



## شیمی کانی گابروهای همسانگرد افیولیت کرمانشاه، شواهدی بر خاستگاه زمین‌ساختی

فرهاد آلیانی، زینب دارایی‌زاده\*

گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان

(دریافت مقاله: ۹۶/۶/۷، نسخه نهایی: ۹۶/۱۰/۱۳)

**چکیده:** گابروهای همسانگرد افیولیت کرمانشاه شامل طیفی از گابرو، الیوین گابرو، گابرو نوریت، الیوین گابرو نوریت و تروکتولیت هستند که بیشتر متوسط بلور هستند و از کلینوپیروکسن، پلاژیوکلاز، ارتوپیروکسن، الیوین و به مقادیر کم آمفیبول تشکیل شده‌اند. کلینوپیروکسن‌ها با ترکیب اوژیت - دیوپسید ( $En_{(45/79-50/91)}$ ،  $Fs_{(3/638-7/409)}$  و  $Wo_{(43/81-48/47)}$ ) غنی از کلسیم و فقیر از سدیم ( $Na_2O$  کمتر از ۰/۵۴ درصد وزنی)، با مقدار نسبتاً بالای  $Mg^{\#}$  (۸۵/۶۲ تا ۸۹/۳۵) و اندک  $Ti$  ( $TiO_2$  کمتر از ۰/۲۸ درصد وزنی) مشخص می‌شوند. پلاژیوکلازها بیشتر از نوع بیتونیتی هستند و ترکیب آنها از آنورتیت غنی است ( $An_{(70/51-90/15)}$ ،  $Ab_{(9/62-29/02)}$  و  $Or_{(0/00-0/63)}$ ). مؤلفه فورستریتی الیوین‌ها در گستره ۸۴/۸۲-۸۰/۰۷ تغییر می‌کند. اغلب ارتوپیروکسن‌ها ترکیب انستاتیتی دارند و گستره ترکیبی آنها ( $En_{(78/27-84/94)}$ ،  $Fs_{(13/0-20/07)}$  و  $Wo_{(1/3-43/36)}$ ) است. آمفیبول‌ها از منیزیم غنی هستند (ترمولیت، اکتینولیت و منیزیهورنبلند) و  $Mg^{\#}$  آنها در گستره ۶۴/۳۵ تا ۸۴/۸۶ تغییر می‌کند. وجود الیوین‌ها و پیروکسن‌های با منیزیم بالا، پلاژیوکلازهای کلسیک و نیز وجود کانی آمفیبول در گابروها نشان دهنده تشکیل آنها در محیط زمین‌ساختی مربوط به فروران‌ش است. نمودارهای تعیین خاستگاه زمین‌ساختی کلینوپیروکسن‌ها، ویژگی‌های شاخص جزایر کمائی خاستگاه ماگما را نشان می‌دهند. براساس نتایج، افیولیت کرمانشاه در محیط پهنه ابرفروان‌شی در شاخه جنوبی نفوتتیس تشکیل شده است.

**واژه‌های کلیدی:** افیولیت کرمانشاه؛ گابروهای همسانگرد؛ شیمی کانی؛ پهنه ابرفروان‌شی.

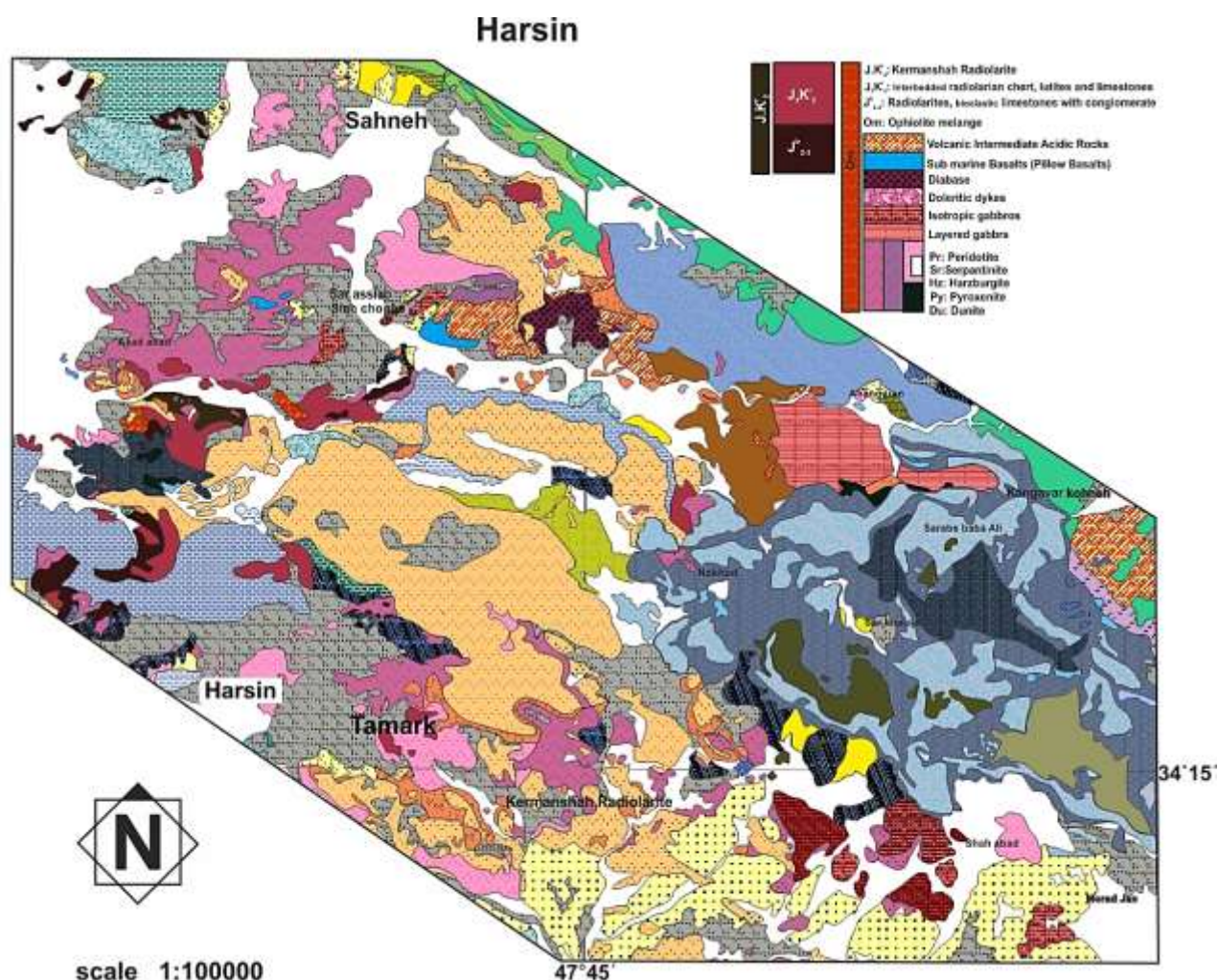
### مقدمه

افیولیت کرمانشاه (صحنه - هرسین) در پهنه زمین‌ساختی - ساختاری غرب ایران، در زمین‌درز زاگرس قرار گرفته است و از افیولیت‌های کمربند خارجی زاگرس (ZOB) محسوب می‌شود [۱]. این مجموعه افیولیتی انواع مختلفی از سنگ‌ها را در بر می‌گیرد: پریدوتیت‌ها (فرامافیک‌های دارای بافت تکتونیت سنگی و نیز انواعی که دارای بافت انباشتی هستند)، توالی گابروبی (گابروهای پگماتوئیدی، گابروهای آمفیبول‌دار، لوکوگابروها، متاگابروهای لایه‌ای و میلونیتی، گابروهای همسانگرد و تروکتولیت‌ها)، ورلیت‌ها، دایک‌های صفحه‌ای، پیلولاواها، بازالت‌های اسپیلیتی، سنگ‌های آذرین حدواسط که به طور دگرشیب توسط نهشته‌های رسوبی - تخریبی و نیز

کربنات‌های بیستون پوشانده شده‌اند. نقشه زمین‌شناسی ساده - ای از منطقه مورد بررسی (برگرفته از مرجع [۲]) در شکل ۱ آمده است.

بررسی سنگ‌های تشکیل‌دهنده توالی افیولیتی از اهمیت بسیاری در تعیین جایگاه زمین‌ساختی ماگمایی و نیز بررسی دگرگونی‌های حوضه اقیانوسی برخوردار است. گابروهای انباشتی (لایه‌ای) و نیز انواع همسانگرد از سنگ‌های تشکیل دهنده توالی مافیک بسیاری از توالی‌های افیولیتی هستند [۳-۷]. گابروهای همسانگرد در بالای توالی انباشتی قرار دارد که معمولاً به صورت توده‌ای غیرانباشتی، بدون برگوارگی و لایه - بندی هستند [۸]. گابروهای لایه‌ای و همسانگرد، از نظر کانی - شناسی و زمین‌شیمی عناصر اصلی بسیار شبیه هستند و تنها

\*نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۸۳۰۹۷۳۰۰، نامبر: ۰۸۱۳۸۳۸۱۴۶۰، پست الکترونیکی: zeinab.daraee@gmail.com



شکل ۱ نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ هرسین (برگرفته از مرجع [۲] با اندکی تغییرات).

از نظر فراوانی عناصر کمیاب ناسازگار تفاوت دارند [۹]. گابروهای لایه‌ای دارای مقادیر پایین‌تر  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  و عناصر کمیاب ناسازگار هستند. افیولیت کرمانشاه دارای هر دو نوع گابروهای لایه‌ای و همسانگرد است. شیمی کانی گابروهای همسانگرد نقش مهمی در درک تاریخچه زمین‌ساختی مجموعه‌های افیولیتی دارد. در این پژوهش، با توجه به نتایج برآمده از شیمی کانی گابروهای همسانگرد افیولیت کرمانشاه، ویژگی‌های سنگ‌شناسی، خاستگاه و نیز خاستگاه زمین‌ساختی این سنگ‌ها تعیین می‌شود.

#### روابط صحرایی سنگ‌های مافیک

در جنوب شهر صحنه در همسایگی فرامافیک‌ها، مجموعه متنوعی از گابروها قرار دارد. گابروها فراوان‌ترین توده‌های مافیک در این ناحیه هستند [۱۰]؛ توده‌های گابرویی گاه به-

صورت توالی‌های کم ارتفاع و کشیده و گاه به صورت ارتفاعات بلند حدود ۵۰۰ تا ۷۰۰ متر در ناحیه رخنمون دارند. کشیدگی کلی این توالی در ناحیه صحنه به صورت شرقی - غربی با تمایل به شمال غرب - جنوب شرق است و به طور کلی از روند ارتفاعات زاگرس (کوه بیستون) پیروی می‌کند. ضخیم‌ترین توالی گابرویی صحنه، مربوط به حد فاصل بین روستای سیاه-چقا و روستای علی‌آباد گروس است. رنگ این سنگ‌ها در نمونه‌های دستی سیاه و خاکستری است و در نمونه‌های دگرسان شده به رنگ سبز تیره دیده می‌شوند. بیشترین دگرسانی در گابروهای شمال روستای علی‌آباد گروس دیده می‌شود. توالی گابرویی ناحیه صحنه از ساخت‌های متفاوتی برخوردارند: نخست گابروهای انباشتی قرار دارند که رخنمون آنها پس از روستای سراسیابان شروع می‌شود و تا پس از

شناسی، ۱۶ نمونه از گابروها انتخاب و ترکیب شیمیایی کانی-های تشکیل دهنده آنها (پلاژیوکلاز، پیروکسن، آمفیبول و الیون) بر مقاطع نازک صیقلی به روش ریزپردازش الکترونی در ۱۵۰ نقطه، در آزمایشگاه زمین‌شیمی مؤسسه زمین‌شناسی و کانی‌شناسی سوبولف (نئوسپیترسک) شاخه سبیری انجمن علوم زمین روسیه توسط دستگاه ریزکاو الکترونی مدل JEOL JXA-8100 با ولتاژ شتاب‌دهنده 20 kV و شدت جریان 200 nA تعیین شد. نتایج به دست آمده در جدول‌های ۴-۱ ارائه گردیده است. بررسی و پردازش داده‌ها با استفاده از نرم-افزارهای GCDKit، Icpet و Minpet انجام شده است.

### سنگ‌نگاری

گابروهای همسانگرد مورد بررسی شامل طیفی از گابرو، الیون گابرو، گابرو نوریت، الیون گابرو نوریت و تروکتولیت هستند که در ادامه توضیح داده می‌شود.

**گابروها:** بافت دانه‌ای، پوئی کیلیتیک نشان می‌دهند (شکل ۲)، ترکیب کانی‌شناسی آنها عبارت است از: پلاژیوکلاز (۶۵ تا ۷۰ درصد)، کلینوپیروکسن (۲۰ تا ۲۵ درصد)، ارتوپیروکسن (۴ تا ۵ درصد)، الیون (۱ تا ۲ درصد) و آمفیبول (۱ تا ۲ درصد). کروم‌اسپینل کانی فرعی و کانی‌های رسی، زوئیت، کلریت و مگنتیت کانی‌های ثانویه این سنگ‌ها هستند.

پلاژیوکلازها به صورت بلورهای شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار هستند و تا اندازه‌ای به سرسیت دگرسان شده‌اند. پلاژیوکلاز گاهی در کلینوپیروکسن به صورت میانبار وجود دارد (شکل‌های ۲ پ و ت). حضور بلورهایی از پلاژیوکلاز درون پیروکسن یا برعکس، به ویژه در گابروها، بیانگر همزمانی تبلور این دو فاز کانیایی است.

از ویژگی‌های پلاژیوکلازها می‌توان به خمیدگی سطوح ماکل و ایجاد کینک‌باند اشاره کرد (شکل ۲ ث) که بر دگرشکلی پلاستیک دلالت دارد. همچنین عدم وجود منطقه-بندی در پلاژیوکلازها نشان از تبلور تعادلی آنها دارد. کلینوپیروکسن‌ها به صورت شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار دیده می‌شوند و با توجه به ویژگی‌های نوری از نوع اوژیت هستند و معمولاً به ترمولیت، اکتینولیت و مگنتیت دگرسان شده‌اند. این جانشینی‌های کلینوپیروکسن، از کناره بلورهای اوژیت شروع شده و تا مرکز بلور گسترش یافته است (شکل ۲ ج).

روستای سیاه چقا و اطراف روستای علی‌آباد گروس ادامه دارد. گذر از سنگ‌های فرامافیک گوشته‌ای به سنگ‌های بازی پوسته‌ای با الیون‌گابرو و تروکتولیت دنبال شده است. تروکتولیت‌ها در شمال شرق روستای سیاه‌چقا و نیز در روستای ارگنه بالا از گسترش نسبتاً خوبی برخوردارند. تروکتولیت‌ها توسط لایه‌ای با ضخامت کم حدود ۴۰ متر شامل دونیت، هارزبورژیت و پیروکسنیت تالکی شده از هارزبورژیت‌های زمین‌ساختی مجزا می‌شوند و در بعضی از قسمت‌ها به طور مستقیم و با برخورد گسله بر هارزبورژیت‌ها قرار می‌گیرند. سنگ‌های همراه این واحد، پیروکسن‌گابروها و گابروهای الیون‌دار هستند که توسط عملکرد گسل‌های روراندگی خرد شده و با هم آمیخته‌اند.

علاوه بر گابروهای نام برده، گابروهای پگماتوئیدی نیز در منطقه وجود دارند که در صحنه گسترش محدودی دارند. همچنین در شمال‌شرق هرسین (در نزدیکی توده‌های سرپانتینی) و نیز در اطراف نورآباد (شهرستان دلفان، استان لرستان) رخنمونی از این گابروها دیده می‌شود. در این گابروها، درشت‌بلورهای کلینوپیروکسن به اندازه ۵-۴ میلی‌متری توسط پلاژیوکلازها احاطه شده یا به صورت میانبار در این بلورها قرار گرفته‌اند. گابروهای پگماتوئیدی قسمت زیرین توالی مافیک را تشکیل می‌دهند؛ به سمت بالای توالی، به تدریج اندازه و ابعاد بلورها ریزتر شده و گابروهای همسانگرد جای گابروهای پگماتوئیدی را می‌گیرند. پس از روستای گروس، به سمت شرق ناحیه، گابروها به تدریج جهت‌یافته شده و با گنیسوزیته در نمونه‌های دستی مشخص می‌شوند. سرانجام پس از روستای شوه به واسطه تأثیر روراندگی، گابروهای همسانگرد به تدریج به گابروهای میلونیتی تبدیل می‌شوند. البته چندین توده از گابروهای همسانگرد متعلق به افیولیت کرمانشاه در اطراف نورآباد و نیز در جاده نورآباد - هرسین به صورت تپه‌های منفرد رخنمون یافته‌اند، و به‌وضوح گابروهای همسانگرد در این منطقه گسترش بسیار بیشتری را به خود اختصاص داده‌اند.

### روش کار

مرحله نخست شامل جمع‌آوری نمونه‌های متعدد از انواع گابروهای موجود در توالی افیولیتی مورد نظر، تهیه مقاطع نازک از سنگ‌ها و بررسی‌های میکروسکوپی برای سنگ‌شناسی و سنگ‌نگاری آن‌هاست. با توجه به تفکیک صحرایی و سنگ-

جدول ۱ شیمی کانی پیروکسن در گابروهای همسانگرد افیولیت کرمانشاه و فرمول ساختاری بر مبنای ۶ اتم اکسیژن.

| نوع سنگ                        | گابروهای همسانگرد |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|--------------------------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| شماره نمونه                    | N44.15            | N44.18 | N5.33  | N5.34  | N7.108 | N7.110 | N8.92  | N8.106 | N21.25 | N21.26 | S16.35 | S16.39 | N61.6  | N61.9  | N61.10 | N67.2  |
| کانی                           | Cpx               | Cpx    | Cpx    | Cpx    | Cpx    | Cpx    | Cpx    | Cpx    | Cpx    | Cpx    | Cpx    | Cpx    | Opx    | Opx    | Opx    | Opx    |
| SiO <sub>2</sub>               | ۵۲.۵۸۰            | ۵۲.۵۶۳ | ۵۲.۶۷۸ | ۵۲.۴۵۴ | ۵۲.۳۶۴ | ۵۲.۳۶۴ | ۵۲.۷۵۷ | ۵۲.۱۹۸ | ۵۳.۴۰۶ | ۵۲.۲۲۳ | ۵۲.۲۹۳ | ۵۲.۸۸۷ | ۵۵.۳۵۷ | ۵۵.۷۰۰ | ۵۴.۶۰۰ | ۵۵.۰۵۰ |
| TiO <sub>2</sub>               | ۰.۴۸۸             | ۰.۴۸۱  | ۰.۴۴۳  | ۰.۵۰۲  | ۰.۲۹۲  | ۰.۳۸۴  | ۰.۳۹۸  | ۰.۴۲۳  | ۰.۳۳۶  | ۰.۵۱۶  | ۰.۲۷۹  | ۰.۳۱۱  | ۰.۴۲۵  | ۰.۴۱۴  | ۰.۱۸۵  | ۰.۲۵۸  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | ۲.۷۹۱             | ۲.۷۱۳  | ۲.۴۸۹  | ۲.۳۰۵  | ۲.۲۲۸  | ۱.۹۲۱  | ۳.۰۹۳  | ۳.۲۶۴  | ۲.۰۹۴  | ۳.۱۰۲  | ۲.۴۴۹  | ۲.۱۱۴  | ۱.۵۱۵  | ۱.۶۰۳  | ۲.۷۷۳  | ۱.۱۱۵  |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | ۰.۸۳۱             | ۰.۸۳۹  | ۰.۲۶۲  | ۰.۱۶۵  | ۰.۴۸۴  | ۰.۴۱۶  | ۰.۷۳۴  | ۰.۶۹۹  | ۰.۵۲۷  | ۰.۶۹۴  | ۰.۴۸۶  | ۰.۴۲۵  | ۰.۱۲۱  | ۰.۱۰۸  | ۰.۱۲۹  | ۰.۱۰۶  |
| FeO                            | ۳.۸۵۱             | ۴.۰۸۳  | ۴.۳۸۸  | ۴.۶۹۵  | ۴.۲۴۴  | ۴.۲۷۳  | ۴.۴۳۳  | ۴.۱۱۶  | ۳.۵۲۸  | ۴.۰۷۵  | ۴.۲۹۴  | ۴.۰۶۵  | ۹.۳۳۵  | ۹.۷۲۷  | ۹.۶۴۵  | ۱۲.۲۰۲ |
| MnO                            | ۰.۱۱۸             | ۰.۱۲۹  | ۰.۱۴۸  | ۰.۱۵۴  | ۰.۱۴۳  | ۰.۱۳۶  | ۰.۱۴۷  | ۰.۱۲۶  | ۰.۱۱۸  | ۰.۱۳۱  | ۰.۱۲۸  | ۰.۱۴۹  | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۷۳  | ۰.۳۹۰  |
| MgO                            | ۱۶.۰۲۸            | ۱۵.۵۵۳ | ۱۶.۰۹۵ | ۱۶.۵۹۵ | ۱۶.۷۸۹ | ۱۶.۰۷۲ | ۱۷.۰۷۳ | ۱۶.۱۶۷ | ۱۶.۰۰۴ | ۱۶.۳۴۷ | ۱۶.۶۳۸ | ۱۶.۵۳۸ | ۳۱.۱۴۸ | ۳۱.۴۳۴ | ۳۰.۷۶۶ | ۲۹.۸۱۱ |
| CaO                            | ۲۲.۹۷۶            | ۲۲.۷۸۳ | ۲۲.۶۰۱ | ۲۱.۸۶۸ | ۲۲.۲۹۹ | ۲۳.۰۰۳ | ۲۱.۱۱۵ | ۲۱.۸۴۳ | ۲۲.۵۸۲ | ۲۲.۳۳۰ | ۲۲.۴۶۷ | ۲۳.۴۶۸ | ۱.۷۴۳  | ۰.۷۴۲  | ۱.۳۷۰  | ۰.۸۸۲  |
| Na <sub>2</sub> O              | ۰.۴۲۶             | ۰.۴۲۶  | ۰.۴۷۸  | ۰.۴۲۷  | ۰.۴۳۵  | ۰.۳۵۴  | ۰.۳۸۵  | ۰.۴۰۶  | ۰.۵۲۷  | ۰.۴۵۹  | ۰.۳۳۳  | ۰.۳۵۸  | ۰.۰۳۸  | ۰.۰۳۳  | ۰.۰۳۹  | ۰.۰۴۷  |
| K <sub>2</sub> O               | ۰.۰۰۰             | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۰۱  | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۰۳  | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۰۳  | ۰.۰۰۸  | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۰۵  | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۰۵  | ۰.۰۰۰  |
| مجموع                          | ۱۰۰.۸۹            | ۹۹.۷۳۰ | ۹۹.۵۸۳ | ۹۹.۱۶۵ | ۹۹.۲۸۱ | ۹۹.۸۵۸ | ۱۰۰.۱۴ | ۹۹.۷۲۲ | ۹۹.۸۸۰ | ۹۹.۳۷۵ | ۱۰۰.۲۳ | ۹۹.۹۲۰ | ۹۹.۹۸۸ | ۹۹.۵۸۵ | ۹۹.۵۸۵ | ۹۹.۸۶۱ |
| Si                             | ۱.۹۲۰             | ۱.۹۲۶  | ۱.۹۳۲  | ۱.۹۳۰  | ۱.۹۲۱  | ۱.۹۵۲  | ۱.۹۲۰  | ۱.۹۲۰  | ۱.۹۵۰  | ۱.۹۰۷  | ۱.۹۱۹  | ۱.۹۲۶  | ۱.۹۴۷  | ۱.۹۵۷  | ۱.۹۲۲  | ۱.۹۵۵  |
| Ti                             | ۰.۰۱۳             | ۰.۰۱۳  | ۰.۰۱۲  | ۰.۰۱۴  | ۰.۰۰۸  | ۰.۰۱۱  | ۰.۰۱۱  | ۰.۰۱۲  | ۰.۰۰۹  | ۰.۰۱۴  | ۰.۰۰۸  | ۰.۰۰۹  | ۰.۰۱۱  | ۰.۰۱۱  | ۰.۰۰۵  | ۰.۰۰۷  |
| Al                             | ۰.۱۲۰             | ۰.۱۱۷  | ۰.۱۰۸  | ۰.۱۰۰  | ۰.۰۹۶  | ۰.۰۸۳  | ۰.۱۳۳  | ۰.۱۴۱  | ۰.۰۹۰  | ۰.۱۳۴  | ۰.۱۰۶  | ۰.۰۹۱  | ۰.۰۶۳  | ۰.۰۶۶  | ۰.۱۱۵  | ۰.۰۴۷  |
| Fe <sup>3+</sup>               | ۰.۰۲۰             | ۰.۰۰۷  | ۰.۰۳۱  | ۰.۰۳۹  | ۰.۰۶۲  | ۰.۰۰۶  | ۰.۰۱۳  | ۰.۰۰۴  | ۰.۰۱۴  | ۰.۰۳۶  | ۰.۰۵۱  | ۰.۰۴۸  | ۰.۰۲۱  | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۳۱  | ۰.۰۳۱  |
| Cr <sup>3+</sup>               | ۰.۰۲۴             | ۰.۰۲۴  | ۰.۰۰۸  | ۰.۰۰۵  | ۰.۰۱۴  | ۰.۰۰۲  | ۰.۰۲۱  | ۰.۰۱۵  | ۰.۰۲۰  | ۰.۰۲۰  | ۰.۰۱۴  | ۰.۰۱۲  | ۰.۰۰۳  | ۰.۰۰۳  | ۰.۰۰۴  | ۰.۰۰۳  |
| Fe <sup>2+</sup>               | ۰.۰۹۸             | ۰.۱۱۸  | ۰.۱۰۳  | ۰.۱۰۵  | ۰.۰۶۸  | ۰.۱۲۵  | ۰.۱۲۲  | ۰.۱۲۲  | ۰.۰۹۴  | ۰.۰۸۸  | ۰.۰۸۱  | ۰.۰۷۶  | ۰.۰۵۴  | ۰.۰۲۸  | ۰.۰۵۳  | ۰.۳۳۲  |
| Mn                             | ۰.۰۰۴             | ۰.۰۰۴  | ۰.۰۰۵  | ۰.۰۰۵  | ۰.۰۰۴  | ۰.۰۰۴  | ۰.۰۰۵  | ۰.۰۰۴  | ۰.۰۰۴  | ۰.۰۰۴  | ۰.۰۰۴  | ۰.۰۰۵  | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۰۲  | ۰.۰۱۲  |
| Mg                             | ۰.۸۷۲             | ۰.۸۵۶  | ۰.۸۸۰  | ۰.۹۱۰  | ۰.۹۱۸  | ۰.۸۷۸  | ۰.۹۲۶  | ۰.۸۸۶  | ۰.۹۰۴  | ۰.۸۹۰  | ۰.۹۱۰  | ۰.۸۹۸  | ۱.۶۳۳  | ۱.۶۴۷  | ۱.۶۱۴  | ۱.۵۷۸  |
| Ca                             | ۰.۸۹۹             | ۰.۸۹۶  | ۰.۸۸۸  | ۰.۸۶۲  | ۰.۸۷۷  | ۰.۹۰۴  | ۰.۸۲۳  | ۰.۸۶۱  | ۰.۸۸۳  | ۰.۸۷۴  | ۰.۸۸۳  | ۰.۹۱۶  | ۰.۰۶۶  | ۰.۰۲۸  | ۰.۰۵۲  | ۰.۰۳۴  |
| Na                             | ۰.۰۳۰             | ۰.۰۳۴  | ۰.۰۳۴  | ۰.۰۳۰  | ۰.۰۳۱  | ۰.۰۲۵  | ۰.۰۲۷  | ۰.۰۲۹  | ۰.۰۳۷  | ۰.۰۳۵  | ۰.۰۲۴  | ۰.۰۲۰  | ۰.۰۰۳  | ۰.۰۰۲  | ۰.۰۰۳  | ۰.۰۰۳  |
| K                              | 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  |
| مجموع                          | ۴.۰۰۰             | ۴.۰۰۰  | ۴.۰۰۰  | ۴.۰۰۰  | ۴.۰۰۰  | ۴.۰۰۰  | ۴.۰۰۰  | ۴.۰۰۰  | ۴.۰۰۰  | ۴.۰۰۰  | ۴.۰۰۰  | ۴.۰۰۰  | ۴.۰۰۰  | ۴.۰۰۰  | ۴.۰۰۰  | ۴.۰۰۰  |
| Wo                             | ۴۸.۰۸۶            | ۴۷.۹۰۱ | ۴۷.۴۵۵ | ۴۵.۹۰۱ | ۴۷.۰۶۲ | ۴۷.۴۱۰ | ۴۳.۹۸۲ | ۴۶.۰۳۹ | ۴۶.۹۶۸ | ۴۷.۱۷۹ | ۴۷.۱۲۴ | ۴۸.۴۶۸ | ۳.۳۶۴  | ۱.۴۲۵  | ۲.۶۹۳  | ۱.۷۲۷  |
| En                             | ۴۶.۶۷۲            | ۴۵.۷۹۰ | ۴۷.۰۱۹ | ۴۸.۴۶۵ | ۴۹.۳۰۰ | ۴۶.۰۱۹ | ۴۹.۴۸۰ | ۴۷.۴۱۱ | ۴۸.۰۴۹ | ۴۸.۰۵۴ | ۴۸.۵۵۵ | ۴۷.۵۲۲ | ۸۳.۶۴  | ۸۳.۹۹۴ | ۸۴.۱۳۵ | ۸۱.۱۹۹ |
| Fs                             | ۵.۲۴۲             | ۶.۳۰۹  | ۵.۵۲۶  | ۵.۶۳۳  | ۳.۶۳۸  | ۶.۵۷۱  | ۶.۵۳۸  | ۶.۵۵۱  | ۴.۹۸۳  | ۴.۷۶۷  | ۴.۳۲۰  | ۴.۰۱۰  | ۱۲.۹۹۵ | ۱۴.۵۸۱ | ۱۳.۱۷۲ | ۱۷.۰۷۵ |
| Al <sup>IV</sup>               | ۰.۰۶۷             | ۰.۰۵۸  | ۰.۰۵۶  | ۰.۰۵۶  | ۰.۰۷۱  | ۰.۰۳۸  | ۰.۰۷۰  | ۰.۰۶۸  | ۰.۰۴۱  | ۰.۰۷۹  | ۰.۰۷۳  | ۰.۰۶۵  | ۰.۰۴۲  | ۰.۰۳۲  | ۰.۰۷۳  | ۰.۰۳۸  |
| Al <sup>VI</sup>               | ۰.۰۳۵             | ۰.۰۶۰  | ۰.۰۵۱  | ۰.۰۴۳  | ۰.۰۲۵  | ۰.۰۴۵  | ۰.۰۶۳  | ۰.۰۷۳  | ۰.۰۴۹  | ۰.۰۵۵  | ۰.۰۳۳  | ۰.۰۲۵  | ۰.۰۲۱  | ۰.۰۳۵  | ۰.۰۲۵  | ۰.۰۰۸  |
| XFe <sup>2+</sup>              | ۰.۰۰۱             | ۰.۱۲۱  | ۰.۱۰۵  | ۰.۱۰۴  | ۰.۰۶۹  | ۰.۱۲۵  | ۰.۱۱۷  | ۰.۱۲۱  | ۰.۰۹۴  | ۰.۰۹۰  | ۰.۰۸۲  | ۰.۰۷۸  | ۰.۱۳۴  | ۰.۱۴۸  | ۰.۱۳۵  | ۰.۱۷۴  |
| Mg <sup>#</sup>                | ۸۸.۱۲۲            | ۸۷.۲۳۵ | ۸۶.۷۳۴ | ۸۶.۳۰۳ | ۸۷.۵۸  | ۸۷.۰۲۱ | ۸۷.۲۸۶ | ۸۷.۵۰۲ | ۸۹.۳۵۰ | ۸۷.۷۳۱ | ۸۷.۲۵۳ | ۸۷.۸۸۲ | ۸۵.۶۰۷ | ۸۵.۲۰۸ | ۸۵.۰۴۴ | ۸۱.۳۲۶ |

جدول ۲ شیمی کانی پلاژیوکلاز در گابروهای همسانگرد افیولیت کرمانشاه و فرمول ساختاری بر مبنای ۸ اتم اکسیژن.

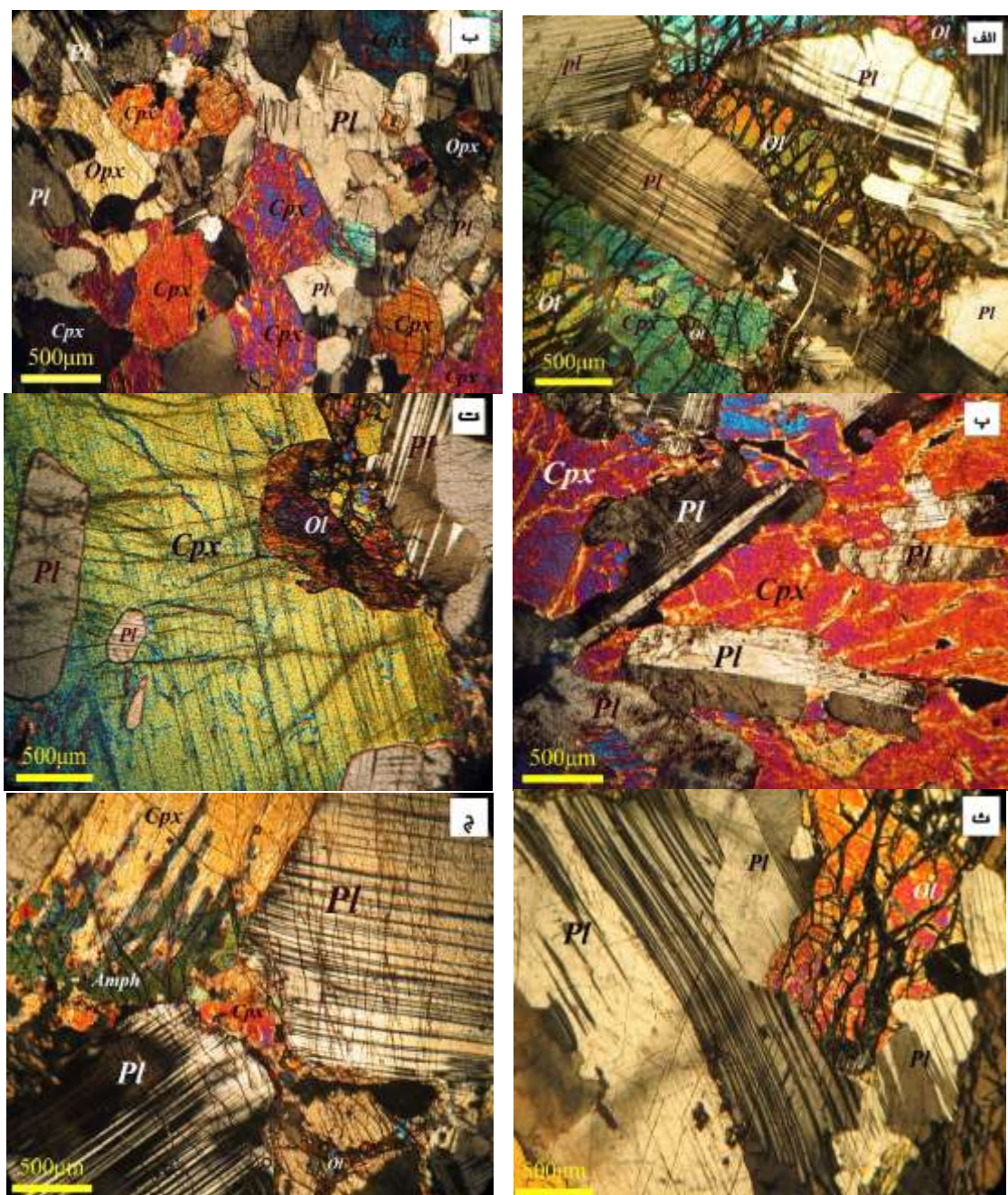
| نوع سنگ                        | گابروهای همسانگرد |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|--------------------------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| شماره نمونه                    | N21.21            | N21.23 | N44.33 | N44.34 | N44.37 | N44.39 | N61.11 | N61.12 | N61.13 | N67.4  | S16.34 | S16.38 | S16.42 | S16.43 | S20.48 | S20.49 |
| کانی                           | Pl                | Pl     | Pl     | Pl     | Pl     | Pl     | Pl     | Pl     | Pl     | Pl     | Pl     | Pl     | Pl     | Pl     | Pl     | Pl     |
| SiO <sub>2</sub>               | ۴۹.۸۱۱            | ۴۹.۷۳۱ | ۴۸.۱۳۵ | ۴۸.۷۶۷ | ۴۸.۴۷۱ | ۴۷.۲۵۶ | ۴۷.۵۹۱ | ۴۶.۲۷۵ | ۴۷.۲۱۴ | ۴۵.۵۴۶ | ۴۶.۵۴۳ | ۴۷.۰۱۳ | ۴۷.۰۶۷ | ۴۷.۴۰۱ | ۴۶.۶۶۳ | ۴۶.۵۹۲ |
| TiO <sub>2</sub>               | ۰.۰۴۰             | ۰.۰۳۵  | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۶۵  | ۰.۰۵۸  | ۰.۰۵۷  | ۰.۰۰۶  | ۰.۰۵۱  | ۰.۰۰۳  | ۰.۰۱۱  | ۰.۰۰۹  | ۰.۰۳۲  | ۰.۰۱۷  | ۰.۰۱۷  | ۰.۰۳۶  | ۰.۰۰۰  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | ۳۱.۵۶۴            | ۳۱.۳۲۵ | ۲۷.۸۰۷ | ۲۹.۷۴۵ | ۲۹.۴۱۱ | ۲۷.۹۸۲ | ۳۲.۳۸۱ | ۳۱.۷۷۲ | ۳۳.۹۴۰ | ۳۱.۰۸۲ | ۳۳.۲۴۶ | ۳۳.۳۶۱ | ۳۳.۷۹۴ | ۳۳.۵۹۶ | ۳۳.۷۷۳ | ۳۳.۶۳۹ |
| FeO                            | ۰.۲۵۲             | ۰.۴۴۴  | ۰.۱۶۲  | ۰.۱۸۰  | ۰.۱۲۴  | ۰.۴۸۶  | ۰.۲۹۹  | ۰.۲۷۷  | ۰.۱۵۸  | ۰.۱۸۹  | ۰.۲۸۶  | ۰.۳۸۸  | ۰.۱۵۶  | ۰.۲۵۱  | ۰.۱۲۶  | ۰.۱۱۴  |
| CaO                            | ۱۵.۳۹۳            | ۱۵.۵۷۷ | ۲۱.۳۳۹ | ۱۹.۵۳۲ | ۱۸.۵۶۳ | ۲۱.۸۹۲ | ۱۶.۷۹۵ | ۱۷.۱۹۳ | ۲۱.۶۷۶ | ۱۹.۷۴۱ | ۱۷.۱۵۷ | ۱۷.۰۷۲ | ۱۷.۶۲۰ | ۱۷.۳۶۸ | ۱۷.۵۰۷ | ۱۷.۱۸۸ |
| Na <sub>2</sub> O              | ۲.۸۴۶             | ۲.۷۹۸  | ۱.۲۵۸  | ۲.۲۸۱  | ۱.۹۹۸  | ۱.۴۶۰  | ۲.۲۱۴  | ۱.۹۰۴  | ۱.۷۴۶  | ۲.۵۵۴  | ۱.۶۴۵  | ۱.۷۱۷  | ۱.۶۳۴  | ۱.۵۵۵  | ۱.۶۶۹  | ۱.۶۷۸  |
| K <sub>2</sub> O               | ۰.۰۷۰             | ۰.۰۸۲  | ۰.۰۴۶  | ۰.۰۵۱  | ۰.۰۳۸  | ۰.۰۳۲  | ۰.۰۷۶  | ۰.۰۴۵  | ۰.۱۰۰  | ۰.۰۵۹  | ۰.۰۱۵  | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۱۴  | ۰.۰۰۷  | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۱۰  |
| مجموع                          | ۹۹.۹۷۶            | ۹۹.۹۶۳ | ۹۸.۷۴۷ | ۱۰۰.۶۲ | ۹۸.۶۶۳ | ۹۹.۱۵۵ | ۹۹.۴۶۲ | ۹۷.۲۱۷ | ۹۶.۷۴۷ | ۹۹.۱۸۲ | ۹۸.۹۰۱ | ۹۹.۵۸۳ | ۱۰۰.۳۰ | ۱۰۰.۱۹ | ۹۹.۷۷۴ | ۹۹.۲۲۱ |
| Si                             | ۹.۱۰۹             | ۹.۱۱۱  | ۹.۰۷۸  | ۸.۹۹۳  | ۹.۰۷۲  | ۸.۹۲۹  | ۸.۸۰۱  | ۸.۷۷۳  | ۹.۳۳۷  | ۸.۵۸۰  | ۸.۶۵۴  | ۸.۶۸۰  | ۸.۶۳۱  | ۸.۶۹۰  | ۸.۶۰۳  | ۸.۶۲۹  |
| Ti                             | ۰.۰۰۶             | ۰.۰۰۱  | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۰۹  | ۰.۰۰۸  | ۰.۰۰۸  | ۰.۰۰۱  | ۰.۰۰۷  | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۰۲  | ۰.۰۰۱  | ۰.۰۰۴  | ۰.۰۰۲  | ۰.۰۰۲  | ۰.۰۰۵  | ۰.۰۰۰  |
| Al                             | ۶.۸۰۳             | ۶.۷۶۳  | ۶.۱۸۱  | ۶.۴۶۴  | ۶.۴۸۷  | ۶.۲۳۱  | ۷.۰۷۹  | ۷.۰۳۲  | ۵.۵۸۰  | ۶.۹۰۰  | ۷.۲۸۵  | ۷.۲۵۹  | ۷.۲۰۳  | ۷.۲۵۹  | ۷.۳۳۸  | ۷.۳۴۲  |
| Fe <sup>+2</sup>               | ۰.۰۳۹             | ۰.۰۶۸  | ۰.۰۲۶  | ۰.۰۲۸  | ۰.۰۱۹  | ۰.۰۷۷  | ۰.۰۴۶  | ۰.۰۴۴  | ۰.۰۲۶  | ۰.۰۳۰  | ۰.۰۴۴  | ۰.۰۶۰  | ۰.۰۲۴  | ۰.۰۳۸  | ۰.۰۱۹  | ۰.۰۱۸  |
| Ca                             | ۳.۰۱۶             | ۳.۰۵۷  | ۴.۳۱۲  | ۳.۸۵۹  | ۳.۷۲۲  | ۴.۴۲۲  | ۳.۳۲۷  | ۳.۴۹۲  | ۴.۵۹۳  | ۳.۹۸۴  | ۳.۴۱۸  | ۳.۳۷۷  | ۳.۴۶۲  | ۳.۴۱۱  | ۳.۴۵۸  | ۳.۴۱۰  |
| Na                             | ۱.۰۰۹             | ۰.۹۹۴  | ۰.۴۶۰  | ۰.۸۱۵  | ۰.۷۲۵  | ۰.۵۳۵  | ۰.۷۹۴  | ۰.۷۰۰  | ۰.۶۶۹  | ۰.۹۳۳  | ۰.۵۹۳  | ۰.۶۱۵  | ۰.۵۸۱  | ۰.۵۵۳  | ۰.۵۹۷  | ۰.۶۰۲  |
| K                              | ۰.۰۱۶             | ۰.۰۱۹  | ۰.۰۱۱  | ۰.۰۱۲  | ۰.۰۰۹  | ۰.۰۰۵  | ۰.۰۱۸  | ۰.۰۱۱  | ۰.۰۰۳  | ۰.۰۱۴  | ۰.۰۰۴  | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۰۳  | ۰.۰۰۲  | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۰۲  |
| مجموع                          | ۱۹.۹۹۷            | ۲۰.۰۱۳ | ۲۰.۰۶۷ | ۲۰.۱۸۰ | ۲۰.۰۴۳ | ۲۰.۲۱۷ | ۲۰.۰۶۵ | ۲۰.۰۵۹ | ۲۰.۲۰۸ | ۲۰.۴۴۲ | ۲۰.۰۰۰ | ۱۹.۹۹۴ | ۲۰.۰۰۷ | ۱۹.۹۵۵ | ۲۰.۰۲۱ | ۲۰.۰۰۳ |
| An                             | ۷۴.۶۲۷            | ۷۵.۱۱۴ | ۹.۱۵۱  | ۸۲.۴۴۲ | ۸۳.۵۲۷ | ۸۹.۱۶۴ | ۸۰.۳۹۰ | ۸۳.۰۹۰ | ۸۷.۲۳۸ | ۸۰.۷۹۶ | ۸۵.۱۳۹ | ۸۴.۶۰۲ | ۸۵.۵۶۱ | ۸۶.۰۲۲ | ۸۵.۲۸۷ | ۸۴.۹۶۶ |
| Ab                             | ۲۴.۹۶۹            | ۲۴.۴۱۶ | ۹۶.۱۸۱ | ۱۷.۴۰۲ | ۱۶.۲۵۱ | ۱۰.۷۵۷ | ۱۹.۱۷۷ | ۱۷.۶۱۶ | ۱۸.۹۱۶ | ۱۴.۷۷۲ | ۱۵.۲۹۸ | ۱۴.۳۹۸ | ۱۳.۹۲۷ | ۱۴.۷۱۳ | ۱۴.۰۵۵ |        |
| Or                             | ۰.۰۴۴             | ۰.۴۷۱  | ۰.۲۳۱  | ۰.۲۵۶  | ۰.۲۰۴  | ۰.۱۰۷  | ۰.۴۳۳  | ۰.۲۵۹  | ۰.۴۸۰  | ۰.۲۸۸  | ۰.۰۸۹  | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۸۱  | ۰.۰۴۱  | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۵۹  |
| Ca <sup>#</sup>                | ۰.۷۴۶             | ۰.۷۵۱  | ۰.۹۰۲  | ۰.۸۲۳  | ۰.۸۳۵  | ۰.۸۹۱  | ۰.۸۰۴  | ۰.۸۳۱  | ۰.۸۷۲  | ۰.۸۰۸  | ۰.۸۵۱  | ۰.۸۴۶  | ۰.۸۵۶  | ۰.۸۶۰  | ۰.۸۵۳  | ۰.۸۴۹  |

جدول ۳ شیمی کانی الیوین در گابروهای همسانگرد افیولیت کرمانشاه و فرمول ساختاری بر مبنای ۴ اتم اکسیژن.

| نوع سنگ                        | گابروهای همسانگرد |         |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|--------------------------------|-------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                                | N44.2             | N44.4   | N44.5  | N61.9  | N61.10 | N61.11 | N8.2   | N8.3   | N8.4   | N5.2   | N5.4   | N58.5  | N58.6  | N58.7  | N21.14 |
| شماره نمونه                    | OL                | OL      | OL     | OL     | OL     | OL     | OL     | OL     | OL     | OL     | OL     | OL     | OL     | OL     | OL     |
| کانی                           | OL                | OL      | OL     | OL     | OL     | OL     | OL     | OL     | OL     | OL     | OL     | OL     | OL     | OL     | OL     |
| SiO <sub>2</sub>               | ۳۹.۵۹۳            | ۳۹.۷۵۰  | ۳۹.۷۸۴ | ۴۰.۱۵۷ | ۴۰.۳۷  | ۳۹.۸۱۳ | ۳۹.۹۳۷ | ۳۹.۷۳۹ | ۳۹.۸۷۰ | ۳۹.۶۹۶ | ۳۹.۶۰۶ | ۴۰.۱۴۷ | ۴۰.۱۴۱ | ۴۰.۰۸۶ | ۴۰.۰۳۲ |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 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  |
| FeO                            | ۱۶.۰۶۳            | ۱۵.۹۶۹  | ۱۶.۱۲۰ | ۱۴.۴۲۹ | ۱۴.۵۲۶ | ۱۴.۳۷۱ | ۱۶.۲۶۲ | ۱۵.۹۹۳ | ۱۶.۱۶۴ | ۱۷.۱۳۲ | ۱۷.۹۱۵ | ۱۵.۲۹۳ | ۱۵.۲۷۷ | ۱۵.۳۶۸ | ۱۴.۷۲۱ |
| MnO                            | ۰.۲۳۷             | ۰.۲۳۳   | ۰.۲۴۷  | ۰.۲۲۳  | ۰.۲۲۳  | ۰.۲۲۴  | ۰.۲۳۰  | ۰.۲۳۰  | ۰.۲۳۶  | ۰.۲۴۵  | ۰.۲۴۳  | ۰.۲۲۷  | ۰.۲۲۴  | ۰.۲۳۶  | ۰.۲۲۰  |
| MgO                            | ۴۴.۱۱۸            | ۴۴.۱۰۰  | ۱۰۰.۴۴ | ۴۵.۳۷۲ | ۴۵.۳۵۵ | ۴۵.۲۳۷ | ۴۳.۸۳۰ | ۴۳.۳۶۱ | ۴۳.۴۶۳ | ۴۳.۲۳۶ | ۴۲.۵۸۵ | ۴۴.۵۲۳ | ۴۴.۵۸۵ | ۴۴.۴۸۷ | ۴۵.۱۲۲ |
| NiO                            | ۰.۱۷۰             | ۰.۱۷۲   | ۰.۱۷۳  | ۰.۲۰۱  | ۰.۲۰۵  | ۰.۲۱۵  | ۰.۱۵۴  | ۰.۱۵۸  | ۰.۱۳۵  | ۰.۱۱۹  | ۰.۱۲۰  | ۰.۲۲۵  | ۰.۲۳۳  | ۰.۲۲۰  | ۰.۱۷۵  |
| CaO                            | ۰.۰۱۶             | ۰.۰۱۶   | ۰.۰۱۶  | ۰.۰۳۷  | ۰.۰۳۴  | ۰.۰۴۳  | ۰.۰۳۷  | ۰.۰۱۶  | ۰.۰۲۲  | ۰.۰۲۶  | ۰.۰۱۶  | ۰.۰۲۶  | ۰.۰۲۸  | ۰.۰۲۸  | ۰.۰۲۵  |
| مجموع                          | ۱۰۰.۱۹۸           | ۱۰۰.۲۵۵ | ۱۰۰.۴۴ | ۱۰۰.۴۲ | ۱۰۰.۳۹ | ۹۹.۹۰۳ | ۱۰۰.۴۵ | ۹۹.۹۴۷ | ۹۹.۹۸۰ | ۱۰۰.۴۶ | ۱۰۰.۴۹ | ۱۰۰.۴۵ | ۱۰۰.۴۹ | ۱۰۰.۴۳ | ۱۰۰.۳۱ |
| Si                             | ۰.۹۹۸             | ۱.۰۰۰   | ۱.۰۰۰  | ۱.۰۰۲  | ۱.۰۰۰  | ۰.۹۹۹  | ۱.۰۰۴  | ۱.۰۰۷  | ۱.۰۰۷  | ۱.۰۰۲  | ۱.۰۰۳  | ۱.۰۰۵  | ۱.۰۰۴  | ۱.۰۰۴  | ۱.۰۰۱  |
| Fe <sup>2+</sup>               | ۰.۳۳۸             | ۰.۳۳۶   | ۰.۳۳۹  | ۰.۳۰۱  | ۰.۳۰۳  | ۰.۳۰۱  | ۰.۳۴۲  | ۰.۳۳۹  | ۰.۳۴۱  | ۰.۳۶۲  | ۰.۳۷۹  | ۰.۳۲۰  | ۰.۳۲۰  | ۰.۳۲۲  | ۰.۳۰۸  |
| Mn                             | ۰.۰۰۵             | ۰.۰۰۵   | ۰.۰۰۵  | ۰.۰۰۵  | ۰.۰۰۵  | ۰.۰۰۵  | ۰.۰۰۵  | ۰.۰۰۵  | ۰.۰۰۵  | ۰.۰۰۵  | ۰.۰۰۵  | ۰.۰۰۵  | ۰.۰۰۵  | ۰.۰۰۵  | ۰.۰۰۴  |
| Mg                             | ۱.۶۵۷             | ۱.۶۵۵   | ۱.۶۵۲  | ۱.۶۸۷  | ۱.۶۸۸  | ۱.۶۹۲  | ۱.۶۴۲  | ۱.۶۳۸  | ۱.۶۳۷  | ۱.۶۲۷  | ۱.۶۰۷  | ۱.۶۶۱  | ۱.۶۶۳  | ۱.۶۶۱  | ۱.۶۸۲  |
| Ni                             | ۰.۰۰۳             | ۰.۰۰۳   | ۰.۰۰۳  | ۰.۰۰۴  | ۰.۰۰۴  | ۰.۰۰۴  | ۰.۰۰۳  | ۰.۰۰۳  | ۰.۰۰۳  | ۰.۰۰۲  | ۰.۰۰۲  | ۰.۰۰۵  | ۰.۰۰۵  | ۰.۰۰۴  | ۰.۰۰۳  |
| Ca                             | ۰.۰۰۰             | ۰.۰۰۰   | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۰۱  | ۰.۰۰۱  | ۰.۰۰۱  | ۰.۰۰۱  | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۰۱  | ۰.۰۰۱  | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۰۱  | ۰.۰۰۱  | ۰.۰۰۱  | ۰.۰۰۱  |
| مجموع                          | ۳.۰۰۳             | ۳.۰۰۰   | ۳.۰۰۰  | ۲.۹۹۹  | ۳.۰۰۱  | ۳.۰۰۲  | ۲.۹۹۷  | ۲.۹۹۳  | ۲.۹۹۴  | ۲.۹۹۹  | ۲.۹۹۸  | ۲.۹۹۶  | ۲.۹۹۷  | ۲.۹۹۷  | ۳.۰۰۰  |
| Fo                             | ۸۲.۸۳۲            | ۸۲.۹۱۲  | ۸۲.۷۶۷ | ۸۴.۶۶۲ | ۸۴.۵۷۱ | ۸۴.۶۷۴ | ۸۲.۵۷۱ | ۸۲.۶۵۲ | ۸۲.۵۳۰ | ۸۱.۶۰۱ | ۸۰.۶۹۷ | ۸۳.۶۴۶ | ۸۳.۶۷۹ | ۸۳.۵۵۸ | ۸۴.۳۳۷ |
| Fa                             | ۱۶.۹۱۶            | ۱۶.۸۴۰  | ۱۶.۹۶۹ | ۱۵.۱۰۱ | ۱۵.۱۹۳ | ۱۵.۰۸۸ | ۱۷.۱۸۳ | ۱۷.۰۹۹ | ۱۷.۲۱۵ | ۱۸.۱۳۶ | ۱۹.۰۴۱ | ۱۶.۱۱۱ | ۱۶.۰۸۲ | ۱۶.۱۹۰ | ۱۵.۴۲۹ |
| Tp                             | ۰.۲۵۳             | ۰.۲۴۹   | ۰.۲۴۳  | ۰.۲۳۶  | ۰.۲۳۶  | ۰.۲۳۸  | ۰.۲۴۶  | ۰.۲۴۹  | ۰.۲۵۵  | ۰.۲۶۳  | ۰.۲۶۲  | ۰.۲۴۲  | ۰.۲۳۹  | ۰.۲۵۲  | ۰.۲۳۴  |
| Mg#                            | ۸۳.۰۴۲            | ۸۳.۱۱۸  | ۸۲.۹۸۶ | ۸۴.۸۶۳ | ۸۴.۷۷۲ | ۸۴.۸۷۶ | ۸۲.۷۷۴ | ۸۲.۸۵۹ | ۸۲.۷۴۱ | ۸۱.۸۱۶ | ۸۰.۹۰۹ | ۸۳.۸۴۹ | ۸۳.۸۷۹ | ۸۳.۷۶۹ | ۸۴.۵۳۴ |

جدول ۴ شیمی کانی آمفیبول در گابروهای همسانگرد افیولیت کرمانشاه.

| نوع سنگ                                                 | گابروهای همسانگرد |        |        |        |        |        |        |        |
|---------------------------------------------------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                                                         | S26.7             | S26.8  | S26.9  | S26.10 | K43.3  | K43.4  | K43.5  | K43.6  |
| شماره نمونه                                             | Amph              | Amph   | Amph   | Amph   | Amph   | Amph   | Amph   | Amph   |
| کانی                                                    | Amph              | Amph   | Amph   | Amph   | Amph   | Amph   | Amph   | Amph   |
| SiO <sub>2</sub>                                        | ۵۱.۷۶۰            | ۵۴.۹۲۲ | ۵۴.۰۷۸ | ۵۳.۹۱۴ | ۵۴.۴۶۸ | ۵۵.۲۰۵ | ۵۴.۴۶۵ | ۵۴.۴۰۲ |
| TiO <sub>2</sub>                                        | ۰.۲۵۴             | ۰.۱۳۸  | ۰.۲۱۰  | ۰.۲۳۱  | ۰.۰۸۱  | ۰.۰۷۴  | ۰.۰۸۴  | ۰.۰۶۴  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                          | ۴.۳۱۸             | ۱.۴۹۳  | ۲.۱۸۱  | ۲.۲۵۶  | ۲.۹۰۵  | ۲.۶۷۰  | ۲.۹۱۷  | ۲.۸۳۹  |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                          | ۰.۰۰۵             | ۰.۰۳۲  | ۰.۰۲۳  | ۰.۰۰۰  | ۰.۲۰۶  | ۰.۲۶۳  | ۰.۳۵۵  | ۰.۲۲۸  |
| FeO                                                     | ۱۴.۵۸۴            | ۱۲.۱۹۵ | ۱۲.۵۰۷ | ۱۲.۵۳۲ | ۶.۶۳۱  | ۶.۶۴۰  | ۶.۹۱۸  | ۶.۹۴۵  |
| MnO                                                     | ۰.۲۴۵             | ۰.۲۳۳  | ۰.۱۷۸  | ۰.۱۹۳  | ۰.۱۳۶  | ۰.۱۳۴  | ۰.۱۵۴  | ۰.۱۵۶  |
| MgO                                                     | ۱۴.۷۶۲            | ۱۶.۷۱۶ | ۱۶.۶۸۲ | ۱۶.۴۲۴ | ۲۰.۳۹۷ | ۲۰.۳۱۶ | ۱۹.۹۸۵ | ۲۰.۰۵۰ |
| CaO                                                     | ۱۲.۰۹۵            | ۱۲.۳۷۵ | ۱۲.۲۸۶ | ۱۲.۲۱۴ | ۱۱.۸۵۵ | ۱۱.۷۸۶ | ۱۱.۶۹۶ | ۱۱.۶۵۱ |
| Na <sub>2</sub> O                                       | ۰.۷۴۲             | ۰.۲۶۸  | ۰.۳۲۴  | ۰.۳۶۸  | ۰.۹۴۱  | ۰.۸۶۳  | ۰.۹۲۳  | ۰.۹۱۷  |
| K <sub>2</sub> O                                        | ۰.۱۰۹             | ۰.۰۳۶  | ۰.۰۵۹  | ۰.۰۵۷  | ۰.۰۴۸  | ۰.۰۴۷  | ۰.۰۳۴  | ۰.۰۴۱  |
| مجموع                                                   | ۹۸.۸۷۴            | ۹۸.۴۶۸ | ۹۸.۵۲۸ | ۹۸.۱۸۹ | ۹۷.۶۶۸ | ۹۷.۸۱۸ | ۹۷.۵۳۱ | ۹۷.۲۹۳ |
| Si                                                      | ۷.۲۵۸             | ۷.۷۵۵  | ۷.۶۱۶  | ۷.۶۲۹  | ۷.۵۱۸  | ۷.۶۰۱  | ۷.۵۳۶  | ۷.۵۳۹  |
| Al <sup>IV</sup>                                        | ۰.۶۴۲             | ۰.۲۴۵  | ۰.۳۶۲  | ۰.۳۷۱  | ۰.۴۷۳  | ۰.۳۹۹  | ۰.۴۶۴  | ۰.۴۶۱  |
| T                                                       | ۸.۰۰۰             | ۸.۰۰۰  | ۷.۹۷۸  | ۸.۰۰۰  | ۷.۹۹۱  | ۸.۰۰۰  | ۸.۰۰۰  | ۸.۰۰۰  |
| Al <sup>VI</sup>                                        | ۰.۰۸۱             | ۰.۰۰۳  | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۰۵  | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۳۴  | ۰.۰۱۲  | ۰.۰۰۳  |
| Ti                                                      | ۰.۰۲۷             | ۰.۰۱۵  | ۰.۰۲۲  | ۰.۰۲۵  | ۰.۰۰۸  | ۰.۰۰۸  | ۰.۰۰۹  | ۰.۰۰۷  |
| Cr <sup>+3</sup>                                        | ۰.۰۰۱             | ۰.۰۰۴  | ۰.۰۰۳  | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۲۲  | ۰.۰۲۹  | ۰.۰۳۹  | ۰.۰۲۵  |
| Fe <sup>+3</sup>                                        | ۰.۵۹۸             | ۰.۳۹۱  | ۰.۵۵۲  | ۰.۵۰۳  | ۰.۶۸۶  | ۰.۶۰۵  | ۰.۶۷۵  | ۰.۷۰۶  |
| Fe <sup>+2</sup>                                        | ۱.۱۳۵             | ۱.۰۴۷  | ۰.۹۲۱  | ۰.۹۸۰  | ۰.۰۸۰  | ۰.۱۳۸  | ۰.۱۲۵  | ۰.۰۹۸  |
| Mn                                                      | ۰.۰۲۹             | ۰.۰۲۷  | ۰.۰۲۱  | ۰.۰۲۳  | ۰.۰۱۶  | ۰.۰۱۶  | ۰.۰۱۸  | ۰.۰۱۸  |
| Mg                                                      | ۳.۱۲۸             | ۳.۵۱۴  | ۳.۵۰۳  | ۳.۴۶۵  | ۴.۱۹۷  | ۴.۱۷۰  | ۴.۱۲۲  | ۴.۱۴۲  |
| C                                                       | ۵.۰۰۰             | ۵.۰۰۰  | ۵.۰۲۲  | ۵.۰۰۰  | ۵.۰۰۹  | ۵.۰۰۰  | ۵.۰۰۰  | ۵.۰۰۰  |
| Ca                                                      | ۱.۸۴۲             | ۱.۸۷۰  | ۱.۸۵۴  | ۱.۸۵۲  | ۱.۷۵۳  | ۱.۷۳۹  | ۱.۷۳۴  | ۱.۷۳۰  |
| Na                                                      | ۰.۱۵۸             | ۰.۰۷۳  | ۰.۰۸۸  | ۰.۱۰۱  | ۰.۲۴۷  | ۰.۲۳۰  | ۰.۲۴۸  | ۰.۲۴۶  |
| B                                                       | ۲.۰۰۰             | ۱.۹۴۳  | ۱.۹۴۲  | ۱.۹۵۲  | ۲.۰۰۰  | ۱.۹۶۹  | ۱.۹۸۱  | ۱.۹۷۶  |
| Na                                                      | ۰.۰۴۶             | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۰۵  | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۰۰  | ۰.۰۰۰  |
| K                                                       | ۰.۰۲۰             | ۰.۰۰۶  | ۰.۰۱۱  | ۰.۰۱۰  | ۰.۰۰۸  | ۰.۰۰۸  | ۰.۰۰۶  | ۰.۰۰۷  |
| A                                                       | ۰.۰۶۶             | ۰.۰۰۶  | ۰.۰۱۱  | ۰.۰۱۰  | ۰.۰۱۳  | ۰.۰۰۸  | ۰.۰۰۶  | ۰.۰۰۷  |
| Fe <sup>2+</sup> (Fe <sup>2+</sup> + Fe <sup>3+</sup> ) | ۰.۶۵۵             | ۰.۷۲۸  | ۰.۶۲۶  | ۰.۶۶۱  | ۰.۱۰۴  | ۰.۱۸۶  | ۰.۱۵۷  | ۰.۱۲۲  |
| Mg#                                                     | ۰.۷۳۴             | ۰.۷۷۰  | ۰.۷۹۲  | ۰.۷۸۰  | ۰.۹۸۱  | ۰.۹۶۸  | ۰.۹۷۱  | ۰.۹۷۷  |



شکل ۲ تصاویر مقاطع میکروسکوپی گابروهای همسانگرد افیولیت کرمانشاه. علائم اختصاری به کار رفته عبارتند از Ol: الیون؛ Opx: ارتوپیروکسن؛ Cpx: کلینوپیروکسن؛ Pl: پلاژیوکلاز [۱۱].

کلینوپیروکسن‌ها و پلاژیوکلاز قرار گرفته‌اند. از جمله شواهد دگرسانی مؤثر بر این سنگ‌ها می‌توان به تشکیل آمفیبول (اورالیت) از پیروکسن؛ سرپانتین و مگنتیت برآمده از الیون و نیز کلریتی شدن اشاره کرد.

**الیون‌گابروها** بافت دانه‌ای، پوئی کیلیتیک نشان می‌دهند؛ ترکیب کانی‌شناسی آنها شامل پلاژیوکلاز (۶۰ تا ۶۵ درصد)، کلینوپیروکسن (۱۵ تا ۲۰ درصد)، ارتوپیروکسن (کمتر از ۵

کلینوپیروکسن‌ها همچنین دارای تیغه‌های جدایشی ارتوپیروکسن هستند و لبه‌های آنها توسط آمفیبول‌های جانشین شده است. آمفیبول‌ها از نوع هورنبلند و اکتینولیت (تانویه) به صورت بلورهای نیمه‌شکل‌دار تا بی‌شکل حضور دارند و گاهی به کلریت تبدیل شده‌اند. کانی‌های تیره نظیر اکسیدهای آهن - تیتانیم (تیتانومگنتیت)، پنتلاندیت، پیروتیت، به ندرت کولیت، کالکوپیریت بعنوان کانی‌های فرعی در بین

مشخص می‌شود. گابروهای مورد بررسی دارای مقدار نسبتاً بالای  $Mg^{\#} (100 Mg/[Mg + Fe^{2+}])$ ؛ در گستره ۸۵/۶۲ تا ۸۹/۳۵ و اندک Ti ( $TiO_2$ )؛ بین ۰/۲۸ تا ۰/۵۶ درصد وزنی هستند. گستره ترکیبی کلینوپیروکسن‌ها تغییرات نسبتاً کم ( $En_{(۴۵/۷۹-۵۰/۹۱)}$ ،  $Fs_{(۳/۶۴-۷/۴۱)}$  و  $Wo_{(۴۳/۸۱-۴۸/۵)}$ ) و ترکیب اوژیت تا دیوپسید را بر نمودار En-Wo-Fs (شکل ۳ الف [۱۲]) نشان می‌دهند. فرمول ساختاری میانگین بر مبنای ۶ اتم اکسیژن و ۴ کاتیون برای کلینوپیروکسن‌ها در جدول ۱ آورده شده است. کلینوپیروکسن‌های مورد بررسی شباهت‌های بسیاری را با کلینوپیروکسن‌های مربوط به جزایر قوسی نشان می‌دهند.

**ارتوپیروکسن** ارتوپیروکسن‌های گابروهای همسانگرد دارای مقادیر بالای  $Mg^{\#} (۷۹/۵۹-۸۵/۷۲)$ ،  $SiO_2$  (۵۴/۰-۵۵/۷۰) درصد وزنی هستند اما تغییرات قابل ملاحظه‌ای در مقدار  $Al_2O_3$  (۲/۷۷-۱/۱۲ درصد وزنی)،  $Cr_2O_3$  (۰/۱۷-۰/۱۱ درصد وزنی) و  $CaO$  (۰/۷۴-۰/۷۴ درصد وزنی) نشان می‌دهند. مقادیر  $TiO_2$  (۰/۴۳-۰/۱۹ درصد وزنی)،  $MnO$  (۰/۰۰-۰/۴۱ درصد وزنی) و دیگر مقادیر نیز تغییرات چشمگیری دارند. بیشتر ارتوپیروکسن‌ها ترکیب انستاتیته دارند (شکل ۳ ب) و مؤلفه‌های ترکیبی آنها در گستره‌های ( $En_{(۷۸/۲۷-۸۴/۹۴)}$ ،  $Fs_{(۱۳/۰-۲۰/۰۷)}$ ) و  $Wo_{(۱/۳-۴۲/۳۶)}$  تغییر می‌نماید.

**پلاژیوکلاز** شیمی کانی پلاژیوکلاز با تجزیه ۸ نمونه از گابروها بررسی شد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهند مقدار متوسط  $SiO_2$  (۴۵/۱۸۲ تا ۵۰/۳۶۸ درصد وزنی)، مقادیر بالای  $Al_2O_3$  (۲۳/۹۴۰ تا ۳۳/۷۹۴ درصد وزنی) و  $CaO$  (۱۳/۶۷۵ تا ۲۱/۸۹۲)، مقادیر متفاوت  $Na_2O$  (۱/۲۵۸-۳/۳۷۹) و کم  $K_2O$  (۰/۱۱۲-۰/۰۰۰ درصد وزنی) است. نسبت  $Ca/[Ca + Ca^{\#}]$  (Na + K) در گستره ۰/۷۰۵ تا ۰/۹۰۲ تغییر می‌کند. پلاژیوکلازها فاقد منطقه‌بندی شیمیایی و بیشتر از نوع بیتونیتی هستند، (شکل ۳ پ، [۱۳]) و ترکیب آنها از آنورتیت غنی است ( $An_{(۷۰/۵۱-۹۰/۱۵۱)}$ ،  $Ab_{(۲۹/۰۲-۹/۶۱۸)}$ ) و  $Or_{(۰/۰۰۰-۰/۶۳۰)}$ . فرمول ساختاری میانگین محاسبه شده بر مبنای ۸ اتم اکسیژن برای پلاژیوکلازها در جدول ۲ آمده است. **الیون** الیون‌های گابروهای همسانگرد به واسطه مقادیر اندک  $SiO_2$  (۳۹/۴۷ تا ۴۰/۴۷ درصد وزنی)،  $Cr_2O_3$  (۰/۰۰ تا ۰/۰۱ درصد وزنی)،  $NiO$  (۰/۱۲ تا ۰/۲۳ درصد وزنی) و  $CaO$  (۰/۰۲ تا ۰/۰۴ درصد وزنی) و مقدار بالای  $MgO$  (۴۱/۹۸ تا ۴۵/۳۷)

درصد، الیون (۵ تا ۱۰ درصد) و آمفیبول (۱ تا ۲ درصد) است.

**گابرونوریت‌ها:** دارای بافت دانه‌ای، پوئی‌کلیتیک هستند و ترکیب کانی‌شناسی آنها شامل پلاژیوکلاز (۵۰ تا ۵۵ درصد)، کلینوپیروکسن (۲۵ تا ۳۰ درصد)، ارتوپیروکسن (۱۰ تا ۱۵ درصد)، آمفیبول (۴ تا ۵ درصد) و اکسیدهای آهن - تیتانیم است.

**الیون گابرونوریت‌ها:** بافت دانه‌ای، پوئی‌کلیتیک نشان می‌دهند؛ ترکیب کانی‌شناسی آنها پلاژیوکلاز (۴۵ تا ۵۰ درصد)، کلینوپیروکسن (۳۰ تا ۳۵ درصد)، الیون (۱۰ تا ۱۵ درصد)، ارتوپیروکسن (۷ تا ۸ درصد) و اکسیدهای آهن - تیتانیم. کانی‌های رسی، سرپانتین، کلریت و اپیدوت، کانی‌های ثانویه الیون گابروها، گابرونوریت‌ها و الیون گابرونوریت‌ها هستند.

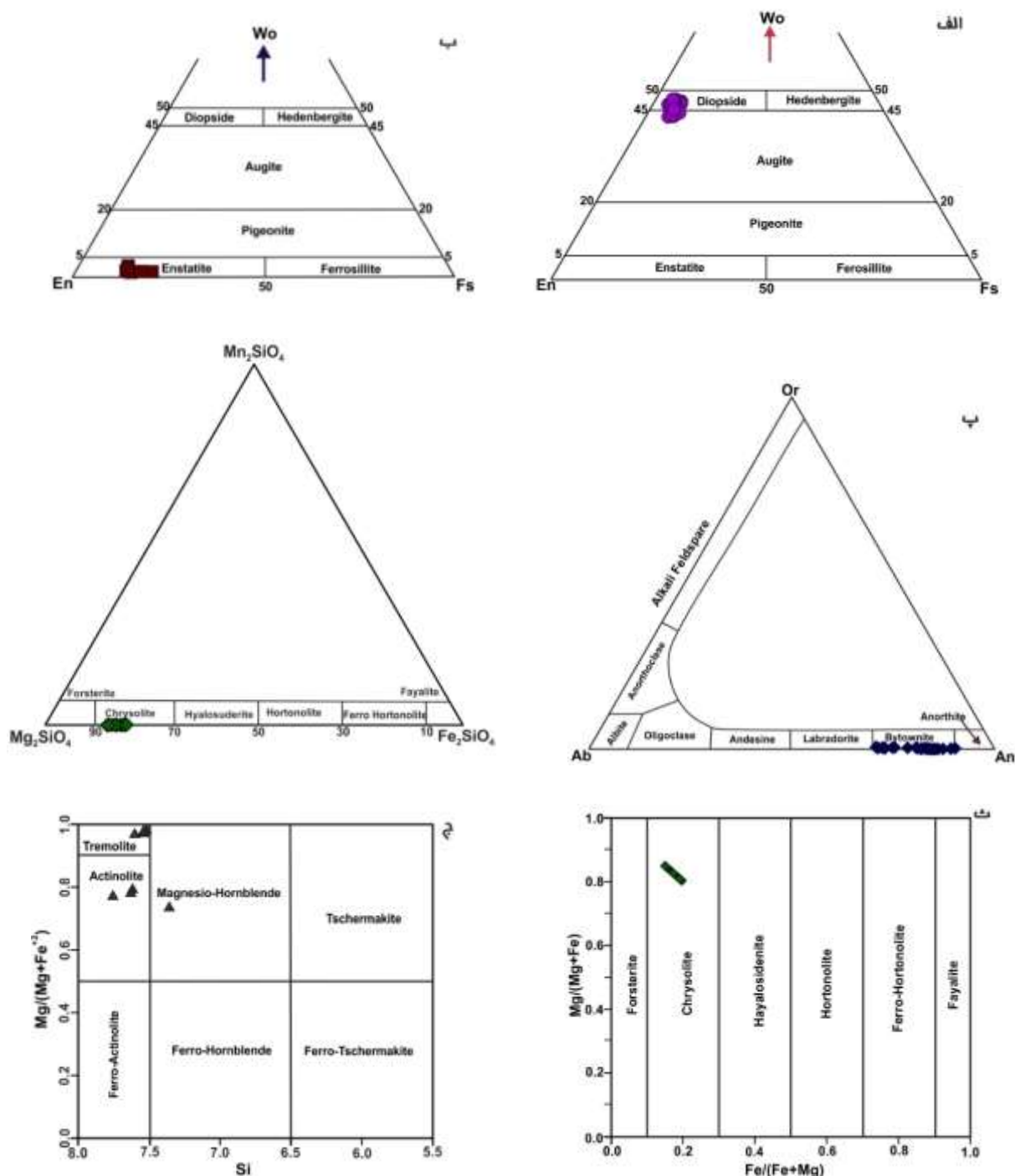
**تروکتولیت‌ها:** دارای بافت دانه‌ای و پوئی‌کلیتیک هستند. کانی‌های اصلی تشکیل دهنده آنها عبارتند از: پلاژیوکلاز (۷۰ تا ۷۵ درصد) و الیون (۲۰ تا ۲۵ درصد) و پیروکسن (حدود ۵ درصد). در مقاطع این سنگ‌ها بلورهای پلاژیوکلاز به صورت شکل‌دار، مشخص و دارای ماکل چندریختی واضح در بین سایر بلورها قابل تشخیص هستند. پیروکسن‌ها دارای ماکل دوقلویی هستند. برخی بلورهای الیون در ارتوپیروکسن‌ها به دام افتاده‌اند. کانی‌های ثانویه تروکتولیت شامل ترمولیت، اکتینولیت، سرپانتین و کانی‌های تیره‌ای مانند هماتیت است. در قسمت‌هایی که دگرسانی شدیدتر بوده است، ارتوپیروکسن‌ها به باسیت تبدیل شده‌اند. در برخی مقاطع، بلورهای الیون از درون به سرپانتین تبدیل شده‌اند. پیروکسن‌ها نیز تا حدودی دگرسان شده‌اند که با توجه به اجزاء قابل تشخیص باقی‌مانده، می‌توان آنها را کلینوپیروکسن به حساب آورد. پلاژیوکلازها نیز تا حدی سوسوریتی شده‌اند. به‌طور کلی پدیده کلریتی و سرپانتینی شدن به‌وضوح دیده می‌شود که ناشی از دگرسانی رخ داده در منطقه است.

#### شیمی کانی

**کلینوپیروکسن** شیمی کانی کلینوپیروکسن گابروهای همسانگرد افیولیت کرمانشاه (جدول ۱) با مقدار  $SiO_2$  بین ۵۱/۸۴ تا ۵۳/۴۱ درصد وزنی،  $MgO$  در گستره ۱۵/۶۵ تا ۱۷/۳۵ درصد وزنی و غنی از کلسیم ( $Wo_{(۴۳/۸-۴۸/۵)}$ ) و  $CaO$  بین ۲۰/۷۶ تا ۲۳/۴۹ درصد وزنی و مقدار اندک  $Na$  ( $Na_2O$ ) کمتر از ۰/۵۴ درصد وزنی و  $Cr$  ( $Cr_2O_3$ ) بین ۰/۱۷ تا ۰/۹۸ درصد وزنی

ث). مؤلفه فورستریتی الیوین‌ها در گستره (۸۰/۰۷-۸۴/۸۲) تغییر می‌کند. فرمول ساختاری میانگین محاسبه شده بر مبنای ۴ اتم اکسیژن برای الیوین‌ها در جدول ۳ آورده شده است.

مشخص می‌شوند. الیوین‌ها بیشتر ترکیب فورستریتی دارند (شکل ۳ ت) و در نمودار  $Mg/(Mg+Fe)$  نسبت به  $Fe/(Fe+Mg)$  [۱۳] در گستره کریزولیت قرار دارند (شکل ۳

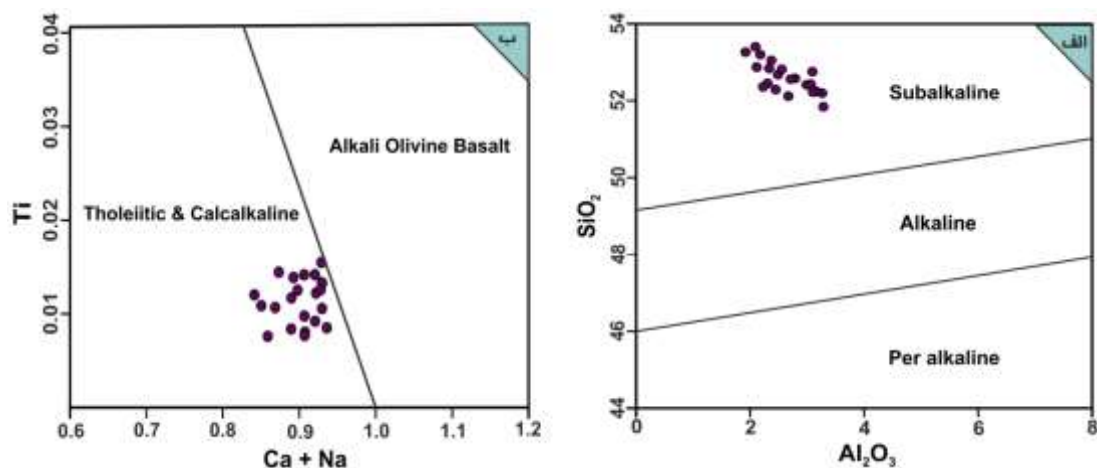


شکل ۳ نمودارهای رده‌بندی؛ الف) نمودار En-Wo-Fs برای کلینوپیروکسن‌ها [۱۲]، ب) نمودار En-Wo-Fs برای ارتوپیروکسن‌ها [۱۲]، پ) نمودار نامگذاری پلاژیوکلازها [۱۳]، ت) نمودار مثلثی Fa-Fo-Tp برای الیوین، ث) نمودار  $Mg/(Mg+Fe)$  نسبت به  $Fe/(Fe+Mg)$  برای الیوین [۱۳] و ج) نمودار  $Mg^{#}$  نسبت به Si برای رده‌بندی آمفیبول‌ها [۱۴] برای گابروهای همسانگرد افیولیت کرمانشاه.

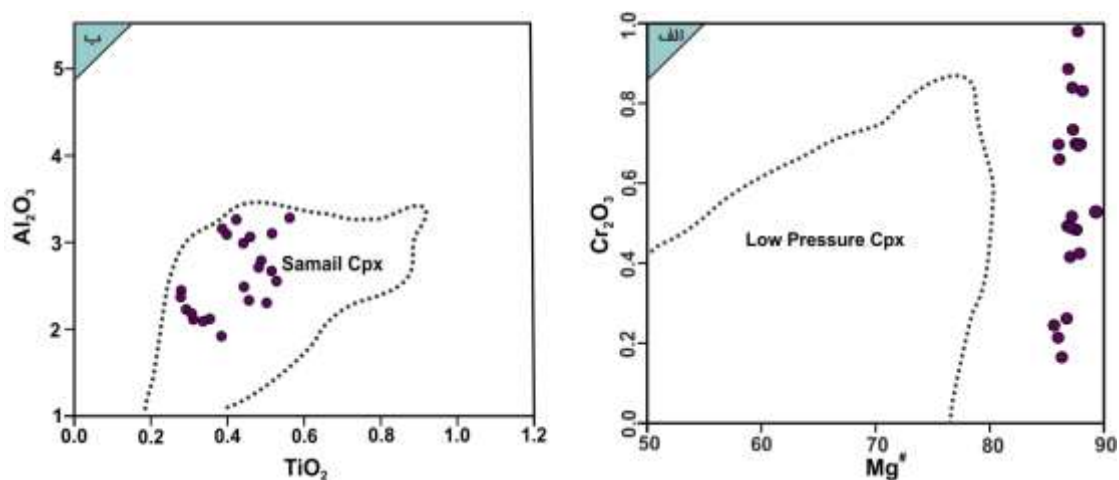
## بحث

نتایج به دست آمده از شیمی کانی کلینوپیروکسن گابروهای همسانگرد بر نمودارهای  $\text{SiO}_2$  نسبت به  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (شکل ۴ الف، [۱۵]) و  $\text{Ti}$  نسبت به  $\text{Ca}+\text{Na}$  (شکل ۴ ب، [۱۶]) نشان دهنده ماهیت تولییتی خاستگاه ماگمایی است. کلینوپیروکسن-های مورد بررسی دارای مقادیر نسبتاً کم  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (۱٫۹۲ تا ۳٫۲۸ درصد وزنی) هستند. نمودارهای  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  نسبت به  $\text{Mg}^\#$  (شکل ۵ الف) و  $\text{Al}_2\text{O}_3$  نسبت به  $\text{TiO}_2$  (شکل ۵ ب) نشان می‌دهند که این پیروکسن‌ها در شرایط فشار متوسط متبلور می‌گشته‌اند [۱۷]؛ زیرا پیروکسن‌هایی که در شرایط فشار بالا متبلور می‌شوند، دارای مقادیر بالای  $\text{TiO}_2$ ،  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  و نیز  $\text{Al}_2\text{O}_3$  هستند.

آمفیبول نتایج تجزیه آمفیبول‌ها نشان از مقدار نسبتاً بالای  $\text{SiO}_2$  (۵۵٫۲۱–۵۱٫۷۶ درصد وزنی)،  $\text{CaO}$  (۱۲٫۳۸–۱۱٫۶۵ درصد وزنی) و مقدار کم  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (۰٫۳۶–۰٫۱۰ درصد وزنی)،  $\text{Na}_2\text{O}$  (۰٫۲۷–۰٫۹۴) و  $\text{K}_2\text{O}$  (۰٫۱۱–۰٫۰۳ درصد وزنی) و  $\text{TiO}_2$  (۰٫۲۵–۰٫۰۶ درصد وزنی) دارد. آمفیبول‌های مورد بررسی از منیزیم غنی بوده و  $\text{Mg}^\#$  در گستره ۶۴٫۳۴ تا ۸۴٫۸۶،  $\text{Mg}[\text{Mg}+\text{Fe}^{+2}]$  آنها در گستره ۰٫۷۳ تا ۰٫۹۸ و  $\text{Ca}^\#$  و  $\text{Ca}[\text{Ca}+\text{Na}+\text{K}]$  در گستره ۰٫۸۷ تا ۰٫۹۶ متغیر است. نمونه‌های آمفیبول افیولیت کرمانشاه در نمودار  $\text{Si}$  نسبت به  $\text{Mg}[\text{Mg}+\text{Fe}^{+2}]$  [۱۴] بیشتر در گستره ترمولیت، اکتینولیت و اکتینو هورنبلند واقع‌اند (شکل ۳ ج).



شکل ۴ الف) نمودار  $\text{SiO}_2$  نسبت به  $\text{Al}_2\text{O}_3$  [۱۵] و ب) نمودار  $\text{Ti}$  نسبت به  $\text{Ca}+\text{Na}$  [۱۶].

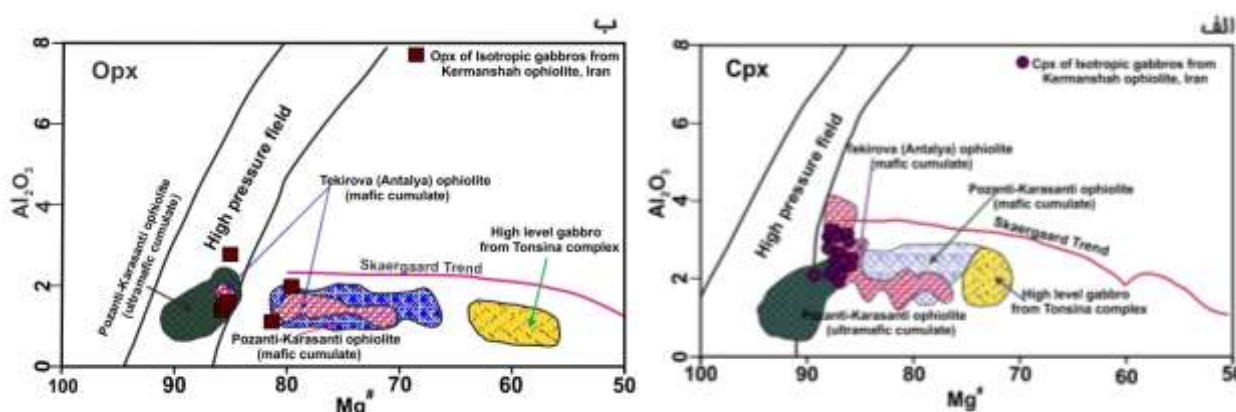


شکل ۵ الف) نمودار  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  نسبت به  $\text{Mg}^\#$ ، گستره کلینوپیروکسن کم فشار نتیجه بررسی‌های تجربی N-MORB در فشار ۱ اتمسفر است [۱۸] و ب) نمودار  $\text{Al}_2\text{O}_3$  نسبت به  $\text{TiO}_2$  [۱۷]، گستره افیولیت سمایل برگرفته از مرجع [۸] است.

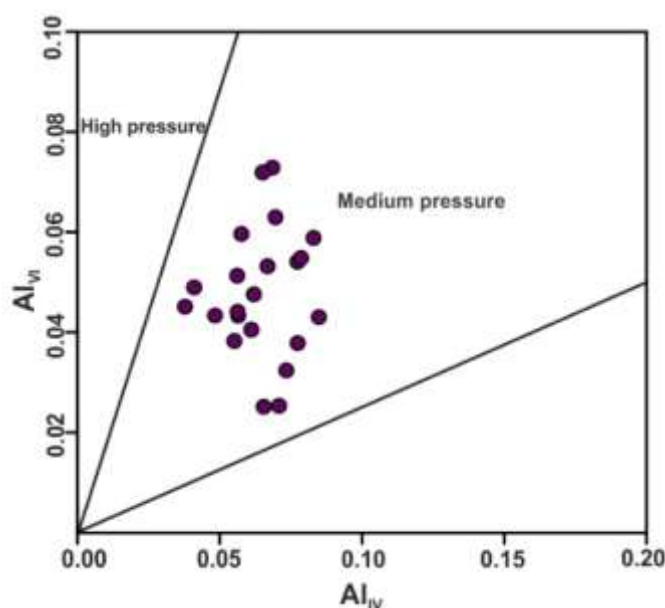
زمین‌ساختی، نمودار Na نسبت به  $\text{Fe}^{2+}$  (شکل‌های ۸ الف و ب، [۲۱])، گستره جزایر قوسی را نشان می‌دهند و در نمودارهای  $\text{Al}_{\text{IV}}$  نسبت به Ti (شکل ۸ پ) و  $\text{Al}_{\text{I}}$  نسبت به Ti (شکل ۸ ت، [۲۲])، نیز مشخصه‌های تولیت‌های جزایر قوسی را به نمایش می‌گذارند. کِلینوپیروکسن‌های مورد بررسی در نمودار Ti+Cr نسبت به Ca (شکل ۹ الف، [۱۶]) و نمودار Ti نسبت به Al (شکل ۹ ب، [۱۶]) در گستره تولیت جزیره قوسی واقع می‌شوند.

کِلینوپیروکسن‌هایی که از یک ماگمای بازی در فشار پایین متبلور می‌شوند،  $\text{Mg}^{\#}$  کمتر از ۸۴ دارند [۱۹]. کِلینوپیروکسن‌ها و ارتوپیروکسن‌های گابروهای همسانگرد افیولیت کرمانشاه در نمودار  $\text{Al}_2\text{O}_3$  نسبت به  $\text{Mg}^{\#}$  در گستره فشار متوسط واقع می‌شوند (شکل ۶). در نمودار توزیع آلومینیم هشت‌وجهی و چهاروجهی [۲۰] نیز گابروهای افیولیت کرمانشاه در گستره فشار متوسط رسم می‌شوند (شکل ۷).

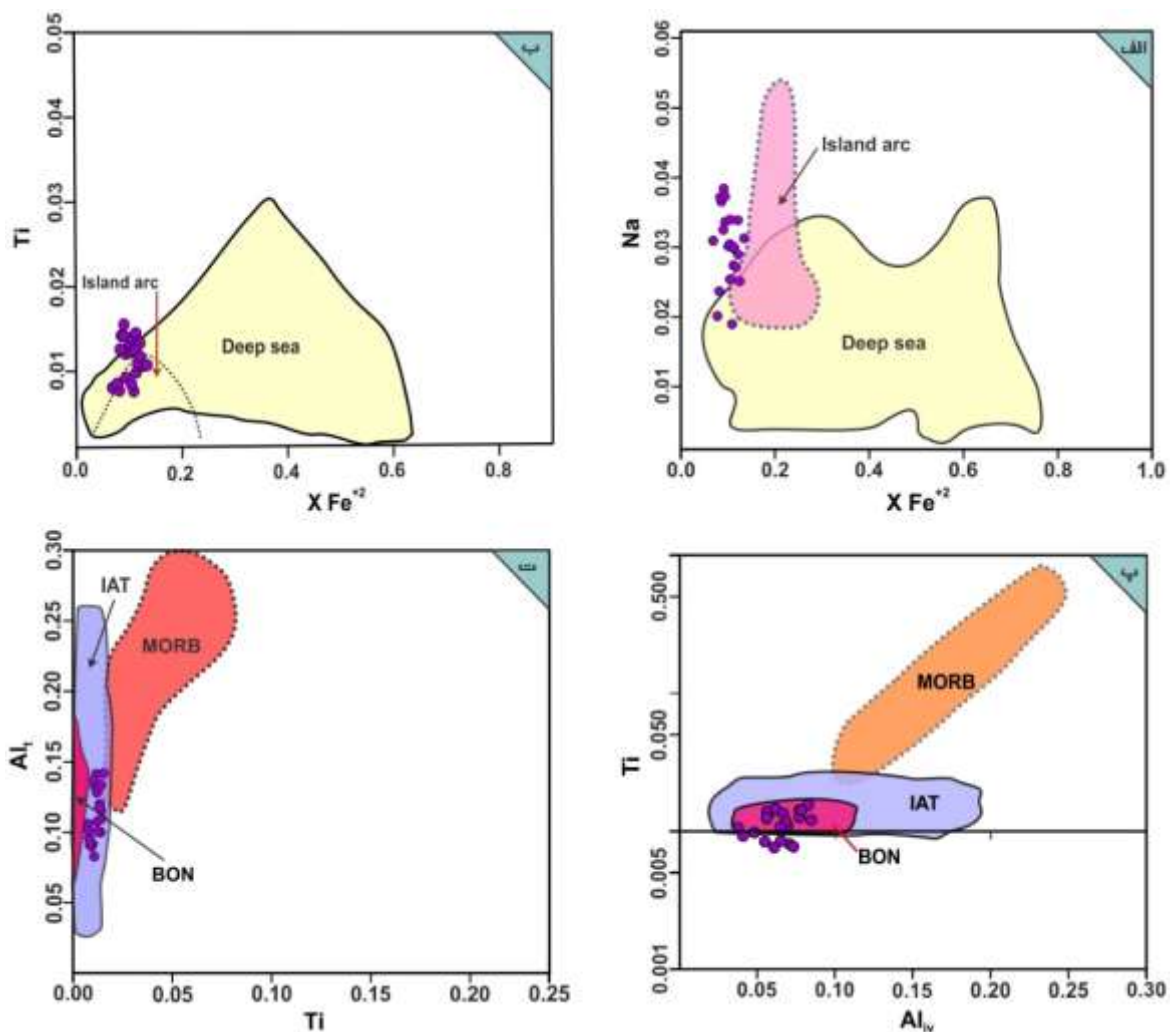
داده‌های مربوط به شیمی کانی کِلینوپیروکسن گابروهای همسانگرد افیولیت کرمانشاه بر نمودارهای تفکیک محیط



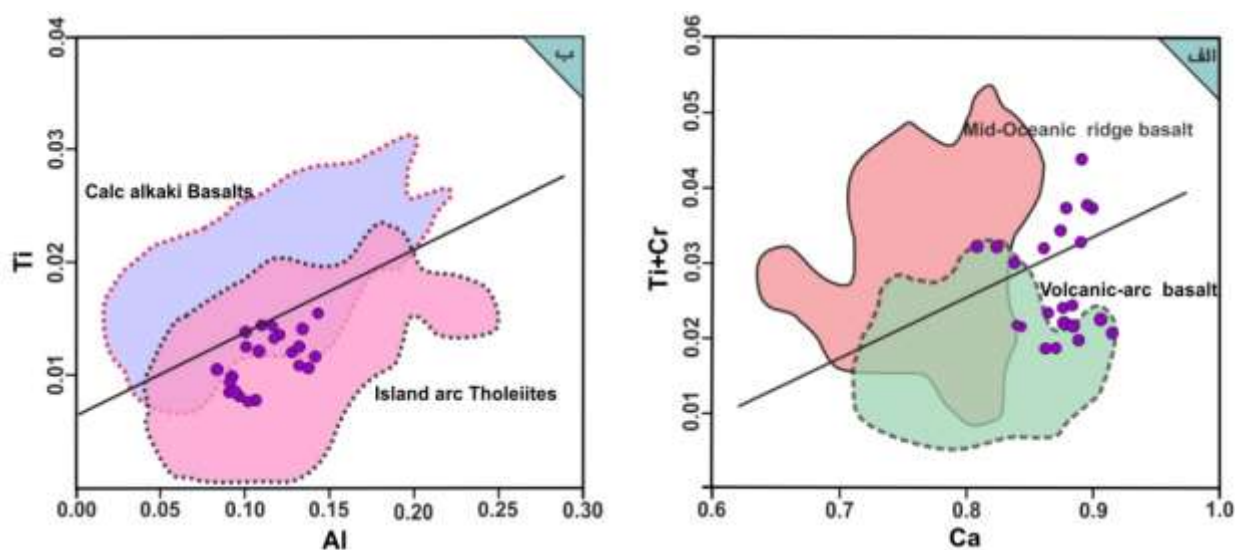
شکل ۶ نمودار  $\text{Al}_2\text{O}_3$  نسبت به  $\text{Mg}^{\#}$  در الف) کِلینوپیروکسن‌ها و ب) ارتوپیروکسن‌های گابروهای همسانگرد افیولیت کرمانشاه. (گستره فشار بالا از مرجع [۲۳]؛ گستره‌های افیولیت پوزانتی و کارزانتی از [۷، ۱۹]؛ گستره‌های افیولیت تکیروا (Antalya)، از مرجع [۲۴] و داده‌های همبافت تونزینا (Tonsina) از مرجع [۲۵].



شکل ۷ نمودار  $\text{Al}_{\text{VI}}$  نسبت به  $\text{Al}_{\text{IV}}$  [۲۰] برای تعیین فشار کلی تبلور کِلینوپیروکسن‌های گابروهای افیولیت کرمانشاه.



شکل ۸ نمودارهای تعیین کننده محیط زمین‌ساختی؛ (الف) Na نسبت به  $X Fe^{+2}$  [۲۱]، (ب) Ti نسبت به  $X Fe^{+2}$  [۲۱]، (پ)  $Al_{IV}$  نسبت به Ti [۲۲] و (ت) نمودار  $Al_I$  نسبت به Ti [۲۲].



شکل ۹ (الف) نمودار Ti+Cr نسبت به Ca [۱۶] و (ب) نمودار Ti نسبت به Al [۱۶] برای کلینوپیروکسن‌های گابروهای همسانگرد افیولیت کرمانشاه.

جزیره قوسی هستند. مؤلفه آنورتیتی پلاژیوکلازهای موجود در گابروهای همسانگرد مورد بررسی بالاست (An) (۹۰/۱۵۱-۷۰/۵۱)؛ وجود پلاژیوکلاز کلسیمی در گابروها ممکن است خاستگاه جزیره قوسی آنها را به ذهن آورد سنگ‌های گابرویی محیط قوس به سبب مقدار بالای کلسیک موجود در پلاژیوکلازهای آنها از گابروهای اقیانوسی متمایز هستند [۶، ۳۹، ۴۰]. عبارتی پلاژیوکلازهای موجود در گابروهای با خاستگاه جزیره قوسی دارای مقدار مؤلفه آنورتیتی بالاتری نسبت به انواع تشکیل شده در محیط پشته میان اقیانوسی هستند.

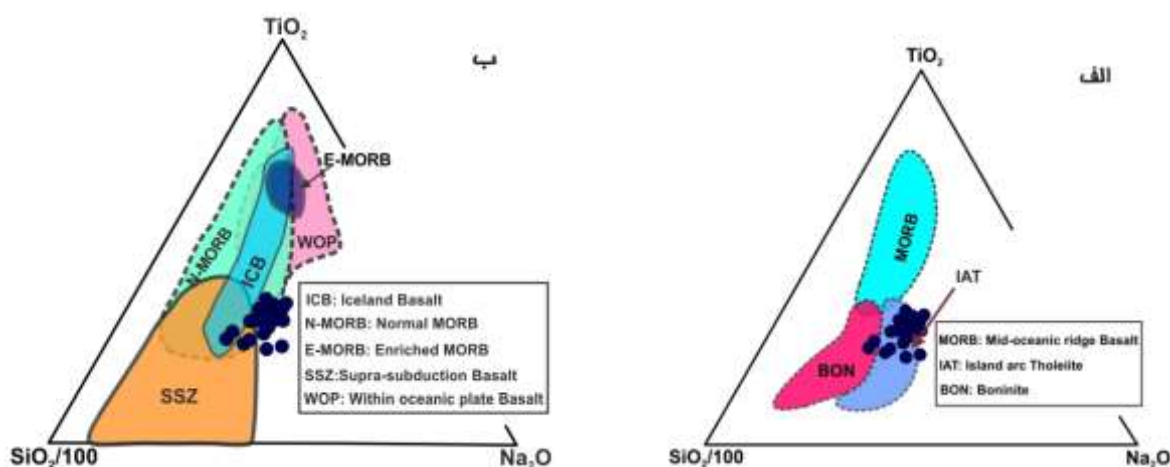
تغییرات مقدار آنورتیت پلاژیوکلاز نسبت به انستاتیت پیروکسن برای سنگ‌های گابرویی همراه با جایگاه جزیره قوسی و همچنین برای بسیاری از افیولیت‌های مدیترانه‌ای شامل ترودوس [۴۱]، پوزانتی - کارزانتی [۷]، قزل داغ [۲۴] و کومورهان (Kömürhan) [۴۲] در شکل ۱۱ نشان داده شده است. در نمودار An، -En، گابروهای مورد بررسی شباهت‌های بسیاری با سنگ‌های مربوط به محیط فرورانش نشان می‌دهند. تغییرات مقدار آنورتیت پلاژیوکلازها نسبت به  $Mg^{\#}$  کلینوپیروکسن‌ها، گابروهای تشکیل شده در پشته میان اقیانوسی (MOR) و محیط جزایر قوسی را از هم تفکیک می‌کند. کلینوپیروکسن‌های سازنده سنگ‌های گابرویی افیولیت کرمانشاه بر نمودار  $An, mol\%-Mg^{\#}$ ، مشخصه‌های انتقالی بین گابروهای پشته میان اقیانوسی و محیط مربوط به قوس را نشان می‌دهند (شکل ۱۲)، بنابراین ممکن است در محیط پشت قوس یا پهنه ابرفرورانشی تشکیل شده باشند.

کلینوپیروکسن‌های گابروهای همسانگرد افیولیت کرمانشاه بر نمودار تعیین محیط زمین‌ساختی  $SiO_2/100-TiO_2-Na_2O$  (شکل ۱۰ الف، [۲۲])، مشخصه‌های تولیت‌های جزایر قوسی را به نمایش می‌گذارند و در محیط پهنه ابرفرورانشی زون تشکیل شده‌اند (شکل ۱۰ ب، [۲۲، ۲۶، ۲۷]).

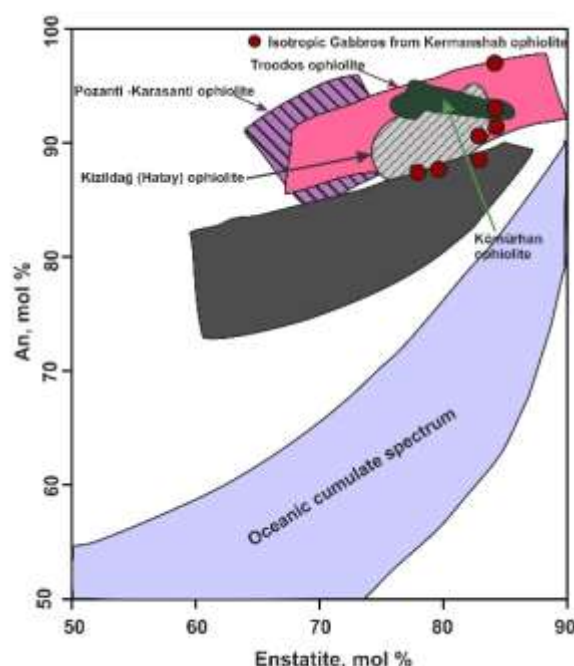
به طور کلی، نتایج برآمده از بررسی‌های انجام شده بر کلینوپیروکسن‌های موجود در گابروهای همسانگرد افیولیت کرمانشاه مشخصه‌های جزایر قوسی را نشان می‌دهند و می‌توان با توجه به شواهد مستدل، خاستگاه پهنه ابرفرورانشی را برای افیولیت کرمانشاه در زمین‌درز زاگرس در نظر گرفت. این نتایج و تفسیرهای انجام شده با نتایج پژوهش‌های پیشین از جمله ماهیت تولیت جزیره قوسی دایک‌های منفرد [۲۸]، وجود پریدوتیت‌های گوشته‌ای، گابروها و سنگ‌های آتشفشانی با ویژگی تولیت جزیره قوسی و نیز بازالت‌های قلیایی درون صفحه‌ای [۲۹]، گابروهای بازالت پشته‌های میان اقیانوسی (MORB) و هارزبورژیت‌های ابرفرورانشی [۳۰]، خاستگاه پهنه ابرفرورانشی برای دایک‌های ورقه‌ای [۳۱] همخوانی دارد.

افیولیت‌های تشکیل شده در جایگاه پهنه ابرفرورانشی به سه محیط مختلف تعلق دارند: جزایر قوسی، حوضه‌های پشت قوس و پیش قوس. در محیط پهنه ابرفرورانشی، ماگماهای تولیت جزایر قوسی (IAT) و نیز بونینیتی ممکن است دیده شوند [۲۴، ۳۸-۳۲].

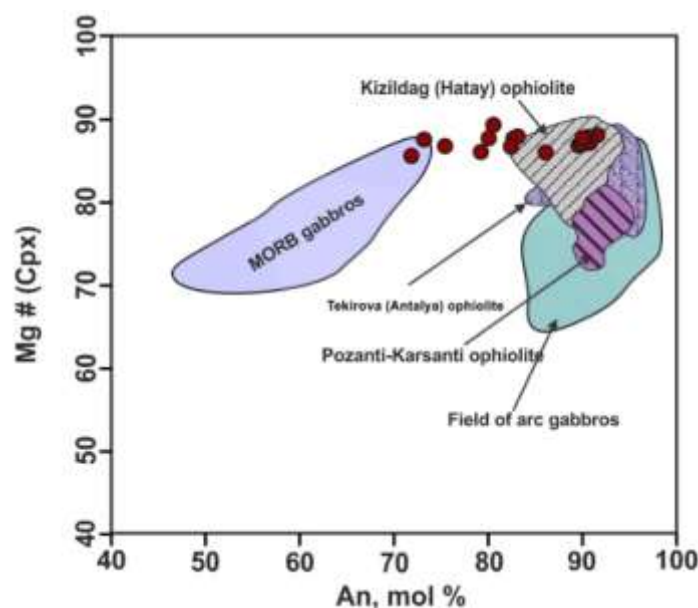
نسبت  $FeOt/MgO$  (کمتر از ۰/۵) و  $K_2O/Na_2O$  (کمتر ۰/۱) آمفیبول‌های مورد بررسی مشابه آمفیبول‌های محیط



شکل ۱۰ (الف و ب) نمودارهای تعیین محیط زمین‌ساختی  $SiO_2/100-TiO_2-Na_2O$  [۲۲].



شکل ۱۱ نمودار An-En برای کلینوپیروکسن‌های گابروهای همسانگرد افیولیت کرمانشاه. گستره افیولیت ترودوس [۴۱]؛ پوزانتی - کارزانتی [۷]، قزل داغ [۲۴] و کومورهان [۴۲] نیز برای مقایسه نشان داده شده است.



شکل ۱۲ مقدار آنورتیت پلاژیوکلازها نسبت به  $Mg^{\#}$  کلینوپیروکسن‌های تشکیل دهنده گابروهای همسانگرد افیولیت کرمانشاه. گستره‌های MORB و گابروهای مربوط به قوس [۳۹]؛ گستره افیولیت پوزانتی - کارزانتی [۷]؛ قزل داغ و تکیروا [۲۴].

چنان که از بررسی‌های تجربی نیز مشخص شده است فشار بالای بخار آب در یک سیستم آلبیت - آنورتیت - آب، سبب تبلور پلاژیوکلازهای غنی از آنورتیت می‌شود [۴۳]. علاوه بر این گفته می‌شود که مذاب‌های بازالتی آبدار در مقایسه با

شرایط فشار بالای آب در ماگما را می‌توان باتوجه به وجود پیروکسن غنی از کلسیم به جای الیون نتیجه گرفت [۴۳]. زیرا پیروکسن‌های دارای مقادیر کم کلسیم از مذاب‌های بازالتی و آندزیت بازالتی آبدار متبلور نمی‌شوند [۴۴، ۴۵]. پلاژیوکلازهای غنی از کلسیم این موضوع را تأیید می‌کنند،

پلاژیوکلازهای کلسیک ( $An_{(70/51-90/15)}$ ) در گابروها نشان از تشکیل آنها در محیط زمین‌ساختی مربوط به فروورانش دارد.

• وجود کانی آمفیبول در گابروها نشان دهنده شرایط آبدار بودن محیط در زمان جدایش ماگمایی آنهاست و خاستگاه مربوط به فروورانش را برای آنها تأیید می‌کند.

شیمی کانی کلینوپیروکسن گابروهای همسانگرد نشان می‌دهد که ماگمای سازنده آنها وابسته به تولیت‌های جزایر قوسی است که شاخص افیولیت‌های تشکیل شده در محیط پهنه ابرفروورانشی است.

#### قدردانی

نویسندگان مقاله از پروفسور فیلیکس پتروویچ لسنوف (پژوهشگر ارشد آزمایشگاه زمین‌دینامیک و فعالیت ماگمایی مؤسسه زمین‌شناسی و کانی‌شناسی سوبولف شاخه سبیری، عضو فرهنگستان علوم طبیعی روسیه، متخصص در زمینه فعالیت ماگمایی مافیک - فرامافیک نواحی چین خورده) برای انجام تجزیه‌های ریزپردازش الکترونی قدردانی می‌کنند.

#### مراجع

- [1] Shafaii Moghadam H., Stern, R. J., "Late Cretaceous fore arc ophiolites of Iran", *Island Arc* 20 (2011) 1-4.
- [2] Shahidi M., Nazari, H., "Geological map of Harsin, 1/100.000 scale", Geological survey of Iran, Tehran, 1997.
- [3] Bağcı U., "The geochemistry and petrology of the ophiolitic rocks from the Kahramanmaraş region, southern Turkey", *Turkish Journal. Earth Science* 22 (2013) 1-27.
- [4] Arvin M., Babaei A., Ghadmi G., Dargahi S., Ardekani A.S., "The origin of the Kahnuj ophiolitic complex, SE of Iran: Constraints from whole rock and mineral chemistry of the Bande-Zeyarat gabbroic complex", *Ofioliti* 30 (2005) 1-14.
- [5] Boudier F., Godard M., Armbruster C., "Significance of gabbro-norite occurrence in the crustal section of the Semail ophiolite", *Marine Geophysical Research* 21 (2000) 307-326.
- [6] Parlak O., Delaloye M., Bıngöl E., "Mineral chemistry of ultramafic and mafic cumulates as an indicator of the arc-related origin of the Mersin ophiolite (southern Turkey)", *Geologische Rundschau* 85 (1996) 647-661.
- [7] Parlak O., Höck V., Delaloye M., "Suprasubduction zone origin of the Pozanti-Karsanti ophiolite (southern Turkey) deduced from

مذاب‌های بی‌آب، پلاژیوکلازهای آنورتیتی بیشتری را متبلور می‌کنند [۴۶].

در مجموع نتایج زمین‌شیمیایی سنگ کل دایک‌ها [۳۱]، زمین‌شیمی گابروهای همسانگرد، سنگ‌های آتشفشانی و نیز داده‌های مربوط به شیمی کانی گابروهای همسانگرد شواهد مستدلی در تأیید خاستگاه پشت قوس برای مجموعه افیولیتی کرمانشاه و نسبت دادن آن به محیط پهنه ابرفروورانشی فراهم می‌آورد.

#### برداشت

• افیولیت کرمانشاه دارای هر دو نوع گابرو (گابروهای لایه‌ای و همسانگرد) است. گابروهای همسانگرد افیولیت کرمانشاه شامل طیفی از گابرو، الیوین‌گابرو، گابرونوریت، الیوین‌گابرو نوریت و تروکتولیت هستند.

• گابروهای همسانگرد بیشتر بافت دانه‌ای، پوئی‌کیلیتیک نشان می‌دهند، ترکیب کانی‌شناسی آنها عبارت است از پلاژیوکلاز، کلینوپیروکسن، ارتوپیروکسن، الیوین و آمفیبول. کروم‌اسپینل و زئوئیت کانی‌های فرعی و کانی‌های رسی، کلریت و مگنتیت کانی‌های ثانویه این سنگ‌ها هستند.

• شیمی کانی گابروهای همسانگرد نشان می‌دهد که کلینوپیروکسن‌ها با ترکیب اوژیت - دیوپسیدی و گستره ترکیبی  $En_{(45/50-79/91)}$ ،  $Fs_{(3/64-7/41)}$  و  $Wo_{(43/48-81/5)}$ ، غنی از کلسیم و فقیر از سدیم ( $Na_2O$  کمتر از ۰/۵۴ درصد وزنی) با مقدار نسبتاً بالای  $Mg^{#}$  (۸۵/۶۲ تا ۸۹/۳۵) و اندکی  $Ti$  ( $TiO_2$  کمتر از ۰/۲۸ درصد وزنی) مشخص می‌شود و شباهت‌های بسیاری را با کلینوپیروکسن‌های مربوط به جزایر قوسی نشان می‌دهند.

• پلاژیوکلازها از آنورتیت غنی بوده و بیشتر از نوع بیتونیتی هستند ( $An_{(70/51-90/15)}$ ،  $Ab_{(9/62-29/02)}$  و  $Or_{(0/10-0/63)}$ ).

• الیوین‌ها بیشتر ترکیب فورستریتی دارند و مؤلفه فورستریتی آنها در گستره ۸۰/۶۵-۸۴/۸۱۸ تغییر می‌کند.

• ارتوپیروکسن‌ها ترکیب انستاتیتی دارند و گستره ترکیبی آنها:  $En_{(78/84-271/94)}$ ،  $Fs_{(13/0-20/07)}$  و  $Wo_{(1/43-3/36)}$  است.

• آمفیبول‌ها از منیزیم غنی هستند و  $Mg^{#}$  آنها در گستره ۶۴/۳۴ تا ۸۴/۸۶ تغییر می‌کند.

• وجود الیوین‌های با منیزیم بالا ( $Fe_{(80/07-84/82)}$ ) و پیروکسن‌های غنی از منیزیم ( $Mg^{#}$  از ۸۵/۶۲ تا ۸۹/۳۵) و نیز

- [18] Elthon D., "Petrology of gabbroic rocks from the Mid - Cayman Rise spreading center", *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 92 (1987) 658-682.
- [19] Parlak O., Hoeck V., Delaloye M., "The suprasubduction zone Pozanti-Karsanti ophiolite, southern Turkey: evidence for high-pressure crystal fractionation of ultramafic cumulates", *Lithos* 65 (2002) 205-224.
- [20] Wass, S. Y., "Multiple origins of clinopyroxenes in alkali basaltic rocks", *Lithos* 12 (1979) 115-132.
- [21] Asthana D., "Relict clinopyroxenes from within-plate metadolerites of the Petroi Metabasalt, the New England fold belt, Australia", *Mineralogy Magazine* 55 (1991) 549-651.
- [22] Beccaluva L., Macciotta G., Piccardo G.B.O., "Clinopyroxene composition of ophiolite basalts as petrogenetic indicator", *Chemical Geology* 77 (1989) 165-182.
- [23] Medaris L.G., "High-pressure peridotites in south-western Oregon", *Geological Society of America Bulletin*. 83(1972) 41-58.
- [24] Bağcı U., Parlak O., Höck V., "Geochemical character and tectonic environment of ultramafic to mafic cumulate rocks from the Tekirova (Antalya) ophiolite (southern Turkey)", *Geological Journal* 41 (2006) 193-219.
- [25] DeBari S.M., Coleman R., "Examination of the deep levels of an island arc: Evidence from the Tonsina Ultramafic - Mafic Assemblage, Tonsina, Alaska", *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 94(1989) 4373-4391.
- [26] Saccani E., Allahyari Kh., Beccaluva L., Bianchini G., "Geochemistry and petrology of the Kermanshah ophiolites (Iran): Implication for the interaction between passive rifting, oceanic accretion, and OIB-type components in the Southern Neo-Tethys Ocean", *Gondwana Research* 24 (2013) 392-411.
- [27] Saccani E., Azimzadeh Z., Dilek Y., Jahangiri A., "Geochronology and petrology of the Early Carboniferous Misho Mafic Complex (NW Iran), and implications for the melt evolution of Paleo-Tethyan rifting in Western Cimmeria", *Lithos* 162 (2013) 264-278.
- [28] Desmons, J., Beccaluva, L., "Mid-ocean ridge and island-arc affinities in ophiolites from Iran: palaeographic implications: complementary reference", *Chemical Geology* 39(1-2) (1983):39-63.
- whole-rock and mineral chemistry of the gabbroic cumulates", *Geological Society, London, Special Publications* 173 (2000) 219-234.
- [8] Pallister J.S., Hopson C.A., "Samail ophiolite plutonic suite: field relations, phase variation, cryptic variation and layering, and a model of a spreading ridge magma chamber", *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 86 (1981) 2593-2644.
- [9] Yellappa T., Tsungogae T., Chetty T.R.K., Santosh M., "Mineral chemistry of isotropic gabbros from the Manamedu Ophiolite Complex, Cauvery Suture Zone, southern India: Evidence for neoproterozoic suprasubduction zone tectonics", *Journal of Asian Earth Sciences* 130 (2016).
- [10] Amini S., Moradpour R., Zareii Sahamieh R., "Petrography, geochemistry and petrology of the South Sahneh Ophiolite Complex (NE Kermanshah)", *Journal of Crystallography and mineralogy of Iran* 13 (2) (2007) 225-246 (in Persian).
- [11] Kertz R., "Symbols for rock-forming minerals", *American Mineralogist*, 68 (1983) 277-279.
- [12] Morimoto N., Fabries J., Ferguson A.K., Ginzburg I.V., Ross M., Seifert F.A., Zussman J., Aoki K., Gottardi G., "Nomenclature of pyroxenes", *American Mineralogist* 73 (1988) 1123-1133.
- [13] Deer W.A., Howie R.A., Zussman J., "An introduction to the rock-forming minerals" Longman London 696 (1992).
- [14] Leake E.B., Wooley A.R., Arps C.E.S., Birch W.D., Gilbert M.C., Grice J.D., Hawthorne F.C., Kato A., Kisch H.J., Krivovichev V.G., Linthout K., Laird, J., Mandarino J., Maresch W.V., Nickhel E.H., Rock N.M.S., Schumacher J.C., Smith D.C., Stephenson N.C.N., Ungaretti L., Whittaker E.J.W., Youzhi G., "Nomenclature of Amphiboles", *European Journal of Mineralogy* 9 (1997) 623-651.
- [15] Le Bas M.J., "The role of aluminum in igneous clinopyroxenes with relation to their parentage", *American Journal of Science* 260(1962) 267-288.
- [16] Leterrier J., Maury R.C., Thonon P., Girard D., Marechal M., "Clinopyroxene composition as a method of identification of the magmatic affinities of paleo-volcanic series", *Earth and Planetary Science Letters* 59(1982) 139-154.
- [17] Green T.H. Ringwood A., "Genesis of the calc-alkaline igneous rock suite", *Contributions to Mineralogy and Petrology* 18 (1968) 105-162.

- [38] Tanirli M., Rizaoglu T., "Whole-rock and mineral chemistry of mafic cumulates from the Low-Ti ophiolite in the southern part of Kahramanmaras, Turkey", *Russian Geology and Geophysics* 57 (2016) 1398-1418.
- [39] Burns L.E., "The Border Ranges ultramafic and mafic complex, south-central Alaska: cumulate fractionates of island-arc volcanics", *Canadian Journal of Earth Sciences* 22 (1985) 1020-1038.
- [40] Hebert R., Laurent R., "Mineral chemistry of ultramafic and mafic plutonic rocks of the Appalachian ophiolites, Quebec, Canada", *Chemical Geology* 77 (1989) 265-285.
- [41] Hebert, R., Laurent, R., "Mineral chemistry of the plutonic section of the Troodos ophiolite: New constraints for genesis of arc-related ophiolites, in: Malpas, J., Moores, E., Panayiotou, A., Xenophontos, C. (Eds.), *Ophiolites—Oceanic Crustal Analogues*", *Proc. Troodos Ophiolite Symposium—1987*. Cyprus (1990) 149–163.
- [42] Rizaoglu T., Parlak O., Hoeck V., Isler F., "Nature and significance of Late Cretaceous ophiolitic rocks and its relation to the Baskil granitoid in Elazig region, SE Turkey, in: Robertson, A.H.F., Mountrakis, D. (Eds.), *Tectonic Development of the Eastern Mediterranean Region*. Geological Society, London, Specific Publication 260 (2006) 327–350.
- [43] Johannes W., "Melting of plagioclase in the system Ab-An- and Qz-Ab-An at  $P_{H_2O}=5$  kbars, an equilibrium problem", *Contributions to mineralogy and petrology* 66 (1978) 295-303.
- [44] Kushiro I., "The system forsterite-diopside-silica with and without water at high pressures", *American Journal Science* 267 (1969) 269-294.
- [45] Sisson T.W., Grove T.L., "Experimental investigations of the role of  $H_2O$  in calc-alkaline differentiation and subduction zone magmatism", *Contributions to mineralogy and petrology* 113 (1993) 143-166.
- [46] Arculus R.J., Wills K.J., "The petrology of plutonic blocks and inclusions from the Lesser Antilles island arc", *Journal of Petrology* 21(1980) 743-799.
- [29] Ghazi A.M., Hassanipak A. A., "Geochemistry of subalkaline and alkaline extrusives from the Kermanshah ophiolite, Zagros Suture Zone, Western Iran: Implications for Tethyan plate tectonics", *Asian Journal of Earth Sciences* 17 (1999): 319-332.
- [30] Allahyari K., Saccani, E., Pourmoafi, M., Beccaluva L., Masoudi F., "Petrology of mantle peridotites and intrusive mafic rocks from the Kermanshah ophiolitic complex (Zagros belt, Iran): implications for the geodynamic evolution of the Neo-Tethyan oceanic branch between Arabia and Iran", *Ophioliti* 35(2010): 71–90.
- [31] Torkian A., Daraee zadeh Z., Aliani F., "Application of geochemical data for determining tectonic setting of diabasic dykes in the Kermanshah ophiolite; Sahneh-Harsin area", *Journal of Crystallography and mineralogy of Iran* 21(2) (2012) 331-342 (in Persian).
- [32] Bağcı U., Parlak O., Höck V., "Geochemistry and tectonic environment of diverse magma generations forming the crustal units of the Kızıldağ (Hatay) ophiolite, Southern Turkey", *Turkish Journal of Earth Sciences* 17 (2008) 43-71.
- [33] Bağcı U., Parlak O., "Petrology of the Tekirova (Antalya) ophiolite (Southern Turkey): evidence for diverse magma generations and their tectonic implications during Neotethyan-subduction", *International Journal of Earth Sciences* 98 (2009) 387-405.
- [34] Beccaluva L., Coltorti M., Giunta G., Siena F., "Tethyan vs Cordilleran ophiolites: a reappraisal of distinctive tectono-magmatic features of suprasubduction complexes in relation to the subduction mode", *Tectonophysics* 393 (2004) 163–174.
- [35] Beccaluva L., Coltorti M., Saccani E., Siena F., "Magma generation and crustal accretion as evidenced by supra - subduction ophiolites of the Albanide–Hellenide Subpelagonian zone", *Island Arc* 14 (2005) 551-563.
- [36] Saccani E., Photiades A., "Mid-ocean ridge and supra-subduction affinities in the Pindos ophiolites (Greece): implications for magma genesis in a forearc setting", *Lithos* 73 (2004) 229-253.
- [37] Saccani E., Photiades A., "Petrogenesis and tectonomagmatic significance of volcanic and subvolcanic rocks in the Albanide–Hellenide ophiolitic mélanges", *Island Arc* 14 (2005) 494-516.