

کاربرد شیمی کانی پلاژیوکلاز در بررسی روند تبلور ماگمای توده‌های نفوذی راونج (شمال شرق دلیجان)

محبوبه جمشیدی بدر^{۱*}، مهناز خادمی پارسا^۲، فریبرز مسعودی^۲

۱- گروه زمین شناسی، دانشگاه پیام نور، صندوق پستی ۴۶۹۷-۱۹۳۹۵ تهران، ایران

۲- گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

(دریافت مقاله: ۹۷/۱/۲۰، نسخه نهایی: ۹۷/۷/۲)

چکیده: توده‌های نفوذی راونج با ترکیب تونالیت، کوارتز دیوریت و میکروکوارتز دیوریت در غرب روستای راونج، شمال شرق دلیجان و در پهنه اورمیه- دختر برونزد دارند. پلاژیوکلازها در سه اندازه متفاوت درشت، متوسط و ریزبلور در ترکیب‌های مختلف توده نفوذی راونج دیده می‌شوند. بیشتر بلورهای درشت دارای منطقه‌بندی هستند و ماکل‌های چندریخت و پیرایش در بلورهای متوسط بلور و ریزبلور دیده می‌شوند. نبود میانبارها در مرکز پلاژیوکلازها و تغییرات آنورتیت (An) با روند خطی نسبت به K_2O نشان‌دهنده‌ی این است که پلاژیوکلازها فاز اصلی ماگمایی هستند. شیمی پلاژیوکلازها با ماکل چندریخت در گستره‌ی $An_{30.96}$ تا $An_{58.75}$ است و روند تغییرات آهن کل با An در این پلاژیوکلازها یکسان هستند که حالت تبلور عادی همراه با تعادل دمایی را مشخص می‌کنند. شیمی پلاژیوکلازهای زونه با منطقه‌بندی نوسانی از لبه تا لبه بلور بررسی شده که به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار An در توده‌های میکروکوارتز دیوریتی $An_{36.58} - An_{60.94}$ و تونالیتی $An_{41.92} - An_{54.12}$ است. روند تغییرات An و عناصر Fe, Mg, Ti در بلورهای دارای منطقه‌بندی پلاژیوکلازها از لبه به لبه بلور روند نوسانی نشان می‌دهند که وجود این تغییرات در پلاژیوکلازهای توده‌های راونج یک روند تبلور جدایش ماگمایی همراه با بارگزاری متوالی ماگمای مافیک‌تر در حالت تعادل دمایی را مشخص می‌کند. تغییرات برآمده از بارگزاری ماگمای مافیک‌تر در مرکز توده‌های نفوذی راونج نسبت به لبه آن بیشتر است.

واژه‌های کلیدی: شیمی پلاژیوکلاز، بارگزاری ماگمایی، توده‌های نفوذی راونج، پهنه اورمیه-دختر.

مقدمه

کانی پلاژیوکلاز یکی از کانی‌های اصلی در روند تبلور ماگماهای اسیدی تا حدواسط است. بررسی شیمی کانی پلاژیوکلاز می‌تواند نتایج ارزشمندی از روند تبلور ماگمایی را مشخص نماید [۸-۱]. همچنین منطقه‌بندی در کانی پلاژیوکلاز نیز در راستای تعیین روند تبلور ماگمایی توسط پژوهشگران مختلف بررسی شده است (برای مثال، [۸-۲۰]) افزون بر تغییرات درصد فراوانی آنورتیت (An) در پلاژیوکلازها، بررسی تغییرات عناصر Fe, Mg, Ti در منطقه‌بندی پلاژیوکلازها نیز می‌تواند در تعیین شرایط تبلور ماگما موثر باشند، زیرا عناصر Fe, Mg,

Ti تابع تغییرات ترکیب شیمیایی ماگما هستند، اما تغییرات این عناصر در ساختار پلاژیوکلاز نسبت به مقدار آنورتیت (An) کمتر وابسته به تغییرات فشار، مقدار آب و دمای ماگما است [۱۰، ۱۹، ۲۱-۲۴].

توده نفوذی راونج با ترکیب اسیدی تا حدواسط در منطقه‌ی دلیجان، در بخش میانی کمربند ماگمایی ارومیه- دختر برونزد دارد. کانی‌های اصلی این توده شامل کانی‌های پلاژیوکلاز، هورنبلند، بیوتیت، کوارتز، فلدسپاریتاسیم و کانی‌های فرعی اسفن، آپاتیت، زیرکن و کانی‌های کدر است. کانی پلاژیوکلاز در توده نفوذی راونج از کانی‌های اصلی است

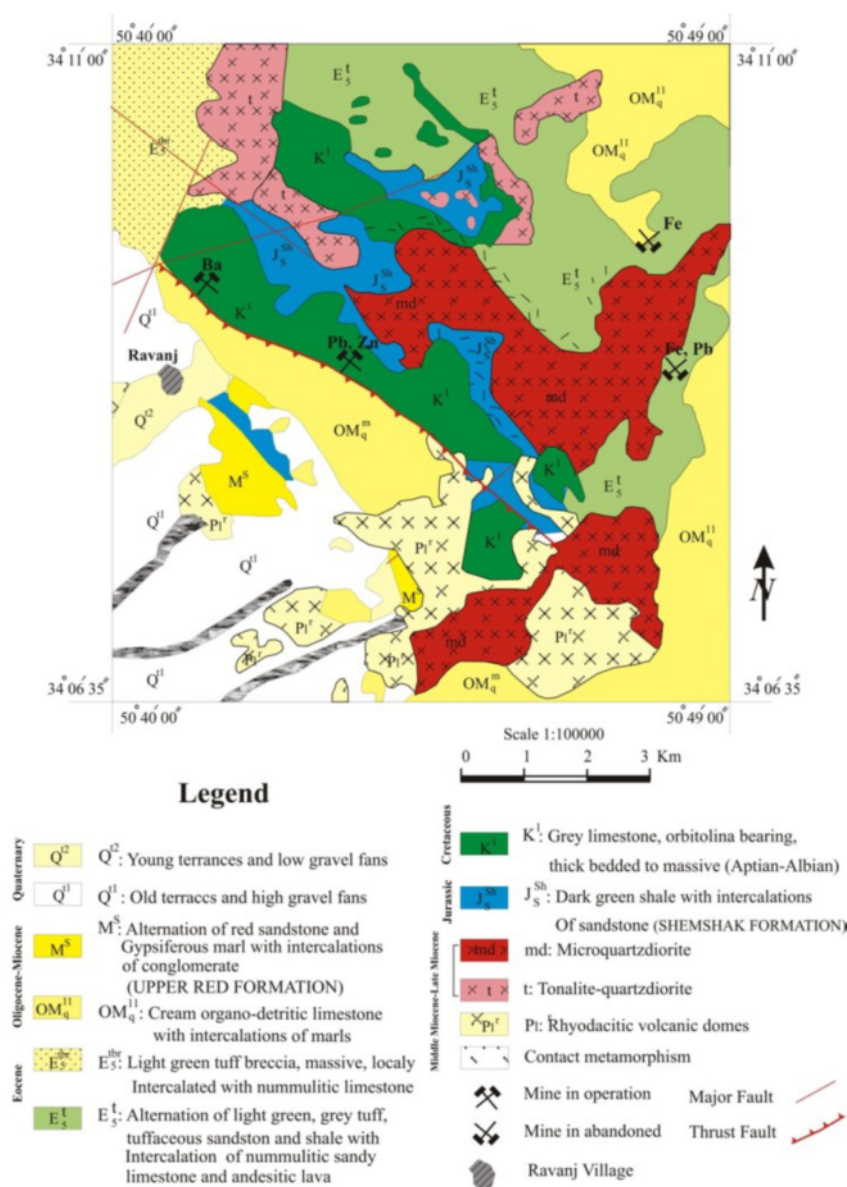
*نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۲۵۳۵۷۵۱۳، نمابر: ۰۲۶۴۵۳۸۳۲۴۴، پست الکترونیکی: m_jamshidi@pnu.ac.ir

بین طول‌های جغرافیایی $50^{\circ} 40'$ تا $50^{\circ} 49'$ شرقی و عرض‌های جغرافیایی $34^{\circ} 06'$ تا $34^{\circ} 11'$ شمالی واقع است. نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد بررسی در شکل ۱ نشان داده شده است. سنگ‌های رسوبی مزوزوئیک و سنوزوئیک و سنگ‌های آذرآواری و آتشفشانی سنوزوئیک در مجاورت توده نفوذی راونج برونزد دارند که با توده‌های نفوذی، نیمه عمیق و صفحات دایکی جوان‌تر قطع شده‌اند. توده‌های نفوذی راونج به سن میوسن میانی تا پسین [۲۵] در بخش‌های مختلف منطقه به درون واحدهای آتشفشانی و آذرآواری اتوسن نفوذ کرده و سبب دگرگونی مجاورتی سنگ‌های میزبان و تشکیل سنگ‌های دگرگونی هورنفلسی و اسکارن شده است (شکل ۱) [۲۵].

که روند منطقه‌بندی و ماکل‌های متفاوت چندریخت و پیرایش را نشان می‌دهد. هدف از این پژوهش، بررسی ترکیب شیمیایی و روند تغییرات عناصر شیمیایی در بلورهای پلاژیوکلاز به منظور شناخت روند تبلور ماگمایی در توده نفوذی راونج است. توده نفوذی راونج یکی از توده‌های ماگمایی ارومیه-دختر است که بررسی شرایط تبلور در آن می‌تواند برای توصیف شرایط تبلور بقیه توده‌های نفوذی پهنه ارومیه-دختر کاربردی باشد.

زمین‌شناسی عمومی منطقه

توده نفوذی راونج در نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ کهک معرفی شده است [۲۵]. برونزد این توده در ۱۵ کیلومتری شمال‌شرق شهرستان دلیجان و در استان مرکزی و در گستره



شکل ۱ نقشه زمین‌شناسی و جایگاه جغرافیایی منطقه مورد بررسی برگرفته از نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ کهک [۲۵].

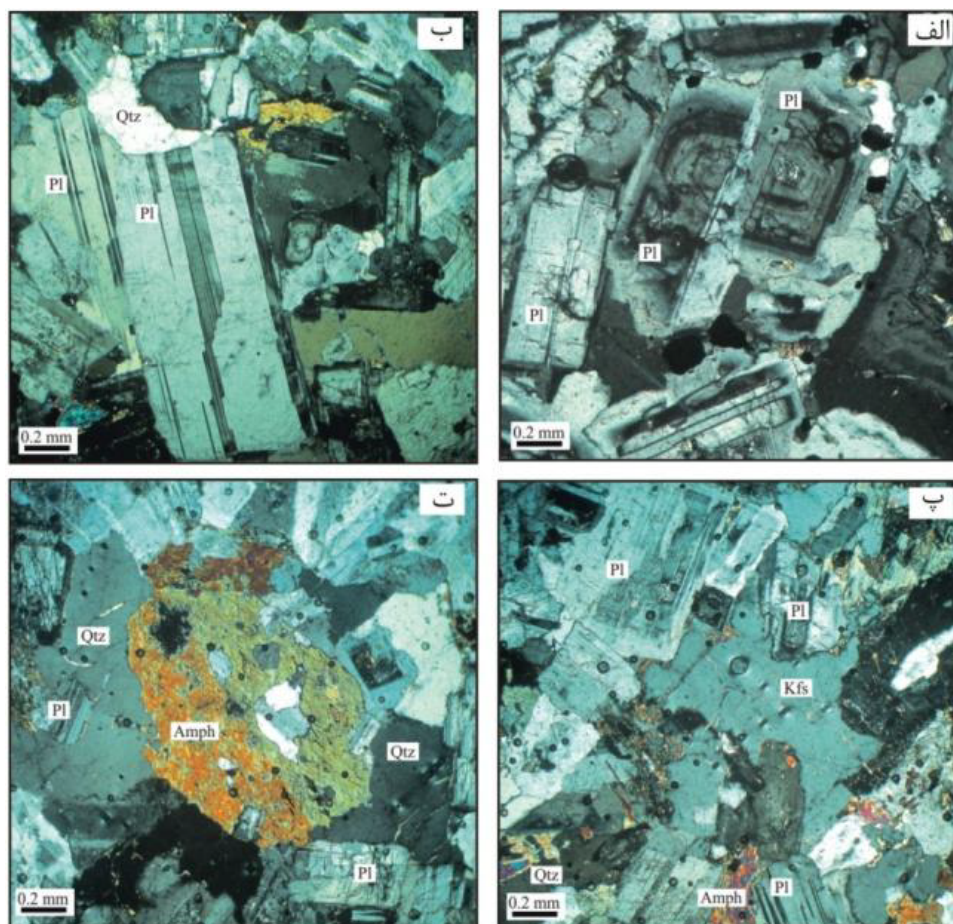
سنگ‌نگاری توده‌های نفوذی راونج

توده‌های نفوذی راونج از نظر سنگ‌نگاری شامل سنگ‌های تونالیت، کوارتز دیوریت و میکروکوارتز دیوریت هستند که در غرب روستای راونج برونزد دارند. گستردگی برونزد سنگ‌های تونالیتی و کوارتز دیوریتی به صورت توده‌های نفوذی به شکل استوک‌هایی با اندازه‌ی متوسط هستند. بافت غالب آن‌ها از نوع دانه ای متوسط بلور است. کانی‌های اصلی این توده پلاژیوکلاز، کوارتز و هورنبلند، و کانی‌های فرعی آن‌ها اسفن، آپاتیت، زیرکن و کانی‌های کدر، و کانی‌های ثانویه کلریت و سرسیت هستند (شکل ۲).

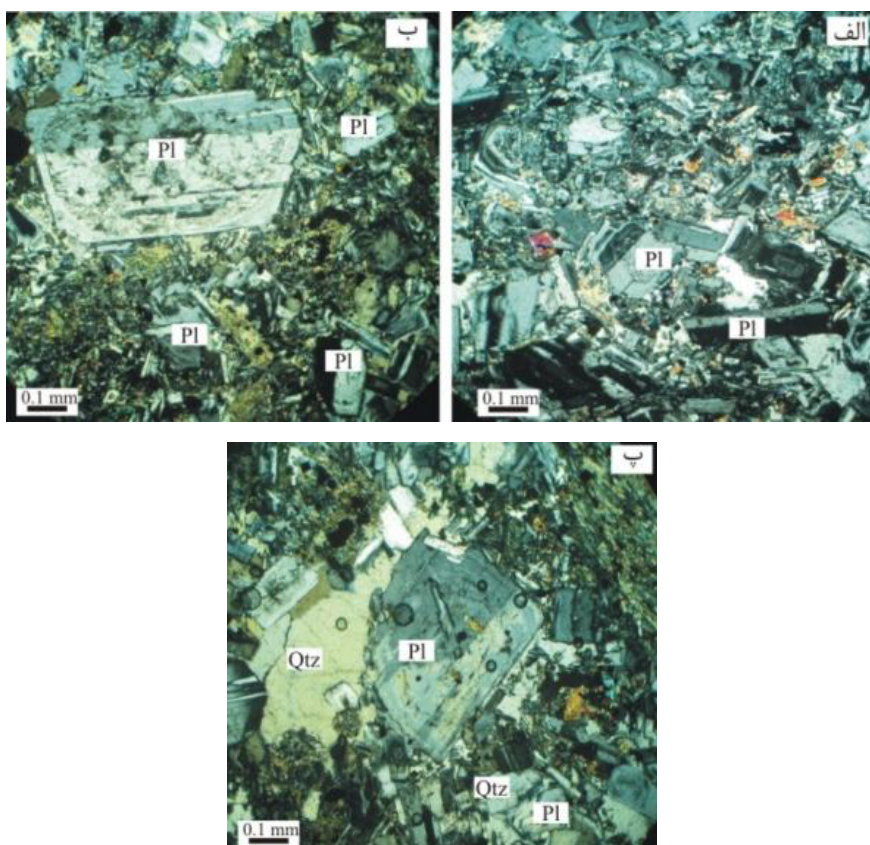
برونزد سنگ‌های میکروکوارتز دیوریتی به شکل استوک، آذرین لایه و آذرین تیغه است. بافت غالب این نوع سنگ‌ها ریزدانه‌ای و یا پورفیری است (شکل ۳). کانی‌های اصلی سنگ‌های میکروکوارتز دیوریتی شامل پلاژیوکلاز، کوارتز،

بیوتیت و هورنبلند است و کانی‌های فرعی شامل فلدسپات قلیایی، کانی کدر، اسفن و کانی‌های ثانویه سرسیت و کلریت هستند (شکل ۳).

پلاژیوکلاز کانی غالب در سنگ‌های تونالیتی و میکروکوارتز دیوریتی است که به شکل درشت بلور تا ریز بلور (۵ تا کمتر از ۰/۲ میلی‌متر) دیده می‌شود. آنها بیشتر به صورت شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار هستند. بلورهای درشت (۵ تا ۲ میلی‌متر) اغلب حالت منطقه‌بندی نشان می‌دهند (شکل‌های ۲ و ۳) و متوسط بلورها (۲ تا ۰/۲ میلی‌متر) و ریز بلورها (کمتر از ۰/۲ میلی‌متر) ماکل چندریخت دارند. در بعضی از نمونه‌ها، حدود ۸۰ تا ۹۰ درصد مجموع کانی‌های اصلی را پلاژیوکلازها تشکیل می‌دهد، بنابراین بررسی روند ترکیب شیمیایی کانی پلاژیوکلاز در بلورهای مختلف این توده‌ها می‌تواند شرایط تبلور این توده‌ها را مشخص نماید.



شکل ۲ تصاویر میکروسکوپی توده نفوذی تونالیت و کوارتز دیوریت راونج. الف) بافت دانه‌ای، کانی‌های درشت بلور با منطقه‌بندی پلاژیوکلاز، ب) بلورهای متوسط بلور پلاژیوکلاز با ماکل‌های چندریخت، پ) کانی‌های فلدسپار قلیایی، پلاژیوکلاز و کوارتز و ت) کانی‌های هورنبلند، کوارتز و پلاژیوکلاز (نور قطبیده متقاطع، XPL).



شکل ۳ تصاویر میکروسکوپی توده میکروکوارتز دیوریتی راونج: الف) بلورهای پلاژیوکلاز با حالت منطقه بندی و ماکل های چندریخت و پیراشیب، ب و پ) بافت شبه پورفیری بلورهای درشت پلاژیوکلاز با حالت منطقه بندی و ماکل پیراشیب (نور XPL).

روش بررسی

پس از بررسی های سنگ نگاری سنگ های با دگرسانی کمتر مقاطع نازک-صیقلی در آزمایشگاه تهیه مقطع دانشکده علوم دانشگاه تربیت معلم، تهیه شد. پلاژیوکلاز یکی از کانی های اصلی سنگ های منطقه راونج است. تجزیه نقطه ای از کانی های پلاژیوکلاز سنگ های کوارتز دیوریت (نمونه PM176)، تونالیت (نمونه PM182) و میکروکوارتز دیوریت (نمونه PM103) توده نفوذی راونج در آزمایشگاه کانی شناسی مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران، با استفاده از دستگاه ریزپردازشگر الکترونی (EPMA) مدل SX100 ساخت شرکت کامکای کشور فرانسه با ولتاژ شتاب دهنده 15kV و شدت جریان 20nA انجام شد.

بر اساس بررسی های میکروسکوپی، پلاژیوکلازهای درشت-بلور دارای منطقه بندی نوسانی هستند، در حالی که پلاژیوکلازهای ریز تا متوسط بلور اغلب با ماکل چندریخت دیده می شوند. 90 تجزیه نقطه ای از بخش های مختلف پلاژیوکلازها انجام شد. 30 تجزیه نقطه ای مربوط به پلاژیوکلازهای متوسط بلور با ماکل چندریخت در سنگ های

تونالیتی و کوارتز دیوریتی است. همچنین دو پلاژیوکلاز با منطقه بندی نوسانی درون سنگ های تونالیتی و میکروکوارتز دیوریتی انتخاب شده و بر هر یک 30 نقطه برای بررسی منطقه بندی نوسانی تجزیه نقطه ای شدند. نتایج تجزیه نقطه ای در جدول های 1 تا 3 آورده شده است.

شیمی کانی پلاژیوکلازها با ماکل چندریخت

ترکیب پلاژیوکلازهای دارای ماکل چندریخت در جدول 1 ارائه شده است. مقدار عضو انتهایی آنورتیت در پلاژیوکلازهایی با ماکل چندریخت در گستره $An_{30.796}$ تا $An_{58.75}$ قرار می گیرد، به طوری که ترکیب این کانی در تونالیت ها بین $An_{31.41}$ تا $An_{55.35}$ و در کوارتز دیوریت ها بین $An_{31.81}$ تا $An_{58.75}$ هستند. برای هر یک از سنگ های یاد شده، بیشترین مقدار مربوط به مرکز و کمترین مقدار مربوط به لبه بلورهای پلاژیوکلاز است. در شکل 4 ترکیب پلاژیوکلازهای تجزیه شده بر نمودار دیر و همکاران [26] نشان داده شده است.

جدول ۱ نتایج تجزیه نقطه‌ای کانی‌های پلاژیوکلاز با ماکل چندریخت در نمونه‌های تونالیتی و کوارتز دیوریتی توده نفوذی راونج. حرف آخر نام نمونه‌ها بیانگر تجزیه: مرکز بلور (c) و لبه بلور (r) است.

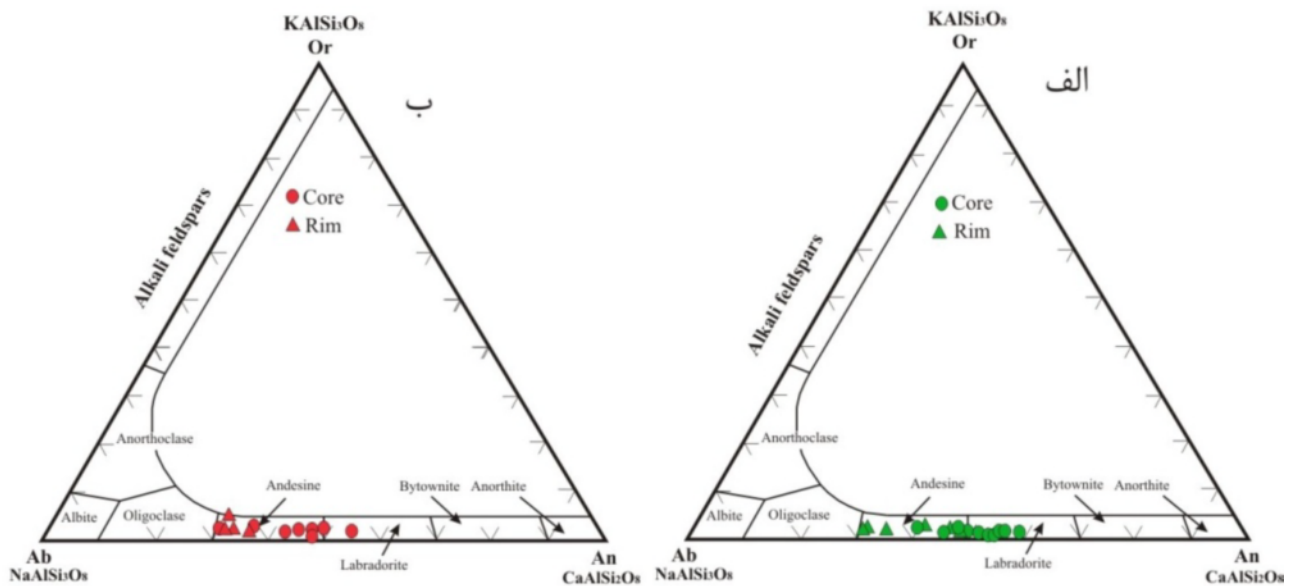
کوارتز دیوریت																	تونالیت																
شماره نقاط	۱۷۶A۱۱	۱۷۶A۲	۱۷۶A۳	۱۷۶A۴	۱۷۶A۵	۱۷۶A۶	۱۷۶B۱	۱۷۶B۲	۱۷۶B۳	۱۷۶C۱	۱۷۶C۲	۱۷۶C۳	۱۷۶D۱	۱۷۶D۲	۱۷۶E۱	۱۷۶E۲	۱۷۶B۱	۱۷۶B۲	۱۷۶B۳	۱۷۶A۴	۱۷۶A۵	۱۷۶A۶	۱۷۶C۴	۱۷۶C۵	۱۷۶C۶	۱۷۶C۷	۱۷۶C۸						
Na ₂ O	۸۰۹	۵۴۲	۵۸۹	۵۰۰	۷۵۹	۶۸۳	۵۳۰	۴۴۸	۷۲۷	۷۴۳	۵۶۳	۴۸۰	۴۹۶	۶۰۱	۵۷۸	۶۱۴	۵۰۹	۷۶۰	۶۰۰	۶۶۵	۷۶۸	۷۳۴	۵۸۶	۶۴۸	۷۵۷	۶۰۰	۵۰۳	۸۱۱					
MgO	۰۰۳	۰۰۰	۰۰۰	۰۰۲	۰۰۳	۰۰۵	۰۰۲	۰۰۲	۰۰۹	۰۰۶	۰۰۲	۰۰۲	۰۰۲	۰۰۳	۰۰۴	۰۰۲	۰۰۳	۰۰۱	۰۰۱	۰۰۴	۰۰۳	۰۰۳	۰۰۰	۰۰۳	۰۰۹	۰۰۲	۰۰۳						
Al ₂ O ₃	۲۶۳۰	۲۹۵۲	۲۹۲۴	۳۰۱۷	۲۶۲۵	۲۷۲۳	۳۱۵۴	۳۱۴۳	۲۷۶۴	۲۵۴۵	۲۸۴۲	۳۱۲۹	۳۰۸۳	۲۹۳۰	۳۱۳۰	۲۹۴۷	۲۹۷۶	۲۶۷۰	۲۶۳۴	۲۵۱۹	۲۳۴۳	۲۳۹۲	۲۶۳۴	۲۶۳۰	۲۵۴۸	۲۹۲۸	۲۸۱۶						
SiO ₂	۵۹۰۵	۵۵۲۲	۵۶۰۷	۵۴۱۸	۵۸۶۸	۵۶۰۸	۵۳۱۹	۵۲۴۲	۵۵۴۲	۶۰۴۲	۵۵۸۰	۵۲۴۶	۵۳۲۳	۵۵۰۲	۵۳۱۳	۵۵۰۷	۵۴۸۲	۵۹۰۱	۵۵۷۸	۵۶۸۴	۶۰۳۵	۵۸۴۰	۵۲۶۹	۵۶۷۰	۵۸۳۳	۵۵۴۴	۵۳۹۷						
K ₂ O	۰۰۲۹	۰۰۲۶	۰۰۲۹	۰۰۱۶	۰۰۲۹	۰۰۲۹	۰۰۲۴	۰۰۲۵	۰۰۲۵	۰۰۳۰	۰۰۴۲	۰۰۲۹	۰۰۲۵	۰۰۳۶	۰۰۲۶	۰۰۲۵	۰۰۱۸	۰۰۳۷	۰۰۱۸	۰۰۲۴	۰۰۲۹	۰۰۳۳	۰۰۳۹	۰۰۸۱	۰۰۳۳	۰۰۲۹	۰۰۴۲						
CaO	۶۷۲۲	۱۰۱۱۶	۹۲۳۲	۱۱۰۵	۷۶۸۸	۹۱۸۸	۱۱۲۳۲	۱۱۹۷	۹۳۳۳	۶۳۱۱	۹۷۸۸	۱۱۵۹۹	۱۱۲۵	۹۸۸۲	۱۰۲۹۹	۹۵۳۳	۱۰۵۱۱	۶۵۸۸	۱۰۳۴	۹۵۰	۷۴۰	۸۰۸۰	۱۰۹۸۸	۱۰۳۶	۶۸۴	۱۰۳۳	۱۱۷۱۱						
TiO ₂	۰۰۰۲	۰۰۰۱	۰۰۰۲	۰۰۰۲	۰۰۰۳	۰۰۰۱	۰۰۰۱	۰۰۰۱	۰۰۰۲	۰۰۰۳	۰۰۰۳	۰۰۰۲	۰۰۰۱	۰۰۰۲	۰۰۰۱	۰۰۰۴	۰۰۰۱	۰۰۰۲	۰۰۰۲	۰۰۰۰	۰۰۰۲	۰۰۰۷	۰۰۰۲	۰۰۰۴	۰۰۰۱	۰۰۰۱	۰۰۰۲						
Cr ₂ O ₃	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۲	۰۰۰۰	۰۰۰۱	۰۰۰۱	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۱	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۱	۰۰۰۱	۰۰۰۱						
MnO	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۱	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۱	۰۰۰۱	۰۰۰۱	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۱	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۱	۰۰۰۰	۰۰۰۱						
Fe ₂ O ₃	۰۰۲۳	۰۰۳۱	۰۰۳۱	۰۰۲۹	۰۰۲۹	۰۰۲۶	۰۰۲۲	۰۰۲۷	۰۰۳۰	۰۰۳۷	۰۰۱۹	۰۰۲۹	۰۰۲۵	۰۰۲۸	۰۰۲۶	۰۰۲۶	۰۰۲۴	۰۰۱۸	۰۰۲۲	۰۰۲۳	۰۰۲۱	۰۰۲۲	۰۰۲۵	۰۰۱۲	۰۰۱۸	۰۰۲۴	۰۰۱۸						
مجموع	۱۰۰۵۱۰	۱۰۰۶۱۰	۱۰۰۶۱۰	۱۰۰۶۱۰	۱۰۰۶۱۰	۱۰۰۶۱۰	۱۰۰۶۱۰	۱۰۰۶۱۰	۱۰۰۶۱۰	۱۰۰۶۱۰	۱۰۰۶۱۰	۱۰۰۶۱۰	۱۰۰۶۱۰	۱۰۰۶۱۰	۱۰۰۶۱۰	۱۰۰۶۱۰	۱۰۰۶۱۰	۹۸۶	۹۸۴	۹۹۲	۹۸۱	۹۸۵	۱۰۰۱	۹۹۱	۱۰۱۴	۹۹۲	۱۰۰۵						
Si	۲۶۲۲	۲۶۴۴	۲۶۴۲	۲۶۲۳	۲۶۰۸	۲۵۲۶	۲۶۳۶	۲۶۳۵	۲۶۹۷	۲۶۷۶	۲۵۰۳	۲۳۵۸	۲۳۵۸	۲۶۴۵	۲۳۷۷	۲۶۴۲	۲۶۴۲	۲۶۲۱	۲۵۴۵	۲۵۹۴	۲۶۷۱	۲۶۶۳	۲۵۲۱	۲۵۵۴	۲۶۳۴	۲۶۴۵	۲۶۷۴						
Ti	۰۰۰۱	۰۰۰۰	۰۰۰۱	۰۰۰۱	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۱	۰۰۰۱	۰۰۰۱	۰۰۰۱	۰۰۰۱	۰۰۰۱	۰۰۰۱	۰۰۰۱	۰۰۰۱	۰۰۰۱	۰۰۰۱	۰۰۰۱	۰۰۰۲	۰۰۰۱	۰۰۰۱	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰						
Al	۱۳۳۶	۱۵۵۲	۱۵۳۲	۱۵۹۰	۱۳۷۵	۱۴۵۱	۱۶۵۳	۱۶۶۴	۱۴۶۷	۱۳۲۸	۱۵۰۲	۱۶۵۷	۱۶۳۸	۱۵۵۱	۱۶۵۱	۱۵۵۳	۱۵۶۹	۱۳۹۸	۱۴۶۱	۱۳۵۵	۱۲۴۱	۱۳۸۵	۱۴۴۴	۱۳۹۱	۱۳۵۶	۱۵۳۳	۱۵۱۱						
Cr	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۱	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰						
Fe ^{۳+}	۰۰۰۸	۰۰۱۰	۰۰۱۰	۰۰۱۰	۰۰۱۰	۰۰۰۹	۰۰۱۱	۰۰۰۹	۰۰۱۰	۰۰۱۲	۰۰۰۶	۰۰۱۳	۰۰۱۳	۰۰۰۸	۰۰۰۹	۰۰۰۹	۰۰۰۸	۰۰۰۶	۰۰۰۶	۰۰۰۸	۰۰۰۸	۰۰۰۷	۰۰۰۸	۰۰۰۴	۰۰۰۶	۰۰۰۸	۰۰۰۸						
Mn	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰						
Mg	۰۰۰۲	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۱	۰۰۰۳	۰۰۰۳	۰۰۰۱	۰۰۰۱	۰۰۰۶	۰۰۰۴	۰۰۰۱	۰۰۰۱	۰۰۰۱	۰۰۰۲	۰۰۰۳	۰۰۰۱	۰۰۰۲	۰۰۰۱	۰۰۰۱	۰۰۰۳	۰۰۰۲	۰۰۰۲	۰۰۰۰	۰۰۰۳	۰۰۰۱	۰۰۰۱	۰۰۰۱						
Ca	۰۰۳۰	۰۰۴۸	۰۰۴۹	۰۰۵۰	۰۰۳۶	۰۰۴۳	۰۰۵۳	۰۰۵۷	۰۰۴۵	۰۰۲۹	۰۰۴۷	۰۰۵۸	۰۰۵۳	۰۰۴۷	۰۰۴۳	۰۰۴۵	۰۰۴۰	۰۰۳۱	۰۰۵۰	۰۰۴۶	۰۰۳۵	۰۰۳۹	۰۰۴۵	۰۰۳۱	۰۰۴۲	۰۰۳۱	۰۰۳۴						
Na	۰۰۶۹	۰۰۶۹	۰۰۵۸	۰۰۴۴	۰۰۶۵	۰۰۵۶	۰۰۴۷	۰۰۳۹	۰۰۶۳	۰۰۶۳	۰۰۴۰	۰۰۴۸	۰۰۴۱	۰۰۵۲	۰۰۵۱	۰۰۵۲	۰۰۴۱	۰۰۶۵	۰۰۵۱	۰۰۵۸	۰۰۶۹	۰۰۶۹	۰۰۵۲	۰۰۵۶	۰۰۶۶	۰۰۵۷	۰۰۶۱						
K	۰۰۱۶	۰۰۱۵	۰۰۱۶	۰۰۰۹	۰۰۱۶	۰۰۲۹	۰۰۱۴	۰۰۱۴	۰۰۳۰	۰۰۲۵	۰۰۲۴	۰۰۱۷	۰۰۱۴	۰۰۲۱	۰۰۱۵	۰۰۱۴	۰۰۱۰	۰۰۲۱	۰۰۰۸	۰۰۱۴	۰۰۱۷	۰۰۱۷	۰۰۱۹	۰۰۲۲	۰۰۴۷	۰۰۱۸	۰۰۱۷						
Total	۵۰۴۲	۴۹۹۶	۴۹۹۸	۴۹۹۷	۵۰۳۷	۵۰۳۷	۵۰۳۷	۵۰۳۷	۵۰۹۷	۴۹۸۴	۴۹۹۸	۵۰۱۶	۵۰۱۶	۵۰۱۶	۵۰۱۶	۵۰۱۶	۵۰۱۶	۵۰۱۶	۵۰۱۶	۵۰۱۶	۵۰۱۶	۵۰۱۶	۵۰۱۶	۵۰۱۶	۵۰۱۶	۵۰۱۶	۵۰۱۶						
Ab %	۶۷۴۵	۴۸۳۷	۵۲۰۷	۴۴۶۶	۳۲۱۲	۴۵۴۶	۳۹۷۹	۳۹۷۹	۳۹۷۹	۳۹۷۹	۳۹۷۹	۳۹۷۹	۳۹۷۹	۳۹۷۹	۳۹۷۹	۳۹۷۹	۳۹۷۹	۳۹۷۹	۳۹۷۹	۳۹۷۹	۳۹۷۹	۳۹۷۹	۳۹۷۹	۳۹۷۹	۳۹۷۹	۳۹۷۹	۳۹۷۹						
An %	۳۰۹۶	۵۰۱۰	۴۵۵۹	۵۴۴۶	۳۵۲۹	۴۱۷۲	۵۳۱۸	۵۸۷۵	۴۰۳۶	۳۱۱۱	۴۷۷۸	۵۶۲۰	۵۴۲۹	۴۶۲۹	۴۸۸۶	۴۵۵۱	۵۲۷۲	۳۱۶۷	۴۸۴۴	۳۴۱۹	۳۷۲۲	۴۹۹۶	۴۵۷۲	۳۱۸۱	۴۷۸۹	۴۵۴۳	۳۱۴۱						
Or %	۱۵۹	۱۵۳	۱۷۱	۰۰۹۴	۱۵۹	۲۶۹	۱۳۵	۱۴۶	۲۷۳	۲۶۴	۲۴۴	۱۶۷	۱۶۵	۲۰۳	۱۴۷	۱۴۲	۱۰۷	۲۱۲	۰۷۸	۱۳۱	۱۵۹	۱۵۹	۱۷۹	۲۰۷	۴۴۸	۱۶۳	۲۶۴						

جدول ۲ نتایج تجزیه نقطه‌ای پلاژیوکلاز با منطقه‌بندی نوسانی در نمونه میکروکوارتز دیوریتی توده نفوذی راونج.

میکروکوارتز دیوریت																															
شماره	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷	۲۸	۲۹	۳۰	
Na _۲ O	۸۳۳	۷۵۴	۶۵۲	۷۰۷	۷۰۱	۵۸۳	۵۴۸	۶۰۲	۴۷۹	۵۸۹	۵۴۷	۵۴۸	۵۶۳	۳۸۵	۵۹۰	۶۰۳	۵۹۷	۶۱۷	۵۵۳	۵۴۶	۶۲۹	۵۰۹	۴۹۷	۶۲۲	۵۴۷	۵۳۳	۷۱۵	۶۷۹	۷۹۸	۸۵۰	
MgO	۰۰۰	۰۰۰	۰۰۰	۰۰۰	۰۰۰	۰۰۰	۰۰۰	۰۰۰	۰۰۱	۰۰۰	۰۰۰	۰۰۰	۰۰۰	۰۰۰	۰۰۰	۰۰۰	۰۰۰	۰۰۰	۰۰۰	۰۰۰	۰۰۰	۰۰۰	۰۰۰	۰۰۱	۰۰۰	۰۰۰	۰۰۱	۰۰۰	۰۰۰	۰۰۰	
Al _۲ O _۳	۲۲۲۲	۲۴۰۹	۲۴۷۵	۲۴۱۰	۲۳۷۱	۲۸۶۸	۲۸۰۰	۲۷۵۱	۲۹۵۵	۲۹۹۶	۲۸۲۵	۲۹۰۰	۲۸۳۴	۲۷۶۶	۲۷۱۳	۲۷۳۸	۲۷۵۶	۲۸۰۵	۲۸۲۷	۲۷۷۷	۲۸۷۵	۲۸۴۴	۲۵۴۳	۲۷۲۹	۲۷۲۹	۲۷۲۹	۲۷۲۹	۲۷۲۹	۲۷۲۹	۲۷۲۹	
SiO _۲	۶۴۱۸	۶۱۴۳	۵۹۴۲	۵۹۵۸	۶۰۴۱	۵۵۳۵	۵۴۸۵	۵۶۴۹	۵۳۱۵	۵۴۰۶	۵۵۰۸	۵۴۳۷	۵۴۰۹	۵۵۱۶	۵۴۹۵	۵۶۲۸	۵۶۴۶	۵۶۳۶	۵۶۳۶	۵۶۳۶	۵۶۳۶	۵۶۳۶	۵۶۳۶	۵۶۳۶	۵۶۳۶	۵۶۳۶	۵۶۳۶	۵۶۳۶	۵۶۳۶	۵۶۳۶	
K _۲ O	۰.۱۸	۰.۰۸	۰.۰۴	۰.۵۳	۰.۵۸	۰.۴۱	۰.۳۲	۰.۳۸	۰.۳۱	۰.۲۶	۰.۳۰	۰.۲۵	۰.۲۹	۰.۲۵	۰.۵۵	۰.۴۹	۰.۴۶	۰.۴۸	۰.۴۶	۰.۴۵	۰.۳۲	۰.۴۴	۰.۳۴	۰.۴۴	۰.۳۴	۰.۳۴	۰.۵۲	۰.۵۲	۰.۴۵	۰.۶۹	
CaO	۵۶۹	۶۹۴	۸۰۳	۸۴۲	۸۱۸	۱۰۳۵	۱۰۲۰	۱۰۱۲	۱۱۸۸	۱۱۰۲	۱۱۲۶	۱۱۲۹	۱۱۰۱	۱۱۰۴	۱۰۶۶	۱۰۱۴	۱۰۰۲	۱۱۰۳	۱۱۰۲	۱۱۰۳	۱۱۰۲	۱۰۲۴	۱۲۱۵	۱۱۹۳	۱۰۲۲	۱۰۳۱	۱۱۰۴	۸۱۰	۹۰۳	۶۵۷	۵۸۴
TiO _۲	۰.۰۱	۰.۰۰	۰.۰۱	۰.۰۲	۰.۰۲	۰.۰۲	۰.۰۲	۰.۰۱	۰.۰۸	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۲	۰.۰۲	۰.۰۱	۰.۰۴	۰.۰۱	۰.۱۷	۰.۰۳	۰.۰۲	۰.۱۰	۰.۰۲	۰.۰۱	۰.۰۴	۰.۰۴	۰.۰۲	
Cr _۲ O _۳	۰.۰۸	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۰	۰.۰۱	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۲	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	
MnO	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۲	۰.۰۰	۰.۰۲	۰.۰۲	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۰	۰.۰۱	۰.۰۰	۰.۰۱	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۱	۰.۰۱	
Fe _۲ O _۳	۰.۲۲	۰.۲۳	۰.۲۷	۰.۲۶	۰.۲۶	۰.۲۴	۰.۲۶	۰.۲۴	۰.۳۱	۰.۲۴	۰.۲۷	۰.۲۱	۰.۲۶	۰.۲۵	۰.۲۹	۰.۲۶	۰.۲۵	۰.۲۸	۰.۲۹	۰.۲۷	۰.۲۶	۰.۲۷	۰.۲۶	۰.۲۴	۰.۲۶	۰.۲۲	۰.۲۰	۰.۲۱	۰.۲۳	۰.۲۷	
مجموع	۱۰۰.۶۱	۱۰۰.۰۶	۹۹.۲	۹۹.۷	۹۹.۹	۱۰۰.۶	۹۸.۹	۱۰۰.۵	۹۹.۷	۱۰۰.۶	۱۰۰.۴	۱۰۰.۵	۱۰۰.۲	۹۹.۱	۹۹.۶	۱۰۰.۱	۱۰۰.۲	۱۰۰.۸	۹۹.۶	۱۰۰.۱	۹۹.۸	۹۹.۷	۹۸.۳	۹۹.۲	۹۹.۹	۱۰۰.۷	۱۰۰.۷	۱۰۰.۷	۱۰۰.۷	۱۰۰.۷	
Si	۲۰۸۱۸	۲۰۷۱۸	۲۰۶۹۹	۲۰۶۹۳	۲۰۷۰۰	۲۰۶۷۸	۲۰۶۹۳	۲۰۵۷۲	۲۰۶۰۹	۲۰۶۴۵	۲۰۶۷۶	۲۰۶۴۴	۲۰۶۳۹	۲۰۶۳۱	۲۰۶۲۹	۲۰۵۳۱	۲۰۵۳۱	۲۰۵۱۶	۲۰۴۶۱	۲۰۴۶۱	۲۰۴۶۱	۲۰۴۶۱	۲۰۴۶۱	۲۰۴۶۱	۲۰۴۶۱	۲۰۴۵۷	۲۰۴۷۴	۲۰۶۱۳	۲۰۵۵۲	۲۰۶۸۷	۲۰۷۱۸
Ti	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۱	۰.۰۰۰	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۰	۰.۰۰۶	۰.۰۰۱	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۳	۰.۰۰۱	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	
Al	۱۰۱۵۰	۱۰۲۵۶	۱۰۳۱۰	۱۰۳۷۴	۱۰۳۴۹	۱۰۵۱۳	۱۰۵۰۰	۱۰۴۵۰	۱۰۵۷۸	۱۰۵۸۳	۱۰۶۹۷	۱۰۵۳۷	۱۰۵۴۴	۱۰۵۰۱	۱۰۶۷۷	۱۰۶۳۸	۱۰۶۴۷	۱۰۶۵۰	۱۰۵۰۱	۱۰۵۰۷	۱۰۶۸۰	۱۰۵۴۹	۱۰۵۴۶	۱۰۳۵۹	۱۰۴۷۲	۱۰۴۹۷	۱۰۳۶۶	۱۰۳۲۴	۱۰۳۹۴	۱۰۴۵۰	
Cr	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	
Fe ^{۳+}	۰.۰۰۷	۰.۰۰۸	۰.۰۰۹	۰.۰۰۹	۰.۰۰۹	۰.۰۰۸	۰.۰۰۸	۰.۰۰۹	۰.۰۱۱	۰.۰۰۸	۰.۰۰۹	۰.۰۱۰	۰.۰۰۹	۰.۰۱۲	۰.۰۱۰	۰.۰۰۹	۰.۰۰۸	۰.۰۰۹	۰.۰۱۰	۰.۰۰۹	۰.۰۰۹	۰.۰۰۹	۰.۰۰۹	۰.۰۰۸	۰.۰۰۹	۰.۰۰۸	۰.۰۰۷	۰.۰۰۷	۰.۰۰۸	۰.۰۰۸	
Mn	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۱	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	
Mg	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۱	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	
Ca	۰.۲۶۸	۰.۳۲۹	۰.۳۸۹	۰.۴۰۵	۰.۳۹۷	۰.۴۹۶	۰.۴۹۹	۰.۴۸۵	۰.۵۷۷	۰.۴۹۰	۰.۵۴۲	۰.۵۴۳	۰.۵۳۲	۰.۵۵۳	۰.۵۱۷	۰.۴۸۹	۰.۴۸۱	۰.۴۹۷	۰.۵۶۰	۰.۵۳۶	۰.۴۹۶	۰.۵۹۵	۰.۵۹۰	۰.۴۹۵	۰.۵۰۵	۰.۵۵۰	۰.۳۸۹	۰.۴۳۲	۰.۴۱۲	۰.۳۷۱	
Na	۰.۷۰۱	۰.۶۴۷	۰.۵۸۸	۰.۶۱۵	۰.۶۰۷	۰.۵۰۶	۰.۴۸۳	۰.۵۲۲	۰.۴۲۱	۰.۵۱۳	۰.۴۷۷	۰.۴۷۷	۰.۴۹۱	۰.۳۲۷	۰.۵۱۸	۰.۵۲۶	۰.۵۱۹	۰.۵۲۴	۰.۴۸۷	۰.۴۷۷	۰.۵۵۲	۰.۴۵۱	۰.۴۴۵	۰.۵۶۲	۰.۴۸۵	۰.۴۶۱	۰.۶۲۱	۰.۵۸۷	۰.۶۸۵	۰.۷۲۰	
K	۰.۰۱۰	۰.۰۲۳	۰.۰۲۶	۰.۰۳۰	۰.۰۳۳	۰.۰۲۳	۰.۰۲۱	۰.۰۲۲	۰.۰۱۸	۰.۰۲۶	۰.۰۱۵	۰.۰۱۷	۰.۰۲۰	۰.۰۱۷	۰.۰۲۴	۰.۰۳۲	۰.۰۲۲	۰.۰۲۶	۰.۰۱۴	۰.۰۲۱	۰.۰۲۲	۰.۰۹۴	۰.۰۲۰	۰.۰۲۰	۰.۰۲۲	۰.۰۱۷	۰.۰۳۰	۰.۰۲۶	۰.۰۲۳	۰.۰۲۸	
Total	۴۹۵۷۴	۴۹۹۰۴	۴۹۶۹۵	۵۰۰۷۴	۴۹۹۱۵	۵۰۰۶۵	۴۹۵۰۵	۵۰۱۵۵	۵۰۱۶۵	۴۹۷۵۰	۵۰۱۶۵	۵۰۲۰۵	۵۰۲۰۶	۴۹۹۲۲	۵۰۳۸۵	۵۰۴۴۵	۵۰۱۱۵	۵۰۴۴۵	۵۰۳۴۵	۵۰۲۰۵	۵۰۵۰۰	۵۰۳۶۵	۵۰۳۲۵	۵۰۲۶۵	۵۰۰۳۵	۵۰۱۳۵	۵۰۲۶۵	۵۰۳۳۵	۵۰۲۰۵	۵۰۳۰۰	
Ab %	۷۱.۶۱	۶۴.۱۳	۵۷.۹۰	۵۸.۵۴	۵۸.۸۵	۴۹.۳۲	۴۸.۲۴	۴۵.۷۵	۴۱.۴۴	۴۹.۷۹	۴۹.۶۱	۴۵.۹۹	۴۷.۲۱	۴۸.۸۹	۵۰.۲۷	۵۰.۷۵	۵۰.۵۲	۴۸.۵۵	۴۶.۱۵	۵۱.۵۶	۴۹.۵۵	۴۲.۱۷	۴۲.۲۳	۴۹.۴۴	۴۴.۶۰	۵۹.۴۷	۵۶.۳۲	۶۶.۵۱	۷۰.۰۰	۷۲.۵۱	
An %	۲۷.۳۴	۳۲.۶۲	۳۹.۶۱	۳۸.۴۲	۳۷.۹۴	۴۸.۲۸	۴۹.۶۲	۴۷.۱۲	۵۶.۸۰	۴۷.۵۵	۵۲.۴۵	۵۲.۳۶	۵۰.۹۸	۴۹.۶۴	۴۸.۲۲	۴۶.۷۱	۴۷.۰۷	۴۷.۰۱	۵۲.۷۸	۵۱.۵۸	۴۶.۳۹	۵۲.۱۷	۵۵.۹۲	۴۵.۹۴	۴۹.۴۲	۵۲.۷۲	۴۷.۴۰	۴۱.۲۴	۳۰.۴۶	۲۶.۵۱	
Or %	۱.۰۳	۳.۲۵	۲.۴۹	۲.۵۴	۲.۲۹	۲.۲۸	۲.۱۴	۲.۱۱	۱.۷۶	۲.۵۶	۱.۴۴	۱.۶۶	۱.۹۳	۱.۸۴	۲.۲۹	۲.۱۸	۲.۲۸	۱.۴۶	۲.۰۰	۰.۵۸	۱.۹۰	۱.۸۲	۱.۸۲	۱.۶۸	۲.۸۶	۲.۶۵	۲.۶۵	۲.۶۵	۲.۶۵	۲.۶۵	
distance	۰	۲۵	۵۰	۷۵	۱۰۰	۱۲۵	۱۵۰	۱۷۵	۲۰۰	۲۲۵	۲۵۰	۲۷۵	۳۰۰	۳۲۵	۳۵۰	۳۷۵	۴۰۰	۴۲۵	۴۵۰	۴۷۵	۵۰۰	۵۲۵	۵۵۰	۵۷۵	۶۰۰	۶۲۵	۶۵۰	۶۷۵	۷۰۰	۷۲۵	

جدول ۳ نتایج تجزیه نقطه‌ای پلاژیوکلاز با منطقه‌بندی نوسانی در نمونه تونالیتی توده نفوذی راونج.

	تونالیت																													
شماره نقاط	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷	۲۸	۲۹	۳۰
Na ₂ O	۶۶۸	۸۰۵	۶۷۸	۵۸۱	۵۵۷	۵۲۲	۵۸۲	۶۱۴	۵۴۲	۶۵۲	۵۸۶	۵۹۲	۵۷۳	۵۴۲	۵۹۳	۶۱۷	۵۵۶	۶۱۰	۶۳۰	۶۲۷	۶۳۳	۵۱۵	۵۳۲	۶۰۸	۴۹۰	۴۸۰	۶۴۷	۵۵۴	۵۸۹	۵۵۷
MgO	۰.۰۲	۰.۰۲	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۴	۰.۰۲	۰.۰۰	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۵	۰.۰۳	۰.۰۱	۰.۰۲	۰.۰۱	۰.۰۲	۰.۰۶	۰.۰۴	۰.۰۱	۰.۱۰	۰.۰۱	۰.۰۸	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۴	۰.۰۱	۰.۰۲	۰.۰۲	۰.۰۳	۰.۰۱	۰.۰۱
Al ₂ O ₃	۲۵.۱۵	۲۴.۰۵	۲۵.۹۵	۲۶.۱۵	۲۶.۷۶	۲۷.۹۱	۲۸.۰۲	۲۸.۵۴	۲۸.۱۰	۲۷.۴۴	۲۷.۸۶	۲۷.۸۴	۲۸.۰۳	۲۷.۶۹	۲۷.۵۷	۲۶.۹۷	۲۷.۸۷	۲۷.۲۵	۲۷.۱۴	۲۷.۵۷	۲۷.۶۳	۲۸.۴۹	۲۷.۲۳	۲۷.۵۹	۲۸.۹۷	۲۷.۲۷	۲۶.۹۹	۲۹.۳۹	۲۷.۶۶	۲۸.۲۳
SiO ₂	۶۰.۰۴	۶۱.۳۷	۵۸.۰۸	۵۹.۸۱	۵۸.۱۱	۵۶.۰۵	۵۵.۹۸	۵۵.۲۸	۵۴.۶۹	۵۵.۷۴	۵۵.۵۷	۵۵.۸۲	۵۵.۷۱	۵۴.۸۹	۵۶.۳۳	۵۷.۶۵	۵۵.۵۰	۵۶.۱۴	۵۷.۱۵	۵۶.۷۲	۵۶.۳۱	۵۴.۵۷	۵۴.۲۴	۵۶.۴۰	۵۳.۵۱	۵۴.۶۸	۵۵.۵۵	۵۴.۱۶	۵۶.۲۶	۵۶.۲۸
K ₂ O	۰.۱۸	۰.۳۰	۰.۲۶	۰.۳۴	۰.۳۰	۰.۳۴	۰.۳۳	۰.۳۹	۰.۳۰	۰.۳۷	۰.۳۲	۰.۲۸	۰.۲۶	۰.۲۷	۰.۴۱	۰.۲۴	۰.۴۳	۰.۲۴	۰.۵۴	۰.۲۷	۰.۴۶	۰.۲۹	۰.۳۰	۰.۳۳	۰.۲۶	۰.۳۱	۰.۳۱	۰.۲۴	۰.۳۲	۰.۲۶
CaO	۸.۵۶	۷.۱۳	۹.۰۸	۸.۴۸	۹.۳۷	۱۱.۹۷	۱۰.۵۰	۱۰.۲۰	۱۱.۴۶	۹.۷۵	۱۰.۵۲	۱۰.۶۳	۱۰.۳۸	۱۰.۰۸	۱۰.۲۶	۹.۹۳	۱۰.۲۱	۱۰.۰۰	۹.۳۰	۹.۶۲	۹.۷۰	۱۱.۴۵	۱۱.۴۸	۹.۹۹	۱۲.۰۶	۱۱.۴۳	۱۰.۹۱	۱۱.۳۵	۱۰.۲۶	۱۰.۴۴
TiO ₂	۰.۰۱	۰.۰۲	۰.۰۲	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۴	۰.۰۳	۰.۰۲	۰.۰۳	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۲	۰.۰۵	۰.۰۴	۰.۰۴	۰.۰۲	۰.۰۰	۰.۰۲	۰.۰۵	۰.۱۰	۰.۰۶	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۱
Cr ₂ O ₃	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
MnO	۰.۰۰	۰.۰۱	۰.۰۲	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۱	۰.۰۰	۰.۰۱	۰.۰۰	۰.۰۱	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۱	۰.۰۰	۰.۰۱
Fe ₂ O ₃	۰.۱۴	۰.۲۰	۰.۲۴	۰.۲۳	۰.۲۷	۰.۲۸	۰.۲۷	۰.۳۲	۰.۳۳	۰.۳۲	۰.۳۲	۰.۲۶	۰.۲۸	۰.۳۱	۰.۳۳	۰.۳۱	۰.۳۰	۰.۲۸	۰.۳۱	۰.۳۲	۰.۳۴	۰.۲۹	۰.۲۸	۰.۳۶	۰.۳۱	۰.۲۷	۰.۲۹	۰.۲۶	۰.۲۵	۰.۲۵
مجموع	۱۰۰.۶	۱۰۱.۰	۱۰۰.۲	۱۰۰.۶	۱۰۰.۲	۱۰۱.۵	۱۰۰.۷	۱۰۰.۶	۱۰۰.۰	۹۹.۹	۱۰۰.۲	۱۰۰.۵	۱۰۰.۲	۹۸.۴	۱۰۰.۵	۱۰۱.۰	۹۹.۷	۹۹.۸	۱۰۰.۶	۱۰۰.۵	۱۰۰.۵	۱۰۰.۰	۹۸.۸	۱۰۰.۵	۹۹.۷	۹۸.۹	۱۰۰.۶	۱۰۰.۷	۱۰۰.۴	۱۰۰.۸
Si	۲.۶۶۱	۲.۷۱۰	۲.۵۹۸	۲.۶۴۳	۲.۵۸۹	۲.۴۹۲	۲.۵۰۳	۲.۴۷۶	۲.۴۶۸	۲.۵۱۲	۲.۴۹۸	۲.۵۰۲	۲.۵۰۱	۲.۵۰۴	۲.۵۲۰	۲.۵۵۹	۲.۵۰۳	۲.۵۲۸	۲.۵۵۰	۲.۵۳۳	۲.۵۲۰	۲.۴۶۱	۲.۴۸۱	۲.۵۲۲	۲.۴۲۵	۲.۴۹۸	۲.۵۱۱	۲.۴۲۹	۲.۵۱۸	۲.۵۰۸
Ti	۰.۰۰۰	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۱	۰.۰۰۲	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۰	۰.۰۰۱	۰.۰۰۲	۰.۰۰۰	۰.۰۰۲	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۱	۰.۰۰۰	
Al	۱.۳۱۴	۱.۲۵۲	۱.۳۶۸	۱.۳۶۲	۱.۴۰۵	۱.۴۶۳	۱.۴۷۶	۱.۵۰۷	۱.۴۹۵	۱.۴۵۸	۱.۴۷۶	۱.۴۷۱	۱.۴۸۳	۱.۴۸۹	۱.۴۵۴	۱.۴۱۱	۱.۴۸۲	۱.۴۴۶	۱.۴۲۷	۱.۴۵۱	۱.۴۵۷	۱.۴۷۴	۱.۴۵۱	۱.۴۷۴	۱.۴۵۸	۱.۴۶۹	۱.۴۳۰	۱.۵۵۴	۱.۴۶۰	۱.۴۸۳
Cr	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۱	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	
Fe ³⁺	۰.۰۰۵	۰.۰۰۷	۰.۰۰۸	۰.۰۰۸	۰.۰۰۹	۰.۰۰۹	۰.۰۰۹	۰.۰۱۱	۰.۰۱۱	۰.۰۱۱	۰.۰۱۱	۰.۰۰۹	۰.۰۰۹	۰.۰۱۱	۰.۰۱۱	۰.۰۱۰	۰.۰۱۱	۰.۰۰۹	۰.۰۱۰	۰.۰۱۱	۰.۰۱۰	۰.۰۱۲	۰.۰۱۰	۰.۰۰۹	۰.۰۱۲	۰.۰۱۱	۰.۰۰۹	۰.۰۱۰	۰.۰۰۹	۰.۰۰۸
Mn	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۱	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰
Mg	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۳	۰.۰۰۱	۰.۰۰۰	۰.۰۰۲	۰.۰۰۲	۰.۰۰۳	۰.۰۰۲	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۴	۰.۰۰۳	۰.۰۰۱	۰.۰۰۷	۰.۰۰۱	۰.۰۰۵	۰.۰۰۰	۰.۰۰۳	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۲	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱
Ca	۰.۴۰۶	۰.۳۳۷	۰.۴۳۵	۰.۴۰۱	۰.۴۴۷	۰.۵۷۰	۰.۵۰۳	۰.۴۹۰	۰.۵۵۴	۰.۴۷۱	۰.۵۰۷	۰.۵۱۰	۰.۴۹۹	۰.۴۹۳	۰.۴۹۲	۰.۴۷۲	۰.۴۹۳	۰.۴۸۳	۰.۴۴۵	۰.۴۶۰	۰.۴۶۵	۰.۵۵۳	۰.۵۶۳	۰.۴۷۹	۰.۵۸۶	۰.۵۵۸	۰.۵۲۶	۰.۵۴۵	۰.۴۹۲	۰.۴۹۸
Na	۰.۵۷۴	۰.۶۸۹	۰.۵۸۸	۰.۴۹۸	۰.۴۸۱	۰.۴۵۰	۰.۵۰۴	۰.۵۲۳	۰.۴۷۴	۰.۵۷۰	۰.۵۱۱	۰.۵۱۴	۰.۴۹۹	۰.۴۷۹	۰.۵۱۴	۰.۵۳۱	۰.۴۸۶	۰.۵۳۳	۰.۵۴۵	۰.۵۴۳	۰.۵۴۹	۰.۴۵۰	۰.۴۷۲	۰.۵۲۷	۰.۴۳۱	۰.۴۲۴	۰.۵۶۴	۰.۴۸۲	۰.۵۱۱	۰.۴۸۱
K	۰.۰۱۰	۰.۰۱۷	۰.۰۱۵	۰.۰۱۹	۰.۰۱۷	۰.۰۱۹	۰.۰۱۹	۰.۰۲۲	۰.۰۱۷	۰.۰۲۱	۰.۰۱۸	۰.۰۱۶	۰.۰۱۵	۰.۰۱۶	۰.۰۲۳	۰.۰۱۴	۰.۰۲۵	۰.۰۱۴	۰.۰۳۱	۰.۰۱۵	۰.۰۲۶	۰.۰۱۷	۰.۰۱۸	۰.۰۱۹	۰.۰۱۵	۰.۰۱۸	۰.۰۱۸	۰.۰۱۴	۰.۰۱۸	۰.۰۱۵
Total	۴.۹۷۲	۵.۰۱۴	۵.۰۱۴	۴.۹۳۱	۴.۹۵۲	۵.۰۰۶	۵.۰۱۵	۵.۰۴۲	۵.۰۲۳	۵.۰۴۸	۵.۰۲۳	۵.۰۲۳	۵.۰۰۹	۴.۹۹۳	۵.۰۱۶	۵.۰۰۲	۵.۰۰۴	۵.۰۱۵	۵.۰۱۷	۵.۰۱۵	۵.۰۲۴	۵.۰۰۸	۵.۰۲۰	۵.۰۱۶	۵.۰۱۸	۴.۹۸۱	۵.۰۶۰	۵.۰۳۶	۵.۰۱۱	۴.۹۹۴
Ab %	۵۷.۹۴	۶۶.۰۵	۵۶.۶۵	۵۴.۲۰	۵۰.۸۹	۴۳.۲۹	۴۹.۱۶	۵۱.۰۲	۵۲.۵۵	۵۳.۶۶	۴۹.۳۱	۴۹.۴۲	۴۹.۲۴	۴۸.۵۳	۴۹.۹۶	۵۲.۲۲	۴۸.۴۱	۵۱.۷۷	۵۳.۴۱	۵۳.۳۰	۵۲.۷۸	۴۴.۱۴	۴۴.۸۵	۵۱.۴۵	۴۱.۷۵	۴۲.۴۰	۵۰.۹۳	۴۶.۲۸	۵۰.۴۰	۴۸.۳۹
An %	۴۱.۰۳	۳۲.۳۳	۴۱.۹۲	۴۳.۷۱	۴۷.۳۱	۵۴.۸۶	۴۹.۰۱	۴۶.۸۴	۵۲.۹۹	۴۴.۳۴	۴۸.۹۲	۴۹.۰۴	۴۹.۲۹	۴۹.۸۸	۴۷.۷۷	۴۶.۴۴	۴۹.۱۳	۴۶.۸۹	۴۳.۵۷	۴۵.۱۹	۴۴.۶۹	۵۴.۲۳	۵۳.۴۸	۴۶.۷۱	۵۶.۷۹	۵۵.۸۰	۴۷.۴۶	۵۲.۴۰	۴۸.۱۷	۵۰.۱۲
Or %	۱.۰۳	۱.۶۲	۱.۴۳	۲.۰۹	۱.۸۰	۱.۸۶	۱.۸۳	۲.۱۳	۱.۶۵	۲.۰۰	۱.۷۷	۱.۵۴	۱.۴۷	۱.۵۹	۲.۲۷	۱.۳۴	۲.۴۶	۱.۳۴	۳.۰۱	۱.۵۱	۲.۵۲	۱.۶۴	۱.۶۶	۱.۸۴	۱.۴۶	۱.۸۰	۱.۶۱	۱.۳۲	۱.۷۹	۱.۴۹
distance	-	۲۷	۵۴	۸۱	۱۰۸	۱۳۵	۱۶۲	۱۸۹	۲۱۶	۲۴۳	۲۷۰	۲۹۷	۳۲۴	۳۵۱	۳۷۸	۴۰۵	۴۳۲	۴۵۹	۴۸۶	۵۱۳	۵۴۰	۵۶۷	۵۹۴	۶۲۱	۶۴۸	۶۷۵	۷۰۲	۷۲۹	۷۵۶	۷۸۳



شکل ۴ الف) ترکیب پلاژیوکلازهای توده کوارتز دیوریت راونج و ب) ترکیب پلاژیوکلازهای توده تونالیت راونج که ترکیب پلاژیوکلازها در گستره آندزین تا اواسط لابرادوریت قرار می‌گیرند.

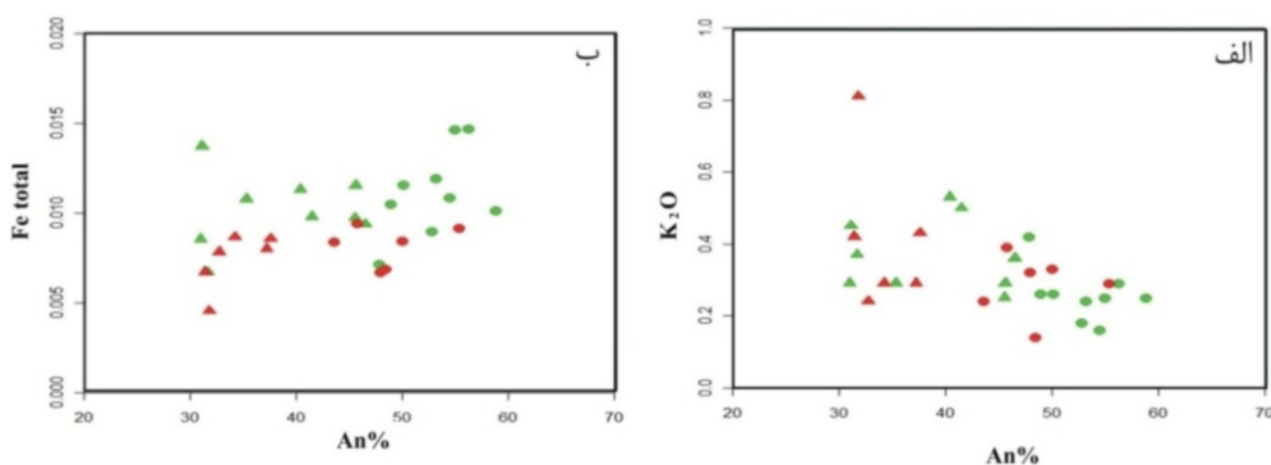
ترکیب آن $An_{47/65}$ است. مقدار K_2O از ۰/۱۸ تا ۱/۶۲ درصد وزنی تغییر می‌کند و مقدار متوسط درصد وزنی SiO_2 و Al_2O_3 به ترتیب ۵۶/۴۸ و ۲۷/۰۳ است (جدول ۳). ترکیب شیمیایی پلاژیوکلاز با منطقه‌بندی در نمونه میکروکوارتز دیوریتی از لبه به لبه بلور بررسی گردید که دیده شد که دارای منطقه‌بندی نوسانی است (شکل‌های ۶ و ۷ و ۸ الف)، ترکیب شیمیایی نقاط تجزیه شده از مرکز بلور و فواصل بین مرکز و لبه بلور در گستره اواسط آندزین تا اواسط لابرادوریت قرار می‌گیرند و ترکیب شیمیایی نقاط تجزیه شده از لبه بلور در اواخر الیگوکلاز تا اواسط آندزین هستند و فقط یک نقطه از لبه بلور در گستره‌ی اوایل لابرادوریت قرار می‌گیرد (شکل ۶ و شکل ۸ الف).

برعکس، مقدار عضو انتهایی آنورتیت در پلاژیوکلاز با منطقه‌بندی در نمونه تونالیتی از $An_{41/92}$ تا $An_{54/86}$ تغییر می‌کند و بیشتر محدود به $An_{40/44}$ تا $An_{50/12}$ بوده و میانگین ترکیب آن $An_{48/17}$ است. مقدار K_2O از ۰/۱۸ تا ۰/۴۶ درصد وزنی متغیر است. مقدار متوسط درصد وزنی SiO_2 و Al_2O_3 به ترتیب ۵۶/۳۰ و ۲۷/۴۵ است (جدول ۳). پلاژیوکلاز با منطقه‌بندی در نمونه تونالیتی، منطقه‌بندی نوسانی از لبه به لبه بلور، با ترکیب اواسط آندزین تا اوایل لابرادوریت را نشان می‌دهد (شکل ۷).

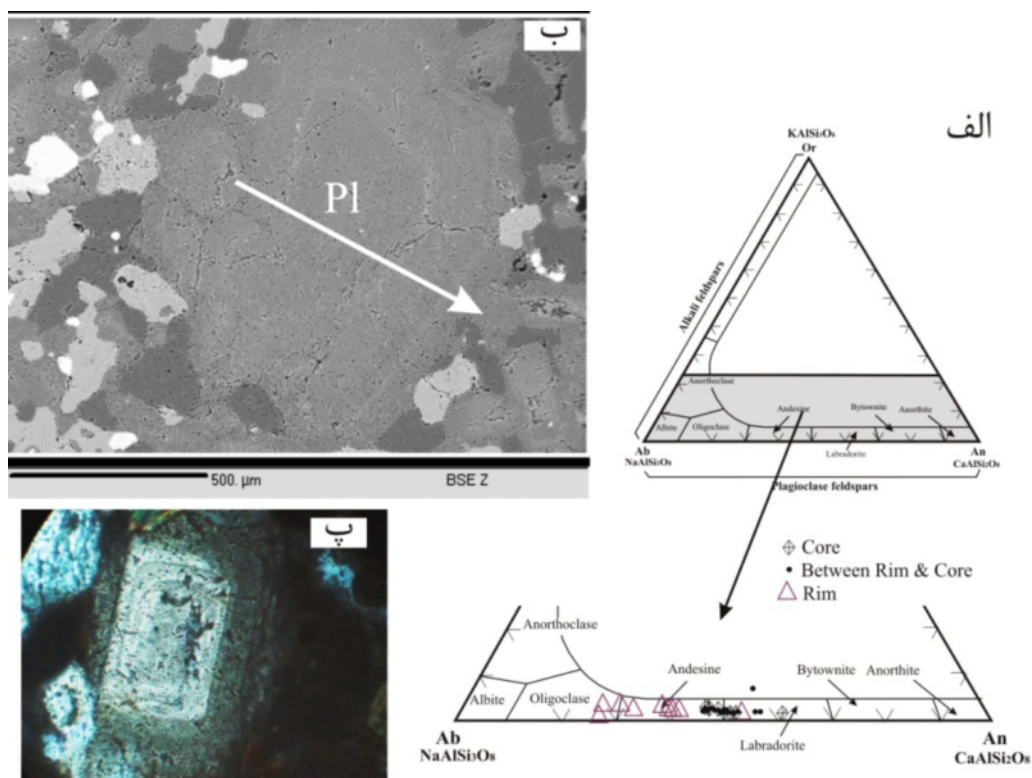
پرچاک و همکاران [۸] معتقدند که نبود میانبار از فازهای دیگر در بخش مرکزی بلورهای پلاژیوکلاز و روند خطی آنورتیت نسبت به K_2O نشان دهنده این است که پلاژیوکلاز فاز اصلی ماگماست. ویژگی‌های یاد شده در بلورهای پلاژیوکلاز مورد بررسی قابل مشاهده است (شکل ۵ الف). به نظر می‌رسد که مراکز غنی از آنورتیت در مراحل اولیه جدایش ایجاد و سپس با پلاژیوکلازهایی با درصد آنورتیت کمتر پوشیده شده‌اند، این فرآیند نتیجه کاهش دما در ماگماست. در حقیقت، ترکیب عناصر اصلی درشت بلورها تابع تغییرات ترکیب ماگما است، زیرا ترکیب ماگما و درشت بلورها از نظر ترمودینامیکی به هم وابسته هستند. بررسی‌های انجام شده بر پلاژیوکلازهای طبیعی نشان می‌دهد که مقدار آهن در پلاژیوکلازها با کاهش درصد آنورتیت آن کاهش می‌یابد [۲۸، ۲۷] که این ویژگی‌ها را می‌توان در پلاژیوکلازهای منطقه نیز مشاهده کرد (شکل ۵ ب).

شیمی پلاژیوکلازهای با منطقه‌بندی

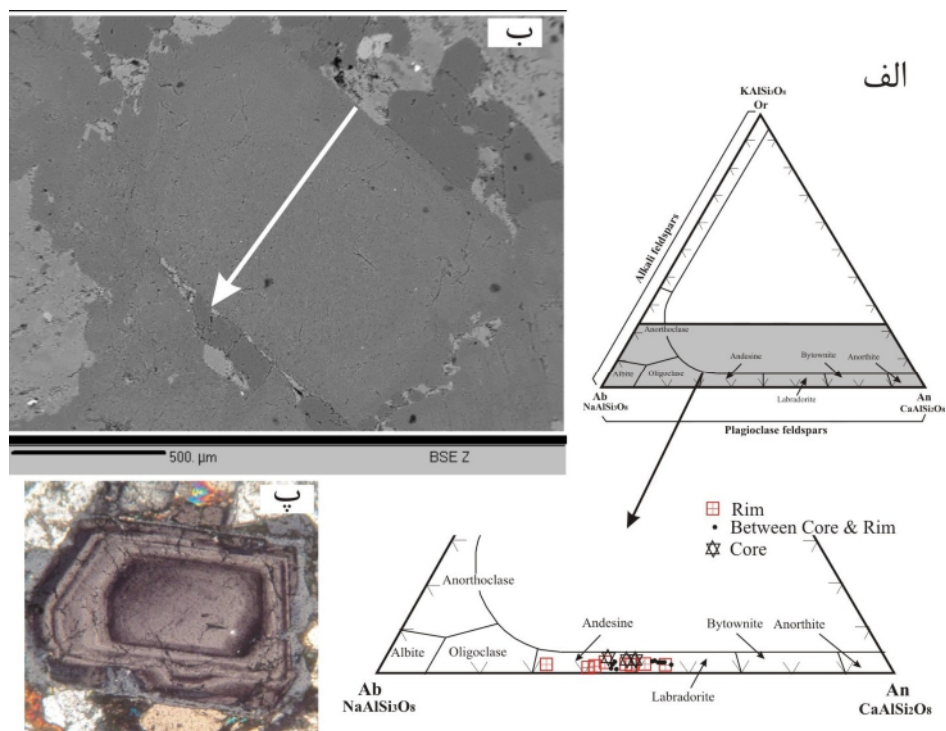
تجزیه ریزپردازشی برای ۳۰ نقطه از هر یک از بلورهای پلاژیوکلاز با منطقه‌بندی در نمونه‌های تونالیتی و میکروکوارتز دیوریتی انجام شد. نتایج به دست آمده به همراه فرمول ساختاری آن‌ها در جدول ۲ و ۳ ارائه شده است. مقدار عضو انتهایی آنورتیت در پلاژیوکلاز با منطقه‌بندی در نمونه میکروکوارتز دیوریتی از $An_{36/58}$ تا $An_{60/94}$ تغییر می‌کند، اما بیشتر در گستره $An_{41/32}$ تا $An_{52/17}$ بوده و متوسط



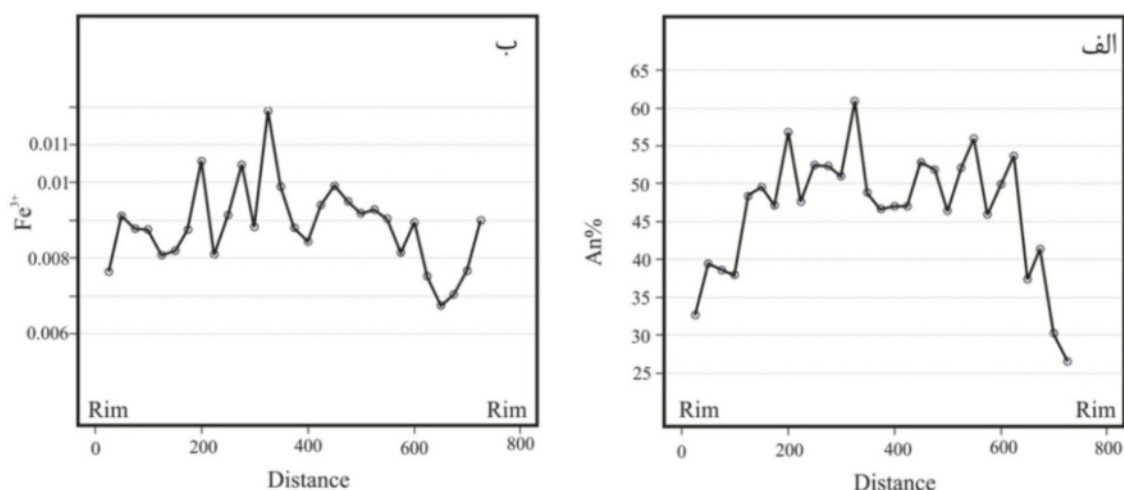
شکل ۵ الف) نمودار تغییرات An نسبت به K_2O موجود در پلاژیوکلازها که روند خطی آن نشان می‌دهد که پلاژیوکلاز فاز اصلی ماگماست. ب) تغییرات مقدار آهن کل در پلاژیوکلاز نسبت به مقدار An که مقدار آهن با افزایش درصد آنورتیت تا حدی افزایش می‌یابد (علائم دایره مربوط به مرکز بلورها و علائم مثلثی شکل مربوط به لبه بلورهاست، رنگ قرمز نشانگر تونالیت و رنگ سبز نشاندهنده کوارتز دیوریت است).



شکل ۶ الف) موقعیت نقاط تجزیه شده پلاژیوکلاز با منطقه‌بندی در نمونه میکروکوارتز دیوریتی در نمودار سه‌تایی فلدسپات‌ها، ب) تصویر الکترونی پس پراکنده (BSE): پیکان سفید رنگ در تصویر مسیر تجزیه نقطه‌ای جهت بررسی منطقه‌بندی را نشان می‌دهد و پ) تصویر میکروسکوپی پلاژیوکلاز با منطقه‌بندی در نمونه میکروکوارتز دیوریتی.



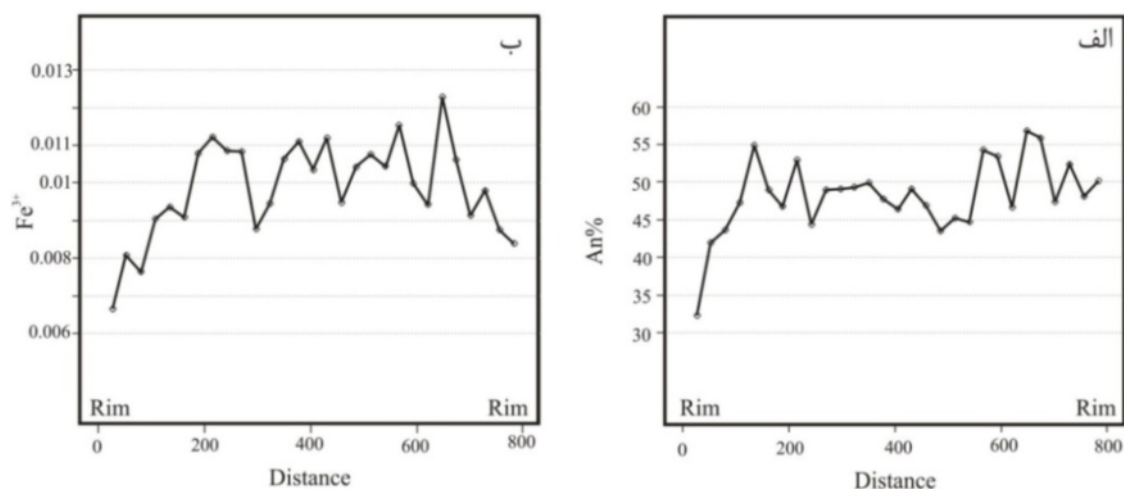
شکل ۷ الف) موقعیت نقاط تجزیه شده پلاژیوکلاز با منطقه‌بندی در نمونه تونالیتی در نمودار سه‌تایی فلدسپات‌ها، ب) تصویر BSE، پیکان سفید رنگ در تصویر مسیر تجزیه نقطه‌ای جهت بررسی منطقه‌بندی را نشان می‌دهد و پ) تصویر میکروسکوپی پلاژیوکلاز با منطقه‌بندی در نمونه تونالیتی.



شکل ۸ الف) الگوی تغییرات مقدار آنورتیت از لبه به لبه بلور پلاژیوکلاز نمونه میکروکوارتز دیوریتی و ب) الگوی تغییرات مقدار Fe^{3+} از لبه به لبه پلاژیوکلاز نمونه میکروکوارتز دیوریتی.

همخوانی دارند (شکل‌های ۹ الف و ب). الگوی منطقه‌بندی نوسانی پلاژیوکلاز نمونه میکروکوارتز دیوریتی در فاصله ۰ تا ۵۰ میکرومتری مرکز در طول بلور، تغییرات An_{46-61} را نشان می‌دهد، در حالی که برای نمونه تونالیتی در فاصله ۰ تا ۵۰ میکرومتری مرکز، دارای تغییرات An_{46-50} است. در نتیجه، دامنه تغییرات در نمونه میکروکوارتز دیوریتی بیشتر از نمونه تونالیتی است. همچنین طول و دامنه تغییرات در هر دو بلور پلاژیوکلاز نمونه میکروکوارتز دیوریتی و تونالیتی، در لبه بلور گسترش بیشتری نسبت به مرکز بلور دارد (شکل‌های ۸ الف و ۹ الف).

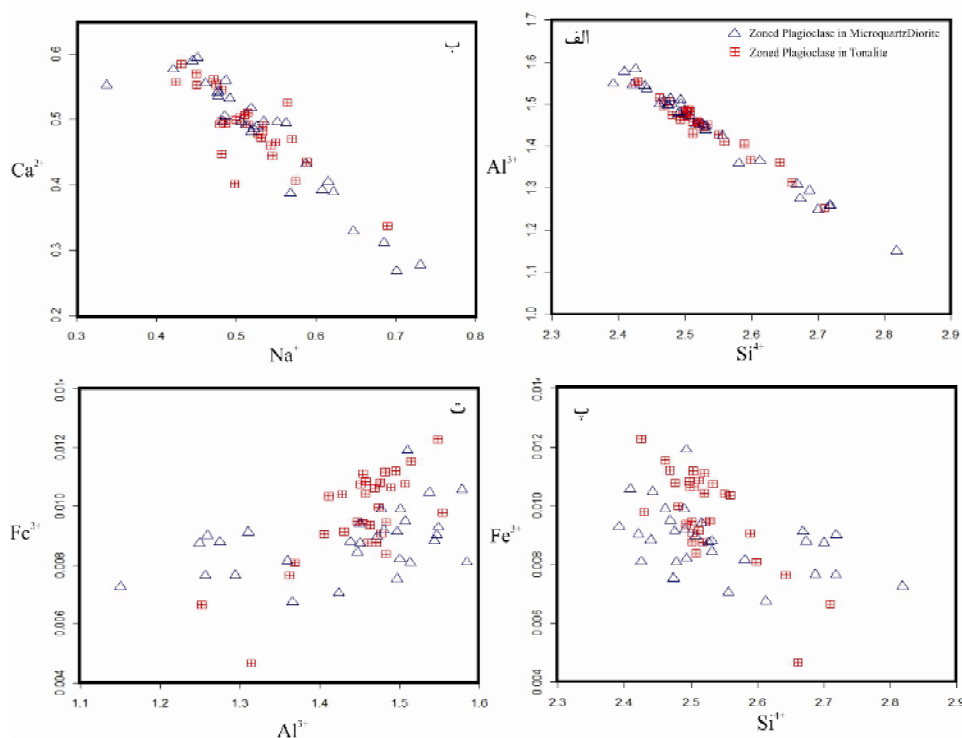
پلاژیوکلاز نمونه میکروکوارتز دیوریتی از مرکزی با ترکیب An_{48} تشکیل شده و از مرکز تا لبه بلور دارای ناهنجاری‌های متعددی در فواصل ۵۰، ۱۲۰، ۱۸۰ و ۲۵۰ میکرومتر از مرکز بلور است. ناهنجاری‌های نام برده مطابق با غنی‌شدگی Fe^{3+} در این فواصل است (شکل‌های ۸ الف و ب). پلاژیوکلاز نمونه تونالیتی از مرکزی با غنی‌شدگی Fe^{3+} در حدود ۵۰ درصد مولی تشکیل شده است و در فواصل حدود ۱۵۰ و ۲۵۰ میکرومتر از مرکز به سمت لبه بلور دو ناهنجاری مثبت در دو سمت مرکز بلور با آنورتیت حدود ۵۵ درصد مولی دیده می‌شود. این دو ناهنجاری با غنی‌شدگی Fe^{3+} در همین فواصل



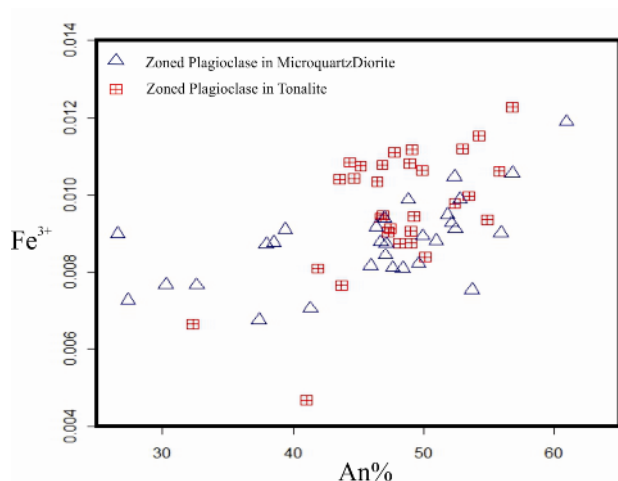
شکل ۹ الف) الگوی تغییرات مقدار آنورتیت از لبه به لبه بلور پلاژیوکلاز نمونه تونالیتی و ب) الگوی تغییرات مقدار Fe^{3+} از لبه به لبه پلاژیوکلاز نمونه تونالیتی.

پلاژیوکلاز است. به علت اختلاف شعاع بسیار کم Fe^{3+} و Al^{3+} تصور می‌شود که ممکن است Fe^{3+} به جای Al^{3+} در پلاژیوکلازها جانشین شود، اما روند مثبت Fe^{3+} نسبت به Al^{3+} (شکل ۱۰ ت) بیانگر این است که جانشینی Fe^{3+} به جای Al^{3+} بسیار کمتر از جانشینی Fe^{3+} به جای Si^{4+} است. Fe^{3+} روند مثبتی با افزایش درصد مولی آنورتیت پلاژیوکلازها نشان می‌دهد (شکل ۱۱).

ترکیب پلاژیوکلازهای با منطقه‌بندی مورد بررسی بر اساس فرآیندهای جانشینی $Si^{4+} \rightleftharpoons Al^{3+}$ ، $Na^{3+} \rightleftharpoons Ca^{3+}$ و $Fe^{3+} \rightleftharpoons Si^{4+}$ شکل گرفته است (شکل‌های ۱۰ الف، ب، پ). جانشینی Al^{3+} به جای Si^{4+} و Ca^{2+} به جای Na^{+} سبب تغییر ترکیب شیمیایی مذاب نزدیک سطح پلاژیوکلاز شده و منطقه‌بندی نوسانی در بلورهای پلاژیوکلاز را ایجاد کرده است. روند منفی Fe^{3+} نسبت به Si^{4+} (شکل ۱۰ پ) احتمالاً نشان‌دهنده جانشینی Fe^{3+} به جای Si^{4+} در بلورهای



شکل ۱۰ نمودارهای نشان دهنده فرآیندهای جانشینی در پلاژیوکلازهای با منطقه‌بندی در سنگ‌های میکروکوارتز دیوریتی و تونالیتی توده نفوذی راونج.



شکل ۱۱ نمودار تغییرات درصد مولی عضو انتهایی آنورتیت پلاژیوکلازهای با منطقه‌بندی نسبت به تغییرات آهن سه ظرفیتی.

بحث و بررسی

مدل‌های غیرخطی مختلف جهت توضیح منطقه‌بندی در پلاژیوکلازها ارائه شده است. منطقه‌بندی در پلاژیوکلازها توسط درصد مولی آنورتیت کنترل می‌شود [۱۲، ۱۵، ۲۰].

ترکیب کانی‌ها در تعادل با مذاب به عواملی چون فشار، دما، مقدار آب و ترکیب شیمیایی مذاب بستگی دارد. از این رو، با کمک منطقه‌بندی کانی‌ها می‌توان تا حدی شرایط تبلور بلور را بازسازی کرد [۱۰]. کاهش مقدار آنورتیت پلاژیوکلاز از مرکز به لبه با جدایش بلوری همخوانی دارد [۹] و این روند به طور کلی در پلاژیوکلازهای مورد بررسی دیده می‌شود؛ ولی مقدار آنورتیت پلاژیوکلازها در برخی نقاط دارای تغییرات مشخصی بوده و سبب ایجاد منطقه‌بندی نوسانی شده است. برخی از پژوهشگران، منطقه‌بندی نوسانی را نشانه تغییر جزئی ترکیب شیمیایی ماگما طی رشد بلور [۲۹] و به عنوان شواهدی از بارگزاری مجدد ماگمایی [۲۹، ۱۸] و منطقه‌بندی معکوس را نشانه عدم برقراری تعادل بین بلور با ماگما در اثر فرآیندهایی مانند بارگزاری مجدد ماگمایی و یا تغییر فشار بخار آب هنگام تبلور پلاژیوکلازها می‌دانند [۱۸]. به هر حال، وجود مقدار آنورتیت بیشتر در برخی نواحی را می‌توان نشانگر حضور ترکیبات مافیک‌تر و یا مقدار آب بیشتر در نظر گرفت [۹].

پژوهش‌ها نشان می‌دهد که مقدار آنورتیت توسط ترکیب مذاب، فشار، مقدار آب و دما کنترل می‌شود [۱۹، ۱۴]. جهت بررسی هر یک از این موارد، نخست باید شرایط تعادل و یا عدم تعادل را هنگام منطقه‌بندی پلاژیوکلاز بررسی کرد. الگوی نوسانی یکسان در بلورهای مختلف پلاژیوکلاز در کنار وجود فراوانی یکسان عناصر اصلی و فرعی دو بلور مختلف بیانگر تشکیل پلاژیوکلازهای مورد بررسی در شرایط نزدیک به تعادل است [۱۱]. در شرایط نزدیک به تعادل، تغییرات اندک دما و یا مقدار آب تغییرات قابل توجهی در ترکیب پلاژیوکلاز ایجاد نمی‌کند [۱۷].

تأثیر فشار بر الگوی منطقه‌بندی در بررسی‌های تجربی به اثبات رسیده است [۱۶]. این پژوهش‌ها نشان می‌دهد که تغییرات ۲ تا ۴ مول درصد در مقدار آنورتیت با تغییر فشار ۲ تا ۴ کیلو بار همخوانی دارد. همچنین تغییرات فشار کمتر از ۲ کیلو بار نمی‌تواند بیش از ۵ درصد بر مقدار آنورتیت پلاژیوکلاز تأثیر داشته باشد [۸]. تغییرات دمایی تأثیر بیشتری در مقایسه با تغییرات فشار بر ترکیب پلاژیوکلاز دارد [۱۳]. با این حال این تغییرات دمایی نیز نمی‌تواند مقدار بالای تغییرات درصد آنورتیت در پلاژیوکلازهای مورد بررسی را توجیه کند.

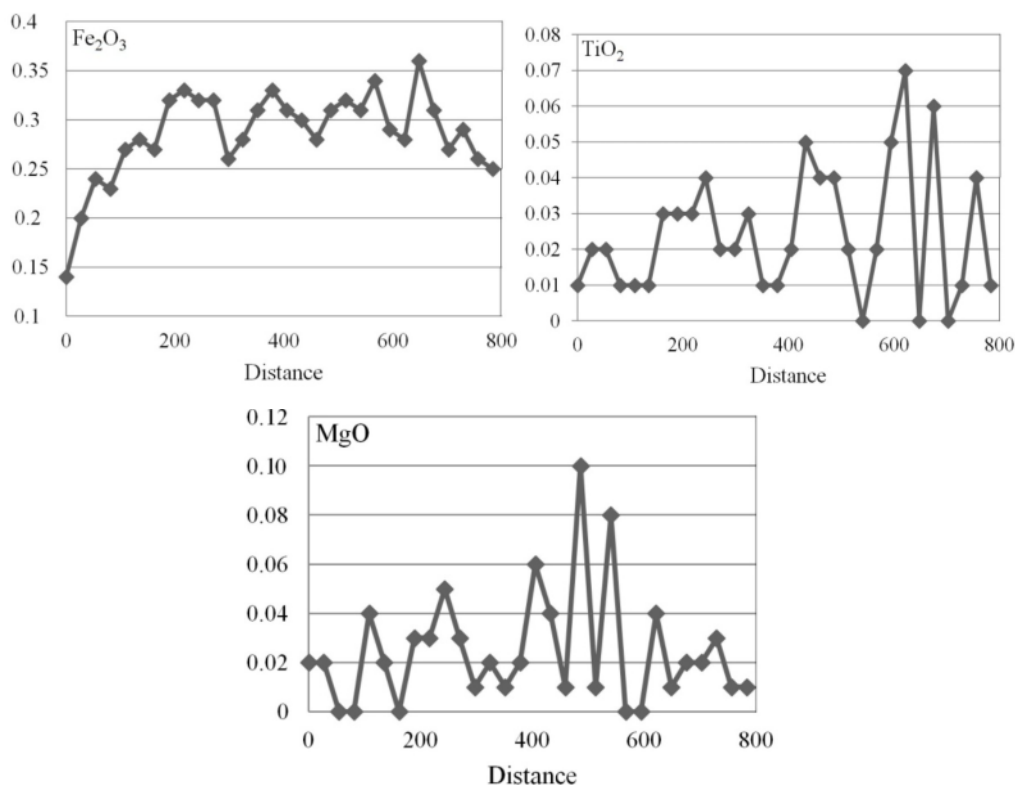
ریختار و الگوی منطقه‌بندی پلاژیوکلاز ممکن است برآمده از بارگذاری متوالی مذاب مافیک‌تر برگرفته از گوشته در مخزن ماگمایی فلسیکی باشد [۳۰]. مدل تزریق متوالی ماگمای مافیک‌تر و جدایش توسط ساختارهای توده نفوذی منطقه تایید می‌شود، به طوری که نوسانات درصد مولی آنورتیت در پلاژیوکلاز کوارتز دیوریتی مشخص‌تر از پلاژیوکلاز تونالیتی است (شکل‌های ۸ و ۹)، این مشاهدات بیان می‌کند که بارگزاری متوالی ماگمایی تأثیر بیشتری در بخش درونی آن (سنگ‌های کوارتز دیوریتی) نسبت به بخش بیرونی توده (سنگ‌های تونالیتی) داشته است. بررسی شیمی سنگ‌کل توده‌های کوارتز دیوریتی و تونالیتی نیز تاییدی بر تأثیر تزریق‌های متوالی ماگمای مافیک‌تر در مخزن ماگمایی توده نفوذی فلسیک است، اما تأثیر بارگزاری‌های متوالی در حدی نبوده است که بتواند ترکیب شیمیایی کل مخزن ماگمایی را تغییر دهد و فقط باعث تغییر در عناصر فرعی شیمی سنگ‌کل توده‌ها شده است [۳۱]. نمودارهای شکل ۱۰ نشان می‌دهند که جانشینی‌ها در بخش بیرونی و درونی توده یکسان است. این شواهد نشان می‌دهد که تعادل دمایی هنگام تبلور ماگما ایجاد شده است و بارگزاری‌های متوالی مخزن ماگمایی در حدی نبوده است که مانع تعادل دمایی ماگما شود [۳۰].

در سیستم‌های دوتایی شبیه به پلاژیوکلاز، عناصر اصلی برای تشخیص پارامترهای متعددی که ترکیب کانی‌ها را کنترل می‌کنند کافی نیستند، به همین دلیل توجه به فراوانی عناصری که در پلاژیوکلازها کمیاب هستند مانند Fe، Mg و Ti می‌تواند در درک شرایط تبلور پلاژیوکلازها موثر باشند. تغییرات دما، فشار و مقدار آب می‌تواند بر مقدار آنورتیت پلاژیوکلازها تأثیر داشته باشد، ولی تغییرات چندانی در مقدار Fe، Mg و Ti بلور ایجاد نمی‌کنند، در حالی که تغییر ترکیب شیمیایی ماگما تأثیر بسیاری بر فراوانی عناصر نامبرده دارد [۱۰].

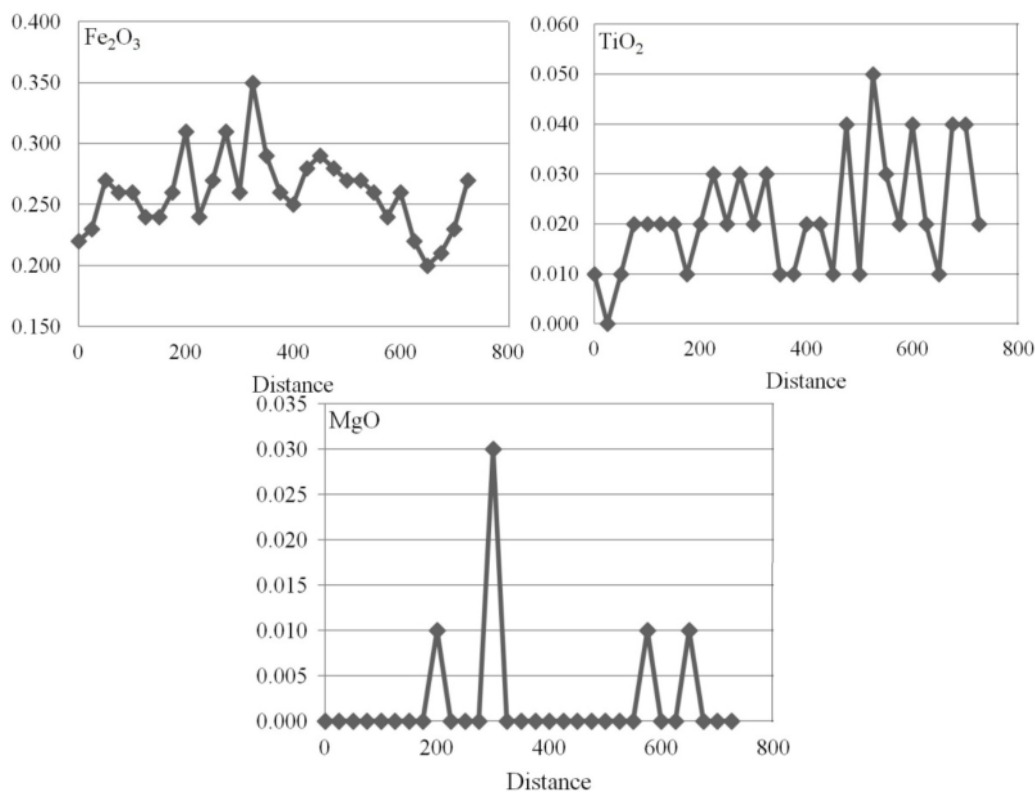
تغییرات نوسانی مقدار Fe، Mg و Ti از مرکز به لبه پلاژیوکلازها نشانگر تغییر ترکیب شیمیایی ماگماست [۲۴، ۲۲]. تغییرات ناگهانی اکسیدهای Fe، Mg و Ti (بر حسب درصد وزنی) از لبه به لبه (شکل‌های ۱۲ و ۱۳) با افزایش مقدار آنورتیت پلاژیوکلازهای منطقه همراه است؛ این روند نشان‌دهنده تغییر فراوانی عناصر کمیاب در مذاب در تعادل با بلورها و بیانگر هجوم ماگمای مافیک به درون اتاق ماگمایی است [۱۹].

منفی بین این دو مقدار در اثر فرآیند جدایش ماگمایی ایجاد می شود [۲۳].

روند صعودی مقدار Fe^{+3} نسبت به An (شکل ۱۱) بیانگر آمیختگی شیمیایی در ماگماست [۲۱]، در صورتی که روند



شکل ۱۲ نمودار تغییرات مقدار اکسیدهای Fe, Mg و Ti در پلاژیوکلازهای نمونه توانلیتی.



شکل ۱۳ نمودار تغییرات مقدار اکسیدهای Fe, Mg و Ti در پلاژیوکلازهای نمونه کوارتز دیوریتی.

برداشت

در منطقه راونج، با بررسی سنگ نگاری و شیمی کانی پلاژیوکلاز در توده‌های میکروکوارتزیدیوریتی، کوارتزیدیوریتی و تونالیتی می‌توان نتایج زیر را در مورد روند تبلور ماگمایی منطقه بیان کرد:

۱- درصد مولی آنورتیت بلور پلاژیوکلازهای دارای منطقه‌بندی به طور کلی از مرکز به لبه روند کاهشی را نشان می‌دهد که نشان دهنده تاثیر فرآیند تبلور جدایشی است.

۲- بلور پلاژیوکلازها دارای منطقه‌بندی نوسانی بوده که احتمالاً بر اثر بارگزاری متوالی و تزریق مذاب مافیک‌تر به درون اتاق ماگمایی فلسیک در حال تبلور رخ داده است که باعث ایجاد تغییرات مقدار آنورتیت در ساختار پلاژیوکلازها شده است.

۳- ترکیب پلاژیوکلازها دارای منطقه‌بندی توسط جانشینی‌های مهمی شکل گرفته است که نشان دهنده وجود تعادل گرمایی طی تبلور ماگما است.

۴- بارگزاری متوالی در اثر تزریق ماگمای مافیک‌تر به درون اتاق ماگمایی فلسیک یک فرآیند ماگمایی متداول طی تبلور توده نفوذی بوده است که در چندین مرحله رخ داده و باعث ایجاد تغییرات در ترکیب شیمیایی پلاژیوکلازها شده است.

۵- توده نفوذی راونج بخشی از فاز فعالیت ماگمایی میوسن کمان ماگمایی ارومیه دختر بوده که در اثر فروارانش نفوتتیس به زیر صفحه ایران مرکزی شکل گرفته است و احتمالاً فرآیندهای تبلور جدایشی و بارگزاری متوالی ماگمایی نقش مهمی را در تکامل توده نفوذی راونج داشته است.

مراجع

- [1] Ahmadi A., Firouzkouhi Z., Moridi Farimani, A.A., Richard Ientz D.R., "Geochemical and textural characteristics of plagioclase as evidence for open-system processes: Case study from Bazman volcano (SE Iran)", Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy 25 (2017) 367-380.
- [2] Molaei Yeganeh T., Torkian A., Sepahi A.A., "Source and geothermobarometry of the gabbrodioritic intrusive body, (S-Qorveh-Kurdistan); with emphasis on minerals chemistry", Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy 25 (2017) 153-166.
- [3] Ghodsi M.R., Boomeri M., "Petrography, mineralogy and mineral chemistry of Bazman intrusive rocks, SE Iran", Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy 25 (2017) 393-410.
- [4] Mohammadi S.S., Bayani R., Nakhaei M., Chung S.L., Zarrinkoub M.H., "Petrography, mineral chemistry, geochemistry and tectonic setting of Tertiary volcanic rocks in Shoushk area (east of Sarbisheh), Southern Khorasan", Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy 25 (2017) 167-186.
- [5] Niktabar S.M., Moradian A., Ahmadipour H., "The study of mineralogy and geochemistry of Lalezar Granitoid (Bardsir-Kerman)", Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy 23 (2016) 803-818.
- [6] Kahl M., Chakraborty S., Pompilio M., Costa F., "Constraints on the Nature and Evolution of the Magma Plumbing System of Mt. Etna Volcano (1991–2008) from a Combined Thermodynamic and Kinetic Modelling of the Compositional Record of Minerals", Journal of Petrology 56 (2015) 2025-2068.
- [7] Viccaro M., Calcagno R., Garozzo I., "Continuous magma recharge at Mt. Etna during the 2011–2013 period controls the style of volcanic activity and compositions of erupted lavas", Mineralogy and Petrology 109 (2015) 67-83.
- [8] Pietranik A., Koepke J., Puziewicz J., "Crystallization and resorption in plutonic plagioclase: Implications on the evolution of granodiorite magma (Gesiniec granodiorite, Strzelin Crystalline Massif, SW Poland)", Lithos 86 (2006) 260-280.
- [9] Ginibre C., Kronz A., Wörner G., "Highresolution quantitative imaging of plagioclase composition using accumulated back scattered electron images: new constraints on oscillatory zoning", Contributions to Mineralogy and Petrology 142 (2002) 436-448.
- [10] Ginibre C., Wörner G., Kronz A., "Crystal Zoning as an Archive for Magma Evolution", Mineralogical Society of America 3(4) (2007) 261-266.
- [11] Brophy J.G., Dorais M.J., Donnelly-Nolan J., Singer B.S., "Plagioclase zonation styles in hornblende gabbro inclusions from Little Glass Mountain, Medicine Lake volcano, California: implications for fractionation mechanisms and the formation of composition gaps", Contributions to Mineralogy and Petrology 126 (1996) 121-136.
- [12] Hattori K., Sato H., "Magma evolution recorded in plagioclase zoning in 1991 Pinatubo

- [22] Barbarin B., "Granitoids: main petrogenetic classifications in relation to origin and tectonic setting", *Geological Journal* 25 (1990) 227-238.
- [23] Tegner C., "Iron in plagioclase as a monitor of the differentiation of the Skaergaard intrusion" *Contributions to Mineralogy and Petrology* 128 (1997) 45-51.
- [24] Müller A., Breiter K., Seltmann R., Pécskay Z., "Quartz and feldspar zoning in the eastern Erzgebirge volcano-plutonic complex (Germany, Czech Republic): evidence of multiple magma mixing", *Lithos* 80 (2005) 201-227.
- [25] Ghalamghash J., Babakhani A.R., "Geological map of the Kahak Sheet, scale 1:100000", Iran Geological Survey and Mineral Exploration country, Tehran (1993).
- [26] Deer W.A., Howie R.A., Zussman J., "An Introduction to the Rock Forming Minerals", 17th, Longman Ltd (1991) 528 p.
- [27] Smith J.V., "Phase equilibria of plagioclase, In: Ribbe PH (ed) *Feldspar mineralogy*", 2nd edn, Mineralogical Society of America, Washington DC Reviews in Mineralogy 2 (1983) 223-239.
- [28] Smith J.V., Brown W.L., "Feldspar minerals, Crystal structures, physical, chemical and microtextural properties, Springer", Berlin Heidelberg New York (1988) 828.
- [29] Vernon R.H., Johnson S.E., Melis E.A., "Emplacement-related microstructures in the margin of a deformed pluton: the San Jose' tonalite, Baja California, Me'xico", *Journal of Structural Geology* 26 (2004) 1867-1884.
- [30] Karsli O., Aydın F., Sadıklar M.B., "Magma interaction recorded in plagioclase zoning in granitoid systems, Zigana Granitoid, eastern Pontides, Turkey", *Turkish Journal of Earth Sciences* 13 (2004) 287-305.
- [31] Khademiparsa M., "Petrology of ore forming intrusive and subvolcanic bodies and their related aureoles in NE Delijan (Urmia-Dokhtar Zone)", PhD thesis in petrology, Shahid Beheshti University (2017). 413pp (in Persian).
- eruption products", *American Mineralogist* 81 (1996) 982-994.
- [13] Housh T.B., Luhr J.F., "Plagioclase-melt equilibria in hydrous systems", *American Mineralogist* 76 (1991) 477-492.
- [14] Blundy J.D., Wood B.J., "Crystal-chemical controls on the partitioning of Sr and Ba between plagioclase feldspar, silicate melts, and hydrothermal solutions", *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 55 (1991) 193-209.
- [15] L'heureux I., Fowler A.D., "A nonlinear dynamical model of oscillatory zoning in plagioclase", *American Mineralogist* 79 (1994) 885-891.
- [16] Longhi J., Fram M.S., Vander Auwera J., Montie J.N., "Pressure effects, kinetics, and rheology of anorthositic and related magmas", *American Mineralogist* 78 (1993) 1016-1030.
- [17] Loomis T.P., Welber P.W., "Crystallization processes in the Rocky Hill Granodiorite Pluton, California: An interpretation based on compositional zoning of plagioclase", *Contributions to Mineralogy and Petrology* 81 (1982) 230-239.
- [18] Waight T.E., Maas R., Nicholls I.A., "Fingerprinting feldspar phenocrysts using crystal isotopic composition stratigraphy: implications for crystal transfer and magma mingling in S-type granites", *Contributions to Mineralogy and Petrology* 139 (2000) 227-39.
- [19] Smith V.C., Blundy J.D., Arce J.L., "A temporal record of magma accumulation and evolution beneath Nevado de Toluca, Mexico, preserved in plagioclase phenocrysts", *Journal of Petrology* 50 (2009) 405-426.
- [20] Yoder H.S., Stewart D.B., Smith J.R., "Ternary feldspar", *Carnegie Institution of Washington Year Book* 56 (1957) 206-214.
- [21] Ruprecht P., Worner G., "Variable regimes in magma systems documented in plagioclase zoning patterns: El Misti stratovolcano and Andahua monogenetic cones", *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 165 (2007) 142-162.