پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال هفتم، شماره ۱، تابستان ۱۳۹۷
صص. ۶۰-۴۸

بررسی نقش لیتولوژی در شکل‌گیری ساختمان خانه های کندویی شکل روستای کندوان، آذربایجان شرقی

محسن رنجبران *- استادیار دانشکده زمین شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران.
فرزاد ستوهیان- دانشیار گروه محیطزیست دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان.

پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۶/۲۴ تائید نهایی: ۱۳۹۷/۰۴/۱۴

چکیده

روستای کندوان، در استان آذربایجان شرقی از نظر تقسیمات ژئومورفولوزیکی جزء واحد آذربایجان محسوب می شود. رخساره های سنگی در ناحیه مورد مطالعه شامل سنگ های آتش فشانی، سنگ های آذرآواری و نهشته های لاهار و اپی کلاستیک می باشد. در تحقیق حاضر سعی گردید با بررسی های دقیق میدانی و اندازه گیری های به عمل آمده و نیز مطالعه مقاطع نازک میکروسکوپی تغییرات بافتی و کانی شناسی واحد های سنگی مذکور مورد بررسی دقیق قرار گیرند. بر اساس ترکیب کانی شناسی سنگ های ولکانیکی ترکیبی در حد آندزیت و تراکی- آندزیت دارند، کانی های پلاژیوکلاز و آمفیبول موجود در آنها بسیار مستعد هوازدگی شیمیایی می باشد. سنگ های آذرآواری که بیشتر ایگنمبریت ها را شامل می شود از نظر لیتولوژی تغییر قابل توجهی را نشان نداده و کانی های تشکیل دهنده آن تقریباً سالم بوده و شکل اولیه خود را حفظ نموده اند. شرایط فیزیکی و خصوصیات خاکسترهای داغ آتش فشانی که در طی فوران های متعدد به یکدیگر جوش خورده و باعث بوجود آمدن حجم زیادی رخساره ایگنمبریتی شده است که بستر مناسبی را برای مردم و ساکنین اولیه در خصوص حفاری و شکل گیری روستا فراهم نموده است. همین ویژگی سبب گردیده که روستاییان از این سنگ ها برای محل سکونت خود استفاده نمایند. در بخش هایی که نهشته های لاهار رخساره غالب منطقه را تشکیل می دهد به دلیل داشتن بافت سست و عدم استحکام ، مانع از حفاری و سکونت روستاییان در این نهشته های آواری شده است.

واژگان کلیدی: روستای کندوان، ولکانوکلاستیک، سهند، لاهار، ایگنمبریت.

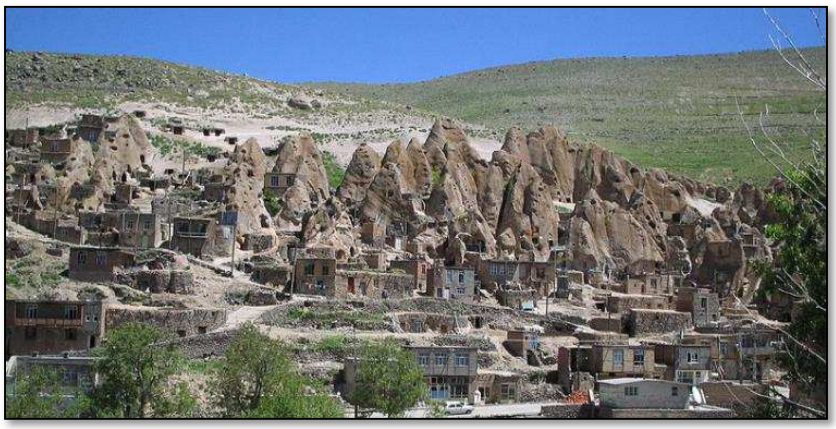
* نویسنده مسئول: E-mail: ranjbaran@khayam.ut.ac.ir

مقدمه

روستای کندوان حاصل فعالیت های انسانی بوده که در دل این مخروط یا کران ها خانه هایی را برای سکونت خود احداث نموده اند. این ناحیه از لحاظ زمین شناسی در پهنه ایران مرکزی و در محدوده سنگ‌های آذرآواری چهارگوش اسکو قرار دارد (آقا نباتی، ۱۳۸۳، ۴۷۵) (شکل ۱).

روستای کندوان و نیز مناطقی در کاپادوکیه ترکیه، داکوتای آمریکا، نورچیا نکروپولی ایتالیا و مجتمع صومعه وردیا در گرجستان نمونه‌هایی از بناهای فرهنگی ساخته‌شده توسط انسان در سنگ‌های آذرآواری است (Ozsen et al, 2017; Haji Rasouli,2015,89). امینی بیرامی و همکاران (۱۳۹۴) هوازدگی و فرسایش در امتداد شکستگی ها ایجاد شده در توده سنگ روستا را مهمترین عامل شکل گیری این مورفولوژی خاص در منطقه عنوان نموده اند.

(Mehdipour Ghazi et al. 2013, 8) تفاوت های سنگ‌شناسی و مقاومت آن‌ها در برابر فرسایش را در ایجاد دامنه‌های پرشیب و کانیون در روستا دخیل دانسته اند.



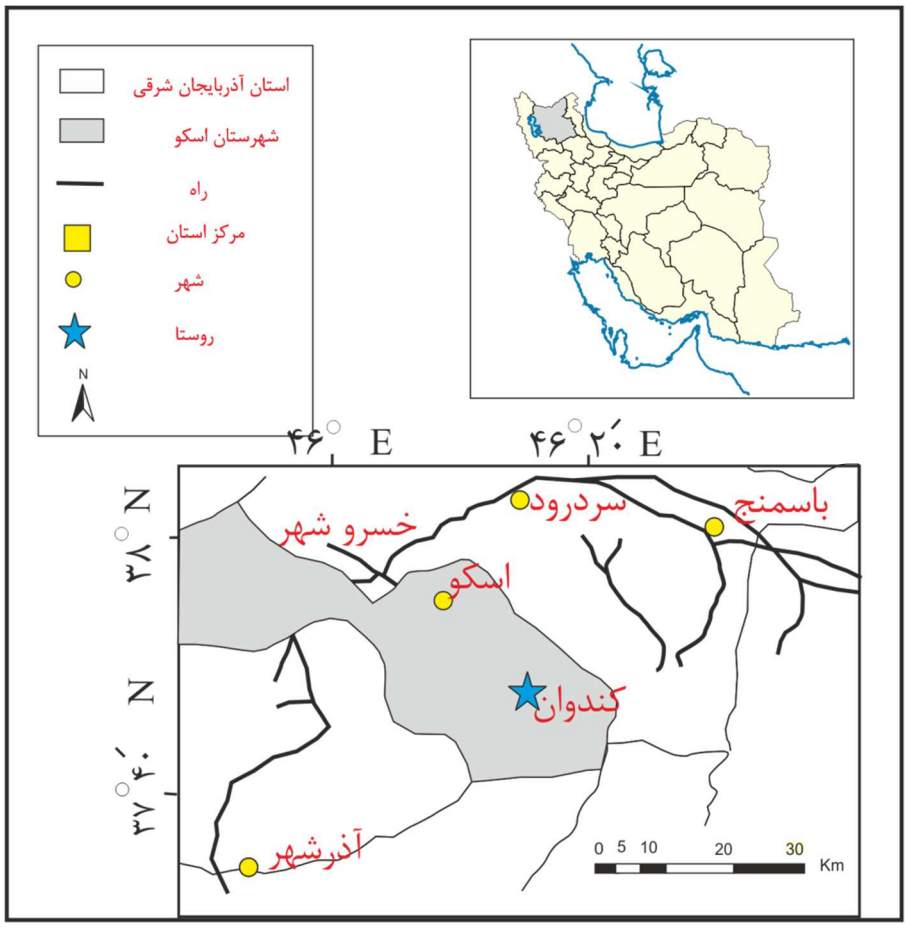
شکل ۱. نمایی از دامنه شمالی روستای کندوان در دره کندوان که در سنگ‌های آذرآواری حفر شده است.

منشأ سنگ های آتش‌فشانی کندوان با استفاده از داده‌های زمین شناسی، پتروگرافی و زمین‌شیمی، توسط (چهار لنگ و همکاران ۱۳۹۴، ۳۴) مورد بررسی قرار گرفت. مطالعاتی نیز در خصوص نقش هوازدگی زیستی ناشی از رشد کلنی‌های گُلسنگی در تشکیل و تخریب ژئومورفولوژی خاص (سنگ‌های کله‌قندی) روستای تاریخی کندوان توسط امینی بیرامی و اصغری کلجاهی (۱۳۹۴) صورت گرفته است. طبق تحقیقات به‌عمل‌آمده گُلسنگ‌ها علاوه بر اثرات مخرب می‌توانند نقش حفاظتی نیز برای سنگ داشته باشند (Camara et al., 2011, 311; Chen et al., 2000, 14) به صورتی که گلسنگ‌ها به صورت یک پوشش متراکم سنگ را در برابر فرسایش باد، برخورد قطرات باران، جریان آب، تغییرات درجه حرارت، رسوب نمک و آلودگی‌های موجود در هوا حفاظت کنند (Rosa et al. 2012, 325-351). نتایج تحقیقات خالقی اسفنجانی (۱۳۹۰) با استفاده از نرم‌افزار GIS نشان داده که بیشترین حجم فرسایش سنگ به دامنه شمالی و کمترین آن به دامنه های غربی تعلق دارد. پیرمحمدی و همکاران (۱۳۹۰) پترولـوژی، ژئوشـیمی و پتروژنـز سنگهای آتشفشانی شرق و جنوب شرق آتشفشان سهند بـا نگرشی ویژه در سنگهای آذرآواری روستای کندوان را مورد بررسی قرار دادند.

با توجه به حضور سه رخساره سنگی اصلی در ناحیه کندوان، مطالعه حاضر به بررسی نقش لیتولوژی غالبی که در به وجود آمدن خانه های کندویی در روستای کندوان داشته پرداخته است.

موقعیت جغرافیایی روستای کندوان

روستای کندوان در فاصله ۵۸ کیلومتری شهر تبریز و ۲۰ کیلومتری از شهرستان اسکو، در میان دره‌ای در کنار رودخانه کندوان واقع‌شده است. ارتفاع روستا ۲۳۰۰ متر از سطح دریا است. روستا در دامنه شمالی ارشد داغ و قسمت غربی رشته‌کوه آتش‌فشانی سهند جای گرفته است. روستای کندوان، در کنار رودخانه‌ای به همین نام در امتداد غربی– شرقی دره کندوان، به صورت پلکانی در دامنه‌ای با شیب تند (حدود ۷۰ درجه) قرارگرفته است. این روستا از طریق جاده تبریز – آذرشهر قابل‌دستیابی است (شکل ۲). مختصات جغرافیایی این مجموعه آتش‌فشانی ۲۸,۳۷ تا ۵۳,۳۷ و ۴۶ ,۵۰ تا ۴۶ , ۵ می‌باشد. مجموعه آتش‌فشانی سهند حدوداً بیش از ۱۷ قله بالای ۳۰۰۰ متر دارد. این مجموعه دارای سه قله بلند و معروف است.



شکل : ۲ نقشه موقعیت و راههای دسترسی به روستای کندوان در شهر اسکو، استان آذربایجان شرقی (گیتاشناسی،۱۳۹۴).

مبانی نظری

ویژگی شاخص کندوان، معماری صخره‌ای و منازل روستایی آن است که از طریق حفر سنگ‌های کله‌قندی معروف به کِران پدید آمده است. کران‌ها رو به جنوب استقرار یافته‌اند (رازانی و همکاران، ۱۳۹۳، ۲۴۹). انواع مختلف کران‌ها ازلحاظ اشکال ظاهری ناشی از فرآیندهای زمین‌شناختی بسیار متنوع هستند و به اشکال چندتایی، جفتی، تکی، مخروطی و دوکی وجود دارند، بلندی این کران‌ها بیش از ۶۰ متر از سطح جاده روستا است. ترکیب سنگ شناسی جنس مخروط‌ها از نوع ایگنمبریت است. فعالیت های آتش فشانی سهند شامل خروج متعدد گدازه ها یا ترکیبات مختلف و نیز مواد آذرآواری

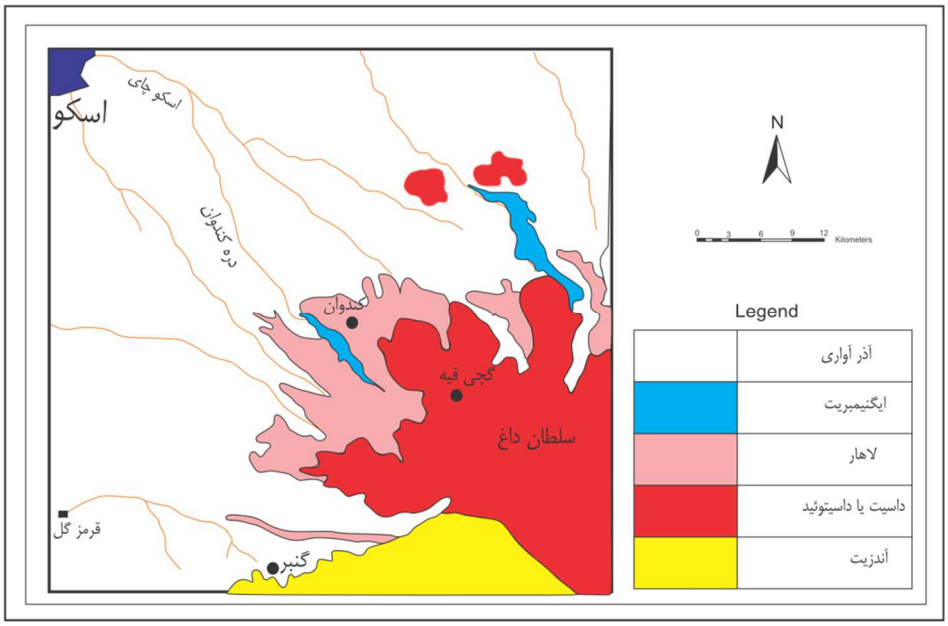
حاصل انفجار بوده است که در روستای کندوان مشاهده می شود. مواد آذرآواری که در اثر انفجار روی‌هم انباشته مجموعه‌ای متنوع را پدید آورده است. مواد آذرآواری به‌وسیله باد و باران و برف در طی هزاران سال متمادی شکل‌گرفته و به فرم کران درآمده است. به‌تدریج قسمت‌های کمتر سخت کران‌ها هوازده و فرسایش یافته و قسمت‌های سخت‌تر باقی‌مانده و وضعیت کنونی را ایجاد نموده است. استمرار عمل باد و باران به‌خصوص در کران‌های ناحیه ورودی روستا بیشتر مؤثر بوده و صدمه زیادی به آن‌ها وارد آورده است درصورتی‌که در شرق و انتهای روستا به خاطر وجود تپه‌های مرتفع کران‌ها بلندتر و سالم‌تر باقی‌مانده است (شکل ۳).

شکل.۳. الف) تاثیر فرسایش باد و باران در کران‌های بخش ورودی غرب روستا در غرب بیشتر مؤثر بوده و لذا ارتفاع کمتری را نشان می دهد، درصورتی‌که در شرق و انتهای روستا (شکل ب) به خاطر وجود تپه‌های مرتفع کران‌ها بلندتر و سالم‌تر باقی‌مانده است.

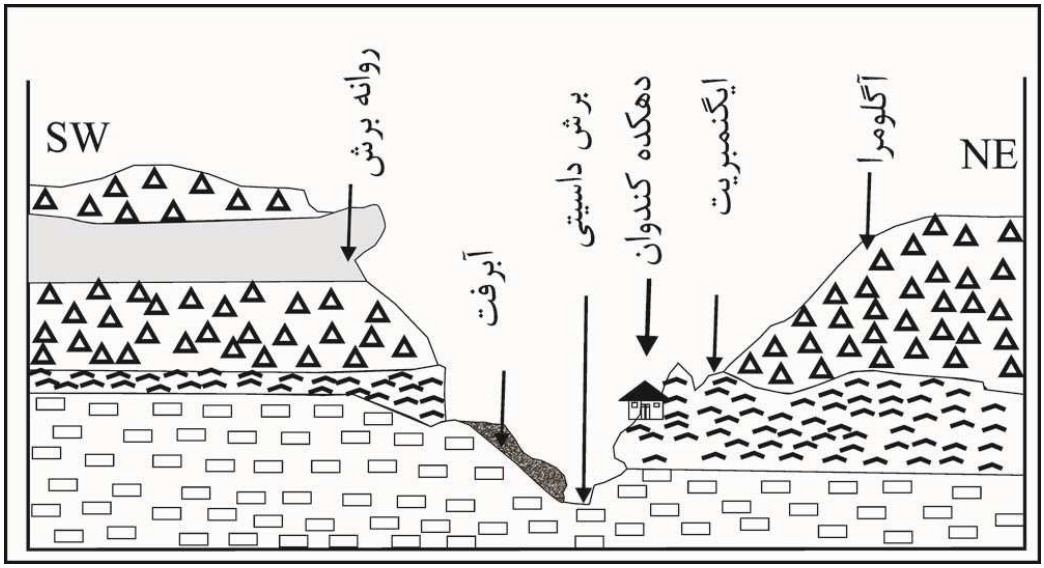
جنس و ویژگی‌های ذاتی سنگ مادر نظیر ترکیب کانی‌شناسی، بافت و ساخت آن ویژگی‌های لیتولوژی سنگ بنا را در برابر شرایط هوازدگی و تخریب تعیین می‌کند. وجود ساختار منطقه ای، بافت غربالی، حواشی سوخته، کدر و حواشی تحلیل رفته بلورها نشان دهنده ی شرایط ناپایدار در محیط تبلور بوده و احتمالاً در اثر صعود سریع ماگما (پیر محمدی و همکاران، ۱۳۹۰و ۸۸) و یا فرایندهای آلایش، هضم و آمیختگی ماگمایی ایجاد شده است (Gill 2010,Winter, 2001; Pirmohammadi et al., 2011). در کاپادوکیه ترکیه با توجه به استحکام قطعات ایگنمبریت ها پنج نوع جوش خوردگی تقسیم بندی شده است (Naci Sayin,2008, 33). در سنگ های مشابه با کندوان در کاپادوکیه ترکیه، کانی های زئولیت حاصل دگرسانی شیشه های آتش فشانی مشاهده می شود (Ilgren, et al., 2015, 10106-3). در تحقیق حاضر مشخص گردید که اجزای سازنده ایگنمبریت ها به ترتیب فراوانی شامل قطعات پومیس، تک کانی‌ها، قطعات سنگی مختلف و نیز شیشه‌های ولکانیکی می‌باشند که به دلیل داغ بودن قطعات در هنگام انفجار و جوش خوردگی خوب آنها به یکدیگر سبب استحکام و تراکم و در نتیجه مقاومت نهشته های ایگنمبریتی شده است. این امر سبب گردیده که روستاییان این سنگ‌ها را حفاری و محل مناسبی برای سکونت خود آماده نمایند (گرجی مهلبانی و سنائی ، ۱۳۸۸و ۴).

زمین‌شناسی روستای کندوان

روستا در دامنه‌های کوه سهند و در نزدیکی شهر اسکو قرار دارد. رسوبات آذرآواری سهند، طی هزاران سال به وجود آمده‌اند. ازنظر زمین‌شناسی منطقه کندوان به‌طورکلی بخشی از کوه‌های آتش‌فشان سهند محسوب می‌شود. روستای کندوان بهترین نمونه از این مورفولوژی است که در واحدهای ایگنمبریتی حفرشده است. چهار لنگ و همکاران (۱۳۹۴،۳۵) آتش‌فشان سهند را بر اساس ویژگی‌های صحرایی، پتروگرافی و ژئوشیمیایی به سه مرحله‌ی سهند قدیمی، سهند میانی و سهند جوان تقسیم نمودند (شکل‌های ۴ و ۵).

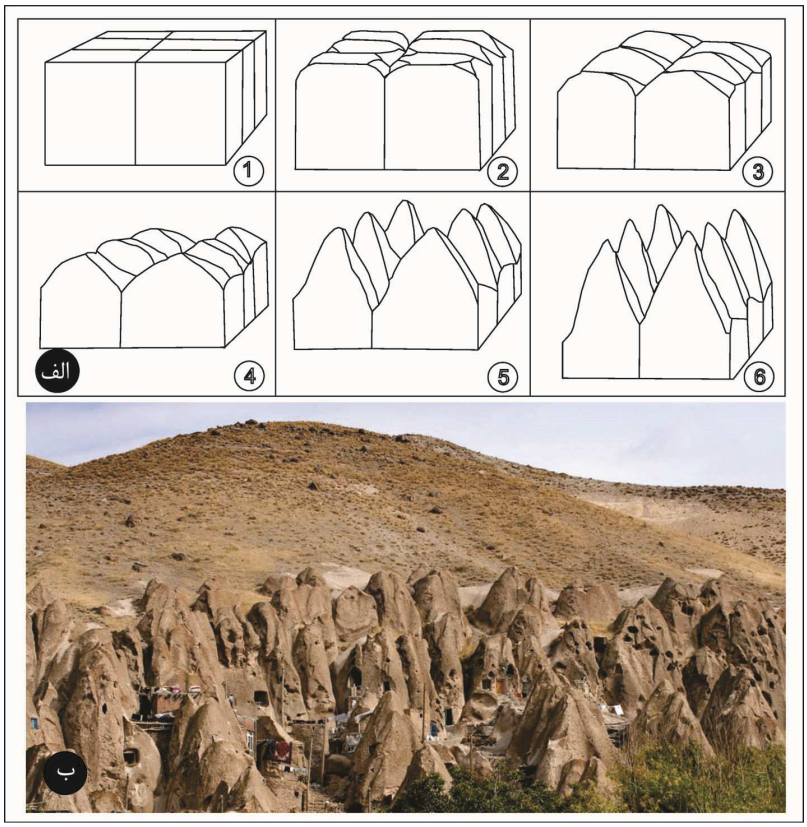


شکل ۴. نقشه زمین شنا سی محدوده شرق مراکز آتش‌فشانی سهند و رو ستای کندوان با اندکی تغییر (معین وزیری و امین سبحانی، ۱۳۵۶).



شکل ۵. برش سنگ‌شناسی در امتداد جنوب غربی- شمال شرقی در روستای کندوان (Moinvaziry, 2001,9). دره کندوان و توالی چینه‌شناسی آن با اندکی تغییر (معین وزیری و امین سبحانی، ۱۳۵۶).

به ترتیب در پایین دره کندوان، برش آتشفشانی، سپس روی آن ها افق های ایگنمبریتی و بر روی ایگنمبریت ها کنگلومرا و سپس گدازه ها قرار گرفته است. در انتهای جنوب شرقی دره کندوان دو روانه لاهار قابل مشاهده است. فرسایش در نهشته های ایگنمبریتی در طی زمان های طولانی باعث مورفولوژی های شگفت انگیز مخروطی شکل شده است. نهشته های مذکور در اثر نیروی مکانیکی آب های جاری است، منظره ناهموار و بریده بریده و گاهی به صورت مخروط های کنار هم چیده شده را به آنها داده است (مقیمی اسکویی، ۱۳۹۰). روستای کندوان بهترین نمونه از این مورفولوژی است (Yakar and Yilmaz، 2011,79 ، رازانی و همکاران، ۱۳۹۳، ۲۵۸) (شکل ۶).



شکل ۶. الف) طرح شماتیک از مراحل شکل گیری مخروط های سنگی در روستای کندوان، ب) نمایی از دامنه شمالی روستای کندوان با خانه های مخروطی شکل (Asghari Kaljahi and Amini Birami, 2015,967) .

سهند در مجموع یک استراتوولکان محسوب می‌شود که شامل پیروکلاستیک، ایگنمبریت و گدازه است که توسط دودکش‌های مختلف و پراکنده در سطحی وسیع، بیرون ریخته شده است. ایگنمبریت ها از نظر ترکیب شیمیایی در ردیف سنگ های حدواسط و اسیدی اند و جزو سری کالکوآلکالن یا الکالن هستند (معین وزیری، ۱۳۶۴، ۱۷۹). ترکیب سنگ‌های آتش‌فشانی سهند عمدتاً از آندزیت، آندزیت بازالتی، داسیت، داسیتوئید و لاتیت بوده که در بین آن‌ها، توف‌ها و ایگنمبریت ها از فراوانی قابل ملاحظه ای برخوردار است (معین وزیری،۱۲۱،۱۳۷۷–۱۲۰).

روش تحقیق

تحقیق حاضر بر مبنای مطالعات میدانی و آزمایشگاهی صورت گرفته است. در مطالعات میدانی از برش های مختلفی در دره اسکو و دره رودخانه کندوان اندازه گیری های متعددی به عمل آمد و سپس نمونه برداری به صورت سیستماتیک و با تغییر رخساره های سنگی صورت گرفت. به جهت بررسی دقیق تغییرات بافتی و کانی شناسی نمونه های سنگی از محل خانه های مخروطی (ایگنمبریت ها)، گدازه ای ولکانیکی و لاهار نمونه های متعددی تهیه گردید. سپس از نمونه های برداشت شده مقاطع نازک میکروسکوپی تهیه و در آزمایشگاه سنگ شناسی دانشگاه تهران با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان مدل Olimpus و تصویربرداری با میکروسکوپ های نور عبوری مورد مطالعه قرار گرفتند.

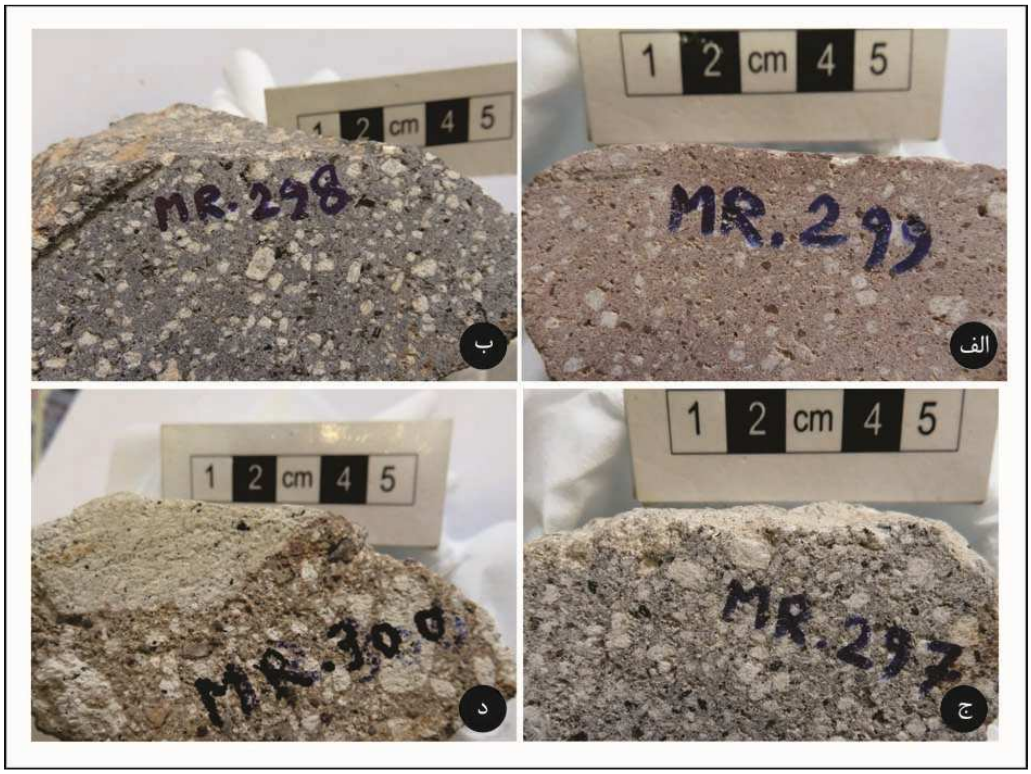
بحث و یافته‌ها

مطالعه نهشته های آذر آواری به ویژه حجم و ضخامت این رسوبات نشان دهنده آن است که فعالیت آتش فشانی سهند به صورت منقطع صورت گرفته و فاصله زمانی بین این فعالیت ها طولانی بوده و در فاصله دوره های آتش فشانی سهند، رسوبات سیلابی رودخانه ای و گاهی یخچالی پدید آمده که تا شعاع چندین کیلومتر در پیرامون مراکز آتش فشانی از جمله در دره کندوان دیده می شود. در (شکل ۷) تناوب دو واحد ایگنمبریتی و لاهار در دره کندوان نشان داده شده است. لایه‌های ایگنمبریتی دارای بافت یکنواخت‌تر و جور شدگی بهتری در مقایسه با لایه های تشکیل شده از لاهار می باشد. در واحد لاهار اندازه ذرات بسیار ناهمگن بوده و از حد رس تا تخته سنگ متغییر می باشد (شکل ۸).

شکل ۷. الف و ب تناوب دو واحد ایگنمبریتی در بالا و واحد لاهار در پایین. شمال غرب روستای کندوان را نشان می‌دهد.

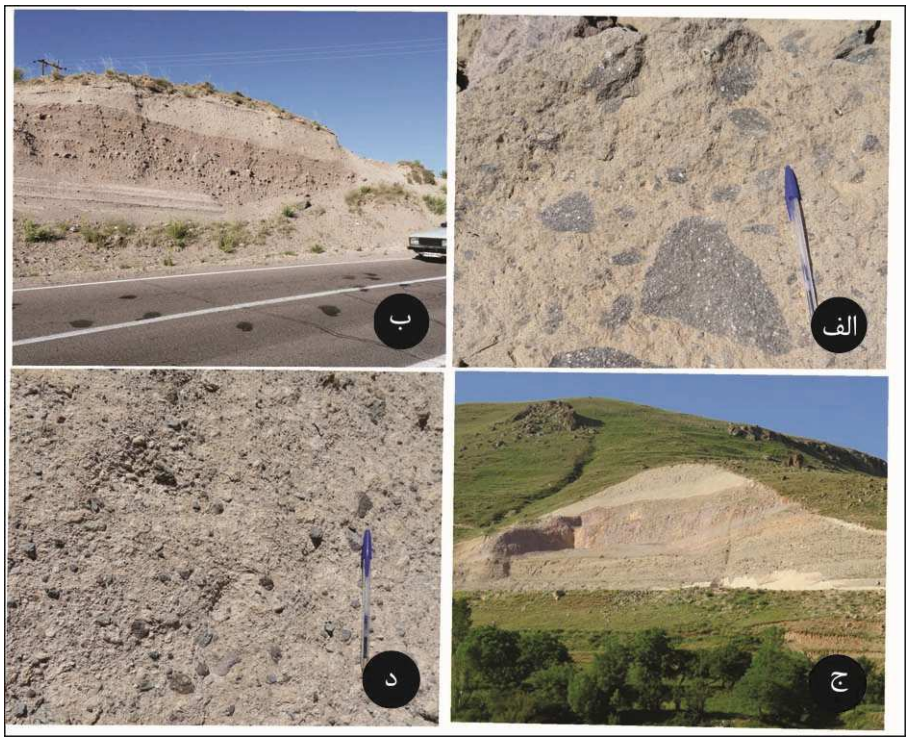
شکل.۸. الف) . نمایی نزدیک از سقف خانه های مخروطی با ترکیب سنگ شناسی ایگنمبریتی، ب) خانه حفر شده در لایه ایگنمبریتی، ج) تناوب واحدهای ایگنمبریتی در پایین سمت چپ شکل با لایه های رسوبی تشکیل شده از قطعات پومیس های گرد شده و د) تناوب واحدهای ایگنمبریتی در بالا و واحد لاهار در زیر.

تعدادی از نمونه‌های صحرایی که از سنگ های گدازه‌ای و ایگنمبریت ها جهت تهیه مقاطع میکروسکوپی برداشته شده در شکل ۹ نشان داده شده است. سنگهای آندزیتی در نمونه ی دستی، دارای طیف متنوعی از رنگ های خاکستری روشن، قهوه ای، سرخ و سبز تیره می باشند.



شکل ۹. نمونه‌های الف، ب، ج سنگ های گدازه ای با بافت پورفیری. قسمت های سفید رنگ فنوکریست های پلاژیوکلاز می باشد. د بافت ایگنمبریتی که از قطعات با شکل و اندازه های مختلف از پومیس تشکیل شده است را نشان می دهد.

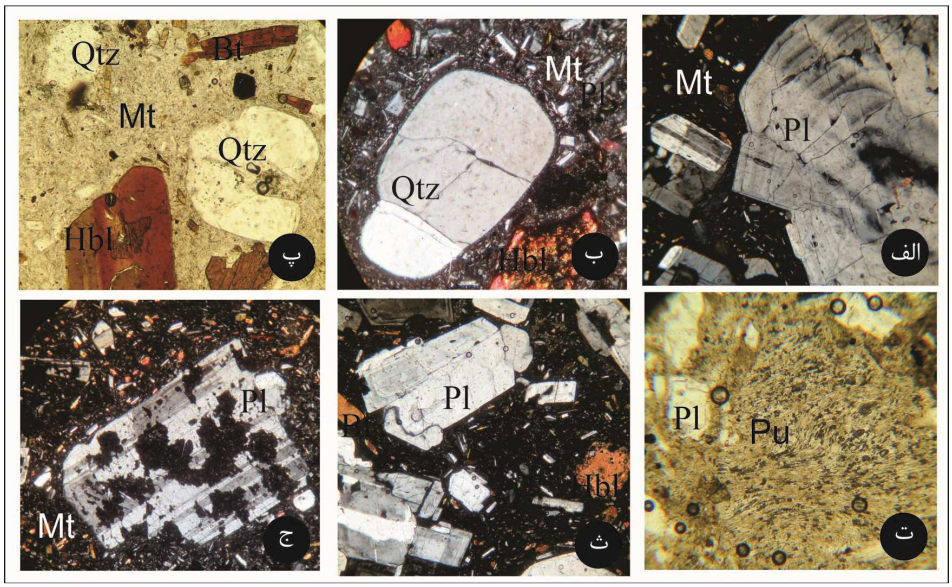
رخساره های سنگی موجود در منطقه کندوان شامل انواع سنگ های گدازه ای با بافت های ویتروکلاستیک و پورفیروکلاستیک، سنگ های پیروکلاستیکی (توف، برش ولکانیکی، ایگنمبریت) و انواع لاهار و نهشته های اپی کلاستیک است (شکل های ۱۰).



شکل۰۱۰ رخنمون سنگ های گدازه ای با بافت برشی در جنوب دره کندوان، ب)تناوب رسوبات لاهار و رسوبات رودخانه ای در غرب روستای کندوان، ج) نمای کلی از تناوب ایگنمبریت ها در جنوب دره کندوان (مقابل روستا) و د) نمای نزدیک از بافت ایگنمبریت ها.

سنگ‌های گدازه‌ای دارای بافتهای برشی و نیز پورفیری هستند که با خمیره شیشه‌ای و مقدار کمی میکرولیت دیده می‌شوند (شکل ۱۱). قرارگیری بلورها در این سنگ‌ها به نحوی است که جهت یافتگی را در آن ایجاد نموده است؛ این موضوع احتمالاً در ارتباط با جریان ماگما در هنگام بالا آمدن است. به طورکلی بلورها در اندازه‌های مختلف در سنگ نمایان هستند. خمیره در سنگ‌های گدازه ای مختلف حدود سی و پنج تا پنجاه درصد از سنگ را تشکیل داده است و شامل میکرولیت های پلاژیوکلاز و آمفیبول است. بلورهای درشت در خمیره گدازه‌ها بیشتر از پلاژیوکلاز، آمفیبول و بیوتیت تشکیل شده است. آمفیبولها به صورت بلورهایی لوزی شکل با حاشیه‌ی دارای خوردگی، اکسیدشدگی و اپاسیتی شده هستند. بر اساس ترکیب کانی‌شناسی سنگ‌های گدازه‌ای ترکیبی در حد آندزیت و تراکی آندزیت دارند. کانی‌های پلاژیوکلاز و آمفیبول بسیار مستعد هوازدگی شیمیایی هستند و در حضور آب و ترکیبات اسیدی به کانی‌های رسی تبدیل می‌شوند. با مطالعه مقاطع نازک مشاهده شد که تغییر قابل‌توجهی در ترکیب کانی‌شناسی سنگ به وجود نیامده و کانی‌های پلاژیوکلاز و آمفیبول سالم و شکل اولیه خود را حفظ نموده‌اند. سنگ های پیروکلاستیک که بیشتر ایگنمبریت ها را شامل می شود و کران ها در آنها حفر شده است ترکیب کلی آنها از ۲۰ درصد قطعات سنگی مختلف، ۳۰ درصد قطعات پومیس ۲۵ درصد تک کانی‌ها و ۱۵ درصد شیشه آتش‌فشانی تشکیل شده است که با سیمانی در از همین مواد به هم متصل شده است.

تک کانی های این گروه از سنگ‌ها شامل بلورهای درشت پلاژیوکلاز، آمفیبول و بیوتیت است. آمفیبول به‌صورت بلورهای لوزی شکل دیده می‌شود که دارای حاشیه اپاسیته هستند.



شکل ۱۱ .تصاویر میکروسکوپی از سنگ های گدازه ای و ایگنمبریتی در روستای کندوان .الف) فنو کریست های پلاژیوکلاز در نور پلاریزان (Plg) در سنگ آندزیت، ب) بلورهای کوارتز با گردشدگی در حین صعود به سطح زمین (Qz) و بلورهای هورنبلند با حاشیه اپاسیتی شده در سنگ داسیتی، پ) خرده های کانی های کوارتز، بیوتیت و هورنبلند در خمیره ولکانیک برش با ترکیب تراکی آندزیت تا داسیتی ، ت) قطعات پومیس با بافت جریانی و قطعات شکسته شده از کانی های پلاژیوکلاز در سنگ ایگنمبریت، ث) بلورهای پلاژیوکلاز با زونینگ نوسانی و حاشیه‌های خورده شده و سانیدین در خمیره با ترکیب داسیتی و ج) پلاژیوکلاز با بافت غربالی و هورنبلند با حاشیه اپاسیته در خمیره شیشه‌های گدازه با ترکیب تراکی آندزیت.

نتیجه‌گیری

روستای کندوان و مناطق مجاور آن حاصل فعالیت آتش‌فشانی سهند به‌صورت پرتاب خاکستر و جریان گدازه بوده، است. بررسی رخساره های ولکانوسدیمنتری، به ویژه انواع آذر آواری ها و ایگنمبریت ها ی مذکور پس از خروج از دهانه آتشفشان به صورت انفجاری در سطح زمین، دریاچه ها و دریاها نهشته می شده است. حجم و ضخامت این رسوبات در کندوان نشان می‌دهد که اولاً فعالیت‌های آتش‌فشانی سهند به‌صورت منقطع صورت گرفته، ثانیاً فاصله زمانی مابین این فعالیت‌ها طولانی بوده است.

در طول فعالیت، آتش‌فشانی سهند سه مرحله تشخیص داده می‌شود: مرحله اول خروج گدازه‌های آندزیتی مرحله دوم، انتشار متناوب ایگنمبریت (حاوی قطعات پومیسی و ...) با ترکیب داسیتی و مرحله سوم خروج گدازه‌های داسیتی. ایگنمبریت ها سنگ بنای اصلی روستای کندوان را تشکیل می‌دهند. فرسایش ایگنمبریت ها که بیشتر ناشی از نیروی مکانیکی آب‌های جاری است منظره‌ای ناهموار و بریده‌بریده و گاهی نیز به‌صورت مخروط‌هایی کنار هم به بیرون‌زدگی این سنگ‌ها داده است. روستای کندوان بهترین نمونه این مورفولوژی است زیرا تمام دهکده در مجموعه ایگنمبریتی کنده‌شده است. بیشترین حجم فرسایش سنگ به دامنه‌های شمالی روستای کندوان و کمترین ان به دامنه‌ی غربی تعلق دارد. به دلیل اینکه دامنه‌های شمالی انرژی کمتری دریافت می‌کند همین امر به انباشت برف و تراکم آن و فرسایش بیشتر آن منجر شده است. کران‌ها رو به جنوب و به سمت آفتاب که انرژی بیشتری دریافت می‌نمایند، استقرار پیداکرده‌اند. مطالعه دقیق ایگنمبریت ها در رخنمون‌های صحرایی و به‌ویژه مقاطع نازک حاکی از آن است که تغییر قابل‌توجهی در کانی‌شناسی سنگ صورت نگرفته و کانی‌های تشکیل‌دهنده آن (به‌ویژه پلاژیوکلاز ها و آمفیبول ها) که اصولاً مستعد هوازدگی شیمیایی هستند سالم بوده و شکل اولیه خود را حفظ کرده‌اند. از طرفی کوارتز به عنوان کانی مقاوم و تجزیه ناپذیر در نمونه های برداشت شده فراوان دیده می شود. پیروکسن و بیوتیت که بسیار تجزیه پذیر هستند در نمونه ها بسیار کم مشاهده گردید.

علت اصلی تخریب و فرسایش خانه های سنگی مخروطی شکل در کندوان به سبب ساختار ضعیف داخلی و عوامل جوی می باشد.

هوازدگی فیزیکی عمدتاً به واسطه عملکرد آب های حاصل از ریزش های جوی نقش موثری در تخریب و فرسایش کرانه ها داشته تا هوازدگی شیمیایی و این امر با توجه به تغییرات ناچیز در کانی ها و ایگنمبریت ها مشهود است. ایگنمبریت ها دارای بافتی یکنواخت و جور شدگی مناسب می‌باشند و اجزای سازنده ایگنمبریت ها با جوش خوردگی بالا در زمان سرد شدن در کنار یکدیگر قرارگرفته‌اند و براثر تحمل دیاژنز بالا کاملاً متراکم گشته‌اند؛ که این شرایط سبب گردیده روستاییان آن را حفاری و در این مکان‌ها سکونت یابند. بیشترین اجزای سازنده ایگنمبریت ها پومیس های با ترکیب ریولیتی و بافت جریانی کشیده می باشد و کمترین اجزای تشکیل‌دهنده آن ها شیشه‌های ولکانیکی تشکیل می‌باشد. مطالعه نهشته‌های لاهار حاکی از بافت بسیار سست و جور شدگی بسیار پایین آن‌ها داشته (ذرات در حد رس تا تخته‌سنگ) و همین ویژگی سبب گردیده که روستاییان آن‌ها را برای محل سکونت خود در نظر نگیرند، سنگ‌های ولکانیک و گدازه ای منطقه سختی و مقاومت بسیار داشته که این ویژگی سنگی مانع از سکونت روستاییان در این نواحی گردیده است.

سپاسگزاری

از دانشکده زمین‌شناسی پردیس علوم دانشگاه تهران به خاطر مساعدت در انجام این تحقیق قدردانی می‌شود.

منابع

- امینی بیرامی، فریده. ۱۳۹۲، بررسی عوامل زیست‌محیطی مخرب بر خانه‌های سنگی- مخروطی شکل روستای گردشگری کندوان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز.
- امینی بیرامی، فریده؛ اصغری کلجاهی، ابراهیم؛ حاجی علیلوی بناب، مسعود؛ ۱۳۹۴، ارزیابی هوازدگی و فرسایش سنگ های آذرآواری مخروطی شکل روستای کندوان، نشریه زمین شناسی مهندسی، جلد نهم شماره اول
- امینی بیرامی، فریده؛ اصغری کلجاهی، ابراهیم،۱۳۹۳، بررسی نقش گلسنگ ها در هوازدگی زیستی سنگ های مخروطی شکل روستای کندوان. پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، سال دوم، شماره ۴، صص ۱۱۷ -۱۲۹.
- امینی بیرامی، فریده؛ رازانی، مهدی؛ اصغری کلجاهی، ابراهیم؛ امامی، سید محمد امین؛ باغبانان، علی رضا، ۱۳۹۳، تحلیل ساختار شناسی سنگ های آذر آواری در معماری صخره کند روستای تاریخی کندوان. پژوهه باستان شناسی ، سال اول، بهار و تابستان ، صص ۱ -۱۶.
- آقا نباتی، سید علی،۱۳۸۳ زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی کشور، چاپ اول.
- پیرمحمدی، فرهـاد؛ ۱۳۹۰، پترولـوژی، ژئوشـیمی و پتروژنـز سنگهای آتشفشانی شرق و جنوب شرق آتشفشان سهند بـا نگرشی ویژه در سنگهای آذرآواری رساله دکتـری، گـروه زمین شناسی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز.
- پیرمحمدی، فرهاد؛عامری، علی؛جهانگیری، احمد؛مجتهدی، منصور؛هاوا چن، چانگ؛کسکین، محمت ، ۱۳۹۰، کانی شناسی، سنگ شناسی و سنگ زایی مجموعه ی آتشفشانی سهند، شمال غرب ایران.سال نوزدهم، شماره ی ۱، صص ۸۳ تا ۱۰۲.

- چهار لنگ، راضیه؛ قلمقاش، جلیل؛ امامی، محمد هاشم؛ عمرانی، جعفر، ۱۳۹۴، منشأ سنگ‌های آتش‌فشانی کندوان (شمال غرب ایران): با استفاده از اطلاعات جدید زمین‌شناسی، پتروگرافی و زمین‌شیمی، مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، شماره ۱۸، صص ۳۴-۴۳.
- خالقی اسفنجانی، محمدابراهیم،۱۳۹۰، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، محاسبه حجم فرسایش سنگ در مخروط آتش‌فشان سهند با استفاده از نرم‌افزارهای *GIS* به راهنمایی دکتر شهرام بهرامی، استاد مشاور: محمدعلی زنگنه اسدی دانشگاه تربیت‌معلم سبزوار.
- خدابنده، علی اکبر. امینی فضل، عباس،۱۳۷۴، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ اسکو، تهران سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- رازانی، مهدی امامی؛ امامی، سید محمدامین؛ باغبانان، علیرضا ، ۱۳۹۳، لزوم به‌کارگیری مطالعات مکانیسم تخریب در معماری صخره کند روستای کندوان برگزیده‌ی مقالات اولین و دومین همایش ملی کاربرد تحلیل‌های علمی در باستان‌سنجی و مرمت میراث فرهنگی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز.
- گرجی مهلبانی، یوسف؛ سنائی، المیرا ، معماری همساز با اقلیم روستای کندوان، فصلنامه مسکن و محیط روستا.
- معین وزیری، حسین، ۱۳۶۵، پترولوژی سنگ های آتش فشانی. چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی.
- معین وزیری، حسین؛ امین سبحانی، ابراهیم، ۱۳۵۶، سهند ازنظر ولکانولوژی و ولکانوسدیمانتولوژی، انتشارت دانشگاه تربیت‌معلم.
- مقیمی اسکویی، حمیدرضا، ۱۳۹۰، اسکو زیبای خفته در دامنه سهند تا ساحل دریاچه ارومیه با تأکید بر جاذبه‌های گردشگری کندوان، چاپ اول، انتشارات نشر هنر اول.
- *Asghari Kaljahi, E. Amini.Birami, F. 2014. Engineering geological properties of the pyroclastic coneshaped rocky houses of Kandovan, Iran.74: 959-969. Doi: 10.1007/s10064-014-0679-4.*
- *Chen, J. Blume, H. P. Beyer, L. 2000, Weathering of rocks induced by lichen colonization - a review. Catena, 39, PP. 121–146.*
- *Haji Rasouli, Aso. 2015. An Investigation of Influential Factors in the Long-Term Survival of Vernacular Architecture in the form of Cone-Shaped Dwelling: Case Studies of Kandovan and Goreme (Cappadocia) Journal of Engineering and Architecture, 3, 1, pp. 89-98. DOI: 10.15640/jea.v3n1a9.*
- *Ilgren, E.B. Kazemian, H., and Hoskins, J.A.2015. Kandovan the next 'Capadoccia'? A potential public health issue for erionite related mesothelioma risk. Epidemiology Biostatistics and Public Health. 12, 1.*
- *Jelena, S. k. Jonjaua, G. R. Agneš, L. U. Miroslava. M. R. Miloš, T. B, 2005, Evaluation of the effect of lichens on ceramic roofing tiles by SEM and Energy – Dispersive Spectroscopy Analyses. Scanning 27, PP. 113-119.*
- *Mehdipour Ghazi, J. Ólafsdóttir, R. Tongkul, F. and Mehdipour Ghazi, J. (2013) Geological Features for Geotourism in the Western Part of Sahand Volcano, NW Iran. DOI 10.1007/s12371-012-0071-3.*
- *Moinvazery H (2001) Magmatism of Iran. Tarbiate Moalem University Press, Tehran, Iran.*
- *Naci Sayin, M.2008. Fairy Chimney Development in Cappadocian Ignimbrites (Central Anatolia, Turkey).*

- *Özşen, H. Ali Bozdağ, A. and İsmail İnce, I 2017. Effect of salt crystallization on weathering of pyroclastic rocks from Cappadocia, Turkey, Arab J Geosci,DOI 10.1007/s12517-017-3027-8.*
- *Pirmohammadi, F. Ameri, A. Jahangiri, A. Chen, Ch. and Keskin, M. 2011 Source and Tectonic Setting East of Sahand (Southeast of Tabriz) Volcanic Rocks Using Geochemical Evidence. Geosciences. 21, 81, pp. 179-190.*
- *Topal, T. Doyuran, V. 1998.Analyses of deterioration of the Cappadocian tuff. Environmental Geology, 34,1.*
- *Türkmenoğlu, A., Göktürk, E. H., & Caner, E. N. 1991. The deterioration of tuffs from the Cappadocia region of Turkey. Archaeometry. 33, 2, pp. 231-238.*
- *Yakar, M. and Yilmaz, H.M. 2011. Determination of Erosion on a Small Fairy. Experimental Techniques. DOI: 10.1111/j.1747- 1567.2010.00661.x.*