Iranian Journal of
Rainwater Catchment Systems

مجله علمی سامانه‌های سطوح آبگیر باران

شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۱۵۲۱ شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۵۹۷۰

بررسی توانایی سطوح غیرقابل نفوذ مصنوعی در استحصال آب برف (مطالعه موردی: استان آذربایجان‌شرقی، تبریز)

داود نیک‌نژاد[1*]

۱. مربی پژوهشی بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان‌شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰

صفحات: ۴۰- ۲۹

نوع مقاله: علمی-پژوهشی

چکیده

بارش‌های جوّی از مهم‌ترین منابع در تأمین آب برای مصارف مختلف هستند. استفاده بهینه از آن‌ها به‌ویژه از نوع برف و باران در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌تواند نقش به‌سزایی در تأمین نیاز آبی در فصل‌های کم‌آبی داشته باشد. می‌توان قبل از برخورد با سطح خاک و آلوده شدن، آن‌ها را جمع‌آوری و ذخیره نمود تا در مواقع کم‌آبی، بخشی از نیاز آبی صنایع و کارخانجات، فضای سبز و آب شرب انسان و دام تأمین شود. یکی از روش‌های استحصال آب از نزولات آسمانی از جمله برف و باران غیرقابل نفوذ کردن سطح زمین و به حداکثر رساندن رواناب ناشی از آن‌هاست. سطوح غیرقابل نفوذ می‌توانند مانند سطوح سنگی به‌صورت طبیعی وجود داشته باشند و یا پوشاندن سطح زمین با موادی مانند آسفالت، بتن و ورقه‌های عایق مانند پلاستیک، ژئوممبران و دکاموند به‌طور مصنوعی ایجاد شوند. در این پژوهش دو تیمار با سه تکرار در نظر گرفته شد که شامل سطح آبگیر پوشش ژئوممبران و پوشش پلاستیک با محافظ شنی هر کدام به شکل مربع با مساحت چهار مترمربع بودند و در اراضی با شیب متوسط ۳۶ درصد اجرا شدند. مجموع بارش صورت گرفته بر سطوح مذکور در طول دوره آماربرداری ۷۴۷ میلی‌متر بود که ۴۳۰ میلی‌متر آن (۵۲ رخداد) به شکل باران و ۳۱۷ میلی‌متر آن (۲۶ رخداد) به شکل برف بود. نتایج حاصل از ۲۶ رخداد بارش برف زمستانه در مدت دو سال آماربرداری نشان داد که رواناب حاصل از بارش نرمال در فصل زمستان برای پوشش ژئوممبران و پلاستیک با محافظ شنی به‌ترتیب برابر ۸۹ و ۸۰ درصد بارش بوده است. بنابراین با توجه به بارش نرمال فصل زمستان (۶۵/۴ میلی‌متر)، حجم رواناب جمع شده برای پوشش ژئوممبران و پوشش پلاستیک با محافظ شنی به‌ترتیب برابر ۵۸/۲ و ۵۲/۳ لیتر بر مترمربع در فصل زمستان خواهد بود. درصورتی‌که از آمار کوتاه‌مدت دوره آماربرداری استفاده شود با توجه به بارش سالانه (۳۷۳/۵ میلی‌متر) و فصلی زمستان (۱۵۸/۵ میلی‌متر) حجم رواناب جمع شده در فصل زمستان برای سطوح آبگیر پوشش ژئوممبران و پوشش نایلون با محافظ شنی به‌ترتیب به ۱۴۱ و ۱۲۷ لیتر بر مترمربع می‌رسد.

کلمات کلیدی: برف، پلاستیک، رواناب، ژئوممبران، سطح عایق، شن.

مقدمه

روند روزافزون جمعیت و تأمین مواد غذایی مورد نیاز موجب بهره‌برداری بی‌رویه از منابع طبیعی به‌ویژه آب را در جهان با چالش مواجه ساخته است؛ بنابراین بایستی از منابع موجود آب در حد بهینه و با مدیریت صحیح استفاده شود. آب حاصل از ذوب برف یکی از مهم‌ترین منبع تأمین آب بوده که منبع اصلی آن مناطق کوهستانی، ارتفاعات و قطب‌ها هستند و از نظر تأمین آب نسبت به باران از پایداری بیش‌تری برخوردار است. بارش‌های به شکل باران در صورت عدم

*Email: niknezhad2005@yahoo.com نویسنده مسئول: داود نیک‌نژاد

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1401.10.3.3.6]

مدیریت و عدم کنترل بلافاصله از دسترس خارج می‌شوند اما بارش‌های به شکل برف به مرور زمان ذوب شده و حتی در گرم‌ترین ماه‌های سال در ارتفاعات دیده می‌شود. ذوب تدریجی برف و نفوذ آن به داخل خاک موجب تغذیه آب زیرزمینی، چشمه‌ها و قنات‌ها می‌شود. بارش‌های زمستانه که به‌صورت برف اتفاق می‌افتد گاهی بیش‌تر از بارش‌های بهاری و پاییزه بوده که به شکل باران است. چنان‌که بارش برف روی سطح آبگیر غیرقابل نفوذ طبیعی یا مصنوعی اتفاق افتد می‌توان با ذخیره کردن آب حاصل از ذوب برف، در مواقع کم‌آبی برای موارد مختلف مورد استفاده قرار داد. در مناطق کوهستانی و بادخیز که باد عامل جابجایی ذرات برف به سمت دره‌ها و گودی‌هاست و دره‌ها، گودی‌های طبیعی و یا مصنوعی باعث به تله انداختن حجم زیادی از برف می‌شوند؛ که در این حالت با توجه به مساحت دره یا گودی، عمق آب حاصل از ذوب برف، بیش‌تر از عمق بارش خواهد بود. این مسئله، به‌ویژه در تأمین آب شرب عشایر و احشام آن‌ها در ارتفاعات به‌ویژه در فصل‌های کم‌آبی از اهمیت خاصی برخوردار است که در این پژوهش با توجه به اهمیت موضوع به مطالعه استحصال آب از برف پرداخته شده است.

برف یکی از اشکال بارش است که از چگالش توده‌های هوای مرطوب طی صعود و در شرایطی که درجه حرارت کم‌تر از نقطه انجماد باشد، صورت می‌گیرد (علیزاده، ۱۳۸۵). وقوع بارش برف در مناطق سردسیر و کوهستانی بیش از سایر مناطق است. به‌طور متوسط ۶۰ درصد از نیم‌کره شمالی در اواسط فصل زمستان پوشیده از برف است. بیش از ۳۰ درصد سطح زمین بارش فصلی برف دارد و حدود ۱۰ درصد از سطح زمین به‌طور دائم از برف و یخ پوشیده شده است (Goodison et al., 1981). در حوضه‌های کوهستانی بخش عمده‌ای از بارش به‌صورت برف نازل می‌شود و جریان حاصل از ذوب برف قسمت اعظم رواناب را در فصل‌های بهار و تابستان تشکیل می‌دهد. رواناب حاصل از ذوب برف در تأمین منابع آب آشامیدنی، کشاورزی و تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی مؤثر بوده و در برخی موارد منشأ بروز سیلاب‌های مخرب است (قنبرپور و همکاران، ۱۳۸۴).

بارش برف و انباشته شدن آن در حوضه‌های کوهستانی از منابع آبی بسیار مهم است. بر اساس بررسی‌های انجام‌گرفته حدود ۶۰ درصد آب‌های سطحی و ۵۷ درصد آب‌های زیرزمینی کشور در مناطق برف‌گیر قرار داشته و از آب حاصل از برف تغذیه می‌کنند (نجفی و همکاران، ۱۳۸۳). بدیهی است که در این مناطق کوهستان‌ها نقش بسیار مهمی در بیلان آبی منطقه‌ای ایفا می‌کنند (Khazaei et al., 2003؛ Flerchinger & Cooley, 2000 ؛Pitlick, 1994؛ Viviroli et al., 2003). آب حاصله از یخچال‌های طبیعی و برف فصلی منبع تأمین آب بیش از یک‌ششم از جمعیت جهان است که ممکن است به‌علت بروز پدیده گرمایش کره زمین در معرض خطر بی‌آبی باشند (Barnet et al., 2005). دسترسی به اطلاعات دقیق و به‌موقع در رابطه با میزان منابع آب در دسترس، امکان برنامه‌ریزی جهت مقابله با کم‌آبی و خشک‌سالی به‌عنوان یکی از معضلات اساسی در مناطق مختلف کشور را، فراهم می‌کند؛ بنابراین مطالعه ذخایر برفی به‌منظور مدیریت صحیح و برنامه‌ریزی مؤثر منابع آب حائز اهمیت است (سیدی علم آباد و همکاران، ۱۳۸۷).

برف به‌واسطه سفیدی رنگ و بازتابش نور خورشید، گرمای کمی از نور خورشید را جذب می‌کند ازاین‌رو می‌تواند تا مدت زیادی روی زمین باقی‌مانده و سطح زمین را در برابر تبخیر محافظت نماید. برف به‌دلیل ماندگاری روی سطح خاک، ذوب تدریجی و نفوذ آب حاصل از آن به درون خاک، از نظر میزان آب قابل استحصال اثربخشی بیش‌تری نسبت به باران دارد. برف در زمان بارش به‌صورت تقریباً یکنواخت در هر منطقه روی زمین قرار می‌گیرد؛ اما اگر توده برف از چسبندگی کافی برخوردار نباشد، ذرات آن توسط نیروی باد از جای خود کنده‌شده و توسط باد حمل و در نهایت در نقاط دیگری ترسیب و انباشته می‌شود. برف تازه، معمولاً فاقد چسبندگی کافی است، از این‌رو به‌راحتی توسط وزش باد حمل و جابجا می‌شود. محل ترسیب و تجمیع برف‌های جابجا شده، در امکان و چگونگی استحصال آب از آن تأثیرگذار است (رئیسیان و پرهمت، ۱۳۹۳).

برف یکی از مؤلفه‌های سیکل هیدرولوژیکی در بسیاری از مناطق دنیا بوده و ذوب آن دربرگیرنده بخش اصلی جریان کل در بسیاری از حوضه‌های مناطق کوهستانی دنیاست (Rango et al., 1975). در این قبیل حوضه‌ها، رواناب حاصل از ذوب برف، بخش اصلی جریان رودخانه‌ها به شمار می‌آید. پیش‌بینی رواناب حاصل از ذوب برف به برنامه‌ریزی

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1401.10.3.3.6]

و مدیریت مؤثر و کاراتر منابع آب از جمله مدیریت مخازن و هشدار سیل کمک می‌کند (نجف‌زاده و همکاران، ۱۳۸۳). در حوضه‌های کوهستانی و برف‌گیر، ذوب برف و رواناب ناشی از آن عامل مهم تغییرات رژیم جریان به شمار می‌آید و سهم مهمی در تولید جریان و منابع آب دارد. پیش‌بینی توزیع زمانی جریان رواناب ناشی از ذوب برف با توجه به وضعیت اقلیم در عرصه‌های گوناگونی از جمله تأمین آب شرب، کشاورزی و صنعت، مدیریت مخازن، تولید برقابی، پیش‌بینی خشک‌سالی، کیفیت آب و غیره کاربرد دارد (پرهمت و همکاران، ۱۳۸۴؛ قربانی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹).

یکی از ویژگی‌های برف که معمولاً در مطالعات برف‌سنجی به آن توجه می‌شود عمق آب معادل برف است. عمق آب معادل برف به تراکم یا جرم مخصوص ظاهری برف بستگی دارد. یکی از روش‌های تعیین عمق آب معادل برف تازه بدین‌صورت است که ارتفاع برف را با خط‌کش اندازه‌گیری نموده و سپس با استفاده از رابطه تقریبی عمق و آب معادل برف برآورد می‌شود. عموماً میانگین چگالی برف تازه ۱۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب است؛ بنابراین آب معادل یک سانتی‌متر برف تازه یک میلی‌متر است (Dozier, 1984). ضریب تراکم برای برف‌های کهنه در ارتفاعات تا ۰/۹۱ اندازه‌گیری شده است. مقدار متوسط ضریب تراکم برای برف‌های تازه در حدود ۰/۱ و برای برف‌هایی که در حوالی بهار مورد اندازه‌گیری قرارگرفته‌اند حدود ۰/۳ تا ۰/۶ است (علیزاده، ۱۳۸۵).

تحقیقاتی که توسط نیک‌نژاد (۱۴۰۰) در استان آذربایجان‌شرقی صورت گرفت ضریب رواناب ناشی از بارش (برف، باران و تگرگ) برای پوشش ورق ژئوممبران و پوشش نایلون با محافظ شنی به‌ترتیب ۰/۸۴ و ۰/۶۷ در اراضی شیب‌دار به‌دست آمد. حجم رواناب سالانه ایجاد شده از این سطوح در طول مدت آماربرداری (دو سال) برای پوشش ژئوممبران و نایلون با محافظ شنی به‌ترتیب برابر ۳۱۳ و ۲۵۰ لیتر بر مترمربع در سال بود. تحقیقات صورت گرفته در ایستگاه هواشناسی شهرستان جوانرود نشان می‌دهد که با توجه به بارش نرمال سالانه ۶۰۰ میلی‌متر می‌توان سالانه مقدار ۶۰ مترمکعب آب را از پشت‌بام ساختمان دارای پوشش عایق ایزوگام با مساحت ۱۰۰ مترمربع را جمع‌آوری و در مخزن ذخیره نمود (کردوانی و کردپور، ۱۳۹۱).

روش‌های مختلفی برای حفظ و جمع‌آوری برف و به دام انداختن آن وجود دارد. برای ارزیابی پایداری توده برف، آگاهی از مشخصات گودال برف و خواص برف بسیار مهم است که در پیش‌بینی سرعت و شدت فرایند تبدیل برف به آب تأثیرگذار است (Sigrist, 2006). در کشور افغانستان که منابع آب محدودی دارد بخشی از آب مورد نیاز خود را از برف تأمین می‌نمایند برای این منظور از حصار برفی استفاده می‌شود حصار برفی در صورت وجود برف و باد باعث متمرکز شدن ذرات برف می‌شود حجم برف جمع شده در پشت حصار برفی بستگی به ارتفاع، عرض و میزان تخلخل حصار دارد این موضوع در منطقه بومیان افغانستان مورد بررسی قرار گرفت و بر اساس دانش فعلی عملکرد حصار برفی، تجزیه‌وتحلیل داده‌های توپوگرافی و هواشناسی نشان داد که بسیاری از مناطق بومیان از پتانسیل خوبی برای جمع‌آوری و برداشت آب از برف برخوردار است. نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌ها نشان داد که یک حصار برفی بدون تخلخل به عرض ۱۰۰ متر و ارتفاع ۳ متر می‌تواند ۱۶ الی ۱۷ درصد آب شرب دام‌های روستاهای این منطقه را تأمین نماید. درصورتی‌که حصار متخلخل باشد حجم برف انباشته‌شده بیش‌تر بوده و می‌تواند تا ۴۷ درصد از آب مورد نیاز دام‌های منطقه را تأمین نماید (Thompson et al., 2009).

جمع‌بندی تحقیقات صورت گرفته نشان می‌دهد که برف به‌دلیل ماندگاری بر سطح خاک، ذوب تدریجی و نفوذ آب حاصل از آن به خاک، از نظر میزان آب قابل استحصال اثربخشی بیش‌تری نسبت به باران دارد؛ و با توجه به امکان استحصال و بهره‌برداری از آب حاصل از برف لازم است که برای مصارف گوناگون روش‌های متناسب، مفید و مؤثر مورد بررسی، شناسایی و معرفی شوند. بررسی‌های به‌عمل‌آمده توسط نویسنده نشان می‌دهد که در کشور ایران تحقیقاتی مستقیم در خصوص استحصال آب از برف انجام نشده و اکثر تحقیقات مربوط به استحصال آب باران و یا استحصال آب از کل بارش (مجموع برف، باران و تگرگ) بوده است. بنابراین تحقیق در این خصوص لازم و ضروری به نظر می‌رسد.

با توجه به بحران آب در کشور استفاده بهینه از منابع آب و مدیریت صحیح آب حاصل از بارش‌های جوی، تحقیق در این موارد بایستی در رأس امور قرار گیرد. هدف از این پژوهش برآورد میزان آب استحصالی از برف بر سطوح

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1401.10.3.3.6]

نفوذناپذیر مصنوعی بود که آب معادل برف در طول مدت دو سال در فصل زمستان اندازه‌گیری و بر اساس میزان بارش، ضریب رواناب و یا به‌عبارتی‌دیگر رواناب حاصل از بارش برف بر سطوح غیرقابل نفوذ محاسبه شد که با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان در رابطه با میزان آب استحصالی از برف برنامه‌ریزی‌های لازم را انجام داد و درصورتی‌که حجم آب زیادی مورد انتظار باشد می‌توان از طریق گودی‌های طبیعی یا مصنوعی و هم‌چنین حصارهای برفی، با استفاده از نیروی طبیعی باد، برف را در محل مناسب متمرکز نمود و برحسب میزان ذوب شدن آن در سایر فصل‌های مورد استفاده قرار داد که البته لازمه این کار ابتدا تحقیق و سپس اجرای آن‌هاست.

مواد و روش‌ها

ویژگی‌های عمومی محل اجرای پروژه

محل اجرای پروژه در قسمت شمالی شهر تبریز در ارتفاعات پارک کوهستانی عون‌ابن‌علی با ارتفاع متوسط ۱۸۱۷ متر و مختصات جغرافیایی "۵ '۶ °۳۸ عرض شمالی و "۵ '۲۰ °۴۶ طول شرقی واقع شده است. این منطقه از نظر اقلیمی جزء مناطق نیمه‌خشک است که متوسط بارش نرمال آن در نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی (فرودگاه تبریز) ۲۴۶ میلی‌متر است. میانگین دمای تبریز در تیر (گرم‌ترین ماه سال) ۲۵/۴ درجه سانتی‌گراد، در دی (سردترین ماه سال) ۲/۵- درجه سانتی‌گراد، در فروردین ۱۰/۵ درجه سانتی‌گراد و در مهر ۱۴/۱ درجه سانتی‌گراد و میانگین سالانه دما ۱۱/۹ درجه سانتی‌گراد است. شکل (۱) تصاویر ماهواره‌ای از محل اجرای پروژه را نشان می‌دهد.



شکل (۱): تصاویر ماهواره‌ای محل اجرای پروژه در ارتفاعات عون ابن علی

ایستگاه باران‌سنجی

به‌منظور مقایسه عمق رواناب با عمق بارش، نیاز به ابزار اندازه‌گیری عمق بارش بود به‌همین دلیل ابزارهایی مانند باران‌نگار و باران‌سنج استوانه‌ای در محل اجرای پروژه نصب شدند تا در طول مدت آماربرداری بتوان مشخصات بارش از جمله عمق بارش را در هر رخداد اندازه‌گیری نمود و با عمق رواناب حاصل از سطوح آبگیر مورد مقایسه قرار داد. عمق بارش در هر واقعه از طریق باران‌سنج استوانه‌ای قابل‌اندازه‌گیری بوده و سایر مشخصات بارش از جمله شدت و مدت بارندگی از طریق باران‌نگار قابل‌استخراج بود. برای اندازه‌گیری عمق برف از سکوی برف استفاده شد.

اجرای کرت‌های آزمایشی

برای اجرای این پروژه دو نوع سامانه سطح آبگیر جهت استحصال آب برف انتخاب شد و برای هر کدام از آن‌ها سه تکرار در نظر گرفته شد. شکل این سامانه‌ها مربع و مساحت هر کدام از آن‌ها چهار مترمربع بود که در این صورت در مجموع دو تیمار و سه تکرار و یا به‌عبارتی‌دیگر شش عدد کرت مربعی وجود خواهد داشت. دور هر کدام از کرت‌ها از بلوک‌های بتونی به ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر محصور شد. شکل (۲) نقشه اجرایی پروژه که بر اساس طرح کاملاً تصادفی در

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1401.10.3.3.6]

سطح شیب‌دار پیاده شده است، را نشان می‌دهد.



شکل (۲): نقشه اجرایی پروژه شامل پوشش ژئوممبران آبی رنگ و پوشش نایلون با محافظ شنی

همان‌طوری‌که ذکر شد، در این پروژه دو تیمار در نظر گرفته شده شامل سطح پوشیده شده با ورق ژئوممبران و سطح پوشیده شده با نایلون گلخانه‌ای دارای محافظ شنی هستند. احداث سطح آبگیر با پوشش ژئوممبران به این صورت بود که ابتدا سطح زمین بوته‌تراشی شده و با حفظ شیب زمین تسطیح شد. سپس سطحی به مساحت چهار مترمربع با ابعاد ۲×۲ متر با بلوک‌های سیمانی به ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر محصور شد. پس از آماده‌سازی بستر، ورق ژئوممبران در داخل کرت پهن شد و لبه‌های ورق ژئوممبران با بتن‌ریزی مهار شد. به‌منظور ذخیره آب باران در پایین‌دست سطح آبگیر مخزن فلزی قرار داده شد. جهت تخلیه رواناب جمع شده در مخزن، در کف آن یک شیر خروجی نصب شد. بدین‌ترتیب سه کرت مطابق روش مذکور به‌عنوان سطوح آبگیر احداث شدند (شکل ۳).




شکل (۳): نحوه اجرا و تکمیل سطح آبگیر پوشش ورق ژئوممبران

برای تیمار پوشش نایلون با محافظ شنی نیز همانند تیمار پوشش ژئوممبران ابتدا بسترسازی و سپس نایلون گلخانه‌ای در کف کرت پهن شد. سپس، شن بادامی با دانه‌بندی مشخص به ضخامت پنج سانتی‌متر به‌طور یکنواخت به‌عنوان محافظ در برابر آفتاب‌سوختگی روی نایلون گلخانه‌ای پخش و همانند تیمار اول تجهیز شد شکل (۴).




شکل (۴): نحوه اجرا و تکمیل‌شده سطح آبگیر پوشش نایلون با محافظ شنی

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1401.10.3.3.6]

اندازه‌گیری عمق رواناب و عمق بارش

رواناب ناشی از وقوع هر بارش برف در مخازن ذخیره‌ای که در این پروژه تحقیقاتی بشکه فلزی ۲۲۰ لیتری است، جمع‌آوری شد. برای اندازه‌گیری عمق رواناب ناشی از بارش برف ابتدا عمق آب جمع شده در بشکه اندازه‌گیری شده و با توجه به معلوم بودن قطر یا شعاع بشکه، حجم آب محاسبه شد. برای به‌دست آوردن ضریب رواناب نیاز به اندازه‌گیری عمق بارش بود که از طریق باران‌سنج استوانه‌ای نصب‌شده در محل اجرای پروژه می‌توان آن را برای هر بارش اندازه‌گیری نمود. از تقسیم عمق بارش به عمق رواناب، ضریب رواناب به‌دست آمد و برای یک بازه زمانی مشخص می‌توان عمق رواناب تجمعی را به عمق بارش تجمعی تقسیم و متوسط ضریب رواناب را محاسبه نمود ولی ازآن‌جایی‌که شرایط بارش برف نسبت به باران متفاوت است روند اندازه‌گیری نیز متفاوت بود بدین‌صورت که در سطوح غیرقابل نفوذ بلافاصله پس از شروع باران، رواناب راه می‌افتد اما در برف این حالت اتفاق نمی‌افتد و با توجه به دمای هوا و دمای سطح آبگیر، برف به‌تدریج شروع به ذوب شدن می‌کند و رواناب حاصل از آن در مخزن ذخیره می‌شود که گاهی یخ می‌بست. زمان آب شدن یک رخداد بارش برف ممکن است چند روز و شاید چند هفته طول بکشد و این امکان وجود دارد که قبل از این‌که برف قبلی آب شود برف بعدی روی برف قبلی ببارد و امکان اندازه‌گیر رواناب هر بارش برف به‌طور مستقل وجود نداشته باشد و امکان بادبردگی برف و یا انباشت برف اضافه توسط باد در کرت‌ها وجود داشته باشد. به‌همین علت گاهی مقدار رواناب بیش‌تر از بارش و گاهی مقدار آن خیلی کم‌تر از حد مورد انتظار بود؛ بنابراین در طول مدت سه ماه زمستان برای به‌دست آوردن ضریب رواناب، مجموع عمق بارش و مجموع عمق رواناب حاصل از برف مبنای محاسبه قرار گرفت.

مدت آماربرداری از بارش و رواناب

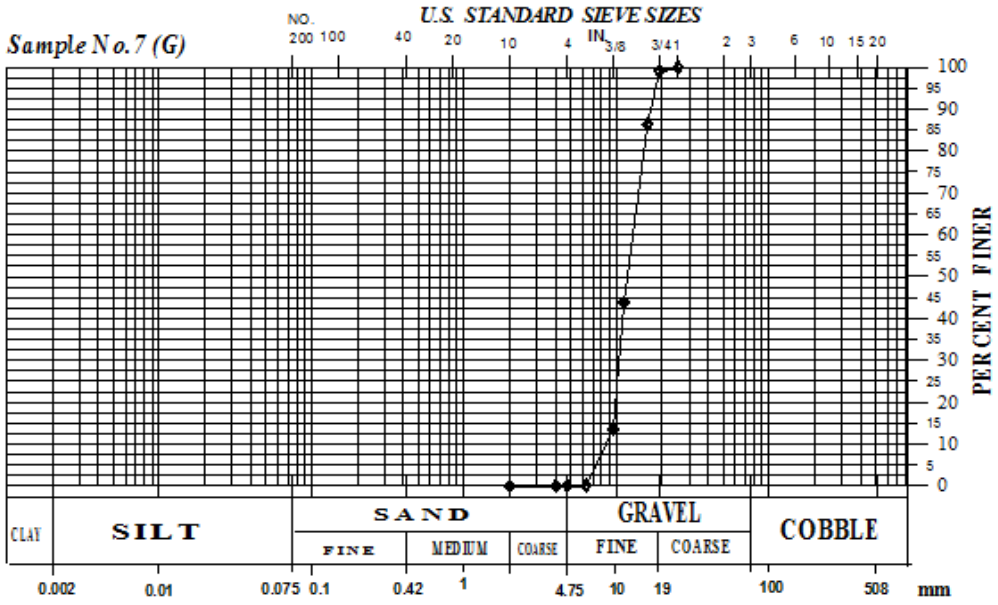
در این پروژه تحقیقاتی اندازه‌گیری بارش و رواناب در هر کدام از کرت‌های آزمایشی برای فصل زمستان سال‌های آبی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ و ۱۳۹۸-۱۳۹۷ صورت گرفت که در این مدت (شش ماه یا دو فصل زمستان متوالی) ۲۶ رخداد برف وجود داشت اما به دلایلی که گفته‌شده امکان اندازه‌گیری رواناب متناظر با هر رخداد برف وجود نداشت و عمق رواناب‌های اندازه‌گیری شده در مدت مذکور جمع زده شد. به همین‌ترتیب مجموع عمق بارش برف نیز در مدت یادشده به‌دست آمد و برای محاسبه ضریب رواناب که از تقسیم مقدار رواناب به مقدار بارش به‌دست می‌آید از مجموع عمق برف و مجموع رواناب حاصل از آن استفاده شد.

نتایج و بحث

دانه‌بندی شن

شن مورد استفاده به‌عنوان محافظ یا مالچ در تیمار سطح پوشش نایلون با محافظ شنی از نوع بادامی شکسته بود که دانه‌بندی آن توسط پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری صورت گرفت و منحنی دانه‌بندی آن مطابق شکل (۵) است. با توجه به شکل مذکور ملاحظه می‌شود که بیش‌ترین اندازه (۸۵ درصد) دانه‌های شن در محدوده ۱۰ تا ۲۰ میلی‌متر قرار دارد.

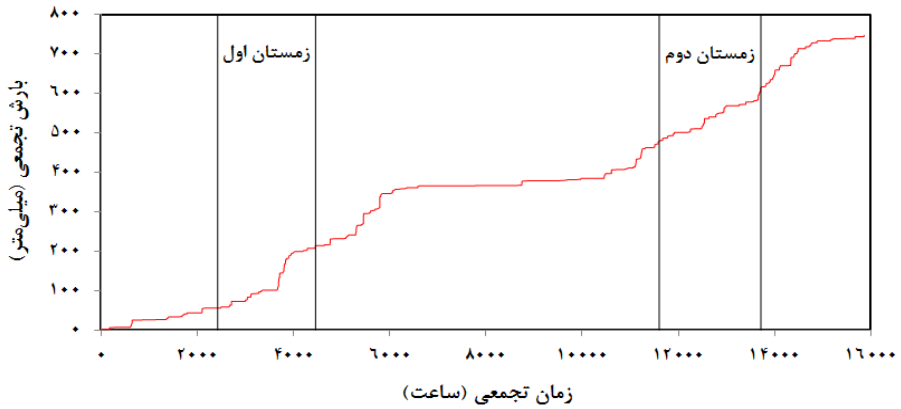
[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1401.10.3.3.6]



شکل (۵): منحنی دانه‌بندی شن مورد استفاده به‌عنوان پوشش محافظ در کرت‌های آزمایشی

وضعیت بارش در طول دوره آماربرداری

در این پژوهش دوره آماربرداری دو سال آبی بود که مربوط به سال‌های آبی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ و ۱۳۹۸-۱۳۹۷ است. در طول این دوره به تعداد ۷۸ رخداد در محل اجرای پروژه تحقیقاتی رخ داده که از این تعداد ۵۲ رخداد به شکل باران مربوط به فصل‌های بهار، تابستان و پاییز و ۲۶ رخداد به شکل برف مربوط به فصل زمستان بوده است. دستگاه باران‌نگار نصب شده در محل اجرای پروژه مشخصات بارش (شدت، مدت و مقدار) را نسبت به زمان ثبت نموده که پس از پردازش داده‌ها نمودار تجمعی بارش نسبت به زمان در شکل (۶) ارائه شده است. نقطه شروع نمودار از اولین بارش در سال آبی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ و نقطه پایانی آن آخرین بارش در سال آبی ۱۳۹۸-۹۸۱۳۹۷ بوده است. با توجه به نمودار مجموع بارش در این دوره ۷۴۷ میلی‌متر است که ۴۳۰ میلی‌متر آن (۵۷ درصد) به شکل باران و ۳۱۷ میلی‌متر آن (۴۳ درصد) در طول دو زمستان متوالی به شکل برف بوده است.



شکل (۶): نمودار تجمعی بارش در طول دوره آماربرداری

ضریب رواناب سامانه‌های سطوح آبگیر

ضریب رواناب هر کدام از تیمارها و تکرارها مطابق جدول (۱) است. نتایج نشان می‌دهد که رواناب تولید شده مربوط به تیمار پوشش ژئوممبران ۸۹ درصد و تیمار سطح پوشش نایلون با محافظ شنی با مقدار ۸۰ درصد میزان بارش است. با توجه به جدول مذکور در پوشش ژئوممبران با افزایش شیب مقدار رواناب نیز افزایش می‌یابد؛ اما در

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1401.10.3.3.6]

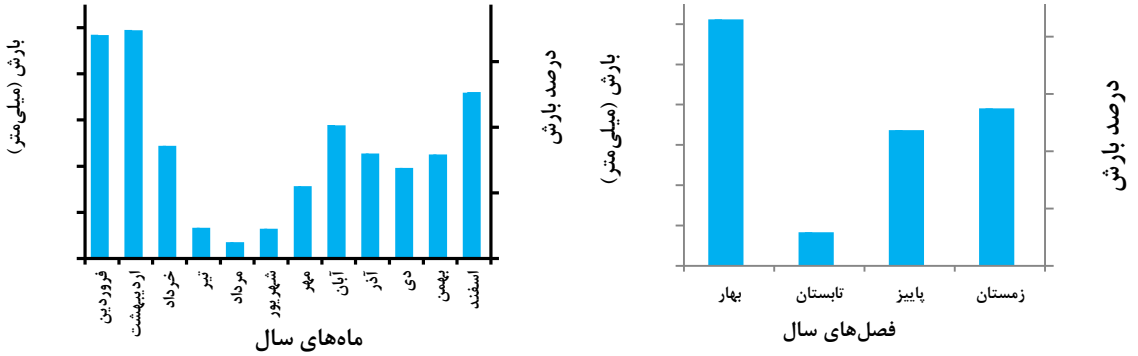
تیمار پوشش نایلون با محافظ شنی که شیب در تکرارها ثابت بوده تغییر در میزان رواناب و ضریب مربوطه محسوس نیست. اکثر تحقیقات در خصوص ضریب رواناب سطوح غیرقابل نفوذ مربوط به ۹ ماه اول سال بوده که بارش غالباً به شکل باران است و یا این‌که ضریب رواناب به‌دست‌آمده مربوط به ۱۲ ماه از سال بوده که بارش به شکل برف و باران و تگرگ است. به‌عنوان‌مثال نیک‌نژاد (۱۳۹۸) در استان آذربایجان‌شرقی ضریب رواناب را در ۹ ماهه اول سال که بارش به شکل باران بوده، برای پوشش ژئوممبران ۰/۷۹ و برای پوشش نایلون با محافظ شنی ۰/۵۶ به‌دست آورده است درصورتی‌که این ضریب در ۱۲ ماه از سال که بارش به شکل برف و باران و تگرگ است، این ضریب برای پوشش ژئوممبران ۰/۸۴ و برای پوشش نایلون با محافظ شنی ۰/۶۷ است. در پژوهش حاضر که محاسبه ضریب رواناب برای سه ماه زمستان صورت گرفته بارش فقط به شکل برف بوده و ضریب رواناب برای پوشش ژئوممبران ۰/۸۹ و برای پوشش نایلون با محافظ شنی ۰/۸۰ به‌دست‌آمده است. بنابراین چنین استنباط می‌شود که درصد آب استحصالی از برف در منطقه اجرای پروژه تحقیقاتی بیش‌تر از درصد آب استحصالی از باران در سطوح آبگیر مذکور است که علت آن را می‌توان در پایین بودن دما و سفیدی برف دانست که منجر به کاهش تبخیر می‌شود. در نتیجه ضریب رواناب فصل زمستان بیش‌تر از ضریب رواناب سالانه و هشت ماه اول سال برای سطوح غیرقابل نفوذ به‌دست می‌آید.

جدول (۱): ضریب رواناب برای تیمارها و تکرارها در طول دوره آماربرداری (زمستان ۲ سال)

تیمار	پوشش ژئوممبران			پوشش نایلون با محافظ شن		
تکرار	اول	دوم	سوم	اول	دوم	سوم
شماره کرت	۲	۳	۶	۱	۴	۵
شیب (درصد)	۳۴/۵	۳۱/۵	۳۶/۹	۳۸/۷	۳۹/۰	۳۸/۱
مجموع عمق آب معادل برف (میلی‌متر)	۳۴۰/۵	۳۴۰/۵	۳۴۰/۵	۳۴۰/۵	۳۴۰/۵	۳۴۰/۵
مجموع رواناب (میلی‌متر)	۳۰۲/۴	۳۸۶/۹	۳۲۰/۶	۲۷۲/۶	۲۶۷/۸	۲۷۲/۴
ضریب رواناب	۰/۸۹	۰/۸۴	۰/۹۴	۰/۸۰	۰/۷۹	۰/۸۰
متوسط ضریب رواناب		۰/۸۹			۰/۸۰	

محاسبه عمق رواناب قابل ذخیره

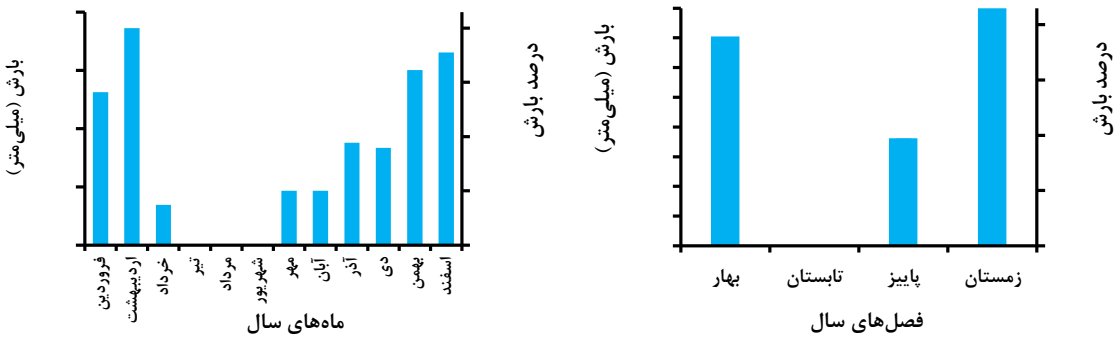
برای این منظور ابتدا بارش بلندمدت ماهانه و فصلی از روی آمار روزانه نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به محل اجرای پروژه تحقیقاتی به‌دست آمد. نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به محل اجرای پروژه، ایستگاه سینوپتیک فرودگاه تبریز است که در فاصله ۸ کیلومتری محل اجرای پروژه واقع شده است بنابراین از داده‌های بارندگی ۳۰ ساله (۱۳۹۳-۱۳۶۴) ایستگاه مذکور برای تجزیه‌وتحلیل و انجام محاسبات استفاده شد شکل (۷) مقدار و درصد بارش ماهانه و فصلی را بر اساس بارش نرمال سالانه (متوسط ۳۰ ساله) نشان می‌دهد.



شکل (۷): مقدار و درصد بارش ماهانه و فصلی در بلندمدت (متوسط ۳۰ ساله)

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1401.10.3.3.6]

از آن‌جایی‌که بارش نرمال سالانه در نزدیک‌ترین ایستگاه سینوپتیک ۲۴۵/۷ میلی‌متر است بر اساس شکل مذکور ۲۶ درصد آن معادل ۶۵/۴ میلی‌متر در فصل زمستان یا سردترین فصل سال به‌صورت برف اتفاق می‌افتد. چنان‌که موضوع در کوتاه‌مدت (دوره آماربرداری ۲ ساله) مورد توجه قرار گیرد بر اساس شکل (۸) از مجموع بارش سالانه که مقدار آن ۳۷۳/۵ میلی‌متر است، ۴۳ درصد یعنی معادل ۱۶۰ میلی‌متر آن در فصل زمستان اتفاق می‌افتد که در صورت معلوم بودن ضریب رواناب سطوح مختلف آبگیر می‌توان عمق یا حجم آب قابل ذخیره ناشی از بارش برف را محاسبه نمود جدول (۲).



شکل (۸): مقدار و درصد بارش ماهانه و فصلی در کوتاه‌مدت (متوسط دو سال آماربرداری)

جدول (۲): حجم رواناب حاصل از یک مترمربع برای تیمارهای سطوح آبگیر بر اساس آمار بلندمدت

	پوشش ژئوممبران	پلاستیک با محافظ شنی
ضریب رواناب زمستانه	۰/۸۹	۰/۸۰
عمق بارش نرمال زمستانه (میلی‌متر)	۶۵/۴	۶۵/۴
عمق رواناب بلندمدت زمستانه (میلی‌متر)	۵۸/۲	۵۲/۳
حجم رواناب بلندمدت زمستانه (لیتر بر مترمربع)	۵۸/۲	۵۲/۳

با توجه به محتوای جدول (۲) و با نگاه بلندمدت به موضوع ملاحظه می‌شود که از سطح آبگیر پوشیده از ورق ژئوممبران و سطح آبگیر پوشش نایلون با محافظ شنی به‌ترتیب ۵۸/۲ و ۵۲/۳ میلی‌متر رواناب می‌توان استحصال نمود. اگر چنان‌چه موضوع به‌صورت کوتاه‌مدت مورد بررسی قرار گیرد نتایج متفاوت خواهد بود. از آن‌جایی‌که در طول مدت آماربرداری ۷۴۷ میلی‌متر بارش وجود داشت متوسط سالانه آن ۳۷۳/۵ میلی‌متر به‌دست می‌آید. مجموع بارش دو زمستان متوالی در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ معادل ۳۱۷ میلی‌متر بود که برای زمستان یک‌ساله ۱۵۸/۵ میلی‌متر به‌دست آمد. این مقدار ۴۲ درصد از بارش سالانه کوتاه‌مدت را تشکیل می‌دهد که با توجه به ضریب رواناب سطوح مختلف آبگیر می‌توان عمق و حجم آب استحصالی یا رواناب را محاسبه نمود (جدول ۳).

جدول (۳): حجم رواناب حاصل از یک مترمربع برای تیمارهای سطوح آبگیر بر اساس آمار کوتاه‌مدت

	پوشش ژئوممبران	پلاستیک با محافظ شنی
ضریب رواناب زمستانه	۰/۸۹	۰/۸۰
عمق بارش کوتاه‌مدت زمستانه (میلی‌متر)	۱۵۸/۵	۱۵۸/۵
عمق رواناب کوتاه‌مدت زمستانه (میلی‌متر)	۱۴۱	۱۲۷
حجم رواناب کوتاه‌مدت زمستانه (لیتر بر مترمربع)	۱۴۱	۱۲۷

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1401.10.3.3.6]

یکی از مهم‌ترین مسئله قابل طرح در این پروژه تحقیقاتی این بود که در برخی مواقع میزان رواناب اندازه‌گیری شده بیش‌تر از میزان بارش بود این عمل غیرممکن است مگر این‌که باد عامل جابجایی برف از محل‌های اطراف به داخل کرت‌ها باشد و ایده جالبی که این پدیده می‌تواند به ما بدهد این است که در مناطق کوهستانی در طبیعت باد باعث جابجایی و انباشت برف در داخل دره‌ها و گودی‌ها می‌شود و عمق برف در دره‌ها و گودی‌ها خیلی بیش‌تر از عمق بارش است؛ بنابراین می‌توان با ایجاد سطح غیر قابل‌نفوذ در این‌گونه محل‌ها، بیش‌تر از میزان بارش، رواناب استحصال نمود و به‌دلیل تراکم ایجاد شده طبیعی، ضریب تبدیل برف به آب نیز بیش‌تر از حالت عادی (۰/۱) خواهد بود. با توجه به شکل (۹) ملاحظه می‌شود که عمق برف در داخل کرت‌های آزمایش یکسان نبوده در صورتی‌که عمق بارش یکنواخت است، علت آن ناشی از وجود باد در محل و جابجا شدن ذرات برف از قسمت بالادست (شمال‌شرقی) به قسمت پایین‌دست (جنوب‌غربی) کرت‌هاست. بنابراین نتیجه می‌شود که باد ذرات برف را از قسمت‌های مرتفع جدا نمود و در جهت خود در گودی‌ها و دره‌هایی که در ارتفاع پایینی قرار دارند به تله انداخته و انباشته می‌شود. در مناطقی که سطح زمین دارای توپوگرافی مسطح است می‌توان با عمل خاک‌برداری، گودی‌های مصنوعی با جداره غیرقابل نفوذ ایجاد نمود و در مناطقی که بارش برف وجود داشته باشد پر شدن این‌گونه گودی‌ها با برف بدون صرف انرژی و با نیروی باد انجام خواهد شد.



شکل (۹): تغییرات عمق برف در سطوح آبگیر

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که حجم رواناب ایجاد شده در سطح آبگیر با پوشش ژئوممبران بیش‌تر از سطح آبگیر پوشش نایلون با محافظ شن است؛ این مقدار با توجه به مقدار بارش نرمال سالانه (۲۴۶ میلی‌متر) و فصل زمستان (۶۵/۴ میلی‌متر) برای سطح آبگیر با پوشش ورق ژئوممبران ۵۸/۲ لیتر بر مترمربع و برای سطح آبگیر پوشش نایلون با محافظ شنی ۵۲/۳ لیتر بر مترمربع در سه‌ماهه زمستان است. با توجه به این‌که در بلندمدت ۲۶ درصد از بارش‌ها در فصل زمستان اتفاق می‌افتد. ضریب رواناب سطوح آبگیر برای پوشش ژئوممبران ۰/۸۹ و برای پوشش نایلون با محافظ شنی ۰/۸۰ درصد به‌دست می‌آید. مفهوم آن این است که با پوشش ورق ژئوممبران ۸۹ درصد و با پوشش نایلون دارای محافظ شنی ۸۰ درصد از بارش فصل زمستان را می‌توان استحصال و در مخزن ذخیره‌سازی نمود تا در مواقع کم‌آبی بتوان برای موارد مختلف از جمله فضای سبز، کشاورزی و صنایع به‌عنوان یک منبع آب تکمیلی مورد استفاده قرار داد. مابقی مقدار بارش یعنی ۱۱ درصد و ۲۰ درصد به‌ترتیب برای سطح آبگیر با پوشش ژئوممبران و پوشش نایلون دارای محافظ شنی به‌عنوان تلفات در نظر گرفته می‌شود که به‌صورت تبخیر، بادبردگی و خیس کردن سطوح تلف می‌شود. چنان‌چه آمار کوتاه‌مدت دوره آماربرداری بارش در نظر گرفته شود حجم آب قابل استحصال از برف با توجه به بارش متوسط سالانه (۳۷۴ میلی‌متر) و فصلی زمستان (۱۵۸/۵ میلی‌متر) و ضرایب رواناب مذکور، برای پوشش ژئوممبران و نایلون با محافظ شنی به‌ترتیب ۱۴۱ و ۱۲۷ لیتر در سه ماه زمستان خواهد بود. علت بیش‌تر بودن

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1401.10.3.3.6]

رواناب ایجاد شده از سطح آبگیر با پوشش ژئوممبران نسبت به پوشش نایلون با محافظ شنی این است که بخشی از بارش علاوه بر تبخیر و بادبردگی صرف خیس شدن سطوح دانه‌های شن می‌شود. نتیجه دیگر این‌که ضریب رواناب به‌دست‌آمده از سطوح غیرقابل نفوذ در زمستان بیش‌تر از سایر فصل‌های سال است. علت آن را می‌توان در پایین بودن دما و سفیدی رنگ برف جویا شد که منجر به کاهش تبخیر می‌شود. مسئله مهم‌تر این‌که بادخیز بودن منطقه در زمستان و در ایام بارش برف باعث برهم زدن روابط متعارف بارش-رواناب شده به‌طوری‌که این ضریب به‌شرط غیرقابل نفوذ بودن سطح آبگیر در بلندی‌ها کم‌تر از یک و در پستی‌ها بیش‌تر از یک به‌دست می‌آید که علت آن جابجایی ذرات برف از بلندی‌ها و انباشت آن در پستی‌ها و برف‌چال‌ها است.

منابع

۱. پرهمت، ج.، ح. صدقی و ب. ثقفیان (۱۳۸۴) بررسی مدل در شبیه‌سازی رواناب حاصل از ذوب برف با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در حوضه‌های بدون آمار (مطالعه موردی حوزه خرسان در کارون). تحقیقات منابع آب ۱: ۱-۱۱.

۲. رئیسیان، ر.ب. و ج. پرهمت (۱۳۹۳) روش‌های تله اندازی و ذخیره‌سازی برف و استحصال آب حاصل از آن، ترویج و توسعه آبخیزداری، ۲ (۷): ۲۹.

۳. سیدی علم آباد، م.، ح. مرادی، م. قنبرپور و ح. میریعقوب زاد (۱۳۸۷) بررسی کارکرد مدل SRM در برآورد رواناب حاصل از ذوب برف در حوزه‌های کوهستانی ایران و مقایسه آن با سایر نقاط جهان. سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، ۲۳-۲۵ مهرماه، دانشگاه تبریز.

۴. علیزاده، ا. (۱۳۸۵) اصول هیدرولوژی کاربردی، چاپ بیستم، دانشگاه امام رضا (ع). صفحه ۱۶۱.

۵. قربانی‌زاده خرازی، ح.، ح. صدقی، ب. ثقفیان و ج. پرهمت (۱۳۸۹) پیش‌بینی توزیع زمانی جریان ذوب برف در نیم‌قرن آینده تحت شرایط تغییر اقلیم، مهندسی آب، ۱(۱): ۴۳-۵۲.

۶. قنبرپور، م.، م. محسنی ساروی، ب. ثقفیان، ح. احمدی و ک. عباسپور (۱۳۸۴) تعیین مناطق مؤثر در انباشت و ماندگاری سطح پوشش برف و سهم ذوب برف در رواناب، منابع طبیعی ایران، ۵۵(۳).

۷. کردوانی، پ. و ب. کردپور (۱۳۹۱) استفاده بهینه از منابع آبی در ناحیه اورامانات (ذخیره باران)، جغرافیایی سرزمین، ۹ (۳۵): ۱-۱۶.

۸. نجف‌زاده، ر.، ا. ابریشمچی، م. تجریشی و ح. طاهری‌شهرآیینی (۱۳۸۳) شبیه‌سازی جریان رودخانه با مدل ذوب برف، نشریه آب و فاضلاب، ۱۵ (۴): ۲-۱۱.

۹. نجفی، م.، ج. شیخی‌وند و ج. پرهمت (۱۳۸۳) برآورد رواناب حاصل از ذوب برف در حوزه‌های برف‌گیر با استفاده از مدل SRM (مطالعه موردی حوضه سد مهاباد). نشریه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۱ (۳): ۱۱۱-۱۲۲.

۱۰. نیک‌نژاد، د. (۱۳۹۸) تحقیقاتی بررسی تأثیر سطوح مختلف آبگیر در تولید رواناب به‌منظور استحصال آب باران در پارک کوهستانی عون ابن علی، گزارش نهایی، شماره فروست ۵۷۰۹۶.

۱۱. نیک‌نژاد، د. (۱۴۰۰) بررسی تأثیر سطوح مختلف آبگیر باران در تولید رواناب و کنترل فرسایش، مهندسی و مدیریت آبخیز، ۱۳(۳): ۵۱۱-۴۹۷.

12. Barnet T. P., Adam J. C. and Lettenmaier D. P. (2005) *Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions.* Nature, *438(7066), 303-309.*
13. Dozier J. (1989) *Spectral signature of alpine snow cover from the land sat thematic mappcr*. Rcmot Sensing environment, *28: 9-22.*
14. Flerchinger G. and Cooley K. R. (2000) *A ten-year water balance of a mountainous semi-arid watershed.* Journal of Hydrology, *237(1), 86-99.*
15. Goodison B.E., Ferguson H.I. and Mckay G.A. (1981) *Handbook of snow (Principles, Proccsscs, management & use)* Measurement and data analysis, *191-273.*
16. Khazaei E., Spink A. and Warner J. W. (2003) *A catchment water balance model for estimating groundwater recharge in arid and semiarid regions of south-east Iran*. Hydrogeology Journal, *11(3), 333-342.*

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1401.10.3.3.6]

17. Pitlick J. (1994) *Relation between peak flows, precipitation, and physiography for five mountainous regions in the western USA*. Journal of Hydrology, *158(3), 219-240.*
18. Rango A., Salomonson V. and Foster J. (1975*) Employment of satellite snowcover observations for improving seasonal runoff estimates.* Indus River and Wind River Range, Wyoming.
19. Sigrist C. (2006) *Measurement of fracture mechanical properties of snow and application to dry snow slab avalanche release*, Doctoral Thesis. p.p.155.
20. Thompson K. J., Henry K. S., Hardy J. P. and Chalmers A. M. (2009) *Snow Harvesting: A Potential Water Source for Afghanistan, US Army Corps of Engineers*. Engineer Research and Development Center, p 20.
21. Viviroli D., Weingartner R. and Messerli B. (2003) *Assessing the hydrological significance of the world's mountains.* Mountain research and Development, *23(1), 32-40.*

Investigating the ability of artificial impermeable surfaces in harvesting snow water (Case study: East Azarbaijan Province, Tabriz)

Davood Niknezhad[1*]

1. Instructor, Research and Education Center for Agricultural and Natural Resources of East Azarbaijan, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tabriz, Iran.

Received: 2022/11
Accepted: 2023/01

Abstract

Atmospheric precipitation is one of the most important sources providing water for various purposes. Their optimal use, especially snow and rain in arid and semi-arid regions, can play a significant role in meeting water needs in low water seasons, which can be collected and stored before they come into contact with the soil surface and become contaminated so that in times of water shortage, To provide the water needs of industries and factories, green spaces and drinking water for humans and animals. One of the methods of harvesting water from precipitation, including snow and rain, is to make the surface of the earth impermeable and maximize the runoff caused by them. Impermeable surfaces can exist naturally like stone surfaces or by covering the ground surface with materials such as asphalt, concrete, and insulation sheets such as plastic, geomembrane and decamond can be created artificially. In this research, 2 treatments with 3 repetitions were considered, which included the Catchment of geomembrane cover and plastic cover with sand protection, each in a square shape with an area of 4 m^2, and were implemented in lands with an average slope of 36%. The total rainfall on the mentioned surfaces during the statistical collection period was 747 mm, of which 430 mm (52 events) was in the form of rain and 317 mm (26 events) was in the form of snow. The results of 26 winter snowfall events during two years of statistics showed that the runoff from normal precipitation in winter for geomembrane and plastic covering with sand protection is equal to 89 and 80% of precipitation, respectively. Therefore, according to the normal rainfall of the winter season (65.4 mm), the volume of runoff collected for the geomembrane cover and the plastic cover with sand protection will be 58.2 and 52.3 lit m^{-2}, respectively in the winter season, if from the short-term statistics. The statistical period should be used, according to the annual rainfall (373.5 mm) and the winter season (158.5 mm), the volume of runoff collected in the winter season for the catchment surfaces covered with geomembrane and plastic cover with sand protection reaches to 141 and 127 lit m^{-2}, respectively.

Key words: Snow, Plastic, Runoff, Geomembrane, Insulating surface, Sand.

* Corresponding Author: niknezhad2005@yahoo.com

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1401.10.3.3.6]