# استحصال آب باران از سطوح غیرقابل نفوذ مصنوعی در استان آذربایجان‌شرقی

**داود نیک‌نژاد*[۱]، باقر قرمزچشمه[۲]**

*۱- عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان‌شرقی، *Niknezhad2005@yahoo.com*

۲- عضو هیأت علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

## چکیده

مدیریت صحیح استفاده از نزولات جوی بخصوص برف و باران در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌تواند نقش بسزایی را در تتأمین نیاز آبی فضای سبز در فصول کم‌آب داشته باشد برای این منظور می‌توان از سطوح آبگیری ککه دارای بیشترین ضریب رواناب باشند استفاده نمود این سطوح می‌تواند سطح سنگی به‌صورت طبیعی باشد و یا با پوشاندن سطح زمین با ورق‌های نفوذناپذیر مانند نایلون، ژئوممبران و دکاموند و مالچ‌های مصنوعی به‌طور مصنوعی ایجاد شود. برای این منظور دو نوع پوشش هر ککدام در سه تکرار در نظر گرفته شد پوشش اول ورق ژئوممبران و پوشش دوم نایلون با محافظ شنی بود هر کدام از سطوح آبگیر مربعی شکل با مساحت چهار مترمربع و در شیب‌های ۳۹ – ۳۱ درصد در اراضی شیب‌دار احداث گردیدند. نتایج حاصل از ۵۸ مورد بارش برف و باران نشان داد ککه رواناب حاصل از بارش برای پوشش ژئوممبران و پوشش نایلون با محافظ شنی بترتیب ۷۷ و ۶۱ درصد ببارش و آستانه شروع رواناب برای پوشش‌های مذکور بترتیب ۰/۴۲ و ۲/۰۵ میلی‌متر بارندگی می‌باشد بدین ترتیب با در نظر گرفتن متوسط ببارش بلندمدت ۳۰ ساله (۲۴۶ میلی‌متر) حجم رواناب جمع شده برای سطح آبگیر با پوشش ژئوممبران ۱۹۰ لیتر و برای پوشش نایلون ببا محافظ شنی ۱۵۰ لیتر در سال بدست می‌آیدکه با در نظر گرفتن حجم آب مورد نیاز، هزینه‌ها و امکانات اجراییی می‌تتوان ننوع پوششش را ببرای استحصال آب باران انتخاب نمود و آب ذخیره شده را در مواقع کم آبی برای مصارف مختلف از جمله نیاز آبی گیاهان و شرب به صورت مدیریت شده مورد استفاده قرار داد.

**واژه‌های کلیدی:**

آب باران، رواناب، ژئوممبران، شن ، نایلون

**مقدمه**

کمبود آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور یکی از مهمترین چالش‌های کنونی می‌باشد. از طرف دیگر ضعیف ببودن پوشش گیاهی بخصوص در اراضی شیب‌دار باعث تخریب و فرسایش این‌گونه اراضی می‌شود که در صورت مدیریت صحیح استفاده از منابع آب و خاک می‌توان بخشی از مشکلات مذکور را برطرف نمود. افزایش پوشش گیاهی مثل فضای سبز علاوه ببر دیگر مزاییای آن باعث کنترل فرسایش می‌شود. اما لازمه این افزایش، تأمین آب است تا بتوان نیاز آبی گیاهان را برطرف نمود. آب باران یکی از منابعی است که می‌توان با اعمال مدیریت صحیح بخشی از نیاز آبی گیاهان را تأمین نمود. با استفاده از سطوح آبگیر غیرقابل نفوذ طبیعی مثل سطوح سنگی و یا سطوح مصنوعی مانند اسفالت، بتن فلز، نایلون، ژئوممبران، دکاموند، کاهگل، قیر، شن و یا ترکیبی از آنها می‌تتوان رواناب ناشی از بارندگی را بر روی این سطوح در مخازن جمع‌آوری نمود و در مواقع کم‌آبی که گیاه دچار تنش آبی می‌شود با استفاده از روش‌های نوین آبیاری مانند آبیاری زیرسطحی که تلفات تبخیر آن حداقل بوده نیاز آبی گیاهان و درختتان را تحت عنوان آبییاری تکمیلی تأمین نمود.

استحصال آب باران برای آبیاری تکمیلی در بسیاری از مناطق خشک با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته است. بدین منظور آب باران از اراضی مجاور جمع آوری و ذخیره می‌شود و در زمان کمبود آب به مصرف گیاه می‌رسد (Laura, ۲۰۰۴). در پژوهشی که در ایستگاه پخش سیلاب قره‌چریان از توابع استان زنجان صورت گرفت. حد آستانه بارندگی برای شروع رواناب برای سطوح پلاستیک ببا پوشش سنگریزه در حدود ۲/۱ میلی‌متر با درصد ضریب رواناب ۳۴/۹۳ درصد برای دوره زمانی اردیبهشت الی آبان ماه هر سال بود. (رضایی، ۱۳۹۱). مشابه همین پژوهش که در فاصله ۳۰ کیلومتری از جنوب شرقی ارومیه در ایستگاه خرم‌آباد صورت گرفت سطوح آبگیر بباران به ابعاد ۶ × ۵ متر با تیمارهای سطح عایق، نیمه عایق و طبیعی بر روی شیب ۱۵-۱۲ درصد ایجاد شد. نتایج نشان داد که حد آستانه بارندگی روزانه برای شروع رواناب برای سطوح آبگیر عایق ۲/۵ میلی‌متر با رواناب ۵۸/۱۷ درصد برای دوره زمانی فروردین الی آبان ماه هر سال می‌باشد (مهدی‌زاده و نمکی، ۱۳۹۲). نتایج حاصل از پژوهش صورت گرفته در استان آذربایجان‌شرقی نشان می‌دهد ککه حد آستانه شروع رواناب برای سطح پلاستیک با پوشش سنگ لاشه برابر ۲/۶ میلی‌متر و رواناب تولید شده ببرای سطح ممذکور برابر ۵۷ درصد بارندگی می‌باشد و در هشت ماهه اول سال حجم رواناب استحصالی از یک مترمربع سطح پلاستیک ببا پوشش لاشه‌سنگ ۹۰ لیتر بود (نیک‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۴). در همین راستا برای سطح پلاستیک با پوشش شن بادامی ۷۶ لیتر آب باران برای هشت ماهه اول سال از هر مترمربع استحصال گردید (نیک‌نژاد و ناصری، ۱۳۹۳).

کرت‌های سطوح عایق دارای ضریب رواناب بالایی است و در مقایسه با سطوح نیمه عایق ۲۳ برابر بیشتر روانناب تولیید می‌کنند (کدخداپور، ۱۳۹۱). تحقیق صورت گرفته در پنج کیلومتری مرکز استان چهارمحال بختیاری نشان می‌دهد متوسط حجم روانناب سالانه تولید شده از هر مترمربع عایق پلاستیکی با پوشش سنگ‌ریزه‌ای ۶۷ لیتر می‌باشد این یافته نشان می‌دهد که استفاده از سطوح عایق می‌تواند نقش مهمی در استحصال آب بباران و جمع‌آوری حجم آب ککافی در راستای اهداف مختلف آبخییزداری در ششرایط خشک‌سالی و بحران آب و کاهش فشار بر روی منابع آب سطحی و زیرزمیننی ایففا نمایید (نککویی‌مهر، ۱۳۹۲). در کششور کنییا ببرای استحصال آب باران از سطوح حاصل از بیرون‌زدگی سنگی استفاده می‌شود. تنها در منطقه موسوم به Kitui در ایین کششور ۴۰۰ منبع ذخیره رواناب ناشی از بیرون‌زدگی‌های سنگی احداث‌شده و مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند (Nissen-petersen، ۲۰۰۶). ساخت اراضی جمع آوری آب باران و انبار ذخیره آب، ترکیب شده با تکنیک‌های آبیاری قطره‌ای و تراوشی جهت ایجاد یک سیستم بهره‌برداری ککارا از بارندگی .کارایی این سیستم می‌تواند در ناحیه با بارش سالیانه ۴۵۰ میلی ۶۷ درصد برسد .این سیستم با میدان جمع آوری به وسعت ۱۵۴ مترمربع و انبار آب با گنجایش ۲۰ مترمکعب، آب آشامیدنی۷-۵ نفر .یا آب موردنیاز .۰/۰۶۷ هکتار باغ میوه را در کشور چین فراهم کند (Li & Zhang, ۱۹۹۷).

استفاده از سطوح طبیعی آبگیر باران نظیر صخره‌های سنگی از دیگگر ششیوه‌های استحصال و جمع‌آوری آب بباران است ککه در بسیاری از کشورهای نظیر زیمباوه (Richards، ۱۹۷۲) و کنیا (Hadson، ۱۹۸۱) هنوز متداول و رایج می‌باششد. بهره‌ببرداری از چننین سامانه‌هایی به‌صورت مختلف در برخی نقاط کشورهای چین، ترکیه، فلسطین اشغالی، مکزیک، اسپانیا و هنند ببرای تتأمین آب جههت مصارف مختلف متداول است.

استفاده از مواد شیمیایی برای غیرقابل نفوذ کردن و یا کاهش نفوذپذیری سطوح آبگییر بباران روزمیننی در ایبالات متحده بسیار

معمول و متداول بوده و تحقیقات دامنه‌داری در این زمینه به‌ویژه در غرب آمریکا انجام شده است که هنوز نیز اداممه دارد. مواد مورد استفاده برای این منظور به‌طور عمده با توجه به نوع استفاده از آب انتخاب می‌شود تا کیفیت آب استحصالی متناسب با موارد مصرف آب تعیین و در نتیجه نوع مواد شیمیایی مورد نیاز بر اساس آن انتخاب شود (Hudson، ۱۹۸۱). استفاده از انواع واکس‌ها و مالچ‌های نفتی، آسفالت، فایبرگلاس، پوشش‌های پلاستیکی با لایه محافظ سنگریزه‌ای و بسیاری مواد دیگر معروف به مواد ضد آب[1] برای افزایش ضریب رواناب در سطوح مصنوعی آبگیر باران، امروزه با توجه به لزوم و اضطرار تأمین آب، وضعیت اقتصادی و اجتماعی بهره‌بربرداران و شدت کمیابی آب، متداول و رایج شده است.

در تمامی سامانه‌های سطوح آبگیر، جمع‌آوری آب از دامنه‌های شیب‌دار نسبتاً غیرقابل نفوذ طبیعی و یا سطوح آبگیر مصنوعی تیمار شده از طریق جمع‌آوری خار و خاشاک و سنگریزه از سطح زمین و یا غیرقابل نفوذ کردن نسبی سطح آبگیر با استفاده از مواد افزودنی که باعث کاهش نفوذپذیری خاک و افزایش ضریب رواناب می‌شوند استفاده می‌گردد و رواناب ناشی از بارش‌های مستقیم بر سطوح آبگیر طبیعی و یا حتی تیمار شده از طریق ایجاد دیواره‌های خاکی هدایت‌کننده آب به داخل مخزن حفر شده در زمین هدایت شده و درون آن ذخیره‌سازی می‌شود و از آب‌های ذخیره شده عمدتاً برای شرب، مصارف خانگی و در صورت بزرگ بودن مخزن ذخیره آب، برای کشاورزی استفاده می‌شود (Pacey, Cullis، ۱۹۸۶).

در ایران نیز استفاده از سامانه‌های سطوح آبگیر باران قدمتی بیش از ۳۰۰۰ ساله دارد و برای جلوگیری از تبخیر آب‌های جمع‌آوری شده، تنظیم درجه حرارت و سایر موارد مربوط به حفظ کیفیت آب، اقدام به مسقف نمودن مخزن نگهداری آب به‌صورت گنبدی شکل می‌شده است. از آب‌های ذخیره شده در آب‌انبارها به‌طور معمول برای مصارف شرب انسان و دام، مصارف خانگی و کشاورزی استفاده می‌شد. از این نوع سامانه‌ها هنوز در برخی از نقاط ایران نظیر بوشهر استفاده می‌شود (قدوسی، ۱۳۷۶). حبیبی‌پیور و دهقان (۱۳۹۲) سیستم‌های سطوح آبگیر باران را جهت تأمین آب حیات وحش منطقه حفاظت شده و پارک ملی سیاه کوه مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد اجرای طرح آبگیرهای سطوح سنگی برای تأمین آب در ۲۵ درصد از آب‌انبارهای موجود منطقه سیاه کوه در حال حاضر انجام شده است. لیکن بدلیل حجم کم مخزن ذخیره، ضرورت دارد این مخازن سنگی سالی یک بار هم با استفاده از تانکرهای آبرسانی، آبگیری شوند، این در حالی است که اجرای طرح آبگیرهای سنگی برای کلیه آب‌انبارهای موجود در منطقه امکان‌پذیر می‌باشد. در جزایر داخل پارک ملی دریاچه ارومیه نیز اقدامات عملی توسط اداره کل محیط‌زیست استان صورت گرفته است که بشرح ذیل می‌باشد.

در خروجی حوزه آبخیز جزیره اسپیر یک منبع بتنی ۹۰ مترمکعبی احداث گردیده است بدین ترتیب با اقداماتی مسیر جریان آب بهسازی گردیده و قبل از ورود آب به منبع یک حوضچه رسوب‌گیر به‌همراه توری فلزی نصب شد و در نهایت آب از طریق یک لوله وارد منبع بتنی می‌شد و در فصل تابستان که حیات وحش نیاز مبرم به آب دارند آب از منبع از طریق یک لوله به یک آبشخور بتنی هدایت می‌شد. جهت تنظیم مقدار آب خروجی آب به آبشخور از یک شناور استفاده شده بود.

مورد دیگری که توسط اداره کل محیط‌زیست استان ارومیه اجرا شده است سطوح آبگیر با بستر مصنوعی است که در جزیره اشک و کبودان به تعداد پنج واحد احداث شده است. آب جمع شده از این سطوح به انبارهای بتنی یا پلی‌اتیلن هدایت و در مواقع ضروری مورد استفاده حیات وحش قرار می‌گیرد. برای ایجاد سطوح آبگیر از صفحات فلزی استفاده شده است که در مساحت یک‌صد مترمربع به‌صورت شیب‌دار بر روی پایه‌های فلزی نصب شده و مخازن پلی‌اتیلن ذخیره آب در زیر این سقف قرار گرفته‌اند که رواناب ایجاد شده از طریق لوله جمع‌کننده به داخل مخزن هدایت شود.

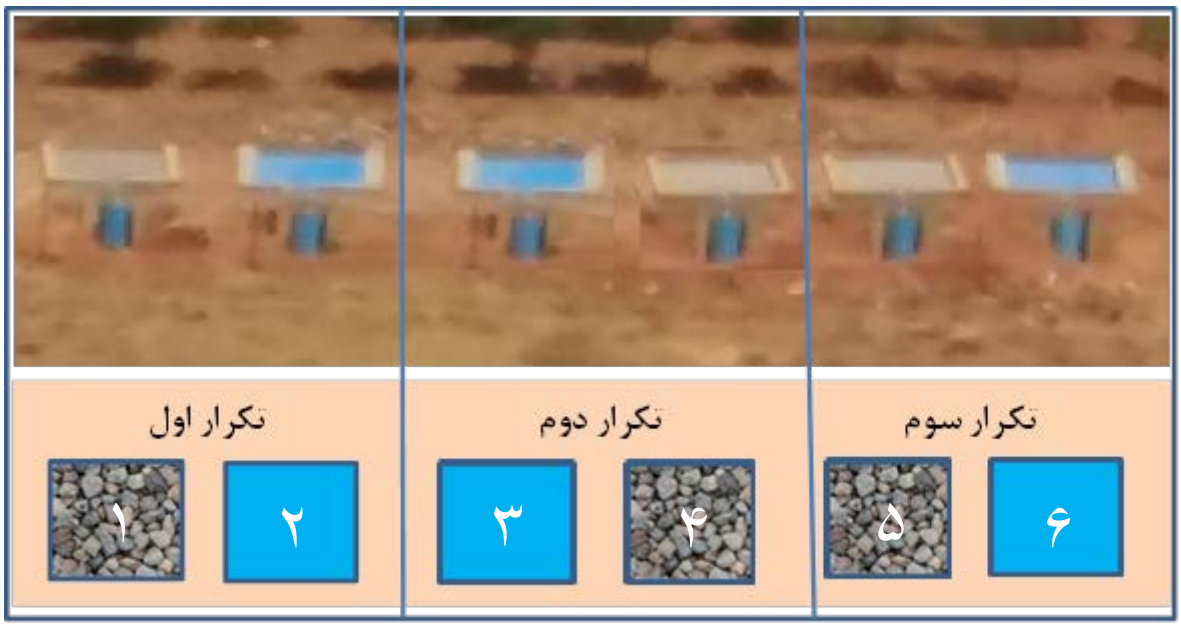
هدف این پژوهش استحصال آب باران از سطوح غیرقابل نفوذ با محافظ شنی مانند نایلون و ببدون محافظ مانند ورق ژئوممبران می‌باشد که در آن پتانسیل سطوح مذکور در تولید رواناب مورد بررسی قرار می‌گیرد تا در دوره مرطوب که بارندگی زیاد است رواناب حاصل از بارش را در مخزن ذخیره نمود و در دوره خشکی که میزان بارندگی کمتر است آب ذخیره شده جهت تأمین نیاز آبی گیاهان و سایر موارد مصرف مورد استفاده قرار گیرد

1 - Waterproof Membranes

## مواد و روش‌ها

محل اجرای پروژه در قسمت شمالی کلان‌شهر تبریز در ارتفاعات عون‌ابن‌علی با ارتفاع ۱۸۱۷ متر از سطح دریا و در مختصات جغرافیایی "۳۸°۶'۵ عرض شمالی و "۴۶°۲۰'۵ طول شرقی قرار دارد. این منطقه از نظر اقلیمی جزو مناطق نیمه‌خشک بشمار می‌آید که متوسط بارش سی ساله در نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی (فرودگاه تبریز) به محل پروژه ۲۴۶ میلی‌متر است. بافت خاک محل پروژه متوسط و از نوع لومی و لوی رسی می‌باشد.

برای اجرای این پروژه دو نوع سامانه سطح آبگیر جهت استحصال آب باران انتخاب گردید 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 درمجموع دو تیمار و سه تکرار و یا به عبارتی دیگر شش عدد کرت مربعی شکل وجود خواهد داشت. دور هر کدام از کرت‌ها از بلوک‌های بتونی ببه ارتفاع ۲۰ سانتیمتر محصور گردیده است. شکل (۱) نقشه اجرایی پروژه را که بر اساس طرح کاملاً تصادفی در سطح شیب‌دار پیاده شده است نشان می‌دهد.




شکل ۱- نقشه اجرای پروژه شامل پوشش ژئوممبران آبی رنگ و پوشش نایلون با رویه شنی

همانطوریکه ذکر گردید. در این پروژه دو تیمار در نظر گرفته شده است که شامل سطح پوشیده شده ببا ورق ژئوممبران و سطح پوشیده شده با نایلون گلخانه‌ای دارای محافظ شنی می‌باشد. احداث سطح آبگیر با پوشش ژئوممبران به این صورت بود که ابتدا سطح زمین بوته تراشی شده و با حفظ شیب زمین تسطیح گردید سپس سطحی به مساحت چهار مترمربع ببا ابعاد ۲m×۲m ببا بلوک‌های سیمانی به ارتفاع ۲۰ سانتیمتر محصور گردید به‌منظور نصب ورق ژئوممبران و آب‌بندی سطوح کرت سطح زمین داخل کرت به عرض ۱۵ سانتیمتر در قسمت داخلی بتن‌ریزی شد سپس با مخلوط خاک و آهک الک شده کاملاً تسطیح و متراکم گردید بعد از آماده‌سازی بستر، ورق ژئوممبران در داخل کرت پهن گردید و لبه‌های ورق ژئوممبران با بتن‌ریزی مهار شد. انتهای شیب کرت به‌صورت همگرا درآمد تا آب رواناب براحتی از سطح آبگیر خارج شود. به منظور ذخیره آب باران در پایین‌دست سطح آبگیر ابتدا اتاقک محافظ احداث و مخزن فلزی در داخل این اتاقک قرار داده شد. برای انتقال رواناب سطح آبگیر به داخل مخزن از لوله پلیکا استفاده گردیید و ببرای جلوگیری از ریزش مستقیم باران یا برف به داخل مخزن، درب فلزی مورد استفاده قرار گرفت. جهت تخلیه رواناب جمع شده در مخزن در کف آن یک شیر خروجی نصب گردید. بدین ترتیب سه کرت مطابق روش مذکور احداث گردید شکل (۲).

شکل ۲- مراحل اجرایی ساخت سطح آبگیر با پوشش ژئوممبران

برای تیمار پوشش نایلون با محافظ شنی نیز همانند تیمار پوشش ژئوممبران ابتدا بسترسازی شد سپس نانیلون گلخانه‌ای در کف کرت پهن گردید بعد شن بادامی به ضخامت پنج سانتیمتر به‌طور یکنواخت به‌عنوان محافظ در برابر آفتاب‌سوختگی بر روی نایلون گلخانه‌ای پخش گردید و همچون تیمار اول در پایین‌دست سطح آبگیر اتاقک محافظ ساخته و مخزن جمع‌آوری رواناب در داخل ایین اتاقک قرار گرفت. برای انتقال رواناب به داخل مخزن از لوله پلیکا استفاده شد و جهت جلوگیری از ورود مستقیم بارش به داخل مخزن از یک درب فلزی استفاده گردید تخلیه آب مخزن توسط شیر نصب شده در کف مخزن صورت می‌گرفت. بدین ترتیب سه کرت مطابق روش مذکور احداث گردید شکل (۳).

برای مقایسه عمق رواناب با عمق بارندگی از دستگاه‌های باران‌سنج و باران‌نگار استفاده شد ککه در فاصله ۲۰ متری از محل پروژه نصب گردیدند تا بتوان عمق بارندگی را در هر واقعه اندازه‌گیری نمود شکل (۴). اندازه‌گیری رواناب‌های جمع شده به این ترتیب بود که بلافاصله بعد از وقوع هر بارندگی رواناب حاصل از آنها که در مخازن نصب شده در پایین‌دست کرت‌های آزمایش جمع می‌شد اندازه‌گیری می‌شد و عمق بارندگی نیز از طریق باران‌سنج استوانه‌ای قابل اندازه‌گیری بود. سایر مشخصات بارندگی ازجمله شدت، مدت و زمان بارندگی از طریق باران‌نگار قابل استخراج می‌باشد. اندازه‌گیر عمق برف توسط سکوی ببرف صورت می‌گرفت. شکل (۵) ایستگاه باران‌سنجی را نشان می‌دهد. برای محاسبه عمق روانناب از آمار بلندمدت ۳۰ ساله(۱۳۹۳ – ۱۳۶۴) ایستگاه هواشناسی سینوپتیک فرودگاه تبریز که در هشت کیلومتری محل اجرای طرح قرار گرفته، استفاده شده است. بر اساس این آمار ابتدا باید عمق و فراوانی متوسط بارش‌های سالانه منجر به رواناب که مقدار آنها بیش از بارش آستانه در تیمارهای مختلف می‌باشد استخراج و سپس با توجه به مقادیر بارش و ضریب رواناب، عمق رواناب را تعیین نمود.

شکل ۳- مراحل اجرایی ساخت سطح آبگیر با پوشش نایلون گلخانه‌ای دارای محافظ شنی

شکل ۴- ایستگاه باران‌سنجی احداث شده در کنار پروژه استحصال آب باران

## نتایج و بحث

### روابط بارش – رواناب در تیمارهای مختلف

برای این منظور میزان بارندگی روزانه و رواناب متناظر با آنها در هر واقعه بارش اندازه‌گیری شد. تعداد بارندگی‌های صورت گرفته در طول دوره آماربرداری (۱۳۹۶/۹/۱ الی ۱۳۹۷/۱۰/۲۱) ۵۸ مورد بود. با وارد کردن عمق بارندگی‌ها و رواناب حاصل از آنها به نرم‌افزار Excel معادله خط رگرسیون مربوط به هرکدام از تیمارها بدست می‌آید. چنانکه در معادلات بدست آمده به‌جای رواناب مقدار صفر قرار داده شود حداقل میزان بارندگی برای شروع رواناب یا بارش آستانه بدست می‌آید جدول (۱).

جدول ۱- رابطه بین رواناب و بارش درتیمارهای آزمایشی و بارش آستانه

| تیمارهای آزمایشی | بارش آستانه (میلی‌متر) | رابطه بین رواناب و بارش |
|---|---|---|
| سطح با پوشش ژئوممبران | ۰/۴۲ | $R^*=0.814P^*-0.349$ |
| سطح پوشش نایلون با محافظ شنی | ۲/۰۵ | $R=8008P-1.6405$ |

* $R$ : عمق یا ارتفاع رواناب به میلی‌متر و $P$ : عمق بارندگی روزانه برحسب میلی‌متر

بر اساس جدول (۱) بیشترین مقدار بارش آستانه برای شروع رواناب مربوط به تیمار پوشش نایلون با محافظ شنی و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار سطح پوشش ورق ژئوممبران می‌باشد به عبارت دیگر رواناب حاصل از سطح پوشش نایلون با محافظ شنی کمتر از سطح ژئوممبران است. علت آن وجود لایه‌ای شن بر روی نایلون بوده که قسمتی از بارش جذب دانه‌های آن می‌شود. در رابطه با آستانه بارش و ضریب رواناب برای پوشش ژئوممبران تا بحال در ایران تحقیقی صورت نگرفته اما در رابطه با پوشش نایلون با ماحفظ شنی که بارش آستانه در این تحقیق ۲/۰۵ میلی‌متر می‌باشد برای استان‌های زنجان و ارومیه این مقدار بترتیب ۲/۱ و ۲/۵ میلی‌متر است و برای سطح پوشش نایلون با محافظ لاشه‌سنگ مقدار آن ۲/۸ میلی‌متر می‌باشد که نسبت به مقدار بدست آمده از این پژوهش کمتر هستند. علت آن می‌تواند ناشی از تغییرات شیب، جنس و دانه‌بندی پوشش سنگ یا شن باشد.

**ضریب رواناب سامانه‌های سطوح آبگیر**

ضریب رواناب هر کدام از تیمارها و تکرارها مطابق جدول (۲) می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین مقدار رواناب تولید شده مربوط به تیمار پوشش ژئوممبران با مقدار ۰/۷۷ درصد میزان بارندگی و تیمار سطح پوشش نایلون با محافظ شنی با مقدار ۶۱ درصد میزان بارندگی بترتیب بیشترین و کمترین مقدار را دارد. همچنین با توجه به جدول مذکور ملاحظه می‌شود که در هر دو نوع پوشش با افزایش شیب مقدار رواناب و در نتیجه ضریب رواناب بیشتر می‌شود.

جدول ۲- ضریب رواناب برای تیمارها و تکرارها در طول دوره آماربرداری

| تیمارها | 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 | ۳۶/۹ | ۳۸/۱ |
| مجموع بارندگی (mm) | ۴۹۲ | ۴۹۲ | ۴۹۲ | ۴۹۲ | ۴۹۲ | ۴۹۲ |
| مجموع رواناب (mm) | ۳۶۷ | ۳۶۱ | ۴۱۲ | ۳۰۳ | ۲۹۲ | ۳۰۱ |
| ضریب رواناب | ۰/۷۵ | ۰/۷۳ | ۰/۸۴ | ۰/۶۲ | ۰/۵۹ | ۰/۶۱ |
| متوسط ضریب رواناب | | ۰/۷۷ | | | ۰/۶۱ | |

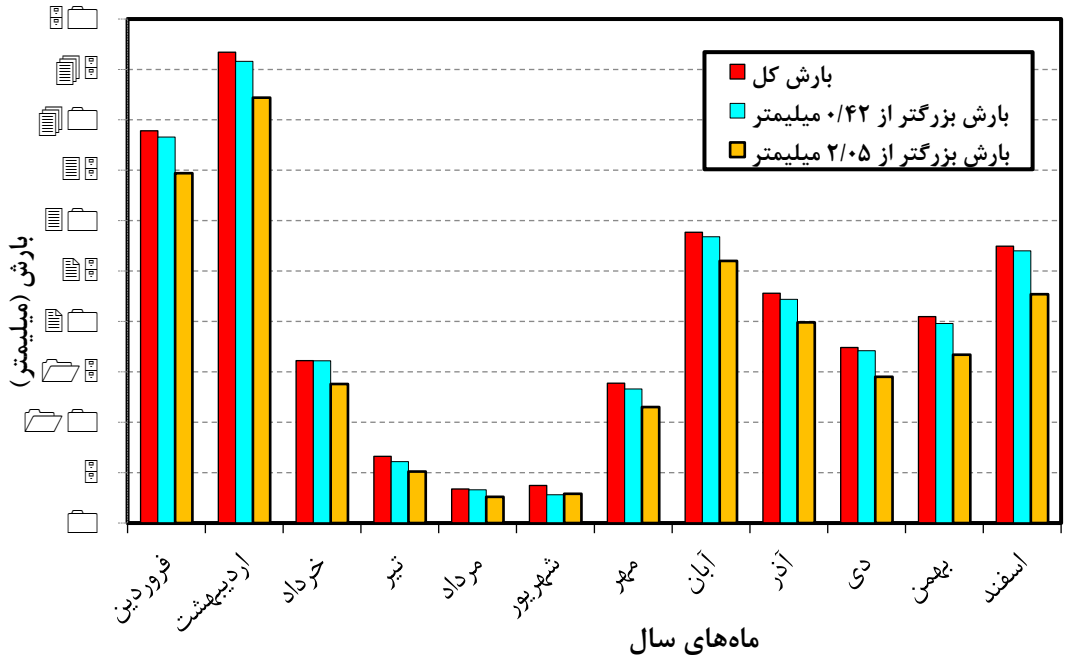
ضریب رواناب بدست آمده در هشت ماهه اول سال از پوشش نایلون با محافظ شنی در استان زنجان و ارومیه بترتیب ۳۵ و ۵۶ درصد و برای پوشش نایلون با محافظ لاشه سنگ در استان آذربایجان‌شرقی ۵۷ درصد بدست آمده است که نسبت به ضریب رواناب بدست آمده از این پژوهش کمتر می‌باشند که علت تفاوت‌ها می‌تواند ناشی شرایط بارش و شرایط جوی، شیب، دانه‌بندی لایه محافظ شنی و ضخامت لایه شن باشد. لی و همکاران(Li et al.، ۲۰۰۴) ضریب رواناب پوشش ورق پلاستیکی را ۵۷ الی ۷۶ درصد بدست آورده‌اندکه نسبت به ضریب رواناب بدست آمده برای ورق ژئوممبران کمتر است.

**محاسبه عمق و حجم رواناب قابل ذخیره**

بارش‌هایی که در تیمارهای مختلف رواناب تولید نموده بود فراوانی و مقدار سالانه آنها در جدول (۳) ارائه شده است. بارش‌های ماهانه بیش از بارش آستانه نیز برای تیمارهای مختلف در هر ماه از آمار بلند مدت استخراج گردیده و نمودار ستونی آن به همراه بارش کل در شکل (۵) نشان داده شده است. براساس عمق بارندگی در شکل (۵) و با معلوم بودن ضریب رواناب می‌توان عمق رواناب قابل ذخیره سالانه را محاسبه نمود که نتایج آن در شکل (۶) نشان داده شده است.

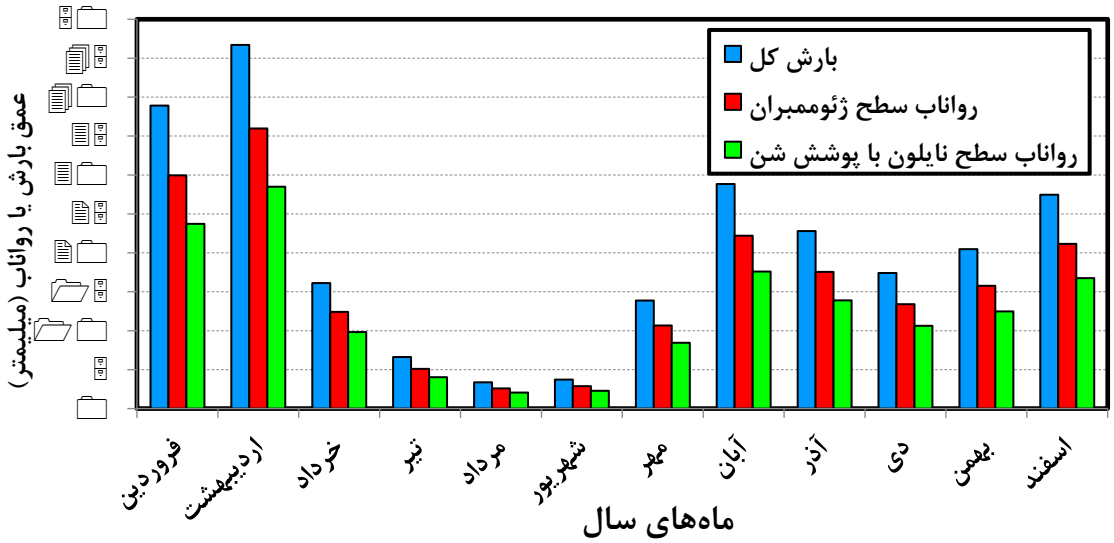
جدول ۳- میزان بارش و فراوانی سالانه منجر به رواناب در تیمارهای مختلف

| | پوشش ژئوممبران | سطح نایلون با پوشش شن |
|---|---|---|
| حد بارش آستانه (mm) | بیش از ۰/۴۲ میلی‌متر | بیش از ۲/۰۵ میلی‌متر |
| فراوانی سالانه | ۵۷ | ۳۲ |
| جمع بارش سالانه (mm) | ۲۴۰ | ۲۱۳ |




شکل۵- بارش کل و بارش بیش از حد بارش آستانه ماهانه

بر اساس عمق بارش و با معلوم بودن ضریب رواناب می‌توان عمق رواناب قابل ذخیره ماهانه را برای هرکدام از پوشش‌ها محاسبه نمود که نتایج آن در شکل (۶) نشان داده شده است. با توجه به شکل (۶) بیشترین مقدار رواناب برای هر دو تیمار در ماه‌های فروردین و اردیبهشت صورت می‌گیرد و تیمار پوشش ژئوممبران نسبت به تیمار دیگر رواناب بیشتری را تولید می‌نماید که مقدار آن در ماه‌های فروردین و اردیبهشت بترتیب برابر ۳۰ و ۳۶ میلی‌متر است. کمترین مقدار رواناب مربوط به مرداد ماه می‌باشد که مقدار آن برای تیمار با پوشش ژئوممبران ۲/۱ میلی‌متر است.




شکل ۷- عمق رواناب در ماه‌های مختلف سال برای پوشش‌های مختلف

با توجه به عمق رواناب تجمعی ماهانه، عمق رواناب سالانه برای هر کدام از پوشش‌ها بدست می‌آید که مقدار آن برای سطح ژئوممبران ۱۹۰ میلی‌متر و برای سطح نایلون با محافظ شنی ۱۵۰ میلی‌متر می‌باشد. از آنجائیکه هر میلی‌متر آب در یک مترمربع معادل یک لیتر آب می‌باشد حجم آب استحصالی از سطح ژئوممبران ۱۹۰ لیتر و از سطح نایلون با محافظ شنی ۱۵۰ لیتر در مترمربع در سال خواهد بود. برای مثال اگر مساحت سطح آبگیر ۱۰۰ مترمربع باشد حجم آب استحصالی برای سطح ژئوممبران ۱۹ مترمکعب و برای سطح نایلون با محافظ شنی ۱۵ مترمکعب بدست می‌آید. بنابراین با توجه به حجم آب مورد نیاز می‌توان مساحت سطح آبگیر را برای پوشش‌های مختلف محاسبه نمود. در خصوص پژوهش‌های انجام شده قبلی که ضریب رواناب آنها بر اساس هشت ماهه اول سال بدست آمده و مقادیر بارش آنها متفاوت از پژوهش حاضر می‌باشد از نظر حجم رواناب سالانه نمی‌توان با پژوهش‌های قبلی مورد مقایسه قرار داد.

## نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که ضریب رواناب سطح آبگیر با پوشش ژئوممبران بیشتر از سطح آبگیر پوشش نایلون با محافظ شن می‌باشد درنتیجه حجم رواناب استحصالی از سطح آبگیر با پوشش ورق ژئوممبران بیشتر از سطح آبگیر نایلون با پوشش شنی خواهد بود علت این تفاوت جذب قسمتی از بارش در سطوح دانه‌های شن و تبخیر تدریجی آن است و بارندگی‌هایی که مقدار آن کمتر از ۲/۰۵ میلی‌متر باشد در این نوع پوشش رواناب نخواهد دشت اما در سطح آبگیر با پوشش ژئوممبران بارندگی‌های کمتر از ۰/۴۲ میلی‌متر بدون رواناب خواهد بود و مازاد بر مقدار مذکور تبدیل به رواناب می‌شود. نتیجه دیگر اینکه در هر دو نوع پوشش با افزایش شیب سطوح آبگیر حجم رواناب استحصالی افزایش می‌یابد. بنابراین با توجه به حجم آب مورد نیاز، شیب زمین، هزینه‌ها و امکانات اجرایی موجود می‌توان پوشش مناسب را برای سطح آبگیر انتخاب نمود.

## منابع


- حبیبی‌پور، ا.، دهقان، ح.، (۱۳۹۲) ، "استفاده از سطوح آبگیر باران جهت تأمین نیاز آبی حیات وحش (مطالعه موردی: منطقه حفاظت شده و پارک ملی سیاه کوه)"، دومین همایش ملی سامانه‌های سطوح آبگیر باران، مشهد.
- رضایی، ع. (۱۳۸۴)، بررسی عملکرد سطوح عایق، نیمه عایق و طبیعی در فرآیند بارش-رواناب سامانه‌های سطوح آبگیر، گزارش نهایی طرح پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان.
- قدوسی، ج.، (۱۹۷۶)، "رواناب‌های سطحی و فرسایش خاک در ایران"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آریزونا، آمریکا.
- کدخداپور، م. ع. (۱۳۹۱)، لزوم ایجاد سطح عایق برای جمع آوری آب باران در نواحی نیمه‌خشک، اولین کنفرانس ملی سامانه‌های سطوح آبگیر باران. مشهد.
- مهدی‌زاده، م. و نمکی، س. م. (۱۳۹۲)، بررسی عملکرد سطوح عایق، نیمه عایق و طبیعی در فرایند بارش رواناب، دومین همایش ملی سامانه‌های سطوح آبگیر باران. مشهد.
- نکویی‌مهر، م. (۱۳۹۲)، استحصال آب با استفاده از سطوح عایق در شرایط بحران آب در منطقه زاگرس، کنفرانس ملی مخاطرات محیط‌زیست زاگرس. خرم‌آباد.
- نیک‌نژاد، د.، ناصری، ا.، (۱۳۹۳)، "تعیین ضریب رواناب سطوح مختلف آبگیر به‌منظور استحصال آب باران در مناطق کم‌باران" ، مجله علمی - ترویجی سامانه‌های سطوح آبگیر باران، سال دوم، شماره ۲.
- نیک‌نژاد، د.، روغنی، .، ناصری، ا.، یاراحمدی، ج.، مهرورز، ک.، صادق‌زاده، م.ا.، (۱۳۹۴)، "بررسی عملکرد سامانه‌های مختلف سطوح آبگیر باران در تولید رواناب در منطقه نیمه‌خشک (آذربایجان شرقی)"، نشریه علمی پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز، جلد ۷، شماره ۲.
- Hudson, N. W. (1981). “Soil conservation”. 1nd ed. Batsford,London and CornellUniversity Press, Ithaca
- Laura R, (2004), Water farms: a review of the physical aspects of water harvesting and runoff enhancement in rural landscapes. Technical report 04/6, CSIRO Land and Water, Canberra ACT.
- Li, Xiao Yan, Z. Kui Xie, X. Kui Yan, 2004. Runoff characteristics of artificial catchment materials for rainwater harvesting in the semiarid regions of China. Agricultural Water Management, Vol. 65, p: 211–224.

- Li, J. and G. Zhang, (1997). Different purpose of rainwater Catchments in China and their environmental effects. The 8th international conference on rainwater catchments systems, 25-29 April 1997, Tehran , Iran.
- Nissen-Petersen, E., (2006), “Water from outcrops”: A hand book for engineers and technicians on site investigations, designs, construction and maintenance of rock catchment tanks and dams, Danish International Development Agency (DANIDA).
- Pacey, A. and Cullis, A. (1986). “Rainwater harvesting: the collection of rainfall and runoff in rural areas”. IT Publication, London, UK.
- Richards, K. , (1972). “Rainwater harvesting for domestic purposes”. Rhodesia Agriculture Journal Technical Bulletin No. 65, Salisbury (Zimbabwe/ is water supply Rhodesia).