

بیست و سومین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران ۲۰ و ۲۱ آبانماه ۱۳۹۹

The 23rd Symposium of Geological Society of Iran

10-11 November, 2020

مروری بر سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه در ایران

روشنک ارغائی

دانشجو دکتری پتروولوژی دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

arghaee.rk@gmail.com

چکیده

سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه از نظر پتروگرافی و ژئوشیمی و پراکندگی تنوع قابل توجهی در ایران دارند. دوره-ی کرتاسه از جمله دوره‌های پرتکاپوی زمین‌شناسی در ایران بوده است. سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه در زون سندج– سیرجان و زون البرز فراوانی نسبی دارند. این فعالیت‌ها از یک سو با حرکات فشاری همراه با بسته شدن نئوتتیس و افزایش سنگ‌های آتشفشانی غالباً از نوع آندزیتی در زون سندج–سیرجان نظیر سقز و پیرانشهر و از سوی دیگر رویدادهای کشتی و تشدید سنگ‌های ولکانیکی غالب بازالتی مرتبط با فعالیت‌های کافتی نظیر بازالت‌های آمل و یا مرتبط با تشدید پلوم‌های گوشته‌ای بوده است. سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه در ایران به دو گروه کرتاسه پیشین و پسین تقسیم شده‌اند. سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه در زون سندج–سیرجان از نظر ژئوشیمی عموماً سری کالک‌آلکانل و ویژگی‌های محیط‌های فرورانش را نشان می‌دهند. ژئودینامیک این سنگ‌ها را در رابطه با فرورانش پوسته اقیانوسی نئوتتیس نسبت داده‌اند. در این مقاله براساس موقعیت جغرافیایی شهرهایی در ایران که سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه در آن‌ها مشاهده شده است، نقشه‌ای توسط نرم افزار GIS ترسیم شد که می‌توان مکان بروزند سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه پیشین و پسین در ایران را با یک دید اجمالی در این نقشه مورد بررسی قرار داد.

مقدمه

یکی از ویژگی‌های کرتاسه ایران، تأثیر قابل ملاحظه تنش‌های زمین‌ساختی است که گاه به صورت فشاری و گاهی به صورت کششی بوده‌اند. در حالت‌های کششی، فرونشست‌های باریک و عمیق وجود آمده که در بسیاری از حالات تا رسیدن به گوشته پیشرفته است و در نتیجه آن ضمن تشکیل کافت‌های درون قاره‌ای عمیق و انباشت رسوبات، مواد ماگمایی به ویژه مربوط به گوشته در این فرونشست‌ها جای گیر شده‌اند. در فازهای فشردگی ضمن بسته‌شدن کافت‌های درون‌قاره‌ای چن‌خوردگی، دگرگونی و آمیختگی رسوبات نیز روی داده است. یافته‌های زمین‌شناسی ایران نشانگر آن است که ماگمازایی و دگرگونی کرتاسه به‌طور عمده نتیجه سه جنبش زمین ساختی سمیرین پسین؛ فاز انتریشین و رخداد لارامید است. ماگمازایی کرتاسه پیشین گسترش محدودی دارد درحالیکه جنبش‌های کرتاسه پسین با دگرگونی و ماگماتیسم و به ویژه افیولیت‌زایی همراه بوده و شکل و رویدادهای جالبی در ارتباط با اقیانوس‌زایی را مطرح می‌کند. افزون بر دگرگونی و ماگماتیسم بسته‌شدن زمین درزه‌های کهن و فرارانش آمیزه‌های فیولیتی بر روی حاشیه ریزقاره‌ها از ویژگی‌های کرتاسه ایران است که در اواخر کرتاسه رخ‌داده و در برخی از نواحی تا پالئوسن ادامه داشته است. سنگ‌های ماگمایی در کرتاسه به های دسته قابل تقسیم هستند: ۱) سنگ‌های آتشفشانی ۲) توده‌های نفوذی ۳) مجموعه‌های فیولیتی. هر سه گروه سنگ- ها مستقل از هم می‌باشند (قربانی، ۱۳۹۳) که در این مقاله به مورد یک یعنی سنگ‌های آتشفشانی این دوره پرداخته شده است.

مواد و روش کار

در این مقاله براساس موقعیت جغرافیایی شهرهای در ایران که سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه در آن‌ها مشاهده شده است، نقشه‌ای توسط نرم افزار GISترسیم شد که می‌توان مکان بروزند سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه پیشین و پسین در ایران را با یک دید اجمالی در این نقشه مورد بررسی قرار داد.

بحث

۲.سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه در ایران

هرچند تاکنون درباره سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه مطالعه قابل توجهی انجام نشده است، اما این سنگ‌ها هم از نظر پتروگرافی و هم از نظر ژئوشیمی و پراکندگی و تنوع قابل توجهی در ایران دارند که در اینجا سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه به طور مختصر شرح داده شده است. کرتاسه در زون البرز– آذربایجان از نظر ژئوشیمی از کالک‌آلکانل تا آلکانل در تغییر هستند اما به طور بارزتری گرایش کالک آلکانل دارند. از نظر محیط تکتونیکی به محیط‌های فرورانش حاشیه قاره‌ای و گاه کششی نسبت داده شده‌اند، ولی بیشتر ویژگی‌های حاشیه قاره‌ای را نشان می‌دهند (قربانی، ۱۳۹۳) در مورد سازوکار و ویژگی‌های ژئودینامیک آن‌ها اطلاعات چندانی در دسترس نیست. سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه در زون سندج– سیرجان از نظر ژئوشیمی عموماً سری کالک‌آلکانل و ویژگی‌های محیط‌های فرورانش را نشان می‌دهند. از نظر ژئودینامیک این سنگ- ها را باید در رابطه با فرورانش پوسته اقیانوسی نئوتتیس به زیر پوسته سندج– سیرجان مورد بررسی قرار داد (قربانی، ۱۳۹۳).

ماگمازایی کرتاسه‌ی پیشین گسترش محدودی دارد، در حالیکه جنبش‌های کرتاسه‌ی پسین با دگرگونی و ماگماتیسم و به ویژه افیولیت‌زایی همراه بوده و مسایل جالبی در ارتباط با اقیانوس‌زایی مطرح می‌کند. افزون بر دگرگونی و ماگماتیسم، بسته شدن زمین‌درزه‌های کهن و فرارانش آمیزه‌های فیولیتی بر روی حاشیه‌ی ریزقاره‌ها، از ویژگی‌های کرتاسه‌ی ایران است که در اواخر کرتاسه رخ داده و در برخی از نواحی تا پالئوسن ادامه داشته است.

بیست و سومین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران

۲۰ و ۲۱ آبانماه ۱۳۹۹

The 23rd Symposium of Geological Society of Iran

10-11 November, 2020

۲-۱ سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه پیشین در ایران

این گروه بیشتر مرتبط با فعالیت‌های آتشفشانی پس از کوهرزایی بوده و اغلب شامل سنگ‌های بازیک آلکانل است. در آمل و ساری بازالت‌های کرتاسه پیشین با مواد آذرآواری همراه است. جدا از بازالت، گاهی گدازه‌های کرتاسه پیشین از نوع آندزیتی – تراکییتی (منطقه سندج)، بازالتی – آندزیتی (منطقه خوی)، آندزیتی (منطقه انار) و آندزیتی همراه با توف (مناطق اقلید و نایین) است.

سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه پیشین را بیشتر در زون سندج – سیرجان، و پهنه البرز می‌توان دید.

مناطقى از ایران که سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه پیشین در آن گزارش شده است به این شرح است: (شکل ۱)

•**آمل:** تنوع سنگ‌شناسی در ۴۵ کیلومتری جنوب آمل در نزدیکی جنگل علمستان و بعد از سه راهی بلده شامل: بازالت‌های آلکانل (شامل بازانیت و تفریت، تراکی‌بازالت، تراکیت و موزه‌آریت، و دیاباز می‌باشد. براساس مطالعات پتروگرافی بافت غالب در نمونه‌بافت بورفیری با خمیره‌ی میکروولیتی جریانى (بافت تراکییتی) می‌باشد. طول‌شدگی میکرولیت‌ها تقریباً در یک جهت‌اند که نشان می‌دهد گدازه‌ها در سطح جریان یافته‌اند (ارغائی، ۱۳۹۵). این بازالت‌ها متعلق به سری آلکانل درون صفحات قاره‌ای هستندکه نیازمند مطالعات بیشتری در آینده جهت شناسایی دقیق منشأ احتمالی آن‌ها که احتمالاً از پلوم‌های گوشته‌ای و یا در ارتباط با کافت‌های قاره‌ای هستند می‌باشند (ارغائی، ۱۳۹۵). اما در مطالعات انجام شده در بخش جنوب غربی آمل سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه شامل بازالت، آندزیت، دیاباز و آذرآواری‌ها هستند که عمدتاً بافت تشکیل دهنده‌ی بازالت‌ها را بادمکی دانسته- اند. وجود دو سری بازالت‌های کالک‌آلکانل و تولیتی در این منطقه می‌تواند هم شاخصه محیط‌هایی با حاشیه مغرب و هم کافت- شدگی در اثرکشش و شکست‌ها در امتداد البرز باشند (عبدی و همکاران، ۱۳۹۳).

•**اقلید:** درمیان سنگ‌های کرتاسه پایین، گدازه‌های بازالتی همراه با برش آتشفشان و توف وجود دارد که دست‌خوش دگرسانی ثانویه شده‌اند (هوشمندزاد، ۱۳۶۷).

•**فائین:** یک مجموعه رسوبی آتشفشانی در قاعده آهک‌های آربیتولین‌دار کرتاسه‌پایینی دیده می‌شود (Amidi, 1975).

•**سرو بالا:** سنگ‌های آتشفشانی آندزیتی کرتاسه پیشین با لایه‌های آهکی از یکدیگر تفکیک می‌شوند (Amidi, 1975).

•**کلیایگان:** از نوع تراکیٓت‌های غنی از فلدسپار و بازالت است (Thiele et al., 1968).

•**مهاباد:** از نوع آندزیت+ ریولیت و تواف است (افخازنژاد، ۱۳۵۹).

•**حاجی آباد:** از نوع آندزیت به صورت پراکنده گزارش شده است.

•**کیدور آهنگ (شمال همدان):** از نوع آندزیت با ترکیب متنوع بازالت+ توف‌های آندزیتی، کراتوفیر به ضخامت ۳۰۰ تا ۵۰۰ متر است.

•**ناحیه زنجان:** از نوع آندزیت میان لایه‌ای با سنگ آهک‌های آربیتولین دار است (Stoklin, 1968).

•**شرق دماوند:** از نوع گدازه‌های بازیک مخلوط با گچ (سازند گچ و ملافیر) است (قربانی، ۱۳۹۳).

•**جنوب چالوس:** از نوع بازالت‌های آندزیتی و بازالت‌های البوین‌دار است .

•**بندرآنزلی:** از نوع گدازه‌های زیردریایی و توف‌های آندزیتی همراه با آهک می‌باشد (Davies et al., 1972).

•**در دامنه شمالی البرز در محدوده دره دوهزار و جواهرده:** سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه بازالت‌های زیردریایی را تشکیل می‌دهند که گرایش آلکانل دارند که به سمت تولیت گرایش پیدا می‌کنند و ویژگی‌های تولیت و بازالت‌های‌آلکانل محیط‌های قاره‌ای را نشان می‌دهند (حق نظر، ۱۳۸۸).

•**پل‌رود:** سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه پایین حدود ۱۱۰۰ متر بازالت حفره‌دار همراه با لایه‌های نازک آگلومرایى است (Clark et al., 1975).

•**البرز مرکزی:** گدازه‌های کرتاسه پایین شامل دیاباز البوین و اوزیت‌دار و دیاباز هماتییتی (ملافیر) است که گاهی در قاعده سنگ آهک‌های آربیتولین‌دار سازند تیزکوه قرار دارند.

•**دامنه شمالی البرز مرکزی در منطقه سیاه بیشه:** البوین بازالت، بازالت و آندزى‌بازالت آلکانل هستند. ماگمای تشکیل- دهنده‌ی این سنگ‌ها ماهیت آلکانل تا تحولی می‌باشند و بیانگر رخداد فرایند ولکانیزم در یک محیط کافتی و کششی درون قاره- ای در زمان کرتاسه است (دوروزی، ۱۳۹۳).

۲-۱ سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه پسین در ایران

به طور عمده به‌صورت گسترش‌های آتشفشانی بازیک تا حدواسط مانند سنگ‌های بازالتی – اسپیلیتی است. اثرات دگرسانی بر این مجموعه، موجب بروز پارازنز ثانویه و تشکیل سنگ‌های ماگمایی دگرگونی و یا دگرسان گردیده است.

سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه پسین به ویژه در نواحی زیر گزارش شده‌اند: (شکل ۱)

•**اهر:** از نوع بازالت‌های زیردریایی+ آندزیت+ تفریت‌های آنالسیم‌دار همراه با مواد آذرآواری (Lescuyer et al., 1976).

•**سندج – مهاباد:** از نوع سنگ‌های آتشفشانی با خصلت متوسط تا بازیک.

•**در منطقه سندج به خصوص پیرامون سد قشلاق سندج در ناحیه قشلاق:** اغلب ترکیب آندزیتی دارند (قربانی، ۱۳۹۳).

•**در ناحیه سقز مسیر جاده دیواندره به سقز ناحیه ایران شاه و همچنین باختر سقز:** سنگ‌های این ناحیه از بازالت و آندزى‌بازالت در تغییر است و گاه استوک متوسط در آن‌ها تزریق شده است.

•**در ناحیه پیرانشهر – مهاباد:** آندزیت و ریولیت‌های کرتاسه بروزند دارند، به خصوص در پیرامون توده نفوذی پیرانشهر.

•**کمان ماگمایی ارومیه – بزمان:** به ویژه سورک نظنز و نایین از نوع ریولیت در قسمت‌های زیرین و آندزیت و داسیت در قسمت‌های بالایی، به ضخامت ۱۰۰ تا ۱۲۰۰ متر (Amidi, 1975).

•**دامنه شمالی البرز مرکزی به ویژه علم کوه:** پل‌رود، چمرود، لاهیجان، آملش از نوع آتشفشان‌های اسیدی تا بازیک (Clark et al, 1975).

•**زنجان:** از نوع آندزیت‌های پیروکسن و هورنبلنددار (Stocklin et al, 1964).

•**البرز شرقی:** دایک‌هایی سازند لار را قطع کرده‌اند که سن پرتوسنجی آن‌ها ۱۰۸ ±۹۶/۱ تا ۱۰۱ ±۱۰/۶ است که از نوع قلیایی گاهی سدیمی وگاهی پتاسیمی‌است (Stampfli, 1978).

•**خار‌توران:** در مرز میان کرتاسه زیرین – بالایی تکاپوهای آتشفشانی همراه با رسوبات پلاژیک گزارش شده است (Reyer et al., 1972).

•**مجیدآباد و شمال کلبر در آذربایجان:** بازالت‌های آلکانل و فوئیداری وجود دارد که به صورت بازالت‌های اسپیلیتی شده، بازالت‌های بالشی و بازالت‌های حفره‌ای دیده می‌شوندکه از نظر استراتیگرافی در بین سنگ‌های کرتاسه‌میانی تا پسین قرار دارند. از نظر ژئوشیمی این بازالت‌ها به سری‌های آلکانل پتاسیک تعلق دارند (قرادایی، ۱۳۸۸).

•**ناحیه ارسباران، جنوب ارس:** در دو طرف رودخانه ارس در ایران، آذربایجان و ارمنستان در میان سنگ‌های کرتاسه میانی تا پسین حجم بسیار قابل توجهی از بازالت و به خصوص آندزیت بروزند داردکه گاه ستبرای آن‌ها به بیش از ۱۰۰۰ متر می‌رسد این سنگ‌ها تا ناحیه قفاز ادامه دارند (قربانی، ۱۳۹۳).

•**شمال تبریز:** فلیش‌های کرتاسه پسین همراهانی از سنگ‌های آتشفشانی دارند (Eftekhar Nezhad, 1975).

•**ماسوله:** سنگ‌های آتشفشانی به صورت میان لایه‌ای همراه با سنگ‌های ماستریشتین است (Davies et al, 1972).

•**باریکه‌های افیولیتی نواحی گوناگون ایران از جمله شمال سبزوارد، شرق کاشمر، تربت حیدریه، ماکو، غرب ارومیه:** گدازه‌های آندزیتی– بازالتی گسترده‌ای وجود داردکه اغلب با رسوبات پلاژیک کرتاسه پسین و یا سنگ‌های مجموعه‌های افیولیتی همراه است. این گدازه‌ها مربوط به آخرین تکاپوی ماگمایی کرتاسه پسین از توالی افیولیتی دانسته شده‌اند. ماهیت ماگماتیسم بازالتی وابسته به این مجموعه، از نوع تولیتی است.

•**شمال زاهدان:** گدازه‌های کرتاسه پسین به درون حوضه فلیشی راه یافته و مجموعه‌های آتشفشانی رسوبی کرتاسه پسین را به وجود آورده‌اند.

•**درمنطقه سقز:** سنگ‌های بازالتی تا آندزیت شامل آندزیت، هورنبلند آندزیت و پیروکسن آندزیت با بافت‌های بورفیریک با خمیره‌ای میکروولیتی و میکروگرانولار و شیشه‌ای نشان می‌دهد (ترخانی، ۱۳۸۲).

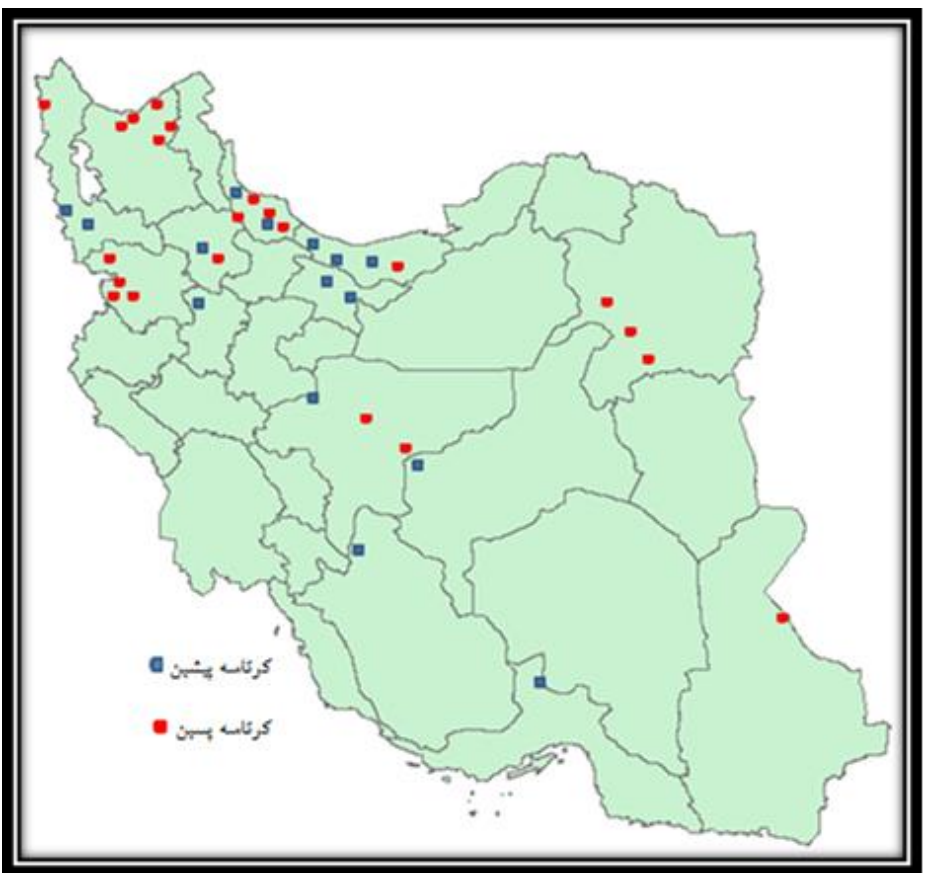


نتیجه گیری

از ترکیب تکاپوهای آتشفشانی کرتاسه جز در موارد نادر ذکرشده اطلاعات دقیقی در دست نیست. در این مقاله براساس موقعیت جغرافیایی شهرهایی که سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه در آن‌ها مشاهده شده است نقشه‌ای توسط نرم افزار GISترسیم شده است. این مجموعه براساس موقعیت جغرافیایی مکان شهرهای نامبرده که در آن‌ها بروزند سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه پیشین و پسین مشاهده شده است بر روی نقشه ایران ترسیم شده است و تنها جهت داشتن یک دید کلی به مکان بروزند سنگ‌ها در ایران می‌باشد و از لحاظ زمین‌شناسی نیازمند تفسیرهای زیادی در مطالعات آینده می‌باشد (ارغائی، ۱۳۹۵).

۳. نتیجه‌گیری

بنابراین با توجه به دسته‌بندی ماگماتیسم کرتاسه در ایران می‌توان نتیجه گرفت: سنگ‌شناسی کرتاسه در ایران ترکیبی از دو حالت کششی و فشاری پوسته بوده است. براساس فاز فرورانش پوسته اقیانوسی نئوتتیس به زیر پوسته سندج– سیرجان و حضور ماگمای کالک‌آلکانل و فعالیت‌های کوهرزایی و درنهایت تشکیل گدازه‌های آندزیتی تا ریولیتی در راستای بسته شدن نئوتتیس نظیر مهاباد و سقز در شمال غرب ایران رخ داده است. ولی فعالیت‌های کششی در کرتاسه به صورت پراکنده در ایران در حضور احتمالی کافت‌های قاره‌ای و یا فعالیت پلوم– بازالت‌های کرتاسه پیشین با مواد آذرآواری همراه است. سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه‌پیشین را بیشتر در زون سندج– سیرجان می‌توان دید. کرتاسه پسین به طور عمده به صورت گستره‌های آتشفشانی بازیک تا حدواسط مانند سنگ‌های بازالتی – اسپیلیتی است که اثرات دگرسانی بر این مجموعه، موجب بروز پارازنز ثانویه و تشکیل سنگ‌های ماگمایی دگرگونی و یا دگرسان گردیده است.



شکل ۱. پراکندگی سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه در ایران به کمک نرم افزار GISاین نقشه تنها راهنمای مختصات جغرافیایی شهرها برای داشتن یک دید کلی به محدوده مکان بروزند سنگ‌ها ترسیم شده است و نیازمند تفسیر بیشتری در مطالعات آینده است وارزش زمین‌شناسی چندانی ندارد.

منابع

- ارغائی، ر. (۱۳۹۵)، بررسی بازالت‌های کرتاسه جنوب آمل و ارتباط آن‌ها با بازالت‌های کرتاسه دکن، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی.
- افخازنژاد، ج. (۱۳۵۹)، تفکیک بخش‌های مختلف ایران از نظر وضع ساختمانی در ارتباط با حوزه های رسوبی، نشریه انجمن نفت، شماره۲۴، ۱۹-۲۸.
- ترخانی، م. (۱۳۸۲)، پتروگرافی و پتروژنز سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه در محدوده سقز، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی.
- حوظنر، ش. (۱۳۸۸)، پترولوژی سنگ‌های ماگمایی مافیک محدوده جواهردشت در شرق گیلان (جنوب‌شرق شهرستان رودسر)، رساله دکتری پترولوژی، دانشگاه علوم‌وزمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
- نوی، مرچ (۱۳۵۵)، دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- عبدی، ع- خاكراد، ا- وهاب زاده، ق. (۱۳۹۳)، بازالت‌های آتشفشانی کرتاسه البرز با بررسی سنگ‌های منطقه تیران (آمل)، مقاله کنفرانس ملی علوم معدنی، جهت اکتشاف.
- قرادایی، م. (۱۳۸۸)، پتروگرافی و پترولوژی سنگ‌های ولکانیک کرتاسه فوقانی اطراف مجیدآباد اهر (شمال باختری ایران)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی.
- قربانی، م. (۱۳۹۳) ، ماگماتیسم-متامورفیسم ایران، انتشارات آرین زمین، ۳۲۵ صفحه.
- نوی، مرچ (۱۳۵۵)، دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- هوشمندزاده، ع- نبوی، م- حمیدی، ب (۱۳۶۷)، سنگ‌های پراکامبرین-کامبرین پایین در ایران، مجموعه مقالات سمینار بررسی ذخایر و توان معدنی استان یزد.
- Amidi, S. M. (1975)Contribution a letude stratigraphique et Petrochimique des roches magmatiques de la region Natanz- Nain- Surk (Iran Central). These, universite Scientifique et Medical de Grenoble, France, P.232.
- Clark, G. Davies, R. Hamzpour, G. Jones, C. (1975), Explanatory text of the NIOC-ERAP agreements to the Knowledge of Iranian Geologygm edition technin Paris:1-58.
- Davies, R.G. Jones, C. Hamzpour, B. Clark, G. (1972), Geology of the Masuleh, Sheet 1:100,000: NorthWest Iran, Geological Survey of Iran, Rep No.24,P.110.
- Eftekhar Nezhad, J. (1975), Brief history and Structural development of Azerbaijan, Geological Survey of Iran, Internal Rep. N.8.P.9.
- Lescuyer, J. Riou, R.(1976), Geologie La Region de Mianeh (Azerbaijan): Contribution a L. etude Volcanism Tertaire, I. Iran, Thesis 3ME, University of Grenoble, France, P.232.
- Reyer, D. Mohajer, S. (1972), A first Contribution to the NIOC-ERAP agreements to the Knowledge of Iranian Geologygm edition technin Paris:1-58.
- Stampfli, G. (1978), Etude Geologique general de l Elbourz Oriental au sud Gonbad-e-Qabus, Iran NE, These Geneve, P. 328.
- Stocklin, J. (1968), Structural history and tectonics of Iran: a review, American Association of Petroleum Geology Bulletin, V. 52 (7):1229-1258.
- Stöcklin, J., A. Ruttner- Nabavi, M. (1964), New data on the Lower Paleozoic and pre-Cambrian of North Iran: Geology Survey Iran Reprt, no. 1, 29.
- Thiele, O., Alavi, M., Assefi, R., Hushmand-zadeh, A., Seyed-Emami, K., Zahedi, M., (1968). Golpaygan quadrangle map 1:250000 with explanatory text. G. S. I. Geol quad E7: 24p.