مجلة پژوهشي دانشگاه اصفهان(علوم پايه)
جلد ۳۴- شماره۵- سال ۱۳۸۷
صص۱۷۶-۱۶۱

پترولوژي تراورتن‌هاي جنوب ميلاجرد
(شمال‌غرب اردستان، اصفهان)

علي‌خان نصر اصفهاني و مرجان رئيسي دهكردي
گروه زمين شناسي دانشگاه آزاد اسلامي واحد خوراسگان

چكيده

تراورتن هاي شمال غرب اردستان در جنوب روستاي ميلاجرد و شمال شرق شهر اصفهان واقع شده است.اين منطقه بخشي از زون ارومیه – دختر(شمال غرب– جنوب شرق) مي باشد. از نظر ريخت شناسي تراورتن هاي منطقه مورد مطالعه از نوع شكاف-پشته و مربوط به زمان كواترنر است.شواهد پتروگرافي و ژئوشيميايي نشانگر عمدتاً ترموژن بودن اين ذخاير مي باشد. ويژگي هاي بافتي در اين رسوبات تاييدي بر حضور فعال و فعاليت‌هاي زيستي و ميكربي همزمان با رسوبگذاري تراورتن مي باشد. حضور لامیناسیون در تراورتن ناشي از رشد متناوب فصل/روزانه مي‌باشد. اكثر اين نهشته‌ها بر روي يا در فاصله يک تا دو كيلومتري از گسل هاي فعال منطقه ديده مي شود. با توجه به روند اين گسل‌ها عامل شكل گيري نهشته ها، كشش‌هاي موضعي ايجاد شده در پهنه همپوشاني اين گسل ها است. شواهد زمين شناسي نشان مي‌دهد كه اين سنگ ها در يک محيط ژئوگرادیان به واسطه فعاليت‌هاي تكتونيكي-ماگمائي ايجاد شده اند. چرخش آب‌هاي جوي در اعماق و ظهور دوباره آن در سطح از طريق شكستگي‌ها و گسل‌هاي موجود، بصورت چشمه هاي آب گرم باعث تشكيل تراورتن در محل چشمه ها و در امتداد گسلها و شكستگي هاي بزرگ شده است.

واژه‌هاي كليدي: تراورتن، ميلاجرد، زون ارومیه دختر.

Petrology of South Milajed Travertines
(N-W Ardestan, Esfahan)

A. Nasr Isfahani and M. Raeisi Dehkordi
Geology Department, Islamic Azad University, Khorasgan Branch

Abstract

N-W Ardestan travertines are located south of Milajerd village and north-east of Esfahan city. The region belongs to Uromia-Dokhtar belt zone. Morphologic evidences imply that the travertines are Fissure-Ridge type and are related to the Quaternary age. Petrology and geochemistry evidences indicate that most of these resources are thermogenic. Fabric and texture characteristic of these sediments emphasize the active presence of micro organisms and biological activities with travertine sedimentation simultaneously. The presence of lamination in travertine is due to alternative seasonally/daily growth. Most of these sediments are seen on/in the 1 to 2 kilometers of the active fault zones. With regard to the process of these faults, the generating agent of travertines is the local tension in fault regions. The geological evidences shows that these rocks occurred in a high geogradiant environment and due to the tectomagmatic activities circulation of magmatic and meteorite waters in depth and represented on surface by the faults and fractures in the form of hot springs causing the formations of travertines in springs and large faults trends.

Keywords: Travertine, Milajerd, Uromia-Dokhtar belt.

مقدمه

تراورتن سنگ آهكي سيماني شده و متراكم است كه در نتيجه ته نشيني سريع كربنات كلسيم از آبهاي زيرزميني و سطحي (سرد و گرم) ناشي شده و در اطراف چشمه‌ها، آبگذرها، رودخانه‌ها، غارها و در امتداد شكستگي‌ها و گسل‌ها ديده مي‌شود (Mitchell , 1985). سنگهاي تراورتن عمدتاً شامل دو پلي مرف عادي كربنات كلسيم يعني كلسيت و آراگونيت بوده كه در طول مدت رشد گاهاً ساير اتمها، يونها و مولكولها را به دام مي اندازند(Pentecost , 2005).

ته نشيني در حالت اوليه در خلال تغييرات CO_2 و يا از يك منبع آب زيرزميني كه داراي كربنات كلسيم در حد فوق اشباع است صورت مي گيرد. واكنش اصلي با خروج CO_2 از كربنات كلسيم محلول آغاز مي‌گردد (Fouke et al , 2000). باكتري‌ها و جلبك‌ها اغلب به همراه تراورتن وجود داشته و فعاليتهاي فتوسنتزي رسوبگذاري كربنات كلسيم را شدت مي‌بخشد (Pentecost , 1994).

هفت عامل اصلي مسئول شكل‌دهي ساخت تراورتن است: نيروي جنبشي مراحل رشد، آزاد شدن بار، فوق اشباع بودن كربنات، سرعت خروج CO_2، حضور عوامل بازدارنده رشد، مكانيسم حمل يون و درجه حرارت (Pentecost , 1995).

مجموعه تراورتن هاي استان اصفهان بخشي از كمربند آتشفشاني زون ارروميه-دختردر ايران مركزي است كه به طور عمده بر روي نواري به طول حدود ٥٠٠

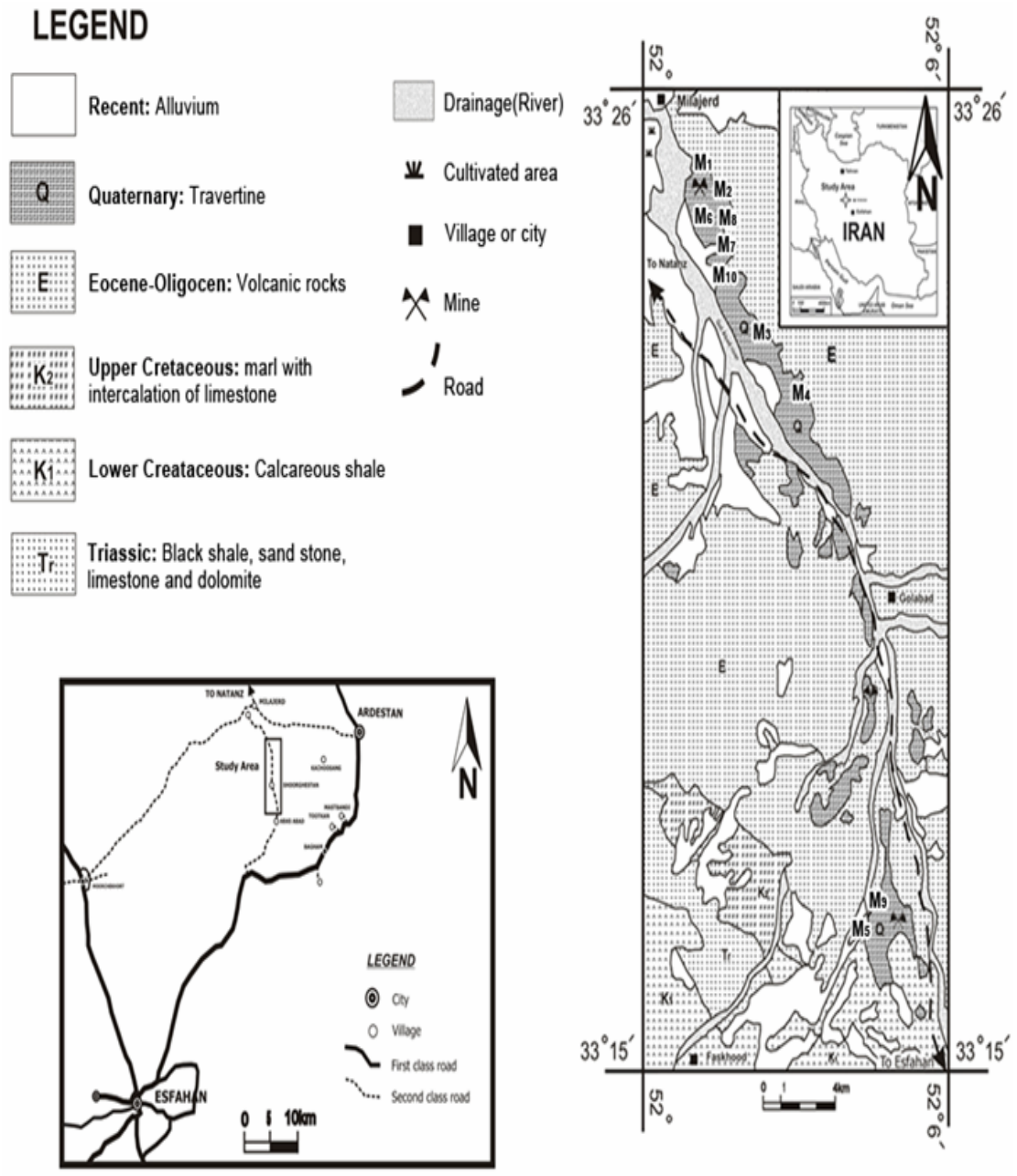
کیلومتر و عرض ۱۰۰-۸۰ کیلومتر با روند شمال غرب- جنوب شرق از گوشه شمال غربي استان تا جنوب غربي باتلاق گاو خوني کشیده شده است. بیشتر ذخایر اقتصادي استان در حاشیه غربي زون ایران مرکزي در زون ارومیه- دختر قرار دارد (قرباني، ۱۳۸۲). ناحیه اردستان در شمال شرقي اصفهان واقع است و ذخایر تراورتن در بخش غربي و شمال غربي آن متمرکز است (شکل۱). ناحیه اردستان همواره مورد توجه بسیاري از محققین بوده است(Stocklin (1954)، ترکیان (۱۹۷۲)، امامي و همکاران (۱۳۷۱) و نصر اصفهاني وحاجیان (۱۳۸۶)). اما تا به حال پژوهش مدوني برروي تراورتن هاي این ناحیه صورت نگرفته است.

موقعیت جغرافیایي منطقه

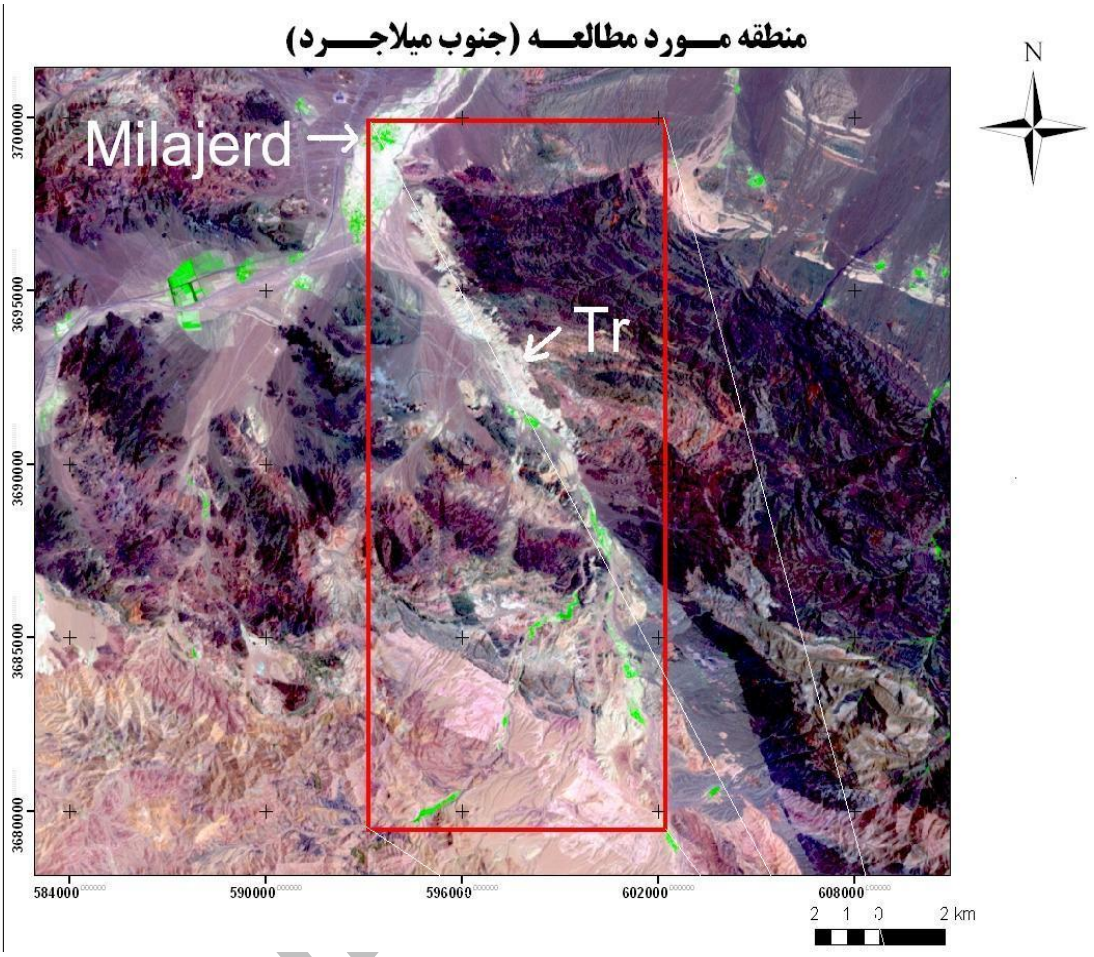
منطقه مورد مطالعه با ارتفاع متوسط ۲۰۴۸ متر از سطح دریا و در طول جغرافیایي°۵۲ تا ٦ ٍ۵۲° و عرض جغرافیایي۱۵ و°۳۳ تا ٢٦ َ و°۳۳ واقع شده است. کوتاه ترین راه دسترسي به منطقه جاده اصفهان- اردستان است. بیشترین تمرکز تراورتن در محدوده مورد مطالعه در اطراف مسیر رودخانه‌هاي فصلي گل آباد، رنگان و مارسار مي‌باشد واز جنوب روستاي میلاجرد شروع و تا روستاي عباس آباد ادامه مي‌یابد(شکل۱). در ضمن روند شکل‌گیري توده‌هاي تراورتن در امتداد گسل اصلي منطقه در تصاویر ماهواره‌اي کاملا مشهود است(شکل۲). در این بخش چندین معدن فعال تراورتن وجود دارد. در این مقاله بدلیل اهمیت اقتصادي ذخایر تراورتن جنوب میلاجرد در ناحیه اردستان از نظر سنگهاي تزئیني سازوکار تشکیل آن مورد بررسي قرار مي گیرد.

زمین شناسي عمومي

از نظر زمین شناسي ناحیه اردستان در حاشیه عمدتاً از سنگهاي آتشفشاني- رسوبي وابسته به آن تشکیل شده است (شکل۱). این سنگها اکثراً به ترشیاري تعلق داشته و توده هاي نفوذي متعددي با ترکیب متوسط تا باز یك در داخل آن نفوذ کرده است (رادفر، ۱۳۷٦). در منطقه اردستان در اثر عملکرد فازهاي زمین ساختي مختلف (کوهزایي هاي هرسینین، سیمرین پیشین و لارامید) دگرشکلي هائي عمدتاً از نوع ساختمان هاي شکستگي و چین خوردگي وابسته به آن به وجود آمده، گسل میلاجرد- زفره که بخشي از گسل قم-زفره مي باشد با روند شمال غربي- جنوب شرقي و با آرایش تقریباً طنابي دیده مي شود. در امتداد این گسل چشمه هاي متعدد تراورتن ساز وجود داشته که لایه هایي با ضخامت قابل توجه بر جاي گذاشته است. گسل ماربین- رنگان با امتداد شمال غربي- جنوب شرقي با یك زاویه حاده گسل میلاجرد- زفره را قطع مي‌کند. بیشتر تراورتن‌ها در منطقه بر روي سنگ‌هاي رسوبي با سن کرتاسه و تریاس و سري‌هاي آتشفشاني ائوسن و الیگوسن قرار دارد (شکلهاي ۳ و٤).



شكل ١)نقشه زمين شناسي و موقعيت جغرافيايي منطقه مورد مطالعه (اقتباس از رادفر، ١٣٧۶، باتغييرات)محل تقريبي برداشت نمونه‌ها (**M**)بر روي نقشه آورده شده است.



شكل٢) تصويرماهواره اي(**ETM$^+$**) پردازش شده از منطقه مورد مطالعه(رخنمون هاي تراورتن به رنگ سفيد و با **Tr** مشخص شده است).

روش مطالعه

تعداد ٩٣ نمونه دستي طي بازديدهاي صحرائي از مجموعه تراورتن و سنگ بستر آن در جنوب ميلاجرد برداشت گرديد. از اين تعداد ٥٠ مقطع نازك تهيه شد. نمونه ها با كمك ميكروسكوپ پلاريزان نور انكساري مطالعه شدند. از بين نمونه هاي مطالعه شده ١٠ نمونه جهت تجزيه شيميايي انتخاب گرديد(جدول١)، تعداد ٥ نمونه(M1تا M5) با روش جذب نوتروني (NAA) در راكتور تحقيقاتي سازمان انرژي اتمي اصفهان آناليز و تعداد ٥ نمونه نيز در آزمايشگاه مركزي دانشگاه اصفهان به روش XRF تجزيه گرديد(M6تا M10).مقدار L.O.Iبه روش سوختن به مدت دو ساعت با حرارت١٠٠٠ درجه سانتيگراد دركوره آزمايشگاهي مربوطه صورت گرفته است. براي تحليلهاي آماري نتايج

به دست آمده و ترسيم نمودارها از نرم افزارهاي Minpet، Igpet وSPSS استفاده شد.

بحث

مطالعات پتروگرافي

مجموعه هاي تراورتن درمطالعات صحرايي غالباً در ارتفاعات و به صورت مسطح و اكثراً با ضخامت زياد و به رنگهاي سفيد شيري تا كاملاً سفيد و كرم رنگ ديده مي شود. سيمان اين سنگها از ميكريت، ميكرواسپارو اشكال مختلف بلورهاي كلسيت تشكيل شده است. آنچه در مقاطع نازك ميكروسكوپي ديده مي شود خميره (Matrix) و سيمان است و آلوكمي به شكل واقعي وجود ندارد. ميكريت در مقاطع تيره و به شكل نواحي اپاك با نوارهاي مبهم و گاهاً به صورت كلوخه اي، ريسمان مانند يا لايه هاي متناوب با ديگر بافتها ديده مي‌شود(شكل۵-الف). كلوخه‌ها احتمالاً در اصل حاصل فعاليتهاي ميكروبي (Microbial) هستند. لامينا‌سيون ميكريتي اغلب شاهدي براي تراورتن هاي جلبكي است، زيرا فيلامنت هاي جلبكي حين رشد در آبگير هاي با آب راكد در اطراف چشمه‌ها، رسوبات آهكي را به دام مي اندازند.

ميكريت اطراف و مابين كلني‌هاي باكتري مخصوصاً سيانوباكتري نهشته مي شود (Pentecost 1994). اسپاريت در مقاطع به صورت موزائيكي و بلورهاي در هم قفل شده و در حاشيه حفرات (كلسيت دندان سگي) قابل مشاهده است (شكل۵-ب). بلورها در مناطقي كه به مدت طولاني در زون فراتيك قرار داشته و شرايط لازم از جمله حركت محدود آب و رشد آهسته حكمفرماست اندازه بزرگي پيدا مي كنند(Pentecost 2005.) بلورهاي فيبري و ستوني كلسيت با استرنسيوم بالا بالاميناسيون‌هاي درشت تا ريز به چشم مي‌خورد (شكل۵-د). در سرعت رسوبگذاري بالا و معمولاً در دماي بالاتر كلسيت به صورت بلورهاي دندريتيك (درخت مانند) ظاهر مي شود(شكل۵-ج)كه اين ساختمان اغلب با تراورتن هاي ترموژن همراه است(Pentecost ,1995).

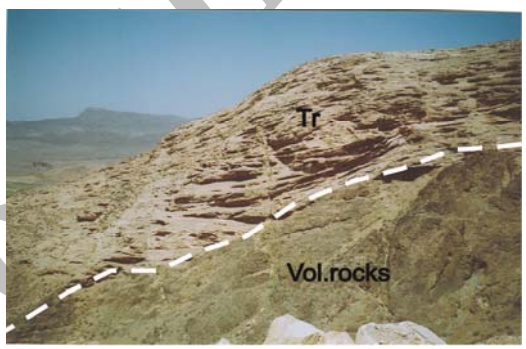
ساختمان هاي Shrub (بوته اي شكل) شامل ستونهاي ميكريتي است كه با باكتري فراوان تجمع يافته و ظاهراً شبيه كلسيت دندريتي است ولي پيچيدگي‌هاي بيشتري نشان مي دهد (شكل۵-ه). تخلخل از نوع حفره‌اي (Vuggy porosity) و تخلخل روزنه‌اي (Fenestral porosity) ديده مي‌شود.

حفرات بعضاً به همراه رشد كلسيت دروزي (calcite Droussy) مشاهده مي شود. تخلخل روزنه اي، تخلخلي با فضاهاي خالي كم و بيش طويل شده است كه معمولاً جهت دار بوده و گاهي به يكديگر متصل و به طور منظم قرار مي گيرند. در بعضي مقاطع

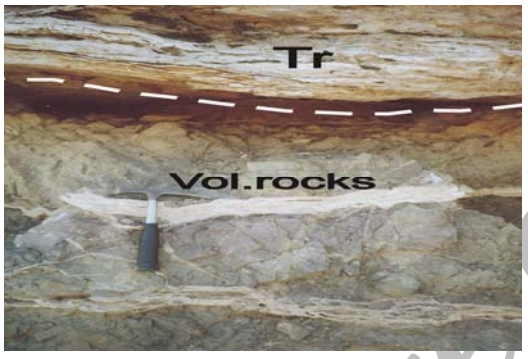
دانه هاي آواري غالباً از جنس كوارتز به چشم مي خورد. سنگ بستر آندزيتي اپيدوته و كلريتي شده و در محل تماس با تراورتن كاملاً برشي و خرد شده و رگه‌هاي كلسيت در آن قابل مشاهده است (٣-ب).

آثار دياژنز متئوريك در بعضي مقاطع به صورت رشد دوباره و ميكريتي شدن بلورهاي اسپاريت (Sparmicritization) به چشم مي خورد. سيمان نوع فرينج كه از سوزن هاي ريز آراگونيت تشكيل شده گاها به چشم مي خورد (شكل ٥-و).

لاميناسيون درمقياس ميلي متري درتراورتن‌ها معمول است كه اغلب از رشد متناوب فصلي/ روزانه بوجود مي آيد (Marks et al. 2006)(شكل٤-د).



الف



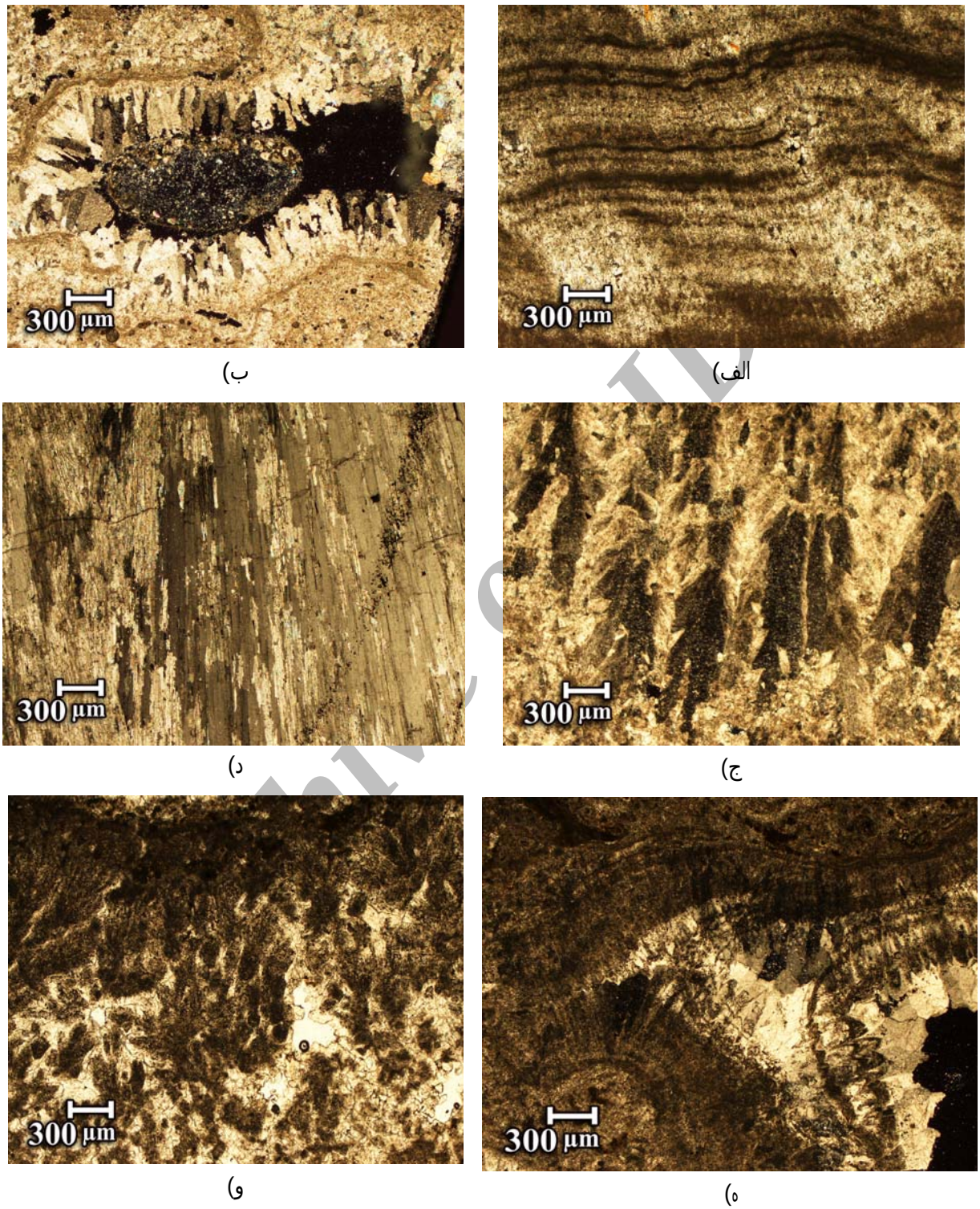
ب

ج

ر

شكل٣) قرار گيري تراورتن بر روي سنگ‌هاي آتشفشاني جنوب ميلاجرد(الف) ورگه‌هاي تراورتن در سنگ بستر(ب)

شكل٤) قرار گيري تراورتن بر روي تناوب هاي رسوبي كرتاسه در نزديكي روستاي عباس آباد(ج) و ساخت لامينه در تراورتن(د)



شكل٥)نواربندي متناوب ميكريت و اسپاريت (الف) رشد كلسيت دندان سگي(ب)بلور هاي دندريتي كلسيت(ج) وبلورهاي فيبري كلسيت(د)رشد باكتريايي با ساخت بوته اي(ه) و بلورهاي سيمان نوع حاشيه‌اي(و)

يافته‌هاي ژئوشيمي

نتايج تجزيه شيميايي ده نمونه برداشتي از منطقه در جدول يک آورده شده است. لازم به ذکر است که عناصرBa,Br,Ce,Co,Cr,Eu.La,Rb,Sb,Sc,Sm وAs,Th,U,V,Zn فقط براي پنج نمونه آزمايش شده است. مقادير آماري شامل متوسط، حداکثر، حداقل و انحراف استاندارد براي نمونه‌هاي مورد تجزيه آورده شده است(جدول ۲). مقدار متوسط CaO، SiO_2، Al_2O_3، MgO، Na_2O و K_2O به ترتيب برابر ۵۳/۸۸، ۱/۹۹، ۰/۶۹، ۰/۳۲، ۰/۱٤ و ۰/۱٤درصد وزني مي‌باشد (جدول۳).

بين اکسيدهاي عناصر اصلي و فرعي مطالعات آماري دو متغيره انجام گرديد (شکل ٦).اين مطالعات نشان دهنده يك همبستگي مستقيم و مشخص بين عناصر Ba (r=۰/۷٦) و Sr با CaO و ارتباط معکوس Rb(r = -۰/۸۸)، SiO_2(r = -۰/۹٦)، Al_2O_3 (r = -۰/۲۸) و TiO_2(r = -۰/٤) با مقدار CaO است.

همزمان با ته نشست آراگونيت عناصر Ba و Sr به دليل تشابه زياد با کلسيم (Ca) مي‌توانند وارد ساختار آراگونيت شوند. ميزان بالاي متوسط باريم (Ba) در اين رسوبات نشانگر ارتباط آنها با منابع آذرين و آبهاي زيرزميني مرتبط با اين منابع است.

ميزان بالاي ارسنيك (As) و همراهي با مقادير قابل توجه فلزات مس(Cu) و روي (Zn) تأييدي بر ترموژن بودن احتمالي رسوبات تراورتن است.

ميزان اکسيد سيليس(SiO_2) با افزايش سرعت و ميزان تشکيل تراورتن و فاصله گرفتن از سنگ بستر کاهش يافته بنابراين همانطور که ديده مي‌شود با افزايش اکسيد کلسيم کاهش مي‌يابد. مقادير اکسيدهاي تيتانيم (TiO_2) و آلومينيم (Al_2O_3) با اجزاء تخريبي همچون ذرات سيليس و خانواده رس ها کنترل مي‌شود.آراگونيت در دماي بالاتر و در سرچشمه‌هاي آبگرم تشکيل مي‌شود و با دور شدن از چشمه‌ها و پايين آمدن دما فقط کلسيت شکل مي‌گيرد(Fouke et al. 2000).

ديا‌ژنز سريع آراگونيت به کلسيت تشخيص اينکه کاني اوليه آراگونيت يا کلسيت است را مشکل مي‌کند. آبهاي گرمابي غالبا حاوي استرنسيوم (Sr) بالاست به طوري که آراگونيت مي‌تواند شامل ميزان بالاي استرنسيوم باشد. اما ميزان بالاي منيزيم (Mg) فقط در کلسيت مشاهده مي‌شود.

تغيير آراگونيت به كلسيت به واسطه چرخش آبهاي جوي به ته نشيني كلسيت با درصد استرنسيوم پايين منجر مي‌گردد. در طول اين تغيير كلسيت با استرنسيوم بالا در سرچشمه‌ها ديده مي‌شود. درصد اكسيد كلسيم در توالي‌ها تقريباً ثابت است. اين مطلب نشان مي دهد كه آب‌هاي آهک ساز طي تشكيل اين تراورتن ها تركيب نسبتا پايداري داشته‌اند. ميزان متوسط منيزيم در كلسيت با تراورتن‌هاي ترموژن مطابقت نشان مي‌دهد (Pentecost, 1995) .

باريم (Ba) مي‌تواند درحين تبديل آراگونيت به كلسيت وارد بلور كلسيت گردد و منشاء آن به آبهاي زيرزميني منطقه نسبت داده مي‌شود. به طور كلي تجمع عناصر فرعي در آبهاي ترموژن به ميزان قابل توجهي بيشتر از آبهاي ديگر است كه در نتيجه شستشوي كافي، زمان مجاورت طولاني تروفعاليت هيدروترمال مي‌باشد كه منجر به افزايش سرعت واكنش بين سنگ ميزبان با آب هاي جوي گرم شده در اعماق و يا آب‌هاي هيدروترمال مي‌شود.

بيشتر آهن موجود در تراورتن در جازا است و از آبهاي زيرزميني حاوي يونهاي آهن در مجاورت با اتمسفر ته نشست پيدا مي‌كند.

متوسط ميزان آهن و منگنز اين تراورتن‌ها ترموژن بودن آن را نشان مي‌دهد. اورانيم بالاترين مقادير را در نزديكي سرچشمه‌ها دارد (Glover and Robertson 2003). وجود نقره (Ag) و مس (Cu) ترموژن بودن نهشته‌ها را نشان مي‌دهد. ميزان سولفور و فسفر به سمت پايين جريان افزايش مي‌يابد.

سيليس در تراورتن مي‌تواند در جازا يا دگر جازا باشد اما عملاً تفيكيك اين نوع سيليس مشكل است. وجود عناصر باريم (Ba)، تيتان (Ti)، و اكسيد آلومينيم (Al_2O_3) ممكن است نشان دهنده دگرجازا بودن باشدزيرا در ۷-۸PH (كه تراورتن سازي صورت مي گيرد) معمولاً اين عناصر به شكل محلول وجود ندارند. وجود عناصري مانند وانادیم (V) و اسكانديم (Sc) به راديواكتيو بودن آب چشمه‌هاي گرم نسبت داده مي‌شود (Pentecost and Viles, 1994).

جدول ا) نتايج تجزيه شيميايي سنگهاي جنوب روستاي ميلاجرد:اكسيد هاي اصلي بر حسب درصد وزني**(Wt%)**و عناصر برحسب **ppm** سنجيده شده است (مقدار**Total** در نمونه هاي**M6** تا**M10** جمع **LOI** واكسيدعناصر مربوطه را نشان مي دهد.نمونه ها به روش**XRF** در آزمايشگاه مركزي دانشگاه اصفهان آزمايش شده و مقدار **L.O.I** به روش سوختن در كوره با دماي ۱۰۰۰ درجه سانتي-گراد بدست آمده است).

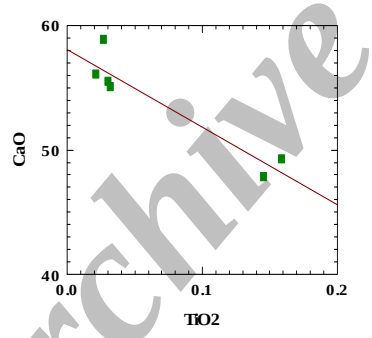
E/S	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7	M_8	M_9	M_{10}
SiO_2	-	-	-	-	-	0.323	5.83	12.5	1.67	0.13
TiO_2	0.146	0.032	0.022	0.031	0.027	-	0.16	0.282	-	-
Al_2O_3	2.456	0.101	0.396	0.088	0.024	0.11	2.19	4.03	0.744	0.053
FeO	1.055	0.027	0.141	0.039	1.093	0.126	1.206	2.279	1.233	0.0387
MnO	0.028	0.001	0.003	0.009	0.065	-	-	0.070	0.216	-
MgO	0.348	0.130	0.198	0.165	0.081	0.198	1.21	1.19	0.260	0.277
CaO	47.71	54.98	55.96	55.40	58.76	55.63	49.19	44.49	53.38	53.88
Na_2O	0.363	0.031	0.069	1.013	0.004	-	0.359	0.512	-	0.14
K_2O	0.385	0.042	0.120	0.120	0.240	0.015	0.265	0.586	0.092	0.012
Fe_2O_3	1.172	0.030	0.157	0.044	1.215	0.141	1.34	2.533	1.37	0.043
SO_3	-	-	-	-	-	0.085	0.424	0.11	0.077	0.369
CuO	-	-	-	-	-	0.054	0.101	0.043	0.057	0.147
ZnO	-	-	-	-	-	0.023	0.045	0.022	0.049	0.056
SrO	0.086	1.158	0.115	0.025	0.031	0.033	0.630	0.073	0.029	2.245
P_2O_5	-	-	-	-	-	-	0.032	0.045	-	-
L.O.I.	-	-	-	-	-	43.29	38.16	33.40	41.93	42.63
Total	-	-	-	-	-	99.902	99.936	99.886	99.874	99.982
As	76.9	34.8	50.1	45.3	503.4					
Ba	48.7	62.8	57.3	50.8	68.3					
Br	0.913	0.332	0.626	0.274	0.466					
Ce	8.3	1.5	1.3	1.2	1.5					
Co	5.3	0.402	0.487	0.386	1.7					
Cr	16.5	10.2	8.5	5.4	1.9					
Eu	0.368	0.161	0.157	0.127	0.156					
La	5.0	0.310	0.844	0.159	0.137					
Rb	46.1	8.4	4.6	8.4	12.7					
Sb	1.6	0.299	0.652	0.448	5.4					
Sc	7.4	0.231	0.432	0.096	0.064					
Sm	0.839	0.146	0.109	0.018	0.024					
Th	0.985	0.182	0.308	0.127	0.158					
U	0.732	1.4	0.259	0.309	0.867					
V	20.0	0.906	3.6	0.802	0.956					
Zn	61.0	17.8	23.4	31.0	232.0					

جدول۲) مقاديرآماري متوسط، حداكثر، حداقل وانحراف استاندارد عناصر در نمونه‌هاي در نمونه‌هاي ذكر شده در جدول ۱

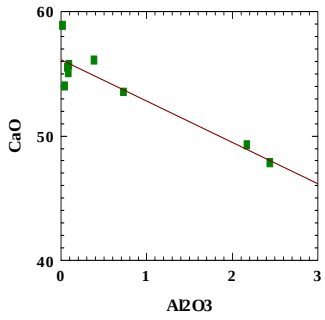
Elements	Min (PPm)	Max (PPm)	Mean (PPm)	St. Deviation	Number of Cases
K	0	352	39	117	9
Cr	2	17	9	5	5
Sc	7	435	167	171	5
Zn	18	232	73	90	5
AS	34.80	503.40	142.10	202.57	5
Sb	1.60	652	281.20	282.79	5
Ti	0	878	260	311	6
Ba	48.70	68.30	57.58	8.17	5
Co	2	487	256	234	5
Rb	5	46	16	17	5
Sr	0	975	244	365	9
Br	247	913	522.20	257.12	5
Th	127	985	352	360.48	5
U	1.40	867	434.28	357.59	5
V	4	956	538	483	5
La	5	844	291	327	5
Ce	1.20	8.30	2.76	3.10	5
Sm	18	839	227.20	346.38	5
Eu	127	368	193.80	98.32	5

جدول۳) مقادير آماري شامل متوسط، حداکثر، حداقل و انحراف استاندارد اکسيدهاي عناصر اصلي و فرعي در نمونه هاي ذکر شده در جدول ۱

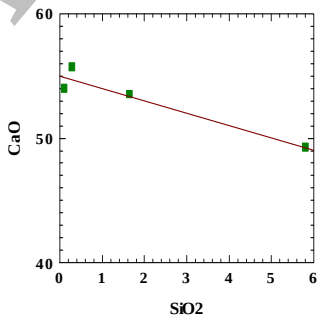
Elements	Min (PPm)	Max (PPm)	Mean (PPm)	St. Deviation	Number of Cases
SiO_2	0.13	5.83	1.99	2.65	4
TiO_2	0.02	0.16	0.07	0.06	6
Fe_2O_3	0.03	1.37	0.61	0.63	9
FeO	0.03	1.23	0.55	0.57	9
MgO	0.08	1.24	0.32	0.34	9
CaO	47.71	58.77	53.88	3.45	9
K_2O	0.01	0.39	0.14	0.13	9
Na_2O	0.00	0.36	0.14	0.16	7
ZnO	0.02	0.06	0.04	0.01	4
SO_3	0.08	0.42	0.24	0.18	4
P_2O_5	0.03	0.03	0.03	0.03	1
MnO	0.00	1.33	0.28	0.52	6
Al_2O_3	0.03	2.46	0.69	0.96	9
CuO	0.05	0.15	0.06	0.04	4
$CaCO_3$	78.34	96.48	88.46	5.66	9



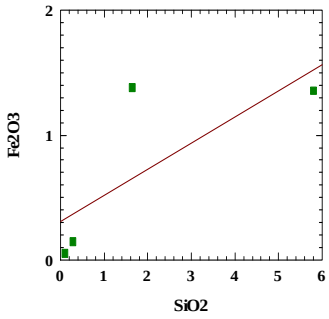
ب)اکسيد تيتانيم-اکسيد کلسيم



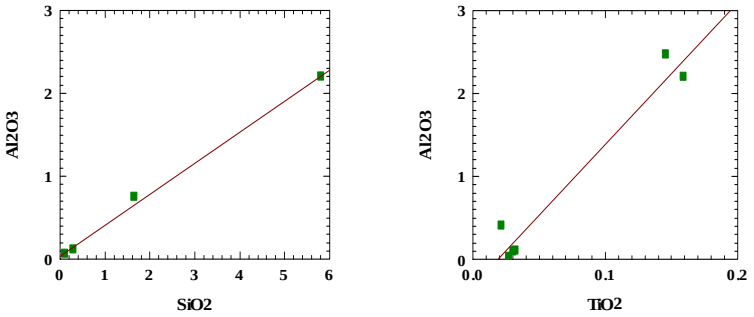
الف)اکسيد آلومينيم- اکسيد کلسيم



د)اکسيد سيليس-اکسيد کلسيم

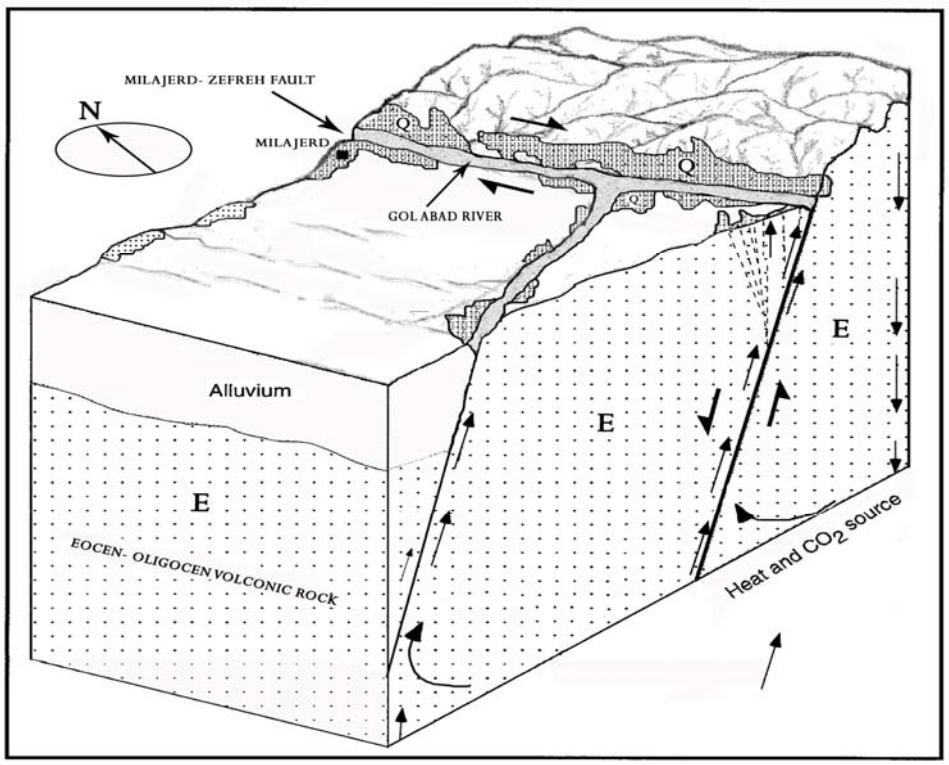


ج)اکسيدسيليس-اکسيد آهن



ه)اكسيد تيتانيم- اكسيد آ لومينيم و)اكسيد سيليس- اكسيد آلومينيم

شكل٦) نمودارهاي ژئو شيميايي براي اكسيدهاي آلومينيم، كلسيم، تيتانيم، سيليس و آهن



شكل٧) مدل فرضي تشكيل تراورتن هاي جنوب ميلاجرد(بدون مقياس).

نتيجه‌گيري

بر اساس بررسي هاي انجام يافته رخنمون هاي تراورتن جنوب ميلاجرد داراي ويژگي‌هاي ذيل مي‌باشند:

١- از نظر شكل تراورتن هاي منطقه مورد مطالعه از نوع شكاف پشته (Fissure-Ridge) و مربوط به زمان كواترنر است(هر چند مطالعات سن يابي بر روي اين رسوبات انجام نشده است). تراورتن‌هاي تيپ شكاف پشته از يك شكاف مركزي كه تراورتن‌هاي نواري

(bonded travertine) در آن رسوب کرده‌اند و تراورتن‌هاي شيب‌دار(bedded travertine) مجاور آن تشکيل شده‌اند. (Bargar 1978, chafetza and Folk 1984) شکل‌گيري اين مجموعه بدين صورت است که آبهاي اشباع از کربنات کلسيم از شکاف مرکزي بالا آمده و موجب رسوب تراورتن در ديواره شکاف و نيز طرفين آن مي‌شود و در نتيجه يك پشته خطي ايجاد مي‌شود که در بعضي موارد کمي انحنادار هستند در جايي که نرخ جريان آب بالا آمده از شکاف مرکزي زياد بوده پشته ايجاد شده ارتفاع کم و عرض زياد دارد و در محلي که نرخ جريان آب کم بوده رسوبگذاري تراورتن در اطرف شکاف مرکزي بيشتر و در نتيجه ارتفاع پشته زياد و عرض آن کم است (Altunel and Hancock 1996).

۲- شواهد پتروگرافي و ژئوشيميايي نشانگر عمدتاً ترموژن بودن اين ذخاير مي باشد. اکثر اين نهشته ها در فاصله يک تا دو کيلومتري گسل‌هاي فعال منطقه ديده مي‌شود و نقش به سزائي در چهره ناهمواري هاي ناحيه دارد. با توجه به روند اين گسل‌ها عامل شکل گيري نهشته‌ها، کشش‌هاي موضعي ايجاد شده در پهنه همپوشاني اين گسل‌ها است. شواهد زمين‌شناسي نشان مي‌دهد که اين سنگ‌ها در يک محيط ژئوگراديان به واسطه فعاليت‌هاي ماگمائي و تکتونيکي منطقه و چشمه‌هاي آب گرم ناشي از آن، هم چنين چرخش آبهاي جوي در اعماق (آب هاي جوي نزولي با کاهش جرم حجمي و ويسکوزيته ناشي از افزايش درجه حرارت از خلال مجراها به حرکت در آمده و صعود مي‌کنند) و ظهور دوباره آن در سطح از طريق شکستگي‌ها و گسل‌هاي موجود، شکل گرفته اند.

۳- ويژگي‌هاي بافتي در اين رسوبات تاييدي بر حضور فعال و فعاليت هاي زيستي و ميکربي همزمان با رسوبگذاري تراورتن مي باشد.

٤- حضور لاميناسيون در تراورتن ناشي از رشد متناوب فصل/ روزانه مي‌باشد.

شکل۷ مدل پيشنهادي تشکيل مجموعه‌هاي تراورتن در ناحيه ميلاجرد است که بر اساس شواهد صحرايي و مطالعات پتروگرافي ترسيم شده است.

منابع

۱- رادفر، جواد. (۱۳۷٦). نقشه چهارگوش منطقه اردستان، سازمان زمين‌شناسي و اکتشافات معدني کشور.

۲- علائي طالقاني، محمود. (۱۳۸۲). ژئو مرفولوژي ايران، چاپ دوم، تهران؛ نشر قومس، ٤۰٤ص.

۳- قرباني، منصور. (۱۳۸۲). مباني آتشفشان شناسي با نگرشي بر آتشفشانهاي ايران، انتشارات آرين زمين، ۳٦۲ص.

٤- نصر اصفهاني، علي خان و حاجيان محمود (۱۳۸٦). زمين شناسي کانسار منگنز بغم(جنوب اردستان) با تاکيد بر ويژگي هاي پترولوژي سنگ ميزبان آتشفشاني فلسيک، مجموعه مقالات اولين کنگره زمين شناسي کاربردي ايران.

٤- نصر اصفهاني، علي خان و عابدي کوپايي، سعيد.(۱۳۸٦). ذخاير و معادن تراورتن در استان اصفهان و جايگاه ويژه آن در توسعه اقتصادي منطقه ا، همايش سراسري علوم پايه

باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامي واحد شهر ري.

۵- امامي، محمد هاشم.، خلعت بري جعفري، م.، وثوقي عابديني، م.، ۱۳۷۱، پلوتونيسم ترشياري منطقه اردستان و ايران مركزي، فصل‌نامه شماره٤، سازمان زمين‌شناسي و اكتشافات معدني كشور.

6- Altunel, E., Hancock, P.L., 1996. Structural attributes of travertine- Filled extensional Fissures in the Pamukkale Plateau, Western Turkey. International Geology Review 38, 763-777.

7- Bargar,K.E.,1978 Geology and thermal history of Mammoth itot springs, Yellowstone National Park. Bulletin of the United States Geological Survey 1444, 1-55.

8-Chafetza, H. S., Folk R. L (1984): Travetines. depositional morphology and bacterially constructed constituents. J. sed. petrol. , 54, 289 – 316.

9- Emig,W.H. (1917): The travertine deposits of the Arbuckle Mountain, with reference to the plant agencies concerned in their formation, Bull.Okla. geol. Surv.,29,9-75.

10- Fouke, B.W., Farmaer, j.D., Des. Marais, D.j., Pratt, L., Sturchio, N.C., Burns, P. C.and Discipulo, MoK. (2000); Depositional Facies and aqueous-solid geochemistry of travertine – depositing hot springs, J.sed. Res., 70,189-213.

11- Glover, C.and Robertson, A.F.H (2003), Origin of tufaccool water carbonate and related terraces in the Antalya area Sw Turkey, Geol.J., 38, 329-353.

12- Mitchell, R.S. (1985): Dictionary of Rocks, 228 PP., New York.

13- Marks,j. Parnell, R, Carter, C, Dinger, E and Haden, G, 2006,. Interaction between geomorphology and ecosystem Processe in fravertine streams: Implications for decommissioning a dam on Fossil Creek, Arizona, Geothermics, 59, 273-298.

14- Pentecost, A. and Viles, H.A. (1994):, A review and assessment of travertine classification, Geo. Phys. Quaternary, 48, 305-314.

15- Pentecost, A. (1995): Geochemistry of Carbon dioxide in six travertine depositing waters of Italy, J. Hydrol., 167, 263-278.

16- Simsed, S, Gunay, G, Elhatip, H and Ekmekci, M, 2000,. Environmental Protection of geothermal waters and travertine at Pamukkale, Turkey, Geothermic, 29, 557-572, June 16/20

17- Stocklin, J.,1968. Structural history and tectonics of Iran: A review; Am. Assoc. petrol.Geol. B.V.52,n7,p.1229-1258.

18- Tarkian. M.,1972. Geologie, Petrographie and Geochemie der Magmatite sudlich von Ardestan(Zentral-Iran) , These, Hamburg.176p.