پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دورهٔ ۵۳، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۴۰۰
ص ۲۴۸- ۲۳۵

نقش جهت دامنه در تولید رواناب و رسوب سازندهای گچساران و آغاجاری

حمزه سعیدیان*- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات حافظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران
حمیدرضا مرادی- دانشیار دانشکدهٔ منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس، مازندران، نور
سادات فیض‌نیا - استاد پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
نادر بهرامی‌فر- دانشیار دانشکدهٔ منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۰۷

چکیده

جهت شیب به‌طور مستقیم یا با تأثیرگذاری بر سایر عوامل محیطی باعث تغییرِ فرایندهای هیدرولوژیکی خاک به‌ویژه پتانسیل تولید رواناب و رسوب می‌شود. در این تحقیق، به‌منظور بررسی حساسیت به فرسایش جهت‌های اصلی دامنهٔ نهشته‌های سازند گچساران و آغاجاری، بخشی از حوضهٔ آبخیز کوه گچ و مرغا در شهرستان ایذه به‌ترتیب با مساحت ۱۲۰۲ و ۱۶۰۹ هکتار انتخاب شد. این تحقیق به‌منظور تعیین رواناب و رسوب تولیدی در ۱۶ نقطه و با ۳ بار تکرار در سازندهای گچساران و آغاجاری و در شدت‌های مختلف ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه در چهار جهت شمالی، جنوبی، شرقی، و غربی به کمک دستگاه باران‌ساز کامفورست انجام شد. در این تحقیق از نرم‌افزارهای SPSS و EXCEL برای تحلیل داده‌های حاصل از شبیه‌ساز باران استفاده شد. بیشترین میزان رسوب در هر دو سازند گچساران و آغاجاری در شدت‌های ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه مربوط به دامنه‌های شرقی است و بیشترین میزان رواناب در سازند آغاجاری مربوط به دامنهٔ شمالی و در سازند گچساران مربوط به دامنهٔ جنوبی است. میزان رسوب تولیدی نیز در سازند آغاجاری در هر دو شدت یادشده بسیار بیشتر از سازند گچساران است. اما میزان رواناب تولیدی در سازند گچساران بسیار بیشتر از سازند آغاجاری نشان داده شد.

واژگان کلیدی: باران‌ساز، تولید رسوب، جهت دامنه، سازند آغاجاری، سازند گچساران، فرسایش خاک.

مقدمه

از فرسایش‌پذیرترین سازندهای گروه فارس سازندهای گچساران و آغاجاری است. سازند آغاجاری به‌طور هم‌شیب روی سازند میشان قرار دارد. در صورتی که کنگلومرای بختیاری به‌طور دگرشیب سازند آغاجاری را می‌پوشاند. سن این سازند پلیوسن تا میوسن تعیین شده است (احمدی، ۱۳۸۶: ۷۱۴). سازند آغاجاری شامل ماسه‌سنگ آهکی قهوه‌ای، خاکستری، و مارن قرمز ژیپس‌دار و سیلت سنگ است و در مقطع اصلی آن در مسیر جادهٔ امیدیه به میدان نفتی آغاجاری ضخامت آن ۲۹۶۵ متر اندازه‌گیری شده است. وجود مارن‌های ژیپس‌دار این سازند را حساس به انواع فرسایش به‌خصوص فرسایش‌های سطحی، شیاری، هزار دره، و حرکت‌های توده‌ای کرده است. به دلیل اینکه در روی مارن ماسه‌سنگ و سیلت قرار گرفته، در مناطقی که این سنگ‌ها از بین رفته باشند مارن‌ها در سطح قرار گرفته و شرایط اقلیمی، به‌ویژه بارش، موجب ایجاد فرسایش آبی در این سازند می‌شود. یکی دیگر از فرسایش‌پذیرترین سازندهای گروه فارس سازند گچساران است. سازند گچساران حدود ۱۶۰۰ متر ضخامت دارد و از نظر سنگ‌شناسی مشتمل بر نمک، انیدریت،

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۰۹۱۶۳۹۰۰۸۲۷ Email: H.Saeediyan@areeo.ac.ir

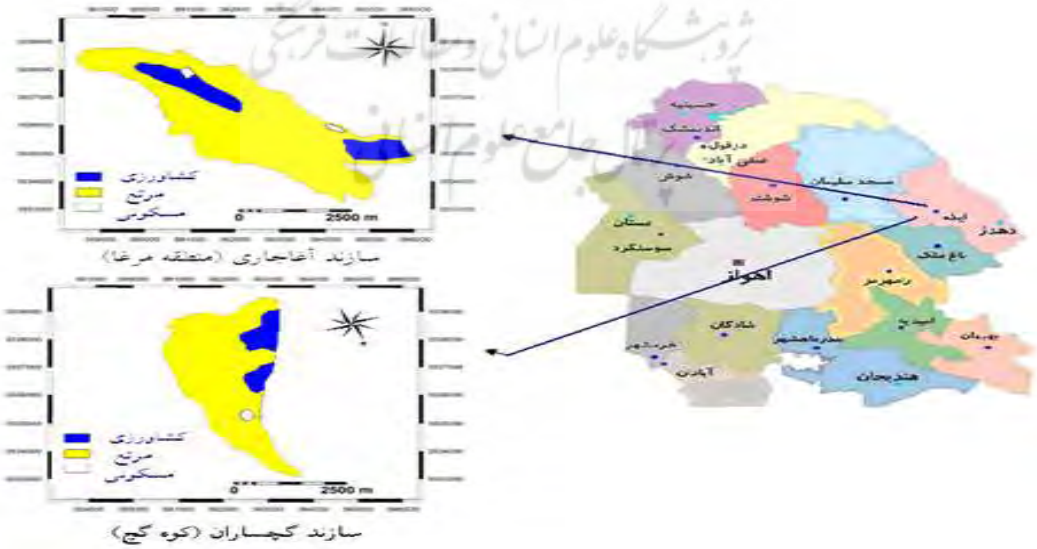
مارن‌های رنگارنگ آهک، و مقداری شیل است. سن گچساران میوسن پایینی است (احمدی، ۱۳۸۶: ۷۱۴) و همچنین سازند گچساران دارای حساسیت بالایی نسبت به فرسایش و رسوب است (فتحی‌زاده و همکاران، ۲۰۱۶: ۱۳). فرسایش نه‌تنها سبب فقیرشدن خاک‌ها و لم‌یزرع شدن اراضی و کاهش تولید می‌شود، بلکه با رسوب‌گذاری خاک‌های فرسایش‌یافته در آبراهه‌ها، مخازن سدها، کانال‌های آبیاری و زهکشی و بنادر از عمر مفید آن‌ها کاسته می‌شود و در نتیجه موجب مضاعف‌شدن خسارات می‌شود. امروزه، حفاظت و مبارزه با فرسایش از ضروری‌ترین اقداماتی است که در هر کشور بایستی به آن توجه خاصی مبذول شود. هرچند فرسایش خاک در طول تاریخ وجود داشته، در سال‌های اخیر با افزایش جمعیت و پیشرفت تکنولوژی شدت یافته است (پیمنتل و هاروی، ۱۹۹۹: ۱۲۳؛ پیمنتل و کونانگ، ۱۹۹۸: ۴۱۶). فرسایش خاک در سراسر جهان به‌عنوان خطری برای رفاه بشر و حتی برای حیات او شناخته شده است. توجه جهانی به برنامه‌های حفاظت خاک نیز دلیلی بر این مدعاست (هادسون، ۱۹۹۳: ۴۶۹). فرسایش خاک در طول بارش یک پدیدهٔ کاملاً طبیعی است که ناشی از فرایند جداسازی خاک توسط ضربهٔ قطره‌های باران و رواناب سطحی و در پی آن جابه‌جایی ذرات در اثر پاشمان و حمل آن توسط رواناب سطحی است (الیسون، ۱۹۴۴: ۱۸۱). اگرچه عوامل مؤثر بر فرسایش خاک تحت تأثیر شرایط زمانی و مکانی متنوع‌اند، مهم‌ترین آن‌ها شامل اقلیم، فرسایش‌پذیری خاک، توپوگرافی، پوشش گیاهی، و نحوهٔ مدیریت اراضی است (چاپلوت و بیسونایس، ۲۰۰۳: ۸۴۴؛ صادقی، ۲۰۰۷: ۱۰۱۲). در بین خصوصیات ذکرشده عامل توپوگرافی از پارامترهای مهم مؤثر بر فرسایش و رسوب است. از جمله خصوصیات توپوگرافی مهم جهت شیب است که به‌طور مستقیم یا با تأثیر روی سایر عوامل محیطی باعث تغییر در فرایندهای هیدرولوژیکی خاک به‌ویژه پتانسیل تولید رواناب و رسوب می‌شود. در این راستا مطالعات متنوع و گسترده‌ای در سراسر جهان در مقیاس‌ها و کاربری‌های مختلف و نیز شرایط طبیعی و شبیه‌سازی‌شده صورت گرفته است. یکی از عوامل مؤثر در رسوب‌زایی حوضه‌های آبخیز جنس سازندهای موجود در منطقه است؛ به‌طوری‌که سازندهای حساس به فرسایش در مقایسه با سازندهای مقاوم دارای پتانسیل رسوب‌دهی بیشتری هستند (فیض‌نیا، ۱۹۹۵: ۹۵). فرسایش‌پذیری خاک فاکتوری اساسی در گرایش خاک‌دانه‌ها به جداشدن است وقتی که در معرض نیروهای فرساینده همچون قطرات باران و آب جاری قرار می‌گیرد (روتون و همکاران، ۲۰۱۱: ۱۹۰). آغاسی و همکاران (۱۹۹۰: ۱۱۰۲) طی بررسی خود روی اثر تندی و جهت شیب بر فرسایش و رواناب نشان دادند جهت دامنه تحت تأثیر وزش باد اثر معنی‌داری روی تولید رواناب و رسوب دارد. در هر دامنه، با افزایش شیب تولید رواناب کاهش ولی تولید رسوب افزایش یافته است که این افزایش در دامنهٔ بادپناه چندان محسوس نبوده؛ حال آنکه در دامنهٔ رو به باد به صورت نمایی فزونی یافته است. سردا و همکاران (۱۹۹۵: ۲۸۹) نیز دریافتند تفاوت پاسخ هیدرولوژیکی خاک در دو دامنهٔ شمالی و جنوبی ناشی از تفاوت پوشش گیاهی دو دامنه بوده که خود تحت تأثیر جهت دامنه و شرایط اقلیمی قرار گرفته است. باتل و همکاران (۲۰۰۴: ۱۶۱) در آبخیزی در جنوب مرکزی آنتاریا کانادا به بررسی فرایندهای هیدرولوژیکی در دو دامنهٔ شرقی و غربی پرداختند و مدلی برای این فرایندها ارائه کردند. در این تحقیق متغیرهای نفوذ، دمای هوا، خصوصیات آب‌های زیرزمینی، و رواناب بررسی شد. نتایج حاکی از آن بود که ضخامت و عمق خاک تأثیر زیادی در فرایندهای هیدرولوژیکی در این منطقه داشته و همچنین آستانهٔ شروع رواناب در دامنهٔ شرقی دیرتر از دامنهٔ غربی بوده است. میاتا و همکاران (۲۰۰۷: ۲۳۶۵) در جنگل‌های سرو ژاپن به بررسی رواناب پرداختند. آن‌ها با استفاده از یک دستگاه باران‌ساز فشاری تأثیر خصوصیات خاک بر تشکیل رواناب در دو دامنهٔ شرقی و غربی حوضهٔ آبخیز هیموتانی- ایک را مطالعه کردند. نتایج نشان داد تشکیل یک لایه آب گریز در پوستهٔ سطح خاک ناشی از تأثیر سوزنی‌برگان مقدار نفوذ دامنهٔ شرقی را نسبت به دامنهٔ غربی افزایش داده و به همین

دلیل مقدار رواناب در دامنهٔ غربی بیشتر بوده است. صادقی و همکاران (۲۰۰۸: ۲۳۰) در برآورد فرسایش خاک در مقیاس کرت‌های آزمایشی و نیز حوضهٔ آبخیز کوچک در منطقهٔ سنگانهٔ خراسان رضوی نشان دادند که مقادیر تولید رواناب و رسوب در دو دامنهٔ شمالی و جنوبی به‌واسطهٔ تولید و تکامل خاک و پوشش گیاهی و نیز دریافت سطوح متفاوت انرژی خورشیدی متفاوت بوده است. کرونا و همکاران (۲۰۱۳: ۸۷۵) به بررسی تخمین رواناب سطحی با استفاده از باران‌ساز پرداختند و نتیجه گرفتند که باران‌سازها می‌توانند بارش‌های واقعی را در شدت‌های بالا و پایین ایجاد کنند. سازندهای آغاجاری و گچساران چون از تشکیلات همسان زمین‌شناسی ایجاد شده‌اند و هر کدام دارای فرایندهای تشکیل خاک و سیستم‌های خاک در ابعاد گستردهٔ یکسان هستند، با استفاده از شبیه‌سازهای باران کوچک‌مقیاس مورد استفاده در این پژوهش- که تقریباً دارای محیط همگنی هستند و با توجه به اینکه فرسایش خاک فرایندی وابسته به مقیاس است و لازم است اندازه‌گیری‌های فرسایش خاک در مقیاس بالا و پایین مقیاس انجام شود (باگارلو و همکاران، ۲۰۱۸: ۱۷۱)- به‌راحتی می‌توان نتایج حاصل از شبیه‌سازی باران را به کل سازندهای آغاجاری و گچساران تعمیم داد. هدف از این پژوهش بررسی نقش پیچیدهٔ جهت دامنه در فرسایش‌پذیری سازندهای آغاجاری و گچساران و مقایسهٔ آن‌ها و همچنین تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های مختلف فرسایش با استفاده از شبیه‌ساز باران است.

مواد و روش‌ها

محدودهٔ مناطق مورد مطالعه

مناطق مورد مطالعه بخشی از حوضه‌های آبخیز مرغا و کوه گچ شهرستان ایذه در استان خوزستان است که به‌ترتیب دارای ۱۶۰۹ و ۱۲۰۲ هکتار مساحت و ارتفاع متوسط ۷۴۰ و ۸۶۰ متر می‌باشند. منطقهٔ مرغا در محدودهٔ طول جغرافیایی ´۳۰ °۴۹ تا ´۳۵ °۴۹ شرقی و عرض جغرافیایی ´۵۵ °۳۱ تا ´۵۸ °۳۱ شمالی و منطقهٔ کوه گچ در محدودهٔ جغرافیایی ″۹ ´۳۰ °۴۹ تا ´۳۵ °۴۹ شرقی و عرض جغرافیایی ″۳۶ ´۵۵ °۳۱ تا ″۳۶ ´۵۸ °۳۱ شمالی واقع است.

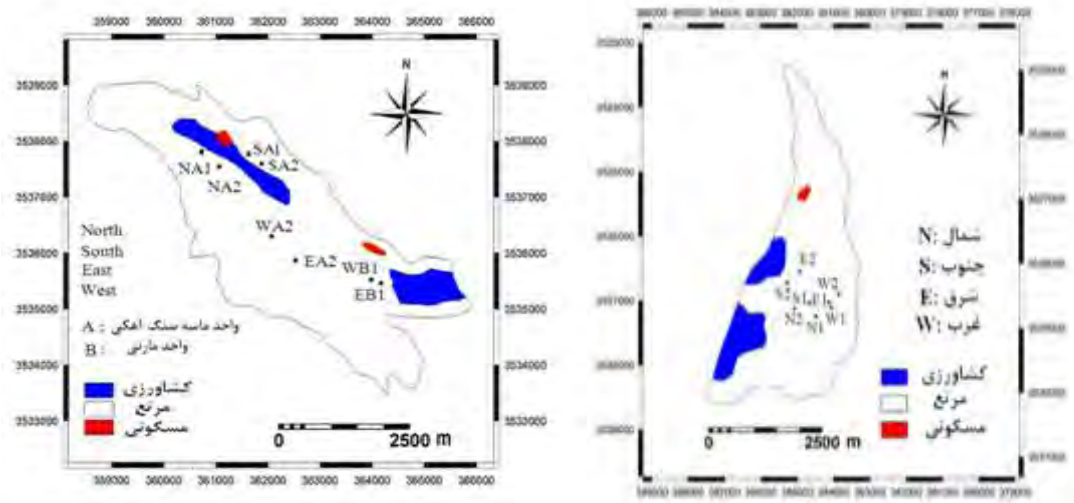


شکل ۱. موقعیت مناطق مورد مطالعه بر روی نقشهٔ ایران و استان (سعیدیان و همکاران، ۱۳۸۹)

برای اجرای این تحقیق، نقشه‌های مورد نیاز، نظیر نقشهٔ توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه، نقشه‌های زمین‌شناسی، جهت دامنه، شیب، و داده‌های بارش از سازمان‌های مربوطه تهیه شد. میزان فرسایش خاک به روش پلات‌های آزمایشی در چهار جهت اصلی (شمالی، جنوبی، شرقی، و غربی) همراه با بارش در دو شدت ۱ و ۱٫۲۵ میلی‌متر در دقیقه اندازه‌گیری شد. برای انجام‌دادن تحقیق از یک دستگاه شبیه‌ساز باران صحرایی (مدل تهیه‌شده در دانشگاه کشاورزی واگنینگن هلند) ساخته‌شده توسط مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور استفاده می‌شود. شبیه‌ساز باران مورداستفاده برای اندازهٔ پلات ۶۲۵ سانتی‌متر مربع طراحی‌شده کاملاً استاندارد بوده و به‌راحتی قابل حمل است. ضمناً، این شبیه‌ساز به‌علت رسیدن قطرات باران به سرعت حد در ارتفاع دومتری نصب شد. این شبیه‌ساز باران برای تعیین خصوصیات فرسایشی خاک، میزان نفوذ آب، و همچنین برای تحقیقات خاک مناسب است و استفاده از آن به‌منظور تعیین فرسایش‌پذیری نهشته‌های سطحی در صحرا روشی استاندارد به‌شمار می‌رود (کامفورست، ۱۹۸۷: ۴۰۷). مساحت پلات‌های آزمایشی برابر ۶۲۵ سانتی‌متر مربع و با شیب هموار و تقریباً نزدیک به صفر که نمایندهٔ جهت‌های اصلی دامنه باشد انتخاب می‌شود. پس از آماده‌کردن محل آزمایش و نصب و تنظیم باران‌ساز، شیر مخزن باز شد و به محض مشاهدهٔ ریزش باران از صفحهٔ ریزش کرنومتر روشن شد. در مدت زمان ۱۰ دقیقه میزان رواناب و رسوب خارج‌شده از پلات با آب معمولی جمع‌آوری و در ظروف شماره‌گذاری‌شده به‌صورت جداگانه نگه‌داری شد (مرادی و سعیدیان، ۲۰۱۰: ۱). پس از پایان آزمایش، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و رسوب موجود در نمونه جدا و پس از خشک‌نمودن در آون تحت حرارت ۱۰۵ درجهٔ سانتی‌گراد توزین شد. همچنین، حجم رواناب خروجی از پلات نیز به‌وسیلهٔ ظرف مدرج اندازه‌گیری شد. بدین ترتیب، نتایج میزان رسوب و رواناب در فواصل زمانی مناسب برای هر آزمایش حاصل شد (رئیسیان، ۱۳۸۴: ۱۵۶). با توجه به هزینه و زمان، حداقل در ۸ سطح (در هر جهت اصلی دو سطح) و هر سطح ۳ بار تکرار برای به‌کارگیری باران‌ساز در سازند گچساران به صورت تصادفی مشخص و به همین تعداد نمونه رسوب برداشته شد. سپس، در سازند آغاجاری نیز حداقل در ۸ سطح (در هر جهت اصلی دو سطح) و هر سطح ۳ بار تکرار برای به‌کارگیری باران‌ساز مشخص و به همین تعداد نمونهٔ رسوب برداشته شد. در سازند آغاجاری نیز نمونه‌ها به همین شکل و به صورت تصادفی برداشت شد. سپس، برای تجزیه و تحلیل اطلاعات و به‌منظور انجام‌دادن کلیهٔ تجزیه و تحلیل‌های آماری از نرم‌افزار SPSS و EXCEL استفاده شد. در متغیرهایی که حالت نرمال داشتند از آزمون t غیرجفتی به‌علت متفاوت‌بودن دو سازند استفاده شد و در متغیرهایی که حالت غیرنرمال داشتند از آزمون‌های ناپارامتریک و آزمون من- ویتنی استفاده شد (سعیدیان و همکاران، ۱۳۸۹: ۱). همچنین، برای مقایسهٔ متغیرها در هر سازند در صورت نرمال‌بودن از t جفتی و در صورت نرمال‌نبودن از آزمون ویلکاکسون استفاده شد.

الف ب

شکل ۲. نقشه‌های جهت مناطق مورد مطالعه: الف) منطقهٔ مرغا؛ ب) منطقهٔ کوه گچ (سعیدیان و همکاران، ۱۳۸۹)



ب الف

شکل ۳. نقشه‌های نقاط نمونه‌برداری در مناطق مورد مطالعه: الف) منطقهٔ کوه گچ؛ ب) منطقهٔ مرغا

یافته‌های پژوهش

هدف از انجام‌دادن این تحقیق بررسی نقش جهت‌های اصلی دامنه در رسوب‌زایی و فرسایش‌پذیری نهشته‌های سازند گچساران و آغاجاری و همچنین مقایسهٔ رواناب و رسوب دو سازند در بخشی از حوضهٔ آبخیز کوه گچ و مرغا در شهرستان ایذه است. برای دست‌یابی به اهداف، پس از انتخاب منطقهٔ مورد مطالعه، نقشه‌های کاربری اراضی، شیب، جهت، و خطوط ارتفاعی تهیه شد. در هر یک از جهت‌های اصلی دامنه، آزمایش‌های شبیه‌ساز باران انجام گرفت تا رواناب و رسوب تولیدی تعیین شود.

جدول ۱. مقایسهٔ پارامترهای مؤثر در فرسایش در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه در سازندهای گچساران و آغاجاری

جهت‌های دامنه	مناطق مورد مطالعه	رسوب شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه	رواناب شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه	شروع رواناب و رسوب شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه	نفوذ شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه
شمالی	آغاجاری- گچساران	۰/۴۲۳	۰/۸۲۹	۰/۱۲۳	۰/۸۲۹
جنوبی	آغاجاری- گچساران	۰/۰۳۱	۰/۰۹۲	۰/۰۰۴ **	۰/۰۹۲
شرقی	آغاجاری- گچساران	۰/۴۱۲	۰/۱۷۳	۰/۳۳۷	۰/۱۷۳
غربی	آغاجاری- گچساران	۰/۳۳۲	۰/۳۴۰	۰/۰۹۰	۰/۳۴۰

** سطح معنی‌داری ۱ درصد

جدول ۲. مقایسهٔ پارامترهای مؤثر در فرسایش در شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه در سازندهای گچساران و آغاجاری

جهت‌های دامنه	مناطق مورد مطالعه	رسوب شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه	رواناب شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه	شروع رواناب و رسوب شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه	نفوذ شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه
شمالی	آغاجاری- گچساران	۰/۵۹۲	۰/۳۳۶	۰/۸۶۲	۰/۳۳۶
جنوبی	آغاجاری- گچساران	۰/۰۱۳ *	۰/۰۰۰ **	۰/۰۰۴ **	۰/۰۰۰ **
شرقی	آغاجاری- گچساران	۰/۰۹۶	۰/۲۷۲	۰/۰۵۵	۰/۲۷۲
غربی	آغاجاری- گچساران	۰/۰۱۶ *	۰/۰۸۷	۰/۸۶۰	۰/۰۸۷

* سطح معنی‌داری ۵ درصد ** سطح معنی‌داری ۱ درصد

جدول ۳. مقایسهٔ پارامترهای مؤثر در فرسایش در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه در جهت‌های مختلف سازند گچساران

جهت‌های دامنه	منطقهٔ مورد مطالعه	رسوب شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه	رواناب شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه	شروع رواناب و رسوب شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه	نفوذ شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه
شمالی- جنوبی	گچساران	۰/۱۰۰	۰/۵۷۸	۰/۰۴۶ *	۰/۵۷۸
شمالی- شرقی	گچساران	۰/۲۱۷	۰/۹۷۲	۰/۰۲۸ *	۰/۹۷۲
شمالی- غربی	گچساران	۰/۱۳۸	۰/۱۱۷	۰/۰۲۷ *	۰/۱۱۷
جنوبی- شرقی	گچساران	۰/۶۳۱	۰/۹۰۵	۰/۰۲۷ *	۰/۹۰۵
جنوبی- غربی	گچساران	۰/۴۳۹	۰/۰۴۰ *	۰/۰۲۸ *	۰/۰۴۰ *
شرقی- غربی	گچساران	۰/۴۸۸	۰/۱۰۸	۰/۰۸۰	۰/۱۰۸

*** سطح معنی‌داری ۵ درصد**

جدول ۴. مقایسه پارامترهای مؤثر در فرسایش در شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه در جهت‌های مختلف سازند گچساران

جهت‌های دامنه	منطقه مورد مطالعه	رسوب شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه	رواناب شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه	شروع رواناب و رسوب شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه	نفوذ شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه
شمالی – جنوبی	گچساران	۰/۲۵۸	۰/۰۰۶ **	۰/۰۱۴ *	۰/۰۰۶ **
شمالی – شرقی	گچساران	۰/۲۳۶	۰/۷۶۴	۰/۷۰۱	۰/۷۶۴
شمالی – غربی	گچساران	۰/۹۱۲	۰/۰۱۰ *	۰/۰۱۴ *	۰/۰۱۰ *
جنوبی – شرقی	گچساران	۰/۷۷۵	۰/۰۵۴	۰/۰۴۹ *	۰/۰۵۴
جنوبی – غربی	گچساران	۰/۳۳۱	۰/۰۰۵ **	۰/۰۰۷ **	۰/۰۰۵ **
شرقی – غربی	گچساران	۰/۲۲۸	۰/۲۲۴	۰/۰۲۱ *	۰/۲۲۴

*** سطح معنی‌داری ۵ درصد ** سطح معنی‌داری ۱ درصد**

جدول ۵. مقایسهٔ پارامترهای مؤثر در فرسایش در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه در جهت‌های مختلف سازند آغاجاری

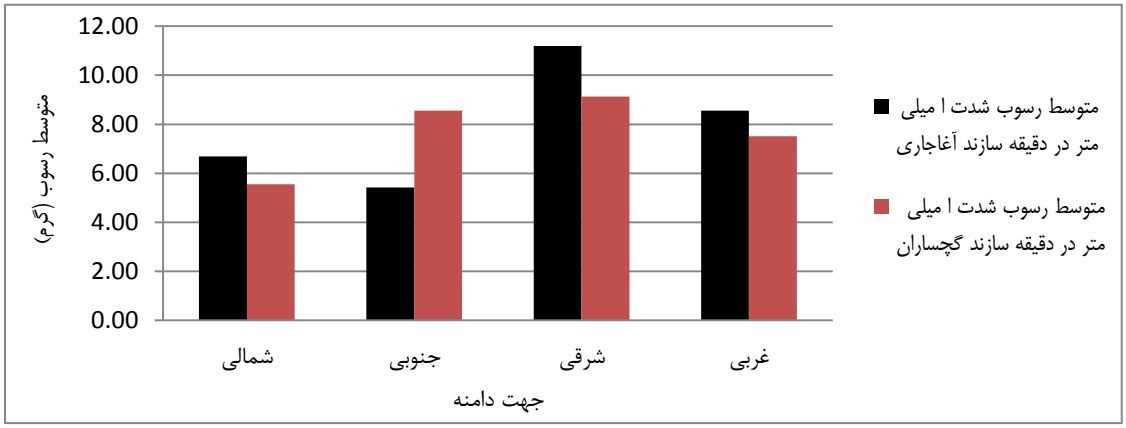
جهت‌های دامنه	منطقهٔ مورد مطالعه	رسوب شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه	رواناب شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه	شروع رواناب و رسوب شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه	نفوذ شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه
شمالی- جنوبی	آغاجاری	۰/۵۶۴	۰/۰۸۰	۰/۰۲۱ *	۰/۰۸۰
شمالی- شرقی	آغاجاری	۰/۱۱۴	۰/۰۷۵	۰/۰۰۰ **	۰/۰۷۵
شمالی- غربی	آغاجاری	۰/۱۵۰	۰/۰۲۸ *	۰/۳۴۶	۰/۰۲۸ *
جنوبی- شرقی	آغاجاری	۰/۰۰۸ **	۱	۰/۲۳۷	۱
جنوبی- غربی	آغاجاری	۰/۰۴۸ *	۰/۷۵۳	۰/۰۰۲ **	۰/۷۵۳
شرقی- غربی	آغاجاری	۰/۱۳۶	۰/۹۱۶	۰/۰۸۶	۰/۹۱۶

*** سطح معنی‌داری ۵ درصد ** سطح معنی‌داری ۱ درصد**

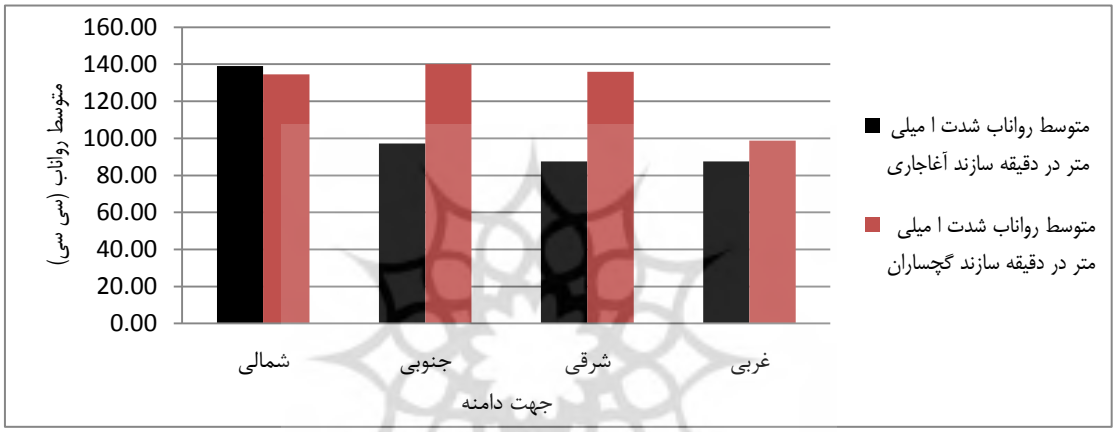
جدول ۶. مقایسه پارامترهای مؤثر در فرسایش در شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه در جهت‌های مختلف سازند آغاجاری

جهت‌های دامنه	منطقهٔ مورد مطالعه	رسوب شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه	رواناب شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه	شروع رواناب و رسوب شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه	نفوذ شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه
شمالی- جنوبی	آغاجاری	۰/۱۱۲	۰/۰۰۹ **	۰/۰۰۱ **	۰/۰۰۹ **
شمالی- شرقی	آغاجاری	۰/۲۰۴	۰/۰۴۲ *	۰/۰۲۹ *	۰/۰۴۲ *
شمالی- غربی	آغاجاری	۰/۳۴۸	۰/۰۱۵ *	۰/۱۳۱	۰/۰۱۵ *
جنوبی- شرقی	آغاجاری	۰/۰۰۲ **	۰/۱۹۶	۰/۰۳۸ *	۰/۱۹۶
جنوبی- غربی	آغاجاری	۰/۰۰۱ **	۰/۳۷۱	۰/۰۰۱ **	۰/۳۷۱
شرقی- غربی	آغاجاری	۰/۱۳۶	۰/۶۹۷	۰/۴۱۴	۰/۶۹۷

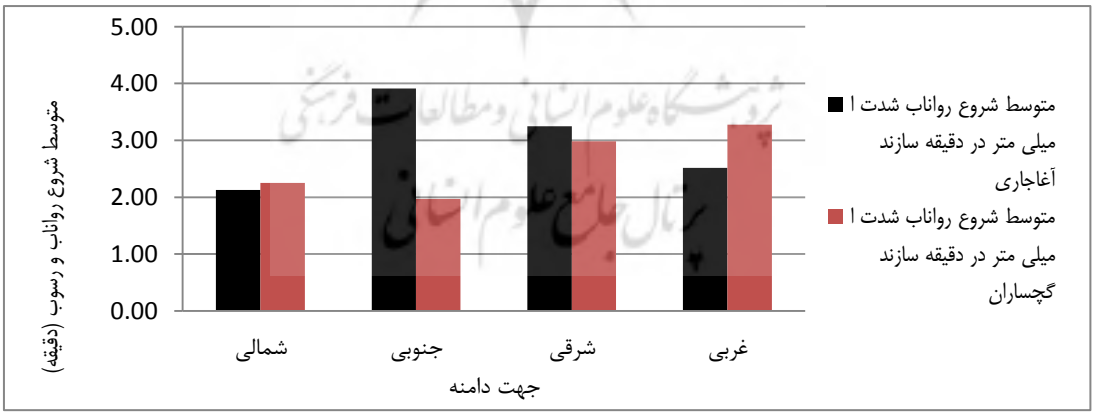
*** سطح معنی‌داری ۵ درصد ** سطح معنی‌داری ۱ درصد**



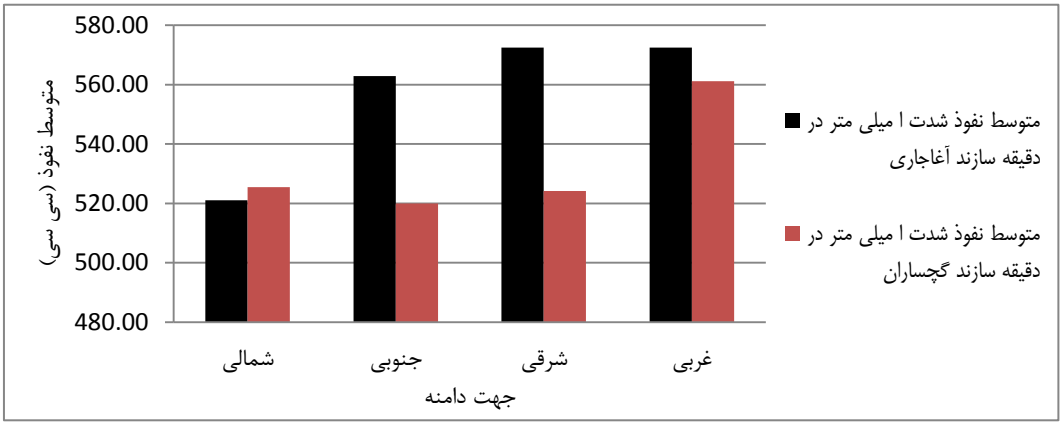
شکل ۴. مقایسهٔ رسوب تولیدی در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه در سازندهای گچساران و آغاجاری



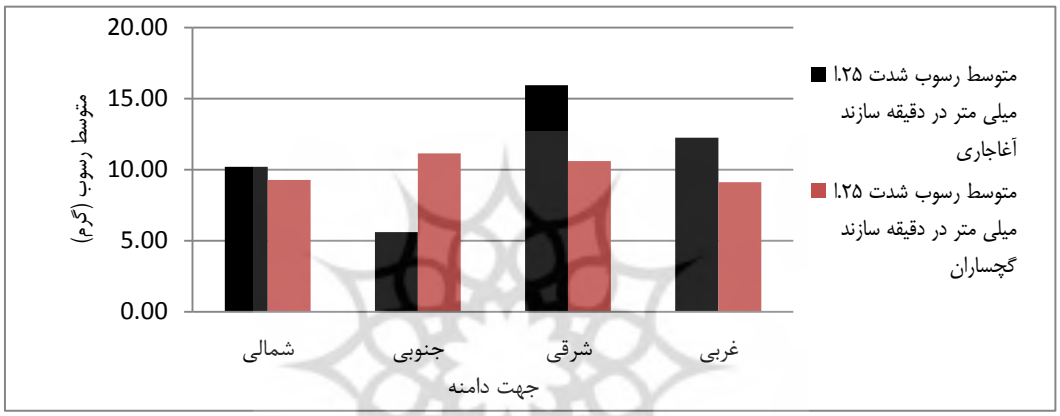
شکل ۵. مقایسهٔ رواناب تولیدی در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه در سازندهای گچساران و آغاجاری



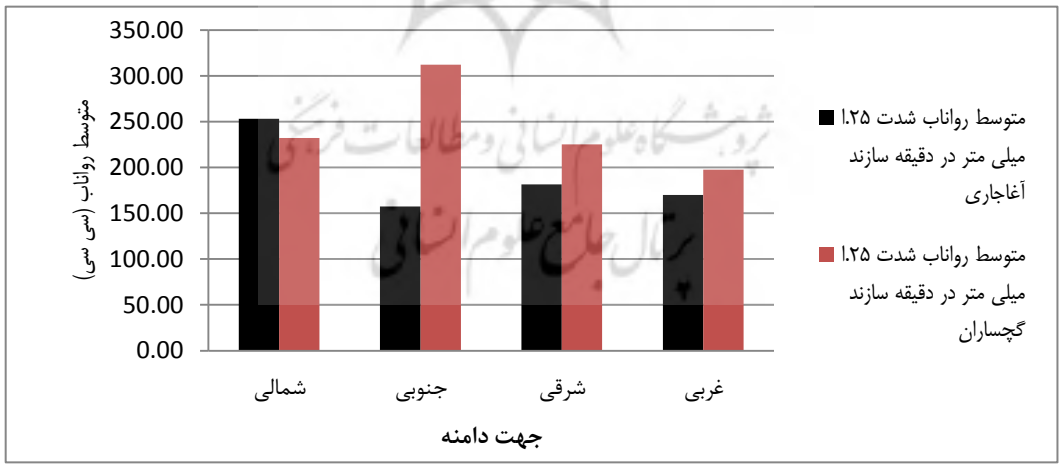
شکل ۶. مقایسهٔ شروع رواناب و رسوب در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه در سازندهای گچساران و آغاجاری



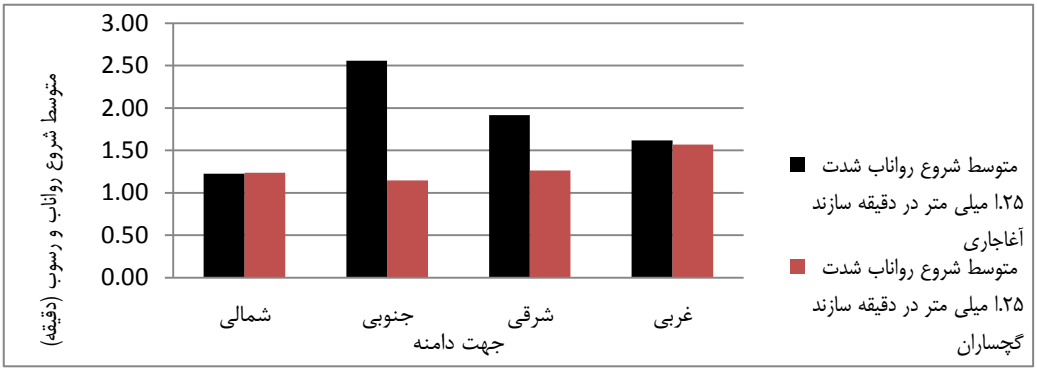
شکل ۷. مقایسهٔ میزان نفوذپذیری در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه در سازندهای گچساران و آغاجاری



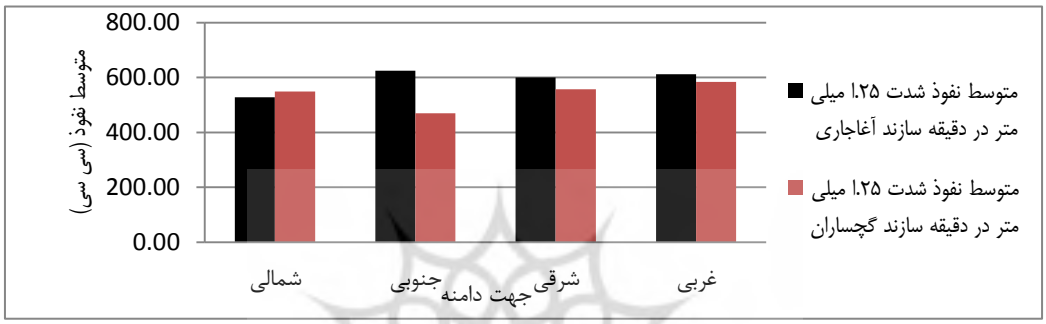
شکل ۸. مقایسهٔ رسوب تولیدی در شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه در سازندهای گچساران و آغاجاری



شکل ۹. مقایسهٔ رواناب تولیدی در شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه در سازندهای گچساران و آغاجاری



شکل ۱۰. مقایسهٔ شروع رواناب و رسوب در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه در سازندهای گچساران و آغاجاری



شکل ۱۱. مقایسهٔ میزان نفوذپذیری در شدت ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه در سازندهای گچساران و آغاجاری

بحث و نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر با هدف مقایسهٔ رواناب و رسوب در جهت‌های مختلف دامنه در سازندهای گچساران و آغاجاری انجام گرفت. در این تحقیق چهار جهت شمالی، جنوبی، شرقی، و غربی از نظر میزان رواناب و رسوب تولیدی با هم در دو شدت ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر در دقیقه به‌وسیلهٔ باران‌ساز کامفورست با ارتفاع دو متر مقایسه شدند.

مقایسهٔ تولید رسوب در جهت‌های اصلی دامنه در سازندهای گچساران و آغاجاری

درمجموع، از نظر میزان رسوب تولیدی در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه در سازند آغاجاری دامنه‌های شرقی و غربی دارای بیشترین مقدار تولید رسوب و دامنه‌های شمالی و جنوبی دارای کمترین مقدار تولید رسوب می‌باشند و در سازند گچساران به‌ترتیب دامنه‌های شرقی و جنوبی دارای بیشترین مقدار تولید رسوب و دامنه‌های غربی و شمالی دارای کمترین مقدار تولید رسوب می‌باشند. درمجموع، در این شدت سازند آغاجاری دارای بیشترین میزان رسوب تولیدی نسبت به سازند گچساران است. البته، اختلاف معنی‌داری در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه در میزان رسوب نشان داده نشد. سازند آغاجاری به‌علت اینکه دارای سیلت معمولاً بیش از ۳۰ درصد و رس بیش از ۲۰ درصد است، فرسایش‌پذیری نسبتاً بالایی دارد و رسوب زیادی تولید می‌کند و سازند گچساران به‌علت اینکه سنگ بستر گچی در فاصلهٔ بسیار کمی از سطح خاک است و حتی در خیلی از مناطق این سازند در سطح زمین است، سنگ بستر گچی سخت لایه‌ای را تشکیل می‌دهد که معمولاً نسبتاً مقاوم است که به این علت فرسایش‌پذیری کمتری نسبت به سازند آغاجاری نشان داد.

شکل ۱۲. نمایی از بیرون‌زدگی سنگ بستر گچی در سازند گچساران

دلیل دیگر اینکه در سازند آغاجاری فرایند خاک‌سازی به‌مراتب بیشتر از سازند گچساران انجام می‌گیرد و سازند گچساران بیشتر از سخت لایهٔ گچی تشکیل شده است. دامنه‌های شرقی در هر دو سازند به‌علت اینکه تحت تأثیر سایه می‌باشند و در صورتی که سایه فراهم باشد، پوشش گیاهی در این سازندها به‌صورت پراکنده ایجاد می‌شود و به مرور زمان در این دامنه‌ها خاک به‌صورت نرم و قابل انتقال درمی‌آید. بنابراین، دارای فرسایش بیشتری نسبت به سایر دامنه‌هاست. و در دامنه‌های جنوبی و غربی به‌علت اینکه تحت تأثیر مستقیم خورشیدند، تبخیر در خاک این دامنه‌ها خیلی زیاد بوده و باعث کوبیده‌شدن خاک توسط قطرات باران می‌شود و به‌مرور زمان دارای خاکی محکم و انتقال‌ناپذیر می‌شود. در نتیجه فرسایش کمتر می‌شود.

مقایسهٔ تولید رواناب در جهت‌های اصلی دامنه در سازندهای گچساران و آغاجاری

از نظر میزان رواناب تولیدی در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه در سازند آغاجاری دامنه‌های شمالی و جنوبی دارای بیشترین مقدار رواناب و دامنه‌های غربی و شرقی به‌ترتیب دارای کمترین رواناب تولیدی‌اند. در سازند گچساران دامنه‌های جنوبی و شرقی دارای بیشترین مقدار تولید رواناب و دامنه‌های شمالی و غربی دارای کمترین مقدار رواناب تولیدی‌اند. درمجموع، سازند گچساران دارای رواناب تولیدی بیشتری نسبت به سازند آغاجاری است. البته، در مقایسهٔ جهت‌های دامنه در سازندهای گچساران و آغاجاری اختلاف معنی‌داری در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه در میزان رواناب در دامنهٔ جنوبی نشان داده شد. ولی در بقیهٔ دامنه‌ها اختلاف معنی‌داری نشان داده نشد. در سازند گچساران به‌علت وجود سخت لایهٔ گچی در نزدیکی سطح خاک رواناب به‌مراتب بسیار بیشتر از سازند آغاجاری است.

مقایسهٔ شروع آستانهٔ رواناب و رسوب در جهت‌های اصلی دامنه در سازندهای گچساران و آغاجاری

از نظر میزان شروع رواناب و رسوب در سازند آغاجاری در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه دامنه‌های جنوبی و شرقی دارای بیشترین زمان شروع رواناب و رسوب و دامنه‌های غربی و شمالی دارای کمترین زمان شروع رواناب و رسوب می‌باشند. در سازند گچساران نیز دامنه‌های غربی دارای بیشترین زمان شروع رواناب و رسوب و دامنه‌های شمالی دارای کمترین زمان بودند. درمجموع، زمان شروع رواناب و رسوب در سازند آغاجاری بیشتر از سازند گچساران به‌جز اختلاف اندکی در دامنه‌های غربی و شمالی است. البته، در مقایسهٔ جهت‌های دامنه در سازندهای گچساران و آغاجاری در دامنهٔ جنوبی در شروع رواناب و رسوب اختلاف معنی‌داری نشان داده شد. ولی در بقیهٔ دامنه‌ها اختلاف معنی‌داری نشان داده نشد. زمان

شروع رواناب و رسوب در سازند آغاجاری نیز- به‌علت اینکه دارای درصد رس زیادی است و رس دارای سطح ویژهٔ بالایی است و آب را بیشتر جذب می‌کند- به‌مراتب دیرتر از سازند گچساران است.

مقایسهٔ میزان نفوذپذیری در جهت‌های اصلی دامنه در سازندهای گچساران و آغاجاری

از نظر میزان نفوذپذیری در سازند آغاجاری دامنه‌های شرقی و جنوبی دارای بیشترین میزان نفوذپذیری و دامنه‌های غربی و شمالی دارای کمترین میزان نفوذپذیری می‌باشند که با نتایج تحقیق میاتا و همکاران (۲۰۰۷: ۲۳۷۶) مطابقت دارد و در سازند گچساران نیز دامنه‌های غربی و شرقی دارای بیشترین میزان نفوذپذیری و دامنه‌های جنوبی و شمالی دارای کمترین میزان نفوذپذیری می‌باشند. درمجموع، در سازند آغاجاری میزان نفوذپذیری بسیار بیشتر از سازند گچساران است. البته، در مقایسه جهت‌های دامنه در سازندهای گچساران و آغاجاری اختلاف معنی‌داری در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه در میزان نفوذپذیری نشان داده نشد.

مقایسهٔ کلی مؤلفه‌های مختلف فرسایش در سازندهای گچساران و آغاجاری

از نظر میزان رسوب تولیدی در شدت ۱٫۲۵ میلی‌متر در دقیقه نیز در سازند آغاجاری دامنه‌های شرقی و غربی دارای بیشترین مقدار تولید رسوب و دامنه‌های شمالی و جنوبی دارای کمترین مقدار تولید رسوب می‌باشند. در سازند گچساران نیز در همین شدت دامنه‌های جنوبی و شرقی دارای بیشترین مقدار تولید رسوب و دامنه‌های غربی و شمالی دارای کمترین مقدار تولید رسوب می‌باشند. درمجموع، در این شدت نیز مانند شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه سازند آغاجاری رسوب تولیدی بیشتری نسبت به سازند گچساران از خود نشان داد. البته، در مقایسهٔ جهت‌های دامنه در سازندهای گچساران و آغاجاری از نظر میزان تولید رسوب اختلاف معنی‌داری در دامنه‌های جنوبی و غربی در شدت ۱٫۲۵ میلی‌متر در دقیقه نشان داده شد. ولی در بقیهٔ دامنه‌ها اختلاف معنی‌داری نشان داده نشد. از نظر میزان رواناب تولیدی در شدت ۱٫۲۵ میلی‌متر در دقیقه نیز در سازند آغاجاری دامنه‌های شمالی و شرقی دارای بیشترین مقدار رواناب و دامنه‌های غربی و جنوبی دارای کمترین میزان رواناب تولیدی‌اند. البته، دامنه‌های شرقی، غربی، و جنوبی دارای اختلاف ناچیزی می‌باشند که با نتایج تحقیق کیردون و یر (۱۹۹۷: ۱۱۶۹) و کری و وو (۱۹۹۹: ۲۵۴۹) مطابقت دارد. در سازند گچساران نیز در همین شدت دامنه‌های جنوبی، شرقی، و شمالی دارای بیشترین میزان رواناب و دامنهٔ غربی دارای کمترین میزان رواناب می‌باشند که با نتایج تحقیق اسکات و هانگ (۱۹۹۷: ۱۳۱) مطابقت دارد، که دامنه‌های شرقی و شمالی دارای اختلاف ناچیزی می‌باشند.

شکل ۱۳. نمایی کلی از سازند آغاجاری

در مجموع، نیز میزان رواناب تولیدی در شدت بارش ۱٫۲۵ میلی‌متر در دقیقه در سازند گچساران بسیار بیشتر از سازند آغاجاری است که به همان جنس سازند گچساران برمی‌گردد. البته، در مقایسهٔ جهت‌های دامنه در سازندهای گچساران و

آغاجاری از نظر میزان رواناب اختلاف معنی‌داری در دامنه‌های جنوبی در شدت ۱٫۲۵ میلی‌متر در دقیقه نشان داده شد. ولی در بقیهٔ دامنه‌ها اختلاف معنی‌داری نشان داده نشد. از نظر میزان شروع رواناب و رسوب نیز در سازند آغاجاری دامنه‌های جنوبی و شرقی دارای بیشترین زمان شروع رواناب و رسوب و دامنه‌های غربی و شمالی به‌ترتیب دارای کمترین زمان شروع رواناب و رسوب‌اند. در سازند گچساران بیشترین زمان شروع رواناب و رسوب مربوط به دامنه‌های غربی و شرقی و کمترین زمان مربوط به دامنه‌های شمالی و جنوبی است. درمجموع، زمان شروع رواناب و رسوب در شدت ۱٫۲۵ میلی‌متر در دقیقه در سازند آغاجاری بسیار بیشتر از سازند گچساران است. در مقایسه جهت‌های دامنه در سازندهای گچساران و آغاجاری از نظر شروع رواناب و رسوب اختلاف معنی‌داری در دامنه‌های جنوبی در شدت ۱٫۲۵ میلی‌متر در دقیقه نشان داده شد. ولی در بقیهٔ دامنه‌ها اختلاف معنی‌داری نشان داده نشد. از نظر میزان نفوذپذیری در شدت بارش ۱٫۲۵ میلی‌متر در دقیقه در سازند آغاجاری نیز دامنه‌های جنوبی و غربی دارای بیشترین میزان نفوذ و دامنه‌های شرقی و شمالی دارای کمترین میزان نفوذ می‌باشند. در سازند گچساران نیز از نظر میزان نفوذپذیری دامنه‌های غربی، شرقی، شمالی، و جنوبی دارای بیشترین تا کمترین میزان نفوذ می‌باشند. درمجموع نیز میزان نفوذپذیری در سازند آغاجاری بسیار بیشتر از سازند گچساران در شدت ۱٫۲۵ میلی‌متر در دقیقه نشان داده شد که به وجود درصد رس زیاد در سازند آغاجاری اشاره دارد. البته، در مقایسهٔ جهت‌های دامنه در سازندهای گچساران و آغاجاری از نظر میزان نفوذپذیری اختلاف معنی‌داری در دامنه‌های جنوبی در شدت ۱٫۲۵ میلی‌متر در دقیقه نشان داده شد. ولی در بقیهٔ دامنه‌ها اختلاف معنی‌داری نشان داده نشد. از نظر مقایسهٔ میزان رسوب تولیدی در جهت‌های مختلف دامنه در سازند گچساران در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه اختلاف معنی‌داری نشان داده نشد. ولی از نظر میزان رواناب تولیدی و میزان نفوذپذیری دامنه‌های جنوبی- غربی دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشند. در شدت ۱٫۲۵ میلی‌متر در دقیقه نیز رسوب تولیدی اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. ولی میزان رواناب اختلاف معنی‌داری را در دامنه‌های شمالی- جنوبی، شمالی- غربی، و جنوبی- غربی نشان داد. از نظر مقایسهٔ میزان رسوب تولیدی در جهت‌های مختلف دامنه در سازند آغاجاری در شدت ۱ میلی‌متر در دقیقه اختلاف معنی‌داری در دامنه‌های جنوبی- شرقی و جنوبی- غربی نشان داده شد. ولی از نظر میزان رواناب تولیدی و میزان نفوذپذیری دامنه‌های شمالی- غربی دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشند. در شدت ۱٫۲۵ میلی‌متر در دقیقه نیز رسوب تولیدی در دامنه‌های جنوبی- شرقی و جنوبی- غربی اختلاف معنی‌داری نشان داده نشد. ولی میزان رواناب اختلاف معنی‌داری را در دامنه‌های شمالی- جنوبی، شمالی- شرقی، و شمالی- غربی نشان داد. از نظر میزان تولید رسوب در سازندهای گچساران و آغاجاری، درمجموع در دو شدت ۱ و ۱٫۲۵ میلی‌متر در دقیقه در دامنهٔ شرقی بیشترین میزان است. ولی از نظر میزان رواناب در سازند آغاجاری دامنهٔ شمالی بیشترین رواناب و در سازند گچساران دامنهٔ جنوبی بیشترین میزان رواناب را داراست. از نظر میزان نفوذپذیری نیز در سازند آغاجاری دامنهٔ جنوبی و در سازند گچساران دامنهٔ غربی بیشترین میزان نفوذ را در دو شدت یادشده داراست. درمجموع، میزان رسوب تولیدی در سازند آغاجاری بسیار بیشتر از سازند گچساران نشان داده شد. ولی میزان رواناب در سازند گچساران بسیار بیشتر از سازند آغاجاری نشان داده شد. از نوع‌آوری این تحقیق بررسی نقش چهار جهت اصلی دامنه به‌طور هم‌زمان در دو سازند بسیار فرسایش‌پذیر آغاجاری و گچساران است؛ در حالی که بسیاری از تحقیقات مشابه مانند میاتا و همکاران (۲۰۰۷: ۲۳۶۵)، محمدزاده (۲۰۰۵: ۶۷۳)، و صادقی و همکاران (۲۰۰۸: ۲۳۰) بر روی دو جهت اصلی دامنه پژوهش‌هایی انجام داده‌اند. همچنین، نقش پیچیدهٔ جهت‌های دامنه در رواناب و رسوب در این تحقیق به‌خوبی مشهود است و باید برای کاهش رواناب و رسوب به نقش جهت دامنه برای طراحی سازه‌های آبخیزداری توجه کافی مبذول شود.

منابع

احمدی، ح. (۱۳۸۶). *ژئومورفولوژی کاربردی*، ج ۱: *فرسایش آبی*، چ ۵، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

رئیسیان، ر. (۱۳۸۴). *بررسی میزان فرسایش و رسوب در حوضهٔ گرگک با استفاده از باران‌ساز*، پژوهشکدهٔ حفاظت خاک و آبخیزداری.

سعیدیان، ح.؛ مرادی، ح. و ترنیان، ف. (۱۳۸۹). مقایسهٔ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در کاربری‌های مختلف سازندهای آجاری و گچساران، مجلهٔ *منابع طبیعی ایران*، ۶۳: ۱-۱۲.

Agassi, M.; Shainberg, I. and Morin, J. (1990). Slope, Aspect, and Phosphogypsum Effect on Runoff and Erosion, *Soil Science Society of America Journal*, 54: 1102-1106.

Bagarello, V.; Ferro, V.; Keesstra, S.; Comino, J. R.; Pulido, M. and Cerda, A. (2018). Testing simple scaling in soil erosion processes at plot scale, *Catena*, 167: 171-180.

Buttle, M. J.; Dillon, P. J. and Eerkes, G. R. (2004). Hydrologic Coupling of Slopes, Riparian Zones and Streams: an Example frome the Canadian Shield, *Journal of Hydrology*, 287: 161-177.

Carey, S. K. and Woo, M. (1999). Hydrology of Two Slopes in Subarctice Yukon, Canada, *Hydrological Processes*, 13: 2549-2562.

Cerdà, A.; Imeson, A.C. and Calvo, A. (1995). Fire and aspect induced differences on the erodibility and hydrology of soils at La Costera, Valencia, southeast Spain. *Catena*. 24: 289-304.

Chaplot, V. A. M. and Bissonnais, Y.L. (2003). Runoff Features for interrill erosion at different rainfall intensities,slope length and gradient in an agricultural Loessial hillslope. Soil Science Society of America Journal. 67: 844-851.

Corona, R.; Wilson, T.; Adderio, L.; Porcu, F.; Montaldo, N. and Albertson, J. (2013). On the estimation of surface runoff through a new plot scale rainfall simulator in sardinia, Italy, *Procedia Environmental Sciences*, 19: 875-884.

Ellison, W.D. (1944). Studies of raindrop erosion. *Agriculture Engineer*. 25(131-136): 181-182.

Fathizadeh, H.; Karimi, H. and Tavakoli, M. (2016). The Role of Sensitivity to Erosion of Geological Formations in Erosion and Sediment Yield (Case Study: Sub-Basins of Doiraj river in ilam province), *Journal of Watershed Management*, 7(13).

Feyznia, S. (1995). Resistance of stones in erosion in Iran different climates, *Iran natural resources journal*, 47: 95-116.

Hudson, N. (1993). *Soil conservation, Version of hossain ghadiri*, Ahwaz chamran martry university publications.

Kamphorst, A. (1987). A small rainfall simulator for the determination of soil erodibility, *Netherlands journal of agricultural science*, 35: 407-415.

Kidron, G. J. and Yair, A. (1997). Rainfall-Runoff Relationship Over Encrusted Dune Surfaces, Nizzana, Western Negev, Israel, *Earth Surface Processes and Landform*, 22: 1169-1184.

Miyata, S.; Kosugi, K.; Gomi, T.; Onda, Y. and Mizuyama, T. (2007). Surface Runoff as Affected by Soil Water Repellency in a Japanese Cypress Forest, *Hydrological Processess*, 21: 2365-2376.

Mohhamadzadeh, E. (2005). Investigation of effect slope aspect and steepness in erosion marls with using of rain simulator in guechy watershed ares in Ardabil province, *The third of sediment and erosion national conference*, *Tehran*, 6-9 Agust: 673-678.

Moradi, H. R. and Saidian, H. (2010). Comparing The Most Important Factors in the Erosion and Sediment Production in Different Land Uses, *Journal of Environmental Science and Engineering*, 4(11): 1-11.

Pimentel, D. and Harvey, C. (1999). Ecological Effects of Erosion, In: Walker, L.R (ed), *Ecosystems of Disturbed Ground*, PP. 123-135.

Pimentel, D. and Kounang, N. (1998). Ecology of Soil Erosion, *Ecosystems of Disturbed Ground*, 1: 416-426.

Rhoton, F.; McChesney, D. and Schomberg, H. (2011). Erodibility of a Sodic Soil Amended With FGD Gypsum, World of coal ash (WOCA) Conference, May 9 -12, In Denver, Co, USA. *Soil Science*, 176(4): 190-195.

Sadeghi, S.H.R. (2007). Analysis of the relation of eriosion with soil hydphobicity phenomenon, the papers of tenth soil sciences congress in Iran, *Tehran natural university and agricultural paradise*, Karaj, 4 to 6 Agust 2007: 1012-1013.

Sadeghi, S.H.R.; Bashari seh ghaleh, M. and Rangavar, E. (2008). Comparison of sediment changes with slope aspect and plot length in the estimation of soil erosion due to rainfall, *Soil and water journal (agriculture industries and sciences)*, 22(2): 230-239.

Scott Munro, D. and Hung, L.J. (1997). Rainfall, Evaporation and Runoff Responses to Hillslope spect in the Shenchong Basin, *Catena*, 29:131-144.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی