پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دورهٔ ۴۹، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۶
ص.۶۹۸-۶۸۳

ویژگی‌های کانی‌شناسی، بافتی، و شیمیایی نهشته‌های آبرفتی و پادگانه‌های دیرینهٔ رودخانهٔ سقز

خه‌بات درفشی- دکتری ژئومورفولوژی، دانشکدهٔ علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی تهران
صارم امینی- کارشناس‌ارشد زمین‌شناسی، مهندسین مشاور زمین‌ریزکاوان
محمدمهدی حسین‌زاده*- دانشیار دانشکدهٔ علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی تهران
کاظم نصرتی- دانشیار دانشکدهٔ علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۷/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۳/۲۵

چکیده

نهشته‌های رودخانه‌ای آرشیوهای مهمی از تکامل و توالی‌های رسوبی کواترنری‌اند که واکنش شبکه‌های زهکشی را نسبت به تغییرات محیطی منعکس می‌کنند. در این پژوهش، رسوبات دیرینهٔ رودخانهٔ سقز در یک پروفیل با استفاده از آنالیزهای فیزیکی و شیمیایی بررسی شد. شناخت ویژگی‌های رسوب‌شناسی این پروفیل بر اساس جنس، رنگ، و موقعیت قرارگیری لایه‌ها امکان‌پذیر شد. از هر یک از نهشته‌های رسوبی پروفیل نمونه‌برداری شد. از بیست نمونهٔ برداشت‌شده مقاطع نازک تهیه شد و مطالعات کانی‌شناسی، دانه‌شماری، منشأیابی فیزیکی رسوبات، و تشخیص نوع سیمان کربناتی انجام گرفت. آنالیز ایزوتوپ اکسیژن هم در ده نمونه برای بررسی شرایط اقلیمی نهشته‌ها استفاده شد. بررسی‌های کانی‌شناسی در مورد سنگ منشأ رسوبات آواری نشان داد که ماهیت نهشته‌ها شامل نهشتهٔ آبرفتی متأثر از پدوژنیک، نهشتهٔ آبرفتی درشت‌دانه، و نهشتهٔ دشت سیلابی است. یافته‌های دانه‌شماری نشان داد که، به لحاظ خرده‌های آذرین، در نمونه‌ها دانه‌های ولکانیکی فراوانی بیشتری دارد. مقادیر $\delta^{18}O$ کربنات‌های سیمانی رسوبات کنگلومرایی از ۹/۳۴- تا ۸/۱۸- در هزار بر حسب pdb متغیر است. میانگین و انحراف‌معیار این مقادیر هم به‌ترتیب ۸/۸۱ و ۰/۴ به‌دست آمد. دمای هوا در هنگام تشکیل کربنات‌های سیمانی ۷/۹ درجهٔ سانتی‌گراد بود که حدود ۵/۵ درجه نسبت به زمان حاضر سردتر است.

کلیدواژه‌ها: دیرینهٔ محیط، رودخانهٔ سقز، کربنات پدوژنیک، نهشتهٔ دشت سیلابی.

مقدمه

اهمیت دورهٔ کواترنری در تفسیرهای مورفوکلیماتیک به‌دلیل تغییرات شدید و متوالی اقلیم و فرایندهای فرسایشی و پیامدهای زیست‌محیطی و اقتصادی- اجتماعی آن در این دوره است. در بررسی ماهیت و وضعیت دورهٔ کواترنری، گاه‌نگاری فرایندهای فرسایشی و رسوبات رودخانه‌ای چارچوب مناسبی برای تعیین تغییرات محیطی، تکتونیک، اقلیم، و انسان فراهم می‌آورد (گریگوری و همکاران، ۲۰۰۶: ۲۰۰). رودخانه‌ها، یکی از عناصر موجود، در همه جای چشم‌انداز قاره‌ای و حساس به تغییرات هستند که فرم خود را در طی زمان در برابر دامنهٔ وسیعی از نیروهای داخلی و خارجی تنظیم می‌کنند (شیوم، ۱۹۸۱: ۲۲؛ شیوم و وینکلی، ۱۹۹۴: ۱۸).

* نویسنده مسئول: ۰۹۱۱۱۹۳۷۳۲۰
E-mail: m_Hoseinzadeh@sbu.ac.ir

نهشته‌های رودخانه‌ای آرشیوهای مهم و طولانی، و البته ناپیوسته، از تکامل چشم‌انداز زمین و بسیاری از توالی‌های رسوبی کواترنری‌اند که واکنش شبکه‌های زهکشی را نسبت به تغییرات تراز آب دریا و محیط‌های گذشته منعکس می‌کنند (بلوم و تورنکویست، ۲۰۰۰: ۱۰؛ هوبن، ۲۰۰۳: ۲۱۳۵). این امر به وسیلهٔ تغییر از محیط‌های رودخانه‌ای با رسوب‌گذاری بالا در سیستم‌های رودخانه‌ای گیسویی تا الگوهای جریان پیچان‌رودی، غالباً فرسایشی، نشان داده می‌شود (کوک و همکاران، ۲۰۰۹: ۳۶۶). همچنین، در نواحی‌ای با بالاآمدگی محلی تا منطقه‌ای تفاوت عمودی (قائم) میان سطح امروزی رودخانه و پادگانه‌های رودخانه‌ای بالاآمده می‌تواند به منظور بازسازی میزان بالاآمدن ناحیه‌ای استفاده شود (بونت و همکاران، ۱۹۹۸: ۲۵۰؛ نیویر و مارکوس، ۲۰۰۰: ۵۹۰؛ هوتگست و همکاران، ۲۰۰۲: ۳۰۱).

در کنار نهشته‌های رودخانه‌ای متعلق به محیط دیرینه، شناخت فاکتورهایی که فرایند تشکیل خاک‌های قدیمی را در بین رسوبات نظم می‌دهند مورد مهمی برای بازسازی محیط‌های دیرینه، تکامل محیط‌های رودخانه‌ای طی دوره‌های زمانی طولانی در شرایط مختلف اقلیمی، و در نهایت سناریوهای مدیریتی است (دانیل و همکاران، ۲۰۱۵: ۳۵۱). بر این مورد مهم با انجام‌دادن هفده مشاهدهٔ ناحیه‌ای اخیر در جهان (بانوارت، ۲۰۱۱: ۱۵۱) و مطالعات فردی مرتبط با تشکیل و توسعهٔ خاک‌ها و رسوبات رودخانه‌ای (ایگر و همکاران، ۲۰۱۱: ۱۹۰؛ سولیرو- ریبولدو و همکاران، ۲۰۱۱: ۴۱؛ اسکارسیا و همکاران، ۲۰۱۱: ۴۳) تأکید شده است. این مطالعات شناخت ما را از فاکتورهای مؤثر بر پدوژنیک و رسوبات محیط‌های رودخانه‌ای، مجموعه‌های چشم‌اندازی، اقلیم، و فعالیت‌های انسانی در رژیم‌های رودخانه‌ای و زهکشی خاص بهبود می‌بخشند. بنابراین، واضح است که رویکرد علمی به توصیف محیط رودخانه‌ای بر اساس رسوبات دیرینه در چارچوب زمانی مشخص گامی مهم در جهت شناخت و بازسازی شرایط دیرینه و توسعه و تکامل سیستم‌های رودخانه‌ای است.

حوضهٔ آبخیز رودخانهٔ سقز- با مساحتی معادل ۸۳۵ کیلومتر مربع، شرایط آب و هوایی مرطوب در ماه‌های اسفند، بهمن، دی، و آذر و خشک در بقیهٔ ماه‌ها، و کاربری اراضی عمدتاً زراعی با زمین‌های مرتعی- منطقهٔ مورد مطالعه در این پژوهش است. در محیط رودخانه‌ای این حوضهٔ آبخیز، فرسایش رودخانه‌ای، فرایندهای خاک‌زایی، و پادگانه‌های رودخانه‌ای بارزترین مشخصه‌های ژئومورفولوژی آن هستند. هدف اصلی از این مطالعه بررسی ویژگی‌های رسوبات دیرینهٔ رودخانهٔ سقز با استفاده از آنالیزهای فیزیکی و شیمیایی است که مشخصه‌های کانی‌شناسی و فیزیکی به‌منظورِ شناخت رسوبات مختلف و منشأیابی فیزیکی آن‌ها و آنالیزهای شیمیایی به‌منظورِ تعیین شرایط محیطی تشکیل خواهد شد و تکامل این رسوبات انجام خواهد گرفت. برای دست‌یابی به هدف اصلی مطالعه، یک پروفیل مطالعاتی انتخاب شد و مشاهدات و مطالعات میدانی و آزمایشگاهی بر روی نمونه‌های برداشت‌شده از آن انجام شد.

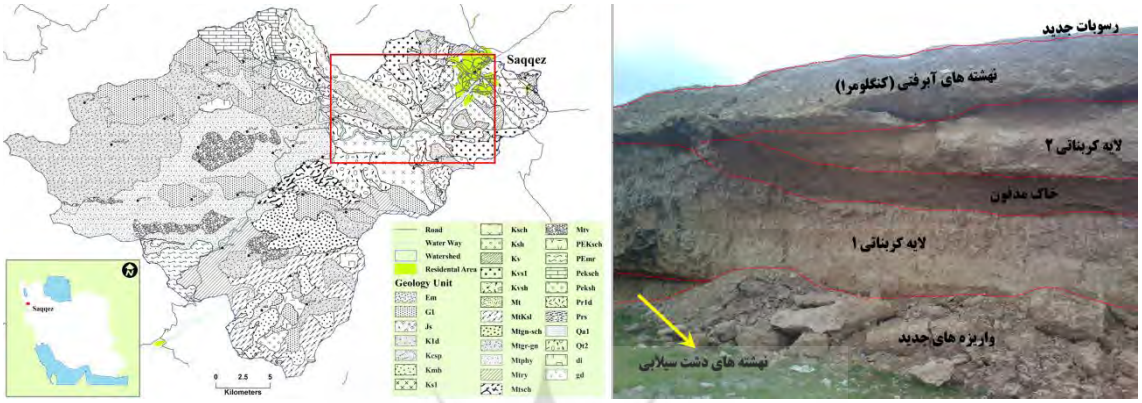
مواد و روش‌ها

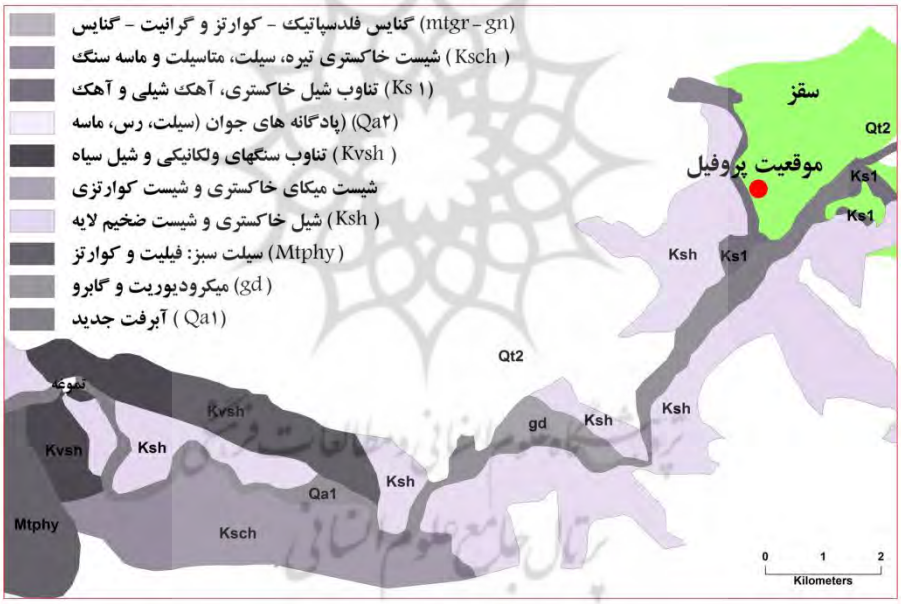
ویژگی‌های زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی منطقهٔ مورد مطالعه

حوضهٔ آبخیز رودخانهٔ سقز با مساحتی معادل ۸۳۵ کیلومتر مربع از ۳۶ درجه تا ۳۶ درجه و ۱۷ دقیقهٔ عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۴۶ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۱۹ دقیقهٔ طول شرقی گسترش یافته است (شکل ۱). از دیدگاه تقسیم‌بندی‌های زمین‌ساختی، در حاشیهٔ شمال غربی نوار دگرگونی سنندج- سیرجان و در حقیقت در محل تلاقی این زون با زون‌های ساختاری خوی- مهاباد و البرز- آذربایجان واقع شده است.

از دیدگاه مورفولوژی، مناطق میانی حوضهٔ مورد مطالعه، که به‌طور عمده از سنگ‌های آواری و آتش‌فشانی کرتاسه پدید آمده‌اند، دارای توپوگرافی ملایم‌اند و به‌صورت تپه‌های کم‌ارتفاع با سطوح فرسایش هموار. بخش‌های آهکی و دولومیتی کرتاسهٔ زیرین و الیگو- میوسن فرسایش خشن دارند و مناطق مرتفع را تشکیل می‌دهند. بخش‌هایی که سنگ‌های دگرگونی قدیمی گسترش دارند، بخش‌های شیستی توپوگرافی نسبتاً خشنی دارند؛ ولی نهشته‌های شیلی سازند کهر (کاهار) توپوگرافی ملایمی را به‌صورت تپه‌های کم‌ارتفاع نشان می‌دهند. در این منطقه، تودهٔ گرانیتی نیز

توپوگرافی خشن‌تری نسبت به سنگ‌های پیرامون نشان می‌دهد. درّه‌هایی که در نتیجهٔ حفر رودخانه‌ها پدید آمده‌اند، علاوه بر فرسایش ناشی از جریانات آب، تابع شرایط تکتونیکی و عملکرد گسل‌ها هستند؛ به‌طوری‌که حتی در مناطق یکنواخت از نظر لیتولوژی، همچون فیلیت‌های کرتاسه، که پهنهٔ گسترده‌ای را اشغال کرده‌اند و در مناطق پویای تکتونیکی، که گسل‌های خطی پُرشیب وجود دارد، درّه‌های ژرف و خطی با پیچ‌وخم‌هایی با طول موج کوتاه در مسیر رودها واقع شده‌اند.

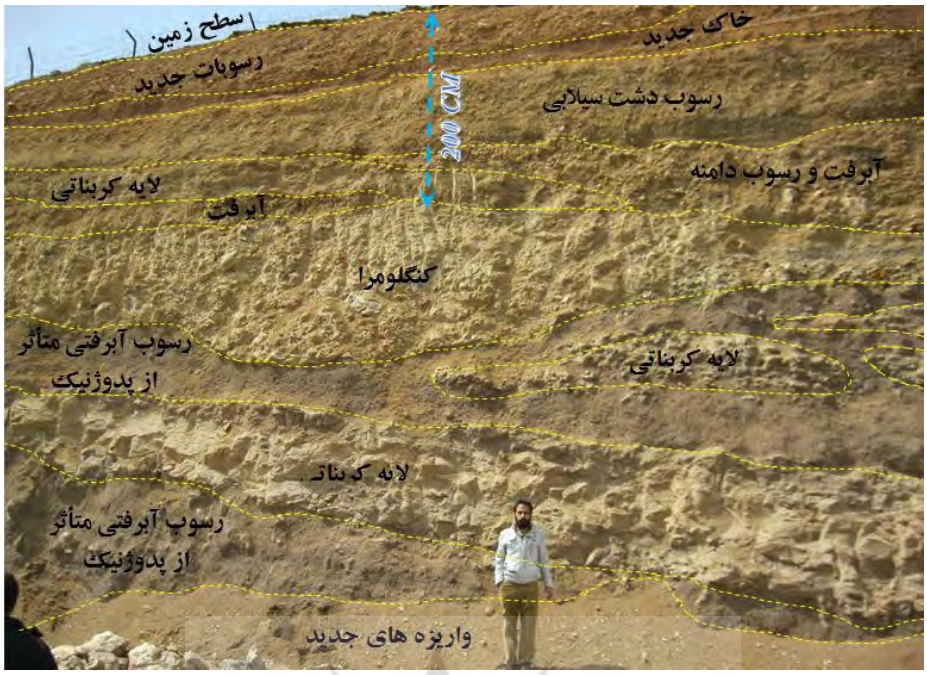




شکل ۱. موقعیت جغرافیایی و نقشهٔ زمین‌شناسی حوضهٔ آبخیز رودخانهٔ سقز، بازهٔ مورد بررسی، و پروفیل نمونه

روش پژوهش

در این مطالعه، به منظور بررسی ویژگی رسوبات دیرینهٔ محیط رودخانه‌ای حوضهٔ آبخیز سقز، از آنالیزهای فیزیکی و شیمیایی استفاده شد. ابتدا یک پروفیلِ مطالعاتی انتخاب شد؛ ویژگی لایه‌های مختلف آن در شکل ۲ درج شده است. ذکر این نکته ضروری است که پروفیل مورد بررسی در این پژوهش در کانالی از رودخانهٔ سقز واقع شده که در حال حاضر غیرفعال است و فعالیت رودخانه به مسیر اصلی آن محدود شده است.



شکل ۲. مشخصات لایه‌های رسوبی پروفیل مورد مطالعه در حوضهٔ آبخیز سقز

شناخت ویژگی‌های رسوب‌شناسی این پروفیل در مطالعات میدانی بر اساس جنس، رنگ، و موقعیت قرارگیری لایه‌ها امکان‌پذیر شد. خاک قدیمی مدفون‌شده[1]، لایهٔ کربناتی، نهشتهٔ آبرفتی (کنگلومرا)، نهشتهٔ رسوبی منفصل، نهشتهٔ دشت سیلابی، خاک قدیمی ظاهرشده[2]، و نهشته‌های رسوبی عهد حاضر مهم‌ترین لایه‌های رسوبی در این پروفیل‌اند. از هر یک از نهشته‌های رسوبی نمونه‌برداری و در نهایت بیست نمونه جمع‌آوری شد؛ این نمونه‌ها به آزمایشگاه زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی شرکت زمین‌ریزکاوان منتقل شد. سپس، از نمونه‌های برداشت‌شده مقاطع نازک تهیه شد تا مطالعات کانی‌شناسی، دانه‌شماری، منشأیابی فیزیکی رسوبات، و تشخیص نوع سیمان کربناتی انجام گیرد.

در آزمایشگاه، با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان، در دو حالت نور پلاریزهٔ صفحه‌ای (PPL) و متقاطع (XPL) مطالعهٔ مقاطع نازک برای تشخیص شکل و نوع رسوبات نمونه‌ها انجام شد. نمونه‌ها هم به روش چشمی و تفسیر میکروسکوپی دانه‌شماری شد. نمونه‌های کربناته برای تفکیک نوع کربنات با محلول آلیزارین- رد- اس[3] رنگ‌آمیزی شیمیایی[4] شد. ترکیبات ایزوتوپی اکسیژن در آزمایشگاه ایزوتوپی دانشکدهٔ علوم زمین دانشگاه اناوا (کانادا) اندازه‌گیری شد. در مجموع، بر روی دَه نمونه آنالیز ایزوتوپ اکسیژن به انجام رسید (برای بررسی دقت کار از هر پنج نمونه یک نمونه دو بار آنالیز شد). ترکیبات ایزوتوپی نمونه‌ها بر اساس مقیاس مرسوم به صورت بخش در هزار تعریف شد و دقت آنالیزهای اندازه‌گیری‌ها ۰٫۱± در هزار بر حسب استاندارد vpdb[5] گزارش شد.

یافته‌های پژوهش

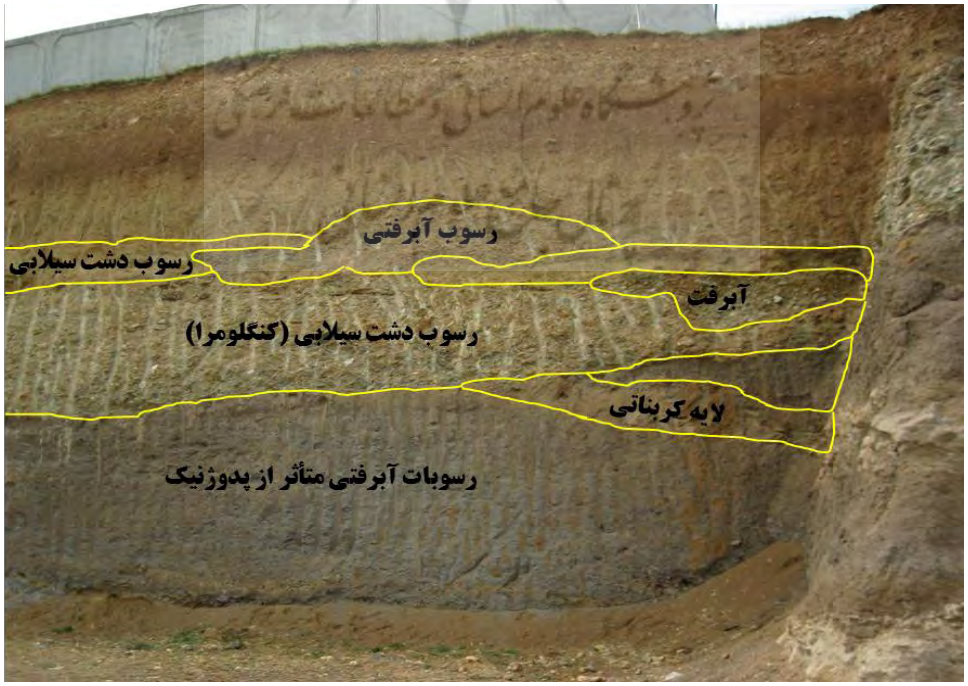
در مشاهدات میدانی از پروفیل مورد مطالعه، در بازه‌ای از رودخانهٔ سقز مشخص شد که این پروفیل دارای لایه‌های مختلفی است که هر یک از آن‌ها در شرایط آب‌وهوایی، زهکشی، و توپوگرافی خاص و متفاوتی به‌وجود آمده‌اند. پایین‌ترین لایهٔ این نیمرخ را خاک قدیمی تشکیل داده که بر اساس طبقه‌بندی روحی (۱۹۶۵) خاک قدیمی مدفون‌شده

1. Buried Paleosol
2. Exhumed Paleosol
3. Alizarin Red S
4. Chemical Staining
5. Pee Dee Belemnite

است. خاک‌های قدیمی مدفون‌شده بیانگر خاک‌هایی هستند که بعد از تشکیل و تکامل توسط رسوبات جوان دفن شده‌اند. این خاک‌ها نشان از یک دورهٔ پایدار محیطی (بیوستازی) برای شکل‌گیری دارند و مدفون‌شدن آن زیر رسوبات آبرفتی عاملی برای حفظ بوده است. البته، لایهٔ خاک قدیمی مدفون‌شده در بخش دیگری از پروفیل و بالای لایهٔ کربنات پدوژنیک وجود دارد که تناوب دوره‌های پایدار و ناپایدار محیطی را در تشکیل لایه‌های مختلف پروفیل نشان می‌دهد.

نهشته‌های دشت سیلابی یکی دیگر از افق‌های مشاهده‌شده در پروفیل مورد بررسی است. این نهشته‌ها شامل نهشته‌های ماسه‌ای- سیلتی و ماسه‌های گلی گراول‌دار است. بلورهای کوارتز در انواع پلی‌کریستالین و منوکریستالین با خاموشی موجی مشاهده می‌شوند که بیانگرِ خاستگاه دگرگونیِ آن‌هاست. رسوب‌گذاری این نهشته‌ها به شکلی است که در بخشی از پروفیل می‌توان ساختار بندانگشتی را هم مشاهده کرد که جابه‌جایی کانال رودخانه را در مقاطع مختلف زمانی نشان می‌دهد (شکل ۳).

کنگلومراهای سخت‌شده از دیگر فرم‌های شناسایی‌شده در پروفیل مطالعاتی است. این دسته از نهشته‌ها بیانگر سنگ رسوبی آواری متعلق به گروه کنگلومرا می‌باشند که در نتیجهٔ تأثیر فرایندهای خاک‌زایی روی نهشته‌های آبرفتی اولیه تشکیل شده است. دانه‌های آواری آتش‌فشانی در یک زمینهٔ ریزدانه عمدتاً از کربنات‌های ریزبلور (گل کربناتی) و با فراوانی کمتر کانی‌های رسی قرار گرفته‌اند (شکل ۴). دانه‌های آتش‌فشانی و دانه‌های کوارتز و فلدسپار در اندازهٔ ماسه تا سیلت هستند. رنگ قرمز در بخش رنگ‌آمیزی‌شده با محلول آلیزارین- رد- اس بیانگرِ ترکیبِ کلسیتیِ زمینهٔ این نهشته است. خرده‌های سنگی کنگلومراها شاملِ قطعات شیستی، ولکانیکی، پلوتونیکی (گرانیت)، و اسلیتی است که در سطح حوضهٔ آبخیز رودخانهٔ سقز پراکنش و گستردگی زیادی دارند. خاک قدیمی ظاهرشده و نهشته‌های رسوبی عهد حاضر دیگر افق‌های پروفیل را در قسمت‌های بالایی آن تشکیل می‌دهند. خاک‌های قدیمی ظاهرشده بیانگر خاک‌هایی هستند که، پس از تشکیل و تکامل، ابتدا در زیر لایه‌ای از رسوبات جوان دفن و سپس در اثر فرسایش در سطح زمین ظاهر شده‌اند (نیتلتون و همکاران، ۱۹۹۸: ۱۷۵).



شکل ۳. جابه‌جایی کانال رودخانه در دوره‌های زمانی مختلف و شکل‌گیری ساختار بندانگشتی رسوبات رودخانه‌ای

شکل ۴. رسوبات آبرفتی سخت‌شده بیانگر سنگ رسوبی آواری متعلق به گروه کنگلومرا؛ دانه‌های آواری آتش‌فشانی در یک زمینهٔ ریزدانه عمدتاً از کربنات‌های ریزبلور (گل کربناتی) و با فراوانی کمتر کانی‌های رسی قرار گرفته‌اند

مطالعات کانی‌شناسی و ماهیت نهشته‌ها

بر اساس نمونه‌های جمع‌آوری‌شده از پروفیل مطالعاتی و تفسیرهای کانی‌شناسی، رسوبات دیرینهٔ این پروفیل شامل خاک قدیمی مدفون‌شده، لایه‌های کربناتی متأثر از فرایندهای خاک‌زایی، نهشته‌های آبرفتی سخت‌شده (کنگلومرای سیمانی‌شده)، نهشته‌های آبرفتی منفصل و سیمانی‌نشده، و خاک قدیمی ظاهرشده هستند که در ادامه به شرح مختصری از ماهیت و کانی‌شناسی هر یک از این نهشته‌ها پرداخته می‌شود.

نهشته‌های آبرفتی متأثر از خاک‌زایی

الف) گل‌سنگ کربناتی[1] ماسه‌ای

این نهشته‌ها بیانگر سنگ رسوبی کربناتی متعلق به گروه گل‌سنگ کربناتی یا گل‌سنگ‌های ماسه‌ای[2] است. بخش عمدهٔ آن‌ها را زمینهٔ گلی کربناتی تشکیل می‌دهد که دانه‌های آواری- شامل خرده‌های سنگی آتش‌فشانی، دگرگونی (شیست)، و رسوبی (شیل)- در زمینهٔ آن‌ها پراکنده است. در حاشیهٔ تعدادی از مقاطع نمونه‌ها، خرده‌های سنگی و ذرات آواری سیمان کربناتی تشکیل و جانشین زمینهٔ ریزدانه شده است. همچنین، سیمان کربناتی میکرواسپارایتی تا اسپارایتی درونِ سطوح شکستگی و فضاهای خالی جانشین شده است (شکل ۵). کانی‌های کوارتز و فلدسپار به‌صورت دانه‌های شکستهٔ آزاد در اندازهٔ ماسه تا سیلت حضور دارند؛ دانه‌های کوارتز بعضاً به‌صورت پلی‌کریستالین و منوکریستالین با خاموشی موجی[3] دیده می‌شوند. رنگ‌آمیزی شیمیایی مقطع با محلول آلیزارین- رد- اس بیانگر ترکیب کلسیتی برای سیمان‌های کربناتی است (شکل ۶).

ب)گل‌سنگ ماسه‌ای

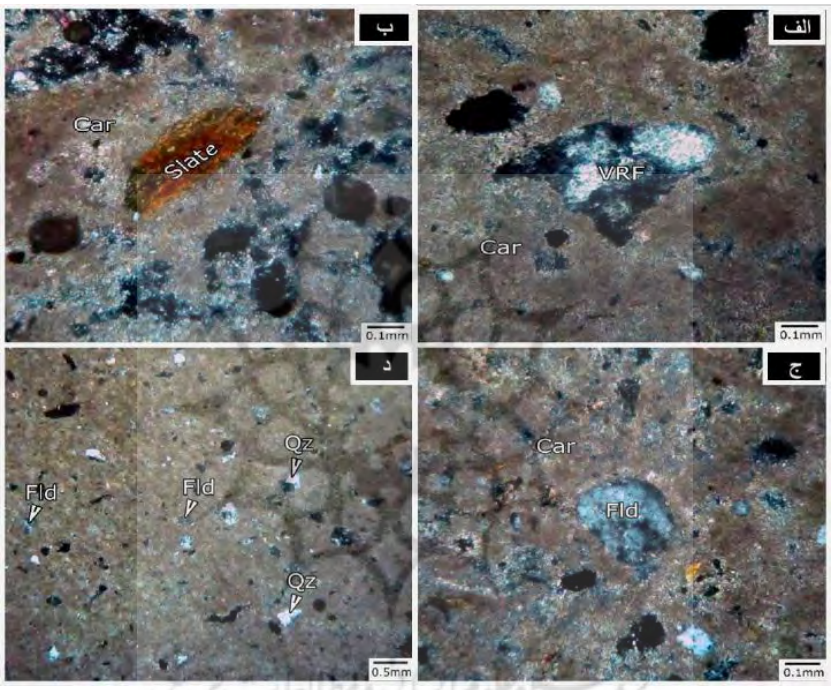
این گروه از نهشته‌های مطالعه‌شده بیانگر یک سنگ رسوبی کربناتی متعلق به گروه گل‌سنگ‌های ماسه‌ای است که حاصل فرایندهای خاک‌زایی در یک نهشتهٔ آبرفتی اولیه است. اجزای آواری سازندهٔ نمونه را ذرات در اندازهٔ ماسه در زمینهٔ کربناتی ریزدانه و زمینهٔ گلی (متشکل از کانی‌های رسی و سیلت) به‌صورت توده‌ای تا پراکنده در زمینه تشکیل می‌دهد. دانه‌های آواری از خرده‌های سنگی آتش‌فشانی و خرده‌های سنگی دگرگونی مانند اسلیت تشکیل شده است. سیمان میکرواسپارایتی به‌صورت بخشی و محلی در زمینهٔ ریزدانه جانشین شده است. دانه‌های کوارتز و فلدسپار به‌صورت آزاد در زمینه پراکنده‌اند. اجزای آواری سازندهٔ سنگ را دانه‌های ماسه‌ای تشکیل می‌دهند. همچنین، اکسیدهای آهن و منگنز

1. Calcareous Mudstone
2. Sandy Mudstone
3. Undulose Extinction

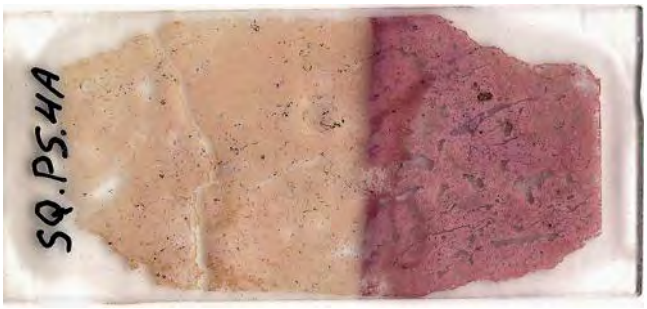
به‌صورت دندریتی و پُرکنندهٔ شکستگی‌ها مشاهده‌شدنی است. رنگ‌آمیزی شیمیایی مقطع با محلول آلیزارین- رد- اس بیانگر ترکیب کلسیتی برای زمینهٔ کربناتی است.

ج) رسوب گراولی ماسه‌ای

مقطع مورد مطالعه بیانگر رسوبات منفصل با سیمان‌شدگی ناقص متعلق به گروه گراول ماسه‌ای با ماتریکس گلی است که متأثر از رخدادهای خاک‌زایی بعدی و سیمان‌شدگی ضعیف بوده است. اجزای اصلی سازندهٔ سنگ را خرده‌های سنگی درشت شامل انواع خرده‌های سنگی آتش‌فشانی و دگرگونی (شامل انواع شیست و اسلیت) در زمینه‌ای از کانی‌های رسی و اجزای ماسه‌ای از جنس کوارتز و فلدسپار تشکیل می‌دهند؛ نمونه از جورشدگی و گردشدگی ضعیف برخوردار است.



شکل ۵. الف) خرده‌سنگ آتش‌فشانی در زمینهٔ ریزدانه حاوی حفره‌های تخلخل با سیمان میکرواسپارایتی در حاشیهٔ آن‌ها؛ ب) نمایی از یک خرده‌سنگ دگرگونی (اسلیت) در زمینهٔ ریزدانه با جانشینی بخشی توسط میکرواسپارایت؛ ج) خرده بلوری فلدسپار در زمینهٔ کربناتی ریزدانه؛ د) دانه‌های ماسه‌ای (کوارتز، فلدسپار) در زمینهٔ گل کربناتی



شکل ۶. نمای کلی از مقطع نازک بیانگر یک سنگ رسوبی ریزدانه حاوی خرده‌سنگ‌های ریز پراکنده در اندازهٔ ماسه. رنگ قرمز در بخش رنگ‌آمیزی‌شده با محلول آلیزارین- رد- اس بیانگر ترکیب کلسیتی برای زمینهٔ کربناتی است

د) کنگلومرا

این دسته از نهشته‌های مورد مطالعه بیانگر سنگ رسوبی آواری متعلق به گروه کنگلومرا است. اجزای اصلی سازندهٔ سنگ را قطعات سنگی و کوارتزهای منوکریستالین تشکیل می‌دهند. دانه‌های آواری آتش‌فشانی در یک زمینهٔ ریزدانه عمدتاً از کربنات‌های ریزبلور (گل کربناتی) و با فراوانی کمتر کانی‌های رسی قرار گرفته‌اند. دانه‌های آتش‌فشانی و دانه‌های کوارتز و فلدسپار در اندازهٔ ماسه تا سیلت هستند. خرده‌های سنگی آتش‌فشانی در اندازه‌های ماسهٔ ریز تا بزرگ‌تر از ماسه قابل شناسایی‌اند. سیمان کربناتی میکرواسپارایتی در حاشیهٔ خرده‌های سنگی و نیز درون حفره‌ها و فضاهای خالی سنگ مشاهده‌شدنی است. رنگ قرمز در بخش رنگ‌آمیزی‌شده با محلول آلیزارین- رد- اس بیانگر ترکیب کلسیتی برای زمینهٔ این نهشته است. در مواردی، دانه‌های آواری در زمینه‌ای از گل کربناتی قرار دارند و برخی از آن‌ها در حال جانشینی توسط سیمان کربناتی هستند. سیمان کربناتی اسپارایتی درون فضاهای خالی و حفره‌های تخلخل هم جانشین شده است.

ه) میکروکنگلومرا

بیانگر یک سنگ رسوبی متعلق به گروه میکروکنگلومرا[1] است که حاصل تأثیر فرایندهای خاک‌زایی روی یک نهشتهٔ آبرفتی اولیه از خرده‌های آواری درشت‌دانه در حد گراول است. نمونه از خرده‌های سنگی و بلوری گردشده تا نیمهٔ گردشده در زمینهٔ گل کربناتی تشکیل شده است. اجزای آواری سازندهٔ سنگ را خرده‌های سنگی آتش‌فشانی، فلدسپار، و کوارتز تشکیل می‌دهند. خرده‌های سنگی آتش‌فشانی در اندازه‌های متغیر از ماسه تا گراول در مقطع نمونه دیده می‌شود و فضاهای بین دانه‌های یادشده را کربنات ریزدانه پُر کرده است. خرده‌های سنگی آتش‌فشانی به‌صورت محلی به‌شدت توسط سیمان کربنات اسپارایتی جانشین شده‌اند. رنگ‌آمیزی شیمیایی مقطع با محلول آلیزارین- رد- اس بیانگر ترکیبی کلسیتی برای بخش‌های سیمان کربناتی است.

رسوب منفصل[2]، نهشتهٔ آبرفتی درشت‌دانه

رسوب منفصل متشکل از ذرات آواری در حد ماسهٔ درشت تا گراول است که به لحاظ ترکیبی به‌طور عمده از خرده‌های سنگی آتش‌فشانی و با فراوانی کمتر خرده‌های فلدسپار و کربنات اسپارایتی به فرم آزاد تشکیل شده است. بلورهای فلدسپار درون خرده‌های کربنات اسپارایتی به‌طور پراکنده حضور دارند. دانه‌های آواری از جورشدگی ضعیف و گردشدگی متوسط تا خوب برخوردارند. دانه‌های آواری اغلب دارای پوشش ریزدانهٔ رسی- سیلتی هستند که به‌نظر می‌رسد درنتیجهٔ حمل اجزای آواری در حاشیهٔ آن‌ها توسعه یافته است.

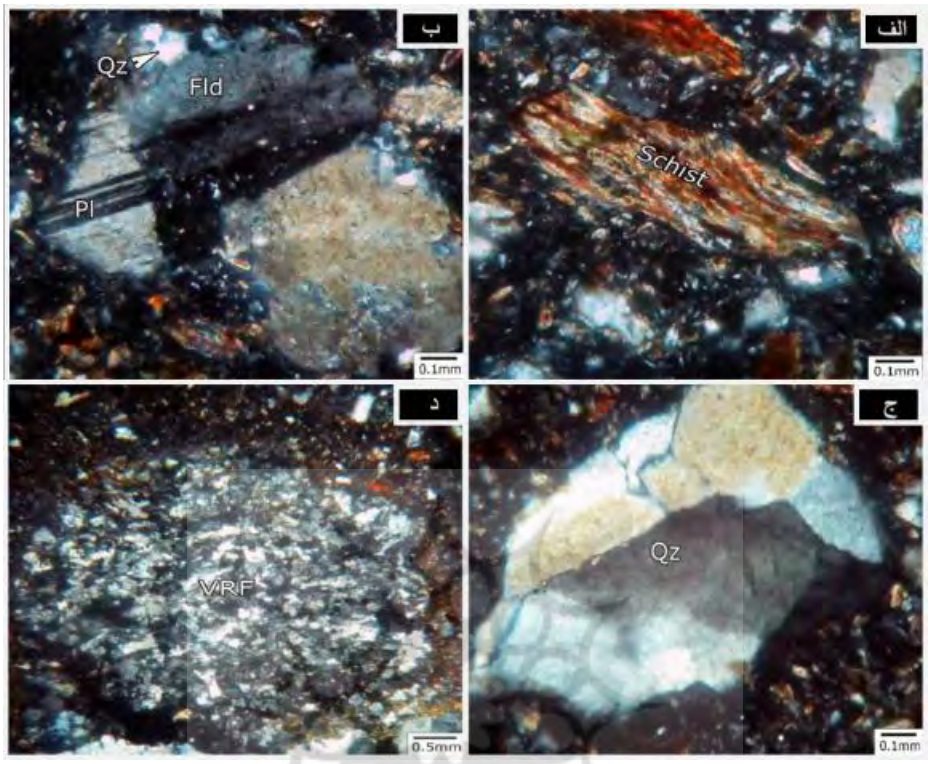
نهشتهٔ دشت سیلابی

الف) نهشتهٔ ماسه‌ای- سیلتی

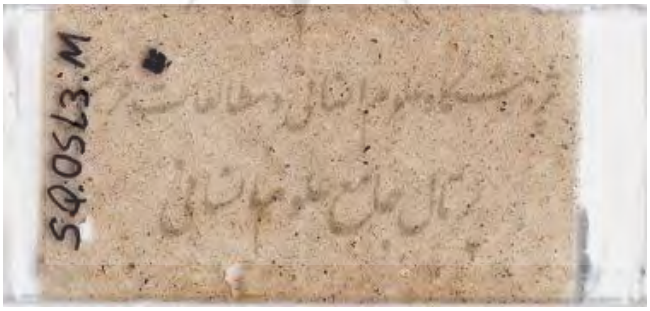
مقطع مورد مطالعه از این نهشته‌ها، بیانگر یک رسوب منفصل متعلق به گروه ماسه‌های سیلتی است. اجزای اصلی سازندهٔ سنگ را دانه‌های کوارتز و فلدسپار تشکیل می‌دهند. دانه‌های کوارتز از انواع منوکریستالین و پلی‌کریستالین با خاموشی موجی‌اند. انواع خرده‌های سنگی عبارت است از: خرده‌های سنگی آتش‌فشانی، دگرگونی از گروه شیست و اسلیت و پلوتونیک از گروه گرانیت (کوارتز- فلدسپاری). فضای بین دانه‌های ماسه‌ای درشت‌تر را دانه‌های آواری ریزدانه در اندازهٔ ماسهٔ ریزدانه تا سیلت و رس پُر کرده است (شکل ۷). ذرات آواری در محدودهٔ گل تا ماسه بسیار درشت قرار می‌گیرد؛

1. Micro-conglomerate
2. Unconsolidated Sediment

ولی به‌طور میانگین، در محدودهٔ سیلت، ماسهٔ ریز تا متوسط است (شکل ۸). نمونه از جورشدگی ضعیف و گردشدگی متوسط برخوردار است.



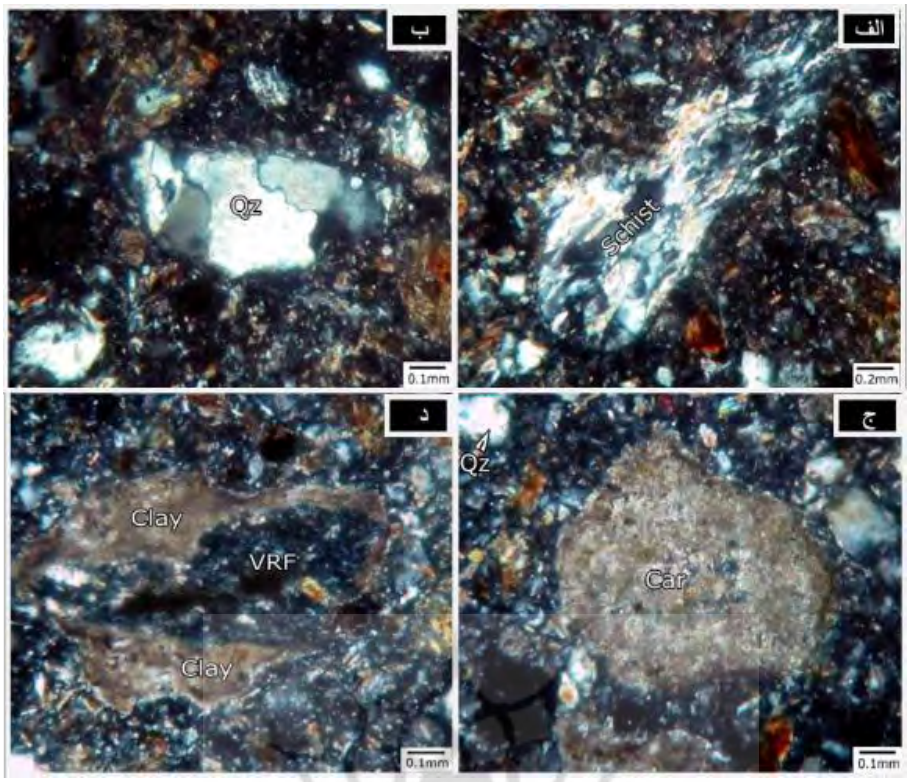
شکل ۷. الف) نمایی از یک خرده‌سنگ شیستی و خرده‌های بلوری ریز در اطراف آن در زمینه؛ ب) خرده‌سنگ پلوتونیک متشکل از بلورهای کوارتز و فلدسپار؛ ج) خرده بلوری کوارتز پلی‌کریستالین؛ د) نمایی از خرده‌سنگ آتش‌فشانی



شکل ۸. نمای کلی از مقطع نازک بیانگر یک رسوب منفصل که از دانه‌های آواری بسیار ریز در حد سیلت تا ماسه تشکیل شده است. دانه‌های آواری نسبتاً درشت به‌صورت پراکنده دیده می‌شود

ب) ماسهٔ گلی گراول‌دار

بیانگر رسوب متصل متعلق به گروه ماسه‌های گلی گراولی است. ذرات متوسط آواری در محدودهٔ ماسهٔ متوسط تا ریز قرار گرفته‌اند که مقداری گل و خرده‌های درشت گراول همراه آن‌ها دیده می‌شود. اجزای اصلی سازندهٔ سنگ را دانه‌های کوارتز، فلدسپار، خرده‌های سنگی آتش‌فشانی، دگرگونی (شیست)، و پلوتونیک تشکیل می‌دهند. بلورهای کوارتز در انواع پلی‌کریستالین و منوکریستالین با خاموشی موجی مشاهده می‌شوند که بیانگر خاستگاه دگرگونی برای آن‌هاست (شکل ۹). نمونه‌ها از جورشدگی ضعیف و گردشدگی ضعیف تا متوسط برخوردارند.



شکل ۹. الف) نمایی از یک خرده‌سنگ شیستی در زمینهٔ ریزدانهٔ سیلتی- رسی؛ ب) نمایی از کوارتز پلی‌کریستالین با خاستگاه دگرگونی؛ ج) خرده‌سنگ کربناتی؛ د) خرده‌سنگ آتش‌فشانی که از حاشیه به‌طور بخشی با کانی‌های رسی جانشین شده است

دانه‌شماری و منشأیابی فیزیکی رسوبات کنگلومرایی

در این بخش از مطالعه، نمونه‌های سنگ رسوبی آواری متعلق به گروه کنگلومرا، ماسه‌سنگ‌هایی با سیمان کربناتی، و گراول‌های ماسه‌ای بررسی شد. اجزای تشکیل‌دهندهٔ نمونه‌ها عبارت است از: کوارتز (منوکریستالین و پلی‌کریستالین)، فلدسپار (فلدسپار آلکالن و پلاژیوکلاز)، خرده‌های آذرین (ولکانیک و پلوتونیک)، خرده‌های دگرگونی (متاولکانیک، متاپلوتونیک، اسلیت، و شیست)، و خرده‌های رسوبی (شیل، ماسه‌سنگ، و گل‌سنگ). یافته‌های دانه‌شماری نشان داد که، به لحاظ خرده‌های آذرین در نمونه‌ها، تعداد دانه‌های ولکانیکی فراوانی بیشتری دارد؛ در خرده‌های دگرگونی هم فراوانی شیست بیشتر از سایر خرده‌های دگرگونی است (جدول ۱).

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با استفاده از روش استقرایی، یعنی رسیدن از مطالعات جزئی و آنالیزهای میدانی و آزمایشگاهی به سوی نتیجه‌گیری و قوانین کلی، به دنبال بررسی ویژگی رسوبات دیرینهٔ محیط رودخانه‌ای سقز است. طی مطالعات میدانی، رسوبات قدیمی رودخانه در بازه‌های مختلف مشاهده و بررسی و یک پروفیل به عنوان پروفیل مطالعاتی انتخاب و جزئیات لایه‌های مختلف آن شناسایی شد. رسوبات دیرینهٔ این پروفیل شامل خاک قدیمی مدفون‌شده، لایه‌های کربناتی متأثر از فرایندهای خاک‌زایی، نهشته‌های آبرفتی سخت‌شده (کنگلومرای سیمانی‌شده)، نهشته‌های آبرفتی منفصل و سیمانی‌نشده، و خاک قدیمی ظاهرشده بود (شکل ۱۰). بیست نمونه جمع‌آوری و در آزمایشگاه زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی شرکت زمین‌ریزکاوان از نظر فیزیکی و شیمیایی آنالیز شد.

بررسی‌های کانی‌شناسی در مورد اجزای تشکیل‌دهندهٔ رسوبات و شناسایی سنگ منشأ رسوبات آواری نشان داد که ماهیت نهشته‌ها شامل نهشته‌های آبرفتی متأثر است از خاک‌زایی (گل‌سنگ کربناتی ماسه‌ای، گل‌سنگ ماسه‌ای، رسوب گراولی ماسه‌ای، کنگلومرا، و میکروکنگلومرا)، نهشتهٔ آبرفتی درشت‌دانه (رسوب منفصل)، نهشتهٔ دشت سیلابی (ماسه‌ای سیلتی و ماسه‌گلی گراول‌دار). اجزای اصلی گل‌سنگ کربناتی ماسه‌ای عبارت است از: خرده‌های سنگی آتش‌فشانی، دگرگونی (شیست)، و رسوبی (شیل). دانه‌های آواری از خرده‌های سنگی آتش‌فشانی و خرده‌های سنگی دگرگونی مانند اسلیت اجزای اصلی گل‌سنگ ماسه‌ای‌اند. در مورد رسوبات گراولی ماسه‌ای، اجزای اصلی سازنده خرده‌های سنگی درشت شامل انواع خرده‌های سنگی آتش‌فشانی و دگرگونی (شامل انواع شیست و اسلیت) است و اجزای ماسه‌ای از جنس کوارتز و فلدسپات‌اند. قطعات سنگی و کوارتزهای منوکریستالین اجزایِ اصلیِ سازندهٔ کنگلومرا هستند.

جدول ۱. نتایج دانه‌شماری نمونه‌ها (به‌ترتیب از بالا به پایین: SQ-PST.2A، SQ-PST.2B، SQ-MOT.1، SQ-2.2)

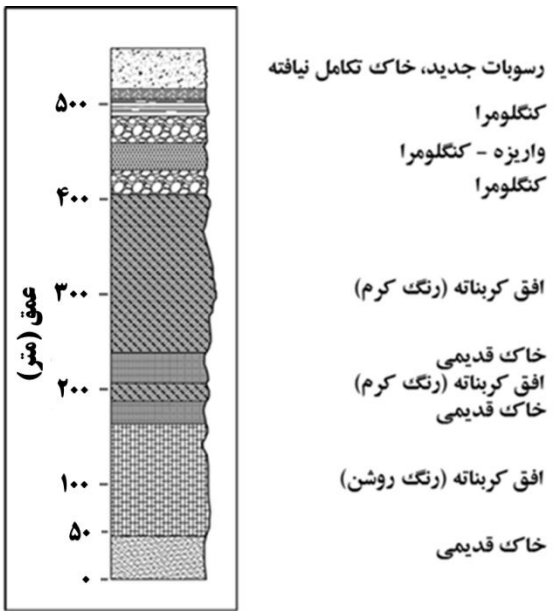
کوارتز		فلدسپار		خرده‌های آذرین	خرده‌های دگرگونی				خرده‌های رسوبی
منوکریستالین	پلی کریستالین	فلدسپار آلکالن	پلاژیوکلاز	ولکانیک	متاولکانیک	متاپلوتونیک	اسلیت	شیست	شیل
۱۹	۱۵	۷	۱۳	۹	۳	۸	۱۲	۲۹	۴

کوارتز		فلدسپار		خرده‌های آذرین		خرده‌های دگرگونی				خرده‌های رسوبی
منوکریستالین	پلی کریستالین	فلدسپار آلکالن	پلاژیوکلاز	ولکانیک	پلوتونیک	متا ولکانیک	متا پلوتونیک	اسلیت	شیست	شیل
۱۰	۱۹	۸	۱۲	۱۱	۲	۴	۷	۱۳	۳۶	۴

کوارتز		فلدسپار		خرده‌های آذرین		خرده‌های دگرگونی				
منوکریستالین	پلی کریستالین	فلدسپار آلکالن	پلاژیوکلاز	ولکانیک	پلوتونیک	متاولکانیک	متاپلوتونیک	اسلیت	شیست	
۱۵	۱۹	۱۲	۱۰	۲۱	۱۲	۶	۱۴	۱۴	۴۴	

کوارتز		فلدسپار		خرده‌های آذرین		خرده‌های دگرگونی				خرده‌های رسوبی	
منو کریستالین	پلی کریستالین	فلدسپار آلکالن	پلاژیوکلاز	پلوتونیک	ولکانیک	متا ولکانیک	متا پلوتونیک	اسلیت	شیست	ماسه سنگ	گل سنگ
۱۰	۱۵	۱۸	۸	۱۰	۶	۶	۱۳	۱۶	۵۲	۷	۳

دانه‌های آواری آتش‌فشانی در یک زمینهٔ ریزدانه عمدتاً از کربنات‌های ریزبلور (گل کربناتی) و با فراوانی کمتر کانی‌های رسی قرار گرفته‌اند؛ دانه‌های آتش‌فشانی و دانه‌های کوارتز و فلدسپار هم در اندازهٔ ماسه تا سیلت هستند. اجزای آواری سازندهٔ میکروکنگلومرا را خرده‌های سنگی آتش‌فشانی، فلدسپار، و کوارتز تشکیل می‌دهند. خرده‌های سنگی آتش‌فشانی در اندازه‌های متغیر از ماسه تا گراول در مقطع نمونه دیده می‌شود و فضاهای بین دانه‌های یادشده را کربنات ریزدانه پُر کرده است. رسوب منفصل متشکل از ذرات آواری در حد ماسهٔ درشت تا گراول است که به لحاظ ترکیبی به‌طور عمده از خرده‌های سنگی آتش‌فشانی و با فراوانی کمتر خرده‌های فلدسپار و کربنات اسپارایتی به فرم آزاد تشکیل شده است.

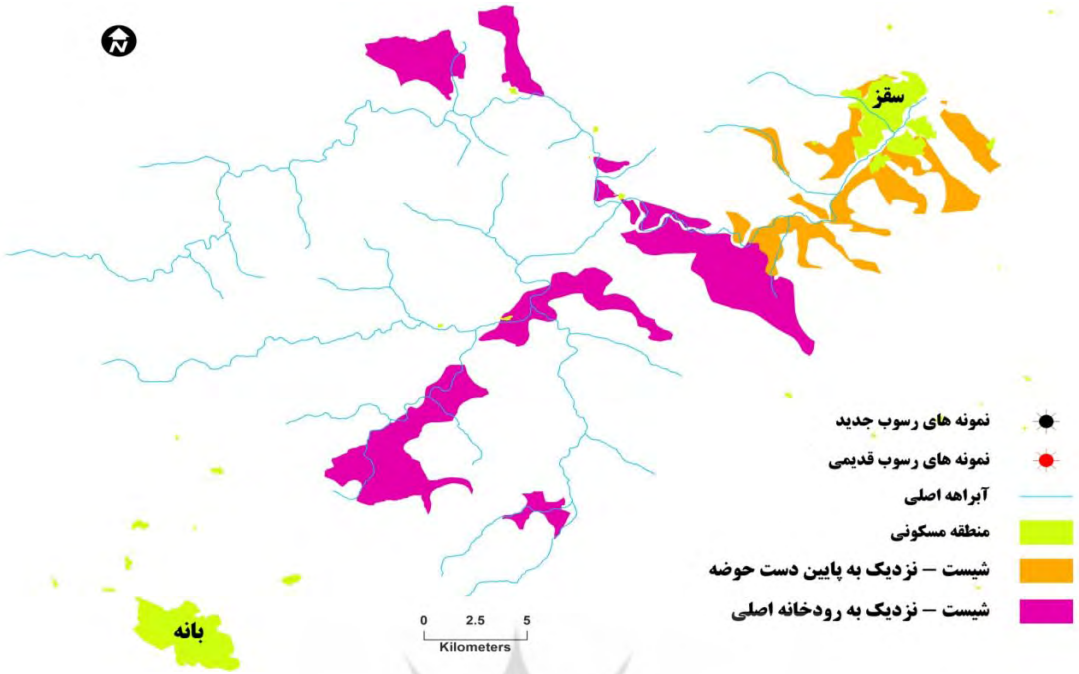


شکل ۱۰. افق‌های رسوبی شکل‌گرفته در پروفیل مورد مطالعه

اجزای اصلی سازندهٔ نهشتهٔ دشت سیلابی ماسه‌ای سیلتی را دانه‌های کوارتز و فلدسپار آلکالن تشکیل می‌دهند. در نهایت، اجزای اصلی سازندهٔ نهشتهٔ دشت سیلابی ماسهٔ گلی گراول‌دار را دانه‌های کوارتز، خرده‌های سنگی آتش‌فشانی، دگرگونی (شیست)، و پلوتونیک تشکیل می‌دهند. یافته‌های دانه‌شماری نشان داد که، به لحاظ خرده‌های آذرین در نمونه‌ها، تعداد دانه‌های ولکانیکی فراوانی بیشتری دارد؛ در خرده‌های دگرگونی هم فراوانی شیست بیشتر از سایر خرده‌های دگرگونی است.

نگاهی به پراکنش واحدهای لیتولوژی در سطح حوضهٔ آبخیز رودخانهٔ سقز بیانگر آن است که واحد سنگی شیست در بیشتر موارد یا در نزدیکی محل آبراهه‌های اصلی حوضه و رودخانهٔ سقز قرار گرفته یا در پایین‌دست حوضه و محل تشکیل پادگانه‌های رودخانه‌ای سخت‌شده (کنگلومرا) واقع شده است (شکل ۱۱). بر این اساس، شرایط هیدرولوژیکی و توپوگرافیکی حوضه به گونه‌ای است که حمل خرده‌های سنگی شیست به سمت پایین‌دست و نهشته‌شدن آن می‌تواند از طریق آبراهه‌های اصلی انجام گرفته باشد و فراوانی خرده‌های دگرگونی در بیشتر نهشته‌های رسوبی رودخانه‌ای به سمت شیست میل پیدا کند؛ همان طور که دانه‌شماری از خرده‌های سنگی کنگلومرا در پژوهش حاضر این امر را تأیید می‌کند.

رنگ‌آمیزی نمونه‌های کربناته با محلول آلیزارین- رد- اس نشان داد که ترکیب کلسیتی برای زمینهٔ کربناتی در نمونه‌های برداشت‌شده از پروفیل مورد بررسی از نوع کربنات اسپارایتی است. بلورهای کلسیت اسپاری معمولاً دارای زون‌بندی ظریف‌اند که حاصل تغییرات کمی در مقادیر آهن و منگنز است. زون‌بندی را می‌توان به وسیلهٔ رنگ‌آمیزی با آلیزارین- رد- اس همراهِ فروسیانور پتاسیم یا به وسیلهٔ مشاهدهٔ لومینسانس تعیین کرد. با مطالعهٔ طرح زون‌بندی در کلسیت در یک توالی و در یک مقیاس منطقه‌ای می‌توان چینه‌بندی سیمان را بنا کرد که در مقیاس بزرگ‌تر می‌توان هیدرولوژی حوضه را نیز بازسازی کرد.



شکل ۱۱. موقعیت پراکنش واحد سنگی شیست در سطح حوضه آبخیز رودخانهٔ سقز

مقادیر $\delta^{18}O_{carb}$ کربنات‌ها بین ۸٫۹- تا ۸٫۱۸- متغیر است و تغییرات بسیار کم این مقادیر را نشان می‌دهد (جدول ۲). با توجه به پایین‌بودن مقادیر $\delta^{18}O_{carb}$ در نمونه‌های آنالیزشده، تبخیر به‌صورت نسبی مقادیر کمتری از O^{16} را برداشت کرده است؛ مقادیر پایین O^{18} در کربنات سیمانی رسوبات کنگلومرایی نشان می‌دهد که در زمان تشکیل آن‌ها دمای هوا پایین بوده است؛ زیرا مقادیر منفی O^{18} غنی از ایزوتوپ‌های سبک است و شرایط اقلیمی سرد را بیان می‌کند. دمای هوا در هنگام تشکیل کربنات‌های سیمانی ۷٫۹ درجهٔ سانتی‌گراد بوده است که حدود ۵٫۵ درجه نسبت به زمان حاضر سردتر است.

جدول ۲. نتایج آنالیز ایزوتوپی اکسیژن نهشته‌های رسوبی رودخانهٔ سقز

Lab. ID	Sample ID	Delta 18O (‰)
C-106417	IS-LB-2	- /
C-106418	IS-LB-5	- /
C-106420	IS-LB-8	- /
C-106421	IS-LB-10	- /
C-106422	IS-UB-1	- /
C-106423	IS-UB-4	- /
C-106425	IS-UB-7	- /
C-106426	IS-UB-10	- /
C-106428	95-SQ-5	- /
C-106429	95-SQ-8	- /

بازسازی دیرینهٔ محیطی یک حوضهٔ آبخیز به شواهد کافی محیطی و ژئومورفولوژی در کنار به‌کاربردن تکنیک‌های کمی، آماری، و مدل‌سازی نیاز دارد. در پژوهش حاضر، با استفاده از مطالعات جزئی و آنالیزهای میدانی و آزمایشگاهی (آنالیزهای فیزیکی و شیمیایی) به بررسی ویژگی‌های رسوبات قدیمی و جدید آبرفتی/ رودخانه‌ای حوضهٔ آبخیز رودخانهٔ سقز از جنبه‌های گوناگون پرداخته شد تا بازسازی دیرینهٔ محیط رودخانه‌ای سقز بر اساس شاخص‌های ژئومورفیکی همچون رسوبات پادگانه‌های رودخانه‌ای و افق خاک قدیمی عملی شود.

طی مطالعات میدانی، رسوبات رودخانه‌ای/ آبرفتی در بازهٔ انتخابی مشاهده و بررسی شد. یک پروفیل هم به عنوان پروفیل مطالعاتی انتخاب و جزئیات لایه‌های مختلف آن شناسایی شد. رسوبات دیرینهٔ این پروفیل شامل خاک قدیمی مدفون‌شده (آبرفت متأثر پدوژنیک)، لایه‌های کربناتی متأثر از فرایندهای پدوژنیک، نهشته‌های آبرفتی سخت‌شده (کنگلومرای سیمانی‌شده)، نهشته‌های آبرفتی منفصل و سیمانی‌نشده، و خاک قدیمی ظاهرشده هستند.

یافته‌های دانه‌شماری نشان داد که، به لحاظ خرده‌های آذرین در نمونه‌ها، تعداد دانه‌های ولکانیکی فراوانی بیشتری دارد؛ در خرده‌های دگرگونی هم فراوانی شیست بیشتر از سایر خرده‌های دگرگونی است. توصیف ویژگی‌های کانی‌شناسی و اجزای رسوبی در رسوبات آبرفتی متأثر از پدوژنیک (خاک قدیمی) بیانگر آن است که این دسته از نهشته‌ها، دارای فراوانی زیاد قطعات ولکانیکی بازالتی‌اند. در مورد رسوبات رودخانه‌ای یا کنگلومراهای سخت و سیمانی‌شده محیط رودخانه‌ای (سنگ رسوبی آواری متعلق به گروه کنگلومرا)، خرده‌سنگ‌های دگرگونی از جمله شیست و قطعات ولکانیکی مهم‌ترین اجزای سازندهٔ آن‌ها هستند.

تفسیر شرایط یا رژیم فرسایشی/ رسوبی حوضهٔ آبخیز رودخانهٔ سقز بر اساس یافته‌های کانی‌شناسی بخش ماسه‌ای و گراولی در سه نوع رسوبات آبرفتی متأثر از پدوژنیک (خاک قدیمی)، رسوبات قدیمی دشت سیلابی رودخانه (کنگلومرا)، و رسوبات جدید دشت سیلابی رودخانه (نهشته‌های منفصل و سیمانی‌نشده) می‌تواند بر منابع مختلف تأمین‌کنندهٔ رسوبات حوضهٔ آبخیز رودخانهٔ سقز طی دوره‌های زمانی مختلف یا همان واحدهای سنگ‌شناسی برون‌زدیافته دلالت داشته باشد. توالی زمانی واحدهای سنگ‌شناختی تأمین‌کنندهٔ منابع رسوبی با نهشته‌گذاری آن‌ها به صورتی است که محصولات هوازدگی حاصل از جدیدترین واحدهای زمین‌شناسی برون‌زدیافته (واحدهای بالایی) در سطح حوضهٔ آبخیز می‌تواند منبع رسوبی قدیمی‌ترین رسوبات آبرفتی یا رودخانه‌ای برجای‌گذاشته‌شده در طی دورهٔ کواترنری باشد.

حال، تفسیر شرایط دیرینهٔ رسوبی حوضهٔ آبخیز رودخانهٔ سقز بر اساس توالی زمانی مورد بحث میان منبع رسوبی و رسوبات برجای گذاشته‌شده می‌تواند بدین‌گونه باشد که جدیدترین واحد سنگ‌شناسی در حوضهٔ آبخیز رودخانهٔ سقز واحدهای بازالتی با سن پلیو- کواترنری است؛ بررسی‌های کانی‌شناسی نشان داد که فرآورده‌های هوازدگی سنگ‌های ولکانیکی بازالتی (که در زمان تشکیل احتمالاً دارای رخنمون‌های نسبتاً گسترده‌ای در سطح زمین بوده‌اند) یا همان واحد بازالتی در رسوبات آبرفتی متأثر از پدوژنیک (قدیمی‌ترین رسوبات مشاهده‌شده در سطح منطقهٔ مورد مطالعه) بیشترین فراوانی را نسبت به سایر انواع رسوبات دارد. عمل فرایندهای هوازدگی بر روی واحد بازالتی با سن پلیو- کواترنر و حمل فرآورده‌های ناشی از آن احتمالاً طی زمانی از دورهٔ کواترنری بوده که هنوز رژیم رودخانه‌ای در سطح حوضه شکل نگرفته است و جریان‌های آبی با شدت و قدرت حمل بالا (جریان‌های سیلابی) رسوبات را حمل نکرده‌اند. کما اینکه نمونه‌های مورد مطالعه از رسوبات آبرفتی هم دارای ترکیب کانی‌شناختی و بافتی مشابه است و لایه‌بندی ترکیبی مشخصی در نمونه‌ها دیده نمی‌شود؛ به همین دلیل، به نظر می‌رسد نهشته‌ها به صورت جریانی توده‌ای و به‌یک‌باره رسوب کرده‌اند. اگرچه، با توجه به هوازدگی غیر یکنواخت و با شدت متفاوت اجزای کانی در نمونه‌ها، نمودهای هوازدگی احتمالاً از منطقهٔ خاستگاه نهشته‌های رسوبی به ارث رسیده است، آغشتگی زمینه به اکسیدهای آهن و تشکیل رگچه‌های کوارتز و اکسید آهن در آن به‌طور مشخص حاصل فرایندهای پدوژنیک برجا در نمونه بوده است. بارزترین تأثیر فرایندهای پدوژنیک را می‌توان در تشکیل لایه‌های کربنات پدوژنیک میان این رسوبات آبرفتی مشاهده کرد.

در مرحلهٔ بعد، فرسایش فرآورده‌های هوازدگی سنگ‌های ولکانیکی توسط رژیم‌های سیلابی و همچنین فعال‌شدن فرسایش رودخانه‌ای (شکل‌گیری و تکوین سیستم رودخانه‌ای در سطح حوضه)، سبب رخنمون پیداکردن واحدهای سنگ‌شناسی قدیمی‌تر زیرین شده است. به عبارتی، واحدهای پلیو- کواترنری دچار فرسایش شده و سنگ‌های ولکانیکی آندزیتی و آندزیت بازالتی با سن کرتاسه و سپس سنگ‌های دگرگونی پرکامبرین (قدیمی‌ترین واحد زمین‌شناختی در منطقه)، به‌ویژه در امتداد شاخه‌های اصلی آبراهه‌ها، برون‌زد یافته‌اند. همین رخنمون پیداکردن واحدهای زیرین قدیمی زمین‌شناسی سبب شده است تا در رسوبات کنگلومرایی رودخانه‌ای (به عنوان رسوبات قدیمی رودخانه‌ای) هم خرده‌های

سنگی ولکانیکی با سن کرتاسه و هم اجزای دگرگونی شیست با سن پرکامبرین وجود داشته باشد. اگرچه با توجه به گسترش و ناپایداری بیشتر واحد شیستی، فراوانی آن نسبت به قطعات ولکانیکی در رسوبات کنگلومرایی رودخانه‌ای زیادتر است.

سپاسگزاری

مشاهدات میدانی، نمونه‌برداری، و آنالیزهای انجام‌شده در این پژوهش با همکاری شرکت زمین‌ریزکاوان انجام شده است. نگارندگان از ایشان قدردانی و سپاسگزاری می‌کنند.

منابع

افتخاری، ک. و محمودی، ش. (۱۳۸۰). رده‌بندی و خصوصیات کانی‌شناسی خاک‌های گچی و آهکی انتخابی در دشت سلفچگان استان قم، مجلهٔ *علوم خاک و آب*، ویژه‌نامهٔ خاک‌شناسی و ارزیابی اراضی، دانشگاه تهران، ص ۱۲۰–۱۳۷.

ثروتی، م.؛ جعفرزاده، ع. ا.؛ حیدری، ا. و شهبازی، ف. (۱۳۹۰). تأثیر ژئومورفولوژی بر نمودهای خاک‌ساختی آهک در برخی خاک‌های جنوب شهرستان اهر، مجلهٔ *دانش آب و خاک*، ۲۱(۱): ۴۳–۵۵.

Banwart, S. (2011). Save our soils, *Nature*, 474: 151-152.

Blank, R.R. and Fosberg, A. (1990). Micromorphology and classification of secondary calcium carbonate accumulations that surround or occur on the underside of coarse fragments in Idaho (U.S.A), *Developments in /soil Science*, 19: 341-346.

Blum, M.D. and Tornqvist, T.E. (2000). Fluvial responses to climate and sea-level change: a review and look forward, *Sedimentology*, (47): 2-48.

Bonnet, S.; Guillocheau, F. and Brun, J.P. (1998). Relative uplift measured using river incisions: the case of the Armorican basement (France), *ComptesRendus de l'Academie des Sciences Serie II Fascicule A – Sciences de la Terre et des Planetes*, 327: 245-251.

Daniel, M.; Nikolaos, V.; Paranychianakis, P.; Nikolaos, P.; Nikolaidis, A.; Steve, A.; Banwart, R.; Svetla, R.; Milena, K.; Martin, N.; Toma, S.; Peter, R.; Jaap, B.; Blum, W.E.H.; Lair, G.J.; Pauline, G. and Marc, V. (2015). Sediment provenance, soil development, and carbon content in fluvial and manmade terraces at Koiliaris River Critical Zone Observatory, *Journal of Soils Sediments*, 15: 347-364.

Eftekari, K. and Mahmoodi, Sh. (1380). Genesis, Classification and mineralogical characteristics of the selected gypseous and limestone soils in Salafchegan Plain, Qom province, *Water and soil sciences journal*, the special issue of agrology and plots assessment, University of Tehran, pp. 120-137.

Eger, A.; Almond, P.C. and Condron, L.M. (2011). Pedogenesis, soil mass balance, phosphorus dynamics and vegetation communities across a Holocene soil chronosequence in a super-humid climate, South Westland, New Zealand, *Geoderma*, 163: 185-196.

Gregory, K.J.; Benito, G.; Dikau, R.; Golosov, V.; Johnston, E.C.; Jones, J.A.A.; Macklin, M.G.; Parson, A.J.; Passmore, D.G.; Poesen, J.; Soja, R.; Starkel, L.; Thorndycraft, V.R. and Walling, D.E. (2006). Past hydrological events and global change, *Hydrological Processes*, 20: 199-204.

Houben, P. (2003). Spatio-temporally variable response of lfuvial systems to Late Pleistocene cli□ate change: a case study from central Germany, *Quaternary Science Reviews*, (22): 2125-2140.

Houtgast, R.F.; Van Balen, R.T.; Bouwer, L.M.; Brand, G.B.M. and Brijker, J.M. (2002). Late Quaternary activity of the Feldbiss Fault Zone, Roer Valley Rift System, the Netherlands, based on displaced lfuvial terrace fragments,□*Tectonophysics*, 352: 295-315.

Kock, S.; Kramers, J.D.; Preusser, F. and Wetzel, A. (2009). Dating of Late Pleistocene terrace deposits of the River Rhine using Uranium series and luminescence methods: Potential and limitations, *Quaternary Geochronology*, 4: 363-373.

Nettlton, W.D.; Brasher, B.R.; Benham, E.C. and Ahrens, R.J. (1998). A classification system for buried Paleosols, *Quaternary Int.*, 51/52: 175-183.

Niviere, B. and Marquis, G. (2000). Evolution of terrace risers along the upper Rhine graben inferred from morphologic dating methods: evidence of climatic and tectonic forcing, *Geophysical Journal International*, 141: 577-594.

Ruhe, R.V. (1965). *Quaternary and paleopedology*, Wright H.E. and Frey D.G. (Eds.), The Quaternary of the United State, Princeton University Press, Princetion, NJ.

Scarciglia, F.; Tuccimei, P.; Andrea, V.A.; Barca, D.; Pulice, I;, Salzano, R. and Soligo, M. (2011). Soil genesis, morphodynamic processes and chronological implications in two soils transects of SE Sardinia, Italy: traditional pedological study coupled with laser ablation ICP-MS and radionuclide analyses, *Quaternary Int.*, 233: 40-52.

Schaetzl, R.J.; Frederic, W.E. and Tornes, L. (1996). Secondary carbonates in three fine and fine loamy Alfisols in Michigan, *Soil Sci. Soc Am J.*, 60: 1862-1870.

Schumm, S.A. (1981). Evolution and response of the fluvial system, sedimentologic implications, In: Ethridge, F.G. and Flores, R.M., eds., Recent and ancient nonmarine depositional environments: models for exploration, special publication 31, Tulsa: *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists*, pp. 19-29.

Schumm, S.A. and Winkely, B.R. (1994). *The variability of large alluvial rivers*, New York: American Society of Civil Engineers.

Serwati, M.; Jaaferzadeh, A.A.; Heydari, A. and Shahbazi, F. (1390). Impact of Geomorphology on Carbonate Pedofeatures in the Soils from South of Ahar, Iran, *Water and soil science journal*, 21(1): 43-55.

Solleiro-Rebolledo, E.; Sycheva, S.; Sedov, S.; McClung, E.; Rivera-Uria, Y.; Salcido-Berkovich, C. and Kuznetsova, A. (2011). Fluvial processes and paleopedogenesis in the Teotihuacan Valley, México: responses to late Quaternary environmental changes, *Quaternary Int.*, 233: 40-52.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی