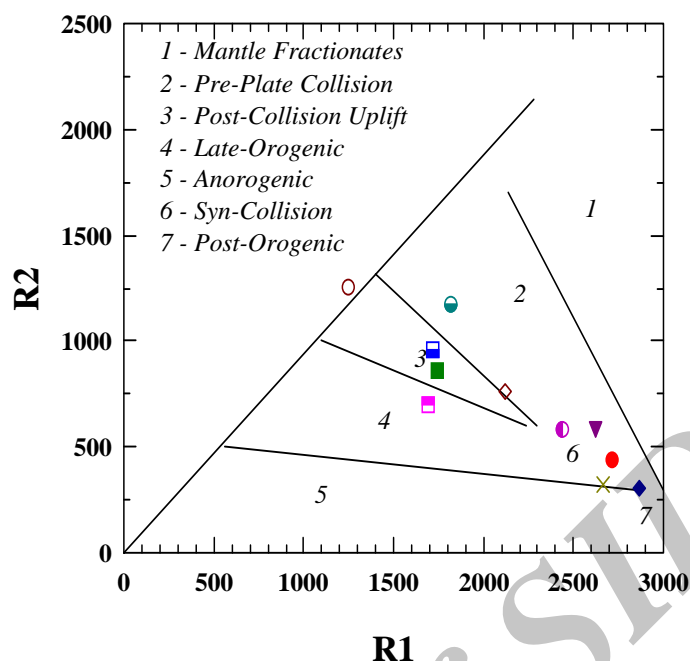
شکل ۷- تعیین خاستگاه ماگمایی سنگ‌های نفوذی منطقه کولینز و همکاران (۱۹۸۴)



شکل ۸- موقعیت نمونه‌های محدوده مورد مطالعه بر روی نمودارهای Nb/Y و Rb/(Y+Nb)، پیرس و همکاران (۱۹۸۴)

کوهزایی و محدوده همزمان با برخورد قرار گرفته است (شکل ۹).

در نمودار باچلر و بودن (۱۹۸۵) ضرایب  $R_1$  و  $R_2$  بر اساس درصد اکسیدها محاسبه می‌شود. در این نمودار انواع گرانیت‌ها به ۷ گروه تقسیم می‌شوند. بر اساس این نمودار نمونه‌های مورد بررسی در محدوده بالاآمدگی پس از برخورد، محدوده بعد از



شکل ۹- موقعیت نمونه های مورد مطالعه بر روی نمودار باچلر و بودن (۱۹۸۵).

### نتیجه گیری

و حاشیه توده ها قابل مشاهده می باشد و از نظر ژئوشیمی و پتروگرافی با سنگ میزبان خود مشابه بوده که احتمالاً قطعاتی از حاشیه این توده ها هستند.

پدیده آلتراسیون مانند سریسیتی شدن و اپیدوتی شدن در پلاژیوکلازا و کائولینیتی شدن در فلدسپار آلکالن در اکثر سنگ های منطقه مورد مطالعه دیده می شود. عملکرد زون های برشی در منطقه باعث دگرشکلی سنگ ها شده که سبب تبلور مجدد، خرد شدگی، خمش ماکل و شکستگی در بعضی از کانی ها شده است.

این توده ها توسط رگه های سیلیسی و دایک های آپلیتی قطع شده اند، دایک های آپلیتی با بافت گرانولار و میرمیکیتی می باشد.

دو نمونه متفاوت دایک های دیابازی با بافت پوئی کلیتیک، اینترسرتال و تراکیتی که دارای کانی های هورنبلند، پلاژیوکلاز و ارتوز هستند در منطقه قابل مشاهده هستند.

توده های نفوذی مورد مطالعه در شمال غربی زون ساختاری سنندج - سیرجان قرار دارد. این توده ها در کرتاسه بالائی تا پالئوسن به داخل سنگ های قدیمی تر سازند کهر در پرکامبرین و سنگ های آواری و ولکانیکی کرتاسه نفوذ کرده و باعث ایجاد دگرگونی مجاورتی در آنها شده است. کانی های اصلی پلاژیوکلاز، کوارتز، ارتوکلاز و بیوتیت و هورنبلند می باشند. کانی های ثانویه کلریت، سریسیت، اپیدوت و کانی های رسی بوده که حاصل دگرسانی پلاژیوکلاز، ارتوز و بیوتیت می باشند و کانی های فرعی شامل آپاتیت، اسفن، زیرکن و اپک هستند.

بافت های گرانولار پورفیری، میرمیکیتی، پوئی کلیتیک از بافت های موجود در نمونه ها هستند.

سنگ های دگرگونی منطقه شامل اسلیت، فیلیت، میکاشیست و هورنفلس می باشد.

این توده های گرانیتوئیدی دارای انکلاوهای میکروگرانولار و مافیک می باشند که به فراوانی در مرکز

- باباخانی، ع، حریری، ع، فرجندی، ف، ۱۳۸۲، نقشه زمین‌شناسی سقز در مقیاس (۱:۱۰۰۰۰۰) سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- نبوی، م، ح، ۱۳۵۵، دیباچه ای بر زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

### References

- Batchelor, R. A., Bowden, P. 1985, Petrogenetic interpretation of granitoid rocks series using multicationic parameters. *Chem Geol*, 48.
- Bowen, N. L., and Tuttle, O. F., 1950, The system  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8\text{-KAlSi}_3\text{O}_8\text{-H}_2\text{O}$ , *Geol.*, vol. 58, pp.495-551.
- Collins, W.J., Beam, S.D., White, A.J. R., and Chappell, B.W., 1982, Nature and origin of A-type granites with particular reference to southeastern Australia. *Petrol* 80, 189-200.
- Harker, A., 1909, The natural history of igneous rocks Methuen and Co, London, 384 pp.
- Maniar, P.D., Picolli., 1989, Tectonic discrimination of granitoids, *Geological society of American Bulletin*. 101, 635.
- Middlemost, E. A. K., 1985, Magma and magmatic rocks: An introduction to igneous petrology. Longman, London, 266pp.
- Pearce, J.A., 1996, Sources and settings of granitic rocks, *Episodes*, 19, 120-124.
- Pearce, J.A., Harris, N. B. W., Tindie, A. G., 1984, Trace element discrimination tectonic interpretation of granitic rocks, *journal of petrology*, 25.956-980.
- Rickwood.P.C., 1989, Boundary lines within petrologic diagrams which use oxides of major and minor elements, *Vol.58*, P.63-81

مطالعات ژئوشیمیایی نشان دهنده ماهیت کالک آلکالن بودن ماگما و متآلومین تا پراآلومین بودن ماگما می‌باشد که دلیل آن احتمالاً پدیده کائولینیتی شدن فلدسپار و افزایش AI می‌باشد. همچنین این گرانیته‌ها از نوع I هستند.

نمودارهای تغییرات عناصر اصلی و جزئی نسبت به سیلیس و اندیس تفریق نشان می‌دهد که سنگ‌های محدوده مورد مطالعه دارای ماگمای مولد مشابهی بوده و عامل اصلی در تفریق ماگمایی تبلور جزء به جزء می‌باشد.

از نظر محیط تکتونیکی، این ماگما از نوع گرانیته‌های قوس آشفشانی همزمان با تصادم قاره ای و در محیط حاشیه فعال قاره ای قرار می‌گیرد که می‌توان آن را مرتبط با زون فرورانش نئوتیس دانست. با توجه به موقعیت زمین‌شناسی ناحیه سقز، تعیین خاستگاه زمین ساختی - ماگمایی آن را به عنوان یک زون فرورانش در موقعیت قوس‌های حاشیه فعال قاره‌ای می‌تواند در ارتباط با تکوین ساختاری زون سندج - سیرجان اهمیت خاصی داشته باشد. لذا مطالعه سنگ‌شناسی، ژئوشیمی و تعیین محیط زمین ساختی و خاستگاه ماگمایی منطقه مورد مطالعه در این راستا راهگشا می‌باشد.

### منابع

- افتخارنژاد، ح، ۱۳۵۲، نقشه زمین‌شناسی مهاباد در مقیاس (۱:۲۵۰۰۰۰) سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور