دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

تاثیر توپوگرافی، شیب و اقلیم بر میزان تولید رواناب در اراضی مارنی استان زنجان با استفاده از شبیه‌ساز باران

پرویز عبدی نژاد[۱]، سادات فیض نیا[۲] و حمیدرضا پیروان[۳]

۱- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران، (نوسنده مسوول: prz_abdi@yahoo.com)
۲- استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۳- استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران
تاریخ دریافت: ۹۴/۹/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۶/۶/۱۴

چکیده

واحدهای مارنی در حدود۲۰ درصد از سطح استان زنجان را تشکیل می‌دهند. عوامل مؤثر بر فرسایش خاک و رواناب تحت تأثیر شرایط زمانی و مکانی متنوع می‌باشند، لیکن مهم ترین آنها شامل اقلیم، فرسایش‌پذیری خاک، توپوگرافی، پوشش گیاهی و نحوه مدیریت اراضی است. در این مقاله به بررسی تاثیر توپوگرافی، شیب و اقلیم بر میزان تولید رواناب در اراضی مارنی استان زنجان با استفاده از شبیه‌ساز باران پرداخته می‌شود. برای این منظور با تلفیق نقشه‌های شیب، اقلیم و واحدهای مارنی سازندهای زمین شناسی در محیط نرم افزار ArcGIS9.3 اقدام به تعریف واحدهای کاری و انجام آزمایش به تعداد ۲۲۰ مورد با استفاده از دستگاه شبیه‌ساز باران گردید. سپس داده‌ها با استفاده از برنامه آماری SAS مورد تحلیل قرار گرفت. بر این اساس واحد مارنی قرمز بالایی (Mu) دارای بیشترین حجم تولید رواناب (۲۰ لیتر در متر مربع) و واحد مارنی مارن پلیوسن (PL) کمترین حجم تولیدی (یک لیتر در متر مربع) می‌باشند. همچنین واحد مارنی پلیوسن (PL) دارای بیشترین مقدار نفوذ (۱۲/۵ سانتی‌متر) و واحد مارنی قرمز پائینی (OL) دارای کمترین مقدار نفوذ (۲ سانتی‌متر) بود. بر اساس نتایج آزمون F تاثیر واحدهای مارنی، شیب و اقلیم بر حجم و ضریب رواناب معنی‌دار بودند. بر اساس محاسبه و مقایسه میانگین مقادیر واحدهای مارنی، شیب و اقلیم بر حجم و ضریب رواناب به روش دانکن واحدهای مارنی به چهار گروه قابل تفکیک بودند. بطوریکه واحد مارن پلیوسن (PL)، واحد مارنی قم (OM) و قرمز پائینی (OL) هر کدام به تنهایی یک گروه و واحدهای مارنی قرمز بالایی (Mu) و مارن ائوسن (EM) در یک گروه قرار می‌گیرند. بنابراین این چهار گروه از نظر تفاوت در حجم رواناب تولیدی و ضریب رواناب با همدیگر اختلاف معنی‌داری دارند. بررسی تاثیر شیب و اقلیم بر این دو خصوصیت نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تاثیر این دو بر حجم رواناب تولیدی و ضریب رواناب واحدهای مارنی است.

واژه‌های کلیدی: فرسایش خاک، حجم رواناب، ضریب رواناب، واحدهای مارنی

مقدمه

وجود عوامل طبیعی زمینه‌ساز فرسایش در ایران باعث شده‌اند که ایران پتانسیل بالایی را برای فرسایش آبی داشته باشد. مدیریت صحیح حوزه‌های آبخیز نیازمند اطلاعات دقیق و درک وقایع به‌هم پیوسته پدیده‌های موجود در آن می‌باشد (۳۶). فرسایش خاک در طول بارش یک پدیده کاملاً طبیعی است که ناشی از فرآیند جداسازی خاک توسط ضربه قطره‌ای باران و رواناب سطحی و در پی آن جابجایی ذرات در اثر پاشمان و حمل آن توسط رواناب سطحی می‌باشد (۱۰). عوامل متعددی می‌تواند بر رسوبزایی و تخریب اراضی در یک حوزه دخالت داشته باشند (۴۰،۲۰). اگرچه عوامل مؤثر بر فرسایش خاک تحت تأثیر شرایط زمانی و مکانی متنوع می‌باشند، لیکن مهم‌ترین آنها شامل اقلیم، فرسایش‌پذیری خاک، توپوگرافی، پوشش گیاهی و نحوه مدیریت اراضی است (۷،۳۸). در بین خصوصیات ذکر شده عامل توپوگرافی از پارامترهای مهم مؤثر بر فرسایش و رسوب می‌باشد. از جمله خصوصیات توپوگرافی مهم، شیب و جهت شیب است که به صورت مستقیم و یا با تأثیر روی سایر عوامل محیطی باعث تغییر در فرآیندهای هیدرولوژیکی خاک به ویژه پتانسیل تولید رواناب و رسوب می‌شوند. روش‌های مختلفی برای بررسی میزان فرسایش، رسوب و رواناب تولیدی در سازندهای مختلف وجود دارد ولی متداول‌ترین روش بررسی فرآیندی، که امروزه به طور وسیع به کار می‌رود بهره‌گیری از دستگاه باران‌ساز مصنوعی است که خصوصیات فیزیکی باران را می‌توان به طور دلخواه در آن اعمال کرد.

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته بیش از ۲۰ درصد سطح استان از واحدهای مارنی پوشیده شده است (۱). این واحدها نقش بسیار مؤثر در فرسایش و تولید رسوب دارند. لذا شناخت عوامل مؤثر در این موضوع می‌تواند در برنامه ریز و اجرای برنامه‌ها و روش‌های کنترل و کاهش فرسایش و رسوب در اراضی مارنی بسیار مؤثر و مفید واقع گردد.

آقاسی و همکاران (۲) طی بررسی خود روی اثر شیب و جهت شیب بر فرسایش و رواناب، نشان دادند که جهت دامنه تحت تأثیر وزش باد اثر معنی‌داری روی تولید رواناب و رسوب دارد. در هر دو دامنه، با افزایش شیب تولید رواناب کاهش ولی تولید رسوب افزایش یافته است. ناواس (۳۲) تولید رسوب بوته‌زارهای نیمه خشک واقع در خاک‌های گچی اسپانیا را مورد بررسی قرار داد. بر اساس نتایج به دست آمده بیشترین رواناب و خاک از دست رفته از پلات‌هایی به دست آمد که شیب تندی داشتند و رخنمون‌های سنگی تلفات خاک را کاهش داد. هم چنین باتانی و گریسمر (۴) بیان نمودند اثر تندی شیب روی رواناب و رسوب تحت تأثیر پوشش گیاهی و وضعیت سطح خاک قرار دارد، به نحوی که در شرایط پوشش گیاهی ضعیف و افزایش شیب منجر به افزایش حجم رواناب و

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.8.0]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.193]

رسوب شده است. حال آن که در شرایط مناسب پوشش گیاهی و سطح خاک با افزایش شیب، رسوب تولیدی افزایش قابل ملاحظه‌ای نداشته است. چنگ و همکاران (۸) با بررسی های خود در شمال چین مشاهده کردند که افزایش شیب افزایش تولید رواناب و هدررفت خاک را به دنبال داشته است. منگیستو و همکاران (۲۵) در پژوهشی دریافتند که از بین سه عامل درصد شیب، شدت بارش و رطوبت اولیه بر روی رسوب و رواناب، تاثیر درصد شیب بیش از دو عامل دیگر می باشد. جلوگیری از هدررفت خاک هدف مهمی درمدیریت و حفاظت از منابع طبیعی به شمار می رود (۱۸). وهابی و نیک کامی (۴۴) به بررسی اثر بافت خاک، رطوبت اولیه خاک، شیب و پوشش گیاهی در میزان رسوب تولیدی در حوزه آبخیزطالقان پرداختند. لذا از شبیه ساز باران بهره گرفتند. نتایج بیانگر این امر بود که رسوب تولیدی همبستگی منفی را پوشش گیاهی داشته است.

نتایج به دست آمده از تحقیق رئیسیان (۳۷) نشان داد که رواناب با شدت بارش و شیب رابطه مستقیم داشته و همچنین هر چه خاک از نظر بافت سبک‌تر باشد میزان نفوذ افزایش یافته و به تبع آن رواناب کاهش می‌یابد. محمدزاده (۲۷) به بررسی اثر شیب و جهت شیب بر فرسایش مارن حوزهٔ آبخیز گیوی‌چای در استان اردبیل پرداخت. نتایج به دست آمده حاکی از افزایش رواناب با افزایش شیب بود. ظریف و همکاران (۴۵) نیز در بررسی تغییرات رواناب و رسوب در دو شیب حوزهٔ آبخیز جنگلی و در کرت‌های آزمایشی بیان نمودند که حجم رواناب در شیب زیاد بیشتر از شیب کم بوده است. ماتیس (۲۴) در بررسی میزان رواناب و رسوب در مارن‌های فرانسه با کمک باران‌ساز به این نتیجه رسیده‌که در شدت متوسط و تداوم ۳۰ دقیقه ضریب رواناب در مارن‌ها حدود ۲۰ تا ۵۰ درصد می‌باشد. حسینی و همکاران (۱۷) به بررسی تولید رواناب و رسوب در سازندهای ریزدانه نئوژن با کمک باران‌ساز در حوزه آبخیز طالقان پرداختند و نتیجه می‌گیرند که در بیشتر نمونه‌ها نسبت تخریبی به کل املاح موجود بیش از ۱/۹ بوده و لذا بر پایه روش پتی‌جان و میزان املاح غالب می توان این سازندها را به پنج واحد تقسیم نمود. حبیب زاده و همکاران (۱۳) به بررسی میزان رواناب و رسوب در رخنمون‌های مارنی استان آذربایجان‌شرقی پرداخته و نتیجه گرفتند که بیشترین رواناب و رسوب جمع آوری شده مربوط به مارن میوسن می باشد که حداکثر رسوب جمع آوری شده با مقدار ۱۴۵ گرم بر لیتر در فرسایش خندقی و در شیب ۳۰-۱۰ درصد اتفاق افتاده است. حداقل رسوب و رواناب جمع آوری شده مربوط به مارن کرتاسه به خصوص در فرسایش سطحی بوده که مقدار آن ۰/۹۴ گرم بر لیتر می‌باشد. ضریب همبستگی شیب توپوگرافی با مقدار رواناب برابر با ۰/۴۷۹ بوده و از نظر آماری ارتباط آنها باهم کاملا معنی‌دار هستند. نتایج به دست آمده از پژوهش ظریف معظم و همکاران (۴۶) نشان می‌دهد که ویژگی‌های خاک بر زمان شروع رواناب تأثیرگذار است.در بین آماره‌های مورد آزمون خاک و توپوگرافی، مواد آلی خاک، تندی و جهت شیب روی زمان شروع رواناب تأثیر معنی‌دار داشته است. در یک جمع‌بندی کلی می‌توان چنین نتیجه گرفت که زمان شروع رواناب نسبت به متغیرهای محیطی حساسیت نشان می‌دهد.

بررسی اثرات تغییر اقلیم بر رواناب حوزه آبخیز قره چای در استان مرکزی توسط ثانی خانی و همکاران (۴۲) حاکی از کاهش محسوس در میزان رواناب تحت تأثیر رخداد تغییر اقلیم در حوزه می‌باشد. روند تغییرات به سمت کاهشی بارش و روند افزایشی دما در سطح حوزه در بازه های زمانی آینده بوده است به طوری نتایج نشان میدهد در افق ۱۴۳۵ مقدار بارش به میزان ۵/۷ درصد کاهش و دما به میزان ۲/۱ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت.

بررسی نتایج تحقیقات متعدد نشان داد که هریک از محققین مورد اشاره تلاش کرده‌اند که با استفاده از شبیه سازی باران نسبت به مطالعه خصوصیاتی از خاک و از جمله حجم رواناب تولید شده و بیان روابط آن با سایر خصوصیات اقدام نمایند. در این مقاله نیز تلاش شده که با استفاده از دستگاه باران‌ساز مصنوعی وضعیت تولید رواناب واحدهای مارنی سازندهای زمین‌شناسی موجود در سطح استان زنجان مورد ارزیابی و مقایسه قرار گیرد تا از این طریق بتوان در برنامه‌ریزی‌های آینده برای کنترل فرسایش و رسوبزایی این نوع اراضی استفاده نمود.

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه

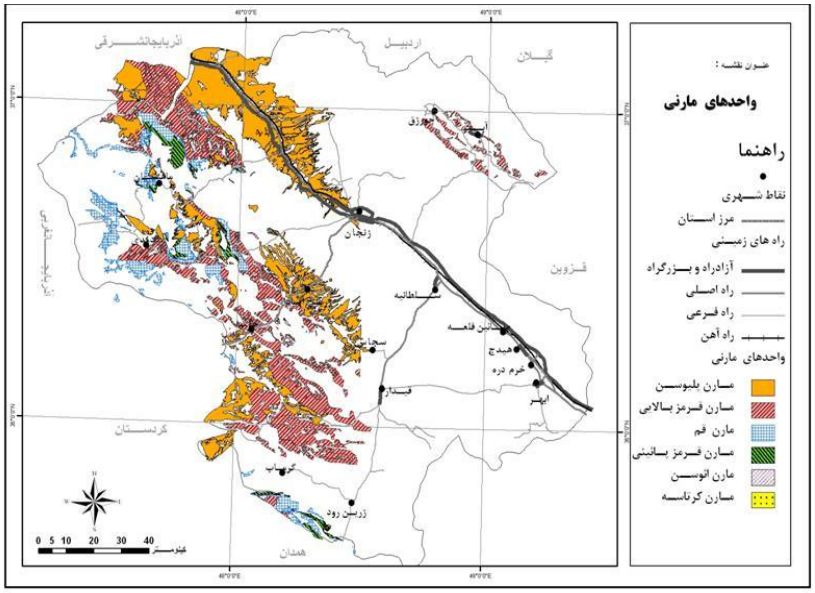
استان زنجان با وسعت ۲۲۱۶۴ کیلومتر مربع در قسمت مرکزی شمال غرب کشور بین طول جغرافیایی ´۱۵ °۴۷ تا ´۲۵ °۴۹ شرقی و عرض شمالی ´۳۵ °۳۵ تا ´۱۵ °۳۷ واقع شده است. این استان بر اساس روش طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن اصلاح شده دارای ۱۱ نوع اقلیم می‌باشد. بطوریکه اقلیم غالب استان خشک تا نیمه خشک و در رتبه بعدی مدیترانه‌ای تا خیلی مرطوب است. استان دارای متوسط بارندگی سالانه ۳۴۰ میلی‌متر بوده و دارای پستی و بلندی‌های زیادی است، به طوری که بیشترین وسعت آن را مناطق کوهستانی و تپه ماهورها فرا گرفته است. استان زنجان دارای دو حوزه آبخیز اصلی با محدودهٔ کاملاً مجزا است، که شامل حوزه آبخیز قزل اوزن به مساحت ۱۹۰۶۴ کیلومتر مربع معادل ۸۶ درصد سطح استان و حوزه آبخیز رودخانه شور به وسعت ۳۱۰۰ کیلومتر مربع معادل ۱۴ درصد سطح استان می باشد. استان زنجان به‌دلیل واقع شدن در موقعیت میانی حوزه آبخیز سد سفیدرود از گذشته‌های دور از نظر آبخیزداری مورد توجه بوده است. به منظور کنترل فرسایش خاک و کاهش حجم رسوبات وارده به مخزن سد سفیدرود، فعالیت‌های مطالعاتی، اجرایی و تحقیقاتی گسترده‌ای انجام گرفته و یا در حال انجام است. از جمله عوامل ذاتی موجود در استان زنجان که بحث مطالعات و تحقیقات فرسایش و حفاظت خاک را جدی‌تر می‌سازد، وجود عوامل مهم محیطی مؤثر بر فرسایش و رسوب‌زایی هم‌چون شرایط اقلیمی، زمین‌شناسی و پستی و بلندی است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.8.0]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.193]

واحدهای مارنی استان

بر اساس نقشه زمین شناسی اراضی مارنی استان به طورکلی پنج واحد یا سازند مارنی در سطح استان زنجان با مساحت‌ها و مناطق پراکنش متفاوت وجود دارد (شکل ۱) که شامل واحدهای زیر است (۱).

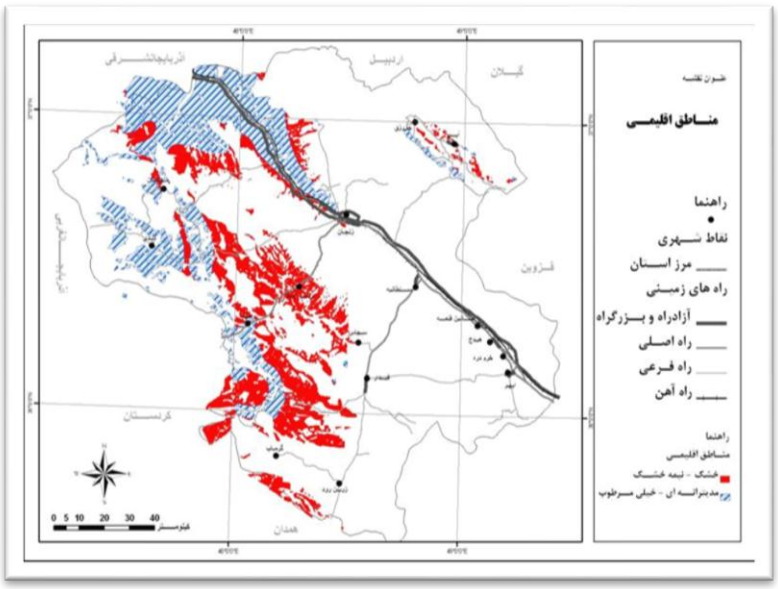
واحد مارن پلیوسن (Plm) که به صورت رخنمون‌هائی از مارن و کنگلومرا به‌صورت تپه‌های به هم چسبیده کم ارتفاع با سطوح فرسایشی صاف گسترش دارد که از دو بخش میانی شامل مارن، سیلت، کمی به رنگ‌های قرمز، زرد، صورتی و قهوه‌ای (Plm) و حاشیه‌ای شامل کنگلومرا، ماسه سنگ و مارن (Plc) تشکیل شده‌اند. واحد مارن ائوسن (EM) به صورت یک واحد کوچک و محدود با لیتولوژی مارن سبز و سفید در نقشه زمین‌شناسی حلب در حاشیه جاده زنجان- بیجار در شمال شرقی روستای ارکوئین قرار گرفته‌است. واحد مارنی سازند قم (OM) که به‌صورت ترکیبی از آهک توده‌ای و ضخیم، مارن سیلتی، آهک تخریبی و مارن، ژیپس سفید رنگ، مارن سبز زیتونی و آهک کرم رنگ در سطح استان زنجان رخنمون یافته‌است. واحدهای مارنی قرمز بالایی شامل سه بخش است: بخش M1 از مارن‌های الوان تشکیل شده است که در تناوب با لایه‌های کم گچ، شیل و ماسه سنگ می‌باشد و با رنگ‌های متنوعی (قرمز، سبز متمایل به کرم، سبز زیتونی) که دارد (شکل ۴)، از بخش M2 متمایز می‌شود. بخش M2 عمدتا ماسه سنگ حفره دار و لایه‌های نازک شیل به همراه مارن تشکیل شده است. بخش M3 عمدتاً از مارن با لایه‌های کم ماسه سنگی و کنگلومرائی تشکیل شده‌است. رنگ آن کرم تا قهوه‌ای روشن است. واحد مارنی قرمز زیرین[1] در استان زنجان متشکل از کنگلومرا، مارن و مارن‌های ماسه‌ای قرمز رنگ با میان لایه‌هایی از ماسه‌سنگ‌های سبز تا خاکستری با ضخامت ۵۰ تا ۳۰۰ متر می‌باشد. واحد مارنی کرتاسه (K2m) به‌صورت یک سری مارن، سنگ‌های آهکی مارنی و شیل‌های خاکستری پدید آمده‌است. سنگ‌های آهکی دارای رنگ هوازده کرم رنگ و رنگ تازه خاکستری‌اند.



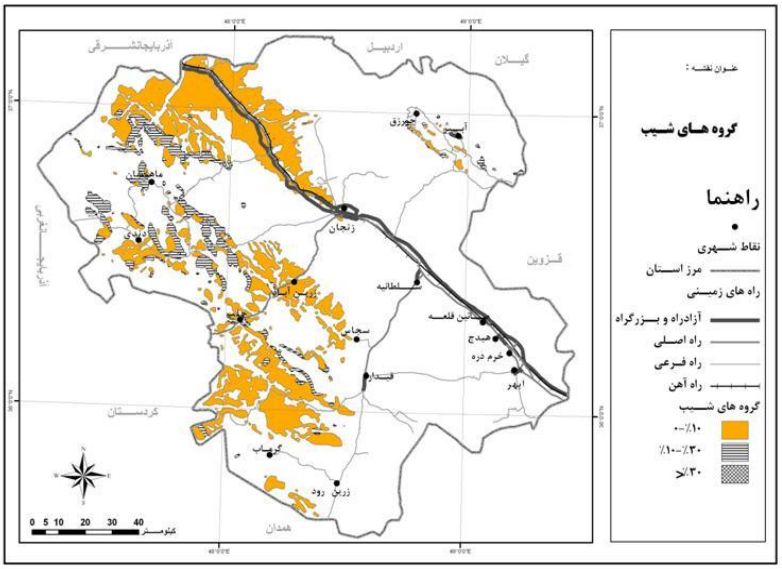
شکل ۱- نقشه موقعیت و پراکنش واحدهای مارنی استان زنجان
Figure 1. Location map of Marl Units in Zanjan Province

1 - Lower Red formation

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.8.0]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.193]



شکل ۲- نقشه مناطق اقلیمی واحدهای مارنی استان زنجان
Figure 2. Location map of Climate in Zanjan Province



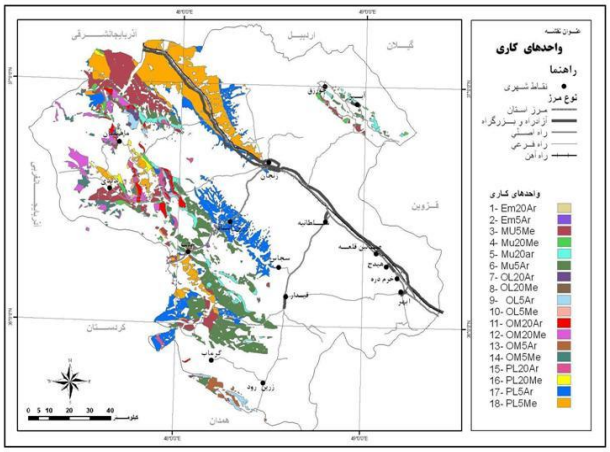
شکل ۳- نقشه کروه‌های شیب واحدهای مارنی استان
Figure 3. Location map of Slope Group in Zanjan Province

روش انجام تحقیق

این تحقیق در سطح اراضی یا واحدهای مارنی استان زنجان (به مساحت حدود ۴۴۳۸ کیلومترمربع) انجام شده‌است. برای این منظور ابتدا اقدام به جمع‌آوری اطلاعات، آمار و سوابق مطالعاتی شده و سپس با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی $\frac{1}{100000}$ استان زنجان، تصاویر ماهواره‌ای (برای کنترل مرز سازندها و واحدهای مارنی) و بازدیدهای میدانی، اقدام به تهیه نقشه واحدهای مارنی استان شد (شکل ۱). سپس برای تهیه واحدهای کاری اقدام به تهیه نقشه شیب و طبقه‌بندی آن در سه گروه ۱۰-۰، ۳۰-۱۰ و ۳۰< درصد و نقشه اقلیم استان (تهیه شده به روش دومارتن اصلاح شده) در دو گروه خشک تا نیمه خشک و مدیترانه‌ای تا خیلی مرطوب و نقشه نشان‌دهنده واحدهای مارنی شد (شکل‌های ۲ و ۳) (۱). این گروه‌بندی شیب و اقلیم واحدهای مارنی بدلیل نوع پراکنش آنها در شیب‌ها و اقالیم مورد اشاره که دارای بیشترین پراکنش هستند و همچنین به جهت محدود سازی و تعیین واحدهای کاری مناسب برای انجام آزمایش‌های صحرایی صورت گرفته است.

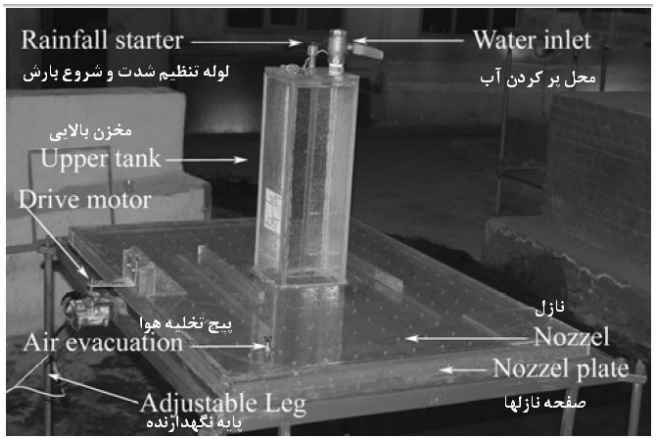
با تلفیق و روی‌هم قرار دادن این سه لایه (نقشه واحدهای مارنی، نقشه اقلیم و نقشه شیب) در محیط نرم‌افزار ArcGIS10 نقشه واحدهای کاری در ۲۰ واحد تهیه شد (شکل ۴).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.8.0]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.193]



شکل ۴- نقشه واحدهای کاری
Figure 4. Location map of Homogenous work unit in Zanjan Province

از این ۲۰ واحد ۲ واحد به‌دلیل موقعیت قرارگیری و وسعت کم امکان (حدود ۴۰۰ متر مربع و در بالای کوه که امکان استقرار دستگاه شبیه‌ساز باران وجود نداشت) بررسی وجود نداشت. لذا تعداد واحدهای کاری به ۱۸ واحد کاهش یافت. در ادامه از هر واحد کاری سه تکرار در بیش از ۶۵ نقطه (برای هر محل حداقل سه بارش) انتخاب و با انجام عملیات میدانی اقدام به انجام ۲۲۰ مورد آزمایش ایجاد بارش مصنوعی با استفاده از یک دستگاه باران ساز مصنوعی قابل حمل در صحرا شد (شکل ۵).



شکل ۵- بخش‌های تشکیل‌دهنده دستگاه شبیه ساز باران (وهابی و نیک کامی، ۱۳۸۷)
Figure 5. Rainfall simulator and its different parts (adapted from Vahabi and Nikkami, 2008)

دستگاه شبیه‌ساز باران مورد استفاده از یک مخزن کوچک به شکل مکعب مستطیل در بالا و یک مخزن بزرگ به ابعاد ۱×۱ متر در پائین تشکیل شده‌است. مخزن کوچکی برای ثابت نگه‌داشتن فشار آب روی روزنه‌های مخزن بزرگ که بارش از بخش زیرین آن انجام می‌شود، تعبیه شده‌است. جنس مخزن‌ها از نوع طلق یا پلکسی گلاس[1] با ضخامت ۸ میلی‌متر در بدنه و کف می‌باشد. فاصله روزنه‌ها در امتداد طول و عرض باران‌ساز ۸ میلی‌متر است. بنابراین مجموع کل روزنه‌ها ۱۶۹ عدد می‌باشد و ارتفاع دیواره مخزن ۲۰ سانتی‌متر و قطر روزنه‌ها ۰/۶۶ میلی‌متر است. با توجه به این که ضخامت کف مخزن ۸ میلی‌متر است، لذا می‌توان باران‌ساز را از نوع لوله‌های باریک در نظر گرفت، به طوری که قطر لوله ۰/۶۶ میلی‌متر و طول آن ۸ میلی‌متر است. ارتفاع محل ریزش قطرات در هنگام نصب از زمین ۱/۵ متر است. متوسط اندازه قطرات ۳/۶ میلی‌متر، سرعت ایجاد شده در اثر افتادن قطره از یک نازل در حدود ۵/۵ متر بر ثانیه می‌باشد وهابی و مهدیان (۴۳). برای اینکه قطرات همواره در یک نقطه ثابت روی زمین ریخته نشوند و بتوانند کل سطح زمین را خیس نمایند، از یک دستگاه موتور الکتریکی برای حرکت دادن افقی مخزن باران‌ساز استفاده شد.

مکان‌های مناسب برای اندازه‌گیری رسوب با بازدیدهای صحرائی تعیین شدند. این مکان‌ها دارای شیب ۵ و ۲۰ درصد، فرسایش از نوع شیاری، ورقه‌ای و فاقد پوشش گیاهی هستند. به منظور ایجاد شرایط یکسان از لحاظ رطوبت خاک، تمامی

1- Plexiglas

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.8.0]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.193]

آزمایش‌های صحرایی در مهر تا اول دی ماه سال ۱۳۸۹ و در شرایط خشک بودن خاک در زمان آزمایش صورت گرفت. به طوری که تا سه ماه قبل از انجام آزمایش طبق داده‌های بارندگی ایستگاه‌های هواشناسی منطقه هیچ گونه بارشی انجام نشده بود. با این وجود با استفاده از دستگاه رطوبت سنج TDR اقدام به اندازه‌گیری رطوبت خاک قبل از انجام آزمایش در هریک از کرت‌های آزمایش شد. اختلاف میزان رطوبت واحدهای کاری انتخابی در محل‌های انجام آزمایش در حد کم و معنی‌دار بودند. برای تعیین شدت بارش با استفاده از آمار بارندگی ایستگاه‌های مبنای استان، شدت بارندگی نیم ساعته با دوره بازگشت ۱۰ سال، ۳۴ میلی‌متر در ساعت برآورد شد. اما واحدهای مارنی پلیوسن و قم با توجه به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آنها در آزمایش شبیه سازی باران با این شدت روانابی تولید نکردند. لذا با توجه به اینکه ترکیب کانی شناسی، فیزیکی و شیمیایی هریک از واحدهای مارنی متفاوت است از اینرو بتدریج شدت بارش را افزایش داده تا اینکه در شدت بارش ۶۰ میلی‌متر در ساعت به مدت نیم ساعت تمام واحدهای مارنی مورد بررسی تولید رواناب نمودند. بر این اساس با این شدت بارش آزمایش شبیه سازی باران با سه تکرار برای هر یک از واحدهای کاری انجام شد. در هر آزمایش اندازه‌گیری‌ها و محاسبات زیر انجام شد:

۱- زمان شروع رواناب با استفاده از کرونومتر

۲- حجم رواناب از طریق جمع‌آوری و اندازه‌گیری کل رواناب تولید شده در طول زمان آزمایش

۳- محاسبه ضریب رواناب واحدهای کاری براساس داده‌های حجم رواناب و مشخصات کرت آزمایشی

۴- بعد از اتمام کامل بارش به‌فاصله حداقل نیم ساعت از آن که در واقع فرآیند نفوذ کامل شده، اقدام به برش عرضی در چند نقطه از پلات اندازه‌گیری شده و با استفاده از یک خط کش دقیق و در حالت کاملا قائم میزان نفوذ یا به اصطلاح عمق نفوذ آب اندازه‌گیری گردید.

برای بررسی دقیق و آماری روابط بین عوامل مؤثر از لایه‌های اطلاعاتی شرکت‌کننده در تعریف واحدهای کاری واحدهای مارنی مورد بررسی از نرم‌افزار SAS استفاده شد. بدین منظور داده‌های به دست‌آمده از بررسی‌های صحرایی واحدهای کاری (جدول ۱) وارد محیط برنامه SAS شدند. در محیط این برنامه با استفاده از روش تجزیه و تحلیل خطی (GLM Model) و روش آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی، آزمون F و روش مقایسه مقادیر میانگین دانکن، نتایج مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج و بحث

حجم رواناب تولیدی در واحدهای کاری

بر اساس داده های به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری‌های صحرایی رواناب در واحدهای کاری مورد بررسی (جدول ۱)، واحدهای کاری دارای واحدهای مارنی پلیوسن شامل PL5Ar (در این نامگذاری PL نام واحد، عدد ۵ و ۲۰شیب و Ar اقلیم خشک و me اقلیم مدیترانه‌ای)، PL20Ar، PL5Me و PL20Me دارای بالاترین زمان شروع رواناب هستند. یعنی به عبارت دیگر برای شروع رواناب در این واحدها زمان بارش طولانی‌تر مورد نیاز است. اما در مقابل واحدهای مارنی مختلف قرمز بالایی (Mu5Ar، Mu20Ar، Mu5me وMu20me) و پائینی (OL5Ar، OL20Ar، OL5me و OL20me) از این نظر دارای کمترین مقدار هستند. یعنی در این واحدها رواناب نسبت به واحد پلیوسن و قم سریع‌تر جریان می‌یابد (شکل ۶). از نظر حجم رواناب تولیدی توسط واحدهای مارنی مورد بررسی با توجه به نتایج به‌دست آمده از انجام آزمایش به‌وسیله دستگاه باران‌ساز مصنوعی به ترتیب واحدهای مارنی قرمز بالایی (Mu)، مارن ائوسن (Em) و قرمز پائینی (OL) دارای بیشترین حجم رواناب با حجم میانگین ۲۰ لیتر در مترمربع و واحدهای مارنی قم (OM) و مارن پلیوسن (PL) کمترین حجم تولیدی با یک لیتر در متر مربع می‌باشند (شکل ۶).

یکی دیگر از عوامل مؤثر در تولید رواناب میزان عمق نفوذ آب در خاک و در این بررسی واحدهای مارنی می‌باشد. بر اساس داده‌های به‌دست آمده از اندازه گیری مقدار نفوذ آب در خاک (جدول ۱) به‌ترتیب واحدهای مارنی پلیوسن (PL) و واحدهای مارنی قم (OM) دارای بیشترین مقدار نفوذ به مقدار ۷ تا ۱۳ سانتی‌متر و واحدهای مارنی قرمز بالایی (Mu)، مارن ائوسن (Em) و قرمز پائینی (OL) دارای کمترین مقدار نفوذ در حدود ۲ تا ۵/۵ سانتی‌متر است.

بررسی واحدهای مارنی در ارتباط با دلیل تفاوت آنها در حجم و ضریب رواناب تولیدی نشان می‌دهد که واحدهای مارنی که زمان کمتری را برای رسیدن به حالت اشباع نیاز دارند هم زمان شروع رواناب در آنها بالاست و هم حجم رواناب تولید شده از آنها نسبت به سایر واحدها بیشتر می باشد. از جمله عوامل مؤثر در رسیدن به حالت اشباع میزان وجود ذرات سیلت و رس در این واحدهاست. بطوریکه هرچقدر میزان سیلت موجود در آنها بالا باشد. به دلیل عدم یا کم بودن قابلیت جذب آب در این واحدها در این حالت زمان شروع رواناب سریع و حجم رواناب تولیدی بالا خواهد بود. بر اساس جدول(۴) که نشان دهنده وضعیت بافت واحدهای مارنی مورد مطالعه است، غالب واحدهای مارنی دارای بافت خاک از نوع سیلتی رسی یا سیلتی رسی لوم می‌باشند که در این نوع بافت بیشترین درصد فراوانی مربوط به سیلت می‌باشد یعنی غالب واحدهای مارنی و بخصوص واحدهای مارنی قرمز بالایی (Mu)، واحد مارنی قم (OM)، قرمز پائینی (OL) و مارن ائوسن (EM) دارای سیلت بیشتری نسبت به دو جزء دیگر بافت خاک آنها یعنی رس و شن هستند. با دقت در جدول (۱) می‌توان دید که همین واحدها دارای کمترین زمان شروع رواناب و بیشترین حجم رواناب تولید شده می باشند.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.8.0]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.193]

جدول ۱- نتایج آزمایش شبیه ساز باران در واحدهای کاری

Table 1. The results of the experiments with the Artificial Rainfall Arrangement Unit

واحدکاری	زمان شروع رواناب (دقیقه)	حجم رواناب (لیتر)	ضریب رواناب	درصد سنگریزه	عمق نفوذ (سانتی‌متر)
EM20Ar	۵/۰۵	۱۶/۱۷	۰/۴۷	۶	۳/۹۳
EM5Ar	۳/۱۷	۱۹/۳۷	۰/۵۶	۳/۳۳	۳/۳۷
Mu20Ar	۲/۶۷	۱۹/۴۳	۰/۵۶	۶	۲/۵
Mu20me	۵/۲۷	۱۸/۶۷	۰/۵۴	۰	۲/۷۳
Mu5Ar	۳/۹۷	۱۷/۵۳	۰/۵۱	۰	۲/۶
Mu5me	۵/۵	۱۴	۰/۴۱	۰	۳
OL20Ar	۲/۵۷	۱۶/۴	۰/۴۸	۲/۶۷	۵/۲۷
OL20Me	۴	۱۵/۱۳	۰/۴۴	۷/۶۷	۲/۸۷
OL5Ar	۵/۲۳	۱۷/۵	۰/۵۱	۰	۴/۷۳
OL5Me	۳/۴۸	۱۸/۶	۰/۵۴	۸/۶۷	۲
OM20Ar	۱۱	۲/۲۳	۰/۰۶	۶	۹.۱۷
OM20me	۱۱/۲۳	۳/۹۳	۰/۱۱	۱/۶۷	۸/۶
OM5me	۱۲/۸۳	۳/۵۳	۰/۱	۷	۸/۸۳
OM5Ar	۸/۱۷	۵/۲۷	۰/۱۶	۰	۸
PL20Ar	۱۶	۱/۱۳	۰/۰۳	۰	۱۲/۵
PL20Me	۶/۸۳	۳/۱۳	۰/۰۹	۰	۹/۶۷
PL5Ar	۱۸/۶۸	۱/۲	۰/۰۴	۰	۱۱/۲۷
PL5Me	۱۸/۶۷	۱/۱۵	۰/۰۳	۰	۹/۱۷

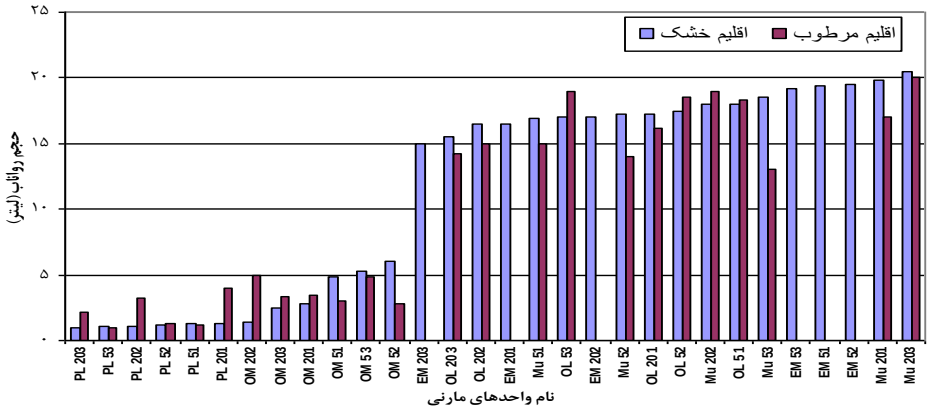
EM= واحد مارن ائوسن Mu= واحد مارن قرمز بالایی OM= واحد مارن قم OL= واحد مارن قرمز پائینی PL= واحد مارن پلیوسن Ar= اقلیم خشک – نیمه خشک Me= اقلیم مدیترانه‌ای- خیلی مرطوب 5 = شیب ۵٪ 20= شیب ۲۰٪

این نتیجه با نتایج به دست آمده از تحقیقات سایر محققین مطابقت دارد. به طوریکه بر اساس تحقیقات شکل آبادی (۴۱) وابستگی زیادی بین تولید رواناب و رسوب خاک‌ها به مواد مادری آنها وجود دارد. ظرفیت نگهداری، تلفات اولیه بارندگی، ضریب رواناب و پارامترها نظیر آن به نوع خاک بستگی دارند، هاشمی (۱۴). طبق تحقیقات Duiker (۹) و Ramos (۳۸)، میان میزان درصد سیلت با میزان رسوب و ارتفاع رواناب رابطه مثبتی وجود دارد و بر این اساس افزایش درصد سیلت هایی که اندازه‌ای بین ۲ تا ۵۰ میکرون دارند. میزان فرسایش‌پذیری خاک به مقدار قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. از طرف دیگر میان میزان درصد رس با عوامل ضریب گل آلودگی، میزان رسوب و ارتفاع رواناب رابطه منفی وجود دارد (۱۱). همچنین حسینی (۱۷) بر اساس نتایج تحقیق خود اظهار می‌دارد که واحدهای مارنی که دارای سیلت بیشتری نسبت به دیگر واحدها هستند در زمان کمتری به حالت اشباع می‌رسند. درحالیکه واحدهای دارای رس بیشتر، آب بیشتری را جذب می‌کنند و در زمان طولانی‌تری به اشباع رسیده و تولید رواناب می‌نمایند. Meyer (۲۶) با استفاده از باران‌ساز صحرایی و همبستگی بین خصوصیات و فرسایش‌پذیری خاک، رابطه‌ای منفی با میزان رس خاک‌ها و رابطه مثبت با میزان سیلت درشت خاک‌ها مشاهده کردند.

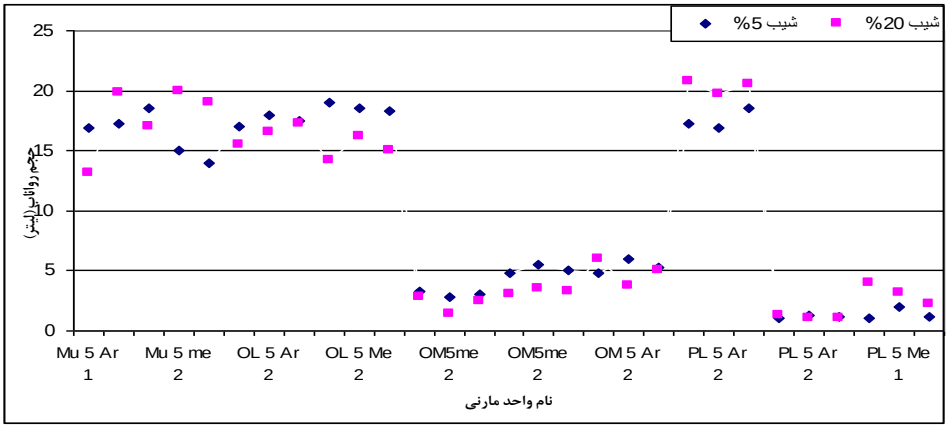
بررسی تاثیر شیب بر حجم رواناب

در شکل (۷) وضعیت حجم رواناب واحدهای مارنی در دو شیب انتخابی نشان داده شده با دقت در این منحنی‌ها مشخص می شود که در هر دو شیب روند تغییرات در تمام واحدهای مارنی مشابه بوده و تفاوت مشخص و معینی را نشان نمی‌دهد. به‌طوری‌که محدوده تغییرات حجم رواناب تولیدی در واحدهای مارنی در دو شیب مورد بررسی در یک سطح نزدیک به‌هم نوسان دارد. به‌عبارت دیگر شیب تاثیری بر تغییرات حجم رواناب تولیدشده در این واحدها ندارد.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.8.0]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.193]



شکل ۶- مقایسه زمان شروع رواناب در واحدهای کاری
Figure 6. Comparison of the starting time of runoff in units of work



شکل ۷- بررسی رابطه بین حجم رواناب واحدهای کاری با شیب
Figure 7. Investigating the relationship between the runoff volume of the units with Slope

بررسی تاثیر اقلیم بر تولید رواناب

در شکل (۸) تغییرات حجم رواناب در دو اقلیم خشک و مرطوب از واحدهای کاری مورد بررسی ارائه شده است. بر اساس این منحنی‌ها روند تغییرات حجم رواناب در هر دو اقلیم مشابه و تا حدود زیادی نزدیک به‌هم می باشد. دامنه نوسانات این صفت در هر دو اقلیم محدود بوده و تغییر و اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد. اما با دقت در منحنی‌ها می‌توان گفت در واحدهای مارنی قرمز بالایی Mu5 (با شیب ۵٪) نسبت به واحدهای مارنی همین واحد Mu20 با شیب ۲۰٪ در اقلیم خشک حجم رواناب تولیدی بیشتر از اقلیم مرطوب است اما در اقلیم مرطوب این موضوع بالعکس می‌باشد. همین موضوع در واحدهای مارنی قرمز پائینی (OL) در شیب ۵٪ در اقلیم مرطوب بیشتر از اقلیم خشک و در شیب ۲۰٪ در اقلیم خشک بیشتر است. در واحدها مارنی قم (OM) در اقلیم خشک با شیب ۵٪ بیشتر از اقلیم مرطوب و در شیب ۲۰٪ در اقلیم مرطوب حجم رواناب تولیدی بیشتر است. اما در مورد واحد مارنی پلیوسن (PL) در هر دو شیب ۵٪ و ۲۰٪ حجم رواناب تولیدی در اقلیم مرطوب بیشتر از اقلیم خشک است. توضیح این‌که در مورد ضریب رواناب نیز کاملا مشابه با رابطه و منحنی حجم رواناب بوده و تمام مطالب گفته شده در مورد رابطه بین حجم رواناب و اقلیم صادق است.

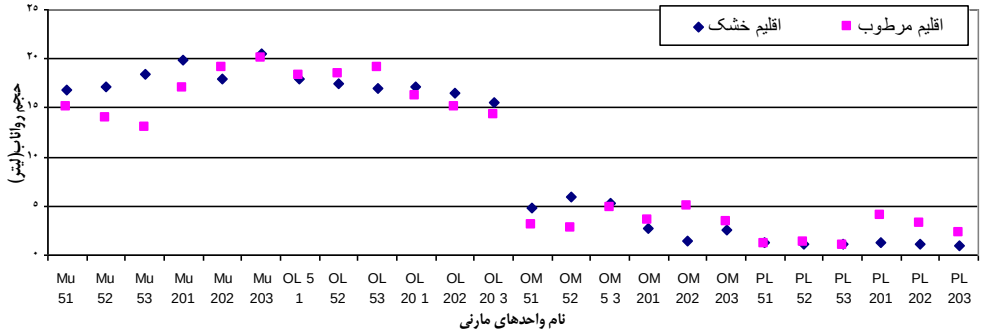
تجزیه و تحلیل آماری عوامل مؤثر در حجم رواناب

نتایج بررسی میزان تاثیر نوع واحدهای مارنی، شیب و اقلیم بر حجم رواناب تولید شده در واحدهای کاری با استفاده از تجزیه و تحلیل مدل خطی (GLM) یا آزمون F در جدول (۲) ارائه شده‌است. بر این اساس، اثر نوع واحدهای مارنی بر حجم رواناب تولیدی در واحدهای کاری انتخابی به روش آزمون F در سطوح اطمینان ۱ و ۵ درصد معنی‌دار است (جدول ۲). به‌طوری‌که در واحدهای مارنی مختلف میزان اختلاف در حجم رواناب تولیدی با یکدیگر تفاوت مشخص و معنی‌داری دارند. همین‌طور اثر شیب و اقلیم بر این صفت معنی‌دار می‌باشد. اما تاثیر حالت‌های دو گانه شیب × واحد مارنی، اقلیم × واحد مارنی و اقلیم × شیب همگی معنی دار می باشد. دلیل این تغییر، تاثیر واحدهای مارنی می‌باشد که اثر معنی‌دار داشته و همراه با اقلیم و شیب نیز تاثیر معنی‌داری شده‌است. به همین دلیل در حالت سه گانه یعنی ترکیب واحد

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.8.0]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.193]

مارنی × اقلیم × شیب نیز تاثیر معنی‌دار است. بررسی میانگین و ضرایب همبستگی این عوامل در حالت سه گانه در جدول (۲) ارائه شده که با دقت در این داده‌ها معنی‌دار بودن تاثیر همزمان هر سه عامل بر حجم رواناب تولیدی واحدهای کاری تایید شد.

اما برای بررسی دقیق‌تر میزان تاثیر شیب و اقلیم بر حجم رواناب تولیدی واحدهای کاری مورد بررسی اقدام به محاسبه و مقایسه میانگین مقادیر خصوصیات مورد بررسی در واحدهای کاری به روش آزمون دانکن شد که نتایج آن در جدول (۳) نشان داده شده است. نتایج موجود در این جدول نشان می‌دهد که تفاوت حجم رواناب تولیدی واحدهای مارنی در دو شیب و اقلیم انتخابی معنی‌دار می‌باشند. یعنی میانگین حجم رواناب تولیدی واحدهای مارنی در شیب‌های ۵٪ و ۲۰٪ با همدیگر تفاوت محسوس و معنی‌داری داشته و این در واقع نشان‌دهنده مؤثر بودن شیب در این صفت می‌باشد و همین طور در مورد دو اقلیم خشک و مرطوب نیز اختلاف معنی‌دار و مشخص است. این نیز نشان‌دهنده مؤثر بودن اقلیم در تغییرات حجم رواناب تولیدی واحدهای مارنی است.



شکل ۸- بررسی رابطه بین حجم رواناب واحدهای کاری با اقلیم
Figure 8. Investigating the relationship between the runoff volume of the units with Climate

جدول ۲- مقایسه میزان تاثیر عوامل مؤثر در حجم رواناب
Table 2. The result of the analysis (Comparison of the effect of effective factors on runoff volume)

منابع	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F آزمون	سطح معنی‌داری
واحد مارنی	۴	۳۰۳۱/۳۶	۷۵۷/۸۴	۹۲۴/۱۴	۰/۰۰۰
شیب	۱	۱/۳۸	۱/۳۸	۱/۶۸	۰/۰۰۱
اقلیم	۱	۰/۸۹	۰/۸۹	۱/۰۹	۰/۰۰۱
شیب×واحد مارنی	۴	۷۷/۰۵	۱۹/۲۶	۲۳/۴۹	۰/۰۰۰
اقلیم× واحد مارنی	۳	۲۱/۰۸	۷/۰۳	۸/۵۷	۰/۰۰۰
اقلیم× شیب	۱	۵/۳۹	۵/۳۹	۶/۵۷	۰/۰۰۱
اقلیم × شیب × واحد مارنی	۳	۱۴/۸۱	۴/۹۴	۶/۰۲	۰/۰۰۱

جدول ۳- مقایسه میانگین مقادیر حجم و ضریب رواناب در شیب و اقلیم انتخابی به روش آزمان دانکن
Table 3. Comparison of mean values of the runoff volume on Slope and Climate by Duncan method

نام متغیر	شیب ۵٪	شیب ۲۰٪	اقلیم خشک	اقلیم مرطوب
حجم رواناب	۱۰/۰۲ b	۱۰/۷۶ a	۱۲/۲ a	۸/۴۹ b
ضریب رواناب	۰/۲۹ b	۰/۳۱ a	۰/۳۵ a	۰/۲۵ b

نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات سایر محققین مطابقت دارد. بطوریکه بر اساس نتایج تحقیق شکل آبادی (۴۱) وابستگی زیادی بین تولید رواناب و رسوب خاک‌ها به مواد مادری آنها وجود داشته و ظرفیت نگهداری، تلفات اولیه بارندگی، ضریب رواناب و پارامترها نظیر آن به نوع خاک بستگی دارند. رحمتی و همکاران (۳۶) بر اساس تحقیقات خود اظهار می کردند که میزان رواناب رابطه مستقیمی با شیب دارد، بطوریکه به ازای افزایش شیب، ضریب رواناب نیز افزایش می یابد. به این ترتیب می توان گفت که ثابت در نظر گرفتن ضریب رواناب برای یک کاربری صحیح نبوده و باید متناسب با شیب تغییر داده شود. پونس و همکاران (۳۴) از بارش سالانه و یک مدل بیلان آبی برای شبیه‌سازی تغییرات رواناب و آب پایه در چند حوضه آمریکا ، آفریقا، کانادا و هند استفاده کردند. نتایج این بررسی نشان داد که آستانه شروع رواناب بستگی به اقلیم دارد و مقدار آستانه در مناطق نیمه خشک بیشتر از مناطق نیمه مرطوب است. بر این اساس آنها نتیجه گیری کردند حداکثر رواناب بسته به اقلیم فرق می‌کند و مقدار آن در مناطق نیمه خشک بیش از مناطق مرطوب فصلی است. رحمتی و همکاران (۳۶) بر اساس تحقیقات خود اظهار می‌کردند که میزان رواناب رابطه مستقیمی با شیب دارد، که موید افزایش ضریب رواناب به ازای افزایش شیب می باشد. پونس و همکاران (۳۴) اظهار می‌کرد که آستانه

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.8.0]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.193]

شروع رواناب بستگی به اقلیم دارد و مقدار آستانه در مناطق نیمه خشک بیشتر از مناطق نیمه مرطوب است. بر این اساس حداکثر رواناب بسته به اقلیم فرق می‌کند و مقدار آن در مناطق نیمه خشک بیش از مناطق مرطوب فصلی است. مارتینز (۲۴) در مناطق نیمه خشک مدیترانه‌ای اسپانیا نحوه تولید و عوامل مؤثر بر رواناب را در حوزه‌های کوچک بررسی کرده‌اند. نتایج این بررسی نشان داد که خاک‌های ریز بافت با نفوذپذیری کم و مواد آلی کم، ضریب رواناب بالاتر و آستانه شروع رواناب کمتری از خاک‌های درشت بافت با نفوذپذیری بیشتر و موادآلی متوسط دارند. کرکبای (۲۱) براساس مطالعات خود نتیجه گرفت که ویژگی‌های خاک مثل پستی و بلندی کوچک و شکل خاکدانه در مقدار و الگوی مکانی رواناب مؤثر است. یافته‌های آقاسی و همکاران (۲) و آسولین و بن هور (۳) با تأکید بر هدررفت بیشتر خاک در شیب های کم به سبب ایجاد لایهٔ نفوذناپذیر در آنها مطابقت دارد. زیاد بودن خلل و فرج خاک تحت تأثیر کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک رابطهٔ معکوس با حجم رواناب دارد (۲). اگرچه می‌توان افزایش خلل و فرج خاک در شیب‌های زیاد را نیز به درصد بالاتر مواد آلی در این شیب‌ها نسبت داد (۱۶). نقش تاثیرات فصلی و مواد مادری در فرسایش آبی خاک‌های فرسایش پذیر در تحقیقات قبلی به اثبات رسیده است (۳۱،۲۹،۳۰). بطوریکه خاک‌های مارنی دارای کمترین نفوذ، بیشترین رواناب (۸۱٪) و بالاترین فرسایش می‌باشد. لاوی و همکاران (۲۱) دریافتند که تغییرات بیشتر یا کمتر رواناب و مقدار رسوب با مقدار بارندگی سالیانه رابطه خطی دارد. رئیسیان (۳۲) بر اساس تحقیقات خود بیان کرد که رواناب با شدت بارش و شیب رابطه مستقیم داشته و هرچه خاک از نظر بافت سبک‌تر باشد میزان نفوذ افزایش یافته و به تبع رواناب کاهش می‌یابد.

بنابراین بطور کلی می‌توان گفت بر اساس نتایج آزمون F تاثیر واحدهای مارنی بر حجم رواناب تولیدی و ضریب رواناب معنی‌دار است. در حالیکه تاثیر عامل شیب و اقلیم بر این دو خصوصیت معنی‌دار نمی‌باشد. بر اساس محاسبه و مقایسه میانگین مقادیر عوامل مستقل تشکیل دهنده واحدهای کاری یعنی واحدهای مارنی، شیب و اقلیم بر حجم و ضریب رواناب به روش دانکن، واحدهای مارنی با توجه به خصوصیت حجم رواناب تولیدی و ضریب رواناب به چهار گروه قابل تفکیک می‌باشد. بطوریکه واحد مارن پلیوسن (PL)، واحد مارنی قم (OM) و قرمز پائینی (OL) هر کدام به تنهایی در یک گروه و واحدهای مارنی قرمز بالایی (Mu) و مارن ائوسن (EM) با هم در یک گروه قرار می‌گیرند. بر این اساس می‌توان گفت که این چهار گروه از نظر تفاوت در حجم رواناب تولیدی و ضریب رواناب با همدیگر اختلاف معنی‌داری دارند که این در واقع به شرایط و خصوصیات ذاتی آنها مربوط می‌شود که باعث بروز رفتارهای مشابه یا متناقض در آنها می‌شود. به همین ترتیب نتایج بررسی تاثیر شیب و اقلیم بر دو خصوصیت یاد شده از واحدهای کاری نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تاثیر این دو بر حجم رواناب تولیدی و ضریب رواناب واحدهای مارنی می‌باشد. یعنی حجم و ضریب رواناب واحدهای مارنی در شیب‌های ۵٪ و ۲۰٪ و اقلیم خشک و مرطوب با هم تفاوت محسوس و معنی‌داری دارند.

تشکر و قدردانی

این مقاله‌بخشی از یک طرح تحقیقاتی می‌باشد که هزینه‌های اجرای آن از طریق مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان تامین شده‌است. لازم است از همکاری صمیمانه ریاست محترم مرکز جناب آقای مهندس غلامرضا داورپناه و از همکاری آقای مهندس اصغر حیدری و آقای وحید عبدی‌نژاد که در انجام عملیات میدانی نهایت همکاری را داشته‌اند تشکر و قدردانی نمایم.

منابع

1. Abdinejad, P., S. Fiznia, H. Pyrovan, F. Fayazi and A. Shabani. 2009. Study Physical, Chemical, mechanical and constructive erodibility marl formatons of Zanjan province, Agriculture and Natural Resources Research Center, Zanjan Province, 265 pp (In Persian).
2. Agassi, M., I. Shainberg and J. Morin. 1990. Slope, Aspect and Phosphogypsum Effect on Runoff and Erosion. Soil Science Society of America Journal, 54: 1102-1106.
3. Assouline S. and M. Ben-Hur. 2006. Effect of rainfall intensity and slope gradient on the dynamics of interrill erosion during soil Surface sealing. Catena, 66: 211-220.
4. Battany M.C. and M.E. Grismer. 2000. Rainfall runoff and erosion in Napa valley vineyards: effects of slope, cover and surface roughness. Hydrological Processes, 14: 1289-1304.
5. Cerdà A., A.C. Imeson and A.Calvo 1995. Fire and aspect induced differences on the erodibility and hydrology of soils at La Costera, Valencia, and southeast Spain. Catena, 24: 289-304.
6. Cerdà A., S. Schnabel, A. Ceballos and D. Gomez-Amelia. 1998. Soil hydrological response under simulated rainfall in the Dehesa land system (Extremadura, SW Spain) under drought conditions. Land degradation and development, 19: 502-515.
7. Chaplot V.A.M. and Y.L. Bissonnais. 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.
8. Cheng Q., W. Ma and Q. Cai. 2008. The relative importance of soil crust and slope angle in runoff and soil loss: a case study in the hilly areas of the Loess Plateau, north China. GeoJournal, 71(2-3): 117-125.
9. Duiker. S.W., D.C. Flanagan and R. Lal. 2001. Erodibility and Infiltration characterstics of fire major soils of southwest Spain. Catena, 45: 103-121.
10. Ellison W.D. 1944. Studies of raindrop erosion. Agriculture Engineer, 25(131-136): 181-182.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.8.0]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.193]

11. Fiznia, S., A. Salajegheh, H. Ahmadi and A. AQamlaky. 2007. Relationship between soil physical properties and the amount of runoff and sediment in alluvial using rainfall simulator (Case Study: the subasin Abbassi Abad Jajrud), Proceedings Iranian Soil Science.Congress, Karaj, 155-127 (In Persian).
12. Foster, I.D.L., M.A. Fullen, R.T. Brandsma and A.S. Chapman. 2000. Drip-screen rainfall simulators for hydro and pedogeomorphological research: the Coventry experience. Earth Surface Process and Landforms, 25: 691-707.
13. Habibzadeh, A., M. Nikjo and H. Pyrowan. 2013. The amount of runoff and sediment outcrops of marl in East Azerbaijan province, Journal of Geography and Planning (Department of Geography), 17, 43: 71-91 (In Persian).
14. Hashemi, M., A. Shahriari and A. Hashemi. 2009. The role of rocks and soils due to erosion, sedimentation and flooding creation rise, Eleventh Congress of Soil Science of Iran, Gorgan University.
15. Heimsatha, A.M., J. Chappellb, W.E. Dietriche, K. Nishiizumid and R.C. Finkele. 2001. Late quaternary erosion in southeastern Australia: A field example using cosmogenic nuclides, Quaternary International, 83-85: 169-185.
16. Heuscher S.A., C.C. Brandt and M.P. Jardine. 2005. Using soil physical and chemical properties to estimate bulk density. Soil Science Society of America Journal, 69: 51-56.
17. Hosseini, S.H., S. Fiznia, H. Payrovan and Gh. Tabyan. 2009. Runoff and sediment production of the fine Neogene formations using Rainfall simulator (case study: watershed Taleghan), Journal Range and Watershed Management, Journal of Natural Resources, Volume 62, Number 2, Summer 2009, pp: 215-229.
18. Hudson N. 1995. Soil Concervation. Iowa State University Press, Ames, IA, USA.
19. Jordan, A. and L. Martınez-Zavala. 2008. Soil loss and runoff rates on unpaved forest roads in southern Spain after simulated rainfall. Forest Ecology and Management, 255: 913-919.
20. Karimpour Reihan, M., A. Salehpour Jam, M.K. Kianian and D. Jahani. 2007. Investigation of pedological criterion on land degradation in quaternary rock units, Case Study: Rude-Shoor watershed area. Desert, 12: 77-84.
21. Kirkby, M. 2001. Modeling the interactions between soil surface properties and water erosion. Catena, 46(2–3): 89-102. doi: 10.1016/S0341-8162(01)00160-6.
22. Lavee, H., A.C. Imeson and S. Pariente and Y. Benyamini. 1991. The response of soil to simulated rainfall along a climatological gradient in on arid and smi-arid region. Catena 19: 19 -37.
23. Loch, R.J. 2000. Using rainfall simulation to guide planning and management of rehabilitated areas. Part 1.Experimental methods and results from a study at the North-Parkes mine, Australia. Land Degradation and Development, 11: 221-240.
24. Mathys, N. 2005. Runoff and erosion in the Black Marls of the French, Alps: observation and measurement at the plot scale, Catena, 63: 261-281.
25. Mengistu, B., M. Defersha and M. Assefa. 2012. Effect of rainfall intensity, slope and antecedent sediment enrichment ratio. Catena, 90: 47-52.
26. Meyer, L.D. and W.C Harmon. 1984. Susceptibility of agricultural soil to interrill erosion. Soil Sci Soc. Am. J, 48: 1152-1157.
27. Mohammadzadeh, A. 2005. The effect of erosion, slope steepness and aspect in Marl in Watershed Using Rainfall Simulator Givichay in Ardabil Province, Third National Conference on erosion and sedimentation, Tehran, September 2005, 673-678.
28. J Mosaffaie, J. and A. Talebi. 2014. A Statistical View to the Water Erosion in Iran. Extension and Development of Watershed Management, 2(5): 9-17.
29. Mosaffaie, J., M.R. Ekhtesasi, M.T. Dastorani, H.R. Azimzadeh and M.A. Zare Chahuki. 2015. Temporal and spatial variation of the water erosion rate. Arabian journal of Geosciences, 8(8): 5971-5979. DOI: 10.1007/s12517-014-1628-z.
30. Mosaffaie, J. and M.R. Ekhtesasi. 2016. Comparison of the relative sediment yield potential of lithological units using sediment grain color. Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering, 10(32): 51-58.
31. Mosaffaie, J. and M.R. Ekhtesasi. 2017. Seasonal variation of the erosion rate using direct measurement. Journal of Watershed Management Research.30, 2-115: 48-56
32. Navas, A. 1993. Soil loses under Simulator Rainfall in Semi-arid Shrublands of the Ebro Valley. Journal of Soil and Water Conservation, 42: 211-215.
33. Nyssen J. and D. Vermeersch. 2010. Slope aspect affects geomorphic dynamics of coal mining spoil heaps in Belgium. Geomorphology, 123(1-2): 109-121.
34. Ponce, V.M. and A.V. Shetty. 1995. A Conceptual Model of Catchments Water Balance: 2 Application of Runoff and Base flow Modeling. Journal of Hydrology, 173, 1-4: 41-50.
35. Ragab, R., J. Bromley, P. Roiser, J.D. Cooper and J.H.C. Gash. 2003. Experimental study of water fluxes in a residential area: 1. Rainfall, roof runoff and evaporation: the effect of slope and aspect. Hydrological Processes, 17: 2409-2422 .
36. Rahmati, M., M. Arab Khdry and A. Jafari. 2004. Ardekani, impact and intensity because the slope of soil and water went to waste, Journal of Construction Research in natural resources. 62: 32-37.
37. Raiesian, B. 1997. Effects of rainfall intensity, land slope, soil texture and vegetation on watershed runoff in the province of Chahar Mahal and Bakhtiari, MSc thesis, Faculty of Agriculture, University of Technology.
38. Ramos, M.C., S. Nacci and I. Pla. 2000 Soil sealing and its influence on erosion rates for some soils in The Mediterranean area. Soil Science, 165: 398-403.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.8.0]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.193]

39. Sadeghi, S.H.R. 2007. Analysis of the phenomenon of erosion of soil water repellency, Proceedings of the Tenth Congress of Soil Science, College of Agriculture and Natural Resources, Tehran University, Karaj, 4 to 6 September 2007.
40. Salehpour Jam, A. and M. Karimpour Reihan. 2016. Investigation of pedological criterion affecting on desertification in alluvial fans using AHP-TOPSIS technique, case Study: South East of Roudeh-shoor Watershed. Desert, 21(2): 181-192.
41. Shakl Abdi, M., H. Khadami and A. Chatkhabi. 2003. Runoff and sediment production in soils with different parent materials in the GolAbdi Basin, Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources. 5(2): 85-110.
42. Sanikhani, H., M.R. Gohardoust and M. Sadeghi. 2016. The Impacts of Climate Change on Runoff of Ghareh-Chay Basin in Markazi Province, Iran. Journal of Watershed Management Research. 2016, 7(13): 22-12.
43. Vahabi, J. and M.H. Mahdian. 2008. Rainfall simulation for the study of the effects of efficient factors on runoff rate. SoilConservation and Watershed Management Research Center, 95: 1439-1445.
44. Vahabi J and Nikkami D, 2008. Assessing dominant factors affecting soil erosion using a portable rainfall simulator. International Journal of Sediment Research, 23: 375-385.
45. Zarif, M.S., S.h.r. Sadeghi, and S.Kh. Mirnya. 2009. Study of changes in runoff and sediment in two different slopes Watershed Forest Kojour, Fifth National Conference on Watershed Management and Engineering Sciences of Iran, Gorgan, 2 and 3 May 2009.
46. Zarif Moazam, M., S.H. Sadeghi and S.K. Mirnia. 2016. Variability of Interactions between Some Soil Properties and Runoff Generation Time (Case Study: Kojoor Watershed). Journal of Watershed Management Research, 7(13): 11-1.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.8.0]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.193]

An Assessment of Topography, Slope and Climate Effects on the Runoff Production within Marly Lands in Zanjan Province by using an Artificial Rain Simulator

Parviz Abdinejad[1], Sadat Fiznia[2] and Hamid Reza Pyrowan[3]

1-Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Deparhnent, Zanjan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Zanjan, lran, (Corresponding Author: prz_abdi@yahoo.com)
2- Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran. sfeiz@u.t.ac.ir
3- Faculty of Natural Resources, University of Tatbiat moalemeTehran. hrpeyrowan@yahoo.com
Received: September 5, 2017 Accepted: December 13, 2015

Abstract

The most important factors affecting soil erosion and runoff include climate, soil erodibility, topography, vegetation cover and land management. In this article, an assessment of topography, slope and climate effects on the runoff production within marly lands in Zanjan province by using an artificial rain simulator. In this regard, by overlying slope, climate, and marly units of geological formation maps, by incorporating a rain simulator and an overall of 220 plots were tested. Data, collected from field operations, were analyzed on the basis of Randomized Complete Block Design with Factorial Treatment Structure. The upper red marl units (Mu) has the highest volume of runoff With volume of more than 20 liters per square meter marl and marl units Pliocene (PL) The minimum With volume of 1 liter one liter per square meter respectively. The Pliocene marl units (PL) has the highest infiltration rate of 12.5 cm and lower red marl (OL) had the lowest infiltration rare is about 2 cm. The F-test results of Marnie units on volume and run-off coefficient were statistically significant, while the effect is not significant for the slope and climate on these two features. But in cases of double and triple combinations of these three variables in all cases have a significant effect on runoff generation and runoff coefficient. Statistical data analysis shows the significant effects of the Marl units, Slope and climate on the volume and run-off coefficient ($p<0.05$). Marly unit can be classified in to four groups, based on the Volume and run-off coefficient, so that Marls of Pliocene (PL), Qom (OM) and lower red (OL) are in a separate class and upper-red (Mu), and Eocen (EM) Marl units are in a unique group. Accordingly, it can be said that the four groups differed in volume and run-off coefficient are significantly different from each other. The results of the slope and climate effects on these two traits showed significant effects on volume and run-off coefficient of the marl units.

Keywords: Homogeneous units, Soil Erosion, Volume and Run-off coefficient

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.8.0]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.193]