دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

# بررسی آستانه شروع رواناب در واحدهای مارنی سازندهای زمین‌شناسی استان زنجان با استفاده از دستگاه بارانساز مصنوعی

**پ. عبدی نژاد[۱]، س. فیض نیا[۲]، ح. ر. پیروان[۳]، ف. ا. فیاضی[۴] و ا. ع. طباخ شعبانی[۵]**

۱- دانشجوی دکترای دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران و عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، نویسنده مسئول: prz_abdi@yahoo.com
۲- استاد، دانشگاه تهران
۳- استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور
۴- دانشیار، دانشگاه تربیت معلم تهران
۵- استادیار، پژوهشکده علوم زمین سازمان زمین شناسی کشور

**چکیده**

**واحدهای مارنی در حدود ۴۴۳۸ کیلومترمربع از سطح استان زنجان (معادل ۲۰٪) را تشکیل می‌دهند. بررسی روابط بین زمان شروع، حجم و ضریب رواناب در واحدهای مارنی نشان می‌دهد که معادله رگرسیونی بین اینها از نوع درجه دوم بوده و تا حدودی می‌تواند روند تغییرات را تفسیر نماید. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان می‌دهد که اثر واحدهای مارنی و شیب بر تغییرات زمان شروع رواناب کاملا در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد. در حالیکه اثر اقلیم معنی‌دار نیست. واحدهای مارنی براساس زمان شروع رواناب به سه گروه قابل تفکیک می‌باشند. بطوریکه واحد مارن پلیوسن (PL) و واحد مارنی قم (OM) هر کدام به تنهایی یک گروه و واحدهای مارنی قرمز بالایی (Mu)، قرمز پائینی (OL) و مارن ائوسن (EM) با هم در یک گروه قرار می‌گیرند و این سه گروه از نظر تفاوت در زمان شروع رواناب با همدیگر اختلاف معنی‌داری دارند که بدلیل داشتن تفاوت در خصوصیات فیزیکی-شیمیایی آنهاست. بطوریکه هر چقدر میزان سیلیت موجود در آنها بالا باشد. بدلیل عدم یا کم بودن قابلیت جذب آب در این واحدها در این حالت زمان شروع رواناب سریع و بالا خواهد بود. از نظر تاثیر شیب و اقلیم بر زمان شروع رواناب بررسیهای صورت گرفته نشاندهنده معنی‌دار بودن تاثیر این دو در سطح یک درصد بر زمان شروع رواناب می باشد.**

**واژه‌های کلیدی: مارن، حجم رواناب، ضریب رواناب، بارانساز، استان زنجان**

## مقدمه

نهشته های مارنی به دلیل ماهیت ساختمانی، نظیر وجود ذرات تخریبی (سیلت بالا و رس کم) و مواد شیمیائی (کربنات کلسیم، ژیپس، انیدریت و نمک) نسبت به سایر نهشته ها از فرسایش پذیری بالاتری

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24 ]

برخوردارند. در حوزه‌هائی که دارای واحدهای مـارنی هستند، قسـمت عمـده‌ای از رسـوبـات از این واحد ت

ولید می‌شود، از این رو نقش مهمی در کاهش عمر مفید سدها دارند. با توجه به پتانسیل بالای وقوع انواع رخساره‌های فرسایشی اعم از سطحی، شیاری، آبراهه‌ای، خندقی و تونلی و رسوبزائی بالا، شناخت جامع مارنها از دیدگاه کانی شناسی و شیمیائی که در نهایت منجر به شناسائی عوامل موثر بر فرسایش پذیری مارنها می‌شود، امری لازم و ضروری است. با شناخت شاخص‌های موثر بر فرسایش‌پذیری مارنها و طبقه‌بندی آنها می توان در اولویت‌بندی واحدها جهت اصلاح و بهبود این اراضی منظور کاهش فرسایش و تولید رسوب اقدام نمود (۷). عواملی نظیر ویژگی‌های خاک، شیب، شدت بارش، مسائل بهره‌برداری از زمین، پوشش گیاهی و زمین شناسی تعیین‌کننده ی پتانسیل فرسایش یک حوزه آبخیز هستند. بعبارت دیگر فرسایش نتیجه تاثیر متقابل قدرت فرسایندگی عامل فرساینده، حد فرسایش‌پذیری مواد زمین شناسی، شیب و کاربری اراضی است. بر این اساس یکی از عوامل مهم در بحث فرسایش رواناب سطحی که در واقع عامل فرساینده می باشد. از اینرو در این مقاله به ارزیابی میزان تولید رواناب در واحدهای مارنی سازندهای زمین شناسی استان زنجان با استفاده از دستگاه بارانساز مصنوعی پرداخته می‌شود.

به طور معمول 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 است که خصوصیات فیزیکی باران را می‌توان به طور دلخواه در آنها اعمال کرد. سرعت، کارائی و امکان تکرار پذیری از دیگر مزایای استفاده از باران‌سازهای مصنوعی است. از نظر تئوری استفاده از دستگاههای باران‌ساز نه تنها موجب صرفه‌جویی در وقت و هزینه می‌شود، بلکه می‌توان میزان رواناب و رسوب را به همراه تمامی فرایندهای دخیل در فرسایش و تولید رسوب را پایش نمود. در هر حال باید توجه داشت که استفاده از باران‌سازها خود با محدودیتهایی همراه است. بطوریکه دستگاههای باران‌ساز هرگز نمی‌توانند شرایط طبیعی را بطور کامل ایجاد کنند. اما به رغم چالشهای موجود، استفاده از باران‌سازها به دلیل مزایای فوق برای پژوهش در زمینه جنبه‌های مختلف فرسایش و تولید رسوب در سطح جهان رایج است (۳).

کامفورست (۱۰) با استفاده از باران‌ساز کوچک و اندازه‌گیری میزان رواناب، خاک از دست رفته و غلظت رسوب برای خاکهای مختلف هلند دریافت که مقدار رواناب و غلظتهای رسوب برای خاکهای مختلف به شدت متغیر بوده است. هیم ساثا (۸) میزان فرسایش نهشته‌های کواترنری در جنوب شرقی استرالیا را با روش تجمع نوکلوئیدهای برلیم و آلومینیم و کاربرد باران‌ساز اندازه‌گیری کردند. در این تحقیق مقدار فرسایش در مناطق تپه‌ماهوری بطور متوسط ۱/۶۷ و برای سنگ بستر ۰/۹ میلیمتر در سال بدست آمد.

فیض‌نیا (۴) به بررسی تأثیر عوامل فیزیکی، شیمیایی و آب و هوایی در تولید رسوب ناشی

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24 ]

از فرسایش سطحی در خاکهای لسی از واحدهای رسوبی کواترنری پرداختند. جهت اندازه‌گیری رواناب سطحی و رسوب از باران‌ساز با سطح پوشش یک متر مربع استفاده گردید. براساس نتایج بدست آمده شاخص خشکی دومارتن و درصد مواد آلی همبستگی بسیار بالایی با مقدار رسوب تولیدی داشته‌اند.

غضنفرپور (۵) بمنظور بررسی حساسیت به فرسایش و تولید رسوب نهشته‌های کواترنر و نوع کاربری اراضی در حوزه سجزی- کوهپایه واقع در حوزه آبخیز زاینده‌رود با استفاده از شبیه‌ساز باران اقدام به آزمایش نمود. بررسیها نشان داد که فرسایش‌پذیری و تولید رسوب در نهشته‌های مختلف کواترنر با یکدیگر اختلاف معنی‌دار داشته‌اند.

ماتیس (۱۴) در بررسی میزان رواناب و رسوب در مارنهای فرانسه با کمک بارانساز به این نتیجه رسیده‌اند که در شدت متوسط و تداوم ۳۰ دقیقه ضریب رواناب در مارنها حدود ۲۰ تا ۵۰ درصد می‌باشد. آرنیز (۲) با کمک بارانساز عاملهای موثر بر ایجاد رواناب و فرسایش را در مارنهای اسپانیا مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیده اند که میزان رواناب با شدت بارندگی رابطه نمائی دارد و میزان هدررفت خاک نیز با شدت افزایش می‌یابد. حسن زاده نفوتی (۶) در بررسی فرسایش پذیری مارنهای منطقه ایوانکی با کمک بارانساز و پس از اندازه گیری میزان رواناب و رسوب به این نتیجه رسیده‌اند که ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی سازندها مانند SAR، EC و K عامل اصلی در فرسایش‌پذیری مارنها به شمار می‌رود. حسینی (۹) به بررسی تولید رواناب و رسوب در سازندهای ریزدانه نئوژن با کمک بارانساز در حوزه آبخیز طالقان پرداخته و نتیجه می‌گیرند که نتایج بدست آمده از این پژوهش نشان می‌دهد که در بیشتر نمونه ها نسبت تخریبی به کل املاح موجود بیش از ۱/۹ بوده و لذا بر پایه روش پتی جان و با توجه به میزان املاح غالب پنج واحد جداسازی شد. بررسی روند تولید رسوب و رواناب با گذشت زمان نشان میدهد که در دو واحد به سرعت به حالت اشباع رسیده و در آنها تولید رواناب و رسوب معلق ثابت می‌شود. ولی در دو واحد دیگر هرچند که میزان رسوب معلق کمی را در زمان‌های اولیه ایجاد می‌کنند ولی با گذشت زمان به خاطر اشباع شدن رس‌ها و ایجاد جریانهای لاوی، میزان رسوب معلق آنها به شدت افزایش می‌یابد.

## مواد و روشها

### مشخصات منطقه

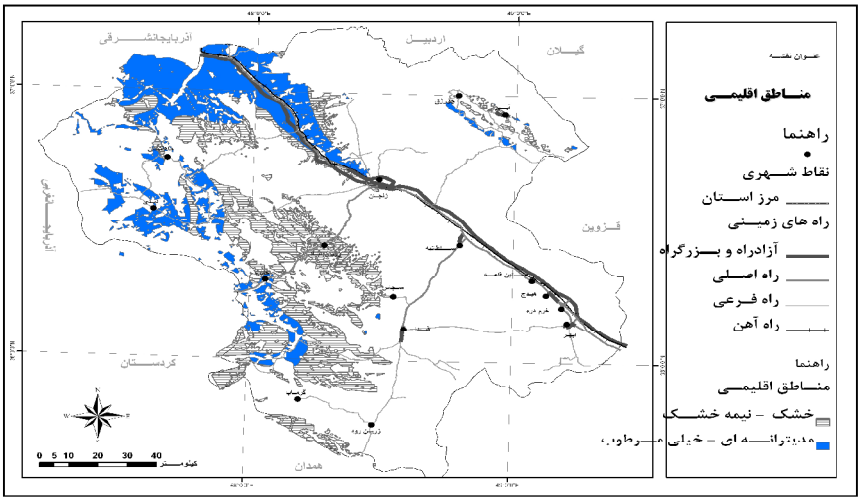
استان زنجان با وسعت ۲۲۱۶۴ کیلومتر مربع در قسمت مرکزی شمال غرب کشور بین طول جغرافیایی ۱۵ و ۴۷ تا ۲۵ و ۴۹ و عرض شمالی ۳۵ و ۳۵ تا ۱۵ و ۳۷ واقع شده است. این استان دارای اقلیم خشک تا نیمه خشک با متوسط بارندگی سالانه ۳۴۰ میلی متر بوده و دارای پستی و بلندی‌های زیادی است، به طوری که بیشترین وسعت آن را مناطق کوهستانی و تپه ماهورها فراگرفته است. استان زنجان دارای دو حوزه اصلی آبخیز با محدودهٔ کاملاً مجزا است، که شامل حوزه آبریز قزل اوزن به مساحت ۱۹۰۶۴ کیلومترمربع معادل ۸۶ درصد سطح استان و حوزه آبریز رودخانه

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24 ]

شور به وسعت ۳۱۰۰ کیلومترمربع معادل ۱۴ درصد سطح استان می‌باشد. استان زنجان بدلیل واقع شدن در موقعیت میانی حوزه آبخیز سد سفید رود از گذشته های دور از نظر آبخیزداری مورد توجه بوده است. بمنظور کنترل فرسایش خاک و کاهش حجم رسوبات وارده به مخزن سد سفیدرود فعالیتهای مطالعاتی، اجرایی و تحقیقاتی گسترده ای 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 جدی تر می‌سازد، وجود عوامل مهم محیطی موثر بر فرسایش خاک و رسوبزایی همچون شرایط اقلیمی، زمین شناسی و پستی و بلندی است.

**روش تحقیق**

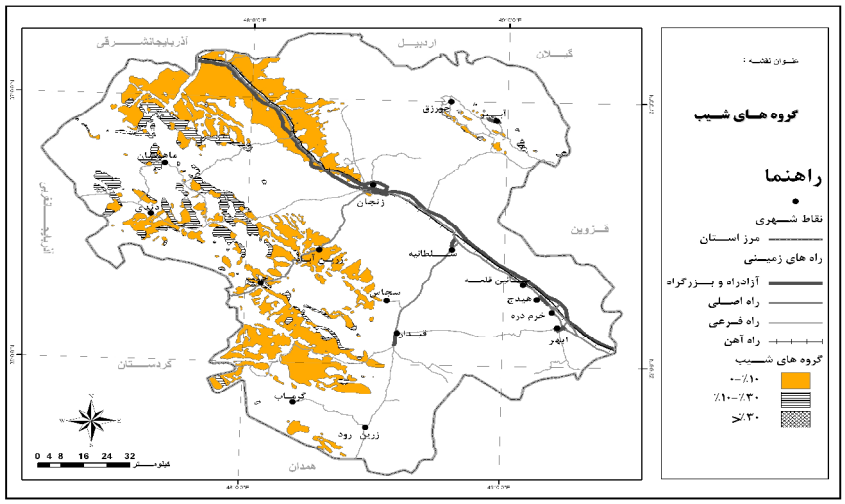
این تحقیق بخشی از نتایج اولیه بدست آمده از اجرای یک طرح تحقیقاتی در ارتباط با بررسی خصوصیات فیزیکی- شیمیایی، مکانیکی و فرسایش پذیری سازندهای مارنی استان زنجان می باشد (۱). برای انجام این تحقیق ابتدا اقدام به جمع آوری اطلاعات، آمار و سوابق مطالعاتی شده و سپس با استفاده از نقشه های زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ چهارگوش استان زنجان، تصاویر ماهواره ای و بازدیدهای متعدد و مکرر میدانی اقدام به تهیه نقشه واحدهای مارنی استان گردید (شکل ۱).



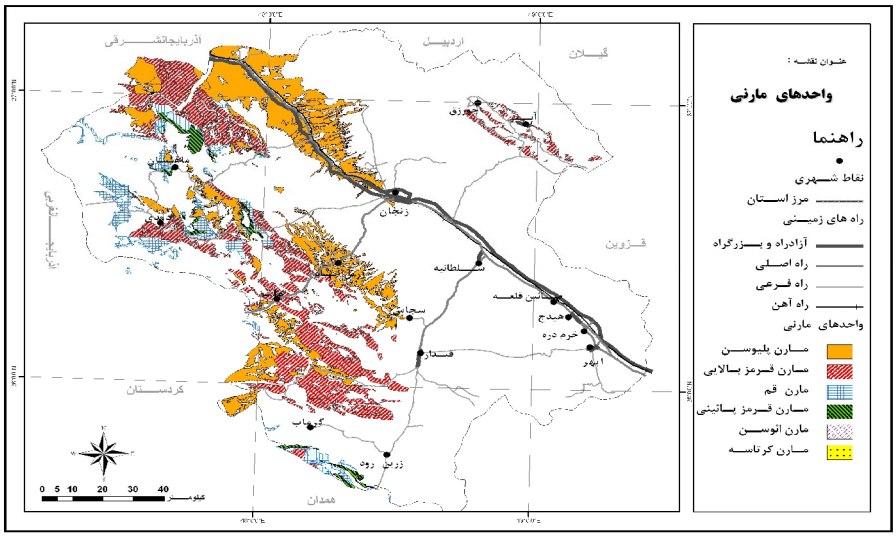

شکل ۱- نقشه موقعیت و پراکنش واحدهای مارنی استان زنجان.

سپس برای تهیه واحدهای کاری اقدام به تهیه نقشه شیب و طبقه بندی آن در سه گروه ۱۰-۰، ۳۰-۱۰ و ۳۰< درصد و نقشه اقلیم استان در دو گروه خشک تا نیمه خشک و مدیترانه‌ای تا خیلی مرطوب گردید (اشکال ۲ و ۳).

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24 ]



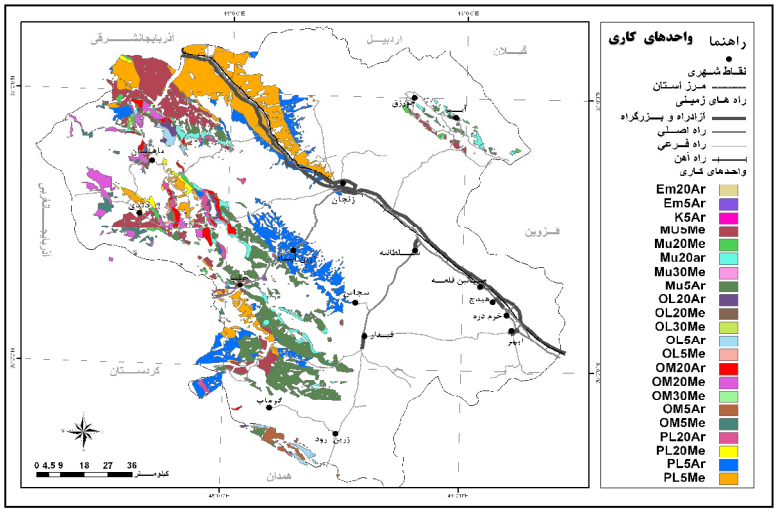

شکل ۲- نقشه مناطق اقلیمی واحدهای مارنی.



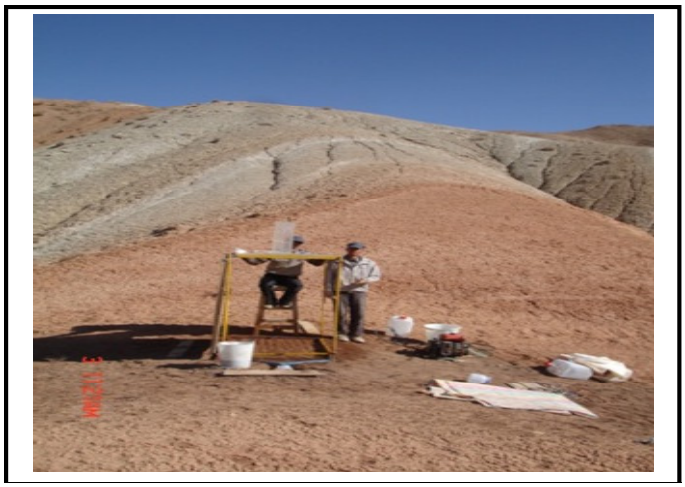

شکل ۳- نقشه گروه‌های شیب واحدهای مارنی استان زنجان.

با تلفیق و روی هم قرار دادن این سه لایه در محیط GIS نقشه واحدهای کاری در ۲۲ کلاس یا رده تهیه شد (شکل ۴). در ادامه از هر کدام از واحدهای کاری ۳ نمونه انتخاب و با انجام عملیات میدانی اقدام به انجام آزمایش ایجاد بارش مصنوعی با استفاده از یک دستگاه باران ساز مصنوعی قابل حمل در صحرا استفاده شد که از یک تشتک به ابعاد ۱×۱ متر تشکیل شده است (شکل ۵).

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24 ]




شکل ۴- نقشه واحدهای کاری.



شکل ۵- نمایی از چگونگی استقرار بارانساز و انجام آزمایش در صحرا.

جنس تشتک از نوع Plexiglass با ضخامت ۸ میلی متر در بدنه و کف می‌باشد. فاصله روزنه‌ها در امتداد طول و عرض باران ساز ۸ میلی‌متر است. بنابراین مجموع کل روزنه‌ها ۱۶۹ عدد می‌باشد و ارتفاع دیواره تشتک ۲۰ سانتی‌متر و قطر روزنه‌ها ۰/۶۶ میلی‌متر است. با توجه به اینکه ضخامت کف تشتک ۸ میلی‌متر است، لذا می توان بارانساز را از نوع لوله‌های باریک در نظر گرفت، به طوری که قطر لوله ۰/۶۶ میلی‌متر و طول آن ۸ میلی‌متر است. عوامل موثر بر شدت باران تولید شده به ارتفاع آب یا فشار آب روی روزنه‌ها، قطر مفید روزنه‌ها بستگی دارد. برای اینکه قطرات همواره در یک نقطه ثابت روی زمین ریخته نشوند. بلکه بتوانند کل سطح زمین را خیس نمایند، از یک دستگاه موتور

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24 ]

الکتریکی برای حرکت دادن افقی تشتک باران ساز استفاده شده است. مکان‌های مناسب برای اندازه‌گیری رسوب با بازدیدهای صحرائی تعیین شد. این مکانها دارای شیب ۵ و ۲۰ درصد، فرسایش از نوع شیاری، سطحی و در صورت امکان فرسایش و فاقد پوشش گیاهی هستند. در این مطالعه بارش به شدت ۶۰ میلی متر در ساعت به مدت نیم ساعت با ۳ تکرار برای هر واحد مارنی ایجاد شد.

**واحدهای مارنی استان**

براساس نقشه واحدهای مارنی استان بطورکلی ۵ واحد یا سازند مارنی در سطح استان زنجان با مساحتها و مناطق پراکنش متفاوت وجودارد (شکل ۴) که در ادامه مورد بحث قرار می‌گیرد (۱).

**مارن پلیوسن (Plm)**

بیشترین وسعت این واحد در حوزه فرورفته زنجانرود و در دو سوی رودخانه زنجان رود قرار دارد. این واحد بصورت رخنمون‌هائی از مارن و کنگلومرا بصورت تپه‌های به هم چسبیده که ارتفاع با سطوح فرسایشی صاف و یک سطح گسترده، گسترش دارد که از دو بخش میانی شامل مارن، سیلت، کمی به رنگهای قرمز، زرد، صورتی و قهوه‌ای (Plm) و حاشیه ای شامل کنگلومرا، ماسه سنگ و مارن (Plc) تشکیل شده اند. این مجموعه‌های آواری که در محیط کم ژرفای دریاچه‌ای لب شور پدیدار شده‌اند. دارای شیب ملایم (نیمه افقی) هستند. ضخامت کل واحدهای پلیوپلیئستوسن در منطقه زنجان، حداکثر ۲۰۰ متر است. این واحد در سایر مناطق استان بصورت مارن کرم رنگ تا قرمز است که گاهی با میان لایه‌هائی از ماسه سنگ سخت نشده همراهی می‌شود. ضخامت این واحد در مناطق مختلف از ۵۰ تا ۴۰۰ متر در تغییر است. این واحد درون خود در بردارنده لایه‌هائی از توف برش و گاهی نمک است. یکی از مناطق شاخص این نوع مارن در سطح استان زنجان که بدلیل قرارگیری در حوزه آبخیز بزرگ سد سفیدرود معروف و دارای اهمیت می باشد. واحد مارنی واقع در منطقه سرچم (پایاب رودخانه زنجانرود) است. این واحد در این منطقه بصورت تپه های بدلندی بوده و براساس تحقیقات مختلف صورت گرفته یکی از منابع تولید رسوب جمع شده در پشت سد سفید رود می باشد.

**مارن کرتاسه (K2m)**

این واحد بصورت یک رخنمون کوچک در بخش به تقریب مرکزی و در باختر روستای بلوبین نمایان است. این واحد ازیک سری مارن، سنگ های آهکی مارنی و شیل‌های خاکستری پدید آمده است. سنگ‌های آهکی دارای رنگ هوازده کرم رنگ و رنگ تازه خاکستری‌اند و از دیدگاه طبقه‌بندی نازک لایه وشیل‌ها لامینه و بسیار نازک لایه‌اند، کمی بلورین‌اند و در بردارنده رگچه های کلسیتی هستند.

**مارن ائوسن (EM)**

این واحد بصورت یک واحد کوچک و محدود با لیتولوژی مارن سبز و سفید در نقشه زمین شناسی حلب در حاشیه جاده زنجان- بیجار در شمال شرقی روستای ارکوئین قرار گرفته است.

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24 ]

**سازند قم (O-Mq)**

طبقاتی از آهکهای کم عمق و مارن که بطور مشخصی از نظر رنگ و لیتولوژی از سازند زیرین (سازند قرمز زیرین) و بالائی (سازند قرمز بالائی) متمایز هستند سازند قم نامیده شده است. در استان زنجان لیتولوژی غالب سازند قم شامل آهک توده ای و ضخیم، مارن سیلتی، آهک تخریبی و مارن، ژیپس سفید رنگ، مارن سبز زیتونی و آهک کرم رنگ است.

**سازند قرمز بالائی**

این سازند از ۳ واحد مارنی تشکیل شده است. واحد M1 از مارن‌های الوان تشکیل شده است که در تناوب با لایه‌های کم گچ، شیل و ماسه سنگ می باشد و با رنگهای متنوعی (قرمز، سبز متمایل به کرم، سبز زیتونی) که دارد (شکل ۴)، از واحد M2 متمایز می‌شود. واحد M2 عمدتا ماسه سنگ حفره دار و لایه‌های نازک شیل به همراه مارن تشکیل شده است. ضخامت و توالی طبقات ماسه سنگ نسبت به واحد M3 و M1 بسیار بیشتر است و در بعضی مناطق ضخامت آن به ۱۰ متر می رسد. واحد M3 عمدتاً از مارن با لایه‌های کم ماسه سنگی و کنگلومرائی تشکیل شده است. رنگ آن کرم تا قهوه‌ای روشن است. لایه‌های ماسه سنگی دارای تناوب و ضخامت کمتر (۲-۱ متر) و سیمان سست‌تر نسبت به دو واحد دیگر است، به همین دلیل بیشتر در معرض فرسایش قرار گرفته و تپه ماهورهای فرسوده را بوجود آورده است. به دلیل وجود املاح فراوان، واحدهای مارنی دارای پوشش گیاهی تنک و حتی فاقد پوشش گیاهی می باشد (شکل ۶).

شکل ۶- نمایی از واحدهای مارنی در منطقه چهرآباد زنجان.

**نتایج و بحث**

**زمان شروع رواناب در واحدهای مارنی**

برای سنجش و ارزیابی زمان شروع رواناب در هر یک از واحدهای کاری با انجام پیمایش صحرایی اقدام به انتخاب سه نمونه گردید. سپس با استفاده دستگاه بارانساز به نحوی که قبلا توضیح داده شد خصوصیات زمان شروع رواناب هریک از واحدهای کاری به همراه تعدادی از سایر خصوصیات موثر در زمان شروع رواناب اندازه‌گیری گردیده که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده‌است. براساس داده‌های بدست آمده واحدهای مارنی پلیوسن PL 5 Ar،

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24 ]

PL 20 Ar، PL 5 Me و PL 20 Me دارای بیشترین زمان شروع رواناب هستند. یعنی بعبارت دیگر برای شروع رواناب در این واحدها به زمان بارش طولانی‌تر مورد نیاز است. اما در مقابل واحدهای مارنی مختلف قرمز بالایی (Mu 5 Ar، Mu 20 Ar، Mu 5 me و Mu 20 me ) و پائینی (OL 5 Ar، OL 20 Ar، OL 5 me و OL 20 me) از این نظر دارای کمترین مقدار هستند. یعنی در این واحدها رواناب نسبت به واحد پلیوسن و قم سریعتر جریان می‌یابد (شکل ۷).

جدول ۱- نتایج حاصل از انجام آزمایش با دستگاه بارانساز مصنوعی واحدهای کاری

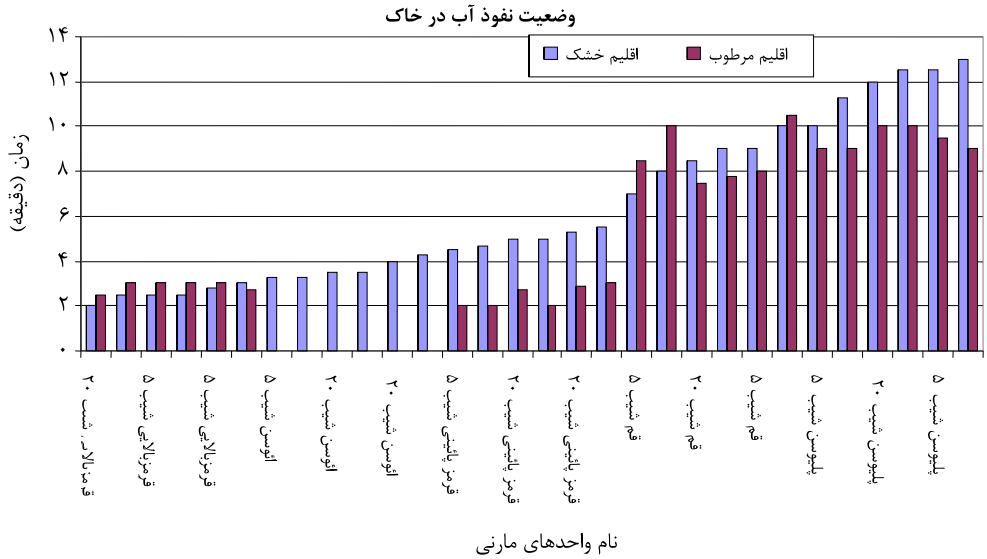
| واحد کاری | درصد سنگریزه | زمان شروع رواناب (دقیقه) | حجم رواناب (لیتر) | عمق نفوذ (سانتیمتر) | ضریب رواناب |
|---|---|---|---|---|---|
| EM 20 Ar 1 | ۶ | ۵ | ۱۶/۵ | ۴ | ۰/۴۷۸ |
| EM 20 Ar 2 | ۷ | ۵ | ۱۷ | ۳/۵ | ۰/۴۹۳ |
| EM 20 Ar 3 | ۵ | ۵/۱۵ | ۱۵ | ۴/۳ | ۰/۴۳۵ |
| EM 5 Ar 1 | ۵ | ۳ | ۱۹/۴ | ۳/۳ | ۰/۵۶۲ |
| EM 5 Ar 2 | ۵ | ۳ | ۱۹/۵ | ۳/۳ | ۰/۵۶۵ |
| EM 5 Ar 3 | . | ۳/۵ | ۱۹/۲ | ۳/۵ | ۰/۵۵۶ |
| Mu 20 Ar 1 | ۱۰ | ۲ | ۱۹/۸ | ۲/۵ | ۰/۵۷۴ |
| Mu 20 Ar 2 | ۸ | ۳ | ۱۸ | ۳ | ۰/۵۲۲ |
| Mu 20 Ar 3 | . | ۳ | ۲۰/۵ | ۲ | ۰/۵۹۴ |
| Mu 20 me 1 | . | ۴/۵ | ۱۷ | ۳ | ۰/۴۹۳ |
| MU 20 me 2 | . | ۵/۳ | ۱۹ | ۲/۷ | ۰/۵۵۱ |
| MU 20 me 3 | . | ۶ | ۲۰ | ۲/۵ | ۰/۵۸۰ |
| Mu 5 Ar 1 | . | ۲/۵ | ۱۶/۹ | ۲/۸ | ۰/۴۹۰ |
| Mu 5 Ar 2 | . | ۴/۴ | ۱۷/۲ | ۲/۵ | ۰/۴۹۸ |
| Mu 5 me 1 | . | ۵ | ۱۸/۵ | ۲/۵ | ۰/۵۳۶ |
| Mu 5 me 1 | . | ۵ | ۱۵ | ۳ | ۰/۴۳۵ |
| Mu 5 me 2 | . | ۵.۵ | ۱۴ | ۳ | ۰/۴۰۶ |
| Mu 5 me 3 | . | ۶ | ۱۳ | ۳ | ۰/۳۷۷ |
| OL 20 Ar 1 | ۳ | ۲/۳ | ۱۷/۲ | ۵ | ۰/۴۹۸ |
| OL 20 Ar 2 | ۵ | ۲/۴ | ۱۶/۵ | ۵/۳ | ۰/۴۷۸ |
| OL 20 Ar 3 | . | ۳ | ۱۵/۵ | ۵/۵ | ۰/۴۴۹ |
| OL 20 Me 1 | ۷ | ۳ | ۱۶/۲ | ۲/۷ | ۰/۴۶۹ |
| OL 20 Me 2 | ۸ | ۴ | ۱۵ | ۲/۹ | ۰/۴۳۵ |
| OL 20 Me 3 | ۸ | ۵ | ۱۴/۲ | ۳ | ۰/۴۱۱ |
| OL 5 Ar 1 | . | ۴/۵ | ۱۸ | ۴/۵ | ۰/۵۲۲ |
| OL 5 Ar 2 | . | ۵/۲ | ۱۷/۵ | ۴/۷ | ۰/۵۰۷ |
| OL 5 Ar 3 | . | ۶ | ۱۷ | ۵ | ۰/۴۹۳ |
| OL 5 Me 1 | ۸ | ۳ | ۱۸/۳ | ۲ | ۰/۵۳۰ |
| OL 5 Me 2 | ۸ | ۳ | ۱۸/۵ | ۲ | ۰/۵۳۶ |
| OL 5 Me 3 | ۱۰ | ۴/۴۵ | ۱۹ | ۲ | ۰/۵۵۱ |
| OM 20 Ar 1 | ۵ | ۱۰ | ۲/۸ | ۸/۵ | ۰/۰۸۱ |
| OM 20 Ar 2 | ۷ | ۱۱ | ۱/۴ | ۱۰ | ۰/۰۴۱ |
| OM 20 Ar 3 | ۶ | ۱۲ | ۲/۵ | ۹ | ۰/۰۷۲ |
| OM 20 me1 | ۲ | ۱۱ | ۳/۵ | ۷/۵ | ۰/۱۰۱ |
| OM 20 me2 | ۳ | ۱۱ | ۵ | ۱۰/۵ | ۰/۱۴۵ |
| OM 20 me3 | . | ۱۲ | ۳/۳ | ۷/۸ | ۰/۰۹۶ |
| OM 5 me 2 | ۳ | ۱۳ | ۲/۸ | ۸/۵ | ۰/۰۸۱ |

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24 ]

ادامه جدول ۱

| واحد کاری | درصد سنگریزه | زمان شروع رواناب (دقیقه) | حجم رواناب (لیتر) | عمق نفوذ (سانتیمتر) | ضریب رواناب |
|---|---|---|---|---|---|
| OM 5 me 3 | ۱۵ | ۱۳ | ۴/۸ | ۱۰ | ۰/۱۳۹ |
| OM 5 me1 | ۳ | ۱۲/۵ | ۳ | ۸ | ۰/۰۸۷ |
| OM 5 Ar 1 | . | ۸ | ۴/۸ | ۹ | ۰/۱۳۹ |
| OM 5 Ar 2 | . | ۸ | ۶ | ۷ | ۰/۱۷۴ |
| OM 5 Ar 3 | . | ۸/۵ | ۵/۳ | ۸ | ۰/۱۵۴ |
| PL 20 Ar 1 | . | ۱۵ | ۱/۳ | ۱۲ | ۰/۰۳۸ |
| PL 20 Ar 2 | . | ۱۶ | ۱/۱ | ۱۲/۵ | ۰/۰۳۲ |
| PL 20 Ar 3 | . | ۱۷ | ۱ | ۱۳ | ۰/۰۲۹ |
| PL 20 Me 1 | . | ۶ | ۴ | ۱۰ | ۰/۱۱۶ |
| PL 20 Me 2 | . | ۷ | ۳/۲ | ۱۰ | ۰/۰۹۳ |
| PL 20 Me 3 | . | ۷/۵ | ۲/۲ | ۹ | ۰/۰۶۴ |
| PL 5 Ar 1 | . | ۱۶ | ۱/۳ | ۱۰ | ۰/۰۳۸ |
| PL 5 Ar 2 | . | ۱۹ | ۱/۲ | ۱۱/۳ | ۰/۰۳۵ |
| PL 5 Ar 3 | . | ۲۱ | ۱/۱ | ۱۲/۵ | ۰/۰۳۲ |
| PL 5 Me 1 | . | ۱۸ | ۱/۲ | ۹ | ۰/۰۳۵ |
| PL 5 Me 2 | . | ۱۸ | ۱/۲۵ | ۹ | ۰/۰۳۶ |
| PL 5 Me 3 | . | ۲۰ | ۱ | ۹/۵ | ۰/۰۲۹ |

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٪.




شکل ۷- مقایسه زمان شروع رواناب تولیدی در واحدهای کاری.

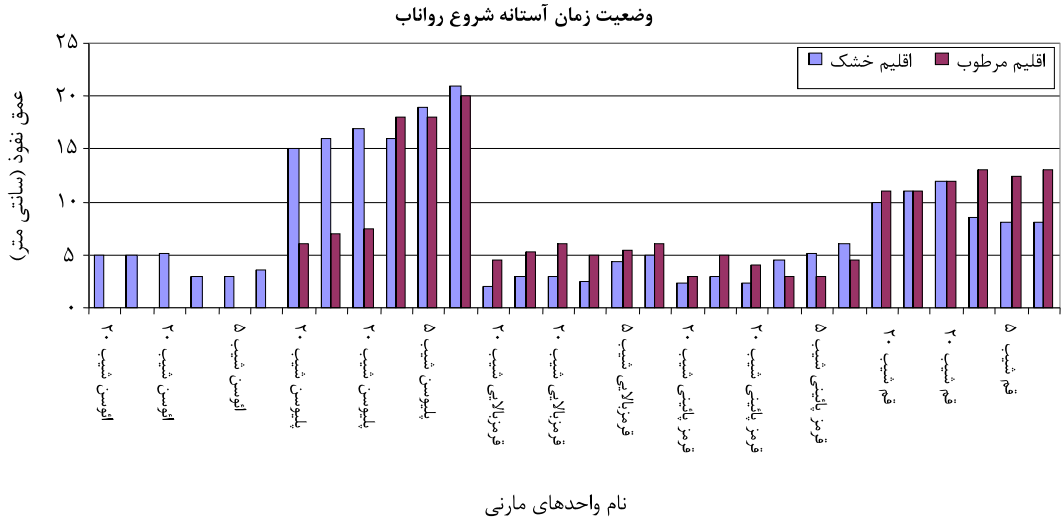
یکی دیگر از عوامل موثر زمان شروع رواناب میزان نفوذپذیری خاک و در این بررسی واحدهای مارنی می باشد. برای بررسی وضعیت واحدهای مارنی مورد بررسی از این نظر اقدام به اندازه‌گیری میزان نفوذ آب در هریک از واحدهای کاری انتخابی بعد از اتمام بارش

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24 ]

گردید. براساس این داده ها بترتیب واحدهای مارن پلیوسن (PL) و واحدهای مارنی قم (OM) دارای بیشترین مقدار نفوذ آب در آنها 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 تاثیر خصوصیات فیزیکی واحدهای مارنی در زمان شروع رواناب**

خصوصیات فیزیکی مورد از نظر واحدهای مارنی شامل زمان یا آستانه شروع رواناب، عمق نفوذ آب، ضریب رواناب و درصد سنگریزه می باشد (شکل ۸). که در ادامه تاثیر و روابط موجود بین این عوامل فیزیکی و زمان شروع رواناب واحدهای کاری مورد بررسی قرار می‌گیرند.



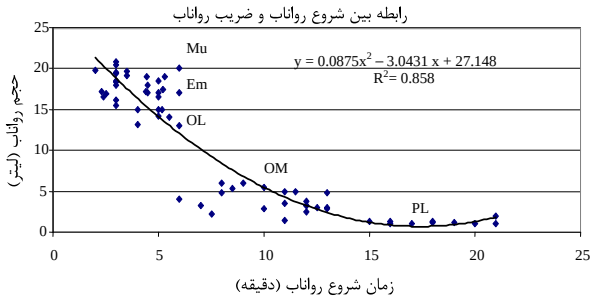

شکل ۸- مقایسه عمق نفوذ آب در واحدهای کاری.

**رابطه بین رواناب و زمان شروع آن**

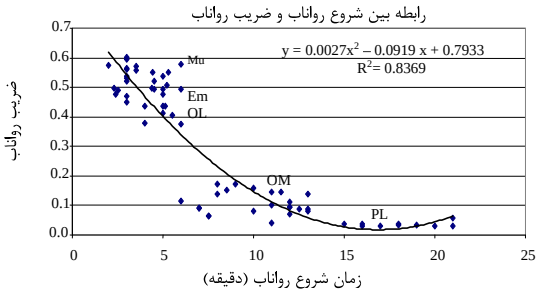
برای بررسی رابطه بین رواناب تولیدی واحدهای مارنی و زمان شروع این رواناب اقدام به ترسیم نمودار ارائه شده در شکل ۹ گردید. براساس این نمودار رابطه بین این دو یک رابطه غیرخطی با روند کاهشی است. معادله رگرسیونی این دو از نوع معادله درجه دو با ضریب همبستگی حدود ۰/۸۶ می باشد. بطوریکه با افزایش زمان شروع رواناب میزان یا حجم رواناب تولیدشده از واحدهای مارنی کاهش می‌یابد. معادله منحنی و ضریب همبستگی در شکل ۹ ارائه شده است. با توجه نحوه قرارگیری و پراکنش داده‌ها روی منحنی همانطوری که روی منحنی نیز مشخص شده می توان واحدهای مارنی را گروه بندی یا از هم تفکیک کرد بطوری که واحدهای مارنی قرمز بالایی (Mu)، مارن ائوسن (Em) و قرمز پائینی (OL) در قسمت بالای منحنی و واحد

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24 ]

مارنی قم (OM) در وسط و واحد مارنی پلیوسن (PL) در پائین قرار گرفته است. به عبارت دیگر براساس این منحنی واحدهای مارنی مورد بررسی به سه گروه تفکیک می شوند و این در واقع دلیلی بر وجود تفاوت معنی دار از این نظر بین آنهاست. قابل ذکر است که براساس شکل (۱۰) که نشاندهنده منحنی رابطه بین ضریب رواناب با زمان شروع رواناب می‌باشد. رابطه و شکل منحنی کاملا مشابه رابطه و شکل منحنی بین رواناب و زمان شروع رواناب است. لذا توضیحات ارائه شده در این بخش شامل این منحنی نیز می‌باشد.




شکل ۹- بررسی رابطه بین زمان شروع رواناب واحدهای کاری با حجم رواناب.




شکل ۱۰- بررسی رابطه بین زمان شروع رواناب واحدهای کاری با ضریب رواناب.

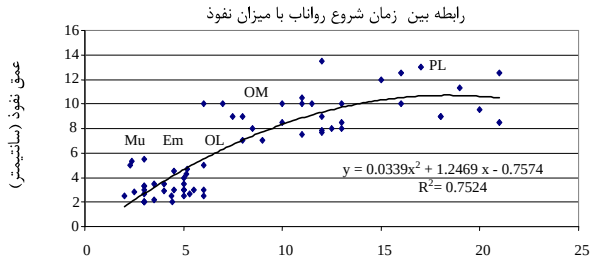
**رابطه بین زمان شروع رواناب با عمق نفوذ آب**

با توجه به شکل ۱۱ که نشاندهنده منحنی رابطه زمان شروع رواناب با عمق نفوذ آب در خاک است. معادله بین این دو از نوع معادله رگرسیونی درجه دوم با ضریب همبستگی ۰/۷۵ و از نوع غیرخطی با رابطه مستقیم است. بعبارت دیگر با افزایش زمان شروع رواناب میزان عمق نفوذ آب در داخل واحدهای مارنی مورد بررسی افزایش می‌یابد. در این منحنی با توجه به وضعیت زمان شروع رواناب و میزان عمق نفوذ آب در خاک واحدهای مارنی امکان تفکیک این واحدها به گروه یا گروه های مجزا به نحوی که روی منحنی نمایش داده شده است وجود دارد.

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24 ]

**بررسی تاثیر شیب بر زمان شروع رواناب**

همانطوری که در بخش روش تحقیق توضیح داده شد برای تعیین واحدهای کاری دو رده شیب ۵٪ و ۲۰٪ بعنوان یکی از لایه ها انتخاب با دو معیار دیگر یعنی اقلیم و واحدهای مارنی تلفیق شدند. از اینرو در این بخش به بررسی تاثیر این رده شیب بر مشخصه‌های رواناب تولیدی واحدهای مارنی پرداخته می‌شود.



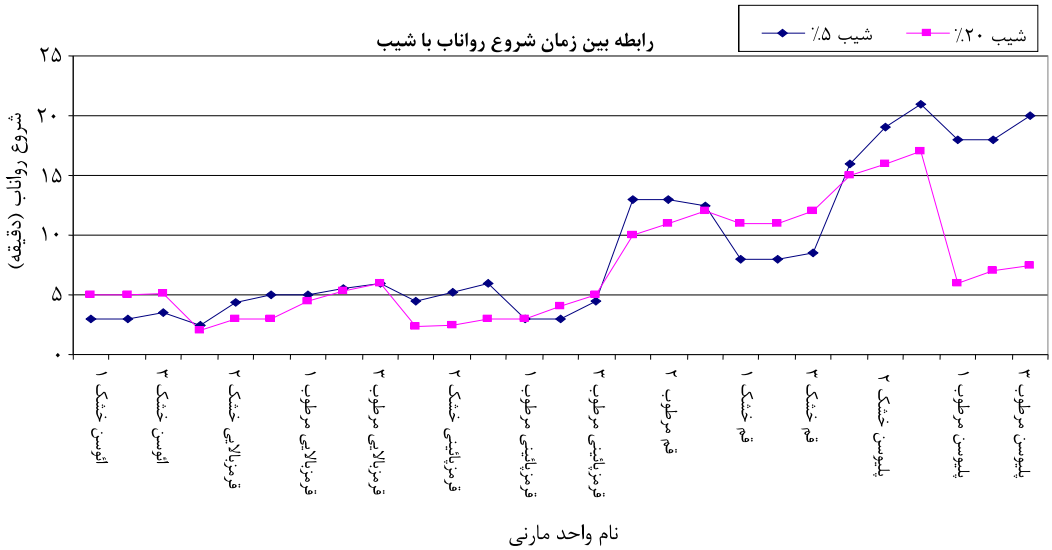

شکل ۱۱- بررسی رابطه بین زمان شروع رواناب تولیدی واحدهای کاری با عمق نفوذ آب.

در شکل (۱۲) وضعیت زمان شروع 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 به جز واحد مارنی PLMe مشابه بوده و تفاوت مشخصی و معینی را نشان نمی دهد بعبارت دیگر شیب تاثیر بر تغییرات زمان شروع رواناب در این واحدها ندارد. اما واحد مارنی PLMe که واحد کاری مارن پلیوسن در اقلیم مرطوب است تفاوت قابل توجه و مشخص که باید علت آن مورد بررسی قرارگیرد.

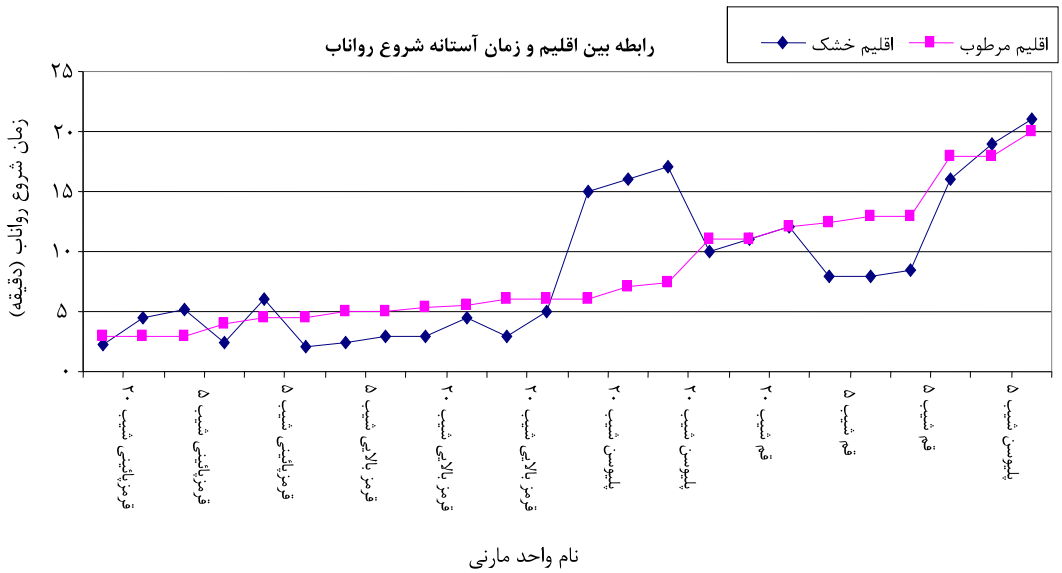
**بررسی تاثیر اقلیم بر زمان شروع رواناب**

در شکل (۱۳) تغییرات زمان شروع رواناب در دو اقلیم خشک و مرطوب از واحدهای کاری مورد بررسی ارائه شده است. براساس این منحنیها روند تغییرات زمان شروع رواناب در هر دو اقلیم مشابه و تا حدود زیادی نزدیک بهم می‌باشد. دامنه نوسانات این صفت در هر دو اقلیم محدود بوده و تغییر و اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد. اما با دقت در منحنیها می توان گفت در واحدهای مارن قرمز بالایی (Mu) و واحدها مارنی قم (OM) در اقلیم مرطوب زمان شروع رواناب نسبت به اقلیم خشک دارای مقدار بیشتری می‌باشد. اما واحد مارنی پلیوسن (PL) زمان شروع رواناب در اقلیم خشک بیشتر از اقلیم مرطوب است.

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24 ]




شکل ۱۲- بررسی رابطه بین زمان شروع رواناب واحدهای کاری با شیب.




شکل ۱۳- بررسی رابطه بین زمان شروع رواناب واحدهای کاری با اقلیم.

## تجزیه و تحلیل آماری داده ها

برای بررسی دقیق و آماری روابط بین عوامل موثر از لایه‌های اطلاعاتی شرکت کننده در تعریف واحدهای کاری واحدهای مارنی مورد بررسی از توانائیهای نرم افزار SAS استفاده گردید. بدین منظور داده‌های بدست آمده از انجام آزمایشهای صحرایی با استفاده از دستگاه بارانساز مصنوعی در هریک از واحدهای کاری تعریف شده (جدول ۱) وارد محیط برنامه SAS شدند. در محیط این برنامه با استفاده از روش تجزیه و تحلیل مدلهای خطی (GLM Model) این داده مورد ارزیابی قرار گرفت.

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24 ]

**عوامل موثر در زمان شروع رواناب**

با توجه به اینکه در تعریف واحدهای کاری در این تحقیق از داده های شیب (در دو رده ۵٪ و ۲۰٪) و اقلیم (در دو حالت خشک و مرطوب) و واحدهای مارنی (در ۵ واحد) استفاده گردیده لذا در این بخش به بررسی تاثیر این عوامل در شروع رواناب با استفاده از تجزیه و تحلیل مدل خطی (GLM) پرداخته می‌شود. نتیجه تجزیه و تحلیل در جدول ۲ ارائه گردیده‌است.

جدول ۲- مقایسه میزان تاثیر عوامل موثر در حجم رواناب

| Source | DF | Type III SS | Mean Square | F Value | Pr > F | تفاوت |
|---|---|---|---|---|---|---|
| واحد مارنی | ۴ | ۱۲۱۵/۵۲ | ۳۰۳/۸۸ | ۲۶۳/۹۲ | <۰/۰۰۰۱ | معنی دار |
| شیب | ۱ | ۳۶/۵۰ | ۳۶/۵۰ | ۳۱/۷ | <۰/۰۰۰۱ | معنی دار |
| اقلیم | ۱ | ۰/۱۵ | ۰/۱۵ | ۰/۱۳ | ۰/۷۲۴۲ | ---- |
| شیب × واحد مارنی | ۴ | ۱۵۳/۵۸ | ۳۸/۳۹ | ۳۳/۳۵ | <۰/۰۰۰۱ | معنی دار |
| اقلیم × واحد مارنی | ۳ | ۸۹/۰۲ | ۲۹/۶۷ | ۲۵/۷۷ | <۰/۰۰۰۱ | معنی دار |
| اقلیم × شیب | ۱ | ۱۷/۸۲ | ۱۷/۸۲ | ۱۵/۴۸ | ۰/۰۰۰۳ | معنی دار |
| اقلیم × شیب × واحد مارنی | ۳ | ۷۶/۵۲ | ۲۵/۵۱ | ۱۲/۱۵ | <۰/۰۰۰۱ | معنی دار |

براساس نتایج بدست آمده اثر واحدهای مارنی و شیب روی زمان شروع رواناب در سطح ۱ و ۵٪ معنی دار است. بطوریکه در واحدهای مارنی مختلف و شیبهای انتخابی میزان اختلاف زمان شروع رواناب با یکدیگر تفاوت مشخص و معنی داری دارند. در حالیکه اثر اقلیم بر این صفت معنی‌دار نمی باشد. یعنی زمان شروع رواناب در دو اقلیم انتخابی با یکدیگر اختلاف مشخص و معنی‌داری ندارند هرچند وجود اختلاف اجتناب‌ناپذیر می باشد ولی این اختلاف دارای یک تفاوت و رابطه مشخص و معنی‌داری نیست. اما تاثیر حالتهای دو گانه شیب × واحد مارنی، اقلیم × واحد مارنی و اقلیم × شیب همگی معنی دار می‌باشند. در دو حالت آخر تاثیر ترکیب واحدهای مارنی و اقلیم و شیب با اقلیم در زمان شروع رواناب معنی‌دار شده‌اند در حالیکه در حالت اقلیم تنها این تفاوت معنی دار نبود. دلیل این تغییر تاثیر واحدهای مارنی و شیب می باشد که طبق بحث صورت گرفته تاثیر این دو به تنهایی نیز معنی دار بوده و لذا در حالت ترکیب با اقلیم باعث تاثیر معنی دار بر این خصوصیت شده‌است.

به همین دلیل در حالت سه گانه یعنی ترکیب واحد مارنی × اقلیم × شیب نیز تاثیر معنی‌دار است. بررسی میانگین و ضرایب همبستگی این عوامل در حالت سه گانه در جدول ۲ ارائه گردیده که با دقت در این داده‌ها معنی‌دار بودن تاثیر آنها بر شروع رواناب تائید خواهد شد. اما بررسی دقیق تر میزان تاثیر هریک از این عوامل بر خصوصیت زمان شروع رواناب در واحدهای مارنی مورد بررسی اقدام به محاسبه و مقایسه میانگین مقادیر خصوصیات مورد بررسی در واحدهای مارنی به روش دانکن گردید که نتایج آن در جدول ۳ نشان داده شده است.

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24 ]

جدول ۳- مقایسه میانگین مقادیر خصوصیات مورد بررسی در واحدهای مارنی استان زنجان به روش دانکن

| نام واحد مارنی / نام متغیر | واحد پلیوسن (PL) | قرمز بالایی (Mu) | واحد قم (OM) | قرمز پائینی (OL) | واحد ائوسن (EM) |
|---|---|---|---|---|---|
| زمان شروع رواناب | ۱۵/۵۰$^{a}$ | ۴/۱۹$^{c}$ | ۱۰/۹۷$^{b}$ | ۳/۸۲$^{c}$ | ۴/۱۱$^{c}$ |
| حجم رواناب | ۱/۶۸$^{a}$ | ۱۷/۸۱$^{a}$ | ۳/۹۹$^{c}$ | ۱۶/۹۰$^{b}$ | ۱۷/۷۷$^{a}$ |
| ضریب رواناب | ۰/۰۴۹$^{a}$ | ۰/۵۱$^{a}$ | ۰/۱۲$^{c}$ | ۰/۴۸$^{b}$ | ۰/۵۱$^{a}$ |

براساس نتایج بدست آمده از این بررسی می توان گفت واحدهای مارنی را با توجه به خصوصیت زمان شروع رواناب در آنها به سه گروه قابل تفکیک می باشند. بطوریکه واحد مارن پلیوسن (PL) و واحد مارنی قم (OM) هر کدام به تنهایی یک گروه و واحدهای مارنی قرمز بالایی (Mu)، قرمز پائینی (OL) و مارن ائوسن (EM) با هم در یک گروه قرار می گیرند و این در واقع به شرایط و خصوصیات ذاتی این واحدهای مارنی مربوط می شود که باعث بروز رفتارهای مشابه یا متناقض در آنها می‌گردد. به همین ترتیب می توان گفت که این سه گروه از نظر تفاوت در زمان شروع رواناب با همدیگر اختلاف معنی داری دارند که همانطوریکه اشاره گردید بدلیل داشتن تفاوت در خصوصیات فیزیکی- شیمیایی آنهاست. در جدول ۴ تاثیر اقلیم و شیب بر زمان شروع رواناب مورد بررسی قرارگرفته است. با دقت در داده‌های این جدول که نتیجه تجزیه و تحلیل صورت گرفته است. دیده می شود که تفاوت زمان شروع رواناب در دو شیب و اقلیم انتخابی معنی دار می‌باشد. یعنی زمان شروع رواناب در شیبهای ۵٪ و ۲۰٪ با همدیگر تفاوت محسوس و معنی‌داری بوده و این در واقع نشان دهنده موثربودن شیب در این صفت می باشند و همین طور در مورد دو اقلیم خشک و مرطوب نیز اختلاف معنی دار و مشخص است این نیز نشاندهنده موثر بودن اقلیم در تغییرات زمان شروع رواناب است.

جدول ۴- مقایسه میانگین مقادیر خصوصیات مورد بررسی واحدهای مارنی استان زنجان در شیبها و اقالیم به روش دانکن

| نام واحد مارنی / نام متغیر | شیب ۵٪ | شیب ۲۰٪ | اقلیم خشک | اقلیم مرطوب |
|---|---|---|---|---|
| زمان شروع رواناب | ۹/۴۷$^{a}$ | ۷/۳۳$^{b}$ | ۷/۳۷$^{b}$ | ۹/۴۳$^{a}$ |
| حجم رواناب | ۱۰/۰۲$^{b}$ | ۱۰/۶۹$^{a}$ | ۱۲/۱۷$^{a}$ | ۸/۴۹$^{b}$ |
| ضریب رواناب | ۰/۲۹$^{b}$ | ۰/۳۱$^{a}$ | ۰/۳۵$^{a}$ | ۰/۲۵$^{b}$ |

براساس نتایج بدست آمده از این بررسی در حدود ۴۴۳۸ کیلومترمربع از سطح استان که معادل ۲۰ درصد مساحت کل استان است تحت اشغال اراضی مارنی می باشد. در شکل ۵ فراوانی گسترش واحدهای کاری انتخابی را نشان می دهد. در بین واحد های مارنی نیز واحد مارنی پلیوسن (Plm) و واحد مارنی طبقات قرمز بالایی (Mur) بیش از ۸۵ درصد از سطح واحدهای مارنی را پوشش می دهند.

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24 ]

بررسی روابط بین زمان شروع رواناب، حجم رواناب تولیدی، ضریب رواناب و میزان عمق نفوذ آب در واحدهای مارنی از طریق رسم منحنیهای دو به دو این صفات واحدهای کاری با هم نشان می دهد که اولاً معادله رگرسیونی بین اینها از درجه دوم بوده و در ثانی تا حدودی قابلیت تفسیر و تعبیر روابط بین اینها و پیش بینی روند تغییرات را دارد. بررسی روابط بین زمان شروع رواناب، حجم رواناب تولیدی، ضریب رواناب و میزان عمق نفوذ آب در واحدهای مارنی در شیبهای انتخابی از طریق رسم منحنیهای دو به دو این صفات واحدهای کاری با هم نشان می دهد که تفاوت معنی دار و مشخصی که بتوان براساس آن به اقدام به تجزیه و تحلیل روابط بین اینها پرداخت، نیستند.

تجزیه و تحلیل آماری نتایج بدست آمده از این تحقیق در دو بخش صورت گرفته‌است. در بخش اول به بررسی تاثیر عوامل سه گانه شرکت کننده در تعریف واحدهای کاری یعنی واحدهای مارنی، شیب و اقلیم بر خصوصیات فیزیکی اندازه گیری شده هریک از واحدهای کاری شامل زمان شروع رواناب، حجم رواناب تولیدی و ضریب رواناب می‌باشد. بر این اساس اثر واحدهای مارنی و شیب بر تغییرات زمان شروع رواناب کاملا معنی دار می‌باشد. بطوریکه در واحدهای مارنی مختلف و در شیبهای متفاوت اختلاف معنی‌داری بین زمان شروع رواناب در این متغیرهای مستقل دیده می‌شود. این اختلاف معنی‌دار در حالتهای دو گانه و سه گانه حاصل از ترکیب متغیرهای مستقل واحدهای مارنی، شیب و اقلیم از نظر تاثیر بر تغییرات زمان شروع رواناب نیز صادق است. در حالیکه متغیر مستقل اقلیم بصورت تنها بعنوان تاثیر معنی‌دار بر تغییرات زمان شروع رواناب ندارد. یعنی در دو اقلیم خشک و مرطوب تفاوت معنی‌داری از نظر زمان شروع رواناب دیده نمی‌شود. پس اقلیم به تنهایی نمی‌تواند یک عامل تاثیر گذار مهم و معنی‌داری بر زمان شروع رواناب باشد. اما در حالت ترکیب با دو عامل دیگر یعنی واحدهای مارنی و شیب بعنوان یک مجموعه با تاثیر گذاری معنی‌دار مطرح می‌شود. پس بر این اساس می توان گفت میزان تاثیرگذاری متغیرهای وابسته واحدهای مارنی و شیب به مراتب بیشتر و مهمتر از متغیر اقلیم بوده که در حالتهای ترکیبی اثر آنرا تحت تاثیر قرار داده و هم سو با خود می‌نماید. با توجه به این موضوع بطورکلی می‌توان گفت واحدهای مارنی و شیب از عوامل اصلی و تاثیرگذار بر تغییرات زمان شروع رواناب بوده و بالعکس، وجود اختلاف و تفاوت معنی‌دار در زمان شروع رواناب واحدهای کاری بدلیل تاثیر این دو خصوصیت واحدهای کاری بوده و از طریق کنترل یا تغییر این دو متغیر وابسته می‌توان نسبت به اعمال تغییر معنی‌دار در زمان شروع رواناب واحدهای کاری اقدام نمود.

براساس نتایج بدست آمده از مقایسه میانگین مقادیر عوامل مستقل تشکیل دهنده واحدهای کاری روش دانکن، واحدهای مارنی را با توجه به خصوصیت زمان شروع رواناب به سه گروه قابل تفکیک می باشند. بطوریکه واحد مارن پلیوسن (PL) و واحد مارنی قم (OM) هر کدام به تنهایی یک گروه و

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24 ]

واحـدهای مـارنی قرمـز بـالایی (Mu)، قرمـز پائینی (OL) و مارن ائوسـن (EM) بـا هـم در یک گروه قرار می گیرند و این سه گروه از نظر تفـاوت در زمـان شـروع رواناب بـا همـدیگر اختلاف معنی داری دارند که باز بدلیل داشتن تفـاوت در خصوصـیات فیزیکـی- شـیمیایی آنهاست. از نظر تاثیر شـیب و اقلـیم بـر زمـان شروع رواناب بررسیهای صـورت گرفتـه نشـان دهنده معنـی‌دار بـودن تـاثیر ایـن دو بـر ایـن خصوصیت می باشد. یعنی زمان شروع روانـاب واحدهای مارنی در شیبهای ۵٪ و ۲۰٪ و اقلیم خشک و مرطوب با همدیگر تفاوت محسوس و معنـی‌داری بـوده و ایـن در واقـع نشـاندهنده موثربـودن شـیب و اقلـیم در ایـن صـفات می باشد.

بررسی واحدهای مارنی در ارتباط با دلیـل تفـاوت آنهـا در زمـان شـروع رواناب نشـان می دهد که واحداهای مارنی که زمان کمتـری را برای رسیدن به حالت اشباع نیاز دارند زمان شروع رواناب در آنها بالا بوده و نسبت به سـایر واحدها بیشتر می باشد. از جمله عوامـل مـوثر در رسیدن به حالت اشباع میـزان وجـود ذرات سیلیت و رس در این واحدهاست. بطوریکه هر چقدر میزان سیلت موجود در آنهـا بـالا باشـد. بدلیل عدم یا کم بودن قابلیـت جـذب آب در این واحدها در این حالت زمـان شـروع روانـاب سریع و بالا خواهد بـود. ایـن نتیجـه بـا نتـایج بدست آمده از تحقیقات سایر محققین کـه در این مورد تحقیقاتی انجام داده‌اند مطابقت دارد. بطوریکه براساس تحقیقات رحمتی و همکاران (۱۶) براساس تحقیقات خود اظهار مـی دارنـد که میزان روانـاب رابطـه مسـتقیمی بـا شـیب دارد، که موید افـزایش ضـریب روانـاب بـه ازاء ازدیاد شیب می باشد. به این ترتیب مـی تـوان گفت که ثابت در نظر گـرفتن ضـریب روانـاب برای یک کاربری صحیح نبوده و باید متناسـب با شیب تغییـر داده شـود. کـارنیلی (۱۱) در ۴ حوزه در آریزونای آمریکا با شبیه سازی رواناب روزانه مشاهده کرد که آسـتانه شـروع روانـاب تابعی از متوسط بافت خاک هر حـوزه اسـت و خاک‌های رسی کمترین آسـتانه و خـاک‌هـای شنی بالاترین آستانه شروع روانـاب را دارنـد و نتیجه گرفت که در حـوزه‌هـای جنـوب غربـی آمریکا مقدار رطوبت و آب خاک اثر مهمـی در تولید رواناب دارد. پونس و شتی (۱۵) از بارش سالانه و یک مدل بیلان آبی برای شبیه سازی تغییـرات روانـاب و آب پایـه در چنـد حـوزه آمریکا، آفریقا، کانـادا و هنـد اسـتفاده کردنـد. نتایج این بررسی نشان داد کـه آسـتانه شـروع رواناب بستگی به اقلیم دارد و مقدار آستانه در مناطق نیمـه خشـک بیشـتر از منـاطق نیمـه مرطوب است بر این اساس آنها نتیجـه گیـری کردندکه حداکثر رواناب بسته بـه اقلـیم فـرق می‌کند و مقـدار آن در منـاطق نیمـه خشـک بیش از مناطق مرطوب فصلی است. مـارتینز و همکـــاران (۱۳) در منـــاطق نیمـــه خشـــک مدیترانه‌ای اسپانیا نحوه تولید و عوامل موثر بر رواناب را در حوزه‌های کوچک بررسی کرده‌اند. نتایج این بررسی نشان داد که خاک های ریـز بافت بـا نفـوذ پـذیری کـم و مـواد عـالی کـم، ضریب روانـاب بـالاتر و آسـتانه شـروع روانـاب کمتـــری از خـــاک‌هـــای درشـــت بافـــت بـــا نفوذ پذیری بیشتر و مواد عالی متوسط دارنـد. کرکبای (۱۲) مطالعه‌ای روی ویژگیهای خـاک

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24 ]

خاک و اثر آن روی فرسایش آبی و اثر پستی و بلندیهای کوچک را در ایجاد رواناب با توجه به آستانه شروع رواناب بررسی کرد و نتیجه گرفت که ویژگیهای خاک مثل پستی و بلندی کوچک و شکل خاکدانه در مقدار و الگوی مکانی رواناب موثر است. شریفی و همکاران (۱۷) با بررسی عوامل موثر در تعیین آستانه شروع رواناب در مناطق خشک و نیمه خشک کشور به کمک استفاده از شبیه‌سازی داده های بارش-رواناب نتیجه می‌گیرد که هر چه اقلیم مرطوب‌تر و بارش بیشتر باشد آستانه شروع رواناب بیشتر است و برعکس.

## تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی 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 عبدی نژاد که در انجام عملیات میدانی نهایت همکاری را داشته‌اند تشکر و قدردانی نمایم.

## منابع

1. Abdinejad, P., S. Feiznia, H. Payrovan, F. Fayazi and A. Shabani. 2009. Study physical, chemical, mechanical and constructive erodibility marl formatons of Zanjan province, Report, Agriculture and Natural Resources Research Center, Zanjan Province, 165 pp (in Persian).
2. Arnaez J., T. Lasanta, P. Ruiz-Flano and L. Ortigosa. 2007. Factors affecting runoff and erosion under simulated rainfall in Mediterranean vineyards, Soil and Tillage Research, 93(2): 324-334.
3. Duiker. S.W., D. Flanagan and C.R. Lal. 2001. Erodibility and Infiltration characterstics of fire major soils of southwest Spain, Catena, 45: 103-121.
4. Feiznia, S., A. Salajegheh, H. Ahmadi and A. Aqamlaky. 2008. Relationship between soil physical properties and the amount of runoff and sediment in alluvial using rainfall simulator (case study: sub-basin Abbassi Abad Jajrud), Proceedings Iranian Soil Science.Congress, Karadj, 26-28 August 2008, 1314-1315.
5. Ghazanfarpour, N. 2006. Study on sediment yield of quaternary formations in Isfahan Segzi-Kohpayeh Plain by using rainfall simulator, MSc Thesis in Watershed Management Engineering, Tarbiat Modares University, 60 pp (in Persian).
6. Nafoty Hassanzadeh, M. 2006. Study of Characteristics of effective erosion Marl, the Phd thesis. Islamic Azad University, Tehran Science and Research Science, 100 pp (in Persian).
7. Nafoty Hassanzadeh, M., S. Feiznia and H. Ahmad. 2008. Effect of physical and chemical properties of marl deposition rate using a physical model Rainfall simulator. Iranian Journal of Engineering Geology Association, I(1): 35-48.
8. Heimsatha, A.M., J.W. Chappell, 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.

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24 ]

9. Hosseini, S.H., S. Feiznia. H.R. Payrovan and Gh. Ztabyan. 2009. runoff and sediment production of the fine Neogene formations using Rainfall simulator (case study: Taleghan watershed), Journal Range and Watershed Management, Journal of Natural Resources. 62(2): 215-229.
10. Kamphorst, A. 1987. A small rainfall simulator for the determination of soil Erodibility, Netherlands Journal of Agricultural Science 35: 407-415.
11. Karnieli, A. and J. Ben-Asher. 1993. A Daily Runoff Simulation in Semi-arid Watersheds Based on Deficit Calculations. J. Hydrology 149: 9-25.
12. Kirkby, M. 2001. Modeling the Interactions between Soil Surface Properties and Water. Catena, 89-102.
13. Martinez, M. 1998. Factors Influencing Surface Runoff Generation in a Mediteranean Semi-arid Envirinment: Chicamo Watershed Spain. 12(5): 741-745.
14. 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.
15. Ponce, V.M. and A.V. Shetty. 1995. A Conceptual Model of Catchments Water Balance: 2 Application of Runoff and Base flow Modeling. J. Hydrology 173: 41-50.
16. Rahmati, M., M. Arab Khedry, A. Jafari Ardekani. 2004. Impact and intensity because the slope of soil and water went to waste, Journal of Construction Research in natural resources. 62: 32-37.
17. Sharifi, F., Sh. Safapoor, S. Ayoubzadeh and J. Vakilpour. 2004. Review factors to determine runoff in arid and semiarid regions of the country to help the simulation data of rainfall-runoff, Journal of Natural Resources of Iran, 57(1): 33-45.

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24 ]

# An Investigation of Factors Affecting Runoff Generation in Zanjan Province Marl Units of Formations Geological using Simulation Rainfall

**P. Abdinejad[1], S. Fiznia[2], H. Pyrowan[3], F. Fayazi[4] and T. Shabani[5]**

1- Ph.D. Student at Islamic Azad University, Tehran Science and Research Member of Scientific Bored of Agricultural and Natural Resources Center of Zanjan, Province (Corresponding author: prz_abdi@yahoo.com)
2- Professor, University of Tehran
3-Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute
4- Associate Professor, University of Tarbit Moaleme Tehran
5- Assistant Professor, Institute of Geological Survey

## Abstract

Marl unit include of about 4438 km sq. (some %20) of total surface area of Zanjan province. A study on the relationship among the runoff threshold, volume and run-off coefficient at Marl unit shows a quadratic regression equation to express the variations. Statistical data analysis shows the significant effects of the Marl units and slope on the runoff threshold ($p<0.05$). While, there is no significant effect of the climate on it. Marl unit can be classified in to three groups, based on the runoff threshold, so that Marls of Pliocene (PL) and Qom (OM) are in a separate class and upper-red (Mu), lower red and Eosen (EM) Marl units are in a unique group. These 3 groups differ significantly of view point of the runoff threshold resulted by the physico-chemical differences among them. So that the more silt content, the more rapid runoff threshold, because of lack or scarcity of water absorption capacity in these units. Investigation suggests that combined effects of slop and climate are significant on the runoff threshold.

**Keywords:** Marl units, Runoff threshold, Runoff coefficient, Rainfall Simulator, Zanjan Provinc

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24 ]