

بررسی رخساره‌شناسی و محیط تشکیل توالی‌های آتشفشانی کوه چهل‌تن، واقع در جنوب باختر بردسیر (استان کرمان)

پریچهر احمدی مقدم^{۱*} و حمید احمدی پور^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

^۲ استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۴/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۲/۰۲

چکیده

بخشی از مجموعه آتشفشانی هزار (نوار ارومیه-دختر) با سن انوسن، در کوه چهل‌تن، در جنوب باختر شهرستان بردسیر واقع در استان کرمان رخمون یافته است. این بخش شامل تناوبی از گدازه، پیروکلاستیک و اپی‌کلاستیک است که توسط توده‌های نفوذی گابرویی و دیوریتی و دایک‌ها قطع شده است. گدازه‌ها شامل آندزیت و بازالت هستند و برش‌های آتشفشانی، آگلومراها، ایگنیمبریت‌ها و توف‌های ریزدانه، پیروکلاستیک‌ها را تشکیل داده‌اند. اپی‌کلاستیک‌ها نیز شامل ماسه‌سنگ و کنگلومرا بوده و گسترش بسیار زیاد و لایه‌بندی ظریف و منظم دارند. تناوب بین گدازه‌ها و نهشته‌های پیروکلاستیک و اپی‌کلاستیک در کوه چهل‌تن، نشان می‌دهد که در این منطقه فعالیت‌های آتشفشانی به صورت دوره‌ای رخ می‌دهد و آتشفشان‌ها از نوع استراتوولکان بوده‌اند. در زمان توقف فعالیت‌های شدید آتشفشانی، رسوب‌گذاری واحدهای اپی‌کلاستیک صورت گرفته است. به نظر می‌رسد که سنگ‌های آتشفشانی کوه چهل‌تن، محصول فوران‌های انفجاری از نوع ولکانین و در بعضی موارد پلنین هستند و یکی از دلایل ستر شدن توالی‌ها در این منطقه می‌تواند فرونشینی مداوم کف حوضه، همزمان با فوران‌های آتشفشانی باشد. شواهد صحرایی مانند نبود ناپیوستگی و خاک‌های قدیمی بین نهشته‌ها نشان می‌دهند که فاصله زمانی زیادی بین فوران‌ها وجود نداشته است. ویژگی‌های ژئوشیمیایی گویای آن است که گدازه‌ها احتمالاً منشأ یکسانی دارند و تحول ماگماهای سازنده گدازه‌ها عمدتاً تحت تأثیر تبلور تفریقی صورت گرفته و آلایش پوسته‌ای، نقش کم‌رنگ‌تری در تحول آنها ایفا کرده است، به طوری که گدازه‌های آندزیت منطقه در اثر تبلور تفریقی بازالت‌ها ایجاد شده و در هنگام صعود به سطح زمین، توقف طولانی مدت نداشته‌اند.

کلید واژه‌ها: نوار آتشفشانی ارومیه-دختر، پیروکلاستیک، اپی‌کلاستیک، تبلور تفریقی، بردسیر.

***نویسنده مسئول:** پریچهر احمدی مقدم

E-mail: pahmadimoghdam@yahoo.com

۱- پیش‌گفتار

مطالعات رخساره‌شناسی محصولات آتشفشان، ابزار بسیار مفیدی برای شناخت ماهیت محیط‌های رسوبی، در زمان فوران هستند. از آنجا که سنگ‌های آتشفشانی هم در محیط‌های قاره‌ای و هم در محیط‌های دریایی تشکیل می‌شوند، توصیف ویژگی‌های رخساره‌شناسی آنها می‌تواند اطلاعات ارزشمندی را در مورد ویژگی‌های محیط رسوب‌گذاری و نوع آن محیط و حتی نوع و شدت فوران آتشفشانی در اختیار پژوهشگران قرار دهد.

منطقه مورد مطالعه (کوه چهل‌تن) واقع در نوار دهج-ساردوئیه (شکل ۱-الف) که خود بخشی از نوار ارومیه-دختر می‌باشد، حاوی تناوب نسبتاً منظمی از محصولات مختلف آتشفشانی است (شکل ۱-ب) و به همین دلیل، مطالعات رخساره‌شناسی می‌تواند در آن به خوبی انجام شود. هدف از این مقاله، بررسی رخساره‌شناسی محصولات آتشفشانی و مطالعه بافت‌ها و ساختمان‌های رسوبی موجود در نهشته‌های پیروکلاستیک و اپی‌کلاستیک کوه چهل‌تن بوده و سعی شده که با استفاده از این ابزارها، تا حدودی ویژگی‌های محیط رسوب‌گذاری و چگونگی تشکیل سنگ‌ها روشن شود.

۲- روش کار

برای این مطالعات، ابتدا با انجام بازدیدهای صحرایی، ویژگی‌های زمین‌شناسی کوه چهل‌تن بررسی و در ۶ برش مختلف، بررسی‌های رخساره‌شناسی واحدها و نمونه‌برداری از آنها صورت گرفت. بخشی از مطالعات رخساره‌ای به بررسی بافت سنگ‌ها اختصاص دارد، از این رو، تعدادی مقطع نازک نیز برای مطالعه سنگ‌نگاری تهیه شد. از آنجا که بررسی ترکیب شیمیایی اجزای سازنده رخساره‌ها، از ابزار رخساره‌شناسی به شمار می‌رود، ۱۱ نمونه از گدازه‌های منطقه مورد مطالعه برای انجام تجزیه سنگ کل، به شرکت کان‌پژوه و از آنجا به آزمایشگاه SGS تورنتو در

کانادا فرستاده شدند. تجزیه شیمیایی نمونه‌ها برای عناصر اصلی به همراه Sr و Zr به روش ICP-MS و عناصر فرعی و کمیاب به وسیله CPC-MS انجام شده و برای هر نمونه ۱۱ اکسید اصلی و ۳۶ عنصر فرعی و کمیاب اندازه‌گیری شده است.

۳- ویژگی‌های محصولات آتشفشانی در صحرای

مطالعات صحرایی نشان داد که به طور کلی در کوه چهل‌تن دو نوع گدازه آندزیتی و بازالتی وجود دارد. آندزیت‌ها فراوان‌ترین نوع گدازه بوده و حاوی پلاژیوکلازهای درشت (با طول بیشینه ۲ سانتی‌متر) و کمی پیروکسن دانه‌ریز (با طول بیشینه ۰/۵ سانتی‌متر) هستند (شکل ۲-ب) که در یک زمینه بسیار ریزدانه و خاکستری رنگ قرار گرفته‌اند.

بازالت‌ها شامل کانی‌های پلاژیوکلاز، پیروکسن و الیوین‌های دگرسان هستند که در زمینه شیشه‌ای یا بسیار ریزبلور قرار گرفته و نسبت به گدازه‌های قبلی فراوانی کمتری دارند. پیروکلاستیک‌های منطقه مورد مطالعه به صورت متناوب با گدازه‌ها قرار گرفته (شکل ۲-الف) و یا خود به صورت تناوبی از لایه‌های درشت‌دانه و دانه‌ریز دیده می‌شوند و به انواع برش‌های آتشفشانی (شامل برش‌های گدازه‌ای و برش‌های حاصل از پیروکلاستیک‌های ریزش (Pyroclastic Fall)، آگلومراها، ایگنیمبریت‌ها، توف‌های ریزدانه و توفیت‌ها تقسیم‌بندی می‌شوند.

در برش‌های گدازه‌ای کوه چهل‌تن، قطعات و زمینه هر دو از جنس گدازه‌اند. این سنگ‌ها، حاوی قطعات گدازه آندزیتی و بازالتی بوده، کاملاً جوش خورده‌اند و فاقد لایه‌بندی هستند. از ویژگی‌های برش‌های گدازه‌ای منطقه، جورشدگی ضعیف و تراکم بالای (۴۰ تا ۵۰ درصد) قطعه در آنها است.

برش‌های حاصل از پیروکلاستیک‌های ریزشی منطقه، جورشدگی ضعیفی دارند و در آنها، قطعات گدازه، توف و سنگ‌های رسوبی که قطرشان بیشینه به

نشان‌دهنده افزایش قدرت جریان هستند (Smith et al., 1989)، در صورتی که توالی‌های ریزشونده به سمت بالا، افزایش فاصله از یک کانال اصلی رودخانه‌ای یا کاهش تدریجی قدرت جریان را نشان می‌دهند (Paredes et al., 2009). لایه‌های نازک و ریزدانه با جورشدگی نسبتاً خوب، در کانال‌های با انرژی کم نهشته می‌شوند، به همین دلیل هیچ یک از اشکال چینه‌نگاری پیچیده و ساخت ایمریکشن قطعات را نشان نمی‌دهند (Thouret, 2005). چنین حالتی در سیلستون‌های آتشفشانی موجود در اپی‌کلاستیک‌های کوه چهل‌تن، منطقی به نظر می‌رسد. درحالی که در اپی‌کلاستیک‌های دانه‌درشت‌تر، قطعات موجود، به صف شده و گاهی لایه‌بندی متقاطع نیز نشان می‌دهند و طول بلند بعضی از آنها در یک جهت قرار گرفته است. همه این شواهد نشان دهنده تشکیل این رسوبات، توسط جریان‌های آشفته (مانند رودخانه) است.

برای اینکه یک تصویر بهتر از فعالیت‌های سازنده محصولات و محیط تشکیل آنها به دست آید، شش پیمایش در منطقه انجام شده است که به طور مختصر تشریح می‌شوند. در این پیمایش‌ها، واحدهای مختلف بر اساس ویژگی‌های سنگ‌شناسی و بافتی از یکدیگر تفکیک شده‌اند. مقطع شماره ۱ در جنوب منطقه مطالعاتی واقع شده است و در موقعیت $29^{\circ} 45' 29''$ شمالی و $56^{\circ} 28' 56''$ خاوری قرار داشته و جهت حرکت، عمود بر امتداد لایه‌ها و از جنوب به سمت شمال است (شکل ۳- الف).

در پایین‌ترین بخش از این پیمایش گدازه‌های آندزیتی مشاهده می‌شود که حاوی پلاژیوکلاز و پیروکسن بوده و اندازه بلورها و فراوانی آنها و همچنین درجه دگرسانی، در بخش‌های مختلف آنها متغیر است. بر روی این گدازه‌ها، یک برش گدازه‌ای قرار گرفته و خود توسط یک گدازه آندزیتی دیگر پوشیده شده است. در ادامه مسیر به سمت بالای مقطع، یک پیروکلاستیک کاملاً جوش خورده، سپس یک برش گدازه‌ای کاملاً جوش خورده و سپس یک گدازه آندزیتی خاکستری رنگ دیده می‌شود. واحد بعدی یک برش گدازه‌ای بوده که خود توسط یک گدازه آندزیتی حاوی کانی‌های پلاژیوکلاز فراوان پوشیده شده است. سپس یک گدازه آندزیتی دیگر حاوی پلاژیوکلاز فراوان و پیروکسن درشت و پس از آن یک گدازه آندزیتی حاوی پلاژیوکلاز فراوان و پیروکسن بسیار ریزدانه قرار می‌گیرند.

این گدازه توسط یک توده نفوذی (الیوین بازالت) حاوی بلورهای پیروکسن سیاه رنگ و براق و الیوین قهوه‌ای مایل به زرد و یک دایک دبابازی بسیار دانه‌ریز قطع شده است. بر روی این واحدها یک گدازه آندزیتی حاوی پلاژیوکلاز دانه‌درشت و پیروکسن ریزدانه قرار گرفته است. در ادامه می‌توان یک پیروکلاستیک کاملاً جوش خورده و سپس یک واحد اپی‌کلاستیک، دارای توالی ریزشونده و درشت‌شونده، شامل سیلستون و ماسه‌سنگ آتشفشانی دید و سپس یک پیروکلاستیک جریانی روی آنها قرار گرفته است. واحد بعدی، یک برش گدازه‌ای بوده و سپس یک پیروکلاستیک جوش خورده قرار دارد که توسط یک گدازه آندزیتی پوشیده شده است و در انتهای این پیمایش، یک گدازه بازالتی دیده می‌شود که توسط یک توده نفوذی دیوریتی سفید رنگ قطع شده است. همانطور که گفته شد، در این مقطع توالی نسبتاً منظمی وجود دارد که در آن گدازه‌ها و پیروکلاستیک‌ها تکرار می‌شوند و واحدهای اپی‌کلاستیک در آن بسیار کم هستند. ارتباط این واحدها با یکدیگر ناگهانی است و هیچگونه ناپوستگی یا سطح فرسایشی ژرف و یا خاک قدیمی که نشان‌دهنده توقف طولانی فوران باشد، به چشم نمی‌خورد.

مقطع شماره ۲ در شمال خاور منطقه مطالعاتی واقع شده و پیمایش آن از سمت شمال خاور به سمت جنوب باختر است. این پیمایش در موقعیت تقریبی $29^{\circ} 45' 37''$ شمالی و $56^{\circ} 29' 12''$ خاوری انجام شده است (شکل ۳- ب) و در بخش‌های پایین نیز شامل توالی گدازه و پیروکلاستیک است که یک واحد

۳۰ سانتی‌متر می‌رسد (شکل ۲- ج) و به وسیله زمینه‌ای از خاکستر به یکدیگر جوش خورده‌اند. درجه بسیار بالای جوش خوردگی، نشان‌دهنده تشکیل و نهشته شدن آنها در دمای بالا و نشان‌دهنده فوران‌های هوایی در محیط قاره‌ای است (Mukhopadhyay et al., 2001).

نهشته‌های پیروکلاستیک جریانی در کوه چهل‌تن به دو شکل دیده می‌شوند. گروه اول با جوش خوردگی متوسط مشخص می‌شوند. قطعات موجود گردشده‌اند و جورشدگی آنها ضعیف می‌باشد. این پیروکلاستیک‌ها، حاوی قطعات جهت‌یافته با قطر بیشینه ۱ متر هستند. قطعات موجود شامل گدازه‌های آندزیتی و توف‌های جوش خورده‌اند که در یک زمینه ریزدانه قرار گرفته‌اند (شکل ۲- د). پیروکلاستیک جریانی و ریزشی، جزو نهشته‌هایی هستند که در مناطق فعال زمین‌ساختی توزیع پراکنده‌ای داشته (Cas & Wright, 1987) و در مناطق آتشفشانی، از پدیده‌های بسیار معمول می‌باشند (Chigira, 2002).

دومین گروه از پیروکلاستیک‌های جریانی در کوه چهل‌تن، ایگنیمبریت‌ها هستند که غالباً اولین فازهای فورانی را تشکیل داده و از پایین به بالا، رنگ‌های متفاوت و بافت‌های متنوعی را نشان می‌دهند. این پیروکلاستیک‌ها بافت‌های اوتاکسیتیک (Eutaxitic) داشته و حاوی فیام‌های (Fiamme) با اندازه و شکل‌های مختلف هستند. در این سنگ‌ها بیشتر قطعات جهت‌یافته‌اند و بیشینه اندازه آنها به ۱۵ سانتی‌متر می‌رسد و بعضی از آنها نیز گردشده‌اند. سنگ‌های مورد نظر جوش خورده‌اند و به رنگ‌های خاکستری کم‌رنگ، ارغوانی (احتمالاً به دلیل داغ بودن جریان)، قرمز، سبز یا زرد دیده می‌شوند و گاهی ساخت چشمی نشان می‌دهند (شکل ۲- ه). بر طبق تقسیم‌بندی (Walker, 1983)، "ایگنیمبریت‌های دمای بالا" (High-grade ignimbrites) به شدت جوش خورده‌اند و بافت شیشه‌ای آنها در حال از بین رفتن است درحالی‌که "ایگنیمبریت‌های دمای پایین" (Low-grade ignimbrites) جوش نخورده‌اند یا جوش خوردگی اندکی داشته و بافت قطعه‌ای دارند. بر اساس تقسیم‌بندی‌های (Walker, 1983)، ایگنیمبریت‌های کوه چهل‌تن، جزو ایگنیمبریت‌های دمای بالا (رئومورفیک) هستند.

توف‌های جوش خورده در منطقه مطالعاتی، از نظر اندازه قطعات، بسیار متغیر می‌باشند. این سنگ‌ها که بر اساس تقسیم‌بندی (Fisher, 1966) جزو توف هستند، حاوی لایه‌های دانه‌ریز (بیشینه اندازه دانه‌ها ۱ سانتی‌متر) و دانه‌درشت (بیشینه اندازه دانه‌ها ۱۰ سانتی‌متر) بوده و به طور متناوب تکرار می‌شوند. رنگ این توف‌ها سبز بوده، حاوی قطعات گدازه زاویه‌دار هستند و لایه‌بندی ظریف دارند. این ویژگی‌ها می‌تواند شاهدهی بر نهشته شدن آنها در آب باشد. توف‌های جوش خورده در تشکیلات فنگچنگ (Fengcheng Formation) در چین، به‌وسیله جریان‌های خاکستر (Ash flows) حاصل از فوران‌های انفجاری ایجاد و در محیط‌های کم‌ارتفاع نهشته شده و در اثر حرارت اولیه خود، جوش خوردگی پیدا کرده‌اند (Shifa et al., 2012). توفیت‌های منطقه مطالعاتی، بسیار ریزدانه می‌باشند و قطر دانه‌های آنها، بیشینه به ۱ میلی‌متر می‌رسد. رنگ آنها سبز است و لایه‌بندی‌های منظم و مشخص دارند. تغییر در نوع پیروکلاستیک و جوش خوردگی‌های متفاوت در طول مقاطع پیمایش شده در منطقه، نشان می‌دهد که نوع فوران‌های سازنده این محصولات به طور مداوم تغییر می‌کرده است.

اپی‌کلاستیک‌های منطقه گسترش نسبتاً زیادی داشته و لایه‌بندی ظریف و منظم دارند (شکل ۲- ز، ح). این نهشته‌ها شامل لایه‌های کنگلومرای ریزدانه، ماسه‌سنگ و سیلستون آتشفشانی هستند که به طور متناوب و به صورت لایه‌های ریزشونده و درشت‌شونده دیده می‌شوند. رسوب‌گذاری گل‌سنگ (Mudstone) و سیلستون، در یک محیط کم‌انرژی صورت می‌گیرد، درحالی‌که محیط تشکیل لایه‌های ماسه‌سنگ عموماً به شکل کانال‌های نسبتاً ژرف یا شکاف‌های حاصل از گسل است. توالی‌های درشت‌شونده به سمت بالا که در اپی‌کلاستیک‌های کوه چهل‌تن هم دیده می‌شود،

پروکلاستیک در اپی کلاستیک‌ها نشان‌دهنده حمل دوباره (Reworking) مواد می‌باشد (Martina et al., 2006) و عدم حضور رخساره هیالوکلاستیت در واحدهای آتشفشانی-رسوبی کوه چهل تن، نشان می‌دهد که در زمان فوران، سطح آب کم و بیش هم سطح یا پایین تر از سطح رسوبات بوده است (Erkul et al., 2006).

۴- ترکیب سنگ‌های منطقه

بررسی ترکیب سنگ‌ها، یکی از ابزارهای مورد استفاده برای مطالعات رخساره‌شناسی است زیرا ترکیب ماگما و تحولات آن پیش از فوران می‌تواند بر روی رفتار فورانی ماگماها و تشکیل محصولات فورانی آتشفشانی اثر بگذارد به گونه‌ای که این تحولات باعث دوره‌ای بودن فوران، انفجاری بودن یا آرام بودن فوران و ایجاد گدازه یا نهشته‌های پروکلاستیک می‌شود و در نتیجه، محصولات فورانی به شکل‌های متفاوت در سطح زمین ایجاد می‌شوند. از آنجا که پیمایش‌های مطالعه شده در کوه چهل تن، شامل تعداد زیادی واحد گدازه‌ای و پروکلاستیکی هستند و شواهد صحرایی نشان می‌دهد که فاصله زمانی زیادی بین فوران گدازه‌ها نبوده است، بنابراین با مطالعه سنگ‌نگاری و ژئوشیمی گدازه‌ها در مقاطع پیوسته، می‌توان تا حدودی به ترکیب ماگمای سازنده آنها و در نتیجه، به رفتار فورانی گدازه‌ها و پروکلاستیک‌ها در محیط سازنده آنها پی‌برد. به این منظور، گدازه‌های مقطع ۲ را به ترتیب از پایین به بالا به صورت سیستماتیک از جنبه‌های سنگ‌نگاری و ژئوشیمی مورد بررسی قرار دادیم که در زیر آورده می‌شود.

در این مقطع، ۶ نمونه گدازه به صورت منظم انتخاب و مورد مطالعه سنگ‌نگاری و آنالیزهای شیمیایی قرار گرفتند (شکل ۴). در این مقطع گدازه‌ها از نوع بازالت هستند. بر اساس مطالعات سنگ‌نگاری، از قدیمی‌ترین گدازه تا جدیدترین آنها در مقطع مورد مطالعه، مقدار درشت بلورها (فونوکریست) بر حسب نوع گدازه تغییرات مشخصی دارد و در آندزیت‌ها بیشتر است. مقدار کانی الیون از پایین به بالا، بسیار متغیر بوده به نحوی که از ۲ درصد در B2-1، تا صفر درصد در B2-22 تغییر می‌کند و بیشترین مقدار آن در B2-19 (۳ درصد) و کمترین مقدار در B2-5، B2-7 و B2-22 (صفر درصد) می‌باشد. مقدار پلاژیوکلاز در گدازه‌های مطالعه شده این مقطع، روند تقریباً یکنواختی داشته و بین ۱۵ تا ۴۵ درصد در تغییر است. بر اساس مطالعات ژئوشیمیایی، مقدار SiO_2 در B2-1 از ۵۱/۷ درصد وزنی تا ۵۲ درصد وزنی در B2-22 متغیر است و روند تقریباً یکنواختی را داشته و فقط در B2-5 مقدار آن به ۵۶/۱ درصد وزنی می‌رسد. درصد وزنی MgO روند یکنواخت دارد، در حالی که Na_2O تغییرات مشخصی را نشان داده و از ۲/۹ تا ۲/۷ درصد وزنی در تغییر می‌باشد. درصد وزنی Al_2O_3 نیز تغییرات شدیدی را نشان نمی‌دهد و مقدار آن از ۱۶/۳ تا ۱۹/۶ تغییر می‌کند. بررسی‌های یاد شده نشان می‌دهند که تمامی گدازه‌های منطقه مورد مطالعه، به سبب شباهت‌های ژئوشیمیایی و سنگ‌نگاری، با یکدیگر رابطه ژنتیکی داشته و احتمالاً همگی منشأ یکسانی دارند. گدازه‌های A1-22، A1-2 و B2-19 نسبت به سایر گدازه‌ها، دارای بالاترین مقادیر عناصر سازگار (مانند Mg و Ni) بوده (جدول ۱) و این مطلب را می‌رساند که این سه گدازه اصیل تر از سایر گدازه‌ها هستند (Zi et al., 2008). در شکل ۶ مشاهده می‌شود که از پایین به بالا، مقدار کانی‌های مافیک (مانند الیون و کلینوپیروکسن) قاعده خاصی را دنبال نمی‌کند و همچنین SiO_2 و MgO از پایین به بالا تغییرات شدیدی نشان نمی‌دهند. این دو مطلب نشان می‌دهد که این گدازه‌ها تحت تأثیر درجات تبلور تفریقی شدید قرار نگرفته‌اند (Zi et al., 2008).

۵- بحث

در تحول حوضه‌های رسوب گذاری نزدیک به مراکز آتشفشانی، رابطه‌ای پیچیده بین فرایندهایی همچون فرونشینی حوضه، فرایندهای مرتبط با تحول کمان آتشفشانی

ایگنیمبریت در بین آنها دیده می‌شود. روی این واحدها یک نهشته اپی کلاستیک و سپس توف‌های جوش خورده قرار گرفته و یک توده نفوذی گابرویی این توف‌ها را قطع کرده است. در این مقطع اپی کلاستیک بسیار کم بوده و مقدار گدازه بیشتر از پیمایش پیشین می‌باشد.

مقطع شماره ۳ در شمال خاور منطقه مطالعاتی واقع شده و جهت پیمایش از سمت شمال خاور به سمت جنوب باختر است و در موقعیت تقریبی $34^{\circ} 29'$ شمالی و $56^{\circ} 28'$ خاوری قرار گرفته است (شکل ۳-ج). وجه تمایز این مقطع با مقاطع دیگر منطقه، وجود توالی بسیار ستبر از پروکلاستیک‌ها است که فقط یک واحد ستبر از گدازه در بین آنها قرار گرفته است. این مقطع فاقد اپی کلاستیک است و هیچ توده نفوذی در آن دیده نمی‌شود.

مقطع شماره ۴ در قسمت مرکزی منطقه مطالعاتی واقع شده و جهت پیمایش در آن از سمت شمال خاور به سمت جنوب باختر است و در موقعیت تقریبی $35^{\circ} 29'$ شمالی و $56^{\circ} 27'$ خاوری قرار گرفته است (شکل ۳-د). در این مقطع مانند مقطع شماره ۳، مقدار گدازه بسیار کم می‌باشد اما این پیمایش، با یک واحد ستبر اپی کلاستیک شروع می‌شود و بر روی آن، توالی گدازه و پروکلاستیک قرار می‌گیرد. در این مقطع گدازه بسیار کمتر از پروکلاستیک بوده و دایک‌های متعدد در آن دیده می‌شود.

مقطع شماره ۵ در شمال باختر منطقه مطالعاتی قرار دارد و جهت پیمایش در آن از سمت شمال باختر به سمت جنوب خاور بوده و موقعیت تقریبی آن $29^{\circ} 33'$ شمالی و $56^{\circ} 21'$ خاوری می‌باشد (شکل ۳-ه). این مقطع با یک واحد گدازه شروع می‌شود، سپس بخش ستبری از ایگنیمبریت (که وجه تمایز آن با سایر پیمایش‌ها می‌باشد) قرار گرفته است و سپس یک توالی گدازه و پروکلاستیک بر روی واحدهای پیشین دیده می‌شود. سپس لایه‌بندی ستبری از اپی کلاستیک دیده می‌شود که توسط دایک‌های دیابازی قطع شده است. مقدار گدازه در این مقطع نیز نسبت به مقاطع ۱ و ۲ بسیار کم می‌باشد.

مقطع شماره ۶ در خاور منطقه مطالعاتی واقع شده و جهت پیمایش در آن، از سمت خاور به باختر بوده و در موقعیت تقریبی $36^{\circ} 29'$ شمالی و $56^{\circ} 30'$ خاوری قرار گرفته است (شکل ۳-و). این مقطع با یک گدازه و یک واحد اپی کلاستیک ستبر شروع شده و سپس تا انتهای مقطع، توالی منظم گدازه و پروکلاستیک و یک واحد ستبر ایگنیمبریت در آن وجود دارد.

مطالعه برش‌های شکل ۳ و ارتباط واحدهای موجود در آنها نشان می‌دهد که فعالیت‌های آتشفشانی در منطقه به صورت دوره‌ای رخ می‌دهد و آتشفشان‌های سازنده، از نوع استراتوولکان بوده‌اند و رسوب گذاری واحدهای اپی کلاستیک در زمان توقف فعالیت‌های شدید آتشفشانی رخ داده است. فواصل زمانی بین هر فوران کوتاه بوده است زیرا هیچ خاک قدیمی (Paleosol) یا ناپیوستگی در بین واحدهای سنگ‌شناختی منطقه دیده نمی‌شود. لایه‌بندی منظم ماسه سنگ‌های آتشفشانی منطقه و ساختارهای موجود در آنها، نشان‌دهنده حمل مواد توسط جریان‌های صفحه‌ای، مانند رودخانه‌های با طول عمر کوتاه (فصلی) است. جریان‌های صفحه‌ای عمر کوتاه دارند، کم ژرفا هستند و اغلب حرکت آشفته‌ای دارند که می‌تواند لایه‌های صفحه‌ای مانند، با لایه‌بندی مشخص را در مناطق آتشفشانی به وجود آورند (Martina et al., 2006). ماسه سنگ‌ها و سیلستون‌های منطقه ریزدانه بوده و اغلب دارای توالی‌های ریزشونده و درشت شونده هستند. شواهد لایه‌بندی متقاطع و به صف شدن قطعات در واحدهای اپی کلاستیک، احتمالاً به دلیل تشکیل در محیط آشفته و محصول حمل و رسوب گذاری توسط رودخانه می‌باشند.

به نظر می‌رسد در بعضی قسمت‌های منطقه مورد مطالعه، مناطق محدودی پر از آب وجود داشته است و نهشته شدن خاکسترهای آتشفشانی ریزشی و پروکلاستیک‌های جریانی در این مناطق، توفیت‌ها را ایجاد کرده است. وجود قطعات آتشفشانی و

دریاچه‌های کوچک دامنه‌ای است. ایگنیمبریت‌ها اولاً به‌عنوان فازهای ابتدایی فوران‌ها ظاهر شده‌اند و ثانیاً بیشترین ستبرای را در ستون شمال باختر (ستون ۵) دارند. وجود ایگنیمبریت‌های منطقه به همراه بافت‌ها و ساخت‌های اوتاکستیک کاملاً مشخص و جوش خوردگی بسیار خوب آنها، می‌تواند شاهی بر فوران‌های نوع پلینین (Plinian) در خشکی باشد که به فوران‌های ایگنیمبریت‌ساز نیز معروف بوده و بعضی از فوران‌های منطقه را به خود اختصاص داده‌اند. توفیت‌ها فقط به یک منطقه محدود می‌شوند (ستون ۵) که باز هم نشانه محیط‌های آبی محلی است. بیشترین حجم پیروکلاستیک‌ها را برش‌های گدازه‌ای ساخته‌اند. این می‌تواند نشانه فوران‌های نوع ولکانین (Volcanian) باشد که در آنها، دهانه برای مدتی بسته می‌شود و بعد با انفجار باز شده و گدازه جدید، در بین قطعات گدازه قدیمی تر قرار گرفته و این گروه از برش‌ها را به‌وجود می‌آورد. بیشترین حجم گدازه‌ها در ستون‌های ۱ و ۲ دیده می‌شود که عمدتاً به صورت متناوب با برش‌های گدازه‌ای قرار گرفته‌اند. در منطقه مورد مطالعه، پیروکلاستیک‌های جریانی از حجم بسیار کمی برخوردارند و فقط در مقطع ۱ و ۳ با ستبرای کم دیده می‌شوند. در انفجارهای نوع ولکانین حجم مواد فورانی کم، ولی ارتفاع ستون فورانی آنها زیاد است (نسبت به استرومبولین (Strombolian)) که باعث می‌شود مواد فورانی تا مسافت‌های زیادتر منتشر شوند. این مسئله در منطقه مورد مطالعه، نیز مشاهده می‌شود که محصولات انفجاری گستره زیادی از منطقه را پوشانده‌اند. گدازه‌های منطقه تغییرات ترکیبی محدودی دارند و از بازالت تا آندزیت تغییر می‌کنند و شواهدی را در خود دارند که نشان می‌دهد، در مخزن یا مخازن ماگمایی پوسته‌ای متوقف شده و سپس فوران کرده‌اند. فوران‌های ولکانین، غالباً نخستین فازهای فورانی یک آتشفشان هستند و گاهی نیز به دنبال آنها فوران‌های طولانی‌تر رخ می‌دهند. در این حالت مواد حاصل از انفجار، می‌توانند فقط حاوی قطعات ریز گدازه قدیمی باشند که قبلاً سرد شده و مجرای آتشفشان را مسدود کرده‌اند. در نتیجه، ستون‌های ۳، ۴ و ۵ که در آنها مقدار گدازه بسیار کم است و اغلب حاوی پیروکلاستیک و اپی‌کلاستیک هستند، می‌توانند در اثر چنین فوران‌هایی با دوره‌های انفجاری کوتاه مدت ایجاد شده باشند. در موارد دیگر، فوران‌های ولکانین برای دوره طولانی ادامه پیدا می‌کنند و ماگمای جدید با گرانروی بالا به طور مداوم به سمت بالا صعود می‌کند. در این حالت، ابرهای غلیظی از خاکستر آتشفشانی ریزدانه از دهانه خارج می‌شوند. می‌توان ستون‌های ۲، ۳ و ۵ که حاوی توف جوش خورده و توفیت هستند را شاهی بر چنین سازوکاری دانست. فوران‌های نوع ولکانین همراه با ماگماهای با گرانروی نسبتاً بالا رخ می‌دهند و ماگماهای غنی از بلور عموماً، این ویژگی را نشان می‌دهند. علاوه بر این، ماگماهای آندزیتی از ماگماهای معمول در این نوع فوران‌ها می‌باشند و در کوه چهل‌تن نیز اغلب گدازه‌های منطقه از نوع آندزیت‌های غنی از بلور هستند. فوران‌های ولکانین غالباً مواد پیروکلاستیک مانند برش گدازه‌ای تولید کرده و گدازه در آنها کمتر دیده می‌شود. چنین حالتی در کوه چهل‌تن نیز دیده می‌شود. با توجه به مطالب بالا، توالی‌های منطقه مورد مطالعه احتمالاً حاصل فوران‌های انفجاری از نوع ولکانین و در بعضی موارد پلینین می‌باشند که طی آنها گدازه‌ها و پیروکلاستیک‌های مختلف ایجاد شده‌اند. فعالیت‌ها دوره‌ای بوده و در زمان استراحت، مواد آتشفشانی فرسایش یافته و توسط رودخانه‌ها حمل و در بستر رودخانه‌ها یا حوضه‌های رسوبی محلی و کم عمق نهشته می‌شده است.

۶- نتیجه‌گیری

شواهد صحرایی، سنگ‌نگاری و شیمیایی نشان می‌دهند که محصولات آتشفشانی موجود در کوه چهل‌تن (واقع در جنوب شهرستان بردسیر)، محصول فوران‌های انفجاری و دوره‌ای استراتوولکان‌های قاره‌ای اتوسن هستند. این فوران‌ها عمدتاً

و پدیده‌های حاصل از آب و هوای منطقه وجود دارد (DeCelles & Giles, 1996; Catuneanu, 2004; Smith et al., 2002; Riggs et al., 1997). پدیده‌های حاصل از آب و هوا، باعث حمل دوباره نهشته‌های آتشفشانی در حین فوران و مراحل بین‌فورانی شده (Smith, 1987) و رسوب‌گذاری سبب می‌شود که شواهد مربوط به چگونگی تغییر این فرایندها حفظ شوند. این شواهد، در حوضه‌هایی که فرونشینی سریع دارند، بهتر حفظ می‌شوند (Gawthorpe & Einsele, 2000; Ravnas & Steel, 1998). یکی از ویژگی‌های سنگ‌های کوه چهل‌تن، ستبرای بسیار زیاد محصولات است. به نظر می‌رسد که در ابتدا فوران‌های آتشفشانی در این منطقه به تشکیل حجم زیادی از مواد فورانی انجامیده است. سپس زمانی که فعالیت آتشفشانی متوقف بود، نهشته‌های پیروکلاستیک و گدازه‌ها توسط شبکه‌های رودخانه‌ای، فرسوده و حمل شده و توالی‌های اپی‌کلاستیک را به‌وجود آورده‌اند. معمولاً در نواحی آتشفشانی، حجم زیادی از نهشته‌های پیروکلاستیک تولید می‌شود و این نهشته‌ها عموماً توسط فرایندهایی که اپی‌کلاستیک نام دارند، حمل و مجدداً رسوب‌گذاری می‌شوند (Cas & Wright, 1987). مطالعات اخیر بر روی رسوب‌گذاری در محیط‌های رسوبی که به شدت تحت تأثیر فعالیت‌های آتشفشانی انفجاری هستند، نشان داده که تناوب شرایط رسوب‌گذاری همزمان با فوران و شرایط رسوبی بین‌فورانی، مشخص‌ترین عامل تأثیرگذار بر روی تشکیل نهشته‌ها در این محیط‌ها می‌باشند (Manassero et al., 2000; Martina et al., 2006; Nakayama & Yoshikawa, 1997; Kataoka & Nakajo, 2002). دوره‌های فرسایشی قدرتمندی که در مناطق آتشفشانی وجود دارند، به احتمال زیاد مربوط به تغییرات آب و هوایی (کاهش سطح آب، انواع مختلف گیاهان در طول دامنه‌ها) یا تغییرات آتشفشانی-زمین‌ساختی منطقه هستند (Calcaterra et al., 2007).

منطقه مورد مطالعه، بسیار شبیه به عضو ریوبلانکو (Rio Blanco Member) در فاماتینا رینج (Famatina Ranges) در باختر آرژانتین (در بخش جنوبی آند مرکزی) بوده که (Martina et al., 2006)، فرونشینی مداوم کف حوضه را علت تشکیل حجم زیاد اپی‌کلاستیک در منطقه می‌دانند. طبق عقیده این نگارندگان، فرونشینی کف حوضه، همزمان با فوران آتشفشانی رخ می‌دهد است. در منطقه چهل‌تن نیز، فرونشینی مداوم کف حوضه، همزمان با فوران‌های آتشفشانی، می‌تواند یکی از علت‌های ستبر شدن لایه‌های اپی‌کلاستیک و پیروکلاستیک باشد. با این ترتیب می‌توان گفت که در کوه چهل‌تن، همزمان با تشکیل سنگ‌ها، منطقه، فرونشینی نیز داشته است. اشکال رسوبی موجود در پیروکلاستیک‌ها و اپی‌کلاستیک‌ها به همراه حجم زیاد ایگنیمبریت‌ها، نشان می‌دهد که فوران‌های آتشفشانی منطقه در محیط قاره‌ای صورت گرفته است. سپس مواد فورانی، توسط رودخانه‌ها فرسایش یافته و مواد اپی‌کلاستیک رسوب کرده‌اند. در نتیجه محیط تشکیل اپی‌کلاستیک‌های منطقه یک محیط قاره‌ای و رودخانه‌ای بوده است و گاهی دریاچه‌های محلی در منطقه ایجاد شده که می‌توانسته واحدهایی مانند توفیت‌ها را بسازد. با بررسی ۶ ستون چینه‌نگاری از واحدهای منطقه و تطابق سنگ‌شناسی‌های مختلف موجود در هر ستون با سایر ستون‌ها، الگوهایی از پراکندگی و تغییرات جانبی آنها در منطقه به دست می‌آید. با این الگوها می‌توان ضمن بررسی تغییرات جانبی واحدهای سنگی، تا حدودی به محیط تشکیل اپی‌کلاستیک‌ها، پیروکلاستیک‌ها و حتی گدازه‌های منطقه پی‌برد که این خود به مطالعات رخساره‌شناسی کمک شایانی می‌کند. از تطابق ستون‌های مطالعه شده (شکل ۵) و بررسی تغییرات سنگ‌نگاری و ژئوشیمی گدازه‌ها می‌توان مطالب زیر را استنباط نمود.

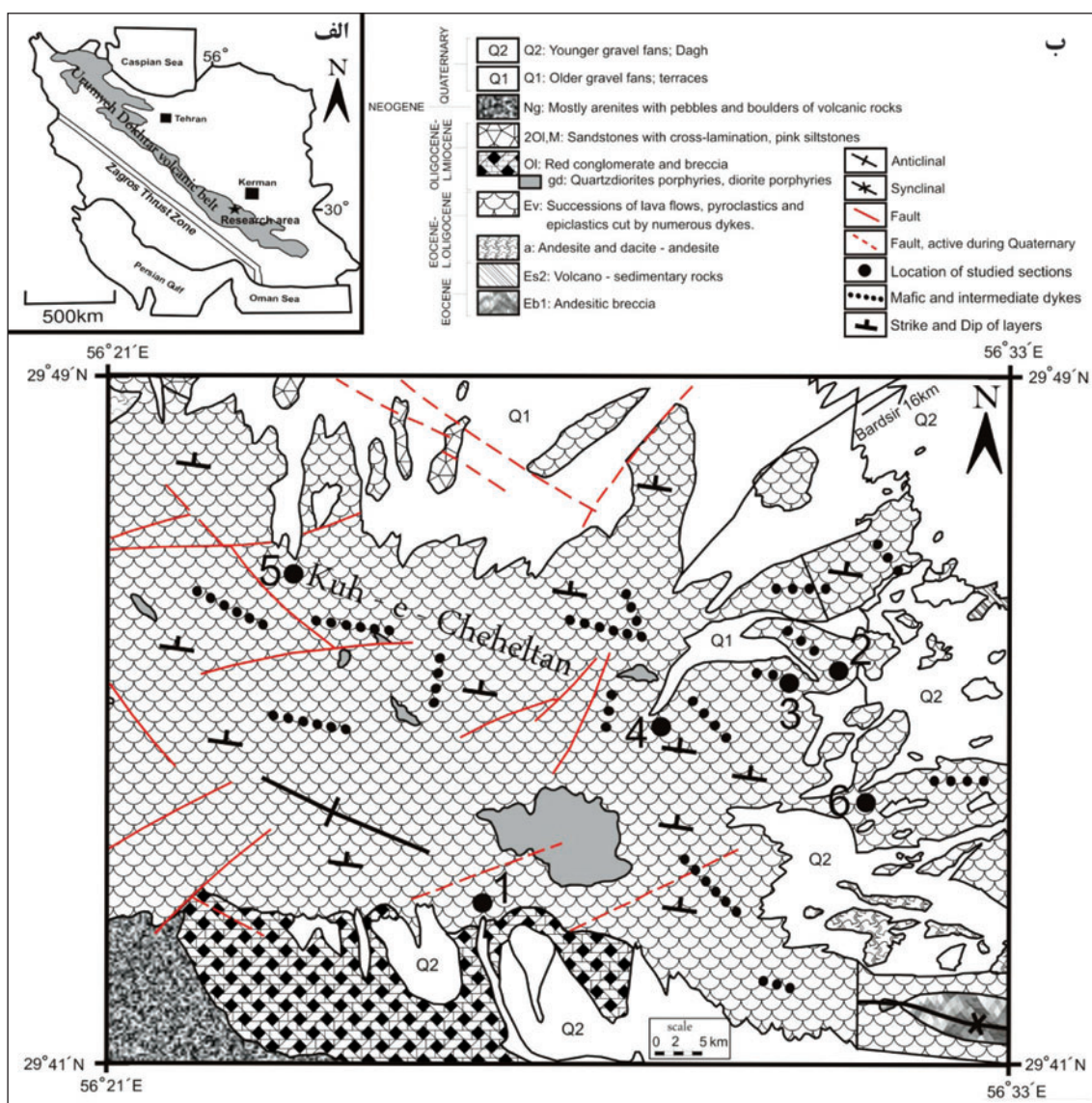
- ستبرای اپی‌کلاستیک‌ها تغییرات خیلی زیاد نشان می‌دهد، یعنی در ستون‌های جنوب خاوری (ستون‌های ۳، ۴ و ۶) ستبرای این نهشته‌ها بیشتر و در ستون شمال باختری (ستون ۵) و جنوبی (ستون ۱) ستبرای آنها کمتر است. این شواهد نشان‌دهنده وجود حوضه‌های رسوبی به صورت محلی، مانند بستر رودخانه‌ها یا

این نوار انجام داد تا یک تصویر روشن تر از محیط های رسوب گذاری، در زمان فوران های آتشفشانی به دست آید.

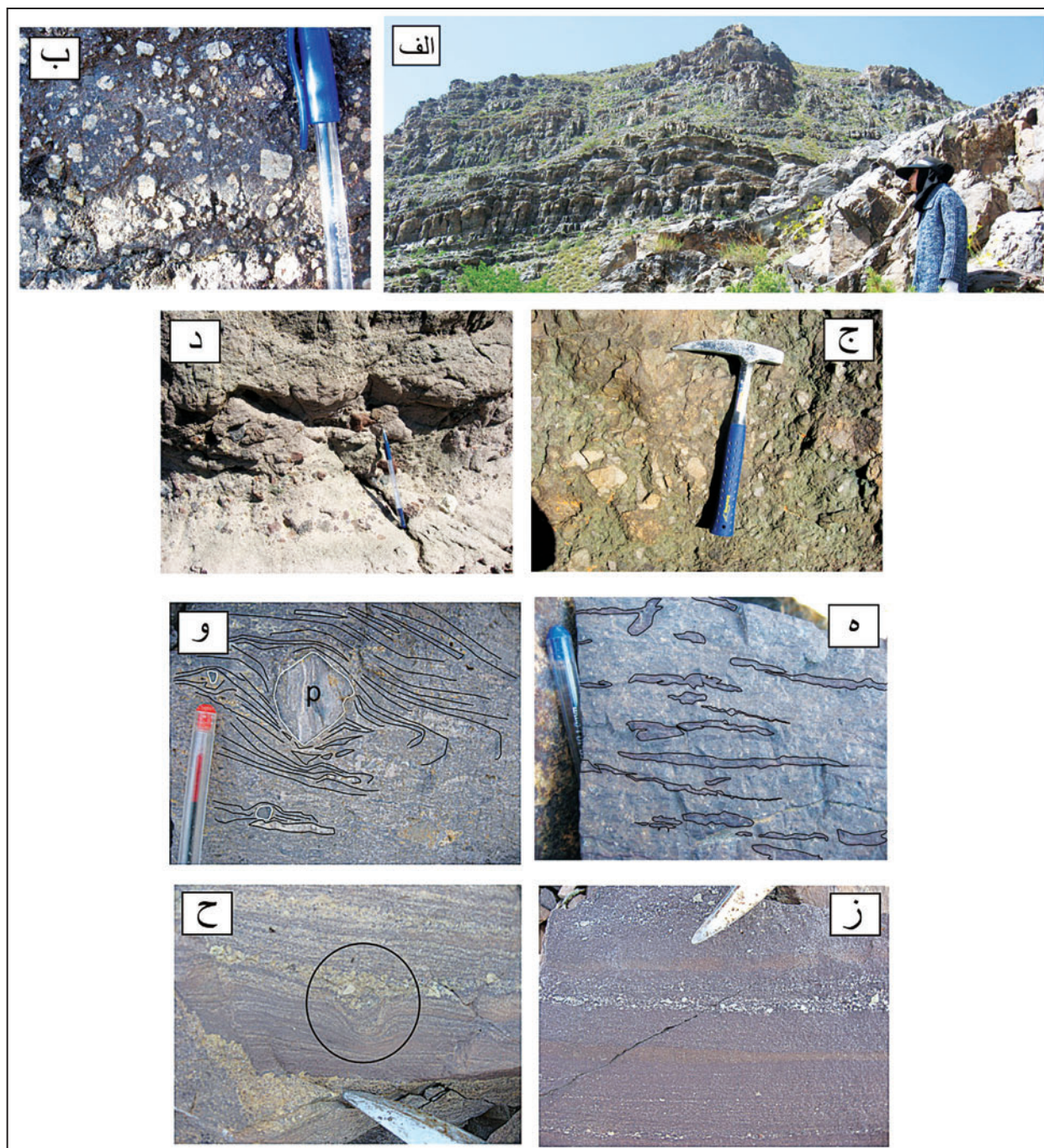
سیاسکزاری

نگارندگان مقاله از معاونت پژوهشی دانشگاه شهید باهنر کرمان به خاطر کمک های ایشان کمال تشکر را دارند.

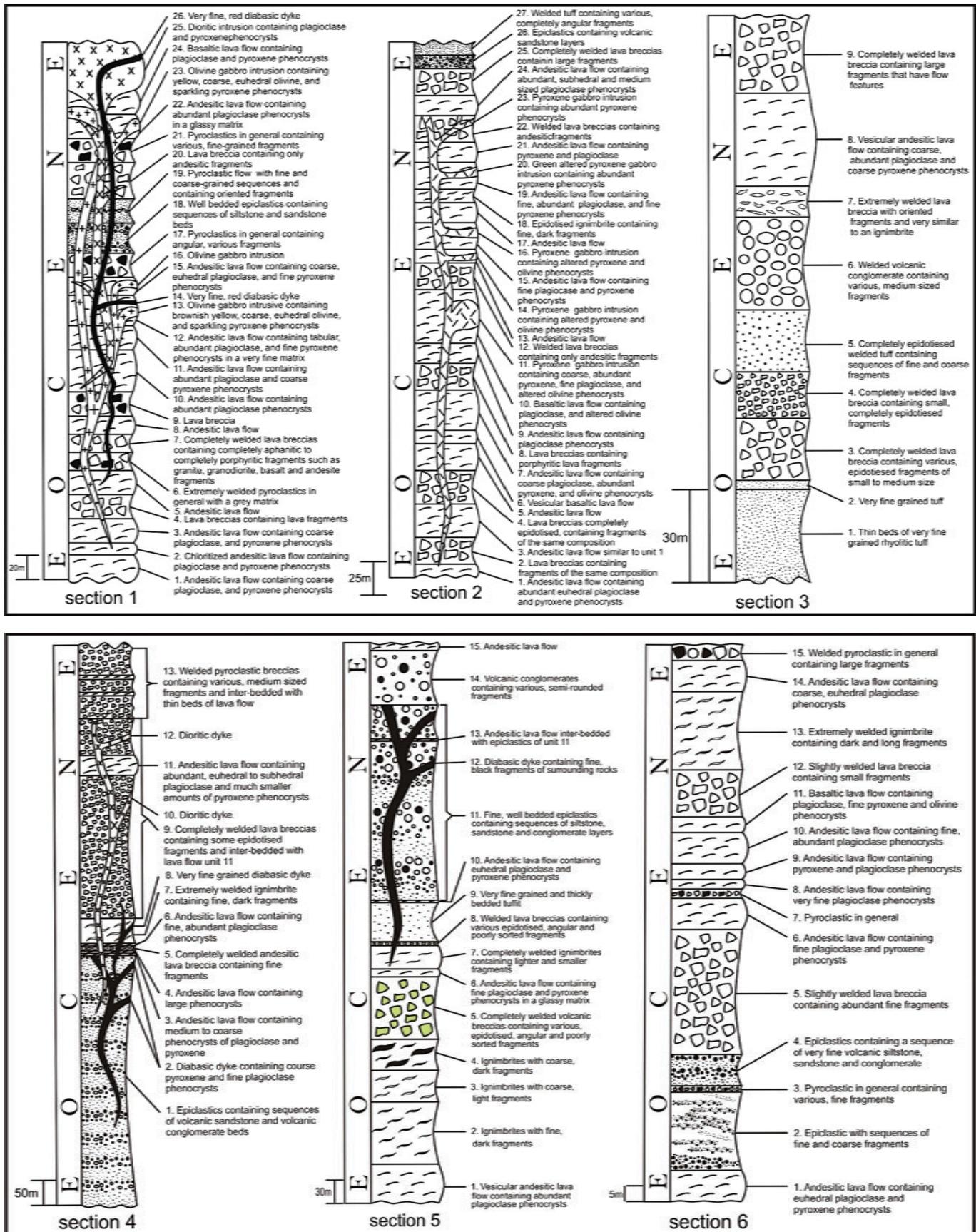
انفجاری بوده و فاصله زمانی زیادی با یکدیگر نداشته اند اما، در دوره های استراحت بین فوران های آتشفشانی، مواد آتشفشانی توسط رودخانه ها فرسایش یافته و در بستر رودخانه یا حوضه های رسوبی قاره ای کم ژرفا نهشته می شده اند. ترکیب ماگمای فوران یافته در این استراتوولکان ها، بازالتی و آندزیتی بوده و ماگماها، تفریق وسیعی را تحمل نکرده اند. با توجه به حجم بسیار زیاد نهشته های پیرو کلاستیک و اپی کلاستیک در نوار ارومیه دختر، چنین مطالعاتی را می توان در بخش های مختلف



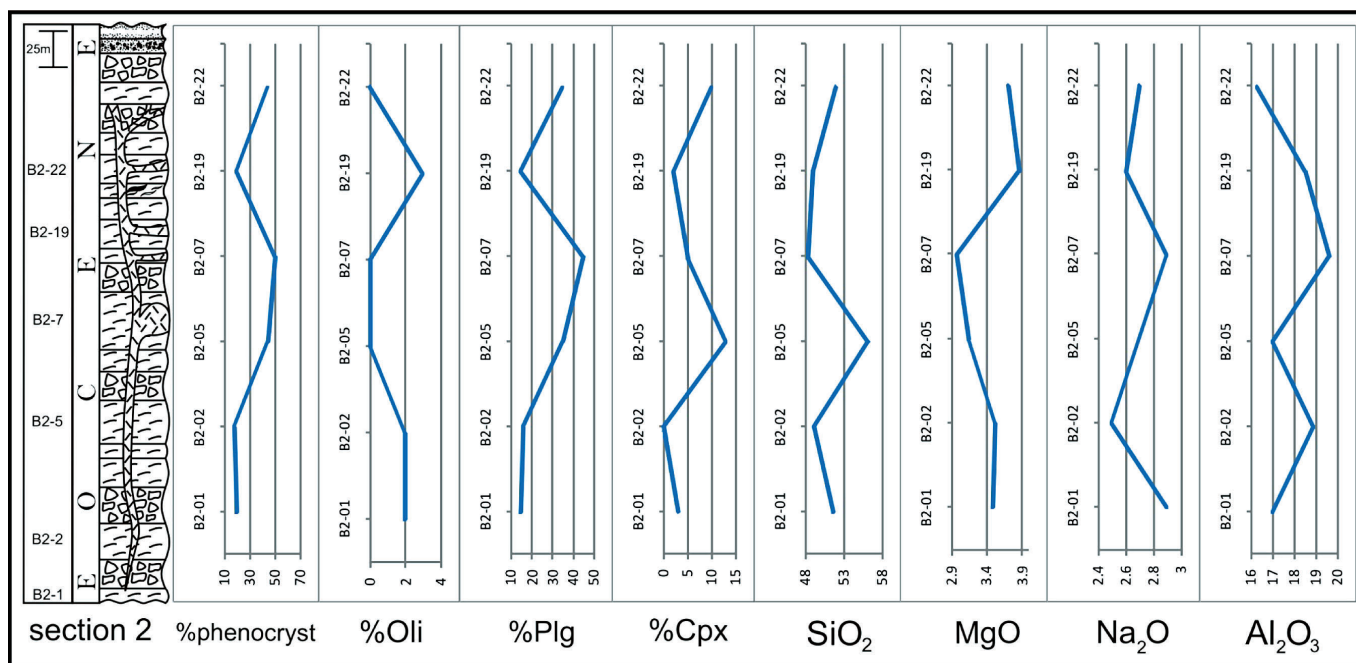
شکل ۱- الف) موقعیت منطقه مورد مطالعه در نوار ارومیه - دختر (با تغییرات از Shahabpour & Kramers, 1987)؛ ب) نقشه زمین شناسی کوه چهل تن (برگرفته از نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰/۰۰۰ بردسیر (محجل کفشدوز و همکاران، ۱۳۷۱) و نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰/۰۰۰ چهار گنبذ (Srdic et al., 1971)).



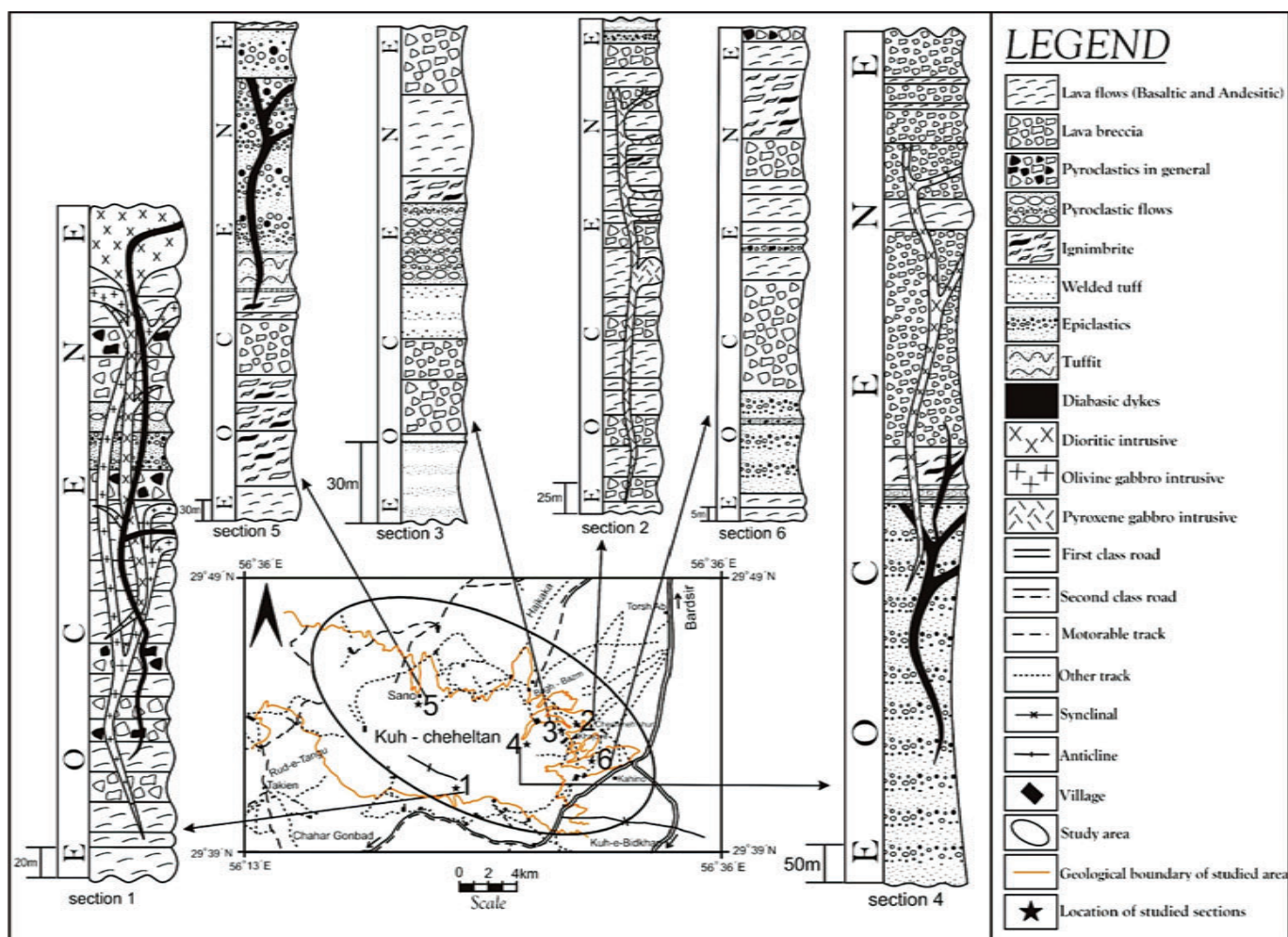
شکل ۲- واحدهای سنگی مختلف منطقه. الف) نمایی از منطقه که توالی گدازه، پیروکلاستیک و اپی کلاستیک را نشان می‌دهند؛ ب) گدازه آندزیتی حاوی پلاژیو کلازهای درشت؛ ج) پیروکلاستیک ریزشی منطقه حاوی قطعات پامیس با رنگ روشن؛ د) به صف شدگی قطعات درشت در پیروکلاستیک جریانی منطقه؛ ه) ساخت اوتاکسی تیک، به دلیل داغ بودن جریان در ایگنیمبریت‌های منطقه، اطراف فیام‌ها پخته و قرمز رنگ شده است؛ و) ساخت چشمی در ایگنیمبریت‌های منطقه؛ P: قطعات درشت؛ ز) اپی کلاستیک با لایه‌بندی ظریف و منظم؛ ح) ایجاد فرورفتگی در لایه‌های اپی کلاستیک منطقه، به دلیل افتادن قطعه سنگ در رسوبات نرم.



شکل ۳- مقاطع مطالعه شده در کوه چهل تن.



شکل ۴- تغییرات بافتی، کانی‌شناسی و شیمیایی گدازه‌های موجود در مقطع شماره ۲ (از پایین به بالا: B2-1 : بازالت، B2-2 : بازالت، B2-5 : آندزیت، B2-7 : بازالت، B2-19 : بازالت، B2-22 : آندزیت).



شکل ۵- مقاطع مطالعه شده در منطقه و موقعیت آنها در نقشه موقعیت کوه چهل‌تن (با استفاده از نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ بردسیر (محجل کفشدوز، ۱۳۷۱) و ۱/۱۰۰۰۰۰ چهار گنبد (Srdic et al., 1971)).

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی اکسیدهای اصلی (بر حسب درصد وزنی) و عناصر فرعی و کمیاب (بر حسب ppm) نمونه‌های سنگی منطقه مورد مطالعه.

نمونه	A1-2	A1-17	A1-19	A1-22	A1-25	B2-1	B2-2	B2-5	B2-7	B2-19	B2-22
نام سنگ	بازالت	بازالت	بازالت	بازالت	آندزیت	بازالت	بازالت	آندزیت	بازالت	بازالت	آندزیت
SiO ₂	۴۹/۵	۴۹/۸	۴۹/۲	۴۸/۷	۵۲/۶	۵۱/۷	۴۹/۱	۵۶/۱	۴۸/۴	۴۸/۹	۵۲/۰
TiO ₂	۰/۹۰	۰/۹۱	۰/۸۳	۱/۰۱	۰/۹۰	۰/۹۵	۰/۹۷	۰/۸۴	۱/۰۱	۰/۹۶	۱/۰۵
Al ₂ O ₃	۱۷/۴	۱۸/۹	۱۶/۵	۱۷/۶	۱۸/۱	۱۷/۰	۱۸/۹	۱۷/۰	۱۹/۶	۱۸/۵	۱۶/۳
FeO _T	۹/۹۶	۸/۹۳	۹/۰۷	۹/۸	۷/۹۱	۹/۱۸	۹/۹۳	۷/۷۸	۹/۹	۹/۷۱	۹/۴
CaO	۹/۱۰	۱۰/۲	۸/۰۳	۹/۲۶	۷/۷۴	۸/۷۱	۱۰/۳	۷/۹۰	۹/۷۵	۱۰/۵	۸/۳۷
MgO	۴/۹۰	۳/۱۹	۲/۹۲	۴/۰۲	۲/۴۰	۳/۴۹	۳/۵۲	۳/۱۵	۲/۹۷	۳/۸۶	۳/۷۲
Na ₂ O	۲/۸	۲/۷	۲/۷	۲/۶	۳/۰	۲/۹	۲/۵	۲/۷	۲/۹	۲/۶	۲/۷
K ₂ O	۱/۱۱	۱/۳۸	۱/۳۳	۱/۴۲	۲/۴۹	۱/۴۵	۱/۰۴	۱/۱۴	۰/۷۶	۰/۹۰	۲/۰۶
MnO	۰/۲۰	۰/۲۱	۰/۲۲	۰/۲۱	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۱۷	۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۱۷	۰/۱۸
Cr ₂ O ₃	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱
P ₂ O ₅	۰/۱۹	۰/۲۰	۰/۲۴	۰/۲۰	۰/۲۶	۰/۲۳	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۲۳	۰/۱۴	۰/۳۰
Sum	۹۶/۵	۹۷/۵	۹۵/۶	۹۷/۰	۹۷/۲	۹۷/۶	۹۷/۵	۹۹/۰	۹۷/۴	۹۷/۴	۹۸/۱
LOI	۰/۴۲	۱/۱۳	۴/۵۱	۲/۱۱	۱/۶۲	۱/۸۴	۱/۰۳	۲/۰۷	۱/۶۵	۱/۱۱	۲/۰۵
Ba	۳۰۰	۲۷۰	۳۱۰	۲۸۰	۴۸۰	۳۴۰	۲۶۰	۴۰۰	۳۵۰	۲۴۰	۳۷۰
Sr	۴۴۰	۴۳۰	۴۵۰	۴۲۰	۵۷۰	۳۹۰	۴۶۰	۴۷۰	۵۵۰	۴۴۰	۴۴۰
Zn	۱۳۰	۸۵	۱۳۲	۹۹	۸۸	۹۵	۱۰۱	۸۴	۹۲	۱۰۵	۱۱۴
Ag	<۱	<۱	<۱	<۱	<۱	<۱	<۱	<۱	<۱	<۱	<۱
Ce	۲۶/۷	۳۱/۵	۴۲/۳	۳۳/۷	۴۳/۳	۳۲/۴	۱۸/۳	۳۰/۰	۲۹/۶	۱۷/۳	۴۱/۳
Co	۲۹/۸	۲۲/۴	۱۷/۱	۲۸/۱	۱۵/۰	۲۴/۵	۲۵/۸	۱۹/۸	۲۱/۶	۲۵/۶	۲۴/۷
Cs	۴/۱	۱/۰	۳/۵	۰/۷	۰/۹	۰/۷	۰/۴	۰/۹	۱/۵	۰/۳	۰/۸
Cu	۴۵	۶۴	۹۳	۵۱	۷۰	۸۸۴	۳۴۷	۷۷	۹۱	۲۵۰	۶۳۸
Dy	۳/۱۰	۳/۴۱	۴/۱۰	۴/۰۵	۴/۱۷	۴/۱۹	۳/۳۸	۳/۸۱	۳/۷۴	۳/۱۶	۵/۳۳
Er	۱/۹۳	۲/۰۵	۲/۴۱	۲/۴۴	۲/۴۳	۲/۶۶	۲/۰۵	۲/۴۸	۲/۳۸	۱/۹۴	۳/۳۷
Eu	۱/۰۲	۱/۰۶	۱/۱۷	۱/۲۲	۱/۲۹	۱/۲۰	۰/۹۷	۱/۰۶	۱/۲۲	۱/۰۳	۱/۲۴
Ga	۱۶	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸	۱۹	۱۷	۱۹	۱۸	۱۹
Gd	۳/۰۹	۳/۲۶	۴/۰۹	۳/۹۵	۴/۴۱	۳/۹۲	۳/۳۹	۳/۶۵	۳/۶۳	۲/۹۲	۴/۸۷
Hf	۲	۲	۳	۲	۳	۳۳	۲	۳	۲	۲	۴
Ho	۰/۶۳	۰/۷۲	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۴	۰/۸۸	۰/۷۱	۰/۷۹	۰/۸۱	۰/۷۱	۱/۱۰
La	۱۳/۱	۱۵/۵	۲۲/۱	۱۶/۸	۲۱/۴	۱۵/۷	۸/۹	۱۴/۴	۱۴/۶	۷/۸	۲۰/۰
Lu	۰/۲۱	۰/۲۰	۰/۳۲	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۳۰	۰/۲۱	۰/۲۵	۰/۲۷	۰/۲۲	۰/۴۱
Mo	<۲	<۲	<۲	<۲	<۲	<۲	<۲	<۲	<۲	<۲	<۲
Nb	۳	۳	۴	۳	۴	۴	۲	۴	۳	۲	۵
Nd	۱۴/۷	۱۵/۳	۲۱/۹	۱۷/۷	۲۲/۲	۱۷/۸	۱۲/۷	۱۶/۱	۱۶/۲	۱۱/۱	۲۲/۴
Ni	۲۱	۱۳	۵	۱۰	>۵	۱۰	۹	۱۰	۷	۲۶	۱۰
Pr	۳/۴۳	۳/۸۱	۴/۹۴	۴/۳۰	۵/۲۴	۴/۱۱	۲/۴۵	۳/۸۰	۳/۸۴	۲/۴۳	۵/۳۷
Rb	۲۷/۴	۴۲/۶	۵۴/۳	۴۰/۲	۵۷/۳	۴۳/۳	۲۰/۳	۲۵/۱	۲۳/۹	۱۵/۷	۷۰/۷
Sm	۳/۴	۳/۲	۴/۳	۳/۸	۴/۵	۴/۲	۲/۸	۳/۸	۳/۷	۳/۰	۵/۱
Sn	۱	۲	۲	۱	۱	۱	<۱	۱	۱	<۱	۲
Ta	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵
Tb	۰/۴۹	۰/۵۸	۰/۶۵	۰/۶۴	۰/۶۸	۰/۶۶	۰/۵۱	۰/۶۴	۰/۶۱	۰/۴۹	۰/۸۱
Th	۳/۶	۶/۳	۷/۷	۵/۷	۷/۹	۴/۴	۱/۶	۵/۲	۳/۶	۱/۶	۷/۸
Tl	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵
Tm	۰/۲۶	۰/۳۰	۰/۳۵	۰/۳۷	۰/۳۸	۰/۳۷	۰/۳۰	۰/۳۴	۰/۳۴	۰/۲۵	۰/۴۹
U	۰/۷۹	۱/۱۵	۱/۳۴	۱/۰۱	۱/۴۷	۱/۰۵	۰/۴۰	۱/۲۵	۰/۶۵	۰/۴۱	۱/۷۷
V	۲۲۵	۲۵۶	۱۶۳	۲۷۱	۱۶۵	۲۱۲	۲۷۰	۱۷۱	۲۵۳	۲۶۲	۲۰۱
W	<۱	<۱	<۱	<۱	<۱	۱	<۱	<۱	<۱	<۱	<۱
Y	۱۸/۸	۱۹/۲	۲۲/۴	۲۲/۳	۲۳/۹	۲۳/۶	۱۹/۲	۲۲/۸	۲۲/۳	۱۷/۹	۳۰/۳
Yb	۱/۹	۱/۸	۲/۲	۲/۱	۲/۶	۲/۳	۱/۹	۲/۵	۲/۱	۱/۹	۳/۱
Zr	۶۶/۷	۷۴/۶	۹۵/۰	۸۰/۱	۹۹/۱	۹۸/۷	۵۵/۷	۱۱۳	۶۷/۴	۵۲/۰	۱۳۷

کتابنگاری

محجل کفشدوز، م.، خدابنده، ا.ا.، امامی، م. ه.، سبزه‌ای، م.، افشاریان‌زاده، م.، اعتمادی، ن.، قماش، ع.، ۱۳۷۱- نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰،۰۰۰ بردسیر. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

References

- Calcaterra, D., Coppin, D., de Vita, S., Di Vito, M.A., Orsi, G., Palma, B. & Parise, M., 2007- Slope processes in weathered volcanoclastic deposits within the city of Naples: The Camadolli Hill case. *Geomorphology* 87: 132-157.
- Cas, R.A.F. & Wright, J.V., 1987- *Volcanic Successions Modern and Ancient*. Allen and Unwin, London 225p.
- Catuneanu, O., 2004- Retroarc foreland systems-evolution through time. *Journal of South African Earth Sciences* 38: 225-242.
- Chigira, M., 2002- Geology factors contributing to landslide generation in a pyroclastic area: Agust 1998 Nishigo Village, Japan. *Geomorphology* 46: 117-128.
- DeCelles, P.G. & Giles, K.A., 1996- Foreland basin systems. *Basin Research* 8: 105-123.
- Einsele, G., 2000- *Sedimentary Basins: Evolution Facies and Sediment Budget*. Springer-Verlag, Heidelberg pp: 1-955.
- Erkul, F., Helvacı, C. & Sozbilir, H., 2006- Olivine basalt and trachyandesite peperites formed at the subsurface/surface interface of a semi-arid lake: An example from the Early Miocene Bigadic basin, western Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 149: 240-261.
- Fisher, R.V., 1966- Rocks composed of volcanic fragments. *Earth Science Reviews* 1:287-298.
- Gawthorpe, R.L. & Leeder M., 2000- Tectono-sedimentary evolution of active extensional basins. *Basin Research* 12: 195-218.
- Kataoka, K. & Nakajo, T., 2002- Volcanoclastic resedimentation in distal fluvial basins induced by large-volume explosive volcanism: the Ebisutoge-Fukuda tephra, Plio-Pleistocene boundary, central Japan. *Sedimentology* 49: 319-334.
- Manassero, M., Zalba, P.E., Andreis, R.R. & Morosi, M., 2000- Petrology of continental pyroclastic and epiclastic sequences in the Chubut Group (Cretaceous): Los Altares-Las Plumas area, Chubut, Patagonia Argentina. *Revista Geologica de Chile* 27: 13-26.
- Martina, F., Davila, F.M. & Astini, R.A., 2006- Mio-Pliocene volcanoclastic deposits in the Famatina Ranges, southern Central Andes: A case of volcanic controls on sedimentation in broken foreland basins. *Sedimentary Geology* 186: 51-65.
- Mukhopadhyay, J., Ray, A., Ghosh, G., Medda, R.A. & Bandyopadhyay, P.P., 2001- Recognition, Characterization and Implications of High-Grade Silicic Ignimbrite Facies from the Paleoproterozoic Bijli Rhyolites, Dongargarh Supergroup, Central India. *Gondwana Research* 4(3): 519-517.
- Nakayama, K. & Yoshikawa, S., 1997- Depositional processes of primary to reworked volcanoclastics on an alluvial plain: an example from the Lower Pliocene Ohta tephra bed of the Tokai Group, central Japan. *Sedimentary Geology* 107: 211-229.
- Paredes, J.M., Giacosa, R.E. & Heredia, N., 2009- Sedimentary evolution of Neogene continental deposits (Nirihuau Formation) along the Nirihuau River, North Patagonian Andes of Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 28: 74-88p.
- Ravnas, R. & Steel, R.J., 1998- Architecture of marine rift-basin successions. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 82: 110-146.
- Riggs, N.R., Hurlbert, J.C., Schroeder, T.J. & Ward, S.A., 1997- The interaction of volcanism and sedimentation in the proximal areas of a mid-Tertiary volcanic dome field, central Arizona. *USA Journal of Sedimentary Research* 67: 142-153.
- Shahabpour, J. & Kramers, J. D., 1987- Lead isotope data from the Sarcheshmeh porphyry copper deposit, Iran. *Mineral Deposita* 22: 275-281.
- Shifa, Z., Xiaomin, Z., Jishan, L., Yuan, Y., Benzong, X., Huapeng, N. & Changyong, Z., 2012- Genesis and hydrocarbon significance of vesicular welded tuffs: A case study from the Fengcheng formation, Wu-Xia area, Junggar Basin, NW China.
- Smith, G.A., 1987- The influence of explosive volcanism on fluvial sedimentation: the Deschutes Formation (Neogene) in central Oregon. *Journal of Sedimentary Petrology* 57: 613-629.
- Smith, G.A., Moore, J. & McIntosh, W.C., 2002- Assessing roles of volcanism and basin subsidence in causing Oligocene-Lower Miocene sedimentation in the northern Rio Grande rift, New Mexico. *USA Journal of Sedimentary Research* 72: 836-848.
- Smith, N.D., Cross, T.A., Dufficy, J.P. & Clough, R.S., 1989- Anatomy of an avulsion. *Sedimentology* 36: 1-23.
- Srdic, A., Dimitrijevic, M.D., Markovic, M., Cukucan, M., Grabeljsek, V., Espahbod, R., Milosakovic, R., Halaviati, J., Martinovic, D., Nemat, L., Skuletic, T., Rajcevic, D., Kajevec, A., Markovic, B., Bogdanovic, P., Fotic, V., Babovic, M., Ivanovic, Dj., Pavic, A., Danilova, A., Mehrynush, M., Dzodzo, R., Popovic, R., Divljan, S., Pesic, D., Watters, W.A., Dimitrijevic, M.N., Pazirandeh, M., Sabzehei, M., Alavi, N., Djordjevic, M., Lazic, S., Mitrovic, R., Afaghi, A., Sadjedi, T., Salek, M.M., Jamshidi, Kh., 1971- Geological Map of Iran, 1:100000 series, sheet 7249, Geological Map Of Chahar Gonbad. Institute for geological and mining exploration and investigation of nuclear and other mineral raw materials, Beograd, Yugoslavia. Geological Survey of Iran.
- Thouret, J.C., 2005- The stratigraphy, depositional processes, and environment of the late Pleistocene Polallie-period deposits at Mount Hood Volcano, Oregon, USA. *Geomorphology* 70: 12-32.
- Walker, G.P.L., 1983- Ignimbrite types and ignimbrite problems. *J. Volcanol. Geotherm. Res* 94: 65-88.
- Zi, J., Weiming, F., Yuejun, W., Peng, T. & Guo, F., 2008- Geochemistry and Petrogenesis of the Permian mafic dykes in the Panxi region, SW China. *Gondwana Research* 14: 368-382.

Facial Study of Volcanic Successions and their Origin in Cheheltan Mountain, Southwest of Bardsir, Kerman Province

P. Ahmadi Moghadam ^{1*} & H. Ahmadipour ²

¹ M. Sc. Student, Department of Geology, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

² Assistant Professor, Department of Geology, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

Received: 2012 July 14

Accepted: 2013 April 22

Abstract

A part of the Hezar volcanic complex (Urmia-Dokhtar Volcanic Belt), Eocene in age, has been cropped out in the Cheheltan Mountain at southwest of the Bardsir town, in the Kerman province. This part consists of alternation of lava flows, pyroclastics and epiclastics that are cut by several gabbroic and dioritic intrusions and dykes. The lava flows can be divided into andesites and basalts and the pyroclastics consist of volcanic breccias, agglomerates, ignimbrites and fine-grained tuffs. The epiclastics consist of several layers of volcanic sandstones and conglomerates that cover a vast area. Alternation of lava flows, pyroclastics and epiclastics show that the volcanic activities in the area have been done periodically from stratovolcanoes and when intensive volcanic eruptions were ceased epiclastics were deposited. It seems that lava flows and pyroclastics have been formed by volcanian and in some cases, plinian eruptions, and continuous basin subsidence during volcanic eruptions have led to the formation of thick layers of pyroclastics and epiclastics. The field evidences such as lacking of unconformities and paleosols show that there is no great interval between volcanic eruptions. The geochemical characteristics indicate that the lava flows probably have the same origin. It seems that fractional crystallization was the main process in the evolution of parental magmas, while crustal contamination played a minor role, so that the andesitic lava flows were produced by fractional crystallization of the basalts and the magmas had no very long stops en rout to the surface.

Keywords: Urumieh-Dokhtar Volcanic Belt, Pyroclastics, Epiclastics, Bardsir.

For Persian Version see pages 103 to 112

*Corresponding author: P. Ahmadi Moghadam; E-mail: pahmadimoghadam@yahoo.com