

پتروگرافی تراورتن‌های کواترنری در جنوب نطنز

حسن داداشی آرانی

دانشگاه پیام نوراصفهان، گروه زمین‌شناسی
dadashi_h2003@yahoo.com

دریافت: ۹۰/۲/۲۸ پذیرش: ۹۰/۹/۱۳

چکیده

تراورتن‌های جنوب نطنز در اطراف روستای طَرق بر روی کنگلومرای پلیو- پلیستوسن، و در حوالی روستای کِشه بر روی شیل‌های تریاس و سنگ‌های آذرآواری ائوسن، به صورت دگرشیب قرار گرفته‌اند. این تراورتن‌ها به سه صورت، الف) متناوب با لایه‌های کنگلومرا، ب) لایه‌های تراورتن حاوی قطعات تخریبی و پ) لایه‌های نازک و ضخیم تراورتن با تخلخل و حفرات در اندازه‌ها و شکل‌های متفاوت دیده می‌شوند. تراورتن‌ها حداقل در دو شرایط اقلیمی متفاوت تشکیل شده‌اند. این سنگ‌ها عمدتاً به رنگ‌های کرم روشن، سفید، زرد، قرمز و قهوه ای بوده و دارای شیب توپوگرافی ملایم به سمت شمال هستند. تراورتن‌های این منطقه بلوک‌هایی در ابعاد مختلف کمتر از یک متر تا چندین متر را تشکیل می‌دهند. ذرات تخریبی و بایوکلاست با سیمان کلسیتی به صورت اسپارایت و میکرایت و هم‌چنین رس به علت فعالیت هم‌زمان چشمه آب‌گرم و جریان‌های سطحی در مسیر رسوب‌گذاری در تشکیل تراورتن شرکت داشتند.

واژه‌های کلیدی: تراورتن، سنگ‌شناسی، طَرق نطنز

مقدمه

اعماق زمین نفوذ می‌کنند و با توجه به شیب زمین گرمایی یا نفوذ توده‌های ماگمایی گرم شده و سپس همراه با گازهای مختلف مثل دی‌اکسیدکربن و دی‌اکسیدگوگرد^۱ و عناصری مانند Mg^{+2} و Ca^{+2} و Fe^{+2} و Al^{+3} از طریق شکستگی‌ها و حفرات به سمت طبقات بالایی زمین حرکت می‌کنند. در مسیر غلظت عناصر آب به ویژه از بی‌کربنات بالا رفته و سرانجام از طریق چشمه‌ها به سطح زمین می‌رسند. هم‌زمان با افت فشار و حرارت و خروج گاز دی‌اکسیدکربن و تغییر pH بی‌کربنات کلسیم به کربنات کلسیم تبدیل شده و در اطراف چشمه‌ها رسوب می‌کند که پس از سخت شدن به صورت تراورتن در می‌آید [۱۷]. چشمه‌های با منشأ آب‌های جوی دارای تغییر رژیم آب‌دهی فصلی هستند. افزایش میزان عناصری مانند منیزیم، کلسیم، آهن و آلومینیوم موجب تغییر رنگ آن‌ها می‌شوند و لایه‌هایی با ضخامت و رنگ‌های مختلف را تشکیل می‌دهند. رسوبات آن‌ها نواری شکل و متراکم بوده دارای بافت متخلخل‌اند و اندازه و شکل تخلخل در آن‌ها متنوع بوده و از چند میلی‌متر تا چندین سانتی‌متر و گاهی تا بیش از ۱۰ سانتی‌متر تغییر می‌کنند. برخی

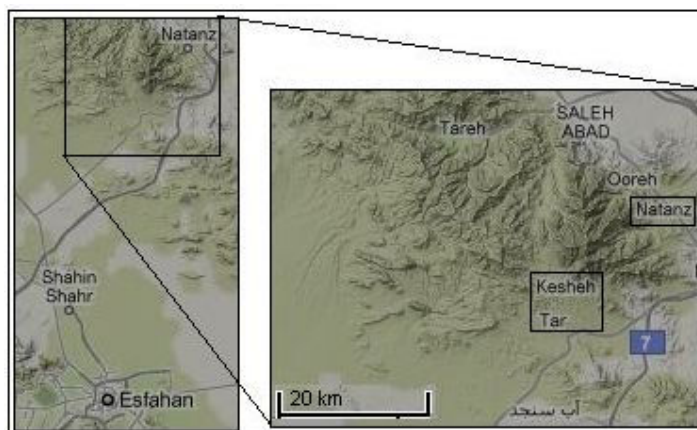
روستای طرق حدود ۳۵ کیلومتری شهرستان نطنز و در فاصله یک کیلومتری رودخانه فصلی طرق رود قرار دارد. طول و عرض جغرافیایی منطقه به ترتیب $30^{\circ} 40' 51''$ و $20^{\circ} 20' 33''$ و ارتفاع روستای طرق و کشه از سطح دریا به ترتیب حدود ۲۰۵۰ و ۲۳۵۰ متر است. این منطقه جزء منطقه خشک و کم آب در شمال ایران مرکزی و بخشی از رشته کوه کرکس است (شکل ۱) [۷]. لیتولوژی منطقه شامل سنگ‌های آذرآواری سنوزوئیک، کنگلومرای پلیو-کواترنری و تراورتن‌ها و رسوبات عهد حاضر است (شکل ۲) [۶]. رسوبات کواترنز در ایران عمدتاً قاره‌ای و با یک فاز فرسایش در تمام کشور مشخص می‌شود. بیش‌ترین رسوبات در این زمان را آبرفت‌ها، رسوبات کوهپایه ای، باد، صحرائی و کویری تشکیل می‌دهند که تقریباً در قسمت اعظم کشور پراکندگی دارند [۲]. تراورتن‌ها معمولاً در مناطقی که فعالیت ماگمایی شدیدی باشد دیده می‌شوند. تراورتن‌ها از جمله سنگ‌های آهکی هستند که اطراف چشمه‌های آب‌گرم، آب‌سرد، دریاچه‌ها و رودخانه‌ها تشکیل می‌شوند. رسوب‌گذاری کربنات‌ها در آب‌های شیرین به صورت شیمیایی یا زیست شیمیایی بوده و به تشکیل تراورتن منجر می‌شود [۱۵]. چشمه‌های آهک‌ساز عمدتاً در امتداد گسله‌ها قرار دارند و از آب‌های جوی و ماگمایی تغذیه می‌شوند. آب‌های جوی تا

خصوص نحوه تشکیل و تنوع رنگ آن‌ها عوامل متعددی را بر شمرده‌اند؛ از جمله ناخالصی‌های آهن و منیزیم، تغییر رژیم آب‌دهی فصلی، افت فشار، درجه حرارت، Eh و pH محیط تشکیل یا آب چشمه‌ها و سایر تغییرات فیزیکو-شیمیایی [۵]. چشمه‌های آب‌گرم در دنیا با نهشته‌های آهکی دارای درجه حرارت متناسب با محیط تا نزدیک به نقطه جوش آب را دارند و تقریباً در همه کشورها یافت می‌شوند. معمولاً نهشته‌های آن‌ها از کلسیت و یا آراگونیت است که غالباً در بافت آن‌ها دیده می‌شود و فعل و انفعالات پیچیده فیزیکی و شیمیایی و همچنین عوامل زیست‌شناسی در تشکیل آن‌ها دخالت دارند. برخی از چشمه‌های آهکی محدود و کوچک‌اند و نهشته‌های آهکی به طور محلی انجام می‌شود در حالی‌که برخی دیگر مانند تراورتن‌های آنتالیای کشور ترکیه، ضخامت ۲۴۵ متر و مساحتی در حدود ۶۳۰ کیلومترمربع را نشان می‌دهد [۸]. همچنین رسوب‌گذاری به صورت لایه‌بندی با گسترش جانبی و شیب اولیه لایه‌های آهکی تراورتن در شناسایی و نحوه تشکیل آن‌ها موثرند [۱۵]. نهشته‌های تراورتن از لحاظ موقعیت و نحوه تشکیل به پنج دسته تقسیم می‌شوند: ۱- دریاچه‌ای ۲- تپه‌های مخروطی ۳- تپه‌های تراس شده ۴- پشته‌های شکافی و ۵- نهشته‌های پای آبشارها [۱۰].

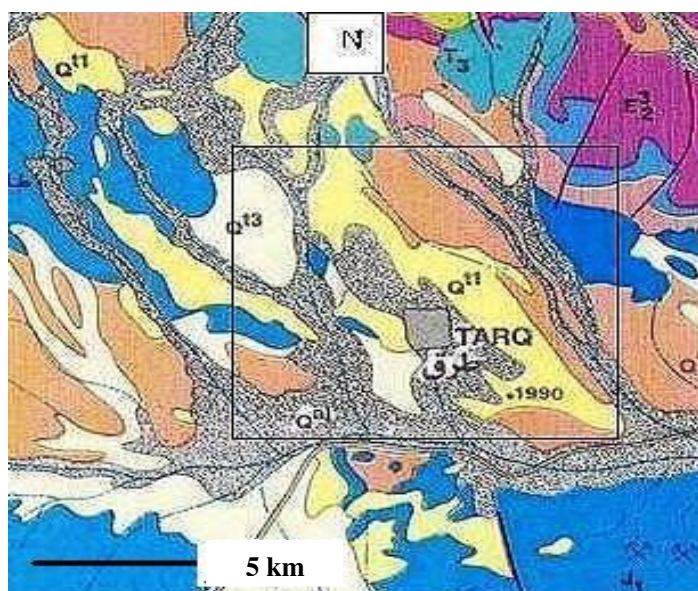
هدف از این تحقیق، مطالعه زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی و همچنین ژئومورفولوژی تراورتن‌های منطقه است که با توجه به کاربرد روزافزون تراورتن و مصارف عمده آن به عنوان سنگ‌نما، سنگ تزئینی، پی ساختمان و... دارای اهمیت زیادی است.

روش کار: برای مطالعه تراورتن‌ها ابتدا نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه شامل کاشان و طرق به مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ و ۱/۱۰۰۰۰۰ (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور) مورد بررسی گرفت و سپس ضمن عملیات فیلد نمونه‌برداری در مسیر طرق تا روستای کشه در پنج نقطه و به فاصله تقریبی یک کیلومتری تراورتن انجام شد. تعداد ۳۰ نمونه انتخاب شد که از آن‌ها مقاطع نازک تهیه و با میکروسکوپ پلاریزان مورد مطالعه قرارگرفتند. برای تشخیص کلسیت و آراگونیت از دولومیت، مقاطع با محلول آلزارین قرمز (Alazarin Red S) رنگ‌آمیزی شدند [۱۲].

حفرات با رسوبات ثانوی کربنات کلسیم مثل آراگونیت و کلسیت پر می‌شوند. حوادث بعد از رسوب‌گذاری مثل انحلال و شکستگی‌ها می‌توانند تخلخل و نفوذپذیری را تا دو برابر و حتی بیش‌تر افزایش دهند [۱۶]. تراورتن‌ها به صورت سنگ‌های نسبتاً خالص و به رنگ سفید تا کرم روشن بوده و در صورت وجود ناخالصی در آن‌ها به رنگ‌های متفاوت زرد، نارنجی، قرمز، قهوه‌ای، خاکستری و یا رنگ‌های دیگر نیز تشکیل می‌شوند. ناخالصی می‌تواند عناصری مانند آهن، منیزیم، مواد آلی، رس و یا عناصر دیگر باشند. تراورتن‌ها سنگ‌هایی سخت، متخلخل، تشکیل شده از کلسیت و آراگونیت بوده و دارای رنگ‌های مختلف و لایه‌بندی است [۹] معمولاً حاصل مواد آهکی در حوضچه‌های کم عمق و راکد هستند آب‌هایی که جریان دارند تراورتن‌هایی با حفرات بیش‌تر و گاهی بزرگ‌تر را تشکیل می‌دهند که ناشی از سرعت ته‌نشینی است. افزایش تبخیر وجود موانع مثل گیاهان در مسیر حرکت باد و تلاطم آب نیز در فرآیند ته‌نشینی رسوبات کربنات کلسیم (تراورتن) موثرند [۱۷] افزایش تحرک آب مثل تلاطم یا جاری شدن آن موجب می‌شود تا گازهای دی‌اکسیدکربن سریع‌تر خارج شده و رسوب‌گذاری نیز سریع‌تر انجام شود. اغلب زمین‌شناسان تراورتن را یک سنگ آهکی شیمیایی می‌دانند که معمولاً ترکیب آن از کلسیت بوده و اطراف چشمه‌های آب گرم تشکیل می‌شوند. مطالعات نشان داده است مجموعه‌های میکروبی که در آب‌های زیرزمینی وجود دارند نیز در رسوب‌گذاری کلسیت برای تشکیل آهک‌های تراورتن دخالت دارند. بنابراین نوعی تراورتن با منشاء بیوشیمیایی تشکیل می‌شود [۱۳]. برخی دیگر معتقدند تراورتن‌ها حاصل رسوب‌گذاری سطحی توسط چشمه‌های آب‌گرم و آب‌سرد و هم‌چنین رسوب‌گذاری در غارهاست [۱۱]. مشخصه اصلی تراورتن‌ها وجود لامینه‌های فشرده به هم، نوارهای رنگی متناوب با لایه‌های حفره‌ای (شکل ۳) با بافت لوله‌ای، لکه دار، نرده‌ای و لایه‌های متخلخل است [۴]. در ایران تراورتن قزل‌داغ ماکو، تراورتن گروه آذرشهر، تراورتن زنجان، تراورتن کوئیک کردستان، تراورتن گروه آتش‌کوه، تراورتن و مرمر سخت سرخ، جرقوئیه و شمس اصفهان، طرق نطنز، تراورتن علویه و هلات‌آباد و حجت‌آباد یزد بر روی کمر بند آتشفشانی تبریز- بزمان واقع شده‌اند در



شکل ۱: تصویر ماهواره‌ای و موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه



شکل ۲: نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه (نقل از زاهدی)



شکل ۳: تخلخل حفره‌ای در تراورتن، شرق روستای طرق

معرفی تراورتن‌های منطقه:

تراورتن‌ها اغلب به صورت لایه‌های افقی تشکیل می‌شوند. اما ممکن است دارای شیب ملایم باشند که از ناهمواری‌های سطح زمین تبعیت می‌کند. در دوره‌ای که حداکثر آب‌دهی وجود دارد عناصر ناخالص آب مثل آهن کم‌تر بوده بنابراین لایه‌های آهنی روشن‌تر هستند و در دوره حداقل آب‌دهی با افزایش میزان عناصری مثل آهن لایه‌های قرمز و تیره تشکیل می‌شوند. تراورتن‌ها ساختار داخلی پیچیده‌ای دارند و اغلب در فاصله کوتاهی هم در جهت افقی و هم عمودی تغییرات زیادی را نشان می‌دهند این پیچیدگی به عوامل زیادی مانند موقعیت چشمه آب‌گرم، توپوگرافی لایه‌های زیرین، ترکیب شیمیایی آب چشمه‌های آهک‌ساز، فعالیت موجودات زنده و جریان سطحی آب بستگی دارد [۱۴]. به طور معمول سنگ‌ها و نهشته‌های پس از سازندهای کنگلومرای پلیو - پلیستوسن (هزار دره - بختیاری) در ایران به سن کواترنری هستند که به طور دگرشیب سنگ‌های کهن‌تر را می‌پوشاند [۱]. تراورتن‌های طرق در امتداد گسله قم - زفره و زون سنندج - سیرجان به وجود آمده و آن را به آب‌های گرم نسبت داده‌اند که به صورت توده‌های پراکنده و با رنگ غالباً کرم تا سفید بر سطح تپه‌ها و کوه‌های منطقه دیده می‌شوند [۳]. در تراورتن‌های طرق گاهی بر اثر تغییرات ترکیب فرو و فریک در این رسوبات تغییر رنگ در لایه بندی‌ها و با ضخامت زیاد دیده می‌شود که به نوعی منعکس کننده تغییرات اقلیمی در منطقه است. تراورتن‌های منطقه از حوالی روستای کشه حدود ۵ کیلومتری طرق بر روی سنگ آذرآواری از نوع آگلومرا و توف‌های ائوسن (شکل ۴) و در اطراف باغستان روی کنگلومرا و شیل‌های تریاس و در روستای طرق بر روی کنگلومرای پلیو-پلیستوسن به صورت دگرشیب قرار گرفته‌اند (شکل ۵). ضخامت کنگلومرا در طرق و نزدیک باغستان حدود ۴۰ متر است (شکل ۶) در طرق لایه‌های کنگلومرا و تراورتن به طور متناوب تشکیل شده‌اند. روی کنگلومرا یک طبقه‌ای به ضخامت ۲ متر که به تدریج ضخیم‌تر شده و تا حدود ۳ متر می‌رسد که از تراورتن تشکیل شده و روی آن یک لایه کنگلومرا به ضخامت ۰/۳ تا ۱ متر قرار دارد. مجدداً روی این لایه تخریبی آهک تراورتن به صورت لایه‌ای و با ضخامت زیاد تا چندین متر دیده می‌شود

(شکل ۷ الف). در بخش بالا تراورتن به صورت بین لایه‌ای با کنگلومرا تشکیل شده و در طبقات پائین آن قطعاتی از تراورتن در لایه‌های کنگلومرای وجود دارد که نشان دهنده یک فاز فرسایشی و رسوب‌گذاری متناوب رودخانه ای و چشمه‌های آهک‌ساز است. این توده‌های رسوبی در مجاور روستای طرق و رودخانه طرق رود نیز قرار دارند. تراورتن‌ها در حاشیه و کنار جاده و حتی در قسمت‌هایی از بستر رودخانه نیز دیده می‌شوند (شکل ۷ ب) و به صورت بلوک‌های کوچک و بزرگ در سطح زمین با ترک‌ها و شکستگی‌های بین آن‌ها مشخص‌اند و غالباً شکاف‌های آن‌ها با رسوبات دانه‌ریز و خاک پر شده است (اطراف روستای طرق) در برخی جاها مثل حاشیه رودخانه روی آن‌ها را خاک و رسوبات پوشانده است و پوشش گیاهی پراکنده نیز در سطح آن‌ها دیده می‌شود (شکل ۷ ب). شکاف‌های بین بلوک‌ها از چند میلی‌متر تا حدود ۱۰ الی ۱۵ سانتی‌متر است که نشان دهنده شکسته شدن و جابه جایی آن‌هاست. هم‌چنین رسوب‌گذاری اولیه و انحلال نیز منجر به تخلخل در شکل‌ها و ابعاد متفاوت در امتداد لایه بندی شده است (شکل ۸). سیمان در بخش فوقانی کنگلومرا و لایه کنگلومرای بین تراورتن‌ها مشابه رسوبات تراورتن بوده و در ادامه به آهک تراورتن منتهی می‌شود و رسوب‌گذاری به تدریج و پیوسته صورت گرفته است. این وضعیت در بخش فوقانی طبقات کنگلومرای دیده می‌شود. تراکم و سخت‌شدگی طبقه تخریبی در اثر رسوب گذاری آهک در بین آن‌ها است. قطعاتی در حد ریگ تا قلوه‌سنگ از تراورتن‌ها و سنگ‌های پیروکلاستیک در بخش‌های بالایی کنگلومرا دیده می‌شود (شکل ۷ الف). وجود درز و شکاف‌ها و حفرات در تراورتن‌ها در برخی قسمت‌ها موجب نفوذ آب بیشتر و انحلال زیادتر آن شده و حفرات بزرگی را ایجاد کرده است. هوازدگی شیمیایی همراه با هوازدگی فیزیکی منجر به ریزش و کنده شدن قطعات بزرگ تخته‌سنگ شده که نیروی گراویتی نیز در تشکیل این حفرات و گسترش آن‌ها دخالت داشته‌اند. تراورتن‌ها اکثراً شیری تا کرم رنگ هستند و در آن‌ها تخلخل و حفرات به شکل‌های مختلف کروی، بیضی، منظم، نامنظم کشیده از چند mm تا بیش از ۲۰ mm به طور افقی و در امتداد لایه‌بندی دیده می‌شود (شکل ۸) که در حاشیه آن‌ها بلورهای آراگونیت و کلسیت به طور ثانوی

تشکیل شده‌اند به رنگ زرد تا نخودی بوده و در برخی جاها کاملاً لیمونیتیزه شده‌اند. خاک‌های لیمونی و تراورتن‌ها و آبرفت‌های رودخانه‌ای جدیدترین رسوبات کواترنری هستند که در منطقه تشکیل شده‌اند. گسترش تراورتن‌های منطقه از لحاظ افقی و هم از لحاظ عمودی قابل توجه هستند. ضخامت طبقات تراورتن در روستاهای باغستان بالا و پایین خیلی بیش‌تر از روستای طرق می‌باشد (شکل ۶) که در فاصله ۱/۵ کیلومتری از آن قرار دارد. گسترش افقی آن از حوالی روستای کشه تا رودخانه طرق رود و حتی در برخی از آبراهه‌های فرعی رودخانه که دورتر از آن قرار دارد دیده می‌شوند به طوری که در چند کیلومتری روستای طرق، بخشی از مسیر جاده اصفهان-نطنز نیز از روی بستر رودخانه و تراورتن عبور می‌کند. بخشی از روستای طرق نیز بر روی تپه‌های تراورتن بنا شده‌اند. در جاهایی که تراورتن‌ها بر روی سنگ‌های پیروکلاستیک تشکیل شده‌اند در سطح بالاتر و تراورتن‌های روی کنگلومرا و بستر رودخانه در سطح پایین‌تر قرار گرفته و دارای شیب ملایمی به سمت شمال هستند. موقعیت ژئومورفولوژی تراورتن‌ها متفاوت بوده، هم تپه‌های نسبتاً هموار و بلند با ضخامت زیاد و هم مناطق پست با ضخامت کمتر را تشکیل می‌دهند. در مناطق پایین به علت فرسایش و شکستگی‌ها و ریزش‌های متوالی سطح تراورتن‌ها ناهموارتر است.

ویژگی‌های پتروگرافی:

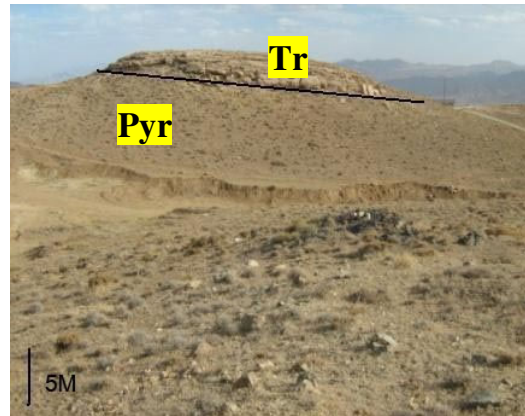
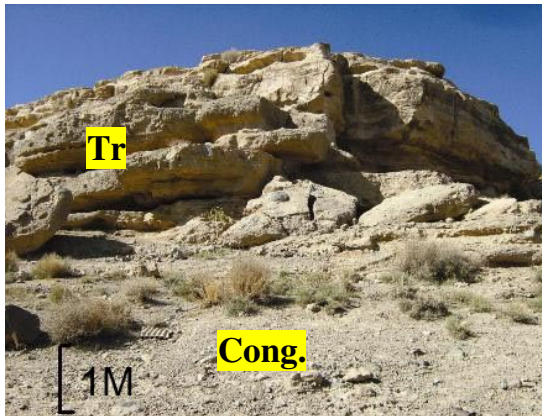
فرآیندهای دیاژنزی به دو صورت ۱- اولیه، میکرایت و رسوب‌گذاری کربنات کلسیم به صورت کلسیت و آراگونیت همراه با پدیده سیمانی شدن ۲- ثانوی، به صورت انحلال و رسوب‌گذاری مجدد کلسیت در بین لایه‌های نازک و ضخیم در مقیاس ماکروسکپی و میکروسکپی دیده می‌شوند.

تخلخل ماکروسکپی و میکروسکپی در ابعاد و اندازه‌های متفاوت و به دو صورت اولیه و ثانوی دیده می‌شوند. تخلخل ثانوی حاصل شکستگی‌ها و انحلال بوده که اغلب توسط کلسیت ثانوی پر شده‌اند، رشد بلورها در حاشیه ریزتر و به سمت مرکز آن درشت‌تر است. حفرات اولیه موجود در تراورتن به هنگام رسوب‌گذاری تشکیل شده‌اند. پتروگرافی تراورتن‌ها نشان می‌دهد که در ساخت و بافت

رشد کرده‌اند. تخلخل ماکروسکپی از نوع حفره‌ای، غاری، چتری (shelter)، و شکافی در امتداد لایه‌بندی می‌باشد. تراورتن‌ها در اکثر مناطق آب و هوایی تشکیل می‌شوند، معمولاً دوره رسوب‌گذاری تراورتن‌ها به مراحل نسبتاً مرطوب مربوط می‌شود که دبی چشمه و جریان آب افزایش می‌یابد و رسوب‌گذاری کربنات نیز با عرض‌های جغرافیایی فرق می‌کند. برای مثال در مناطق معتدل افزایش بارندگی ممکن است منجر به افزایش دبی آب چشمه شود که به طور هم‌زمان با آن آب‌های تولید شده توسط چشمه‌ها که به سطح زمین می‌رسند از نظر کربنات کلسیم رقیق‌تر و غیراشباع هستند. در مقابل افزایش خشکی منجر به کاهش حجم آب و دبی چشمه می‌شود، اما تبخیر بیش‌تر و آب گرم‌تر شده و کربنات‌ها رسوب می‌کنند. هم‌چنین در آب و هوای خشک ممکن است تخلیه آب در طول دوره‌های خشک در سطح زمین وجود نداشته باشد. بنابراین رسوب‌گذاری فقط در طول دوره‌های مرطوب‌تر انجام خواهد شد. تأمین آب کافی و درجه حرارت برای تشکیل کربنات‌ها در چشمه‌ها لازم است. لامیناسیون‌هایی که تشکیل می‌شوند معمولاً یک جفت لامینه‌های تیره، متراکم و اسپاری کلسیت است که به طور متناوب با لایه‌های نازک، سبک‌تر و با تخلخل بیش‌تر از میکرواسپاریت و میکرایت تشکیل شده‌اند. این لایه‌های جفت عمدتاً به تغییرات فصلی نسبت داده شده‌اند و میزان رسوب‌گذاری کلسیت به غلظت‌های بالاتر کربنات کلسیم محلول در طول ماه‌های گرم مربوط می‌شود [۸]. بنابراین سیمان اسپاریتی و میکرایتی تشکیل شده‌اند. سیمان دیس‌میکرایت که حاصل انحلال و رسوب‌گذاری مجدد در یک محیط آرام بعد از رسوب‌گذاری است در لایه‌های تراورتن دیده می‌شوند. مرز بین کنگلومرا و تراورتن به صورت تدریجی بوده و قطعاتی از تراورتن در بین رسوبات تخریبی و قطعاتی از کنگلومرا در درون رسوبات تراورتن وجود دارند و ضخامت این طبقات از چند سانتی‌متر تا حدود یک متر تغییر می‌کند. وجود رسوبات دانه‌ریز و خاک در بین شکستگی‌ها و روی بلوک‌ها و سطح تراورتن‌ها نتیجه فرسایش سنگ‌های پیروکلاستیک و آهک‌های مجاور آن‌ها است که نسبت به تراورتن در سطح بالاتری قرار دارند، رسوبات دانه‌ریزی که در حاشیه رودخانه طرق و گودی‌های اطراف توده‌های تراورتن

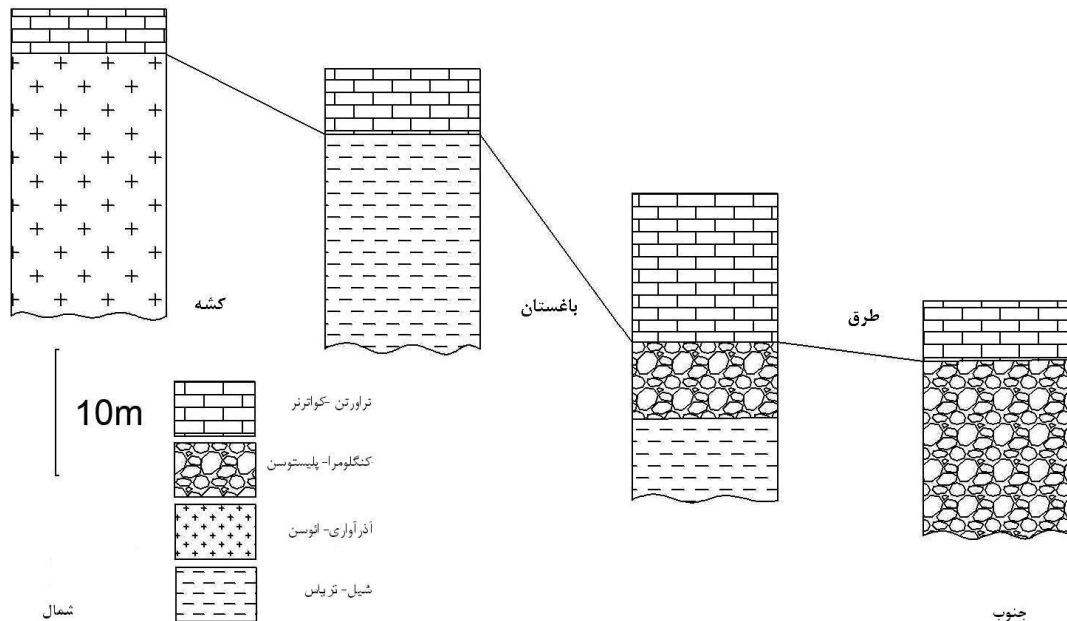
کلسیت با بلورهای درشت و منظم و اتومورف کلسیت (شکل‌های ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸). همچنین وجود ساخت‌های حفره‌ای و قالبی (شکل‌های ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۲، و ۲۳) است.

رسوبات و تشکیل آن موجودات گیاهی نقش عمده‌ای داشته‌اند. دو نوع بافت در آن می‌توان تشخیص داد: ۱- بافتی که در ارتباط با فعالیت گیاهان است (شکل‌های ۹، ۱۰ و ۱۱) که از میکرایت، میکرواسپارایت و بلورهای پراکنده اسپارایتی تشکیل شده‌اند و ۲- بافت اسپاری



شکل ۵: برش شرق روستای طرق: بالا - تناوب لایه‌های کنگلومرا و تراورتن (Tr)، پایین - کنگلومرای معادل سازند بختیاری (Cong) - نگاه، شمال

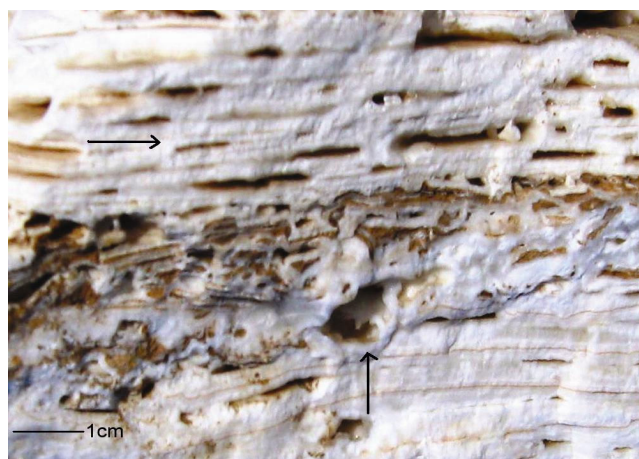
شکل ۴: قرارگیری تراورتن‌ها (Tr) به صورت دگرشیب روی سنگ های آذرآواری (Pyr) روستای کشه، شمال غرب طرق - نگاه، شمال



شکل ۶: ستون چینه‌شناسی نشان دهنده جایگاه تراورتن‌های روستاهای طرق، باغستان و کشه ۱- تراورتن، ۲- کنگلومرای، ۳- شیل، ۴- آذرآواری



شکل ۷: الف) تناوب لایه‌های کنگلومرا و لایه‌های تراورتن شرق روستای طرق - نگاه، شمال ب) تراورتن در مسیر رودخانه طرق، جنوب روستای طرق - نگاه، شمال



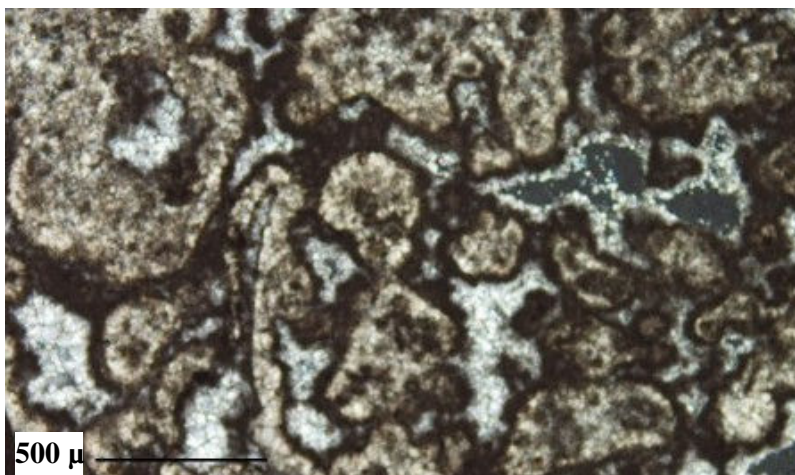
شکل ۸: تخلخل اولیه → (در امتداد لایه‌بندی) و ثانوی ↑ شرق روستای طرق



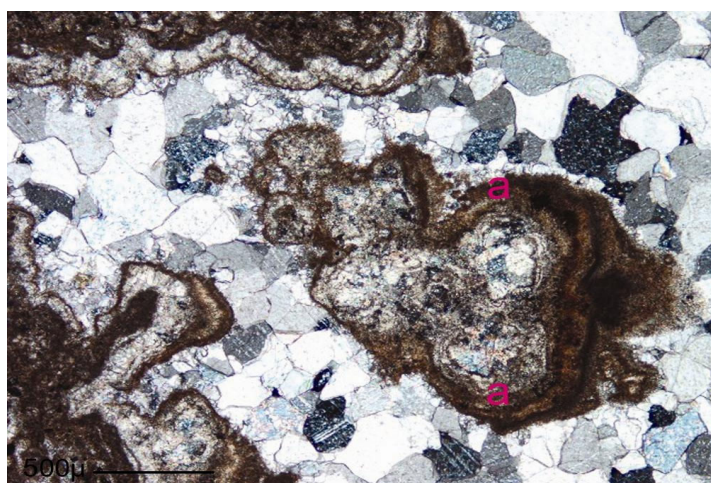
شکل ۹: تناوب لایه‌های نازک میکرایت و میکرواسپاریت و اسپاریت در اطراف ساقه گیاه (جلبک و خزه)



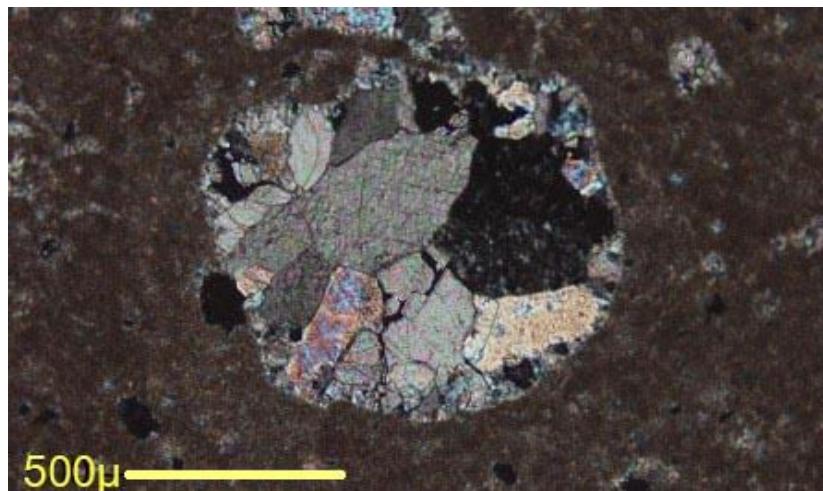
شکل ۱۰: حفرات منظم دایره‌ای و بیضی شکل آثار گیاهی (جلبک) اسپارایتی شده در زمینه میکرایتی



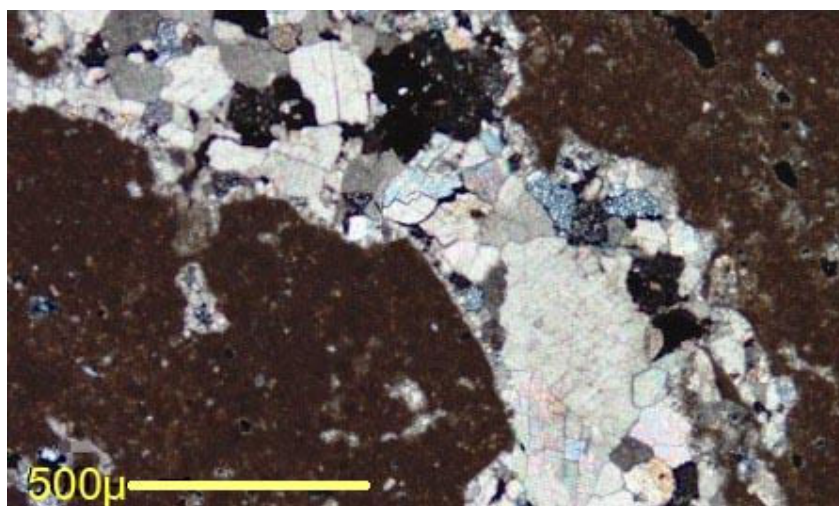
شکل ۱۱: پیژوئیدهای (جلبک) اسپارایتی شده در متن میکرایتی با ساخت اسفنجی.



شکل ۱۲: ساخت لایه‌ای موجی از اسپاری کلسیت، توالی رسوب‌گذاری کلسیت و میکرایت (باند های قهوه‌ای) با لایه نازک سفید رنگ دولومیت و بلورهای شعاعی و سوزنی کلسیت و آراگونیت



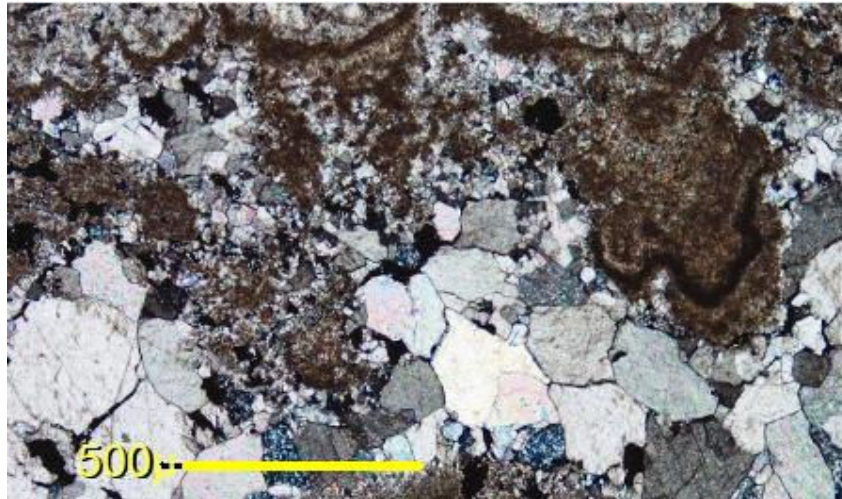
شکل ۱۳: میکرایت و دیس میکرایت



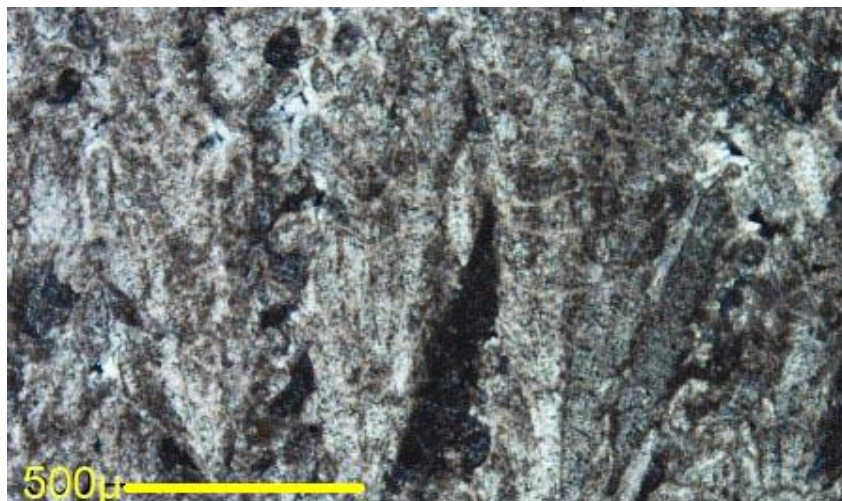
شکل ۱۴: میکرایت اسپارایتی شده



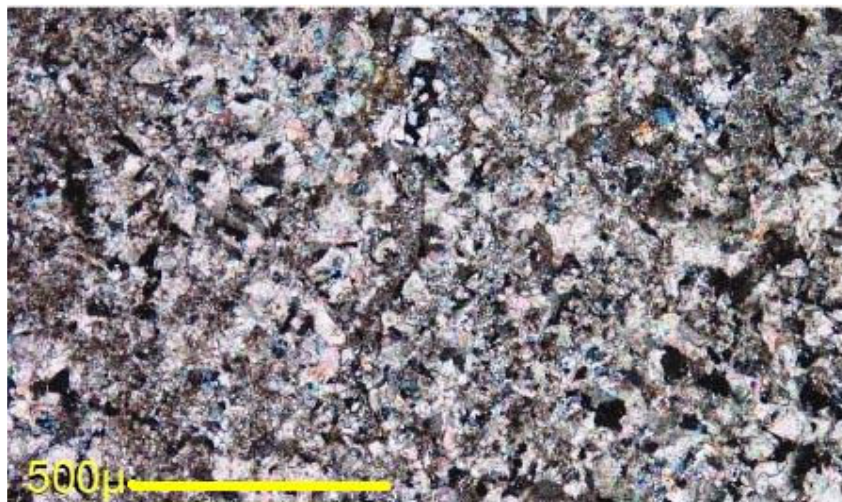
شکل ۱۵: لایه‌بندی میکرایت و رسوبات آواری، میکرواسپارایت



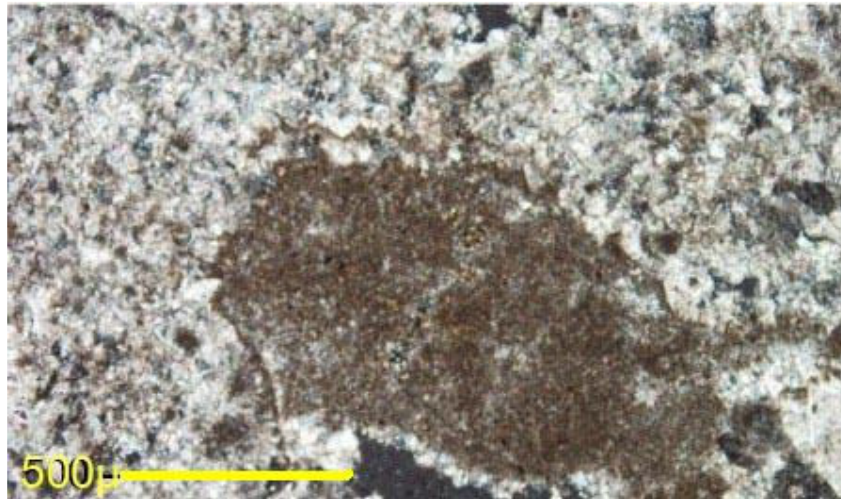
شکل ۱۶: تناوب رسوب‌گذاری آهک و رسوبات تخریبی، اسپاری کلسیت



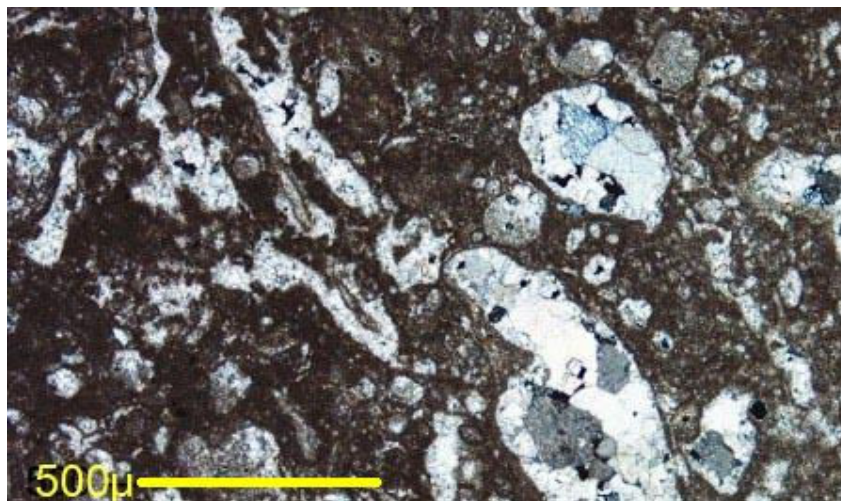
شکل ۱۷: رشد بلورهای آراگونیت و کلسیت به صورت بافت شعاعی، پرمانند و شاخه‌ای



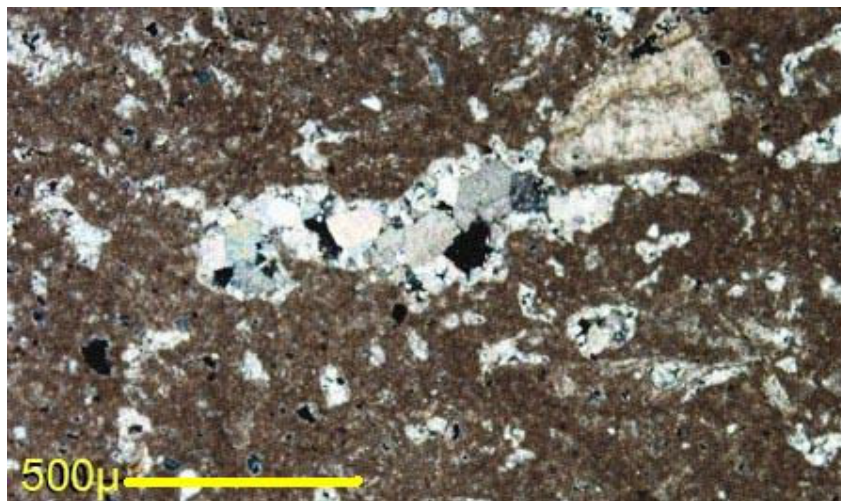
شکل ۱۸: اسپرایت و میکرواسپرایت



شکل ۱۹: رسوب دولومیت (حاشیه سفید رنگ)، رشته‌های آراگونیت و کلسیت با ساخت بالونی



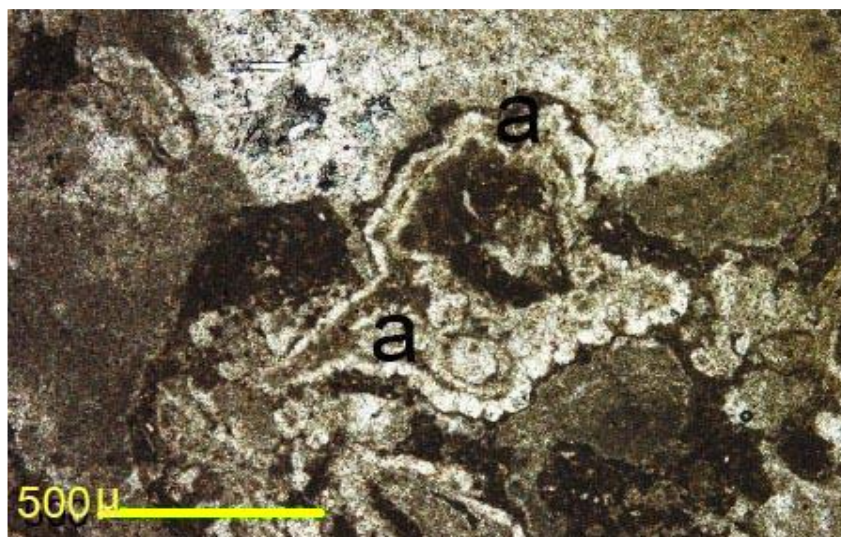
شکل ۲۰: زمینه میکرایت با حفرات قالبی اسپیرایتی شده، بایوکلاست



شکل ۲۱: زمینه میکرایت با حفرات در اندازه و اشکال متفاوت پر شده از کلسیت



شکل ۲۲: اسپاری کلسیت، حفره بیضی شکل سیمان دروزی بلورهای کلسیت ثانوی با ساخت چتری در حاشیه



شکل ۲۳: اسپاری کلسیت حفره پر شده با میکرایت و میکرواسپارایت، سیمان دروزی از بلورهای کلسیت با ساخت چتری

نتیجه‌گیری

با توجه به قطعات تخریبی تراورتن در بین کنگلومرا و لایه تراورتن بر روی آن فرآیند رسوب‌گذاری به طور متناوب توسط رودخانه و چشمه‌های آهک‌ساز صورت گرفته است و هم‌زمان با فعالیت چشمه‌های آهک‌ساز رودخانه نیز فعال بوده است. حداقل دو نوبت این فعالیت قابل تشخیص است که در فواصل نسبتاً کوتاهی وجود داشته است. رسوب گذاری تراورتن در بخش فوقانی کنگلومرا منجر به سیمانی شدن و دیاژنز رسوبات تخریبی شده است. بعد از رسوب گذاری، کنگلومرا و تراورتن با هم تشکیل شده‌اند. با توقف رسوب‌گذاری رودخانه، رسوبات آهکی با ضخامت زیاد بر

در اغلب نمونه‌ها حفرات با بلورهای کلسیت پر شده‌اند و در برخی دولومیت اولیه (شکل‌های ۱۲ و ۱۹) به صورت باندهای نازک و سفیدرنگ در حاشیه به طور متناوب با بلورهای کلسیت و بلورهای سوزنی یا رشته‌ای آن رسوب کرده و گاهی این بلورها با ساخت شعاعی با هم تشکیل شده‌اند. لایه‌هایی ظریف از آهک و رس نیز تشکیل شده و گاهی همراه با رسوب‌گذاری کربنات کلسیم مقدار کمی رس در حاشیه حفره و یا بین باندهای بلور دیده می‌شوند. شرح مقاطع بر مبنای نظر آلن پنتی‌کاست [۱۵] انجام شده است.

- فیض‌نیا، س (۱۳۷۷) سنگ‌های رسوبی کربناته، انتشارات آستان قدس رضوی.
- [۴] نبیان، ا، فردهادیان، م. ب، برادران، م، حمیدی انارکی، غ (۱۳۷۱) سنگ‌های تزئینی و نما، وزارت معادن و فلزات.
- [۵] زاهدی، م، نقشه زمین‌شناسی طرق، ۱/۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- [۶] زاهدی، م. عمیدی، س. م. و زهره بخش، ع. م (۱۹۸۵) نقشه زمین‌شناسی کاشان، ۱/۲۵۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- [7] Alonson-Zarza. A. M & Tanner. L. H (2010) Carbonates in continental setting, Elsevier, Newyork.
- [8] Atabey. E (2002) The Formation of fissure ridge type laminated Travertine-Tufa
- [9] Deposits microscopical characteristics and diagenesis, Central Anatolia, Mineral Res. Expl. Bul. 123-124. 59-65.
- [10] Chafetz, H. S. and Folk. R. L (1984) Travertines: Depositional
- [11] morphology and the bacterially constructed constituents: J. Sedimentary petrology., 54. 289-316.
- [12] Collinson, J. D (1989) Sedimentary structures, Unwin Hyman ltd, London.
- [13] Dickson, J. A. D (1965) A modified staining technique for carbonates in thin section: Nature, v. 205, p. 587.
- [14] Marshak, stephan, Earth (2001) Norton company, Inc, Newyork.
- [15] Ozkul, Mehmet, Varol. Baki and Alcicek. Cihat. M (2002) Depositional Environments and petrography of Denizli Travertines, Mineral Res. Expl. Bul., 125, 13-29,
- [16] Penetecost, A (2005) Travertine, Springer-verlag, Netherlands.
- [17] Raymond, Loren. A (2002) Petrology, MC graw hill, London.
- [18] Renaut, R. W. and Jones. B (2003) Sedimentology of hot spring systems. Can. J. Earth Sci. 40, 1439-1442.

روی آن نهشته شده‌اند مجدداً پس از زمان کوتاهی این حادثه تکرار شده است و به صورت تناوبی از کنگلومرا و تراورتن (رسوبات تخریبی و شیمیایی) دیده می‌شود که نشانه رسوب‌گذاری هم‌زمان آن‌ها است که طبقات تقریباً افقی را تشکیل داده‌اند. سیمان نیز به صورت اسپارایت، میکرایت و حتی دیس‌میکرایت در تراورتن تشکیل شده است، هم‌چنین تغییرات ضخامت تراورتن در فواصل کوتاه بیانگر رسوب‌گذاری در سطوح ناهموار و غیریکنواخت است. بنابراین ژئومورفولوژی منطقه نیز در نحوه رسوب‌گذاری و شکل‌گیری تراورتن تأثیر داشته است. وجود لایه‌هایی با رنگ‌های متفاوت در تراورتن به علت تغییر رژیم آب‌دهی فصلی است که با آب‌وهوا در ارتباط است. تشکیل این‌گونه لایه‌بندی نشان دهنده تغییر در ترکیب آب چشمه‌های تراورتن است که به صورت فصلی انجام می‌شود. ذرات تخریبی و بایوکلاست همراه با سیمان کلسیتی، هم‌چنین اسپارایت و میکرایت و رس در تشکیل آهک‌های تراورتن شرکت داشتند و این به علت فعالیت هم‌زمان چشمه آب‌گرم و وجود جریان‌های سطحی در مسیر رسوب‌گذاری تراورتن است. با توجه به این که با آخرین فاز کوهزایی چین خورده‌اند می‌توان گفت که این کنگلومرا بعد از این فاز کوهزایی و قبل از رسوب‌گذاری تراورتن بوده و به یک دوره فرسایشی مربوط می‌شود که به اواخر پلیستوسن تعلق دارند.

منابع:

- [۱] آقانباتی، س. ع (۱۳۸۳) زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- [۲] درویش‌زاده، ع (۱۳۷۰) زمین‌شناسی ایران، انتشارات نشر دانش امروز
- [۳] سجادی زهراوی، ف (۱۳۶۹) مطالعه پترولوژی، فسیل‌شناسی، چینه‌شناسی محدوده بین نطنز و اردستان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران