[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1398.13.2.4.7]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.13.2.185]

بررسی میزان افت وزنی سنگ‌دانه‌ها در آزمایش لس آنجلس در محیط‌های مختلف در دو منطقهٔ دیره و دماوند

کاظم بهرامی، سید محمود فاطمی عقدا*؛
دانشگاه خوارزمی، دانشکدهٔ علوم زمین، گروه زمین‌شناسی کاربردی
علی نورزاد؛ دانشگاه شهید بهشتی، دانشکدهٔ مهندسی عمران، آب و محیط زیست، گروه ژئوتکنیک
مهدی تلخابلو؛ دانشگاه خوارزمی، دانشکدهٔ علوم زمین، گروه زمین‌شناسی کاربردی

تاریخ: دریافت ۹۶/۰۷/۰۸ پذیرش ۹۷/۰۴/۱۳

چکیده

شناخت عوامل مؤثر بر مقاومت سایشی سنگ‌دانه‌ها تأثیر زیادی در پی‌جویی سنگ‌دانه‌هایی با مقاومت سایشی مناسب دارد. در این پژوهش ارتباط محیط‌های زمین‌شناسی با مقاومت سایشی سنگ‌دانه‌ها، بررسی شده است. نمونه‌برداری از سه محیط واریزه‌ای، مخروط‌افکنه‌ای و رودخانه‌ای در دو منطقهٔ دشت دیره با سنگ‌های آهکی و منطقه دماوند با سنگ‌های آتشفشانی انجام شده است. آزمایش‌های سایش لس‌آنجلس، تخلخل و درصد سنگ‌دانه‌های دارای ریزترک روی نمونه‌های برداشت شده از محیط‌های مختلف انجام شد. نتایج نشان می‌دهد که کم‌ترین میزان افت وزنی در محیط‌های رودخانه‌ای به‌میزان ۲۳/۷ و ۴۲ و بیش‌ترین میزان افت وزنی در محیط‌های واریزه‌ای به‌میزان ۴۹/۳ و ۴۸ به‌ترتیب در منطقهٔ دیره و دماوند دیده می‌شود. محیط‌های مخروط‌افکنه‌ای نیز حالتی حدواسط این دو را دارند. با افزایش مساحت و طول مسیر جریان در حوزهٔ بالادست مخروط‌افکنه‌ها میزان افت وزنی کاهش می‌یابد. تفاوت میزان افت وزنی در محیط‌های مختلف به‌علت تفاوت در میزان ریزترک، تخلخل و قشر هوازده ایجاد شده بر سنگ‌دانه‌ها است. شدت اختلاف میزان افت وزنی در دو منطقهٔ دماوند و دشت دیره با هم متفاوت است به‌گونه‌ای که میزان افت وزنی سنگ‌دانه‌های واریزه‌ای دشت دیره دو برابر سنگ‌دانه‌های رودخانه‌ای در همان منطقه است

* نویسنده مسئول fatemi@khu.ac.ir

در حالی که در منطقه دماوند این اختلاف حدود ۱۱ درصد است. این تفاوت می‌تواند ناشی شدت درزه‌داری کم‌تر و در نتیجه تفاوت کم‌تر درزه‌داری سنگ‌دانه‌های موجود در محیط‌های مختلف در منطقه دماوند باشد.

واژه‌های کلیدی: رودخانه، مخروط‌افکنه، واریزه، سنگ‌دانه، مقاومت سایشی

مقدمه

یکی از ویژگی‌های مهم در به‌کارگیری سنگ‌دانه‌ها مقاومت سایشی آن‌ها است. سنگ‌دانه‌ها باید به‌اندازهٔ کافی مقاوم و سخت باشند تا بتوانند در مقابل خراشیدگی و ساییده شدن مقاوم باشند [۱]. مقاومت سایشی سنگ‌دانه‌ها در جاده‌هایی که ترافیک زیادی دارند اهمیت بسیارزیادی دارند. عدم مقاومت سایشی سنگ‌دانه‌ها ممکن است باعث ایجاد مشکلاتی در حین ساخت و در زمان استفاده از پروژه‌های ساخته شده با سنگ‌دانه‌ها شود [۲]. سایش سنگ‌دانه‌های سطح جاده به‌علت حرکت خودروها اتفاق می‌افتد و با افزایش میزان سایش سنگ‌دانه‌ها، مقاومت ترمز در سطح جاده کاهش می‌یابد [۳]. در واقع در فرایند سایش سطح جاده، گوشه‌داری و بافت سطحی مضرس سنگ‌دانه‌ها از بین می‌رود که باعث کاهش مقاومت ترمز در سطح جاده می‌شود [٤]، [٥]. فرایند سایش بتن در تونل‌ها و کانال‌های انتقال آب و به‌علت سایش ناشی از حرکت ذرات ماسه در بستر نیز اتفاق می‌افتد [٦]. مقاومت سایشی سنگ‌دانه‌ها تأثیر زیادی بر مقاومت سایشی بتن دارد [۷]. محققان مختلفی به بررسی و اهمیت ویژگی‌های پتروگرافی سنگ‌دانه‌ها در سایش بتن و آسفالت پرداخته‌اند. لیو[1] [۸] و لاپلانتین[2] [۹] پیشنهاد کردند به‌منظور ساخت بتن‌های مقاوم در برابر سایش از سنگ‌دانه‌های سخت‌تر استفاده شود. پژوهش‌های انجام شده به‌وسیلهٔ دلارار و بلک[3] [۱۰] نشان می‌دهد که شکل، بافت، کانی‌شناسی و مقاومت سنگ‌دانه‌ها بر مقاومت سایشی بتن تأثیرگذار است. کلیک[4] و همکاران [۱۱] تأثیر ۵ نوع سنگ‌دانه با ترکیب سنگ‌شناسی و مقاومت

1. Liu
2. Laplante
3. De Larrard and Belloc
4. Kılıc

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1398.13.2.4.7]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.13.2.185]

سایشی متفاوت (گابرو، بازالت، کوارتزیت، آهک و دیوریت) را بر مقاومت سایشی بتن ارزیابی کردند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که تفاوت‌های سنگ‌شناسی بر مقاومت سایشی بتن تأثیرگذار است و با افزایش مقاومت سایشی سنگ‌دانه‌ها، مقاومت سایشی بتن نیز افزایش می‌یابد. رامش کومار و شارما[1] [۱۲] ارتباط بین میزان سایش‌پذیری سنگ‌دانه‌ها با سایش‌پذیری بتن را ارزیابی کردند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که با افزایش میزان افت وزنی ناشی از آزمایش لس آنجلس، میزان افت وزنی ناشی از سایش در بتن نیز افزایش می‌یابد هر چند یک روند خطی بین آن‌ها برقرار نیست و عمدتاً این رابطه در حالتی ضریب هم‌بستگی زیادی دارد که میزان سایش‌پذیری سنگ‌دانه‌ها زیاد باشد. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که در سنگ‌دانه‌های با مقاومت سایشی کم‌تر از ۳۰ درصد، اثر مقاومت سایشی سنگ‌دانه‌ها بر مقاومت سایشی بتن ناچیز است.

مقاومت سایشی سنگ‌دانه‌ها متأثر از عوامل مختلف از جمله ویژگی‌های سنگ‌شناسی سنگ‌دانه‌ها است [۱۳]، [۱٤]. عواملی از قبیل درجهٔ سختی و نسبت کانی‌های سخت، مقاومت، جهت‌یابی و میزان کلیواژ و شیستوزیته کانی‌ها، اندازهٔ ذرات، طبیعت و قدرت عوامل اتصال ذرات و شدت دگرسانی شیمیایی در مقاومت در برابر سایش تأثیر دارند [۱۵]، [۱٦]، [۱۷]، [۱۸]، [۵]. تخلخل سنگ‌ها و سنگ‌دانه‌ها از جمله ویژگی‌های مهمی است که بر سایر ویژگی‌های آن‌ها اثرگذار است [۱۹]، [۲۰]. تخلخل می‌تواند روی مقاومت سایشی سنگ‌دانه‌ها نیز اثرگذار باشد [۱۳]، [۱۵]، [۲۱]. فرایندهای زمین‌شناسی مانند یخزدگی-آب‌شدگی و هوازدگی نیز می‌تواند بر مقاومت سایشی سنگ‌دانه‌ها تأثیر داشته باشند [۲۲]. سنگ‌های آذرین تازه و بدون هوازدگی که کانی‌های سیلیسی بیش‌تری دارند نسبت به سنگ‌های بازیک که کانی‌های فرومنیزیم دارند مقاومت سایشی بیش‌تری دارند. مقاومت سایشی بیش‌تر سنگ‌های آذرین سیلیسی به‌علت سختی بیش‌تر و نبود کلیواژ در کوارتز است. بنابراین وجود کلیواژهای شدید حتی در سنگ‌های سیلیسی باعث کاهش سختی سنگ‌ها می‌شود. تنوع بیش‌تر ترکیب کانی‌شناسی، معمولاً منجر به افزایش سایش‌پذیری

1. Ramesh Kumar and Sharma

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1398.13.2.4.7]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.13.2.185]

سنگ‌دانه‌ها می‌شود. سنگ‌دانه‌های که از چند کانی مختلف تشکیل شده‌اند معمولاً مقاومت سایشی کم‌تری دارند. وجود حفرات معمولاً باعث کاهش مقاومت در برابر سایش می‌شود [۱۵]. یکی از مهم‌ترین راه‌های تعیین مقاومت سایشی سنگ‌دانه‌ها آزمایش لس آنجلس است. در این آزمایش مقاومت سنگ‌دانه‌ها در مقابل سایش و ضربه اندازه‌گیری می‌شود. در این آزمایش سنگ‌دانه‌ها به‌علت ساییده شدن ذرات به هم‌دیگر و برخورد گوی‌های فلزی به ذرات سنگ‌دانه‌ای، خرد و ساییده می‌شوند.

وجود ریزترک‌ها می‌تواند هم بر سایر ویژگی‌های سنگ‌دانه‌ها و هم بر ویژگی‌های بتن اثرگذار باشد [۱٦]. ریزترک‌ها در واقع سطوح ضعیفی درون سنگ‌دانه‌ها هستند که پیوستگی آنها را کم می‌کنند. وجود ریزترک در سنگ‌ها روی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی آن‌ها تأثیرگذار است [۲۳]، [۲٤]، [۲۵]. ریزترک‌ها در مقابل فشار، ضربه و سایش ضعیف است و باعث تسهیل شکست سنگ‌دانه‌ها می‌شوند. بررسی ریزترک‌ها در این پژوهش با توجه به تأثیری که می‌توانند بر ویژگی‌های مقاومت سایشی سنگ‌دانه‌ها داشته باشند، اهمیت زیادی دارد [۱٦].

علاوه بر ویژگی‌های سنگ‌شناسی محیط تجمع سنگ‌دانه‌ها نیز روی پارامترهای مقاومتی سنگ‌دانه‌ها تأثیرگذار است. ایکواش[1] [۲٦] تأثیر هوازدگی و دگرسانی روی شاخص‌های بار نقطه‌ای و دوام را در جریان‌های واریزه‌ای و اسکیرها در معدن کوستا در نیومکزیکو بررسی کرد. تحقیق او نشان داد که محیط‌های واریزه‌ای هوازده، دارای کم‌ترین کیفیت از نظر بار نقطه‌ای و دوام است. در همین راستا نونو و همکاران[2] [۲۷] تأثیر هوازدگی سنگ‌ها بر شکل و کیفیت مصالح در همان معدن را بررسی کردند. نتیجه تحقیقات آن‌ها نشان می‌دهد که سنگ‌دانه‌های هوازده دارای کیفیت کم‌تری هستند. نتایج تحقیقات انجام شده به‌وسیلهٔ بهرامی[3] و همکاران [۲۸] نشان می‌دهد که مقاومت سنگ‌دانه‌ها در برابر بار نقطه‌ای با سن مخروط‌افکنه‌ها در ارتباط است و سنگ‌دانه‌های تجمع یافته در مخروط‌افکنه‌های جوان‌تر

1. Ayakwash
2. Nunoo
3. Bahrami

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1398.13.2.4.7]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.13.2.185]

مقاومت بار نقطه‌ای بیش‌تری دارند. با وجود بررسی‌های انجام شده در زمینه تأثیر سنگ‌شناسی بر مقاومت سایشی سنگ‌دانه‌ها، در زمینه ارتباط مقاومت سایشی سنگ‌دانه‌ها با محیط زمین‌شناسی محل تجمع آن‌ها، تحقیقات بسیار کمی انجام شده است. هدف این پژوهش نیز بررسی مقاومت سایشی سنگ‌دانه‌ها در محیط‌های مختلف واریزه‌ای، مخروط‌افکنه‌ای و رودخانه‌ای در دو منطقهٔ دیره و دماوند است.

روش تحقیق

با توجه به‌این‌که ویژگی‌های سنگ‌شناسی در مقاومت سنگ‌دانه‌ها در برابر سایش نقش بسیار مهمی دارند، برای بررسی اثرات محیط‌های زمین‌شناسی مختلف در مقاومت سایشی سنگ‌دانه‌ها، باید محیط‌هایی را انتخاب کرد که ویژگی‌های سنگ‌شناسی مشابه‌ای داشته باشند. بنابراین اولین مرحله در این پژوهش یافتن محدودهٔ وسیعی است که از سنگ‌های مشابه و یا یک سازند تشکیل شده و محیط‌های مذکور در آن وجود داشته باشند. مناطق پوشیده از سنگ‌های رسوبی با توجه به گسترش جانبی خیلی زیادی که دارند، برای این هدف مناسب‌ترند. در واقع در این مناطق ممکن است گسترهٔ زیادی از سطح زمین به‌وسیلهٔ یک سازند پوشیده شده باشد. با این وجود در توده‌های آذرینی که گسترش وسیعی دارند می‌توان چنین محیط‌ها را تشخیص داد. برای سنگ‌های رسوبی، محدوده بین شهرستان‌های گیلان‌غرب و سرپل‌ذهاب انتخاب شده است. بخش زیادی از پوشش این منطقه متشکل از سازند آسماری است. ابتدا با استفاده از تصاویر ماهواره و نقشه‌های زمین‌شناسی، منطقهٔ مورد نظر برای یافتن محیط‌های رودخانه‌ای، مخروط‌افکنه‌ای و واریزه‌ای که دارای حوزهٔ تغذیه‌کننده رسوب مشابه‌ای باشند بررسی شد. در نهایت ۱۰ محل رودخانه‌ای، ۱۲ مخروط‌افکنه و ٦ واریزه در محدودهٔ شمال غرب دشت دیره انتخاب شد. محیط‌های انتخاب شده در امتداد یکدیگر قرار دارند به‌گونه‌ای که محیط‌های واریزه‌ای در حوزهٔ بالادست مخروط‌افکنه‌ها واقع شده و مخروط‌افکنه‌ها نیز تغذیه‌کنندهٔ رسوبات رودخانه‌ای هستند. هم‌چنین مخروط‌افکنه‌های انتخاب شده همگی در حاشیهٔ یک‌دیگر و در پهلوی طاقدیس دنه خشک واقع شده‌اند.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1398.13.2.4.7]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.13.2.185]

بنابراین حوزهٔ تغذیه‌کننده رسوب در محیط‌های انتخاب شده از نظر سنگ‌شناسی مشابه هم است و مهم‌ترین متغیر در آن‌ها شدت و نوع فرایندهای زمین‌شناسی حاکم بر این محیط‌ها (مثل هوازدگی و انتقال رسوب) است.

هم‌چنین به‌منظور بررسی ویژگی‌های مورفومتری حوزهٔ بالادست مخروط‌افکنه‌ها با مقاومت سایشی سنگ‌دانه‌ها، مساحت، شیب و طول مسیر آبراهه اصلی در حوزهٔ بالادست مخروط‌افکنه‌ها اندازه‌گیری شد. جدول ۱ مساحت حوزهٔ بالادست و شیب کانال‌های جریان در بالادست مخروط‌افکنه‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱. مشخصات حوزه بالادستی مخروط‌افکنه‌ها

ردیف	مساحت (هکتار)	طول مسیر جریان اصلی (متر)	شیب	ردیف	مساحت (هکتار)	طول مسیر جریان اصلی (متر)	شیب
۱	۳۰۹	۳۳۶۶	۳۶/٤	۷	۲۹	۹۵۱	٤۳,۲
۲	۱۷٦	۱۸۵۵	۳۷/۳	۸	۱٦۹	۲۵٦۹	٤۱/٤
۳	۲۵	۱۱٦۷	۳۹/۳	۹	۳۳	۹٤٦	۵۵/٤
٤	۲٦	۱۱٤۳	٤۳/۹	۱۰	۳۳/۵	۱۲۲۳	٤۵,٦
۵	٤۰	۱۳۱٤	۳۸/۲	۱۱	۱۳۱	۲۸۰۳	۳۳/۱
٦	۵۸	۱٤۸٤	٤۹/٤۷	۱۲	۲۰٦	۲۵۳۱	٤٤/٤۳

برای سنگ‌های آذرین نیز تودهٔ آتشفشانی دماوند انتخاب شد. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های زمین‌شناسی و بازدیدهای میدانی دقیق، سه محیط واریزه، مخروط‌افکنه و رودخانه‌ای در محدودهٔ جبههٔ شمالی قله دماوند انتخاب شد. محیط‌های مذکور در امتداد یک‌دیگر قرار گرفته‌اند. در بالاترین قسمت، محیط واریزه‌ای واقع شده که خود تغذیه‌کننده رسوبات موجود در مخروط‌افکنه است. مخروط‌افکنه نیز به یک چشمه دائمی (محیط رودخانه‌ای) ختم می‌شود. بنابراین در این منطقه نیز به‌طورکلی می‌توان گفت که حوزهٔ بالادست یا تغذیه کننده رسوب در سه محیط یک‌سان است.

نمونه‌برداری از محل‌ها و محیط‌های انتخاب شده صورت گرفت و نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شد. آزمایش‌های سایش لس آنجلس و درصد تخلخل مطابق با استاندارد ASTM C131-03 [۲۹] و ASTM D2216-10 [۳۰] روی آن‌ها انجام شد. آزمایش لس آنجلس

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1398.13.2.4.7]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.13.2.185]

مطابق با روش A در استاندارد مذکور و برای سنگ‌دانه‌های در اندازهٔ شن انجام شده است. هم‌چنین ویژگی‌های درصد سنگ‌دانه‌های دارای ریزترک نیز در آن‌ها بررسی شد. به‌منظور بررسی درزه‌داری سنگ‌دانه‌ها ابتدا از محیط‌های رودخانه‌ای، مخروط‌افکنه‌ای و واریزه‌ای بررسی شده نمونه‌برداری برای سه اندازه مختلف ۲۵–۳۷/۵، ۱۹–۲۵ و ۱۲/۵–۱۶ میلی‌متر انجام شده است. نمونه‌های برداشت شده در منطقهٔ دیره شامل ۱۵۰ سنگ‌دانه از هر محل نمونه‌برداری (۵۰ سنگ‌دانه برای هر اندازه مختلف) و در منطقه دماوند شامل ۳۰۰ سنگ‌دانه از هر محل نمونه‌برداری است. نحوه برداشت نمونه‌ها بعد از الک کردن به‌صورت چهار قسمت کردن و به‌صورت تصادفی بوده است [۳۱]. بررسی درزه‌داری سنگ‌دانه‌ها با چشم غیرمسلح و بر اساس تعداد سنگ‌دانه‌های دارای درزه از کل سنگ‌دانه‌ها انجام شده است.

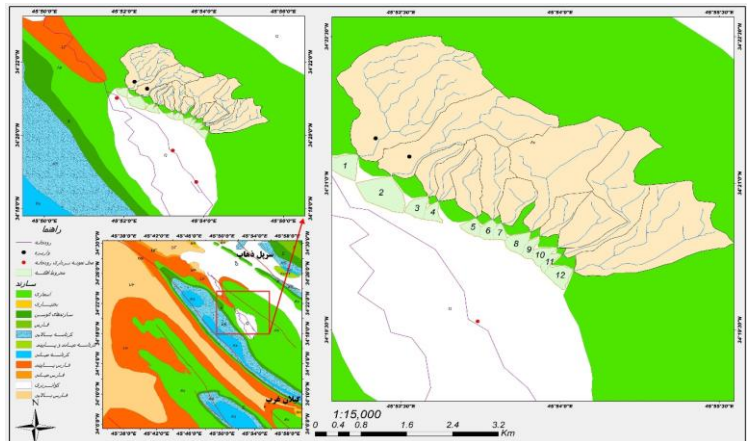
در نهایت نتایج آزمایش‌های به‌دست آمده تجزیه و تحلیل شده و به‌صورت قیاسی روابط بین محیط‌های زمین‌شناسی مختلف با مقاومت سایشی سنگ‌دانه‌ها بررسی شد.

مناطق بررسی شده

دو منطقهٔ شمال غربی دشت دیره واقع در غرب استان کرمانشاه (سنگ‌های آهک آسماری) و منطقهٔ جبهه شمالی دماوند (سنگ‌های آتشفشانی) برای نمونه‌برداری انتخاب شده است. منطقه دیره واقع در حد فاصل بین شهرستان‌های گیلان‌غرب و سرپل‌ذهاب است. پوشش اصلی این منطقه از نظر چینه‌شناسی و زمین‌شناسی متشکل از سازند آسماری و رسوبات آبرفتی کواترنر است. مناطق کوهستانی عمدتاً متشکل از سازند آسماری است و مناطق پست و ناودیسی عمدتاً به‌وسیلهٔ رسوبات کواترنری که حاصل هوازدگی و فرسایش سازند آسماری در ارتفاعات است، پوشیده شده است. در بعضی از مناطق به‌ویژه قسمت‌های شمال غربی حوزه که خارج از محدودهٔ نمونه‌برداری واقع شده است به‌صورت بسیار محدود و جزئی برونزدهای از سازندهای گروه فارس دیده می‌شود که عمدتاً به‌علت ضخامت کم، انحلال‌پذیری و فرسایش‌پذیری بسیار زیاد، رخنمون‌ها بسیار ناچیز است. از نظر اقلیمی دارای آب و هوایی نسبتاً خشک تا مدیترانه‌ای است که دارای زمستان‌هایی ملایم و

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1398.13.2.4.7]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.13.2.185]

تابستان‌های گرم است [۳۲]. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی بررسی شده در منطقهٔ دیره را نشان می‌دهد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه و محل‌های نمونه‌برداری در منطقهٔ دیره

این منطقه از نظر تقسیم‌بندی‌های زمین‌ساختی جزو زاگرس چین‌خورده است. مجموعه بسیار زیاد و منظمی از سیستم‌های شکستگی و گسل در این منطقه به‌ویژه در ارتفاعات دیده می‌شود. شواهد فعال بودن این منطقه از نظر تکتونیکی وجود دارد [۳۳]. منطقهٔ بررسی شده از نظر ژئومورفولوژیکی متشکل از واحدهای کوهستان، واریزه‌ها، مخروط‌افکنه‌ها، دشت‌های سیلابی و رودخانه است. واحد کوهستان تقریباً به‌طور کامل متشکل از سازند آسماری است و منشأ رسوبات موجود در واریزه‌ها، مخروط‌افکنه‌ها، دشت‌های سیلابی و رودخانه‌ای است. در حد فاصل کوهستان و دشت، مخروط‌افکنه‌ها بخش اصلی پوشش منطقه را تشکیل می‌دهند. منشأ رسوبات در تمام مخروط‌افکنه‌ها مشابه هم است و از سازند آسماری است. در واقع در منطقهٔ بررسی شده واریزه‌ها در پای دامنه‌های پرشیب مناطق کوهستانی و در حوزهٔ بالادست مخروط‌افکنه‌ها تشکیل شده است. واریزه‌ها تغذیه کننده رسوبات مخروط‌افکنه‌ها هستند و رسوبات موجود در محیط رودخانه‌ای نیز از مخروط‌افکنه‌ها تغذیه می‌شد. بنابراین می‌توان گفت محیط‌های مختلف از نظر سنگ‌شناسی وابسته به هم است و از نظر محل تغذیه رسوبات دارای سنگ‌شناسی مشابهی هستند.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1398.13.2.4.7]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.13.2.185]

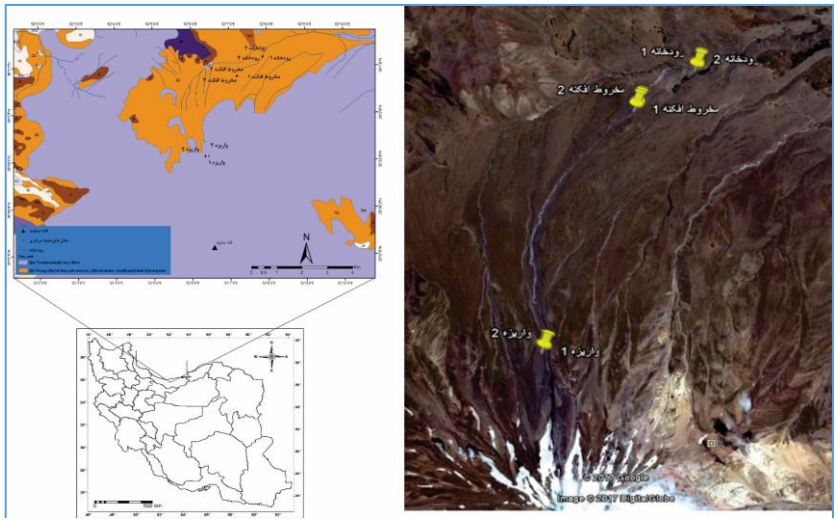
دومین محدوده انتخاب شده در این تحقیق جبههٔ شمالی قله دماوند و جنوب‌غرب روستای ناندل است. سنگ‌دانه‌های موجود در این منطقه عمدتاً حاصل هوازدگی و فرسایش سنگ‌های سرد شده از گدازه‌های آتشفشانی قله دماوند است.

آتشفشان جوان دماوند در دوران چهارم زمین‌شناسی فعالیت خود را آغاز کرده و بر اثر تناوب فازهای گدازه‌ای و انفجاری کواترنر مخروط‌آتشفشانی به ارتفاع ۵۶۷۰ متر از سطح دریا به‌وجود آورده است که این مخروط خود از زمین‌های اطراف حدود ۱۶۰۰ تا ۲۰۰۰ متر بالاتر است [۳۴]، [۳۵]. دماوند یک آتشفشان نوع مختلط است که در آن مواد آذر آواری نسبت به مواد خروجی اهمیت خیلی کم‌تری دارند. با گذشت زمان ردیف مواد خروجی این آتشفشان از نوع بازیک به‌سمت ترکیبی اسیدی گراییده است. تراکی اندزیت‌ها و تراکیت‌ها قسمت عمده این آتشفشان را می‌سازند. که در این بین تراکیت‌ها و تراکی آندزیت‌های هورنبلند یا هیپرستن‌دار درصد بیش‌تری از سنگ‌ها را به‌خود اختصاص می‌دهد. رنگ سنگ‌های آتشفشانی دماوند بستگی خاصی با مقدار شیشه موجود در زمینه سنگ دارد و سنگ‌هایی که دارای شیشه بیش‌تری هستند تیره‌تر و نمونه‌های با شیشه کم‌تر یا فاقد شیشه و غالباً دارای زمینه میکرو فلسیک روشن‌تر هستند.

میانگین بارندگی در منطقه اطراف کوه دماوند حدود ۴۳۰ میلی‌متر در سال است. در منطقه دماوند بارندگی‌های شدید در اواخر بهار و اوایل تابستان رخ می‌دهد و باعث وقوع سیلاب‌های مهم می‌شود. در مجموع ۸۰ درصد بارندگی‌ها در ۶ ماهه آذر تا اردیبهشت اتفاق می‌افتد [۳۶] .

نمونه‌برداری از سه محیط واریزه، مخروط‌افکنه و رودخانه‌ای انجام شده است. محیط‌های انتخاب شده در این تحقیق در امتداد هم قرار گرفته‌اند به‌گونه‌ای که واریزه انتخاب شده در بالادست مخروط‌افکنه قرار گرفته و محیط‌های مخروط‌افکنه‌ای نیز تغذیه کننده رسوبات رودخانه‌ای هستند. بنابراین می‌توان گفت سنگ‌دانه‌های موجود در محیط‌های مختلف از نظر سنگ منشأ، مشابه هم‌دیگر هستند و عامل متغیر در آن‌ها فرایندهایی است که روی آن‌ها حاکم است. شکل ۲ محدودهٔ بررسی شده در منطقه دماوند، محیط‌های زمین‌شناسی مختلف و محل‌های نمونه‌برداری را نشان می‌دهد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1398.13.2.4.7]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.13.2.185]



شکل ۲. موقعیت محیط‌های زمین‌شناسی مختلف و محل نمونه‌برداری از سنگ‌دانه‌ها در منطقهٔ دماوند

نتایج و بحث

تخلخل

در این پژوهش نسبت تخلخل ظاهری سنگ‌دانه‌های برداشت شده از محیط‌های مختلف در منطقهٔ دیره برای سنگ‌دانه‌هایی در اندازهٔ شن مطابق با استاندارد ASTM D2216-10, 1990 به‌دست آمده است و نتایج آن در شکل ۳ ارائه شده است. هم‌چنین ارتباط بین میزان تخلخل سنگ‌دانه‌ها با مساحت حوزهٔ بالادست و طول مسیر آبراهه اصلی در حوزهٔ بالادست مخروط‌افکنه‌ها در شکل ٤ و ٥ نشان داده شده است.

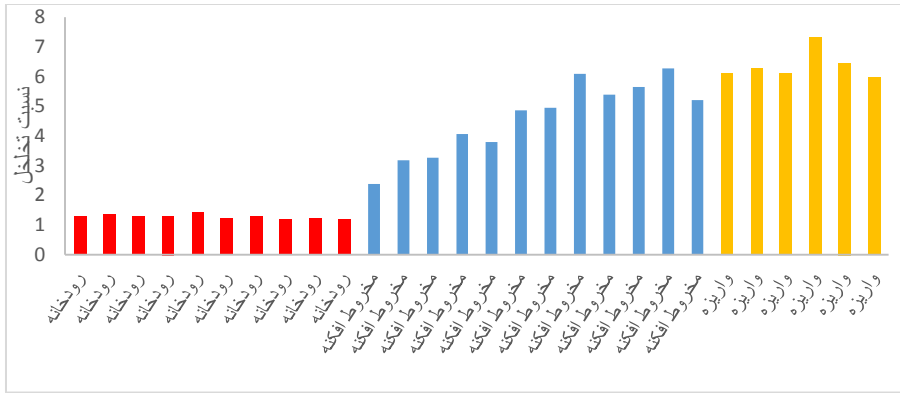
نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که میزان تخلخل به‌ترتیب در سنگ‌دانه‌های تجمع یافته در محیط‌های رودخانه‌ای، مخروط‌افکنه‌ای و واریزه‌ای افزایش می‌یابد. به‌گونه‌ای که میزان تخلخل از کم‌تر از ۲ درصد در محیط‌های رودخانه‌ای تا بیش از ٦ درصد در محیط‌های واریزه‌ای در تغییر است. این نتایج در شکل ۳ نشان داده شده است. هم‌چنین میزان تخلخل در مخروط‌افکنه‌های مختلف متفاوت است و متأثر از مساحت و طول مسیر جریان اصلی

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1398.13.2.4.7]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.13.2.185]

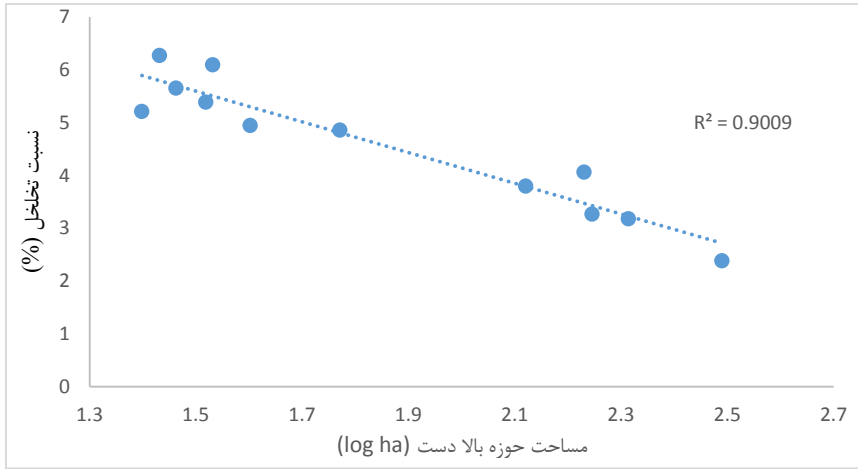
حوزهٔ بالادست مخروط افکنه‌ها است. با افزایش طول مسیر جریان و مساحت حوزه بالادست مخروط‌افکنه‌ها میزان تخلخل کاهش می‌یابد.

ریزترک‌ها

ترک‌ها در واقع سطوح ضعیفی هستند که یا به‌صورت اولیه در سنگ‌ها وجود داشته و یا تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند تکتونیک در سنگ‌ها ایجاد می‌شوند. شکل ٦ نمونه‌هایی از ریزترک‌های مشاهده شده در سنگ‌های آهکی منطقهٔ بررسی شده را نشان می‌دهد.

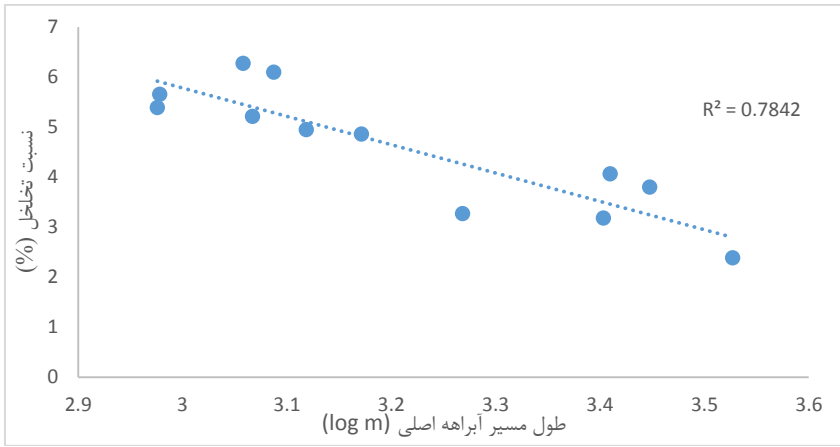


شکل۳. نسبت تخلخل در محیط‌های مختلف زمین‌شناسی

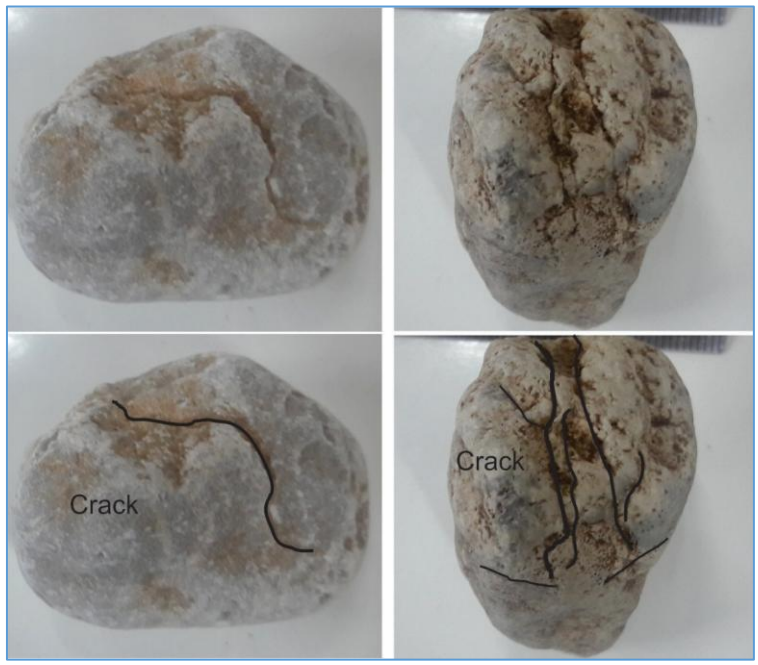


شکل٤. ارتباط نسبت تخلخل با مساحت حوزهٔ بالادست مخروط‌افکنه‌های مختلف

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1398.13.2.4.7]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.13.2.185]



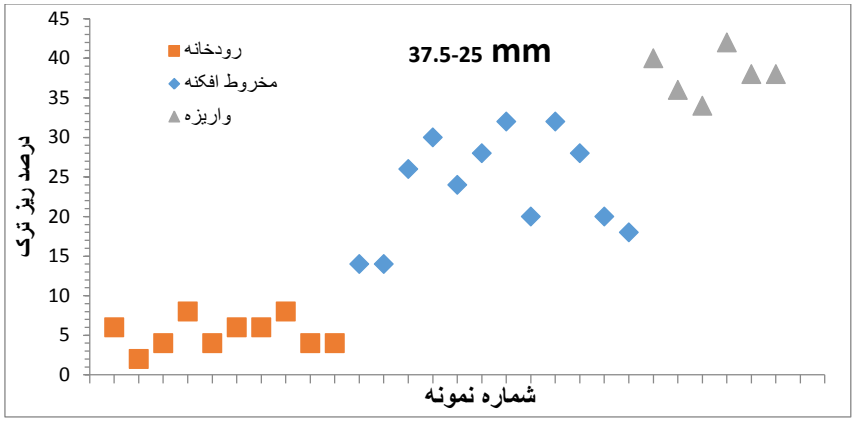
شکل۵. ارتباط نسبت تخلخل با طول آبراهه اصلی حوزهٔ بالادست مخروط‌افکنه‌های مختلف



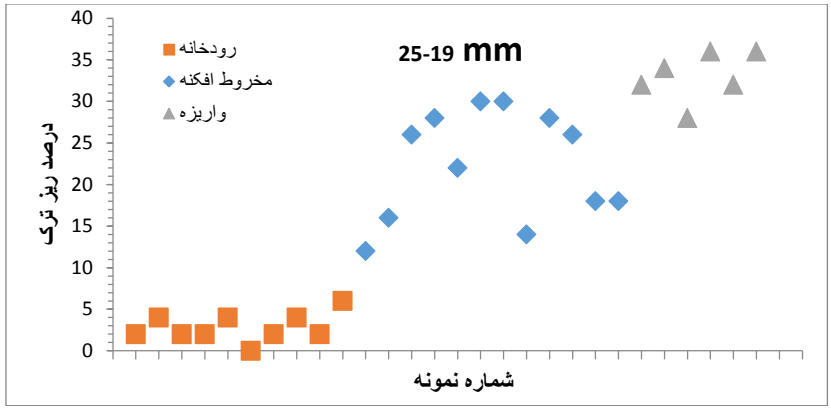
شکل ٦. نمونه‌ای از ریزترک‌های مشاهده شده در منطقهٔ دیره

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1398.13.2.4.7]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.13.2.185]

شکل‌های ۷ تا ۱۰ نتایج به‌دست آمده برای ریزترک‌های موجود در سنگ‌دانه و ارتباط آن با محیط‌های مختلف و مساحت حوزهٔ بالادست مخروط‌افکنه‌ها را نشان می‌دهد. اختلاف بین میزان سنگ‌دانه‌های دارای ریزترک در محیط‌های رودخانه‌ای با مخروط‌افکنه‌ای و واریزه‌ای بسیار زیاد است. در منطقهٔ دیره حدود ۵ درصد از سنگ‌دانه‌ها محیط‌های رودخانه‌ای دارای ریزترک هستند در حالی که در محیط‌های واریزه‌ای حدود ۳۵ درصد از سنگ‌دانه دارای ریزترک هستند.

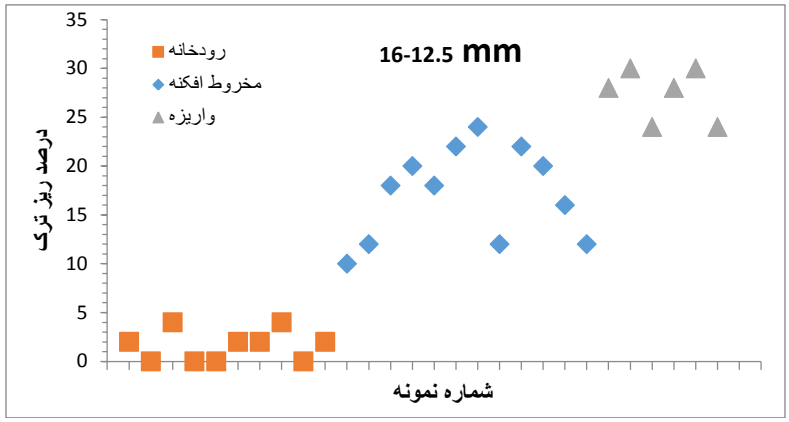


شکل ۷. ارتباط درصد ریزترک با محیط‌های تجمع سنگ‌دانه در منطقهٔ دیره برای ذرات ۳۷/۵-۲۵ میلی‌متر

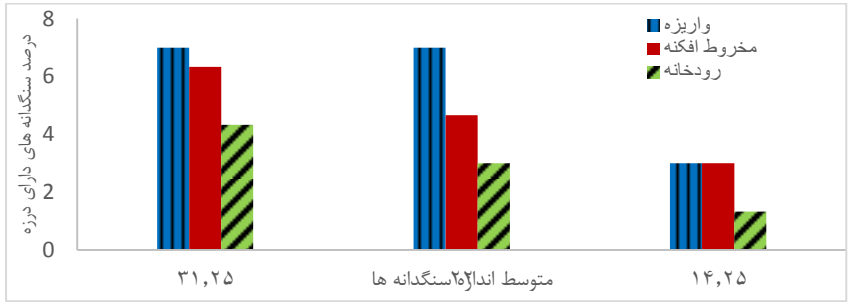


شکل ۸. ارتباط درصد ریزترک با محیط‌های تجمع سنگ‌دانه در منطقهٔ دیره برای ذرات ۲۵-۱۹ میلی‌متر

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1398.13.2.4.7]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.13.2.185]



شکل ۹. ارتباط درصد ریزترک با محیط‌های تجمع سنگ‌دانه در منطقهٔ دیره برای ذرات ۱۶–۱۲/۵ میلی‌متر



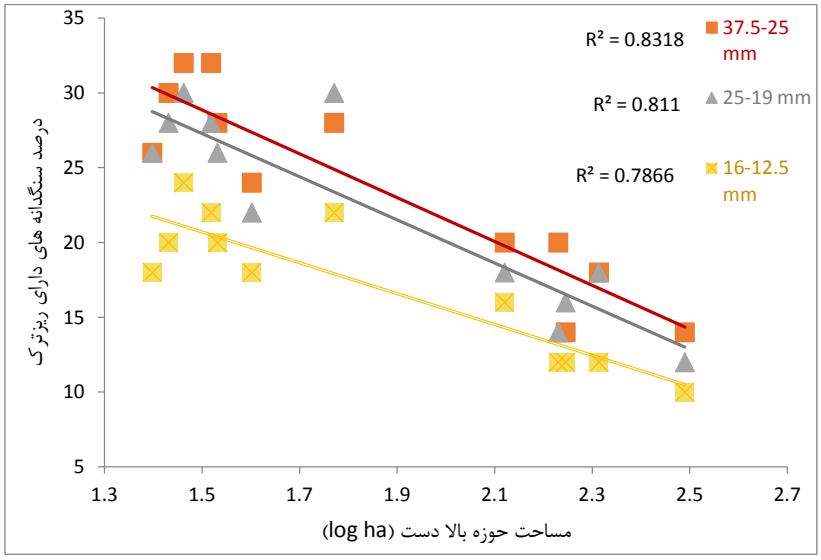
شکل ۱۰. میانگین درصد سنگ‌دانه‌های دارای ریزترک در همهٔ نمونه‌های برداشت شده از هر محیط در منطقه دماوند

اختلاف بین سنگ‌دانه‌های دارای درزه در محیط‌های مختلف در منطقه دماوند نسبت به منطقهٔ دیره بسیار کم‌تر است. در منطقهٔ دماوند از هر محل سه نمونه بررسی شده است که در بعضی از نمونه‌ها درصد سنگ‌دانه‌های دارای ریزترک در محیط‌های رودخانه‌ای از محیط‌های مخروط‌افکنه‌ای بیش‌تر است. با این وجود میانگین ۳۰۰ سنگ‌دانه بررسی شده نشان می‌دهد که درصد سنگ‌دانه‌های دارای ریزترک به‌ترتیب در محیط‌های واریزه‌ای، مخروط‌افکنه‌ای و رودخانه‌ای کاهش می‌یابد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1398.13.2.4.7]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.13.2.185]

نکته دیگری که باید به آن توجه شود درصد کم ریزترک در تمام محیط‌های بررسی شده در منطقهٔ دماوند نسبت به منطقهٔ دیره است. دو محیط از نظر سنگ‌شناسی، اقلیمی و تکتونیکی با هم متفاوت هستند. اما از نظر ویژگی‌های مهندسی، سنگ‌های موجود در هر دو منطقه جزو سنگ‌های شکننده محسوب می‌شوند. تفاوت اقلیمی، بیش‌تر از نظر دمایی مشهود است و از نظر بارندگی دو منطقه شرایطی نزدیک به‌هم را دارند. دو منطقهٔ دماوند و دیره از نظر تکتونیکی بسیار با یک‌دیگر متفاوتند. منطقهٔ دیره تحت تأثیر چین‌خوردگی‌های شدیدی قرار گرفته و سنگ‌ها به‌شدت درزه‌دار شده‌اند اما منطقهٔ دماوند از زمان تشکیل سنگ‌های بررسی شده تحت تأثیر چین‌خوردگی شدیدی قرار نگرفته است. هر چند نقش تکتونیک در درزه‌داری سنگ‌دانه‌ها بیش‌تر به‌نظر می‌رسد با این وجود نمی‌توان تأثیر اقلیم و تفاوت‌های سنگ‌شناسی را نادیده گرفت.

وضعیتی مشابه با تخلخل برای درصد سنگ‌دانه‌های دارای ریزترک نیز در مخروط‌افکنه‌های مختلف دیده می‌شود و با افزایش مساحت و طول مسیر آبراهه اصلی، درصد سنگ‌دانه‌های دارای ریزترک نیز افزایش می‌یابد که این نتایج در شکل ۱۱ نشان داده شده است.



شکل ۱۱. ارتباط درصد سنگ‌دانه‌های دارای ریزترک با طول مسیر جریان اصلی حوزهٔ بالادست مخروط‌افکنه‌ها در منطقهٔ دیره

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1398.13.2.4.7]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.13.2.185]

نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که ارتباط مشخصی بین محیط تجمع سنگ‌دانه‌ها با میزان تخلخل و ریزترک‌های موجود در سنگ‌دانه‌ها وجود دارد. محیط‌های رودخانه‌ای کم‌ترین درصد تخلخل و ریزترک و واریزه‌ها بیش‌ترین میزان تخلخل و ریزترک را دارند. مخروط‌افکنه‌ها نیز حالتی حد واسط بین این دو را دارند. میزان تخلخل و ریزترک در مخروط‌افکنه‌ها متغیر است و با افزایش مساحت حوزه بالادست و فاصله حمل ذرات میزان تخلخل و ریزترک نیز کاهش می‌یابد.

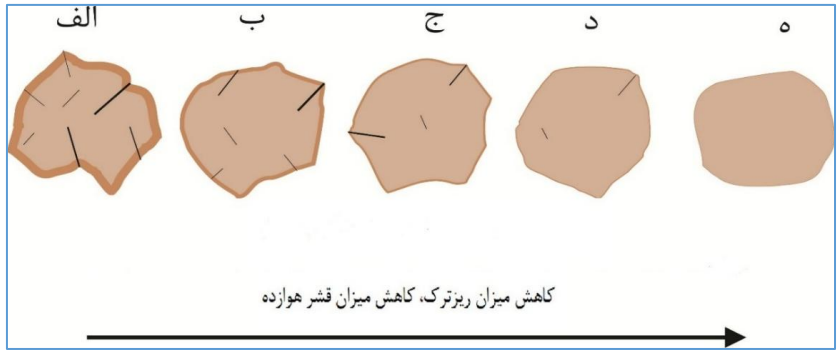
در بررسی علل این تفاوت‌ها می‌توان گفت هوازدگی و انتقال ذرات اثری متضاد در سنگ‌دانه‌ها دارند. این دو فرایند در محیط‌های زمین‌شناسی و مخروط‌افکنه‌های مختلف شدت اثر متفاوتی دارند. در محیط‌های رودخانه‌ای به‌علت اثر مداوم انتقال ذرات، قسمت‌های هوازده و ضعیف سنگ‌دانه از بین می‌رود هم‌چنین به‌علت برخورد ذرات به یک‌دیگر سنگ‌دانه‌ها از محل سطوح ضعیف درزه و ناپیوستگی شکسته می‌شوند و در طول فرایند حمل میزان درزه‌داری آن‌ها کاهش می‌یابد. در محیط‌های‌های واریزه‌ای میزان حمل ذرات کم‌تر است. نوع حرکت عمدتاً تحت تأثیر ثقل و تا حدودی به‌صورت حرکات توده‌ای است. این وضعیت باعث می‌شود که برخورد ذرات به هم‌دیگر کم‌تر باشد و سنگ‌دانه‌ها ریزترک‌های اولیه موجود در خود را حفظ کنند. هم‌چنین در محیط‌های واریزه‌ای میزان انتقال ذرات کم‌تر است و فرایند سایش کم‌تر و هوازدگی بیش‌تر اتفاق می‌افتد.

مخروط‌افکنه‌ها نیز وضعیتی حدواسط واریزه‌ها و رودخانه‌ها را دارند و کیفیت سنگ‌دانه‌های تجمع یافته در آن‌ها متأثر از مساحت و طول مسیر جریان حوزهٔ بالادست است. هر چقدر مساحت حوزه بالادست مخروط‌افکنه‌ها بزرگ‌تر باشد، جریان‌های سیلابی بیش‌تری در محل مخروط‌افکنه‌ها شکل می‌گیرد [۳۷]، [۳۸]، [۳۹]. بنابراین با افزایش مساحت حوزهٔ بالادست مخروط‌افکنه‌ها، فرایند انتقال ذرات شدت بیشتری خواهد داشت و قسمت‌های هوازده سنگ‌دانه‌ها دائماً ساییده شده و از سنگ‌دانه‌ها جدا می‌گردند. افزایش طول مسیر جریان اصلی در حوزهٔ بالادست نیز باعث افزایش میزان ساییدگی سنگ‌دانه‌ها می‌شود و میزان سنگ‌دانه‌های درزه‌دار و سست در رسوبات کاهش می‌یابد. به‌طورکلی

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1398.13.2.4.7]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.13.2.185]

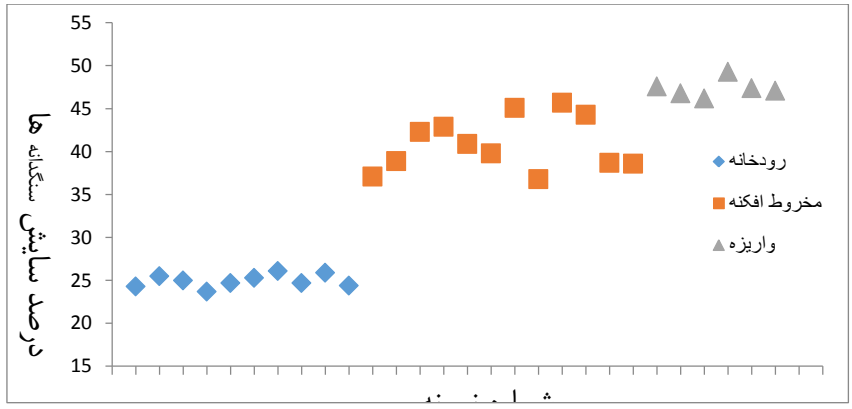
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1398.13.2.4.7]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.13.2.185]

می‌توان تغییراتی که سنگ‌دانه‌ها در محیط‌های مختلف متحمل می‌شوند را در قالب شکل ۱۲ نشان داد.



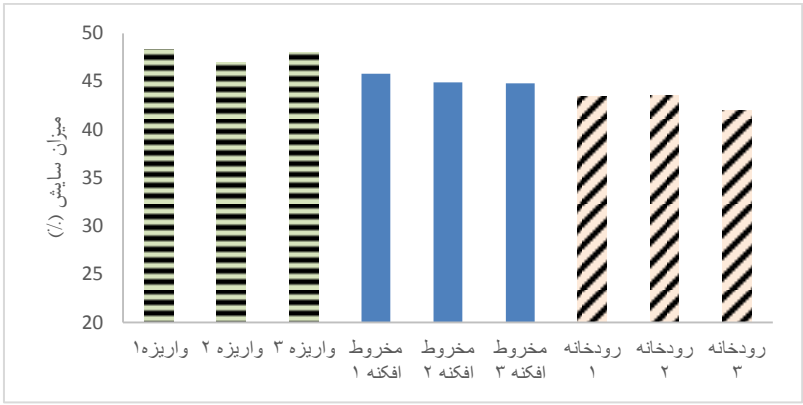
شکل ۱۲. تغییرات میزان ریزترک و هوازدگی در سنگ‌دانه‌ها الف) واریزه، ب) مخروط‌افکنه با مساحت و طول مسیر جریان کم، ج)مخروط‌افکنه با مساحت و طول مسیر جریان متوسط، د)مخروط‌افکنه با مساحت و طول مسیر جریان زیاد، ه) رودخانه لس آنجلس

به‌منظور بررسی ارتباط مقاومت سایشی سنگ‌دانه و تغییرات آن در محیط‌ها و مخروط افکنه‌های مختلف آزمایش لس آنجلس مطابق با استاندارد ASTM C131-03, 1990 روی نمونه‌های برداشت شده از منطقهٔ دماوند و انجام شد. نتایج به‌دست آمده در این زمینه در شکل‌های ۱۳ تا ۱۹ ارائه شده است.

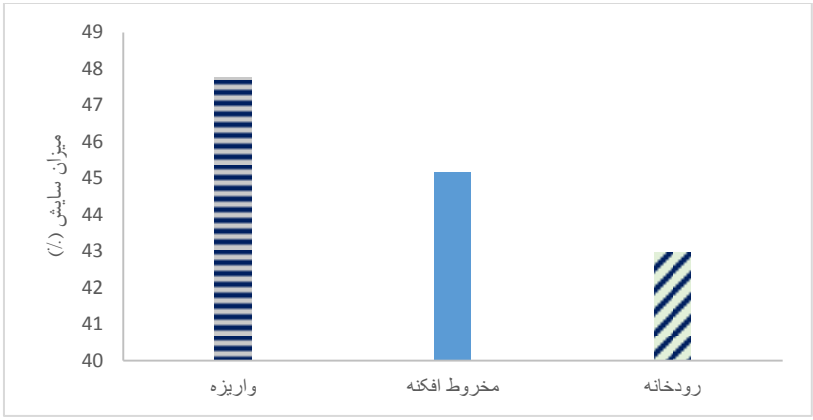


شکل۱۳. ارتباط محیط‌های زمین‌شناسی مختلف با میزان سایش سنگ‌دانه‌ها در منطقهٔ دیره

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1398.13.2.4.7]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.13.2.185]



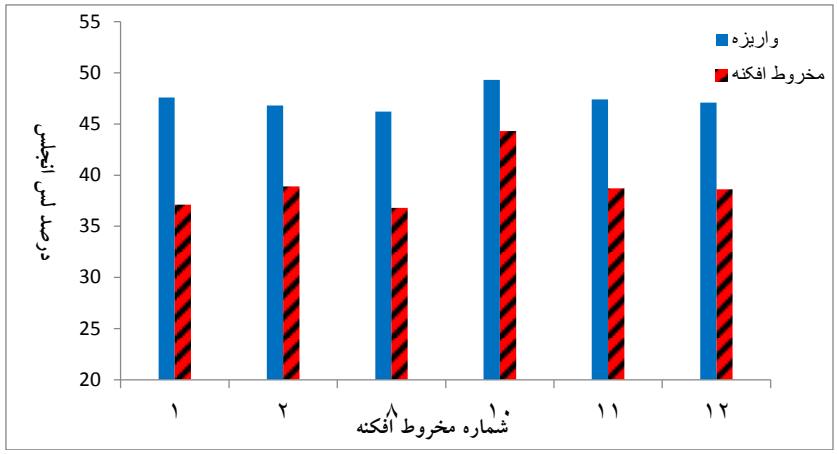
شکل ١٤. ارتباط سایش پذیری سنگ‌دانه‌ها با محیط‌های مختلف در منطقهٔ دماوند



شکل ١٥. میانگین نتایج به‌دست‌آمده برای آزمایش لس‌آنجلس و ارتباط آن با محیط‌های واریزه‌ای، مخروط‌افکنه‌ای و رودخانه‌ای در منطقهٔ دماوند

نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که میزان افت وزنی سنگ‌دانه‌ها در محیط‌های واریزه‌ای، مخروط‌افکنه و رودخانه‌ای به‌ترتیب کاهش می‌یابد به‌نحوی که در منطقهٔ دیره میزان سایش به‌دست آمده در محیط‌های واریزه‌ای نزدیک به دو برابر میزان سایش به‌دست آمده در محیط‌های رودخانه‌ای است. در شکل ١٦ میزان سایش سنگ‌دانه‌های برداشت شده از مخروط‌افکنه‌ها با واریزه‌هایی که در حوزهٔ بالادست همان مخروط‌افکنه قرار دارند، مقایسه شده‌اند. میزان سایش در محیط‌های واریزه‌ای بیش‌تر از نمونه‌های برداشت شده از مخروط‌افکنه‌ها است. در نمونه‌های بررسی شده در منطقهٔ دیره میزان اختلاف بین سایش در

مخروط‌افکنه با واریزه‌ی قرار گرفته در حوزهٔ بالادست همان مخروط‌افکنه از حدود ۱۱ تا ۲۸ درصد به‌دست آمده است.



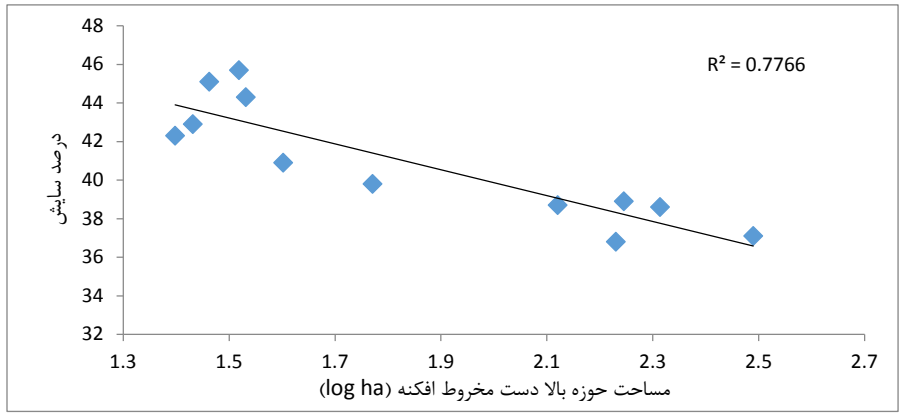
شکل ۱۶. اختلاف بین درصد لس آنجلس در مخروط‌افکنه‌ها و واریزه‌های واقع در حوزهٔ بالادست آن در منطقهٔ دماوند

میزان افت وزنی ناشی از سایش در مخروط‌افکنه‌ها نیز با افزایش مساحت و طول آبراهه اصلی جریان کاهش می‌یابد. در شکل‌های ۱۸ و ۱۹ ارتباط بین میزان سایش سنگ‌دانه‌ها با مساحت و طول آبراهه اصلی جریان در مخروط‌افکنه نشان داده شده است. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که میزان افت وزنی ناشی از سایش لس آنجلس در مخروط‌افکنه‌های مختلف از حدود ۳۶ تا ٤٦ درصد متغیر است. این تغییرات به‌گونه‌ای است که میزان سایش ناشی از لس آنجلس با افزایش مساحت حوزهٔ بالادست و طول مسیر جریان اصلی کاهش می‌یابد.

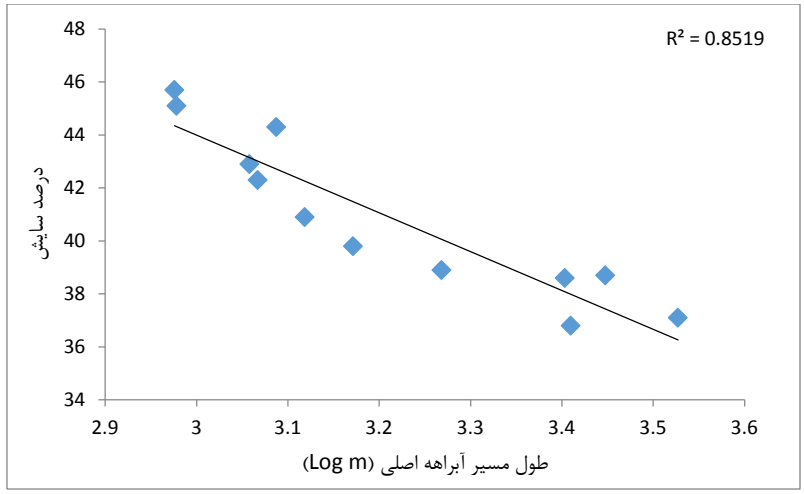
به‌منظور بررسی دقیق‌تر ارتباط ویژگی‌های مورفومتری حوزهٔ بالادست مخروط‌افکنه‌ها با میزان سایش سنگ‌دانه‌ها تحلیل‌های دو متغیره نیز انجام شده است. جدول ۲ نتایج این تحلیل‌ها، ضریب هم‌بستگی و میزان خطا را نشان می‌دهد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1398.13.2.4.7]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.13.2.185]

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1398.13.2.4.7]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.13.2.185]



شکل۱۷. ارتباط مساحت حوزه بالادست مخروط‌افکنه‌ها با مقاومت سایش سنگ‌دانه‌ها در منطقهٔ دیره



شکل ۱۸. ارتباط طول مسیر جریان اصلی حوزهٔ بالادست مخروط‌افکنه‌ها با مقاومت سایش سنگ‌دانه‌ها در منطقهٔ دیره

جدول ۲. تحلیل‌های چند متغیره برای بررسی ارتباط ویژگی‌های مورفومتری حوزهٔ بالادست مخروط‌افکنه‌ها با میزان سایش سنگ‌دانه‌ها

	معادله	R square	RMSE	MAE
رابطهٔ مساحت با لس آنجلس	y = -6.71x*log(a) + 53.291	۰/۷۷۷	۱/۱۲	۱/۲۶
رابطهٔ طول مسیر جریان با لس آنجلس	y = -14.673*log(L) + 88.015	۰/۸۵۲	۱/۰۳	۱/۰۶
رابطهٔ مساحت و طول مسیر جریان با لس آنجلس	y=-.748*log(a)-13.199*log(L)+84.665	۰/۸۵۳	۱/۱۳	۱/۰۶

بر مبنای رگرسیون و میزان خطاهای به‌دست‌آمده بهترین رابطه یک جزئی مربوط به حالتی است که طول مسیر جریان به‌عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شود. استفاده از روابط دوجزئی تغییر زیادی در میزان ضریب هم‌بستگی و خطا ایجاد نمی‌کند و می‌توان از رابطهٔ یک جزئی با متغیر مستقل طول مسیر جریان استفاده کرد.

در توضیح علت نتایج به‌دست آمده باید فرایندهای زمین‌شناسی و تأثیرات ناشی از آن بر روی تخلخل، ریزترک وهوازدگی را مورد توجه قرار داد. با کاهش میزان ریزترک، تخلخل و قسمت‌های سست و هوازده سطحی سنگ‌دانه‌ها، مقاومت آن‌ها در برابر ضربه و سایش بیش‌تر شده و میزان افت وزنی ناشی از آزمایش لس آنجلس کاهش می‌یابد. به‌طورکلی می‌توان گفت شدت و نوع فرایندهای زمین‌شناسی حاکم بر محیط‌های مختلف متفاوت است و تفاوت در فرایندهای زمین‌شناسی باعث تفاوت در میزان ریزترک و تخلخل در سنگ‌دانه‌های تجمع یافته در محیط‌های مختلف می‌شود و این تفاوت‌ها به‌نوبه خود بر مقاومت سایشی سنگ‌دانه‌ها اثرگذار است

نکته دیگری که در نتایج به‌دست آمده قابل تأمل است بالا بودن میزان افت وزنی سنگ‌دانه‌های منطقه دماوند در آزمایش لس انجلس است. سنگ‌دانه‌های آذرین به‌علت داشتن کانی‌های سخت‌تر دارای مقاومت سایشی بیش‌تری هستند اما نتایج این تحقیق نشان می‌دهد افت وزنی ناشی از آزمایش لس آنجلس در این سنگ‌دانه‌ها زیاد است. دلیل این امر به ضعف بافت‌های شیشه‌ای در مقابل ضربه هم‌چنین تخلخل بالای آن‌ها مربوط است. در واقع

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1398.13.2.4.7]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.13.2.185]

سنگ‌دانه‌های با بافت شیشه‌ای در مقابل ضربه گوی‌های فلزی به‌شدت خرد می‌شوند و افت وزنی زیادی را از خود نشان می‌دهند. این موضوع نشان می‌دهد که ارزیابی مقاومت سایشی شیشه سنگ‌ها با استفاده از آزمایش لس آنجلس، مقاومت سایشی آن‌ها را کم‌تر از مقدار واقعی آن‌ها نشان می‌دهد.

مقایسه نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که تفاوت میزان سایش سنگ‌دانه‌ها در محیط‌های مختلف منطقه دماوند کم‌تر از منطقه دیره است. میزان افت وزنی سنگ‌دانه‌ها در آزمایش لس آنجلس در محیط‌های رودخانه‌ای منطقه دماوند حدود ۹۰ درصد میزان افت وزنی سنگ‌دانه‌های برداشت شده از محیط‌های واریزه‌ای است در حالی که در منطقهٔ دیره افت وزنی محیط‌های رودخانه‌های حدود ۵۰ درصد محیط‌های واریزه‌ای است. در توضیح این تفاوت می‌توان به نقش ریزترک‌ها در میزان افت وزنی سنگ‌دانه‌ها توجه کرد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از بخش ریزترک‌ها، اختلاف درزه‌داری سنگ‌دانه‌های تجمع یافته در محیط‌های مختلف منطقه دماوند بسیار کم‌تر از منطقهٔ دیره است. در واقع می‌توان گفت اختلاف افت وزنی ناشی از لس‌آنجلس در محیط‌های مختلف منطقه دماوند به‌علت اختلاف کم‌تر درصد سنگ‌دانه‌های دارای ریزترک است.

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده در این تحقیق نشان می‌دهد که میزان افت وزنی سنگ‌دانه‌ها در آزمایش لس آنجلس با محیط تجمع سنگ‌دانه‌ها مرتبط است. مقاومت سایشی سنگ‌دانه‌ها در محیط‌های واریزه‌ای کم‌ترین مقدار است و در محیط‌های مخروط‌افکنه‌ای و رودخانه‌ای به‌ترتیب افزایش می‌یابد. این روابط می‌تواند متأثر از سنگ‌شناسی و وضعیت تکتونیکی منطقه باشد. در سنگ‌های رسوبی منطقه دشت دیره که فشارهای تکتونیکی بسیار زیادی را متحمل شده‌اند، میزان اختلاف افت وزنی بسیار زیاد است به‌گونه‌ای که افت وزنی سنگ‌دانه‌های برداشت شده از محیط‌های واریزه‌ای حدود ٤٥ درصد و دو برابر سنگ‌دانه‌های برداشت شده از محیط‌های رودخانه‌ای است. این نسبت در سنگ‌های آتشفشانی منطقه دماوند که فشار تکتونیکی زیادی را تحمل نکرده‌اند و شدت درزه داری بسیار کم‌تری نسبت به منطقه

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1398.13.2.4.7]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.13.2.185]

دیره دارند بسیار کم‌تر است. افت وزنی نمونه‌های سنگ‌دانه‌ای برداشت شده از محیط‌های واریزه‌ای تنها حدود ۱۱ درصد بیش‌تر از محیط رودخانه‌ای است.

میزان افت وزنی ناشی از آزمایش لس آنجلس در محیط‌های مخروط‌افکنه‌ای حالتی حدواسط محیط‌های رودخانه‌ای و واریزه‌ای را دارد. در این محیط‌ها با افزایش مساحت حوزه بالادست مخروط‌افکنه‌ها و طول آبراهه اصلی، میزان افت وزنی سنگ‌دانه‌ها کاهش می‌یابد. میزان افت وزنی در مخروط‌افکنه‌های مختلف از حدود ۳٦ تا ٤٦ درصد متغیر است.

تفاوت مقاومت سایشی سنگ‌دانه‌ها در محیط‌های مختلف ناشی از تفاوت فرایندهای زمین‌شناسی است که در محیط‌های مختلف روی سنگ‌دانه‌ها اعمال می‌شود. در محیط‌های واریزه‌ای میزان حمل ذرات بسیار کم است و نوع حرکت عمدتاً توده‌ای یا لغزشی است. در این محیط‌ها، ریزترک‌ها و قسمت‌های سست و ضعیف، درون سنگ‌دانه‌ها باقی می‌مانند. ریزترک‌ها سطوح ضعیفی هستند که در آزمایش لس آنجلس بر اثر فشارهای ناشی از ضربه سنگ‌دانه‌ها به یک‌دیگر و گوی‌های فلزی به سنگ‌دانه‌ها با سهولت بیش‌تری گسیخته می‌شوند و باعث خرد شدن سنگ‌دانه‌ها می‌شوند. در محیط‌های مخروط‌افکنه‌ای و رودخانه‌ای سنگ‌دانه‌ها مسافت بیشتری حمل شده‌اند. برخورد سنگ‌دانه به هم‌دیگر در بستر رودخانه‌ها و مخروط‌افکنه‌ها باعث شکسته شدن سنگ‌دانه از محل ریزترک‌ها می‌شود. بنابراین با افزایش مسافت حمل، سنگ‌دانه‌ها به سنگ بکر نزدیک‌تر می‌شوند. هم‌چنین در طول مسیر حمل ذرات، به‌علت سایش سنگ‌دانه‌ها با بستر رودخانه و آبرفت، بخش‌های هوازده و سست از بین می‌رود و سنگ‌دانه‌های مقاوم‌تر و سخت‌تر باقی می‌ماند. افزایش شدت جریان باعث افزایش شدت برخورد سنگ‌دانه‌ها با یک‌دیگر شده و باعث شکسته شدن ریزترک‌های مقاوم‌تر می‌شود و این تغییر نیز باعث کاهش افت وزنی در آزمایش لس آنجلس می‌شود.

منابع

1. Kosmatka S. H., Wilson, M. L., "Design and control of concrete mixtures", 16th edition, Portland Cement Association (2016).

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1398.13.2.4.7]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.13.2.185]

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1398.13.2.4.7]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.13.2.185]

2. Wu Y., Parker F., Kandhal K., "Aggregate toughness/abrasion resistance and durability/soundness tests related to asphalt concrete performance in pavements", Alabama: Auburn University, NCAT Report No: 98-4, (1998).
3. Wilson D. J. "An Analysis of the Seasonal and Short-Term Variation of Road Pavement Skid Resistance, Department of Civil and Environmental Engineering", The University of Auckland (2006).
4. Chen X. H, Wang D. W. "Fractal and spectral analysis of aggregate surface profile in polishing process", Wear, 271(2011) 2746-50.
5. Kane M., Artamendi I., Scarpas T., "Long-term skid resistance of asphalt surfacings: correlation between Wehner-Schulze friction values and the mineralogical composition of the aggregates", Wear, 303 (2013) 235-43.
6. Liu Y. W., Yen T., Hsu T. H., "Abrasion erosion of concrete by water-borne sand", Cement and Concrete Research, 36 (2006) 1814-20.
7. Papenfus N., "Applying Concrete Technology to Abrasion Resistance", Proceedings of the 7th International Conference on Concrete Block Paving, Sun City, South Africa (2003).
8. Liu T. C., "Abrasion resistance of concrete", ACI Journal Proceedings, 78 (29) (1981) 341-50.
9. Laplante P., Aitcin P. C., Vrzina D., "Abrasion resistance of concrete", ASCE: Journal of Materials in Civil Engineering, 3 (1) (1991) 19-28.
10. De Larrard F., Belloc A., "The influence of aggregate on the compressive strength of normal and high strength concrete", ACI Materials Journal, 94-M49 (1997) 417-425.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1398.13.2.4.7]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.13.2.185]

11. Kılıc A., Atis C. D., Teymen A., Karahan O., Ozcan F., Bilim C., Ozdemir M., "The influence of aggregate type on the strength and abrasion resistance of high strength concrete", Cement and Concrete Composites, 30 (4) (2008) 290-296.
12. Ramesh Kumar G. B., Sharma U. K., "Abrasion resistance of concrete containing marginal aggregates", Construction and Building Materials, 66 (2014) 712-722.
13. Kazi A., Al-Mansour Z. R., "Influence of geological factors on abrasion and soundness characteristics of aggregates", Engineering Geology, 15 (1980) 195-203.
14. Ugur I., Demirdag S., Yavuz H., "Effect of rock properties on the Los Angeles abrasion and impact test characteristics of the aggregates", Materials Characterization, 61 (2010) 90-96.
15. Smith M. R., Collis L., "Aggregates: sand, gravel and crushed rock aggregates for construction purposes (third edition)", The Geological Society of London, (2001) 339.
16. Alexander M., Mindess S., "Aggregate in concrete", Taylor & Francis (2005).
17. Kahraman S., Fener M., "Predicting the Los Angeles abrasion loss of rock aggregates from the uniaxial compressive strength", Materials Letters, 61 (2007) 4861-4865.
18. Bald S., Rosauer V., "Modelling the ups and downs of the skid resistance of road surfaces, 6th Symposium on Pavement Surface Characteristics (SURF 2008)", Darmstadt (2008).

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1398.13.2.4.7]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.13.2.185]

19. Vernik L., Bruno M., Bovberg C., "Empirical relations between compressive strength and porosity of siliciclastic rocks", International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 30 (7) (1993) 677-680.

20. Pappalardo G., Punturo R., Mineo S., Contrafatto L., "The role of porosity on the engineering geological properties of 1669 lavas from Mount Etna", Engineering Geology, 221 (2017) 16-28.

21. Capik M., Yilmaz A. O., "Modeling of Micro Deval Abrasion Loss Based on Some Rock Properties", Journal of African Earth Sciences, (2017) In press.

22. Karaca Z., Deliormanli A. H., Elci H., Pamukcu C., "Effect of freeze-thaw process on the abrasion loss value of stones", International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 47 (7) (2010) 1207-1211.

23. Dresen G., Guéguen Y., "Damage and rock physical properties, In: Guéguen Y., Boutéca M., editors. Mechanics of Fluid-Saturated Rocks", Amsterdam: Elsevier, (2004)169-217.

24. Paterson M. S, Wong T-f. "Experimental rock deformation-The brittle field", 2nd ed. New York: Springer (2005).

25. Baud P., Wong T-F., Zhu W., "Effect of porosity and crack density on the compressive strength of rocks", International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 67 (2014) 202-212.

26. Ayakwash G. F., "Effect of weathering and alteration on point load and slake durability indices and the characterization of the debris flow at the Questa mine", Taos county, New mexico, thesis, New Mexico Institute of Mining and Technology, Socorro (2009).

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1398.13.2.4.7]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.13.2.185]

27. Nunoo S., McLemore V. T., Fakhimi A., Ayakwah G., "The effect of weathering on particle shape of Questa mine material", Society of Mining, Metallurgy and Exploration Annual Convention, preprint Feb (2009).

28. Bahrami S., Fatemi Aghda S. M., Bahrami K., Motamedi Rad M., Poorhashemi S., "Effects of weathering and lithology on the quality of aggregate in the alluvial fans of northeast Rivand, Sabzevar, Iran", Geomorphology, 241 (2015) 19-30.

29. ASTM C131-03, "Standard test method for resistance to degradation of small-size coarse aggregate by abrasion and impact in the Los Angeles machine", Annual Book of ASTM Standards, vol. 04.02, (1990) Philadelphia, PA.

30. ASTM D2216-10, "Standard test methods for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass", Annual Book of ASTM Standards, vol. 04.08, (1990), Philadelphia, PA.

31. ASTM C 702-98., "Standard practice for reducing samples of aggregate to testing size", Annual Book of ASTM Standards, vol. 04.02 (2003).

32. Karimi H., Raeisi E., Bakalowicz M., "Characterizing the main karst aquifers of the Alvand basin, Northwest of Zagros, Iran, by a hydrogeochemical approach". Hydrogeology Journal, 13 (2005) 787-799.

33. Bahrami S., "Tectonic controls on the morphometry of alluvial fans around Danehkhoshk anticline, Zagros, Iran", Geomorphology, 180-181 (2013) 217-230.

۳٤. امامی محمدهاشم، "آتشفشان دماوند و فعالیت‌های احتمالی آن"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳٦۸).

۳۵. انتظام ع.، مهرنوش م.، "زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی دماوند و اطراف آن (البرز مرکزی-ایران)"، آلن باخ، پتر، سازمان زمین‌شناسی کشور (۱۳٤۹).

۳٦. مقیم ع.، "کوهنوردی در ایران"، تهران، انتشارات روزنه (۱۳۸۱).

37. Talling P. J., "Self-organization of river networks to threshold states", Water Resources Research 36 (4) (2000) 1119-1128.

38. Snyder N. P., Whipple K. X., Tucker G. E., Merritts D. M., "Channel response to tectonic forcing: field analysis of stream morphology and hydrology in the Mendocino triple junction region, northern California", Geomorphology, 53 (2003) 97-127.

39. Tucker G. E., Hancock G. R., "Modelling landscape evolution", Earth Surface Processes and Landforms, 35 (2010) 28-50.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1398.13.2.4.7]
[DOI: 10.18869/acadpub.jeg.13.2.185]