

ارزیابی عملکرد سطوح پشت بام جهت تامین نیازهای آبی ساکنان شهری (مطالعه موردی : شهرستان بیرجند)

زینت کومه^۱، هادی معماریان^۲، سید محمد تاجبخش^۳

۱- کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS، دانشگاه بیرجند

۲- استادیار، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند

چکیده

با توجه به افزایش جمعیت و توسعه فعالیت ها در کلیه بخش ها نیاز ضروری به آب، حساس تر شده و علیرغم این موضوع هر روز شاهد اعلام هشدارهایی مبنی بر کمبود آب و بحران کم آبی در کشور می باشیم. در این تحقیق با هدف بررسی سیستم استحصال آب باران در شهر بیرجند که به دلیل واقع شدن در اقلیم خشک با بارندگی کم و توزیع نامناسب آن در چند ماه خاص از سال، با مشکل شدید کم آبی روبرو می باشد به بهره برداری از آب باران از سطوح پشت بام و تامین قسمتی از نیاز آبی غیر شرب ساکنان پرداخته شده است. استحصال آب باران یکی از راهکارهای مدیریتی مناسب جهت ذخیره آب باران در محل بارش و بهره برداری از این نعمت پاک الهی است که می تواند قسمتی از نیاز روزانه آب را تامین نموده و در عین استفاده بهینه از آب باران با جلوگیری از ورود آن به سیستم زهکش شهری مانع ایجاد آبگرفتگی های معابر در سطح شهر شود. برای شبیه سازی سیستم استحصال آب باران، ۷ ساختمان به عنوان نمونه آزمایشی، در سطح شهر انتخاب شده با تکمیل پرسشنامه توسط ساکنین اطلاعات مصرفی آنها مورد بررسی قرار گرفت با استفاده از آمار بارندگی ۲۲ ساله ایستگاه سینوپتیک بیرجند، سه سال آبی خشک، نرمال و تر در طی دوره انتخاب و سیستم استحصال آب باران در آن دوره ها شبیه سازی شد. با توجه به نتایج بدست آمده در صورت در نظر گرفتن فاکتورهایی مثل مساحت ساختمان، تعداد افراد مصرف کننده و میزان نیاز غیر شرب می توان به ذخیره سازی حداقل در مخازن اقدام نمود و بطور متوسط تا $63/4$ درصد نیاز روزانه غیر شرب ساختمان های ویلایی و تا ۸۵ درصد نیاز روزانه غیر شرب ساختمان های آپارتمانی را در طی یک سال آبی نرمال تامین نمود که به همین میزان باعث کاهش مصرف آب شهری می شود.

واژه های کلیدی: استحصال آب، سطوح آبگیر باران، بیرجند، پشت بام مناطق مسکونی، مخازن ذخیره آب

Performance Evaluation of Rooftop Catchments for Water Supply of Urban Residents 'Demands (Case Study: Birjand, Iran)

Zinat Komeh^{1*}, Hadi Memarian², Seyed Mohammad Tajbakhsh³

1- Master of Science (RS & GIS), University of Birjand

2, 3- Assistant professor, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Birjand

Abstract

Increasing population with urban sprawl has created a high demand for water supply, while water shortage is going to be a serious issue in Iran. This work is aimed to evaluate the performance of rooftop catchments to secure non-drinkable water supply in Birjand that is located in an arid area in the south east of Iran. Birjand deals with low rainfall in some certain months of year. Therefore, exploiting from rain can meet some non-drinkable water needs. In situ storage and use of rainfall can meet some parts of water needs. It can prevent rain from flowing into drainage system and flooding over streets and pavements, as well. In this study, seven houses were selected and a questionnaire about the amount of non-drinkable water consumption was filled

* Corresponding Author's E-mail(z.komeh@gmail.com)



for each one of them. The rainfall collection system was simulated according to dry, normal and wet years over a 22-years period of rainfall records. Results showed that the factors rooftop area, number of inhabitants and amount of non-drinkable water consumption were mainly contribute to the storage of rainfall. Averagely, up to 63.4 and 85 percent of daily non-drinkable water use in villas and apartments, respectively, could be secured by rooftop catchments in a normal year that result in the same decrease in urban water consumption.

Keywords: Water extraction, rainfall catchment levels, Birjand, residential regions rooftops, water reservoirs.

الف - مقدمه

امروزه یک میلیارد نفر در جهان از دسترسی به منابع پایدار و مقرن بصره آب محروم هستند و با ادامه این روند تا سال ۲۰۲۵ میلادی، دو سوم از جمعیت جهان با این بحران روپرتو خواهند شد (کولنستیرنا^۱ و همکاران، ۱۹۹۷). همانگونه که در جدول شماره (۱) مشاهده می شود بر اساس شاخص فالکن مارک^۲، ایران در آستانه تنیش آب قرار گرفته و همچنین بر اساس شاخص های سازمان ملل و موسسه بین المللی مدیریت آب، ایران هم اکنون در وضعیت بحران شدید آبی قرار دارد (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲). در برخی از نقاط کشور از جمله خراسان جنوبی، بدليل وقوع خشکسالی های متعدد، عدم وجود شبکه آبرسانی، جیره بندی در شبکه، و بالا بودن هزینه انتقال آب از حوزه های آبگیر دیگر، مقوله کمیاب آب شیرین به بحرانی جدی تبدیل شده است (اسمعیلی و همکاران، ۱۳۸۸). بر پایه گزارشات موسسه بین المللی مدیریت آب، کشور ایران تا سال ۲۰۲۵ باید بتواند ۱۱۲ درصد به منابع آب قابل استحصال خود بیفزاید (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲). محققان علوم منابع آب بر این باورند که با توجه به شرایط اقلیمی و مصارف بیش از حد استاندارد در اکثر کلان شهرها، می توان مشکل کم آبی را با جمع آوری آب باران تا حدی کاهش داد (رشیدی مهرآبادی و همکاران، ۱۳۹۱). استفاده از سطوح غیر قابل نفوذ شهری بویژه سیستم سطوح آبگیر پشت بام ساختمان های مسکونی این امکان را فراهم می کند تا با جمع آوری آب باران هنگام بارندگی ها، بخشی از نیاز غیر شرب شهروندان و ساکنان ساختمان های مسکونی تامین شده و هزینه های تامین آب برای شستشوی فضاهای باز، سرویس های بهداشتی، آبیاری باعچه و فضای سبز و دیگر مصارف غیر شرب کاهش یابد (رشیدی مهرآبادی و همکاران، ۱۳۹۱).

¹ Kuylenstierna

² FalconMark

جدول ۱- تحلیل منابع آب ایران با استفاده از شاخص های تعیین بحران آب

نتایج ارزیابی شاخصهای بین المللی			میزان آب مورد استفاده (MM3)	سرانه آب تجدید پذیر (M3)	منابع آب تجدید پذیر (MM3)	٪ پذیر تجدید	٪ پذیر تجدید
موسسه بین المللی مدیریت آب	سازمان ملل	فالکن مارک					
بحران شدید	بحران شدید	آستانه تنفس	۹۰	۱۸۵۰	۱۳۰	۷۰	ایران

بنابراین یکی از راهکارهای مدیریتی برای حل بحران کم آبی کشور می تواند ذخیره رواناب حاصل از بارندگی در سطوح عایق شهری مثل پشت بام منازل در مخازن تعییه شده باشد تا به مصارف غیرشرب خانگی از قبیل شتشوی حیاط، آبیاری باغچه و یا حتی با ایجاد یک سازه مناسب و قرار دادن فیلتری برای تصفیه آب به مصارف بهداشتی منازل برسد. همچنین می توان با تولید سازه ها و مخازن مناسب در سطح شهر از ورود رواناب حاصل از بارندگی به سیستم های زهکش شهری جلوگیری نموده و از آن برای آبیاری فضای سبز استفاده کرد. این فرایند خود مانع بروز آبگرفتگی معابر و سیالاب های شدید در سطوح شهری به علت نفوذ پذیریکم این سطوح، که در چند سال اخیر بارش روند ساخت و سازها شایع تر شده می شود.

در زمینه تحلیل هیدرولوژیک عملکرد سطوح پشت بام در مناطق مسکونی و همچنین محاسبه حجم مخزن بهینه مطالعات مختلفی در ایران و سایر کشورها انجام شده است. بعنوان مثالایمیتایز^۱ و همکاران (۲۰۱۱) تحقیقاتی جهت دستیابی به مدل جامعی برای تحلیل عملکرد و همچنین طراحی مخازن آب باران در شهر ملبورن استرالیا انجام دادند. پلا و همکاران (۲۰۱۱) به مطالعه و بررسی عملکرد بهینه سیستم استحصال آب باران پرداختند و توانستند مدل مناسبی را جهت ارزیابی جریان ورودی، جریان خروجی و تغییرات حجم ذخیره در سیستم استحصال آب باران پدید آورند. اروکسوس و رحمان (۲۰۱۰) تحقیقی پیرامون استحصال آب باران و پتانسیل ذخیره آب در مخازن در ساختمان های چند واحدی استرالیا انجام دادند. جونز و هانت (۲۰۰۹) مدل رایانه ای را برای مدل سازی عملکرد سیستم استحصال آب باران از سطح پشت بام ها در جنوب ایالت متحده ارائه نمودند. و از مهمترین تحقیقات انجام شده در ایران در این زمینه می توان به موارد زیر اشاره کرد:

بشری و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه ای به بررسی بهره برداری آب باران از بام ساختمان آزمایشگاه مرکزی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس بنظور تامین نیازهای غیرشرب پرداختند. آنها ابتدا نیازهای غیر شرب را برآورد کرده و سپس سیستمی را جهت جمع آوری آب باران و بهره برداری از آن ارائه نمودند. در محاسبه رواناب از روش استدلالی و در

^۱ Imteaz

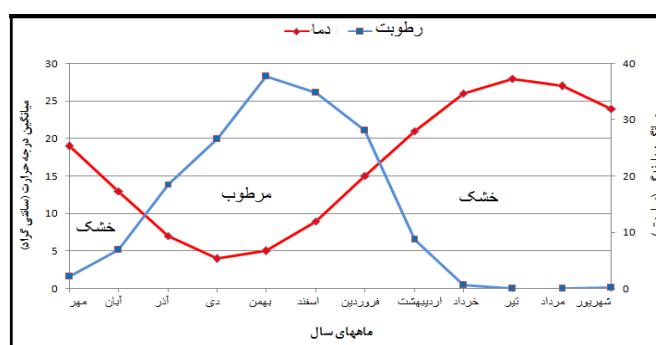
محاسبه سرعت و زمان تمرکز جریان از روش مانینگ و روندیابی موج سینماتیک بهره گرفتند. پارسایی و همکاران (۱۳۹۱) جمع آوری آب باران از پشت بام را بعنوان راه حلی برای کاهش اثر خشکسالی های استان گلستان معرفی نمودند. زهتابیان و همکاران (۱۳۹۱) در تحقیقی به مطالعه روش ذخیره آب باران بوسیله سقف های حلبی و کارایی و صرفه اقتصادی این روش نسبت به سایر روش ها پرداختند. رشیدی مهرآبادی و همکاران (۱۳۹۱) عملکرد سطوح آبگیر در مناطق مسکونی شهر قزوین را جهت تامین نیازهای آبی بررسی کرده و روشهای را جهت مدلسازی مخازن ذخیره ارائه نمودند. آنها در محاسبه ورودی مدل (محاسبه رواناب) از روش ضریب رواناب استفاده کردند.

هر چند مطالعات با ارزشی در زمینه جمع آوری آب از سطوح غیر قابل نفوذ شهری و پشت بام ها در داخل کشور انجام شده است، اما متأسفانه در این زمینه در خراسان جنوبی و بویژه شهر بیرجند مطالعه جامعی صورت نگرفته است. لذا با توجه به اینکه ابعاد و زوایای مختلف این مبحث نیازمند تحقیقات گسترشده تکمیلی و مکان محور می باشد، انجام این مطالعه با هدف شبیه سازی و بررسی عملکرد مخازن ذخیره سازی آب باران در تامین نیاز غیر شرب روزانه ساکنان می تواند به برنامه ریزان و مدیران شهری جهت شناخت پتانسیل این بخش از منابع تولید آب، بویژه در مناطق خشک همانند شهرستان بیرجند که توزیع زمانی بارندگی آن نامناسب و مقدار آن اندک است، کمک شایانی نماید.

ب- مواد و روش ها

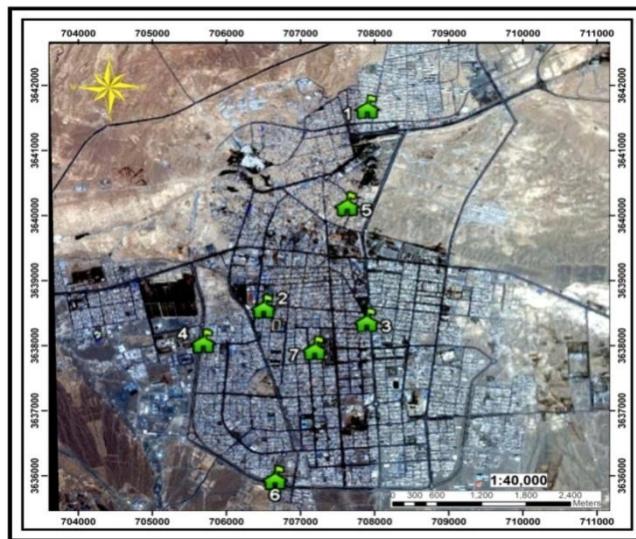
۱- منطقه مورد مطالعه

شهر بیرجند مرکز استان خراسان جنوبی با مساحت ۴۲/۷ کیلومتر مربع در موقعیت جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۲ دقیقه عرض شمالی و ۵۹ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی با ارتفاع ۱۴۹۱ متر از سطح دریادر شرق کشور واقع شده است. آب و هوای بیرجند، نیمه بیابانی بوده و دارای زمستان های سرد و تابستان های خشک و گرم است. براساس آمار بارندگی روزانه شهر بیرجند در طی دوره ۲۲ ساله ایستگاه باران سنگی بیرجند، میزان بارش در این شهر با توجه به آب و هوای آن کم بوده و بیشترین میزان آن، از آذر تا اردیبهشت رخ می دهد (شکل ۱). مجموع بارش سالیانه در شهر بیرجند به طور میانگین برابر با ۱۷۱ میلی متر در سال است.



شکل ۱- نمودار آمبروترمیک شهر بیرجند در دوره آماری ۲۲ ساله

نمونه های مدنظر برای انجام این پژوهش که موقعیت آنها در شکل شماره (۲) و مشخصات آنها در جدول شماره (۲) آورده شده، شامل ۷ ساختمان در شهر بیرجند با تعداد واحدها و مساحت های مختلف پشت بام، تراکم های جمعیتی متفاوت و همچنین پرداخت مناسب در سطح شهر می باشند که پس از تکمیل پرسشنامه، درصد مصرف آب در بخش های مختلف بدست آمده و با بررسی میزان آب مصرفی از روی قبض آب در فصول مختلف، میزان خروجی آب برای مصارف غیر شرب و دیگر محاسبات برای نمونه ها نجات شد.



شکل ۲- موقعیت ساختمان های مورد مطالعه در شهر بیرجند

جدول ۲- مشخصات ساختمان های مورد بررسی در شهر بیرجند

شماره ساختمان	مشخصات جغرافیایی ساختمان	مساحت بام (متر مربع)	تعداد واحد	تعداد ساکنین در ساختمان	نوع ساختمان
۱	۵۹° ۱۳' 21", ۳۲° ۵۳' 31"	۱۵۱	۲	۶ نفر	ویلایی
۲	۵۹° ۱۲' 25.18", ۳۲° ۵۱' 52.48"	۸۰	۲	۷ نفر	ویلایی
۳	۵۹° ۱۳' 17.94", ۳۲° ۵۱' 44.59"	۱۹۰	۱	۲ نفر	ویلایی
۴	۵۹° ۱۱' 53.68", ۳۲° ۵۱' 35.81"	۸۵	۱	۲ نفر	ویلایی
۵	۵۹° ۱۳' 9.36", ۳۲° ۵۲' 42.69"	۷۰	۲	۸ نفر	ویلایی
۶	۵۹° ۱۲' 28.85", ۳۲° ۵۰' 26.58"	۹۰	۱	۵ نفر	آپارتمانی
۷	۵۹° ۱۲' 50.86", ۳۲° ۵۱' 31.12"	۲۲۲.۵	۹	۲۹ نفر	آپارتمانی

۲- روش انجام مطالعه

جهت ایجاد مدل برای شبیه سازی مخازن ذخیره آب باران، ابتدا عوامل و متغیرهای طراحی حجم مخزن شناسایی میگردد. بر اساس معادله زیر حجم استحصال آب باران از سطح پشت بام قابل برآورد خواهد بود (رشیدی مهرآبادی و همکاران، ۱۳۹۱):

$$It = \varphi \times Rt \times A \quad (1)$$



I_t حجم استحصال آب باران (lit)، φ ضریب رواناب، R_t مقدار بارش روزانه (lit) و A سطح استحصال آب (lit) می باشد.

حجم مخزن نیز با استفاده از معادله زیر قابل برآورد خواهد بود (رشیدی مهرآبادی و همکاران، ۱۳۹۱):

$$V_t = I_t + V_{t-1} - Y_t - SP_t \quad (2)$$

حجم ذخیره آب در زمان t (lit)، V_{t-1} حجم ذخیره آب در مخزن در زمان $t-1$ (lit)، Y_t آب خروجی از مخزن جهت تامین نیاز غیر شرب در زمان t (lit) و SP_t حجم سرریز از مخزن در زمان t (lit) می باشد. و حجم آب سرریز از مخزن نیز از رابطه (۳) قابل محاسبه است:

$$SP_t = I_t + V_{t-1} - Y_t - V_{Max} \quad (3)$$

که در این معادله V_{Max} حجم مخزن بر حسب لیتر است.

بنابراین مقدار رواناب قابل استحصال از پشت بام به صورت مستقیم به مقدار بارندگی، مساحت و پوشش سطح پشت بام بستگی دارد. بارندگی متوسط سالانه معیار خوبی برای مقدار آب قابل استحصال نیست و باید آمار دراز مدت، تحلیل فراوانی و سال های خشک و تر در دوره های بازگشت مختلف مشخص شود و طراحی حجم مخزن باید بر اساس متوسط بارندگی سالانه منطقه و برای ذخیره سازی بارانهای با دوره برگشت معین باشد تا بتواند بارانهای با شدت و ارتفاع معین را در خود نگهدارد (فریزیر و مییر^۱، ۱۹۸۳). همچنین مخزن باید بگونه ای طراحی شود که آب مازاد بر ظرفیت به جای سریز شدن به باعچه ها یا کانال های زهکشی وارد شود.

در این تحقیق از آمار بارندگی روزانه طی دوره ۲۲ ساله ایستگاه سینوپتیک بیرجند از مهر سال ۱۳۶۸ تا شهریور سال ۱۳۸۹ استفاده شد و با توجه به میانگین بارندگی در این دوره که $159/7$ میلیمتر بوده است سال های ۷۴-۷۵، ۷۹-۸۰ و ۸۸-۸۹ به ترتیب به عنوان مبنابرای یک سال تر، خشک و نرمال قرار داده شدند و محاسبات سیستم استحصال آب باران برای ۷ نمونه مورد مطالعه و بر اساس روابط قید شده فوق در برنامه Excel انجام پذیرفت. به منظور جلوگیری از صفر قراردادن آب موجود در مخزن در روز اول سالهای آبی مورد مطالعه، یک سال قبل از سالهای فوق هم به عنوان سال شروع کار^۲ مورد بررسی قرار گرفت. فصول خشک و تر منطقه مورد مطالعه با رسم منحنی آمبروترومیک منطقه (شکل ۱) مشخص شد. بدین ترتیب ماه های آذر، دی، بهمن، اسفند و فروردین مرطوب و مابقی خشک محسوب شدند. ضریب رواناب پشت بامها هم بر اساس نوع و جنس پشت بام های منطقه برابر با $85/0$ در نظر گرفته شد (هرمان و هس^۳، ۱۹۹۷). و میزان آب خروجی برای تامین نیاز آبی غیر شرب ساکنان با توجه به اطلاعات بدست آمده از متوسط مصرف آب ساکنان برای شستشوی حیاط، ماشین و آبیاری باعچه از پرسشنامه ها و میزان آب مصرفی آنها در فصول خشک و تر محاسبه شد که

¹ Frasier & Myer

² Warm up

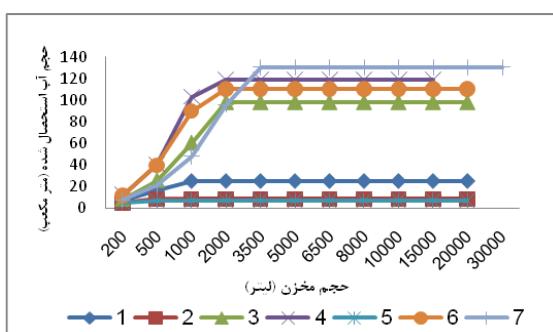
³ Herrmann & Hasse

این ضریب برای ساختمان های ویلایی در فصل خشک ۰/۲ و در فصل تر ۱۴/۰ بوده و برای ساختمان های آپارتمانی که معمولاً فاقد حیاط و باغچه می باشند در دو فصل خشک و تر ۰/۷ در نظر گرفته شده است. در این مطالعه به منظور تعیین یک ظرفیت مناسب برای مخازن با توجه به مساحت و تعداد ساکنان ساختمان، مخازنی با ظرفیت های ۲۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۳۵۰۰، ۵۰۰۰، ۸۰۰۰، ۱۵۰۰۰، ۲۰۰۰۰ و در مورد ساختمان ۹ واحدی ۳۰۰۰۰ لیتر در نظر گرفته شد تا با در نظر گرفتن اینکه بارندگی در این منطقه تنها در چند ماه از سال صورت می گیرد بتوان حداکثر استفاده از آب بارندگی را در طی سال داشت.

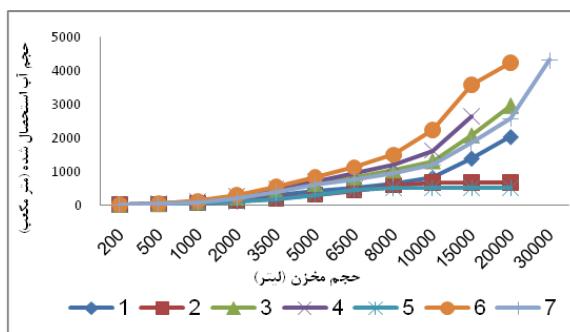
ج- نتایج و بحث

پس از شبیه سازی سیستم استحصال آب باران برای ساختمان هایی با مساحت ها و تعداد ساکنین متفاوت که باعث ایجاد ارقام متفاوتی از مصرف آب می شود، کارایی این سیستم ها از لحاظ میزان ذخیره آب باران و میزان سرریز آن، در مخازن با حجم های متفاوت در سه دوره مورد مطالعه مورد تحلیل قرار گرفت تا بر اساس آن بتوان درصد روزهایی از سال را که می توان از آب استحصال شده به منظور تامین نیازهای غیر شرب استفاده نمود مشخص کرد.

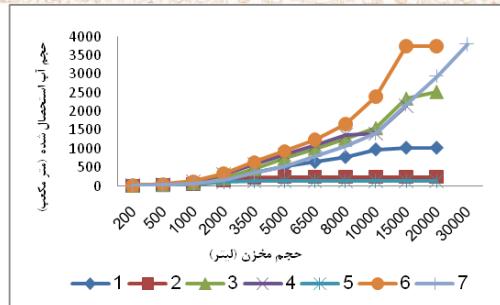
با توجه به نتایج بدست آمده از حجم آب استحصال شده در مخازن با حجم های مختلف و برای ساختمان های متفاوت که در شکل های ۳ تا ۵ نشان داده شده است می توان نتیجه گرفت در سالهای خشک با توجه به بارندگی اندک، میزان استحصال آب کمتر خواهد بود و حتی مخازنی با متوسط حجم ۱۵۰۰ لیتر می توانند حداکثر آب قابل استحصال را تامین کنند ولی در سالهای تر می توان حجم بیشتری از آب را در انواع مخزن استحصال نمود و با توجه نتایج بدست آمده می توان به یک حجم ایده آل مخزن به منظور حداکثر استحصال آب رسید در این حالت ذخیره سازی آب باران در مخازن به حداکثر رسیده و تعداد روزهای بیشتری برای تأمین نیاز غیر شرب ساکنان از طریق جمع آوری آب باران خواهیم داشت (رشیدی مهر آبادی و همکاران، ۱۳۹۱).



شکل ۴- حجم آب استحصال شده در مخزن برای ساختمان های مورد بررسی در سال خشک



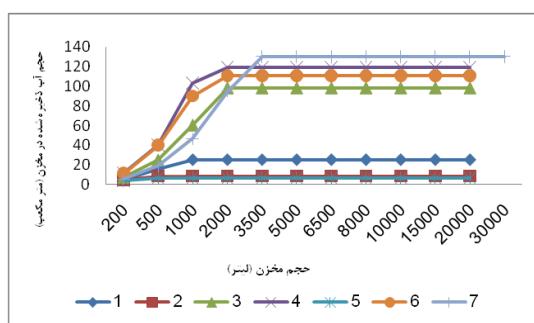
شکل ۳- حجم آب استحصال شده در مخزن برای ساختمان های مورد بررسی در سال تر



شکل ۵- حجم آب استحصال شده در مخزن برای

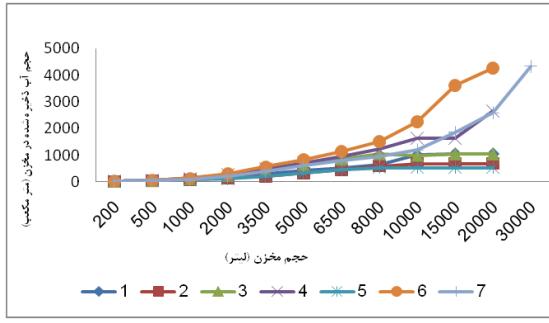
ساختمان های مورد بررسی در سال نرمال

نتایج حاصل از بررسی میزان حجم آب ذخیره شده در مخزن که در شکل های ۶ تا ۸ نشان داده شده است بیان کنندۀ میزان ذخیره سازی آب استحصال شده به منظور تامین نیاز آبی غیر شرب در روزهای بدون بارندگی است. نتایج نشانده‌نده ذخیره آب باران برای سال نرمال در مخازن ۲۰۰۰ لیتر تا ۲۰۰۰۰ لیتر به ترتیب بطور میانگین ۹ تا ۳۷۹۸ متر مکعب، در سال خشک ۷ تا ۱۳۰ متر مکعب و در سال تر ۱۳ تا ۴۳۱۸ متر مکعب می باشد و ذخیره سازی آب باران استحصال شده از سطوح پشت بامهای کوچک، محدود و همچنین در ابعاد بزرگ مخازن، مقدار ذخیره سازی آب باران ثابت است (رشیدی مهرآبادی و همکاران، ۱۳۹۱).



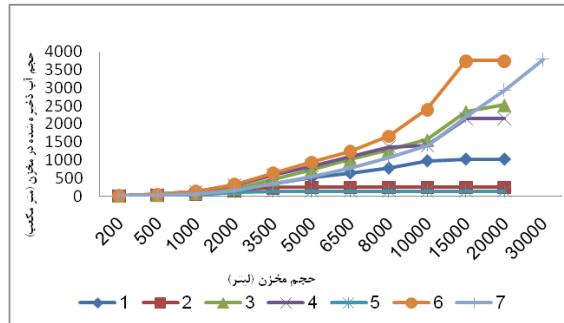
شکل ۶- حجم آب ذخیره شده در مخزن برای

ساختمان های مورد بررسی در سال تر



شکل ۷- حجم آب ذخیره شده در مخزن برای

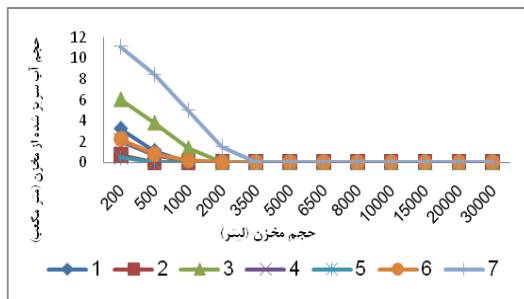
ساختمان های مورد بررسی در سال خشک



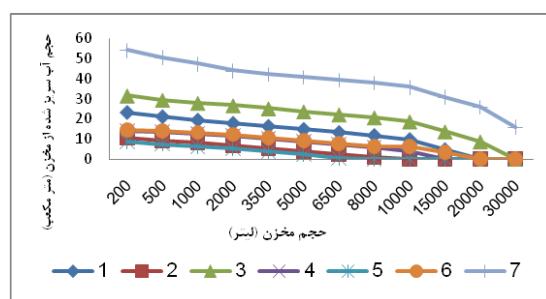
شکل ۸- حجم آب ذخیره شده در مخزن برای

ساختمان های مورد بررسی در سال نرمال

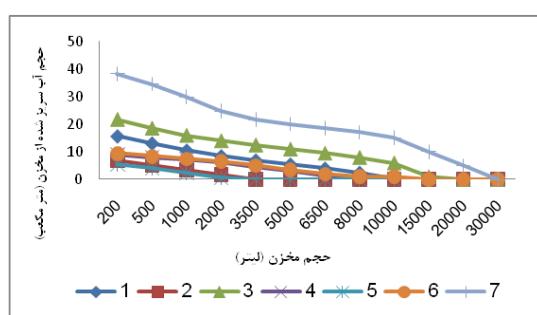
شکل های ۹ تا ۱۱ بیانگر میزان آب سرریز شده از مخازن با توجه به حجم مخزن می باشد که بطور متوسط سالانه، برای مخازن ۲۰۰ تا ۲۰۰۰ لیتر، در سال خشک به ترتیب ۳/۷ تا ۰/۲ متر مکعب سرریز وجود داشته و در مخازن بزرگتر از ۰/۷ لیتر میزان سرریز صفر می باشد. این آمار برای یک سال نرمال در مخازن ۲۰۰ تا ۲۰۰۰۰ لیتر به ترتیب، ۱۵ تا ۰/۷ لیتر و برای یک سال تر ۲۲ تا ۰/۲ متر مکعب می باشد.



شکل ۱۰- حجم آب سرریز شده از مخزن برای ساختمان ساختمان های مورد بررسی در سال خشک



شکل ۹- حجم آب سرریز شده از مخزن برای ساختمان های مورد بررسی در سال تر



شکل ۱۱- حجم آب سرریز شده از مخزن برای ساختمان های مورد بررسی در سال نرمال

جدول های ۳ تا ۵ نیز بیانگر درصد کل روزهایی از سال می باشد که به منظور تامین نیازهای آبی غیرشرب ذکر شده، تنها از آب باران استحصال شده می توان استفاده کرد. این میزان در سال خشک در مخازن ۲۰۰ تا ۲۰۰۰ لیتری به طور میانگین ۱۶ تا ۳۲/۲ درصد و در مخازن ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ لیتری برابر ۳۲/۶ درصد می باشد. که این میزان در مخازن ۰/۲۰۰۰۰ تا ۰/۲۰۰۰ برای سال نرمال به ترتیب ۰/۸ تا ۶/۶ درصد و برای سال تر ۰/۳ تا ۰/۸ درصد می باشد.

سومین بیانیه ملی سالانه های سحاب آکمی میلان
3rd International Conference on Rainwater Catchment Systems

۱۳۹۳ بهمن ماه ۲۹ و ۳۰ ۲۹ Birjand, Iran



جدول ۳- درصد روزهای تامین کل نیاز آبی غیر شرب ساکنان در سال خشک

ساختمان های مورد مطالعه							حجم مخزن (لیتر)
7	6	5	4	3	2	1	
10.4	26.8	12.3	27.7	14.8	12.3	10.7	200
15.9	43.6	14.0	44.9	23.8	14.8	17.8	500
23.6	51.0	14.0	50.7	34.0	14.8	21.4	1000
31.2	52.6	14.0	51.2	40.3	14.8	21.4	2000
34.2	52.6	14.0	51.2	40.3	14.8	21.4	3500
34.2	52.6	14.0	51.2	40.3	14.8	21.4	5000
34.2	52.6	14.0	51.2	40.3	14.8	21.4	6500
34.2	52.6	14.0	51.2	40.3	14.8	21.4	8000
34.2	52.6	14.0	51.2	40.3	14.8	21.4	10000
34.2	52.6	14.0	51.2	40.3	14.8	21.4	15000
34.2	52.6	14.0	51.2	40.3	14.8	21.4	20000
34.2	-	-	-	-	-	-	30000

جدول ۴- درصد روزهای تامین کل نیاز آبی غیر شرب ساکنان در سال نرمال

ساختمان های مورد مطالعه							حجم مخزن (لیتر)
7	6	5	4	3	2	1	
12.6	34.8	15.9	34.8	17.8	15.6	14.0	200
19.7	48.5	21.9	45.8	30.7	22.7	22.7	500
29.3	56.4	29.3	52.3	41.9	31.0	31.5	1000
41.1	63.0	37.8	58.9	49.3	38.9	38.4	2000
47.4	71.0	40.5	64.7	54.2	44.1	42.5	3500
50.4	79.2	40.5	70.7	58.4	44.7	45.5	5000
53.2	89.3	40.5	76.4	61.1	44.7	48.2	6500
55.9	100	40.5	82.2	63.6	44.7	50.7	8000
58.9	100	40.5	95.3	66.8	44.7	54.2	10000
64.7	100	40.5	100	75.1	44.7	55.1	15000
70.1	100	40.5	100	76.7	44.7	55.1	20000
77.3	-	-	-	-	-	-	30000

جدول ۵- درصد روزهای تامین کل نیاز آبی غیر شرب ساکنان در سال تر

ساختمان های مورد مطالعه							حجم مخزن (لیتر)
7	6	5	4	3	2	1	
20.5	41.1	20.8	37.8	26.3	20.5	20.3	200
28.2	47.4	26.8	43.6	35.9	27.7	27.9	500
35.9	52.9	32.3	47.4	41.9	32.6	33.7	1000
43.0	60.8	36.4	53.7	45.5	37.0	38.9	2000
45.8	69.0	41.4	60.8	49.6	41.1	41.9	3500
48.5	77.3	46.3	66.8	54.5	45.8	44.7	5000
51.2	84.9	51.0	6.8	57.8	50.1	47.7	6500
54.0	100	52.6	78.6	60.3	54.0	50.7	8000
57.3	100	52.6	64.4	63.6	55.9	54.5	10000
63.3	100	52.6	100	71.8	55.9	62.7	15000
68.8	100	52.6	100	80.0	55.9	70.7	20000
80.3	-	-	-	-	-	-	30000

با توجه به سوابق موجود استحصال آب باران در مناطق خشک مثل صحاری فلسطین اشغالی با متوسط بارندگی ۹۰

میلیمتر (طباطبایی یزدی و همکاران، ۱۳۸۵) و استفاده از این سیستم به عنوان دستورالعملی برای تامین آب اضطراری



مناطق خشک کشور استرالیا (استانتون^۱، ۲۰۰۵)، نتایج شبیه سازی سیستم استحصال آب باران در این مطالعه هم نشان دهنده موثر بودن این سیستم در شهر بیرجند که دارای آب و هوای خشک با بارندگی کم و توزیع نامناسب می باشد بوده و باعث تامین بخش زیادی از آب مصرفی غیر شرب به وسیله ذخیره سازی آب باران در مخازن مناسب و استفاده از آن در فصول خشک که فاقد بارندگی مناسب است شده که خود باعث کاهش فشار مصرف آب شیرین شهری و هزینه آب مصرفی میگردد (سعدالدین و همکاران، ۱۳۹۱). به طوری که برای ساختمان های شماره ۴ و ۶ که دارای مساحت بام ۸۵ و ۹۰ مترمربع و کاربری به ترتیب ویلایی و آپارتمانی می باشند، استفاده از مخزن ۱۵۰۰۰ و ۸۰۰۰ لیتر کل نیاز آب غیر شرب ساکنین را در طی یک سال نرمال و یک سال تر تامین نموده است و برای ساختمان شماره ۷ که یک آپارتمان ۹ واحدی است با قرار دادن مخازن ۲۰۰۰۰ و ۳۰۰۰۰ لیتری در یک سال نرمال به ترتیب ۷۰ و ۷۷ درصد کل نیاز غیر شرب ساکنین تامین می شود. همچنین با توجه به میزان سرریز آب در این مخازن می توان سیستمی تعییه نمود که بتوان آب داخل مخزن را پمپاژ کند و به مصارف غیر شرب دیگری در داخل ساختمان از قبیل نیاز آب مصرفی در سیفون سرویس های بهداشتی رسانده و یا حتی با قرار دادن فیلتری برای تصفیه این آب با کیفیت، آن را به مصارف دیگر داخل ساختمان مثل حمام رساند. البته در این زمینه مطالعات بیشتری بخصوص در تحلیل اقتصادی سیستم جمع آوری و ذخیره باستی صورت گیرد که هدف آتی نویسندها این مقاله است.

بنابراین با توجه به نیاز آبی شدید کشورمان که در حال وارد شدن به بحران کم آبی می باشد و زمزمه هایی از تعطیل کردن بخش هایی از کشاورزی به منظور تامین نیاز آبی ساکنین به گوش میرسد، انجام مطالعات بیشتر در زمینه بهره برداری از آب باران استحصال شده از سطوح پشت بام منازل و جاده ها بعنوان روش های جایگزین تامین نیاز آبی، می تواند به مدیریت و بهره وری موثرتر هرزآب های شهری کمک نماید.

د- فهرست منابع

- اسماعیلی، م، شیخ، و، شریف زاده، ا. ۱۳۸۸. تبیین ساز و کارهای بهینه سازی سازه های بومی جمع آوری آب های سطحی (مطالعه موردی: استان بوشهر). چهارمین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، کرمان.
- احسانی، م، خالدی، ه. ۱۳۸۲. شناخت و ارتقای بهره وری آب کشاورزی به منظور تامین امنیت آبی و غذایی کشور. یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران.
- بشری، م، کاووسی، م، دلفارדי، ص. ۱۳۹۱. استحصال آب باران بمنظور تامین نیاز غیر شرب. اولین همایش ملی سامانه های سطوح آبگیر باران، مشهد.
- پارسایی، ل، صلبی، م، مفیدی خواجه، ا. ۱۳۹۱. جمع آوری آب باران از پشت بام راه حلی برای کاهش انحراف خشکسالی های استان گلستان. اولین همایش ملی سامانه های سطوح آبگیر، مشهد.
- رشیدی مهرآبادی، م، ثقفیان، ب، شمسایی، ا. ۱۳۹۱. ارزیابی عملکرد سطوح آبگیر باران در مناطق مسکونی برای تامین نیازهای آبی (مطالعه موردی: شهر قزوین). اولین همایش ملی سامانه های سطوح آبگیر باران، مشهد.

^۱Stanton



زنگنه، غ.، مسعودی، ر.، خسروی، ح. ۱۳۹۱. بررسی روش جمع آوری آب باران از سقف خانه ها (DRWH). اولین همایش سامانه های سطوح آبگیر باران، مشهد.

سعدالدین، ا.، بای، م.، نعیمی، ا.، بیرونیان، ن.، کریمی، د.، جندقی، ۱۳۹۱. ارزیابی کمیت و کیفیت آب باران قبل جمع آوری از سطوح بام ساختمان ها (مطالعه موردی: پردیس های دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان). اولین همایش سامانه های سطوح آبگیر باران، مشهد

طباطبایی یزدی، ج.، قدسی، م.، حقایقی، س.ا.، رهنورد، م.، روشنی برای مدیریت بر بارندگی در مناطق خشک. دومین کنفرانس مدیریت منابع آب. اصفهان.

Eroksuz, E., and Rahman, A., 2010. Rainwater tanks in multi-unit buildings: A case study for three Australian cities. *Journal of Resources, Conservation and Recycling*, 54, 1449–1452

Frasier, G.W. and Myer, L.E., 1983. *Handbook of Water Harvesting*. Agricultural Handbook No: 600. US Department of Agriculture, A. R. S., USA.

Herrmann T. and Hasse K., 1997. Ways to get water: rainwater utilization or long-distance water supply, *WaterScience Technology* 36 (8-9), Pergamon, New York, p. 313-318

Imteaz, M. A., Ahsan, A., Naser J. and Rahman, A., 2011. Reliability analysis of rainwater tanks in Melbourne using daily water balance model. *Journal of Resources, Conservation and Recycling*, 56, 80-86

Jones, M. P. and Hunt, W. F., 2009. Performance of rainwater harvesting systems in the southeastern United States. *Journal of Resources, Conservation and Recycling*, 54: 629-623

Kuylenstierna, J. L., Bjorklund, G. and Najlis, P., 1997. Sustainable water future with global implications: everyone's responsibility. *Natural Resources Forum*. 21(3): 181-190

Palla, A., Gnecco, I. and Lanza, L. G., 2011. Non-dimensional design parameters and performance assessment of rainwater harvesting systems. *Journal of Hydrology*, 401: 76-65

Stanton, D., 2005. Roaded catchments to improve reliability of farm dams. Government of Western Australia, Department of Agriculture., Bulletin 4660.