

# سنگ‌شناسی بازالت‌های کواترنری طبس (خاور ایران)

نوشته: سیدمحمد هاشمی\*، محمد‌هاشم امامی\*\*، منصور وثوقی عابدینی\*\*\*، محمد پورمعافی\*\*\* و منصور قربانی\*\*\*

\* دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران؛  
\*\* سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ایران؛  
\*\*\* دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

## Petrology of Quaternary Basalts of Tabas (East of Iran)

By: S. M. Hashemi\*, M. Emami\*\*, M. Vossoughi Abedini\*\*\*, M. Pourmoafi\*\*\* & M. Ghorbani\*\*\*

\*Islamic Azad University, Sciences and Researches Branch, Tehran, Iran

\*\* Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

\*\*\* Earth Science, Faculty, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

تاریخ دریافت: ۱۳۸۵/۰۷/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۶/۰۲/۲۵

### چکیده

در جنوب خاور شهر طبس منطقه‌ای به وسعت حدود ۴۰۰ کیلومتر مربع از بازالت‌های مربوط به کواترنری پوشیده شده است که از نظر زمین‌شناسی جزء زون لوت به شمار می‌آیند. براساس مطالعات سنگ‌نگاری و تجزیه میکروپروب الکترونی (EMPA)، بافت این سنگ‌ها بیشتر پورفیری و گاهی آفیریک است. درشت بلورهای این بازالت‌ها به طور عمدۀ اولیون از نوع کریزولیت، اوژیت و پلاژیوکلاز (لابرادوریت تا آندزین) است که در خمیره‌ای از میکروولیت‌های پلاژیوکلاز و بلورهای ریز پیروکسن و گاه شیشه قرار دارند. براساس نمودارهای مقدار مجموع قلیایی‌ها در مقابل مقدار  $\text{SiO}_2$  ماهیت ماگمای این سنگ‌ها قلیایی تا نیمه قلیایی تعیین شد و علت ویژگی‌های نیمه قلیایی برخی از سنگ‌ها، پدیده آغشتگی ماگمای قلیایی با مواد پوسته‌ای است. فقر نیوبیم در سنگ‌های غنی‌تر از  $\text{SiO}_2$  یکی از دلایل مهم این پدیده است. نمونه‌های قلیایی دارای نفلین نورماتیو و نمونه‌های نیمه قلیایی دارای کوارتز نورماتیو هستند. مطالعات ایزوتوپ‌های Nd و Sr این آغشتگی پوسته‌ای را تأیید کرده‌اند و به علاوه نشان‌دهنده این است که منشأ ماگمای اولیه بازالت‌ها از بخش‌های بالای گوشته است. براساس مطالعات صحرایی و نمودارهای زمین‌ساختی - ماگمایی این بازالت‌ها از نوع درون قاره‌ای است که در کواترنری در اثر فعالیت گسل بزرگ نای‌بند و بازشدگی در محل تقاطع با شاخه‌های فرعی این گسل به سطح زمین راه یافته‌اند.

**کلید واژه‌ها:** طبس، بازالت، قلیایی سدیک، گسل نای‌بند، ایزوتوپ‌های Nd-Sr

### Abstract

In southeastern Tabas there is a 400 square kilometer area of Quaternary basalts, which is geologically located in Lut zone. According to petrographic studies and EMPA analysis, the textures of these rocks are generally porphyric and some times aphyric. The phenocrysts of these basalts are generally chrisolite, augite, and plagioclase (andesine to labradorite), which are embedded in a texture of plagioclase microlites and small blades of pyroxene. According to the diagrams of accumulative amount of alkaline against the amount of  $\text{SiO}_2$ , the nature of the magma is alkaline to sub-alkaline. The reason for the sub-alkaline character of some of these rocks is that the alkaline magma has been contaminated with crust materials. One of the most important reasons for this is the reduction of niobium in rocks enriched with  $\text{SiO}_2$ . The alkaline samples have normative nepheline and the sub-alkaline samples normative quartz. The studies of Nd and Sr isotopes have confirmed the crust contamination and also the source for early magma of basalts is the upper parts of mantle. Based on the field studies and tectono-magmatic diagrams, these basalts are of intercontinental type because of the activities of great fault of Nayband in Quaternary and separation in their cross

point reaching the earth's surface.

**Key words:** Tabas, Basalt, Sodic alkaline, Nayband fault, Nd-Sr isotops

## ۱- مقدمه

بازالت‌های کواترنری یکی از آخرین نشانه‌های ماگماتیسیم در ایران هستند که برخی از آنها در ارتباط با شکستگی‌های ژرف و گسل‌های فعال در طی کواترنری است، منشأ این بازالت‌ها لایه بارورگوشته است (امامی، ۱۳۷۹). با توجه به این که این بازالت‌ها جوان و در نتیجه بدون دگرسانی و هوازدگی هستند، می‌توان ترکیب اولیه ماگمای تشکیل دهنده آنها را به طور دقیق تعیین کرد و در مورد مسائل زمین‌ساختی - ماگمایی آنها اظهار نظر کرد. بازالت‌های کواترنری طبس با توجه به گسترش زیاد و موقعیت خود در خاور ایران از اهمیت خاصی برخوردار هستند و فقط در هنگام تهیه نقشه زمین‌شناسی نایبندان و گزارش مربوطه، به صورت گذرا مورد مطالعه قرار گرفته‌اند و این پژوهش، اولین مطالعه سیستماتیک سنگ‌شناسی آنها است و هدف از این تحقیق، بررسی سنگ‌زایی بازالت‌های منطقه و فرایندهای ماگمایی احتمالی صورت گرفته و در نهایت تعیین محیط زمین‌ساختی - ماگمایی منطقه است که در این رابطه باید نقش گسل بزرگ نایبند مدنظر قرار گیرد.

## ۲- موقعیت زمین‌شناسی

منطقه مورد مطالعه در محدوده طول جغرافیایی  $10^{\circ}$  تا  $57^{\circ}$  و  $30^{\circ}$  تا  $57^{\circ}$  خاوری و عرض جغرافیایی  $45^{\circ}$  تا  $32^{\circ}$  شمالی و در فاصله  $140$  کیلومتری جنوب خاور شهر طبس قرار گرفته است (شکل ۱). این محدوده در نقشه زمین‌شناسی نایبندان (مقیاس  $1/250000$ ) و نقشه زمین‌شناسی شکست آبشاله (مقیاس  $1/100000$ ) قرار دارد و براساس تقسیم‌بندی‌های پیشنهادی جزو زون لوت به شمار می‌آید. در بخش خاوری منطقه مورد مطالعه، امتداد شمالی گسل بزرگ نایبند قرار دارد. وجود چشمه‌های آبگرم و سرد و جابه‌جایی رسوبات کواترنری و مسیر آبراهه‌ها دلیل بر فعالیت این گسل در طی کواترنری است. بازالت‌ها در باختر گسل نایبند رخمون دارند و محدوده‌ای به وسعت  $400$  کیلومتر مربع را پوشانده‌اند (شکل ۲). ریخت‌شناسی بازالت‌ها نسبت به اطراف نسبتاً مرتفع بوده و به طور عمده به صورت روانه‌های بازالتی با ستبرای کم بوده و همبری آنها با سنگ‌های زیرین به صورت دگرشیب است (عکس ۱). بازالت‌ها از نظر ظاهری حالت بلوکی و قطعه قطعه دارند و به طور عمده سیاه رنگ بوده و بسیار سخت و متراکم و محکم هستند (عکس ۲) و در نمونه دستی بافت آنها به طور عمده دانه‌ریز بوده و برخی نمونه‌ها بافت حفره‌ای دارند که ابعاد حفره‌ها حداکثر تا  $50$  میلی‌متر می‌رسد و حفره‌های حاشیه

سنگ‌ها بیشتر از کانیهای ثانویه مانند زئولیت پر شده که به وسیله رنگ سفید کاملاً مشخص هستند (عکس ۳).

## ۳- روش مطالعه

پس از جمع‌آوری اطلاعات موجود از منطقه مورد مطالعه، بررسی‌های مقدماتی از کل منطقه و تعیین مسیرهای پیمایش و نمونه برداری انجام و سپس  $180$  نمونه که معرف کل منطقه باشند انتخاب شد. بیش از  $120$  مقطع نازک میکروسکوپی تهیه و مطالعات سنگ‌نگاری آنها انجام شد و سپس  $30$  نمونه انتخاب و به روش فلورسانس پرتو ایکس (XRF) برای  $32$  عنصر اصلی و فرعی در شرکت کانساران بینالود تجزیه شد (جدول ۱). تعداد  $5$  نمونه انتخاب و در مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران در کرج مورد تجزیه میکروپروب الکترونی (EMPA) قرار گرفت. در این روش، تجزیه کمی نقطه‌ای بر روی درشت بلورهای اولیوین و کلینوپیروکسن انجام شد و تصاویر میکروسکوپ الکترونی به روش BSE برای هر نمونه تهیه شد، همچنین در این مرکز دو نمونه مورد تجزیه کانی‌شناسی به روش XRD قرار گرفت. در نهایت چهار نمونه ( $2$  نمونه قلیایی،  $2$  نمونه نیمه قلیایی)، انتخاب و در دانشگاه کارلتون کانادا مورد تجزیه ایزوتوپی برای ایزوتوپ‌های عناصر Nd و Sr قرار گرفت.

## ۴- سنگ‌نگاری و نامگذاری

با توجه به مطالعات سنگ‌نگاری مقاطع نازک میکروسکوپی نمونه‌های تهیه شده، ویژگی‌های میکروسکوپی سنگ‌های منطقه مورد مطالعه به شرح زیر است: **بافت:** پورفیری با خمیره میکروولیتی و گاهی ریز دانه، برخی نمونه‌ها نیز دارای بافت پورفیری با خمیره میکروولیتی شیشه‌ای است. در برخی از نمونه‌ها حالت جریان‌ی و یا نیمه جریان‌ی در میکروولیت‌های خمیره دیده می‌شود. چنان که گفته شد، بافت این سنگ‌ها پورفیری و بنابراین حاوی درشت بلور خمیره هستند.

**درشت بلورها:** درشت بلورها از نوع اولیوین، پیروکسن و پلاژیوکلاز هستند. درشت بلورهای اولیوین و پیروکسن در تمام نمونه‌ها موجود است، اما برخی از نمونه‌ها فاقد درشت بلورهای پلاژیوکلاز هستند. مقدار درشت بلورها از حدود  $5$  تا  $20$  درصد متغیر است (عکس ۴).

عدم وجود درشت بلورهای پلاژیوکلاز و تفاوت تعداد درشت بلورها در این

بازالت آندزیتی نامیده می‌شوند. لازم به تذکر است که البته این سنگ‌ها را نمی‌توان با یک خط واضح از یکدیگر جدا نمود، چون تبدیل آنها به یکدیگر ناگهانی نیست و بر حسب شدت تفریق بلورین در ماگمای اولیه آنها به مرور انجام می‌گیرد.

برای تکمیل اطلاعات، تجزیه کمی نقطه‌ای مایکروپروپ الکترونی (EMPA) بر روی ۷۰ نقطه از درشت بلورهای اولیون و پیروکسن بازالت‌ها انجام شد. عکس ۸ تصویر BSE از فازهای اولیون و پیروکسن را نشان می‌دهد. بر اساس تجزیه شیمیایی کانی اولیون و بر اساس درصد وزنی اکسیدها، فرمول کلی اولیون‌ها به صورت  $(\text{SiO}_4)_{0.1114} \text{Mn}_{0.886} \text{Fe}_{1.053}$  تعیین شد. ترکیب کلی اولیون‌ها ( $\text{Fo} = 48-64\%$ ) تعیین گردید که از نوع کریزولیت هستند (نمودار ۱). برای محاسبه فرمول پیروکسن‌ها از درصد  $\text{CaO}$ ،  $\text{FeO}$ ،  $\text{MgO}$  که به صورت انستاتیت، فروسلیت و ولاستونیت بیان می‌شوند، استفاده شد و به کمک تعداد مول این اکسیدها، فرمول کلی پیروکسن‌ها به صورت  $\text{WO}_{41.5}$ ،  $\text{En}_{32}$ ،  $\text{Fs}_{26.5}$  تعیین شد و مشخص گردید که اغلب ترکیب اوژیت و تعداد کمی ترکیب دیوپسید دارند (نمودار ۲). برای تکمیل اطلاعات حاصله، دو نمونه به روش XRD مورد تجزیه کانی‌شناسی قرار گرفتند و کانی‌های شناسایی شده شامل لابرادوریت، اولیون، اوژیت، مانیتیت و ایلمینیت هستند.

بر اساس رده‌بندی TAS (Le bas, 1986) که بر اساس مجموع قلیایی‌ها در برابر افزایش میزان  $\text{SiO}_2\%$  است و رده‌بندی فرعی مربوطه اغلب نمونه‌ها در محدوده تراکی بازالت، تراکی آندزیت بازالتی (موژه آریت) و آندزیت بازالتی قرار می‌گیرند (نمودار ۳).

بر اساس رده‌بندی فلوید و وینچستر که بر اساس تغییرات  $\text{Zr/TiO}_2$  در برابر افزایش میزان Nb/Y است، نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده قلیایی بازالت قرار می‌گیرند (نمودار ۴) (Winchester & Floyd, 1978).

## ۵- مطالعات زمین‌شیمی

بر اساس نتایج حاصله از تجزیه XRF نمونه‌های مورد مطالعه، سری ماگمایی آنها تعیین شد. بر اساس تغییرات مجموع قلیایی‌ها در برابر افزایش  $\text{SiO}_2$  (Irvine & Baragar, 1971) نمونه‌ها در صورت تجمعی در محدوده قلیایی و تعدادی در محدوده نیمه قلیایی قرار می‌گیرند که علت آن افزایش میزان نمونه‌های نیمه قلیایی به علت آغشتگی ماگمایی است که بعداً مورد بحث قرار می‌گیرد. از نمودارهای تغییرات  $\text{K}_2\text{O}\%$  در برابر افزایش  $\text{Na}_2\text{O}\%$  (Middlemost, 1975) و تغییرات  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}\%$  در برابر افزایش  $\text{SiO}_2\%$  (Emami, 1981) برای تفکیک سری‌های سدیک و پتاسیک از یکدیگر استفاده شد که بر اساس این نمودارها، نمونه‌های مورد مطالعه از نوع

سنگ‌ها حاکی از تفاوت شدت تفریق بلورین در ماگمای این سنگ‌ها پیش از انجماد و جایگیری نهایی است. سنگ‌هایی که حاوی درشت‌بلورهای پلاژیوکلاز هستند ماگمای آنها تفریق یافته‌ترین ماگمای مربوط به سنگ‌های منطقه است. همچنین نسبت بالای تعداد درشت‌بلورهای اولیون به پیروکسن نیز گویای شدت تفریق بلورین در ماگمای این سنگ‌ها است. تمام این ویژگی‌ها در ترکیب شیمیایی این سنگ‌ها نیز مستتر است.

**درشت‌بلورهای اولیون:** درشت‌بلورهای اولیون نیمه‌شکل‌دار تا بی‌شکل هستند، بلورهای خود شکل به ندرت در این سنگ‌ها دیده می‌شود. اندازه بلورها از  $0.3/1$  تا  $1/1$  میلی‌متر متغیر است. شکستگی‌های فراوانی در اولیون‌ها دیده می‌شود و از طریق این شکستگی‌ها و حاشیه به ایدینگزیت تبدیل شده‌اند. شدت تبدیل‌شدگی متفاوت است. کانی کاملاً سالم از اولیون به ندرت دیده می‌شود.

**درشت‌بلورهای پیروکسن:** درشت‌بلورهای پیروکسن به صورت بلورهای نیمه‌شکل‌دار تا بی‌شکل هستند و فراوانی آنها به طور عمده از اولیون کمتر است. اندازه این کانی‌ها از  $0.2/1$  تا  $1$  میلی‌متر متغیر است و بنابراین از اولیون‌ها کوچک‌تر هستند. رنگ پیروکسن‌ها گاه مایل به بنفش روشن است که حاکی از وجود مقداری عنصر تیتانیم در ساختار آنها است (عکس ۵).

**درشت‌بلورهای پلاژیوکلاز:** درشت‌بلورهای پلاژیوکلاز اغلب شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار بوده (عکس ۶) و دارای دوقلوبی آلیتی هستند، طول این کانی‌ها از  $0.1/1$  تا  $1/3$  میلی‌متر متغیر و بدون دگرسانی هستند  $n\alpha$  و محور بلورشناسی  $a$  در این کانی‌ها حاکی از ترکیب آنها در حد لابرادوریت است (وئوفی عابدینی، ۱۳۸۳). این کانی در برخی از سنگ‌های مورد مطالعه وجود ندارد و علت آن عدم شدت تفریق بلورین کافی در ماگما برای تشکیل این کانی در عمق بوده است.

**خمیره:** حدود ۸۰ درصد سنگ را خمیره تشکیل می‌دهد و چنانچه تذکر داده شد دارای بافت‌های متفاوت از نوع میکروولیتی، میکروولیتی شیشه‌ای و میکروولیتی جریانی است. در خمیره سنگ بلورهای تیغه‌ای پلاژیوکلاز، پیروکسن و گاهی اولیون موجود است. در برخی از نمونه‌ها فضای بین پلاژیوکلازها را شیشه اشغال کرده است. کانی‌های مات به طور عمده از نوع مگنتیت است در خمیره تمام سنگ‌های مورد مطالعه دیده می‌شود (عکس ۷).

**نام سنگ:** با در نظر گرفتن بافت و ترکیب کانی‌شناسی مذکور می‌توان این سنگ‌ها را اولیون بازالت، بازالت و بازالت آندزیتی نامید. آن دسته از سنگ‌هایی که حاوی مقدار قابل توجهی درشت بلور اولیون و درشت بلورهای پیروکسن هستند، اولیون بازالت و آنهایی که حاوی مقدار جزئی درشت بلور اولیون و درشت بلورهای پیروکسن هستند، بازالت (Michelle et al., 2004) و سنگ‌هایی که علاوه بر درشت بلورهای اولیون یا پیروکسن یا هر دو، حاوی درشت بلورهای پلاژیوکلاز نیز هستند،

سدیک هستند (نمودار ۵ و ۶ و ۷). نمونه‌های نیمه‌قلیایی حداکثر تا ۸ درصد دارای کوارتز نورماتیو است در حالی که نمونه‌های قلیایی حداکثر ۱۵ درصد نفلین نورماتیو دارند. رفتار زمین‌شیمیایی اکسیدهای عناصر اصلی و عناصر فرعی در برابر افزایش  $\text{SiO}_2$  و  $\text{MgO}$  بررسی شد. با افزایش  $\text{SiO}_2$  و یا کاهش  $\text{MgO}$  میزان  $\text{CaO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{FeO}^*$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  کاهش می‌یابد که نمایانگر تفریق و تبلور عادی ماگماست. میزان  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  و  $\text{Al}_2\text{O}_3$  با افزایش میزان  $\text{SiO}_2$  کاهش می‌یابد که نشان دهنده آغشتگی ماگما با سنگ‌های سیلیسی مسیر و افزایش میزان  $\text{SiO}_2$  در نمونه هاست. با افزایش میزان  $\text{SiO}_2$  و یا کاهش  $\text{MgO}$  مقدار  $\text{Nb}$  و  $\text{V}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Co}$ ,  $\text{Cr}$  کاهش و مقدار  $\text{Ga}$ ,  $\text{Ba}$ ,  $\text{Rb}$  و مقدار  $\text{Sr}$  افزایش می‌یابد که نشان دهنده روند عادی تبلور و تفریق ماگماست (شکل ۳).

از مطالعات زمین‌شیمیایی برای تعیین محیط زمین‌ساختی - ماگمایی سنگ‌ها استفاده می‌شود (Rollinson, 1993). برای این منظور از نمودار  $\text{Zr}$  در برابر  $\text{TiO}_2$  (Pearce, 1980) برای نمونه‌های منطقه مورد مطالعه استفاده شد (نمودار ۸). براساس این نمودار، تمام نمونه‌های بازالتی مورد مطالعه در محدوده گدازه‌های درون صفحه‌ای قرار گرفته و تمرکز آنها در یک محل نمایانگر ارتباط زایشی آنها است. به کمک نمودارهای زمین‌ساختی - ماگمایی که بر اساس میزان عناصر کمیاب طراحی شده‌اند، نمونه‌های مورد مطالعه، جزو بازالت‌های درون صفحه‌ای می‌باشند (نمودارهای ۹ و ۱۰ و ۱۱ و ۱۲). نمودار عنکبوتی میانگین بازالت‌های طبس که به وسیله MORB بهنجار سازی شده‌اند (Pearce, 1980) دارای الگوی محدب شکل شبیه به الگوی بازالت‌های درون صفحات قاره‌ای می‌باشد (نمودار ۱۳). غنی‌شدگی عناصر LILE (مانند  $\text{Rb}$  و  $\text{Ba}$ ) و  $\text{U}$  و کاهش عناصر خاکی کمیاب در نمودار عنکبوتی (Sun, 1980) که به وسیله کندریت بهنجار سازی شده است، مشاهده می‌شود که بیانگر درجات ذوب بخشی کم بازالت‌های طبس است (نمودار ۱۴).

از مطالعات زمین‌شیمیایی برای تعیین محیط زمین‌ساختی - ماگمایی سنگ‌ها استفاده می‌شود (Rollinson, 1993). برای این منظور از نمودار  $\text{Zr}$  در برابر  $\text{TiO}_2$  (Pearce, 1980) برای نمونه‌های منطقه مورد مطالعه استفاده شد (نمودار ۸). براساس این نمودار، تمام نمونه‌های بازالتی مورد مطالعه در محدوده گدازه‌های درون صفحه‌ای قرار گرفته و تمرکز آنها در یک محل نمایانگر ارتباط زایشی آنها است. به کمک نمودارهای زمین‌ساختی - ماگمایی که بر اساس میزان عناصر کمیاب طراحی شده‌اند، نمونه‌های مورد مطالعه، جزو بازالت‌های درون صفحه‌ای می‌باشند (نمودارهای ۹ و ۱۰ و ۱۱ و ۱۲). نمودار عنکبوتی میانگین بازالت‌های طبس که به وسیله MORB بهنجار سازی شده‌اند (Pearce, 1980) دارای الگوی محدب شکل شبیه به الگوی بازالت‌های درون صفحات قاره‌ای می‌باشد (نمودار ۱۳). غنی‌شدگی عناصر LILE (مانند  $\text{Rb}$  و  $\text{Ba}$ ) و  $\text{U}$  و کاهش عناصر خاکی کمیاب در نمودار عنکبوتی (Sun, 1980) که به وسیله کندریت بهنجار سازی شده است، مشاهده می‌شود که بیانگر درجات ذوب بخشی کم بازالت‌های طبس است (نمودار ۱۴).

نمودار ۱۵ موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه بازالت‌های طبس را در نمودار تغییرات  $\text{εNd}$  در برابر تغییرات  $\text{εSr}$  نشان می‌دهد.

از نسبت‌های ایزوتوپی  $\text{Sr}$  و  $\text{Nd}$  و مقادیر  $\text{Ba}$  و  $\text{Ce}$  برای تعیین منشأ بازالت‌ها استفاده می‌شود (نمودارهای ۱۶ و ۱۷) (Halliday et al., 1995). نمونه‌های مورد مطالعه بر روی این نمودارها رسم شد همان‌طور که ملاحظه می‌شود، نمونه‌های مورد مطالعه به مقادیر گوشته اولیه (PM) نزدیک است، بنابراین گوشته سست کراهی به عنوان منشأ اصلی ولکانسیم بازالتی در منطقه معرفی می‌شود. کارلسون و دیپائولو منشأ مشابهی را برای بازالت‌های رودخانه کلمبیا و همچنین پارلاک برای بازالت‌های آدانا در ترکیه معرفی کرده‌اند (Carlson et al., 1981 & Depaolo, 1988 & Parlak et al., 2000) یک نمونه (D.16) از بقیه نمونه‌ها و همچنین خط PM دور است، این نمونه مقدار  $\text{Nb}$  کمتری نسبت به دیگر نمونه‌ها دارد و به علاوه میزان  $\text{SiO}_2$  آن بیشترین مقدار در ۳۰ نمونه تجزیه را دارد (۵۷/۲۷٪) و میزان کوارتز نورماتیو آن ۷/۴۵٪ است که این می‌تواند نشان دهنده آغشتگی این نمونه با سنگ‌های پوسته‌ای نسبت به سه نمونه دیگر باشد (نمودارهای ۱۶ و ۱۷).

از تریاس به بعد، بلوک لوت در جهت پادساعتگرد حرکت کرده و در

## ۶- مطالعات ایزوتوپی Sr و Nd

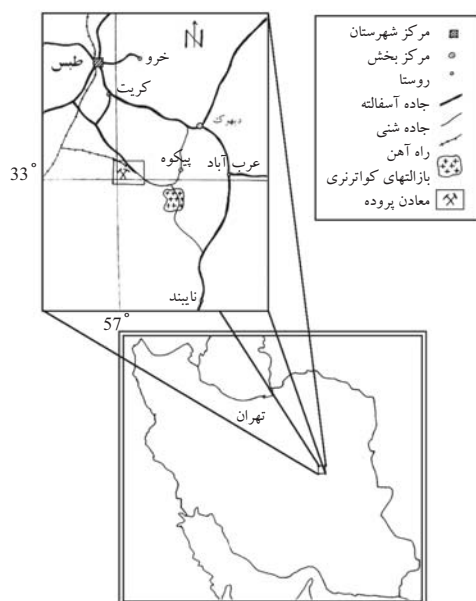
با توجه به اهمیت و دقت مطالعات ایزوتوپی عناصر  $\text{Sr}$  و  $\text{Nd}$  در تعیین منشأ ماگما و تحولات ماگمایی از قبیل آلیش و آغشتگی ماگما تعداد چهار نمونه از بازالت‌های منطقه مورد مطالعه (دو نمونه قلیایی و دو نمونه نیمه‌قلیایی) انتخاب و در دانشگاه کارلتون کانادا مورد تجزیه ایزوتوپی پرتوزا برای ایزوتوپ‌های  $\text{Nd}$  و  $\text{Sr}$  قرار گرفت. نتایج تجزیه ایزوتوپی در جدول ۲ آورده شده است. میزان  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$  در گوشته پایین (به علت پایین بودن مقدار  $\text{Rb}$ ) و در پوسته‌ای قاره‌ای بالاست. سنگ‌هایی که میزان  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$  اولیه آنها کمتر از ۰/۷۰۷ باشد، به طور قاطع می‌توان گفت که ماگمای اولیه آنها از گوشته سرچشمه گرفته است که در مسیر با پوسته آغشتگی پیدا نموده است

بوده که ماگمای مادر آنها از گوشته بالایی با درجات ذوب بخشی کم منشأ گرفته و روند تفریق و تبلور عادی را طی کرده و ماگما در حین صعود با سنگ‌های سیلیسی پسته آغشتگی نموده و ترکیب شیمیایی آن تغییر کمی کرده است و باعث بروز ویژگی‌های نیمه قلیایی و وجود کوارتز نورماتیو در برخی نمونه‌ها شده است. با توجه به مطالعات صحرایی و نمودارهای زمین‌ساختی-ماگمایی و عنکبوتی، بازالت‌های طیس جزو بازالت‌های درون صفحه‌های قاره‌ای بوده که در اثر فعالیت و کشش و بازشدگی گسل بزرگ نای بند و شاخه‌های فرعی آن در اوایل کواترنری فوران کرده‌اند.

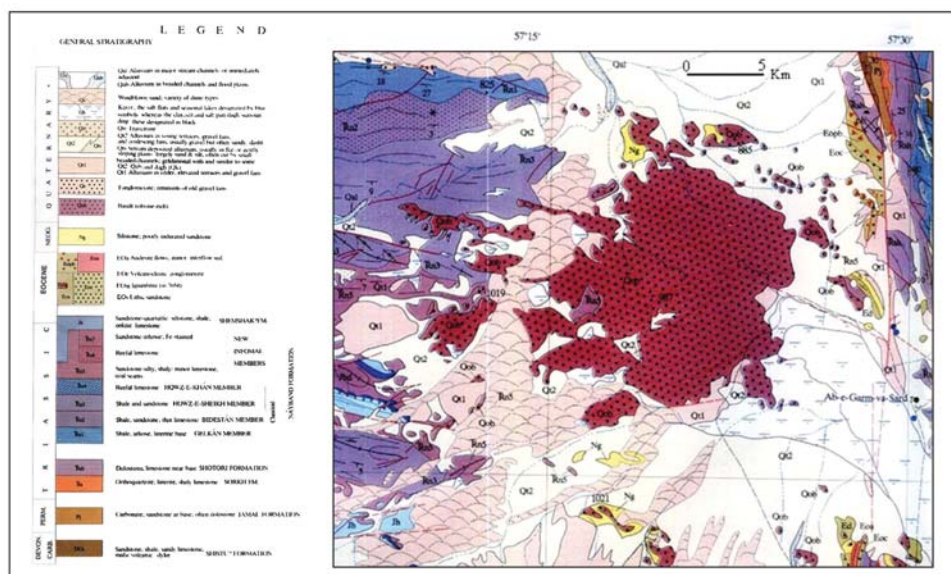
کواترنری، در اثر ادامه این حرکات و همچنین حرکت صفحه عربستان به سمت شمال خاور و تأثیر مؤلفه‌های شمال باختر حرکت صفحه هند، باعث شده از گسل‌های اصلی مانند گسل نای بند که با روند شمال - جنوب فعالیت داشته، گسل‌های فرعی با روند خاوری - باختری ایجاد شده و بلوک‌های حاصل در بین گسل اصلی و این گسل‌های فرعی در اثر حرکات کششی و به صورت محدود در محل تقاطع گسل‌ها بازشدگی داشته و در راستای آنها فعالیت‌های آتشفشانی کواترنری به وجود آمده است (شکل ۴).

## ۷- نتیجه گیری

بازالت‌های طیس، بخشی از آتشفشانی خاور ایران بوده که در مجاورت گسل بزرگ و فعال نای بند در کواترنری فوران کرده‌اند. بر اساس مطالعات سنگ‌نگاری و تجزیه مایکروپروب الکترونی (EMPA) سنگ‌های منطقه به طور عمده اولیوین بازالت تا بازالت آندزیتی هستند. بافت آنها پورفیری با خمیره میکروولیتی شیشه‌ای است که در برخی نمونه‌ها حالت جریان‌ی و یا نیمه جریان‌ی در میکروولیت‌های پلاژیو کلاز خمیره دیده می‌شود. درشت‌بلورها حداکثر ۲۰ درصد سنگ را تشکیل می‌دهند و شامل اولیوین (کریزولیت) و کلینوپیروکسن (اوژیت) هستند، نمونه‌هایی که تفریق بیشتری یافته‌اند، دارای مقداری درشت‌بلور پلاژیو کلاز به طور عمده از نوع لابرادوریت هستند. وجود اولیوین‌های Mg دار بیانگر منشأ گوشته‌ای ماگما و تفریق کم و صعود سریع تر ماگماست. با توجه به مطالعات زمین‌شیمیایی و رفتار اکسیدهای عناصر اصلی و کمیاب و ویژگی‌های ایزوتوپ‌های عناصر Sr و Nd، این بازالت‌ها جزو سری قلیایی سدیک



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و راه‌های دسترسی به آن.



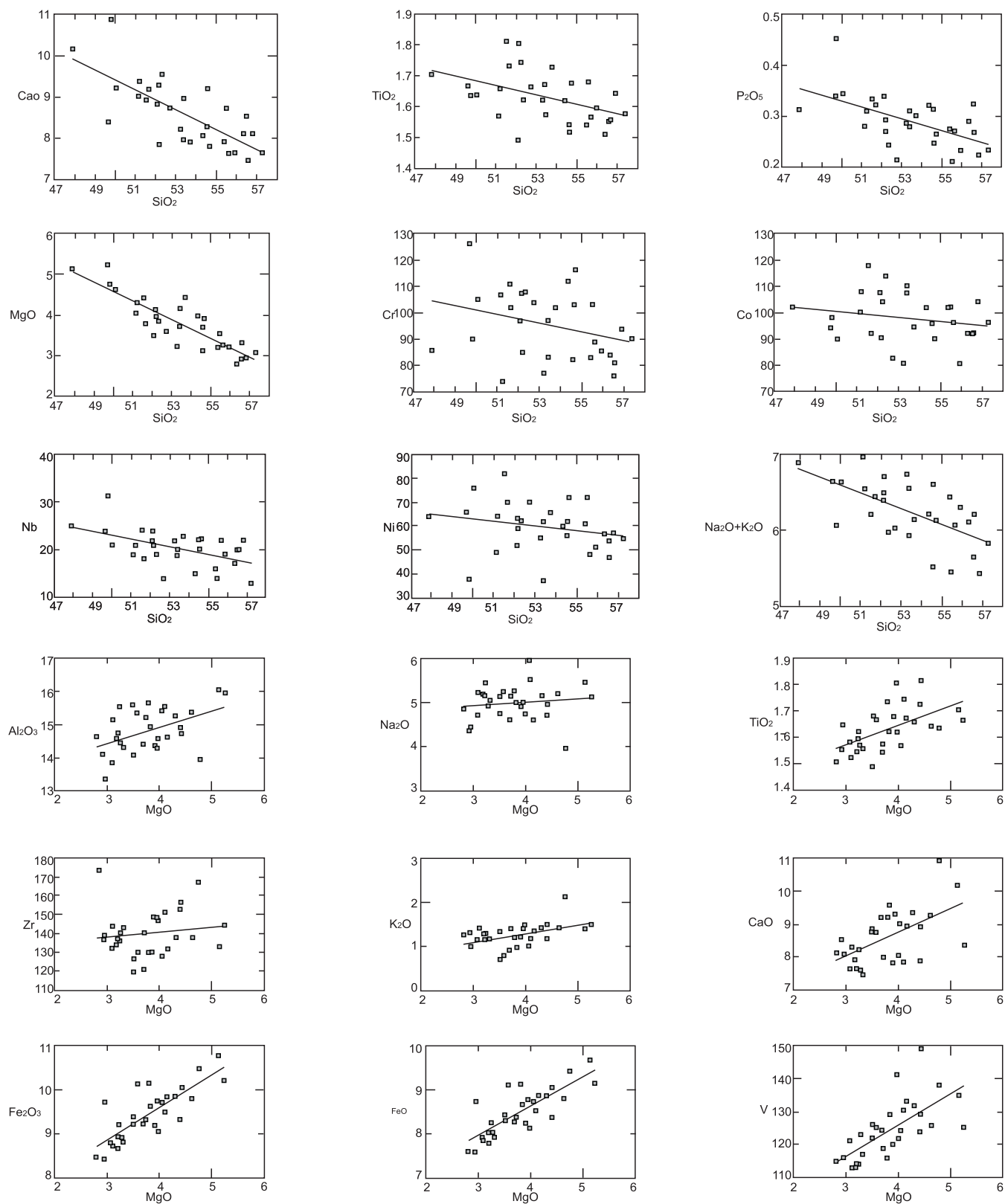
شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه با مقیاس ۱: ۲۵۰۰۰۰ (سازمان زمین‌شناسی کشور، نای بند، گزارش شماره ۸J)

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌های مورد مطالعه

Sample	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	MgO	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	LOI	Cl	S	Ba	Ce	Ga	Hf	Co	Cr	Cu	Nb	Ni	Pb	Rb	Sr	V	W	Y	Zr	Zn	Mo	U	Th
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
A-13a	49.66	15.96	10.20	8.41	5.13	5.24	1.50	1.665	1.004	0.338	0.65	327	12	304	38	19	15	22	126	13	24	66	9	22	400	125	1	13	144	93	< 1	1	1
A-15	53.70	14.88	9.32	7.90	4.98	4.40	1.15	1.727	1.008	0.299	0.35	115	524	200	62	22	19	22	102	8	23	66	2	24	799	124	1	12	153	91	< 1	3	4
A-17	56.58	14.32	8.79	7.47	5.04	3.31	1.17	1.556	1.007	0.267	0.48	369	920	309	52	16	13	21	81	12	20	47	8	26	562	117	7	13	143	96	< 1	1	1
A-20	53.24	15.53	9.19	8.23	5.46	3.23	1.27	1.622	1.007	0.286	0.55	119	1168	400	52	24	14	15	77	15	22	55	4	28	744	114	4	13	136	87	< 1	1	2
A-25	54.58	14.38	9.21	9.22	4.60	3.69	0.91	1.542	1.004	0.247	0.27	106	1314	277	15	13	12	23	103	3	20	62	2	24	365	124	1	12	121	87	< 1	1	1
A-26	52.32	14.93	9.63	9.58	5.00	3.83	0.97	1.621	1.007	0.244	0.84	165	210	278	59	20	15	32	108	21	19	62	7	26	597	129	14	12	130	81	< 1	1	1
A-29	56.52	14.12	8.43	8.54	4.38	2.93	1.28	1.553	1.004	0.325	0.39	107	1959	319	41	22	10	21	76	3	20	54	3	25	458	116	1	12	137	91	< 1	1	1
A-34	52.08	15.57	9.38	8.84	5.16	3.50	1.32	1.490	1.007	0.340	0.92	80	491	262	21	28	10	29	97	9	22	52	8	22	333	122	10	13	126	87	< 1	1	1
A-35	51.52	14.72	10.06	8.95	4.71	4.42	1.49	1.813	1.002	0.332	0.58	164	250	281	140	16	17	34	111	10	24	82	11	25	830	149	1	13	157	93	< 1	2	4
A-37	51.13	15.42	9.71	9.04	5.95	4.05	1.01	1.570	1.008	0.280	0.24	2746	1805	271	22	13	9	25	107	9	19	49	3	25	968	124	1	12	128	89	< 1	1	1
A-38	55.49	14.07	9.23	8.74	4.76	3.51	0.69	1.681	1.004	0.208	0.47	600	1723	230	13	18	12	26	103	15	14	72	6	18	409	126	1	12	119	87	< 1	1	1
A-40	52.14	14.30	9.76	9.31	5.00	3.96	1.40	1.806	1.005	0.294	0.65	1991	1024	256	65	14	14	20	85	16	24	63	1	24	458	141	12	13	148	95	< 1	4	5
A-9	54.67	14.37	9.18	7.82	4.93	3.91	1.20	1.677	1.004	0.264	0.72	493	841	338	28	15	13	20	116	13	22	72	11	25	434	120	2	14	148	87	< 1	1	1
B-6	54.33	14.55	9.05	8.08	4.74	3.98	1.46	1.620	1.005	0.322	0.62	82	10	249	41	15	10	26	112	20	15	60	6	23	444	122	15	14	147	92	< 1	1	1
B-8	52.17	15.56	9.49	7.85	5.52	4.10	1.18	1.744	1.007	0.269	0.54	123	271	272	8	19	15	27	107	12	21	59	6	27	442	130	1	13	151	95	< 1	1	3
C-1	53.39	15.21	9.32	7.97	5.15	3.72	1.39	1.573	1.008	0.311	0.80	127	1243	436	12	12	12	30	97	8	20	37	2	24	604	119	20	14	140	92	< 1	2	1
C-14b	51.66	15.64	10.15	9.21	5.26	3.79	1.19	1.733	1.003	0.323	0.02	108	938	353	10	17	11	21	102	14	18	70	3	23	688	116	1	12	130	88	< 1	3	1
C-4	55.91	14.73	8.94	7.65	5.15	3.21	1.15	1.594	1.005	0.232	0.37	116	359	328	29	24	14	15	86	9	19	51	2	28	585	114	1	14	137	85	< 1	1	1
C-6	56.81	13.34	9.72	8.10	4.43	2.95	0.99	1.644	1.008	0.222	0.63	157	286	323	11	16	15	27	94	11	22	57	N	30	409	116	2	13	139	91	< 1	1	2
C-7	52.71	15.34	10.13	8.75	5.24	3.58	0.78	1.667	1.009	0.212	0.43	106	417	352	18	14	10	16	104	21	14	70	5	25	760	125	1	14	130	89	< 1	1	1
D-10	55.62	14.44	8.92	7.64	4.92	3.27	1.14	1.566	1.009	0.270	0.94	680	1001	336	46	13	9	23	89	12	22	48	7	26	556	123	1	13	141	92	< 1	2	1
D-12	54.56	15.15	8.71	8.29	5.21	3.11	1.39	1.521	1.005	0.314	0.57	121	1622	361	12	23	10	23	82	34	22	56	1	25	520	113	1	13	132	90	< 1	1	1
D-13	56.34	14.61	8.46	8.13	4.88	2.81	1.25	1.508	1.009	0.288	0.39	131	1170	554	14	21	15	21	84	20	17	57	7	26	2353	115	1	12	174	92	< 1	1	1
D-15	55.39	14.56	8.67	7.92	5.19	3.19	1.24	1.543	1.009	0.274	0.80	150	1361	359	43	15	12	26	83	4	16	61	11	26	459	113	0	14	134	88	< 1	1	3
D-16	57.27	13.86	8.80	7.65	4.70	3.08	1.13	1.580	1.003	0.233	0.43	135	703	240	18	16	10	23	90	10	13	55	4	26	545	121	1	14	144	97	< 1	1	1
D-18	53.39	14.64	9.86	8.98	4.60	4.15	1.33	1.673	1.009	0.278	0.04	90	474	278	9	19	16	29	83	4	19	62	8	23	586	133	1	14	132	89	< 1	1	4
D-21	47.88	16.06	10.76	10.19	5.47	5.13	1.42	1.705	1.003	0.314	0.03	138	1207	271	85	14	17	26	86	15	25	64	10	21	930	135	1	13	133	88	< 1	1	1
D-22	51.20	15.26	9.87	9.39	5.15	4.30	1.40	1.657	1.003	0.311	0.10	309	445	315	17	12	13	29	74	12	21	64	3	24	446	132	17	13	138	85	< 1	1	1
D-23	50.04	15.40	9.80	9.23	5.21	4.62	1.42	1.639	1.003	0.343	0.44	531	1715	263	59	10	12	20	105	13	21	76	7	24	437	126	1	14	138	85	< 1	1	1
D-6b	49.79	13.94	10.48	10.90	3.97	4.76	2.10	1.637	1.005	0.453	0.63	317	1078	371	34	15	14	24	90	9	31	38	10	32	877	138	1	14	167	84	< 1	1	3

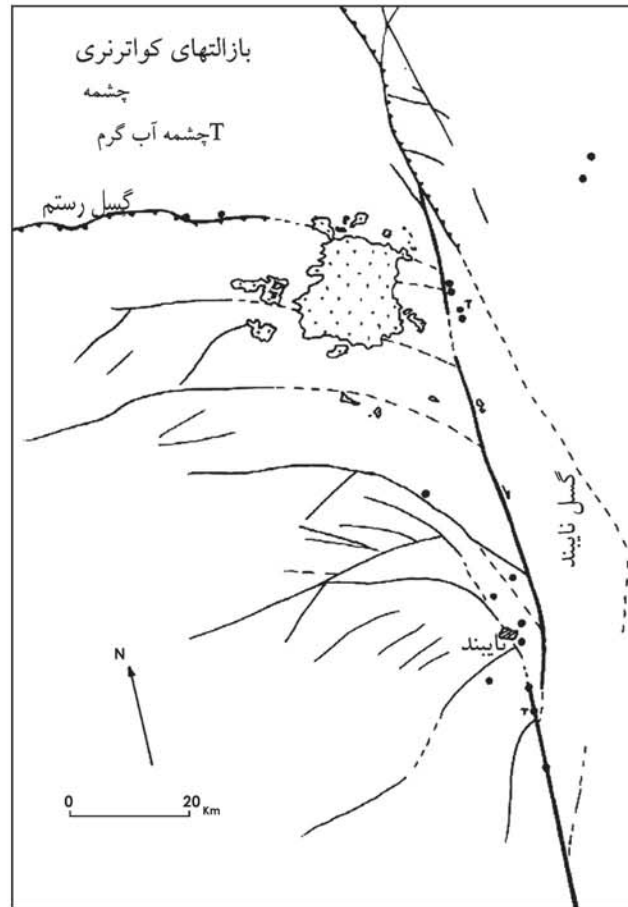
جدول ۲- نتایج تجزیه ایزوتوپی چهار نمونه از سنگ‌های منطقه مورد مطالعه (نمونه‌های A-29 و D-16 و نیمه قلیایی و نمونه‌های D-21 و D-23 قلیایی می‌باشند)

Sample Name	A-29	D-23	D-16	D-21
Nd (ppm)	22.98	28.85	23.12	28.11
143Nd/144Nd (est)	0.512707	0.512686	0.512709	0.512688
143Nd/144Nd 2-sig	0.000004	0.000003	0.000004	0.000003
Total Sm	5.90	7.25	5.75	7.1
147Sm/144Nd	0.1551	0.1518	0.1553	0.15122
143Nd/144Nd init	0.512707	0.512686	0.512709	0.512688
Eps Nd (CHUR)T	1.34	0.94	1.32	0.91
Tdm(0.214,0.513115)	1057	1050	1055	1049
87Sr/86Sr meas	0.705774	0.705298	0.705777	0.705291
2-sig	0.000004	0.000005	0.000004	0.000005
Sr (ppm)	1346.94	478.34	1347.55	477.21
Rb (ppm)	119.26	21.07	118.55	22.21
87Rb/86Sr	0.2561	0.1274	0.2455	0.1284



شکل ۳- نمودارهای هارکر و فنر برای نمونه‌های مورد مطالعه (Harker, 1909)

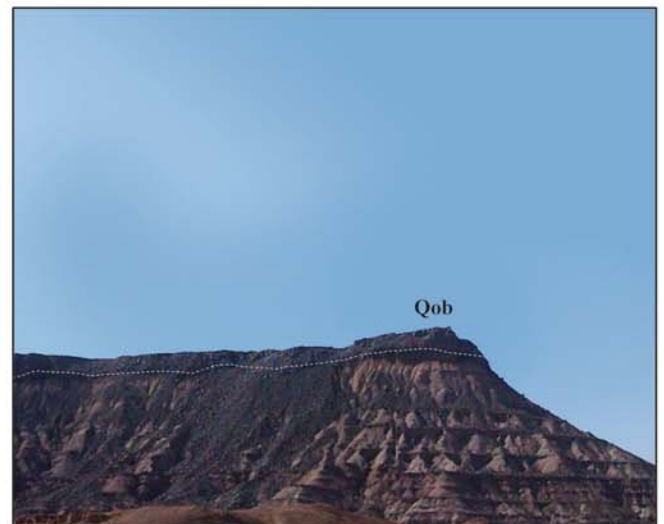
A: Volcanic arc lavas ; B: MORB ; C: Within plate Lava



شکل ۴- موقعیت بازالت‌های کواترنری طیس و ارتباط آنها با گسل بزرگ نایبند و سایر گسل‌های منطقه (ناظمی، ۱۳۷۷)  
(تهیه شده بر اساس تصاویر ماهواره‌ای با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰)



عکس ۲- ساختار بلوکی و قطعه قطعه‌ای در بازالت‌های سیاه رنگ و سخت و متراکم نگاه به سمت خاور است و دامنه باختری رشته کوه شتری مشاهده می‌شود.

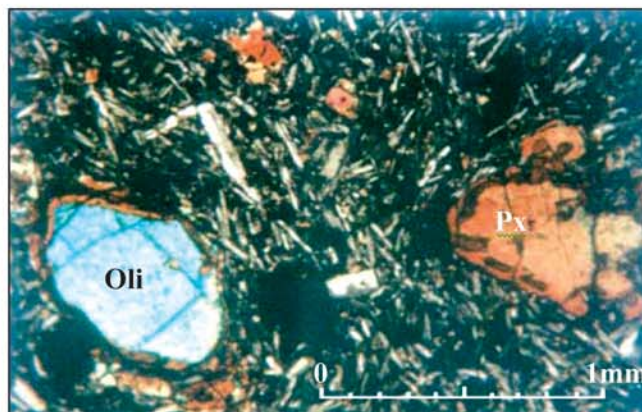
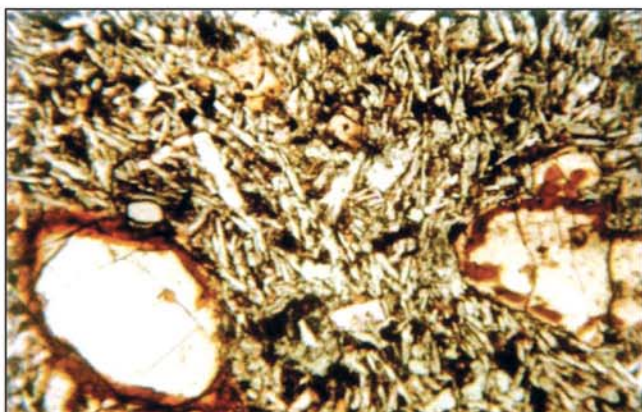


عکس ۱- جایگیری گدازه‌های بازالتی (Qob) بر روی رسوبات تریاس . نگاه به سمت جنوب باختر





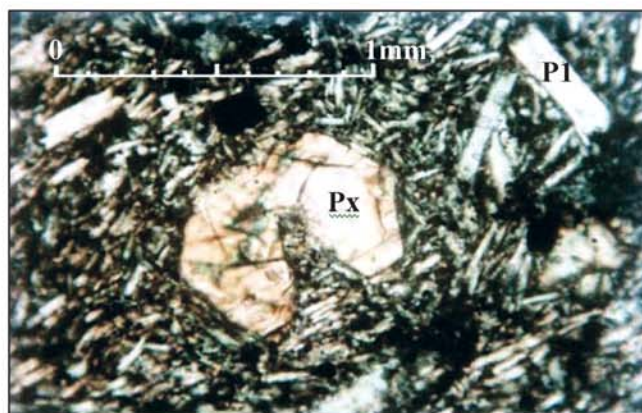
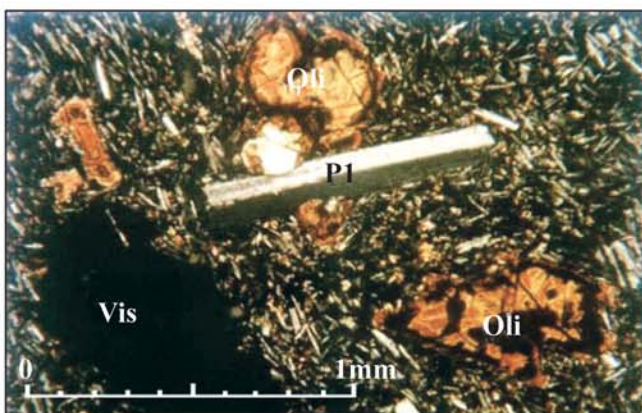
عکس ۳- ساخت حفره‌ای در بازالت‌ها. حفره‌های حاشیه سنگ توسط کانی زئولیت « سفید رنگ » پر شده‌اند.



ب

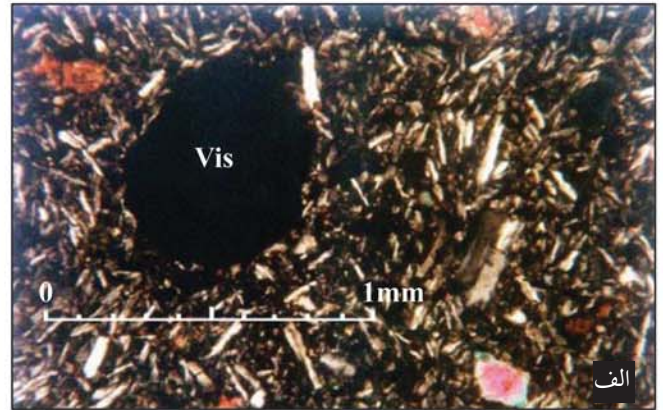
الف

عکس ۴- بافت پورفیری با خمیره میکروولیتی نیمه جریانی و درشت بلورهای اولوین و کلینوپیکروکسن با حاشیه واکنشی (الف) با استفاده از تجزیه کننده (آنالیزور) (XPL) (ب) بدون استفاده از تجزیه کننده (PPL)

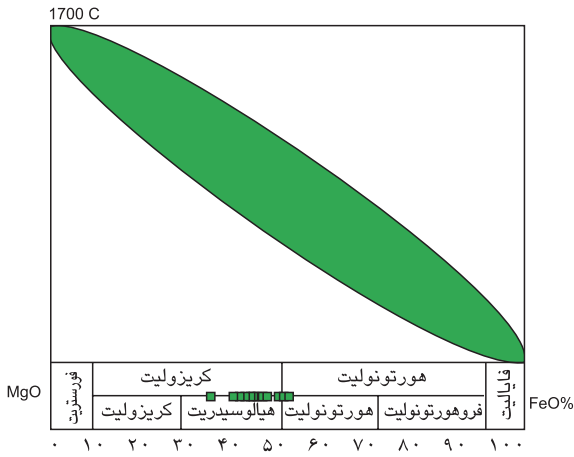


عکس ۶- بلورهای درشت اولوین و درشت بلور پلاژیوکلاز در خمیره میکروولیتی، در قسمت پایین و چپ یک حفره دیده می‌شود.

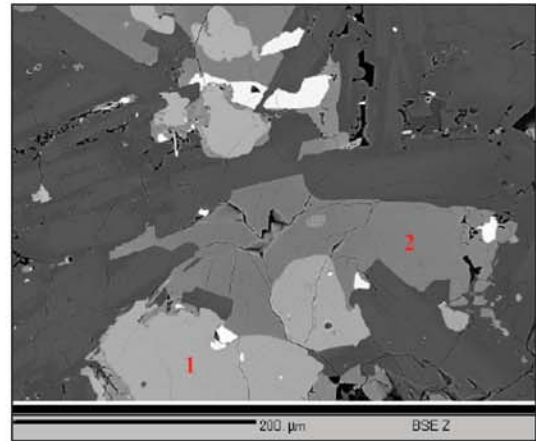
عکس ۵- درشت بلور اوژیت که Ti جذب نموده و مایل به بنفش است (PPL)



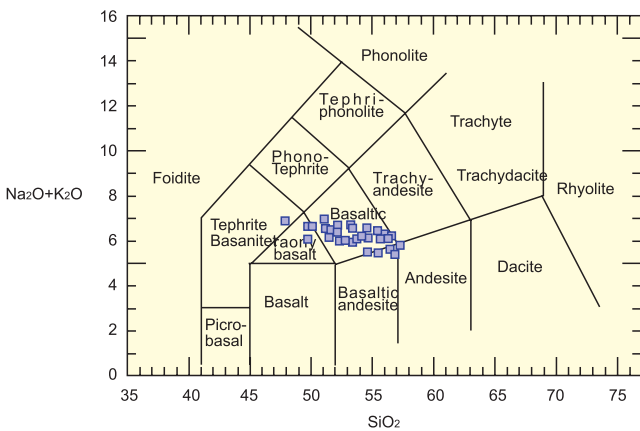
عکس ۷- خمیره میکرولیتی که تعدادی ریز بلورهای اولیون و کلینوپیروکسن و مقداری شیشه و اکسیدهای آهن (به رنگ سیاه در شکل ب) نیز وجود دارد. یک حفره تمیز و خالی در عکس دیده می‌شود. الف) با استفاده از تجزیه کننده (XPL) ب) بدون استفاده از تجزیه کننده (PPL)



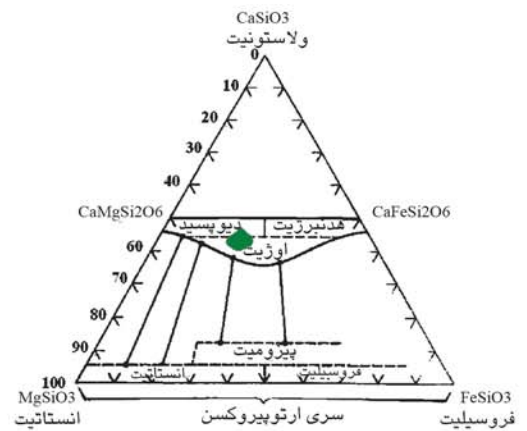
نمودار ۱- اولیون‌های نمونه‌های مورد مطالعه در نمودار فورستریت - فایالیت، اغلب نمونه‌ها در محدوده فورستریت ۴۸٪ تا ۶۴٪ قرار دارند.



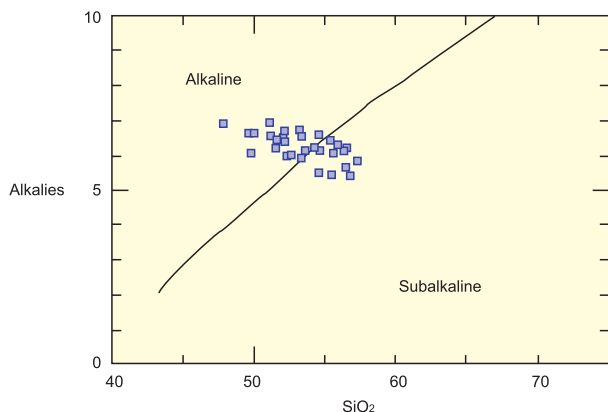
عکس ۸- تصویر BSE میکروسکوپ الکترونی برای فازهای ۱-اولیون ۲- پیروکسن



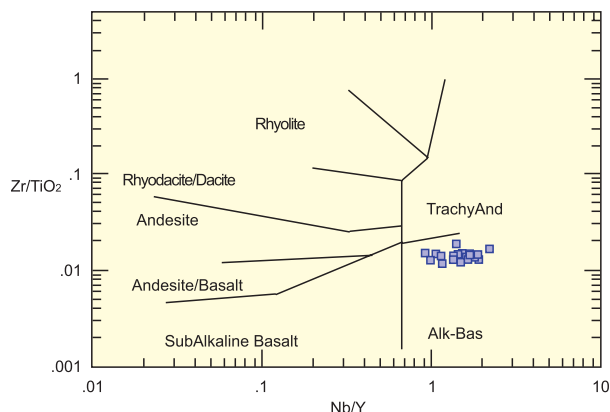
نمودار ۳- رده‌بندی سنگ‌های آتشفشانی منطقه مورد مطالعه، (Le bas et al., 1986) TAS



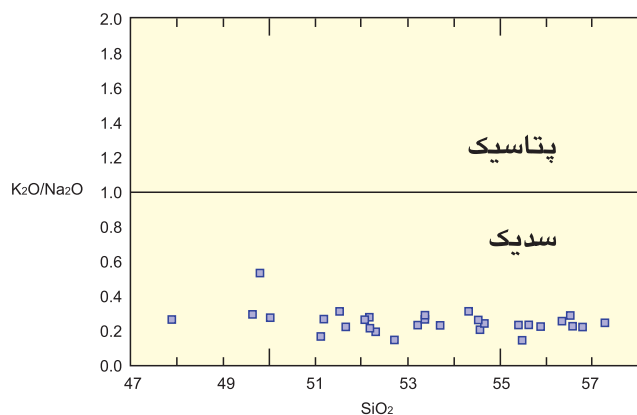
نمودار ۲- ترکیب پیروکسن‌های بازالت‌های طیس را نشان می‌دهد.



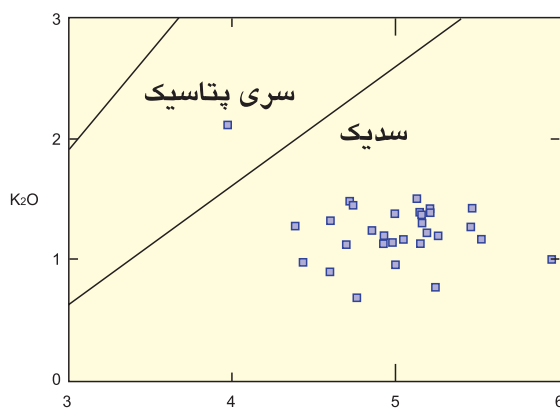
نمودار ۵ - تفکیک سری‌های قلیایی و نیمه قلیایی  
(Irvine and Baragar, 1971)



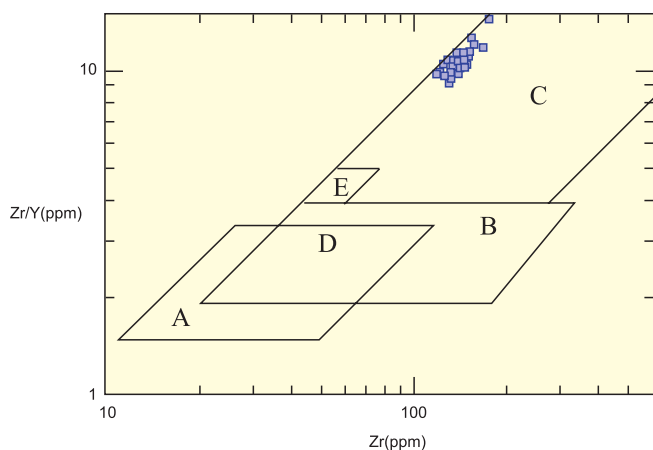
نمودار ۴ - رده‌بندی سنگ‌های آتشفشانی  
(Winchester and Floyd, 1978)



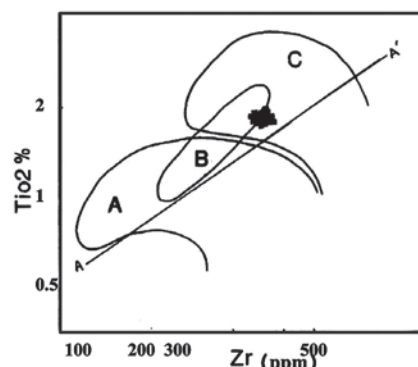
نمودار ۷ - نمودار تفکیک سری‌های سدیک و پتاسیک (Emami, 1981)



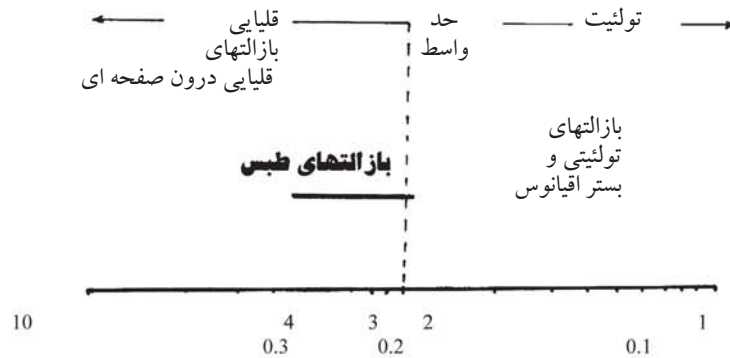
نمودار ۶ - تفکیک سری‌های سدیک و پتاسیک  
(Irvine and Baragar, 1971)



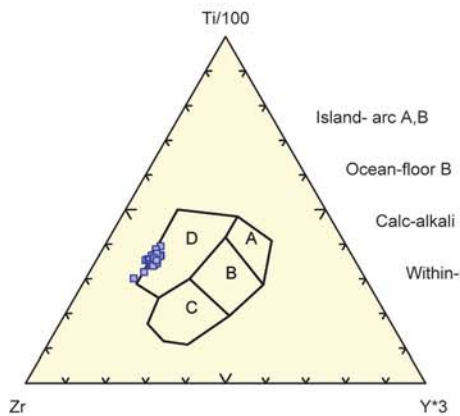
نمودار ۹ - تعیین موقعیت زمین‌ساختی بازالت‌ها براساس Zr و Zr/Y  
(Pearce and Norry, 1979)



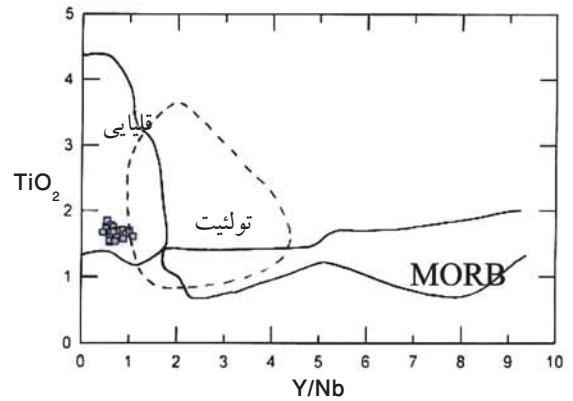
نمودار ۸ - تغییرات Zr (ppm) در برابر TiO2 (%) برای تمایز محیط‌های زمین‌ساختی مختلف (Pearce, 1980)  
A: بازالت‌های کمان آتشفشانی؛ MORB:B  
C: بازالت‌های درون صفحه‌ای؛  
D: بازالت‌های کمان آتشفشانی + MORB  
E: بازالت‌های درون صفحه‌ای + MORB



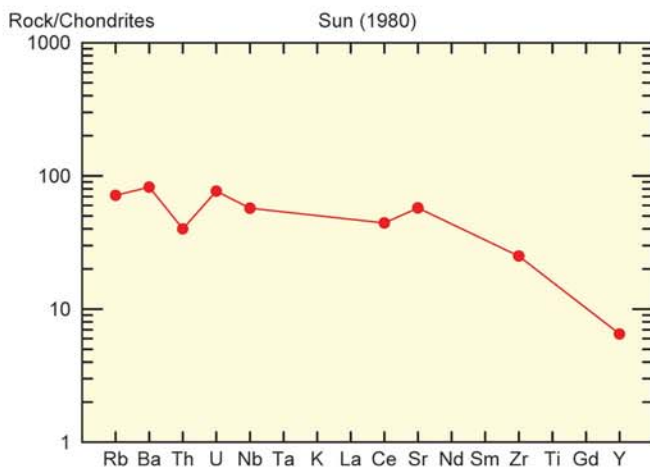
نمودار ۱۰ - نمودار شاخص سنگ‌زایی Y/Nb برای انواع بازالت‌ها (Pearce and Cann, 1973)



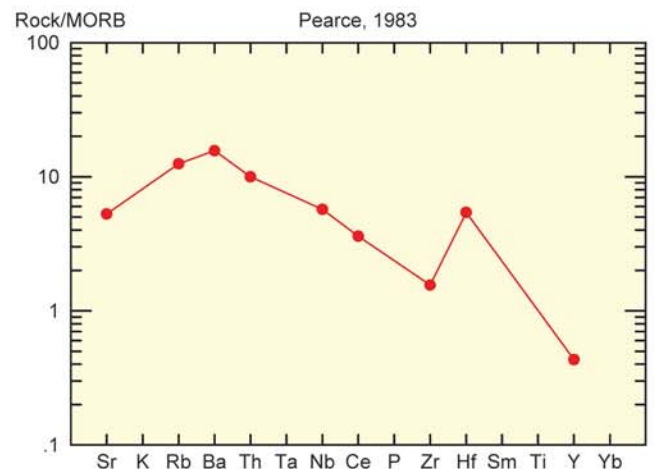
نمودار ۱۲ - تعیین محیط زمین‌ساختی فوران انواع بازالت‌ها (Pearce and Cann, 1973)



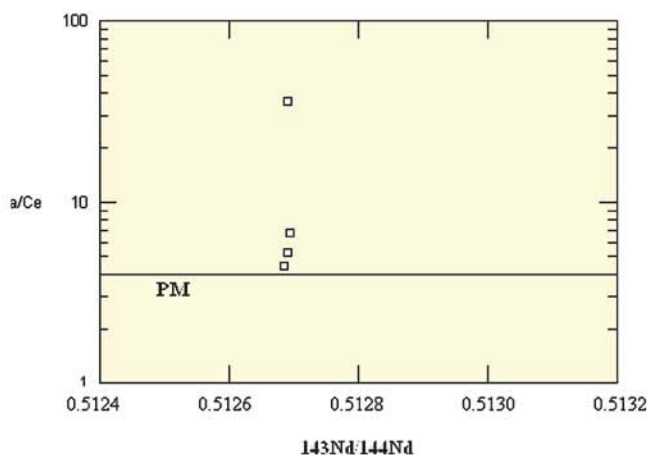
نمودار ۱۱ - تفکیک انواع بازالت‌های درون صفحه‌ای (Winchester and Floyd, 1978)



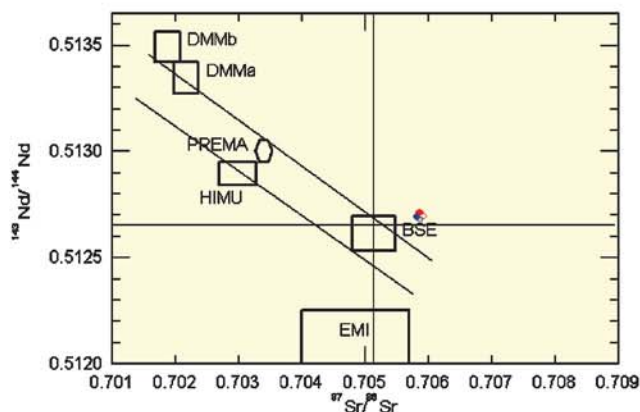
نمودار ۱۴ - نمودار عنکبوتی میانگین بازالت‌های طبس که با کندریت بهنجار شده‌اند (Sun, 1980)



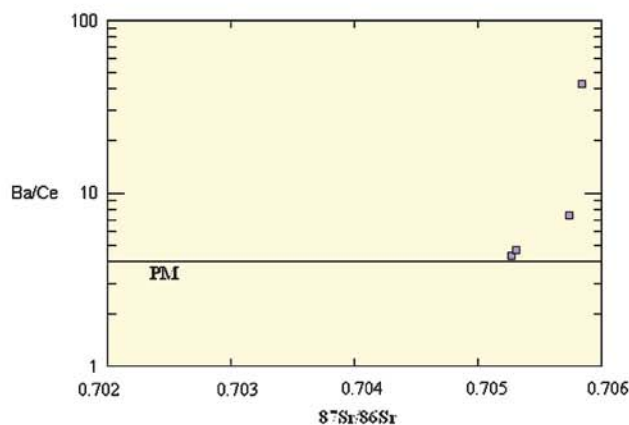
نمودار ۱۳ - نمودار عنکبوتی میانگین بازالت‌های طبس که با MORB بهنجار شده‌اند (Pearce, 1983)



نمودار ۱۶ - تغییرات Ba/Ce در برابر تغییرات  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  (Halliday et al., 1995)



نمودار ۱۵ - موقعیت نمونه‌های منطقه مورد مطالعه در نمودار تغییرات  $\epsilon\text{Nd}$  در برابر تغییرات  $\epsilon\text{Sr}$



نمودار ۱۷ - تغییرات Ba/Ce در برابر تغییرات  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (Halliday et al., 1995)

## کتابنگاری

امامی، م.، ه.، ۱۳۷۹ - ماگماتیسزم در ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۶۰۸ صفحه  
 ناظمی، م.، ۱۳۷۷ - نوزمین ساخت بلوک طبس با نگرشی بر زمین‌شناسی ساختمانی ناحیه قوری چای (ناحیه زغالدار پروده - جنوب طبس) رساله دوره کارشناسی ارشد تکتونیک، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.  
 وثوقی عابدینی، م.، ۱۳۸۳ - مبانی تئوری و عملی کانی‌شناسی نوری - آراین زمین.

## References

- Carlson, R.W., Lugmair, G.W. & Macdougall, J.D., 1981- Columbia River volcanism; the question of mantle heterogeneity or crustal contamination. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 45, 2483-2500.  
 Coombs, Michelle L. & Gardner, James E., 2004- Reaction rim growth on olivine in silicic melts: Implications for magma mixing *American Mineral*, No. 89: 748 – 758

- Cousens, B.L., Basu, A. & Hart, S., 1996- Depleted and enriched upper mantle sources for basaltic rocks from diverse tectonic environments in the northeast Pacific Ocean: the generation of oceanic alkaline vs. tholeiitic basalts, American geophysical union geophysical monograph 95, P.207-231.
- Depaolo, D.J., 1988- Neodymium isotope geochemistry: An introduction. Springer Verlag, New York.
- Emami, M.H., 1981- Gologie de laregion de Qom-Aran(Iran).Contribution a L etude dynamique et geochimique du volcanisme tertiaire de I Iran Central.Fac,489P.30cm,6,Abstr.Eng,BiBl.18P.These doct.Sci., Naturelles/ Grenoble 1/1981
- Halliday, A.N., Lee, D.C., Tommasini, S., Davis, G.R., P.R., Fitton, J.G. & James, D.E., 1995-Incompatible trace elements in OIB & MORB & source enrichment in the sub-oceanic mantle. Earth and Planetary Science Letters, 133, 379-395
- Harker A., 1909- The natural history of igneous rocks. Methuen, London.
- Irvine, T.N. & Baragar, W.R.B., 1971- A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks, Can.J.Earth.Sci, 8, P.523-548
- Kluver, H.M. , Tirrul ,R ., Chance , P.N. Johns , G.W ., Meixner , H.M., 1983- Explanatory text of the Naybandan Quadrangle Map (1 : 250000) , Geol. Survey Iran, Rep. No.J8, 143 P.
- Le bas, Le Maitre, Streckeisen & Zanettin, 1986- A Chemical classification of volcanic rocks Based on the Total-Alkali- Silica. Diagram. J. pet, vol. 27, part 3, P.745-750.
- Middlemost, E.A.K., 1975-The basalt clan. Earth Sci. Rev., 11, 337-364.
- Parlak, O., Delaloye, M., Kozlu, H. & Fontignie, D. (2000- Trace element and Sr-Nd isotope geochemistry of the alkali basalts observed along the Yumurtalik Fault (Adana) in southern Turkey, Bult. Earth sci. Hacettepe university, P.137-148.
- Pearce, J.A. & Cann, J.R., 1973- Tectonic setting of basic volcanic rocks and determined using trace element analyses, Earth and Planet. P.290-300
- Pearce, J.A., 1980- Geochemical evidence for the genesis and eruptive setting of lavas from Tethyan ophiolites. Proc. Int. Ophiolite Symp., Cyprus 1979. Institute of Mining and Metallurgy, pp. 261-272.
- Pearce, J.A., 1983- Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: Hawkesworth C.J. and Norry M.J.(eds.), Continental basalts and mantle xenoliths. Shiva, Nantwich, pp. 230-249.
- Pearce, J. A. & Norry, .J., 1979- Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y, and Nb variations in volcanic rocks. Contrib. Mineral, petrol, v.69, P.33-47.
- Rollinson, H, 1993- Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation: Longman Group publi; 344. P.
- Sun, S. S., 1980- Lead isotopic study of young volcanic rocks from mid-ocean ridges, ocean islands and island arcs. Phil. Trans. R. Soc., A297, 409-445.
- Winchester, J.A & Floyed, P.A., 1978-Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements: chem. Geol.20, P.325-343.