ششمین همایش ملی سامانه های سطوح آبگیر باران
بهمن 1396 دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر

روش ترکیبی استحصال آب باران و پساب بی ضرر خانگی جهت تامین بخشی از آب مورد نیاز شهری (مطالعه موردی: مشهد)

محمد تقی دستورانی[1,*]

* نویسنده مسئول: dastorani@um.ac.ir

چکیده

امروزه تامین آب مورد نیاز خصوصا برای شهرهای بزرگ و پر جمعیت واقع در مناطق خشک و نیمه خشک به یک چالش بزرگ مدیریتی در این مناطق تبدیل شده است. در چنین شرایطی افزایش بهره وری آب در اینگونه شهرها و نیز فراهم کردن منابع جدید تامین آب میتواند راهکارهایی جهت کمک به حل این معضل باشد. در این خصوص استحصال آب باران از سطوح عایق خانگی همچون پشت بامها و نیز استفاده از پسابهای بی ضرر خانگی و بازچرخانی پسابها و فاضلابهای تولیدی و استفاده مجدد از آنها جهت نیازهای غیرشرب خانگی میتواند تاثیر قابل توجهی در کاهش تقاضا در مناطق شهری داشته باشد. در تحقیق حاضر روش ترکیبی استحصال آب باران و پساب بی ضرر خانگی جهت تامین بخشی از آب مورد نیاز خانوار در شرایط مشهد مورد بررسی قرار گرفته است. پس از نصب تجهیزات و راه اندازی سیستم در یک منزل مسکونی ورودیها و خروجیهای سیستم در یک دوره مناسب زمانی مورد اندازه گیری قرار گرفت. پس از تجزیه و تحلیل داده های بدست آمده مشخص شد که ضریب رواناب حدود 75 درصد برای پشت بام میتواند مد نظر قرار گیرد و حدود 40 تا 50 درصد آب مورد نیاز خانوار قابل تامین از طریق این سیستم می باشد. این روش ترکیبی با داشتن پساب بی ضرر مشکل عدم وجود رواناب حاصل از بارندگی در تابستان در این مناطق را برطرف نموده و یک جریان همیشگی آب قابل استحصال در سیستم فراهم می کند. البته جهت توسعه و تشویق شهروندان در بکارگیری این روش یک سری اقدامات فرهنگی، تشویقی و قانونگذاری مورد نیاز می باشد.

واژه‌های کلیدی

آب باران، استحصال آب، مناطق مسکونی، پساب، مشهد، آب شهری

1- استاد دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد

1- مقدمه

مسئله کمبود آب به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک ایران روز به روز جدی تر میشود. این مسئله به ویژه در رابطه با تامین آب شرب که بایستی کیفیت قابل قبولی داشته باشد و خصوصا برای شهرهای بزرگ و پر جمعیت به یک چالش بزرگ مدیریتی در این مناطق تبدیل شده است. در چنین شرایطی افزایش بهره وری آب در اینگونه شهرها و نیز فراهم کردن منابع جدید تامین آب میتواند راهکارهایی جهت کمک به حل این معضل باشد. در این خصوص استحصال آب باران از سطوح عایق خانگی همچون پشت بامها و نیز استفاده از پسابهای بی ضرر خانگی و بازچرخانی پسابها و فاضلابهای تولیدی و استفاده مجدد از آنها جهت نیازهای غیرشرب خانگی میتواند تاثیر قابل توجهی در کاهش تقاضا در مناطق شهری داشته باشد. هر چند در خصوص روشهای ترکیبی استحصال آب باران و پساب خصوصا برای مناطق خشک که دارای دوره طولانی بدون بارش است فعالیتهای زیادی صورت نگرفته ولی بررسی های متعددی در خصوص ارزیابی استحصال آب باران از سطوح کم نفوذپذیر و نفوذناپذیر در مناطق مختلف دنیا صورت گرفته که برخی از آنها به شرح زیر می باشد:

بویرز و بن‌آشر(1982) مطالعات مختلف انجام شده در سال‌های 1970 تا 1980 در خصوص استحصال آب باران را مورد بررسی قرار داده‌اند. بر اساس این بررسی در زمین-های طبیعی که سطوح آن‌ها صاف شده باشد، ضریب رواناب بین 25 تا 35 درصد، سطوح پوشیده با پارافین 48 تا 90 درصد و میانگین 85 درصد و سطوح آسفالت از 25 تا بیش از 90 درصد و میانگین 85 تا 95 درصد خواهد بود. مارتینز و همکاران (1998) در مناطق نیمه خشک مدیترانه‌ای اسپانیا نحوه‌ی تولید و عوامل موثر بر رواناب را در حوضه‌های کوچک، از دو گروه خاک با عکس العمل-های هیدرولوژیکی متفاوت بررسی کرده‌اند. رامیر و همکاران (2004) نیز بر روی میزان نفوذ محیط متخلخل و آسفالت و همچنین ضریب رواناب با استفاده از لایسیمتر کار کرده‌اند. نتیجه این تحقیق برای محیط متخلخل نشان دهنده آن است که 16 درصد بارندگی تبدیل به رواناب شده، 58 درصد نفوذ کرده و 26 درصد تبخیر شده است درحالیکه برای آسفالت 74 درصد بارندگی تبدیل به رواناب، 2 درصد نفوذ و 25 درصد تبخیر شده است. دریلین و همکاران (2006) ضریب رواناب را برای دو نوع پارکینگ پوشیده شده با آسفالت و پوشیده شده از مصالح متخلخل مورد بررسی قرار داده‌اند. در این بررسی 9 واقعه بارندگی مورد بررسی قرار گرفته که ضریب رواناب برای محیط متخلخل از 0 تا 26 درصد متغیر بوده است. در حالی‌که ضریب رواناب برای آسفالت از 35 تا 93 درصد تغییر کرده است. اسکاد و همکاران(2009) روندیابی جریان ناشی از بارندگی را در یک حوزه‌ی شهری در ویریجینای غربی در آمریکا انجام داده‌اند. برآورد رواناب بر اساس روش SCS انجام شده است. برای استحصال آب و ذخیره رواناب نیز برکه‌هایی طراحی شده که در این تحقیق تاثیر آن‌ها در کاهش پیک سیلاب شهری مورد بررسی قرار گرفته است. روستاد و مونتالتو (2012) پژوهشی را در مورد جمع‌آوری آب باران با استفاده از رواناب پشت‌بام‌های شهری برای فلش تانک‌های توالت مناطق مسکونی انجام دادند. این پژوهش با استفاده از آمار بارندگی منطقه، مساحت کل بام‌ها، جمعیت و میزان تقاضا برای چهار شهر آمریکا انجام شد. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل‌های آماری نشان داد که این روش می‌تواند 50 تا 94 درصد در کاهش میزان مصرف آب شرب کمک کند که خود بستگی به الگوی بارش در منطقه، مساحت سقف و میزان تقاضا دارد. ایمیتز و همکاران(2012) پتانسیل استحصال آب را بر اساس یک مدل بیلان روزانه برای جنوب غربی

نیجریه مورد مطالعه قرار داده‌اند. حجم رواناب بر اساس بارندگی روزانه و سطوح نفوذ ناپذیر و ضریب رواناب که در اینجا 85 درصد فرض شده، برآورد گردیده است. سعدالدین و همکاران (1387) به ارزیابی کمیت و کیفیت آب باران قابل جمع‌آوری از سطوح بام ساختمان‌ها در پردیس‌های دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان پرداختند. تجزیه و تحلیل بیلان آب در پردیس‌های دانشگاه نشان داد که جمع‌آوری و استفاده از آب باران به طور قابل ملاحظه‌ای حتی در ماه‌های خشک سال می‌تواند از فشار مصرف منبع آب شیرین شهری بکاهد. نتایج بررسی پارامترهای کیفیت شیمیایی و میکروبی لزوم توجه دقیق‌تر به آلودگی‌های احتمالی آب در صورت استفاده شرب را نشان می‌دهد. عباسی و همکاران(1390) به بررسی تاثیر پارامتر آستانه شروع رواناب بر روی سطوح آبگیر شهری در شهر مشهد پرداختند. نتایج این بررسی نشان داد که آستانه بارش برای شروع رواناب 2/2 میلی متر با شدت بیشتر از 8 میلی متر بر ساعت می باشد. عباسی و همکاران (1392) به بررسی پتانسیل استحصال آب باران در حوزه‌های آبخیز شهری پرداختند. در این پژوهش که در شهر مشهد انجام شد، سطح موردنظر برای جمع‌آوری و ذخیره‌سازی آب باران، محوطه پارکینگ و آسفالت خیابان‌های محدوده‌ی مورد مطالعه در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که ضریب رواناب در وقایع منجر به بارندگی به طور متوسط برای فصل بهار0/52، برای فصل پاییز 0/59 و برای فصل زمستان0/60 می‌باشد. عابدزاده و همکاران (1393) پژوهشی را تحت عنوان مقایسه تامین آب مورد نیاز فضای سبز خانگی با آب استحصالی باران در اقلیم‌های مختلف انجام دادند. در این تحقیق دو منطقه در دو اقلیم متفاوت برای مطالعه کارایی روش ذخیره آب بارش به وسیله سقف-های حلبی انتخاب شدند. نتایج نشان داد مقدار آب استحصال شده از پشت بام نمی‌تواند به طور کامل نیاز آبی گیاه را در قطعه زمین جنب خانه تامین کند و استفاده از این روش در شهر ساحلی رامسر نتیجه بهتری را می‌دهد و در بیرجند با توجه به کمبود بارش مقرون به صرفه نیست. عطارزاده حسینی و همکاران (1393) به بررسی تاثیر ضریب رواناب بر استحصال آب باران از سطوح پشت‌بام پرداختند. این مطالعه در حوزه مسکن مهر تربت جام صورت گرفت و سطح پشت‌بام ها با عایق ایزوگام پوشانده شد. مقدار ضریب رواناب در عایق‌های پشت‌بام 0/9 برآورد شد. با استفاده از بارش کل منطقه و محاسبه سطوح پشت‌بام ها نتایج نشان داد که مقدار آب استحصال شده برای کل شهر775303 متر مکعب است. پهلوانی و همکاران (1395) پتانسیل استحصال آب باران از پشت بام را در دو شرایط اقلیمی مختلف (مشهد و نور مازندران) مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج این تحقیق ضریب رواناب در وقایع بارندگی منجر به رواناب به طور متوسط برای فصل پاییز در مشهد 0/66 و نور 0/75، برای فصل زمستان در مشهد 0/69 و نور 0/76 و برای فصل بهار در مشهد 0/62 و نور 0/69 می‌باشد. احتمال آستانه ظهور رواناب در شهر نور 0/3 میلی‌متر و در شهر مشهد 0/7 میلی‌متر اندازه گیری شد و بیشترین مقدار متوسط رواناب تولید شده در شهر مشهد مربوط به فصل بهار و در شهر نور مربوط به فصل پاییز بود.

در استحصال آب باران از سطوح عایق پشت بامها در مناطق خشک و نیمه خشک مشکل اصلی علاوه بر میزان کم بارندگی، توزیع نامناسب آن در طول سال و نبود بارش در دوره نسبتا طولانی سال بخصوص در فصل تابستان است که از قضا در این فصل نیاز به آب هم بیشتر است. بر این اساس در تحقیق حاضر سعی گردیده تا این مشکل با یک روش ترکیبی استحصال آب باران و پساب بی ضرر خانگی حل

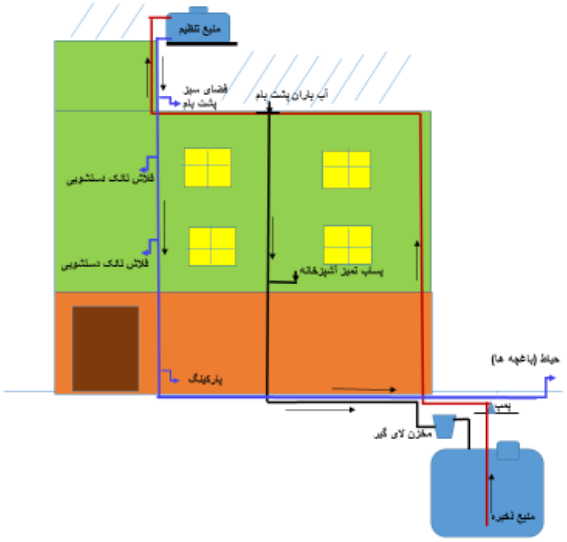
گردد. لذا اهداف تحقیق حاضر را میتوان به شرح زیر خلاصه نمود:

- ارزیابی دقیق کمیت آب قابل استحصال در طول سال و به تفکیک فصل و ماه.
- ارزیابی کیفیت آب قابل استحصال تکیک ماه و فصل و سال.
- تعیین سهم هریک از دو منبع استحصال آب (آب باران پشت بام و پساب بی ضرر) به تکیک ماه و فصل و سال.
- تعیین سهم آب استحصال شده با این مدل در کل آب مصرفی خانوار به تفکیک ماه و فصل و سال.
- ارزیابی اقتصادی پروژه استحصال آب به روش اجرا شده در این پروژه.

2- مواد و روش ها

محل تحقیق و نصب تجهیزات:

محل تحقیق یک با واحد مسکونی واقع در بولوار وکیل آباد مشهد است که دارای اقلیم سرد و خشک با بارش متوسط سالانه حدود 248 میلی متر و دمای متوسط سالانه حدود 12 درجه سانتی گراد می باشد. تجهیزات مورد نیاز از جمله سیستم جمع آوری، انتقال، ذخیره، پمپاژ و استفاده در ساختمان مورد نظر نصب شد که شکل 1 نوع و موقعیت این تجهیزات را به صورت شماتیک نشان میدهد. تجهیزات نصب شده شامل سیستم لوله کشی انتقال، منبع ذخیره 5000 لیتری، منبع تنظیم 500 لیتری، مخزن لای گیر 100 لیتری، کنتور اندازه گیری، پمپ و شیرآلات مربوطه می باشد. میزان بارندگی نیز به وسیله یک باران سنج ساده در پشت بام در طول دوره مورد نظر اندازه گردید.



شکل 1. شکل شماتیک ساختمان محل تحقیق و تجهیزات نصب شده در آن جهت استحصال آب باران و پساب تمیز.

ورودیهای سیستم:

- آب باران از پشت بام به مساحت حدود 160 متر مربع با پوشش سطحی موزائیک.
- پساب بی ضرر حاصل از سینک دوم آشپزخانه (این سینک غیر از سینک اصلی بوده و در آن فقط شستشوهای بدون نیاز به مواد شوینده همچون میوه، سبزی و ... انجام میشود).

خروجیهای سیستم:

- خروجی پشت بام جهت فضای سبز پشت بام.
- خروجی پشت بام جهت آب مورد نیاز کولرها.
- خروجی مربوط به تامین آب فلاش تانک دستشویی ها (دو عدد دستشویی).

- خروجی پارکینگ (جهت شستشوی پارکینگ و راه پله)
- خروجی حیاط (جهت آبیاری فضای سبز و باغچه و شستشوی حیاط).

3- نتایج و بحث

پس از نصب تجهیزات و راه اندازی سیستم، ورودیها و خروجیهای سیستم در یک دوره مناسب زمانی مورد اندازه گیری قرار گرفت. پس از تجزیه و تحلیل داده های بدست آمده مشخص شد که ضریب رواناب حدود 75 درصد برای پشت بام میتواند مد نظر قرار گیرد. از طریق این سیستم حجم آب استحصال شده در طول سال آبی 96-1395 حدود 40 متر مکعب بوده که 28 متر مکعب از طریق باران پشت بام و 12 متر مکعب از طریق سینک دوم آشپزخانه تامین گردیده است. این حجم حدود 40 تا 50 درصد آب مورد نیاز خانوار چهار نفری ساکن در این منزل مسکونی را فراهم می نماید. البته این تحقیق هنوز پایان نیافته و موضوع بررسی اقتصادی طرح در حال انجام است. هر چند این روش میتواند بطور موثری نیاز به آب در مناطق شهری را کاهش دهد ولی اختصاص یارانه قابل توجه به آب و در نتیجه غیر واقعی بودن آب شهری در کشور انگیزه چندانی برای اجرای این سیستم در مردم ایجاد نمی کند. همانگونه که ذکر شد بررسی های اولیه نشان میدهد که جمع آوری آب به روش ترکیبی (آب باران و پساب تمیز خانگی) در یک منطقه نیمه خشک مثل مشهد حداقل 40 تا 50 درصد آب مورد نیاز یک خانوار متوسط را فراهم می کند. این روش ترکیبی با داشتن پساب بی ضرر مشکل عدم وجود رواناب حاصل از بارندگی در تابستان در این مناطق را برطرف نموده و یک جریان همیشگی آب قابل استحصال در سیستم فراهم می کند. البته جهت توسعه و تشویق شهروندان در بکارگیری این روش یک سری اقدامات فرهنگی، تشویقی و قانونگذاری مورد نیاز می باشد. در این خصوص به نظر میرسد موارد زیر ضروری است:

- در خصوص توسعه استحصال آب باران در مناطق مسکونی هم به وضع قوانین و سیاستهای مناسب نیاز می باشد و هم به برنامه ای منسجم در خصوص آگاهی بخشی مردم در رابطه با مزایای بیشمار آن.
- ایجاد کمیته ای از نمایندگان وزارت نیرو (آب منطقه ای)، محیط زیست، وزارت بهداشت، شهرداریها، جهاد کشاورزی به همراه نمایندگان و معتمدین محلی جهت سیاستگذاری در این خصوص ضروری به نظر میرسد.
- در رابطعه با این سیستمها، لازم است علاوه بر بررسی میزان نیاز به استحصال آب باران در هر منطقه، برطرف کردن موانع، توسعه تجهیزات لازم، توسعه طرحهای نوآورانه، واقعی کردن نرخ آب و ایجاد مشوقهای لازم مد نظر قرار گیرد.
- پشتوانه حقوقی جهت استحصال آب باران با همکاری سازمانهای مرتبط از جمله وزارت نیرو (شرکتهای سهامی آب منطقه ای)، شهرداریها، سازمان حفاظت محیط زیست، وزارت جهادکشاورزی و وزارت بهداشت تدوین و تنظیم گردد.
- آموزش و ترویج مقوله استحصال آب باران در بافت جامعه، در رسانه ها، در کتب درسی، در قالب کارگاههای آموزشی و نیز توسط گروههای داوطلب جهت ترویج موضوع در جامعه ضروری است.
- تخفیف در پرداخت قبوض آب با توجه به میزان استفاده از آب باران و پساب خانگی، ارائه

تجهیزات یارانه ای جهت استحصال آب باران، تخفیف در صدور پروانه های ساختمانی در حالتی که مکانیزم استحصال آب باران در نقشه و طرح در نظر گرفته شده باشد میتواند از جمله مشوقها در این زمینه باشد.

- بررسی دقیق علمی در بخشهای مختلف کشور در خصوص میزان آب قابل استحصال در مناطق مسکونی (با توجه به اقلیم مناطق مختلف) و محاسبه درصد آب مورد نیاز مناطق مسکونی که میتوان از آب باران تامین نمود. بدیهی است مقدار آبی که میتوان از این طریق جمع آوری کرد به چهار عامل میزان بارندگی، وسعت پشت بام که آب از آن جمع آوری میشود، نوع عایق پشت بام و زاویه برخورد قطرات باران با سطح پشت بام بستگی دارد. لازم به ذکر است که یک اینچ بارندگی روی یک پشت بام به وسعت حدود 120 متر مربع تولید حدود 2400 لیتر آب می نماید.

مراجع:

1 – پهلوانی، پ.، دستورانی، م. ت، طباطبایی یزدی، ج. و وفاخواه، م. (1395). بررسی و مقایسه‌ی پتانسیل استحصال آب باران از سطوح عایق پشت بام‌ها در شرایط اقلیمی مختلف (مطالعه موردی: شهرهای مشهد و نور)، مجله سامانه های سطوح آبگیر باران، سال چهارم شکاره 3: 1-10.

2- دستورانی، م. ت. (1389). بررسی روش های جدید و پایدار برای تامین آب برای توسعه فضای سبز، سومین همایش ملی سبز و منظر شهری، جزیره کیش، اسفند 1389، صفحات 271-260.

3- رشیدی مهرآبادی، م.ح.، (1391). استحصال آب باران در مناطق مسکونی. انتشارات جهاد دانشگاهی. 188صفحه.

4- سعدالدین، ا.، م. بای، ا. نعیمی، ن. بیرودیان، د. کریمی و ن. جندقی (1387). ارزیابی کمیت و کیفیت آب باران قابل جمع آوری از سطوح بام ساختمان ها در پردیس های دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. گزارش طرح پژوهشی انجام شده در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

5- عباسی، ع. ا.، ج. طباطبایی یزدی و ر. غفوریان(1390). بررسی رابطه بارش و آستانه ایجاد رواناب در سطوح آبگیر شهری، مجموعه مقالات هفتمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه صنعتی اصفهان، 7 تا 8 اردیبهشت، اصفهان.

6- عباسی، ع. ا.، ج. طباطبایی یزدی و ح. توکلی (1392). بررسی پتانسیل استحصال آب باران در حوزه‌های آبخیز شهری (مطالعه موردی: شهر مشهد)، فصلنامه علمی ترویجی سامانه‌های سطوح آبگیر باران، سال دوم، شماره 2، صفحات 17-24

7- عطارزاده حسینی، و.، م. ر. خالقی و ج. طباطبایی یزدی (1393). بررسی تاثیر ضریب رواناب بر استحصال آب باران از سطوح پشت بام در حوزه مسکن مهر تربت جام، سومین همایش بین المللی سامانه‌های سطوح آبگیر باران. دانشگاه بیرجند. بهمن ماه .93

8- عابدزاده، س.، ع. خاشعی سیوکی و ا. آب‌پرور (1393). مقایسه تامین آب مورد نیاز فضای سبز خانگی با آب استحصالی باران در اقلیم های مختلف، سومین همایش بین المللی سامانه های سطوح آبگیر باران. دانشگاه بیرجند. بهمن ماه .93

9-Boers Th.M. and Ben-Asher J. (1982). "A Review of Rainwater Harvesting", Agricultural Water Management, No. 5, 145-158.

10-Dreelin E. A., Fowler L., Carroll C. R. (2006). "A test of prous pavement efectiveness on clay soils during natural storm events", Water Research, No. 40, 799_805.

11- Imteaz M. A., Adeboy O.B., Rayburg S. and Shanableh A. (2012). Rainwater harvesting potential for southwest Nigeria using daily water balance Model, Resources Conservation and Recycling, 62, 51-55.

12- Matinez M. (1998). Factors Influencing Surface Runoff Generation in a Mediteranean Semi-arid Environment: Chicamp Watershed Spain. 12(5): 741-745.

13- Prinz D. (2000).Global and European Water Challenges in the 21 st Century. Keynote Speech. Proceedings, 3rd Inter-Regional Conference on Environment-Water "Water Resources Management in the 21 st Century", 1-3 June, Budapest/Hungary, P.247-254.

14- Ramier D., Berthier E. and Andrieu H. (2004). "An urban lysimeter to assess runof. Losses an asphalt concrete plates", Physics and Chemistry of the Earth, No. 29, 839-847.

15- Schaad D. E., Farly J. and Haynes C. (2009). "Design and routing of storm flows in an urbanized watershed without surface streams", Journal of Hydrology 375, 334-335.

16- Rostad, N. and Montalto, F.(2012). Rainwater harvesting: using urban roof runoff for residential toilet flushing. Published by Woodhead Publishing Limited.

Combined method of roof rain water harvesting and safe wastewater to provide a part required urban water (Case study: Mashhad)

M.T. Dastorani[1]
*dastorani@um.ac.ir

Abstract

Today, water supply especially for large cities with high population located in arid and semiarid areas is a big challenge for the managing these areas. In such a condition, increasing water use efficiency and also providing new sources of water can be the ways to help solving this problem. Harvesting rainwater from impermeable areas like roofs and also using clean waste water and also recycled residential sewages for non-drinking needs of the householders can considerably decrease water demand in urbanized areas. Present research evaluates the combined method of rainwater harvesting and clean residential waste water to provide a part of required water for the householders in Mashhad. After preparation of the required equipment and establishing the system in a residential house, inputs and outputs were measured for a reasonable time period. Analysis and the obtained data showed that the average run off coefficient for the roof catchment is about 75% and about 40 to 50 percent of the required water of the householder can be provided by this system. In this method, existence of clean waste water around the year solves the problem of run off shortage from rainfall during the summer causing a harvestable flow in the system over the year. For developing the system and encouraging citizens for using this system a series of cultural and legislation actions are required.

Keywords

Rainwater, Water harvesting, Residential areas, Waste water, Mashhad, Urban water,

1. Professor, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Iran