Archive of SID

تأثیر جنس پشت بام و زمان استحصال بر کیفیت آب باران استحصال شده از سطوح آبگیر منازل مسکونی شهری

کاظم نصرتی[۱]، پریسا مالیان[۲]، خه‌بات درفشی[۳]

تاریخ ارسال:۱۳۹۴/۱۱/۲۸
تاریخ پذیرش:۱۳۹۷/۰۳/۰۸

چکیده

جنس پشت‌بام و زمان استحصال آب دو عامل موثر بر کیفیت آب استحصال شده می‌باشد. هدف از این پژوهش بررسی پارامترهای کیفی و تعیین تفاوت اثر جنس پشت بام و زمان استحصال آب بر کیفیت آب استحصال شده در منطقه ۸ تهران می‌باشد. به این منظور ۳۰ نمونه رواناب سطحی در سال ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ از دو پشت بام با جنس‌های ایزوگام و موزاییک برداشت شد. پارامترهای pH، هدایت الکتریکی، کربنات، بیکربنات، کلسیم کربنات، کل مواد محلول، کل مواد معلق، نیتروژن، نیترات، فسفات، فسفر و سولفات نمونه‌های رواناب اندازه‌گیری شد. به منظور بررسی اثر جنس پشت‌بام و زمان استحصال بر کیفیت آب از آزمون t و من‌ویتنی استفاده شد. جهت بررسی ارتباط متغیرها و گروه‌بندی آن‌ها به ترتیب از تحلیل همبستگی و تحلیل خوشه‌ای استفاده شد. نتایج نشان داد که مهم‌ترین پارامترهای تأثیر گذار بر کیفیت آب، نیتروژن و نیترات می‌باشد. نتایج همچنین نشان داد جنس متفاوت پشت بام‌ها باعث تغییر در میزان برخی پارامترهای کیفی رواناب می‌شود. جنس ایزوگام در مقایسه با جنس موزاییک بر روی پارامترهای نیتروژن و نیترات تأثیر بیش‌تری دارد که می‌تواند به دلیل مواد اولیه تشکیل دهنده موزاییک و ایزوگام باشد. همچنین تمامی پارامترهای کیفیت آب به جز pH تحت تاثیر زمان استحصال آب (رواناب اولیه و نهایی) قرار دارند و بخش عمده بار آلودگی در رواناب اولیه وجود دارد. نتایج تحلیل خوشه‌ای نشان داد که گروه‌بندی متغیرها بر اساس نوع آلاینده و ویژگی‌های موثر بر آن به ۴ گروه تقسیم می‌گردد. نتایج این مطالعه پیشنهاد می‌نماید که بخش نخست رواناب تولیدی حاصل از بارش به دلیل کیفیت نامناسب ذخیره نگردد اما آب استحصال شده زمان‌های بعدی بارندگی می‌تواند راهکاری در تامین آب با کیفیت مناسب در مناطق خشک و کم‌آب کشور باشد.

واژه‌های کلیدی: استحصال آب باران، پشت بام، تحلیل خوشه‌ای، رواناب شهری، سیلاب.

---

[۱]. دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران. E-mail Address: k_nosrati@sbu.ac.ir
نویسنده مسوول، آدرس: تهران، اوین، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین، کدپستی: ۱۹۸۳۹۶۳۱۱۳
[۲]. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی
[۳]. دکتری ژئومورفولوژی دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

در دهه‌های اخیر منابع آب به دلیل استفاده نادرست در معرض آلودگی‌های مختلف و کاهش شدید قرار گرفته است. تغییرات محیطی مانند گرمایش جهانی و تغییر اقلیم موجب تشدید این اثرات شده است که این موضوع سلامت اکوسیستم و انسان را تهدید می‌کند (Li et al., 2010). رشد سریع جمعیت و نیازهای متنوع و گسترده‌ای که این جمعیت رو به رشد دارد، بهره‌برداری از منابع آبی مختلف را تحت الشعاع قرار داده و به دنبال آن مصرف بی‌رویه آب می‌تواند باعث بروز مشکلاتی از قبیل بروز سیلاب، افزایش فرسایش، کاهش آب زیرزمینی و کاهش کیفیت آب سطحی شود (Lye, 2009; Jones and Hunt, 2008). بدین ترتیب یکی از مهم‌ترین چالش‌های امروزی برنامه‌ریزان و مدیران منابع آب، تأمین آب سالم و مناسب برای مصارف مختلف شرب، کشاورزی و صنعت در مناطق مختلف به ویژه مناطق خشک است که با بحران کم‌آبی مواجه‌اند. بنابراین با توجه به کاهش منابع آب سطحی و زیرزمینی، استحصال آب باران یکی از گزینه‌های تامین آب می‌باشد.

دلایل زیادی وجود دارد که ضرورت استحصال و جمع‌آوری آب باران را نشان می‌دهد؛ این دلایل حاکی از این موضوع است که از سیستم تأمین آب باران در مناطقی استفاده می‌گردد که دیگر هیچ منبعی برای تأمین آب افراد وجود نداشته باشد (Yaziz et al., 1989). البته در مناطقی که منابع آبی وجود دارند، اما در حال از بین رفتن و تخلیه می‌باشند و یا در مناطق خشک و نیمه خشک هم که تأمین آب با دشواری‌های زیادی همراه است، این سیستم‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. استفاده از سیستم‌های استحصال آب باران خانگی می‌تواند به‌طور محسوسی تقاضا را از منابع آب عمومی کم کند. این سیستم‌ها می‌توانند راه حلی برای مقابله با کمبود آب بوده و از نظر اقتصادی دارای منافع و مزایایی برای کشور و خانه‌دارها باشند (Li et al., 2010).

آب باران به‌دلیل اینکه مواد شوینده وارد آن نشده است، نسبت به آب ظرفشویی، ماشین لباسشویی، حمام و ... کیفیت بهتری دارد (Li et al., 2010). اصولاً انتظار می‌رود که آب باران کاملاً خالص باشد، ولی به‌علت تماس آن با گرد و خاک، ذرات معلق، گازهای مخلوط در هوا، مقادیر قابل توجهی از آن‌ها را در خود حل کرده و به زمین می‌آورد. گازهایی چون اکسیژن، گاز کربنیک و ازت نیز در آب باران وجود خواهند داشت که کیفیت آن را پایین می‌آورند. کیفیت آب باران و جنس پشت بام از پارامترهایی است که می‌تواند بر روی کیفیت رواناب حاصل تأثیر بگذارد (Mendez et al., 2010; Bucheli et al., 1998; Chang and Crowley, 1993). به‌نظر می‌رسد پارامترهای مختلفی مانند شدت بارندگی و تعداد روزهای خشک قبل از بارندگی هم به‌صورت محسوسی بر روی کیفیت آب استحصال شده تأثیر داشته باشند (Yaziz et al., 1989). از نظر کمیت هم، مقدار آبی که می‌توان از این طریق جمع‌آوری کرد، به دو عامل میزان بارندگی و وسعت منطقه‌ای که آب از آن جمع‌آوری می‌شود، بستگی دارد (دستورانی، ۱۳۸۷).

در حال حاضر استحصال آب باران خانگی در سراسر اروپا و استرالیا به طور گسترده رایج شده که به روش‌های مختلفی هم مورد آزمایش قرار گرفته است که مروز پیشینه برخی از مطالعات در ذیل ارایه می‌گردد. به‌منظور آزمایش سیستم استحصال آب باران خانگی در مناطق آب و هوایی اروپا، ۴۶ منطقه با ۵ گونه اقلیمی مورد بررسی قرار گرفتند. سپس سیستم استحصال آب باران خانگی[1] را با روش دوره‌های خشک آب و هوایی سابق[2] مقایسه کردند تا معایب و مزایای هر کدام را مشخص کنند (Paella et al., 2012). در طی خشکسالی‌های زیادی که در استرالیا رخ داده است، آب باران را به مقدار زیاد در تانکرهایی ذخیره کردند و تأثیر باران اسیدی را مورد بررسی قرار دادند تا مشخص کنند که علت وقوع آن‌ها چیست؛ در

[1]. Domestic Rain Water Harvesting system: DRWH
[2]. Antecedent Dry Weather Period: AWDP

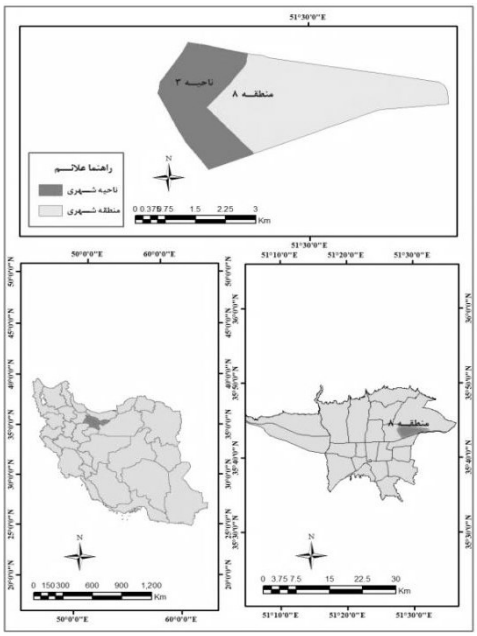
www.SID.ir

Archive of SID

نهایت به این نتیجه رسیدند که در مکان‌هایی که گرد و خاک و ساختمان‌سازی و به عبارت دیگر شهرنشینی بیش‌تر است، میزان غلظت یون‌های موجود در باران اسیدی بیش‌تر بوده و به‌عبارتی باران اسیدی‌تر بوده است (Huston et al., 2012). در کشور آمریکا بررسی تأثیر مواد پشت بام معمولی (پوشش‌های فایبرگلاس آسفالتی، فلز گالوانیزیم و کاشی بتنی) و مواد بامی جایگزین (خنک کننده و سبز) بر کیفیت آب باران ذخیره‌ای در مصارف خانگی، بررسی شد. نتایج حاصله از بام‌های مختلف نشان داد که آب باران ذخیره شده از هر یک از این مواد پشت بام، در صورتی‌که مصرف کنندگان خواستار رعایت استانداردهای اولیه و ثانویه آب آشامیدنی آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده و یا رعایت دستورالعمل استفاده مجدد از آب غیر شرب باشند، نیاز به تصفیه شدن دارند. بام‌های فلزی کیفیت آب باران بهتری در مقایسه با سایر مواد بام نشان می‌دهند. آب باران ذخیره شده از پشت بام فلزی نشان می‌دهد که باکتری‌های شاخص ته‌نشین شده نسبت به دیگر مواد بامی غلظت پایین‌تری دارد که این ممکن است به‌دلیل تابندگی کم فلز در نتیجه‌ی بالا بودن دمای سطحی پشت بام باشد (Mendez et al., 2011).

جمعیت ساکن در شهر تهران و وجود صنایع مستقر در این شهر نیاز به آب زیادی دارند که تأمین آن هزینه‌های زیادی را در بر دارد. مقادیر آب در دسترس این شهر کم است؛ علاوه بر این بارش هم به‌طور مساوی توزیع نمی شود، بلکه در فصول مختلف و معمولاً در بعضی ماه‌ها که به‌عنوان موسم یا فصول بارندگی شناخته می‌شوند، تمرکز پیدا می‌کند. بر این اساس، در مطالعه حاضر، در راستای امکان استحصال آب باران از پشت‌بام‌های شهر تهران، هدف از این مطالعه پایش پارامترهای مختلف کیفی آب باران استحصال شده از سطوح آبگیر منازل مسکونی و بررسی تفاوت اثر جنس پشت بام (موزاییک یا ایزوگام) و زمان استحصال آب (زمان ابتدایی و انتهایی تولید رواناب) در کیفیت آب باران استحصال شده می‌باشد.

شهر تهران با طول جغرافیایی ´۱۵ °۵۱ تا ´۵۱ °۳۲ شرقی و عرض جغرافیایی ´۳۵ °۲۹ تا ´۳۵ °۴۲ شمالی با مساحت ۲۲۵۰ کیلومتر مربع، از شمال به استان مازندران، از شرق به استان سمنان، از غرب به استان قزوین و از جنوب به استان قم متصل است (شکل ۱). منطقه ۸ در شرق تهران مابین دو محور شرقی - غربی تهران (خیابان دماوند و رسالت) واقع شده است.



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی ناحیه ۳ منطقه ۸ تهران

www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری از رواناب پشت بام

در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲، هنگام رخداد بارش ۳۰ نمونه از رواناب‌های اولیه و نهایی از دو جنس پشت بام برداشت شد. جزییات رخدادها در جدول ۱ ارایه شده است. برای این کار دو پشت بام که وسعت آن‌ها ۲۰۰ متر مربع بود، انتخاب گردید که در انتخاب پشت بام‌ها، دو جنس متفاوت موزاییک و ایزوگام در نظر گرفته شد تا اثر جنس‌های مختلف بر کیفیت رواناب‌ها بررسی شود. به منظور بررسی تاثیر زمان استحصال آب (زمان ابتدایی و انتهایی تولید رواناب) در طی هر رخداد بارندگی، ۱۵ دقیقه ابتدایی تولید رواناب به عنوان رواناب اولیه[1] نمونه‌برداری شد (نمونه ابتدایی). با ادامه بارندگی نمونه‌برداری از باقی مانده‌ی بارش که از دقیقه ۱۵ بارش تا انتهای بارندگی بود، انجام شد (نمونه انتهایی). نمونه‌ها بلافاصله بعد از جمع‌آوری در داخل یخچال و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری و به آزمایشگاه منتقل شدند. در طول دو سال طی تمامی بارش‌ها نمونه‌برداری انجام شد و درنهایت نمونه‌های رخدادهایی که از نظر مدت بارش شبیه بودند، برای تجزیه آزمایشگاهی و تحلیل انتخاب شدند تا اثرات تغییرات بارش در نمونه‌برداری به کمترین مقدار برسد.

همچنین اطلاعات ارتفاع رواناب و تعداد روزهای خشک بین بارندگی‌ها ثبت شد و حجم رواناب بر اساس سطح پشت‌بام محاسبه شد.

تجزیه آزمایشگاهی

PH نمونه‌ها با استفاده از دستگاه pH متر مدل proline b 250 اندازه گیری شد. برای اندازه‌گیری EC، از دستگاه EC متر مدل proline b 250 استفاده گردید. اندازه‌گیری کربنات، بیکربنات و قلیایت کل با استفاده از روش تیتراسیون و با اسید سولفوریک ۰/۰۱ نرمال و اندازه‌گیری حجم اسید مصرفی انجام شد (Larson and Henley, 1955; Winter, 1969). به منظور اندازه‌گیری TDS و TSS از روش وزنی استفاده شد (Gray, et al., 2000). اندازه‌گیری فسفات به طریق کالریمتری برای غلظت در دامنه ۱ تا ۲۰ میلی‌گرم در لیتر با روش وانادو مولیبدوفسفریک و برای محدوده غلظت ۰/۱ تا ۶ میلی‌گرم در لیتر با روش کلرید استانو انجام گرفت (Chapman and Pratt, 1961). برای اندازه‌گیری نیترات هم از روش اولترا ویوله (اسپکتروفتومتر UV) در طول موج ۲۲۰ نانومتر استفاده گردید (García-Robledo, 2014).

تحلیل‌های آماری

برای تحلیل داده‌ها از برنامه (SPSS SPSS10 Inc., 1999) بهره‌گیری شد. قبل از تحلیل، ابتدا داده ها برای آزمون نرمال بودن با آماره کلموگروف-اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov) و جهت آزمون همگنی با آماره لیون (Levene Test)، آزمایش شدند. به منظور بررسی اثر جنس پشت‌بام و زمان استحصال (نمونه ابتدایی و انتهایی) بر کیفیت آب از آزمون t و من‌ویتنی استفاده شد. برای بررسی رابطه بین متغیرها از آزمون ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد.

جهت گروه‌بندی پارامترهای موثر بر کیفیت آب استحصال شده از تحلیل خوشه‌ای استفاده شد. تحلیل خوشه‌ای جستجو و سازمان‌دهی اطلاعات به‌منظور تعیین گروه‌هایی از داده‌ها می‌باشد؛ به‌طوریکه داده-های داخل یک گروه از جنبه‌های مشابه و با افراد گروه‌های دیگر نامتشابه می‌باشند. خصوصیات pH، هدایت الکتریکی، کربنات، بیکربنات، کلسیم کربنات، کل مواد محلول، کل مواد معلق، نیتروژن، نیترات، فسفات، فسفر، سولفات، ارتفاع رواناب، تعداد روزهای خشک بین بارندگی‌ها و حجم رواناب تحت تحلیل خوشه‌ای قرار گرفتند. تحلیل خوشه‌ای با روش Wards و فاصله اقلیدسی انجام گردید. فاصله

[1]. First-Flash

www.SID.ir

Archive of SID

اقلیدسی بین نمونه‌ها تشابه نمونه‌ها را تعیین می‌کند و بر اساس رویکرد آنالیز واریانس برای ارزیابی فاصله بین خوشه‌ها، مجموع مربعات هر دو خوشه را در هر گام حداقل می‌نماید. این روش به‌عنوان یک روش با حداقل واریانس در خوشه‌بندی شناخته شده است.

نتایج و بحث

با توجه به تاریخ نمونه‌برداری‌ها، جنس پشت بام و نوع رواناب (اولیه و نهایی)، ارتفاع رواناب، حجم رواناب و تعداد روزهای خشک، مشاهده شد که بیش‌ترین ارتفاع رواناب در بین تمام نمونه‌ها ۱۲ میلی‌متر بوده که در تاریخ ۹۱/۰۸/۲۲ در رواناب اولیه پشت بام ایزوگام رخ داده و کم‌ترین ارتفاع رواناب هم با ۱ میلی‌متر مربوط به رواناب نهایی پشت بام موزاییک در تاریخ ۹۱/۱۲/۲۰ بوده است (جدول ۱).

آماره‌های غلظت آلاینده‌ها

در جدول ۲ نتایج تحلیل مقدماتی داده‌ها در پشت بام ایزوگام و در جدول ۳ نتایج تحلیل مقدماتی داده‌ها در پشت بام موزاییک نشان داده شده است. نتایج تحلیل مقدماتی داده‌ها در جداول ذکر شده شامل دامنه تغییرات، میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۱): ویژگی‌های رخدادهای نمونه‌برداری شده بر اساس جنس پشت بام و زمان نمونه‌برداری

تاریخ نمونه‌برداری	جنس پشت بام	نوع رواناب	ارتفاع رواناب (میلیمتر)	تعداد روزهای خشک
۹۱ / ۰۸ / ۲۲	ایزوگام	رواناب اولیه	۱۲	۴
۹۱ / ۰۸ / ۲۳	ایزوگام	رواناب اولیه	۷/۵	۱
۹۱ / ۰۹ / ۱۶	ایزوگام	رواناب اولیه	۷	۲۳
۹۱ / ۰۹ / ۲۱	ایزوگام	رواناب اولیه	۷/۳	۵
۹۱ / ۰۹ / ۲۴	ایزوگام	رواناب اولیه	۶/۷	۳
۹۱ / ۰۹ / ۲۵	ایزوگام	رواناب اولیه	۶/۱	۱
۹۱ / ۱۰ / ۰۱	ایزوگام	رواناب اولیه	۱/۰۵	۶
۹۱ / ۱۱ / ۲۴	ایزوگام	رواناب اولیه	۲/۷۹	۵۴
۹۱ / ۱۲ / ۱۹	ایزوگام	رواناب اولیه	۱/۱	۲۵
۹۲ / ۰۹ / ۱۸	ایزوگام	رواناب اولیه	۵/۶	۲۷۴
۹۲ / ۱۱ / ۰۸	ایزوگام	رواناب اولیه	۵/۲	۵۰
۹۱ / ۰۸ / ۲۳	ایزوگام	رواناب نهایی	۷/۵	۱
۹۱ / ۰۹ / ۱۶	ایزوگام	رواناب نهایی	۷	۲۳
۹۱ / ۱۰ / ۰۱	ایزوگام	رواناب نهایی	۱/۰۵	۶
۹۱ / ۱۱ / ۲۴	ایزوگام	رواناب نهایی	۲/۷۹	۵۴
۹۱ / ۱۲ / ۱۹	ایزوگام	رواناب نهایی	۱/۱	۲۵
۹۲ / ۰۹ / ۱۸	ایزوگام	رواناب نهایی	۵/۶	۲۷۴
۹۲ / ۱۱ / ۰۸	ایزوگام	رواناب نهایی	۵/۲	۵۰
۹۱ / ۰۹ / ۱۶	موزاییک	رواناب اولیه	۷	۲۳
۹۱ / ۰۹ / ۲۴	موزاییک	رواناب اولیه	۶/۷	۳
۹۱ / ۱۰ / ۰۱	موزاییک	رواناب اولیه	۱/۰۵	۶
۹۱ / ۱۱ / ۲۴	موزاییک	رواناب اولیه	۲/۷۹	۵۴
۹۱ / ۱۲ / ۱۹	موزاییک	رواناب اولیه	۱/۱	۲۵
۹۲ / ۰۹ / ۱۸	موزاییک	رواناب اولیه	۵/۶	۲۷۴
۹۲ / ۱۱ / ۰۸	موزاییک	رواناب اولیه	۵/۲	۵۰
۹۱ / ۱۰ / ۰۱	موزاییک	رواناب نهایی	۱/۰۵	۶
۹۱ / ۱۲ / ۱۹	موزاییک	رواناب نهایی	۱/۱	۲۵
۹۱ / ۱۲ / ۲۰	موزاییک	رواناب نهایی	۱	۱
۹۲ / ۰۹ / ۱۸	موزاییک	رواناب نهایی	۵/۶	۲۷۴
۹۲ / ۱۱ / ۰۸	موزاییک	رواناب نهایی	۵/۲	۵۰

www.SID.ir

Archive of SID

همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده شده است، بیش‌ترین میانگین در بین تمام نمونه‌ها برابر با ۱۲۴/۸۴ مربوط به هدایت الکتریکی و کم‌ترین میانگین برابر با ۰/۱۵ مربوط به فسفر است. بیش‌ترین میزان انحراف معیار برابر با ۱۰۸/۸۸ مربوط به هدایت الکتریکی و کم‌ترین میزان انحراف معیار برابر با ۰/۱۷ مربوط به فسفر است. بیش‌ترین ضریب تغییرات برابر با ۴۶۲/۳ مربوط به هدایت الکتریکی و کم‌ترین ضریب تغییرات برابر با ۰/۵۸ مربوط به فسفر می‌باشد. همانطور که نشان داده می‌شود، بیش‌ترین میزان میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات مربوط به هدایت الکتریکی و کم‌ترین میزان‌ها مربوط به فسفر می‌باشد. در جدول ۳ بیش‌ترین میزان میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات به ترتیب برابر با ۱۹۵/۹۷، ۱۱۵/۱۵ و ۳۲۰/۴ مربوط به هدایت الکتریکی و کم‌ترین میزان میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات به ترتیب برابر با ۰/۰۹، ۰/۰۴ و ۰/۱۴ مربوط به فسفر می‌باشد.

رابطه بین پارامترهای کیفیت آب

با توجه به مقدار ضریب همبستگی محاسبه شده برای متغیرهای رواناب، ضریب همبستگی pH با کربنات، کلسیم کربنات، کل مواد محلول، کل مواد معلق و تعداد روزهای خشک معنی‌دار است (جدول ۴)؛ به این معنی که مقدار این متغیرها تحت تأثیر تغییرات یکدیگر است که در این بین، رابطه بین pH با کل مواد جامد قوی‌تر از سایر متغیرهاست. ضریب همبستگی هدایت الکتریکی با کربنات، بیکربنات، کلسیم کربنات و کل مواد محلول معنی‌دار است و رابطه ی بین هدایت الکتریکی با کل مواد جامد قوی-تر از سایر پارامتر هاست. ضریب همبستگی کربنات با pH، هدایت الکتریکی، کلسیم کربنات و کل مواد محلول معنی‌دار و رابطه بین کربنات با کلسیم کربنات قوی‌تر از سایر متغیرها می‌باشد. ضریب همبستگی بیکربنات با هدایت الکتریکی، کل مواد معلق، نیتروژن، نیترات، و ارتفاع رواناب معنی‌دار و رابطه بین بیکربنات با نیترات قوی‌تر است. ضریب همبستگی کلسیم کربنات با pH، هدایت الکتریکی، کربنات و کل مواد محلول معنی‌دار و رابطه بین کلسیم کربنات با کربنات قوی‌تر از سایر پارامترها بدست آمده است. ضریب همبستگی کل مواد محلول با pH، هدایت الکتریکی، کربنات و کلسیم کربنات معنی‌دار و رابطه بین کل مواد محلول با هدایت الکتریکی قوی‌تر است. ضریب همبستگی کل مواد معلق با pH، بیکربنات و تعداد روزهای خشک معنی‌دار و در این میان رابطه بین کل مواد معلق با تعداد روزهای خشک قوی‌تر از سایر پارامترهاست. ضریب همبستگی نیتروژن با بیکربنات، نیترات، سولفات، و ارتفاع رواناب معنی‌دار و رابطه بین نیتروژن با نیترات قوی‌تر می‌باشد. ضریب همبستگی نیترات با بیکربنات، نیتروژن، سولفات، و ارتفاع رواناب معنی‌دار و رابطه بین نیترات با نیتروژن قوی‌تر از سایر پارامترهاست. ضریب همبستگی فسفات تنها با پارامتر فسفر و همچنین پارامتر فسفر با فسفات معنی‌دار است. ضریب همبستگی سولفات با نیتروژن و نیترات معنی‌دار و رابطه بین سولفات با نیترات قوی‌تر است. ضریب همبستگی ارتفاع رواناب با بیکربنات، نیتروژن، و نیترات معنی‌دار است.

تأثیر جنس پشت بام بر کیفیت آب

با توجه به اینکه تعداد نمونه‌ها کمتر از میزان کافی است و برای مقایسه ی میزان پارامترهای رواناب بر اساس جنس پشت بام، قصد داریم از آزمون t استفاده کنیم و اینکه در آزمون t زمانی که تعداد نمونه‌ها کم است، نمونه باید از توزیع نرمال پیروی کند، پس در ابتدا آزمون نرمال بودن تمامی نمونه‌ها انجام می‌شود که برای این منظور از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۲): نتایج تحلیل مقدماتی داده‌ها در پشت بام ایزوگام

ردیف	آلاینده‌ها	دامنه تغییرات	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات
۱	pH	۶/۸۵ – ۹/۷۱	۸/۰۵	۰/۶۹	۲/۸۶
۲	هدایت الکتریکی	۴۹/۷ – ۵۱۲	۱۲۴/۸۴	۱۰۸/۸۸	۴۶۲/۳
۳	کربنات	۰ – ۰	۰	۰	۰
۴	بیکربنات	۰/۴ – ۴	۲/۰۱	۰/۹۹	۳/۶
۵	کلسیم کربنات	۰/۴ – ۴	۲/۰۱	۰/۹۹	۳/۶
۶	کل مواد محلول	۰ - ۱۱۲/۹	۴۰/۵۱	۳۴/۹۱	۱۱۲/۹
۷	کل مواد معلق	۰ - ۱/۸	۰/۱۲	۰/۴۲	۱/۸
۸	نیتروژن	۰/۷ – ۶/۸۵	۲/۲۴	۱/۴۹	۶/۱۵
۹	نیترات	۳/۰۵ – ۳۰/۴۵	۹/۶۰	۶/۵۸	۲۷/۴
۱۰	فسفات	۰/۰۴۵ – ۲/۰۵	۰/۴۴	۰/۵۴	۲/۰۱
۱۱	فسفر	۰/۰۱۵ – ۰/۵۹	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۵۸
۱۲	سولفات	۳ - ۱۴۰	۲۲/۶۱	۳۲/۴۱	۱۳۷

جدول (۳): نتایج تحلیل مقدماتی داده‌ها در پشت بام موزاییک

ردیف	آلاینده ها	دامنه تغییرات	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات
۱	pH	۸/۹ – ۱۰/۱	۹/۶۱	۰/۴۱	۱/۲
۲	هدایت الکتریکی	۹۳/۶ – ۴۱۴	۱۹۵/۹۷	۱۱۵/۱۵	۳۲۰/۴
۳	کربنات	۰ - ۲۸	۴/۱۴	۷/۶۹	۲۸
۴	بیکربنات	۰ - ۳/۶	۱/۵۸	۱/۰۵	۳/۶
۵	کلسیم کربنات	۱/۸ – ۱۹	۴/۸۷	۴/۸۳	۱۷/۲
۶	کل مواد محلول	۰ - ۲۰۸	۹۲/۸۴	۶۳/۷۹	۲۰۸
۷	کل مواد معلق	۰ - ۰/۶	۰/۲۵	۰/۲۶	۰/۶
۸	نیتروژن	۰/۶ – ۳/۶۵	۱/۴۴	۱/۰۷	۳/۰۵
۹	نیترات	۲/۶۵ – ۱۶/۱۵	۶/۳۴	۴/۷۵	۱۳/۵
۱۰	فسفات	۰/۱۱۵ – ۰/۵۴۵	۰/۲۸	۰/۱۳	۰/۴۳
۱۱	فسفر	۰/۰۴ – ۰/۱۸	۰/۰۹	۰/۰۴	۰/۱۴
۱۲	سولفات	۹ - ۲۵	۱۶/۷۵	۵/۳۱	۱۶

www.SID.ir

Archive of SID

لازم به ذکر است در تمام آزمون‌های مذکور سطح معنی‌داری ۰/۰۵ در نظر گرفته شده است. با توجه به نتایج جدول آزمون مقایسه میزان پارامترهای رواناب بر اساس جنس پشت بام برای پارامترهای هدایت الکتریکی، کلسیم کربنات، کل مواد معلق، نیتروژن، نیترات، فسفات، فسفر و سولفات به روش من ویتنی انجام گردید و برای سایر پارامتر ها روش t بکار گرفته شد (جدول ۵).

در آزمون مقایسه میزان پارامترهای رواناب بر اساس هر دو روش t و من ویتنی در صورتی که p-مقدار کم‌تر از سطح معنی‌داری ۰/۰۵ باشد، فرض برابری میزان پارامترهای رواناب بر اساس جنس پذیرفته نخواهد شد؛ بنابراین با توجه به جدول فوق به این نتیجه می‌رسیم که میزان پارامتر بیکربنات در هر دو جنس موزاییک و ایزوگام معنی‌دار نیست، ولی میزان پارامترهای pH و کل مواد محلول تحت تأثیر جنس پشت بام قرار دارد. با توجه به اینکه برآورد میانگین تفاضل میزان pH ایزوگام از pH موزاییک در روش t برابر با ۱/۵۶- شده است، به این نتیجه می-رسیم که میزان pH برای جنس ایزوگام کم‌تر از جنس موزاییک است. همچنین برآورد مذکور برای پارامتر کل مواد محلول برابر با ۵۲/۳۴- شده است که حاکی از بیش‌تر بودن میزان پارامتر کل مواد محلول برای جنس موزاییک می‌باشد (جدول ۶).

با توجه به نتایج آزمون من ویتنی در بررسی تأثیر جنس پشت بام بر روی پارامترهای رواناب دیده می‌شود که میزان پارامترهای فسفات، فسفر و سولفات تحت تأثیر جنس پشت بام قرار ندارد و میزان آن ها برای هر دو جنس یکسان در نظر گرفته می‌شود (جدول ۷).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۴): نتایج آزمون همبستگی بین متغیرهای موثر بر کیفیت رواناب استحصال شده از پشت بام

آلاینده ها	PH	هدایت الکتریکی	کربنات	بیکربنات	کلسیم کربنات	کل مواد جامد	کل مواد معلق	نیتروژن	نیترات	فسفات	فسفر	سولفات	ارتفاع رواناب
هدایت الکتریکی	۰/۲۱	۱											
کربنات	۰/۳۷*	۰/۳۷*	۱										
بیکربنات	-۰/۰۶	۰/۴*	-۰/۱۶	۱									
کلسیم کربنات	۰/۴۳*	۰/۵۵**	۰/۹۵**	۰/۱۲	۱								
کل مواد محلول	۰/۴۶*	۰/۶۳**	۰/۴۷**	۰/۱۷	۰/۵۷**	۱							
کل مواد معلق	۰/۴۲*	۰/۰۱	۰/۱۷	۰/۴۲*	۰/۳	۰/۰۵	۱						
نیتروژن	-۰/۳۳	۰/۱۳	-۰/۱۷	۰/۴۳*	-۰/۰۳	۰/۱۴	-۰/۱۵	۱					
نیترات	-۰/۳۲	۰/۱۲	-۰/۱۶	۰/۴۳*	-۰/۱۱	۰/۱۳	-۰/۱۴	۰/۹۹**	۱				
فسفات	-۰/۱۴	۰/۰۱	-۰/۰۹	۰/۰۱	-۰/۱۲	۰/۰۶	-۰/۱۱	-۰/۰۶	-۰/۱	۱			
فسفر	-۰/۱۳	-۰/۰۰۷	-۰/۱	۰/۰۱	۰/۱۱	۰/۰۴	-۰/۱۲	-۰/۰۷	-۰/۱	۰/۹۸**	۱		
سولفات	-۰/۳۳	۰/۱۱	۰/۰۱	۰/۳۴	۰/۱۱	۰/۰۲	-۰/۱۳	۰/۷۶**	-۰/۷۹**	-۰/۱	-۰/۱۲	۱	
ارتفاع رواناب	-۰/۱۶	۰/۲۹	-۰/۱۲	۰/۴۷**	۰/۰۳	۰	۰/۰۳	۰/۳۸*	۰/۳۹*	-۰/۳	-۰/۲۹	۰/۲۳	۱
تعداد روزهای خشک	۰/۴۳*	-۰/۱۵	-۰/۰۵	۰/۳۴	۰/۰۳	0	۰/۵۱**	-۰/۱۱	۰/۱۱	-۰/۰۲	۰/۰۶	-۰/۱۳	۰/۱۱

*معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد. **معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۵): نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف در بررسی نرمال بودن داده‌های کیفیت آب بر اساس جنس پشت بام

ردیف	پارامتر	P- مقدار	ردیف	پارامتر	P- مقدار
۱	pH ایزوگام	۰/۲۰۰	۱۳	کل مواد معلق ایزوگام	**۰/۰۰۰**
۲	pH موزاییک	۰/۲۰۰	۱۴	کل مواد معلق موزاییک	**۰/۰۰۴**
۳	هدایت الکتریکی ایزوگام	۰/۰۰۳	۱۵	نیتروژن ایزوگام	**۰/۰۰۳**
۴	هدایت الکتریکی موزاییک	۰/۰۷۲	۱۶	نیتروژن موزاییک	**۰/۰۰۶**
۵	کربنات ایزوگام	-	۱۷	نیترات ایزوگام	**۰/۰۰۳**
۶	کربنات موزاییک	۰/۰۰۰	۱۸	نیترات موزاییک	**۰/۰۰۳**
۷	بیکربنات ایزوگام	۰/۲۰۰	۱۹	فسفات ایزوگام	**۰/۰۰۷**
۸	بیکربنات موزاییک	۰/۱۰۴	۲۰	فسفات موزاییک	**۰/۲۰۰**
۹	کلسیم کربنات ایزوگام	۰/۲۰۰	۲۱	فسفر ایزوگام	**۰/۰۲۴**
۱۰	کلسیم کربنات موزاییک	۰/۰۰۸	۲۲	فسفر موزاییک	**۰/۲۰۰**
۱۱	کل مواد محلول ایزوگام	۰/۲۰۰	۲۳	سولفات ایزوگام	**۰/۰۰۱**
۱۲	کل مواد محلول موزاییک	۰/۱۸۰	۲۴	سولفات موزاییک	**۰/۲۰۰**

جدول (۶): نتایج آزمون t در بررسی تأثیر جنس پشت بام‌ها

پارامتر	میانگین		مقدار t	معنی‌داری
	موزاییک	ایزوگام		
pH	۹/۶۱	۸/۰۵	-۷/۰۴	< ۰/۰۰۱
بیکربنات	۱/۵۸	۲/۰۱	۱/۱۵	۰/۲۶
کل مواد محلول	۹۲/۸۴	۴۰/۵۱	-۲/۹	۰/۰۱

جدول ۷. نتایج آزمون من ویتنی در بررسی تأثیر جنس پشت بام بر روی پارامترهای رواناب

ردیف	پارامتر	P- مقدار	ردیف	پارامتر	P- مقدار
۱	هدایت الکتریکی	۰/۰۱	۵	نیترات	۰/۰۴
۲	کلسیم کربنات	< ۰/۰۰۱	۶	فسفات	۰/۸۵
۳	کل مواد معلق	۰/۰۳	۷	فسفر	۰/۹۸
۴	نیتروژن	۰/۰۳	۸	سولفات	۰/۱۶

بر اساس برآورد تفاضل میزان پارامترها در جنس ایزوگام از جنس موزاییک، مشاهده می‌شود که میزان پارامترهای هدایت الکتریکی، کلسیم کربنات و کل مواد معلق برای جنس ایزوگام کم‌تر از موزاییک و میزان پارامترهای نیتروژن و نیترات برای جنس ایزوگام بیش‌تر از موزاییک است. برای پارامتر کربنات با توجه به مشکل بیان شده با استفاده از تحلیل اکتشافی و مقایسه میانگین پارامتر در هر دو حالت موزاییک و ایزوگام، به این نتیجه می‌رسیم که میزان پارامتر کربنات برای جنس موزاییک بیش‌تر از ایزوگام است. لازم به ذکر است میانگین پارامتر کربنات برای جنس موزاییک ۴/۱۴ و میزان پارامتر مذکور برای جنس ایزوگام برابر با صفر است (جداول ۲ و ۳).

www.SID.ir

Archive of SID

تأثیر زمان استحصال بر کیفیت آب

آزمون مقایسه میزان پارامترهای رواناب بر اساس مرحله نمونه‌برداری برای پارامترهای pH، بیکربنات و کل مواد محلول به روش t-test و برای سایر پارامترها به روش من ویتنی انجام گرفت. نتایج آزمون‌های t و من ویتنی هم در بررسی تأثیر مرحله نمونه‌برداری بر روی پارامترهای رواناب در جدول‌های ۸ و ۹ آورده شده است. با توجه به نتایج بدست آمده، به این نتیجه می‌رسیم که تنها میزان پارامتر pH تحت تأثیر زمان استحصال قرار ندارد و میزان این پارامترها در هر دو مرحله نمونه‌برداری تقریبا یکسان است (جدول ۸). با توجه به نتایج تحلیل آماری در جدول‌های ۸ و ۹ سایر پارامترهای کیفیت آب تحت تاثیر زمان استحصال آب (رواناب اولیه و نهایی) قرار دارند به طوری که در تمامی آنها میزان پارامتر در بخش ابتدایی رواناب بیش از بخش انتهایی رواناب است. با توجه به اینکه نمونه رواناب ابتدایی در ۱۵ دقیقه ایتدایی آن برداشت شده است می‌توان نتیجه گرفت بخش عمده بار آلودگی در ۱۵ دقیقه اول بارش وجود دارد.

جدول (۸): نتایج آزمون t در بررسی تأثیر مرحله نمونه‌برداری

پارامتر	میانگین		مقدار t	معنی‌داری
	رواناب اولیه	رواناب نهایی		
pH	۸/۸	۸/۷	۰/۳	۰/۷
بیکربنات	۲/۱	۱/۴	۲/۲	۰/۰۳۸
کل مواد محلول	۱۳۴/۱	۵۴/۸	۴/۱	< ۰/۰۰۱

جدول (۹): نتایج آزمون من ویتنی در بررسی تأثیر مرحله نمونه برداری بر روی پارامترهای رواناب

ردیف	پارامتر	p- مقدار
۱	هدایت الکتریکی	< ۰/۰۰۱
۲	کلسیم کربنات	۰/۰۲۱
۳	کل مواد معلق	۰/۰۴۲
۴	نیتروژن	۰/۰۱۲
۵	نیترات	۰/۰۰۲
۶	فسفات	۰/۰۱۲
۷	فسفر	۰/۰۳
۸	سولفات	۰/۰۳۵

www.SID.ir

Archive of SID

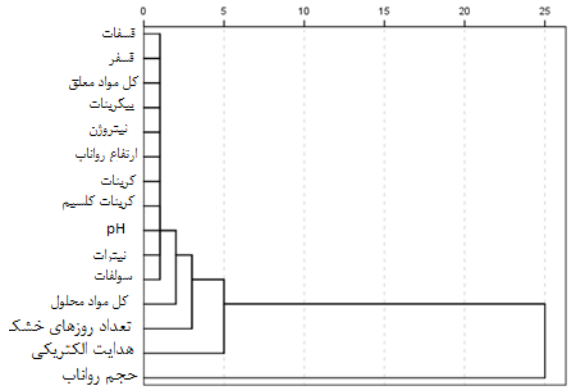
گروه بندی پارامترهای کیفیت آب

در معیارهایی که برای گروه‌بندی در نظر گرفته شد شامل خصوصیات رواناب حاصل از هر بارش مانند pH، هدایت الکتریکی، کربنات، بیکربنات، کلسیم کربنات، کل مواد محلول، کل مواد معلق، نیتروژن، نیترات، فسفات، فسفر و سولفات می‌باشند. برای گروه-بندی از روش متوسط گروه استفاده شده و نتایج فرآیند تحلیل خوشه‌ای با نمودار درختی در شکل ۲ تصویر شده است. با بررسی شکل ۲ داده‌هایی که در گروه‌های مشابه قرار گرفتند به‌صورت زیر می‌باشد.

گروه اول: pH، کربنات، بیکربنات، کلسیم کربنات، کل مواد معلق، نیتروژن، نیترات ، فسفات، فسفر، سولفات و ارتفاع بارش؛
گروه دوم: تعداد روزهای خشک، کل مواد محلول؛
گروه سوم: هدایت الکتریکی و
گروه چهارم: حجم رواناب.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش به بررسی کیفیت آب استحصال شده از سطوح آبگیر پشت بام ساختمان مسکونی در راستای ارایه راهکاری در تامین نیاز آبی ساکنان در شهر تهران (ناحیه ۳، منطقه ۸) پرداخته شد. در تحلیل کیفی آب باران جمع‌آوری شده از پشت بام‌ها مشخص شد که بخش عمده بار آلودگی در ۱۵ دقیقه اول بارش وجود دارد که باعث می‌شود این بخش از رواناب برای جمع‌آوری مناسب نباشد؛ لذا باید با نصب فیلتر و تعبیه انحراف دهنده‌ها از ورود آن به سیستم ذخیره آب خودداری گردد. Yaziz و همکاران هم در پژوهشی با عنوان تنوع در کیفیت آب باران از پشت بام‌های مختلف در کشور مالزی، درباره کیفیت آب باران جمع شده از بام‌های پوشیده شده با موزاییک و آهن گالوانیزه، به این نتیجه رسیدند که در یک لیتر از نمونه‌های متناوب جمع‌آوری شده در طول یک بارش، غلظت آلاینده‌های مختلف در یک لیتر اول زیاد بوده، اما در نمونه‌های بعدی کاهش می‌یابد؛ pH آب قبل از ریختن روی بام اسیدی بوده ولی پس از جاری شدن روی بام به آرامی افزایش خواهد یافت.



شکل (۲): خوشه‌بندی پارامترهای کیفیت آب و خصوصیات رواناب استحصال شده از پشت‌بام

نتایج پژوهش حاضر همچنین نشان داد که مهم‌ترین پارامترهای تأثیر گذار بر کیفیت آب با در نظر گرفتن نتایج حاصل از تحلیل همبستگی ، نیتروژن و نیترات با ضریب همبستگی ۰/۹۹۲ می‌باشند. پارامتر های فسفات و فسفر با ضریب همبستگی ۰/۹۸۳ و کلسیم کربنات و کربنات با ضریب همبستگی ۰/۹۴۹ هم از دیگر پارامترهای مؤثر بر کیفیت آب و به‌عنوان حساس‌ترین ویژگی‌ها به منظور ارزیابی کیفیت آب در شهر تهران در دو جنس پشت بام ایزوگام و موزاییک شناخته می‌شوند.

با توجه به نتایج آزمایشات و بررسی‌های آماری انجام شده می‌توان اینگونه بیان نمود زمان استحصال و جنس متفاوت پشت بام‌ها باعث تغییر در میزان پارامترهای کیفی آب استحصال شده می‌شود. تمامی آلاینده‌ها به جز pH در بخش ابتدایی رواناب بیش از بخش انتهایی رواناب استحصال شده است. بنابراین در طراحی سیستم ذخیره آب استحصال شده لازم است بخش نخست رواناب تولیدی حاصل از بارش به دلیل کیفیت نامناسب ذخیره نگردد اما آب استحصال شده زمان‌های بعدی بارندگی می‌تواند راهکاری در تامین آب با کیفیت مناسب در مناطق خشک و کم‌آب کشور باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

تفاوت دو جنس ایزوگام و موزاییک بر روی پارامترهای بیکربنات، فسفات، فسفر و سولفات تأثیر ناچیزی دارد. ولی جنس ایزوگام در مقایسه با جنس موزاییک بر روی پارامترهای pH، هدایت الکتریکی، کربنات، کلسیم کربنات، کل مواد محلول و کل مواد معلق تأثیر کمتر و بر روی پارامترهای نیتروژن و نیترات تأثیر بیش‌تری دارد. Mendez و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی در کشور آمریکا به بررسی تأثیر مواد پشت بام معمولی (پوشش های فایبرگلاس آسفالتی، فلز گالوانیزیم و کاشی بتنی) و مواد بامی جایگزین (خنک کننده و سبز) بر کیفیت آب باران ذخیره‌ای پرداختند. نتایج حاصله از بام‌های مختلف نشان می‌داد که آب باران ذخیره شده از هر یک از این مواد بامی، در صورتیکه مصرف کنندگان خواستار رعایت استانداردهای اولیه و ثانویه آب آشامیدنی آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده و یا رعایت دستورالعمل استفاده مجدد از آب غیر شرب باشند، نیاز به تصفیه شدن دارد. بام‌های فلزی کیفیت آب باران بهتری در مقایسه با سایر مواد پشت بام نشان نمی‌دهد. آب باران ذخیره شده از پشت بام فلزی نشان می‌دهد که باکتری های شاخص ته نشین شده نسبت به دیگر مواد بامی غلظت پایین‌تری دارد که این ممکن است بدلیل تابندگی کم فلز، که نتیجه بالا بودن دمای سطحی پشت بام است، باشد. بام‌های کاشی بتنی و سرد نیز به نظر می‌رسد از نظر کیفیت، گزینه‌های خوبی برای ذخیره آب باران در بین این سه مواد باشند. انجام تحلیل خوشه‌ای بر داده‌های ویژگی‌های آب در منطقه مطالعه باعث ایجاد ۴ خوشه شد. به‌دلیل اینکه خصوصیات آلی آب در خوشه اول دخالت دارند، این خوشه ، آلاینده‌های آلی نامیده شد. خوشه دوم کل مواد محلول و تعداد روزهای خشک بین بارندگی را شامل می‌شود که آن، گروه عوامل فیزیکی نامیده شد. گروه سوم، گروه عدایت الکتریکی است که تنها متغیر در این گروه است و گروه چهارم روانآب نامیده شد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

دستورانی، م. (۱۳۸۷). ارزیابی روش های نوین و پایدار در تأمین آب برای توسعه فضای سبز، سومین همایش ملی فضای سبز و منظر شهری، ویژه نامه شماره ۲۷، صفحه ۲۶۴.

Bucheli, T.D., Muller, S.R., Heberle, S. and Schwarzenbach, R.P. 1998. Occurrence and behavior of pesticides in rainwater, roof runoff, and artificial stormwater infiltration, Environmental, Science and Technology, vol32 (22): 3457-3464.

Carey, D.I. and Stickney, J.F. 2001. County Ground-Water Resources in Kentucky, Series XII, 2001, Cited December 2002, http://www.uky.edu/KGS/water/library/webintro.html.

Chang, M. and Crowley, C.M. 1993. Preliminary observations on water quality of storm runoff from four selected residential roofs, Water Resources Bulletin, 29 (5): 777-783.

Chapman, H.D. and Pratt, P.F. 1961. Methods of analysis of soils, plants and aters, university of California, division of Agricultural Sciences.

García- Robledo, E., Corzo, A, and Papaspyrou, S.. 2014. A fast and direct spectrophotometric method for the sequential determination of nitrate and nitrite at low concentrations in small volumes, Marine Chemistry, 62: 30-36.

Gray, J.R., Glysson, G.D., Turcios, L.M. and Schwarz, G.E. 2000. Comparability of Suspended-Sediment Concentration and Total Suspended Solids Data, U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations, Report 00-4191, 14 p.

Huston, R., Chan, Y.C., Chapman, H., Gardner, T, and Shaw, G., 2012. Source apportionment of heavy metals and ionic contaminants in rainwater tanks in a subtropical urban area in Australia, Water Research, 46: 1121-1132.

Jones, M.P. and Hunt. W.F. 2008. Rainwater Harvesting: Guidance for Homeowners (AGW-588-11), Online: http://www.bae.ncsu.edu/stormwater/PublicationFiles/WaterHarvestHome2008.pdf.

Larson, T.E. and Henley, L.M. 1955. Determination of low alkalinity or acidity in water, Anal. Chem, 27: 842-851.

Li, Z., Boyle, F, and Reynolds, A. 2010. Rainwater harvesting and greywater treatment systems for domestic application in Ireland, Desalination, 260: 1-8.

Lye, Dennis J. 2009. Rooftop runoff as a source of contamination: A review. Science of the Total Environment, 407: 5429-5434.

Mendez, C.B., Afshar, B.R., Kinney, K., Barrett, M.E. and Kirisits, M.J. 2010. Effect of Roof Material on Water Quality for Rainwater Harvesting Systems, Texas Water Development Board, P.O. Box 13231, Capitol Station Austin, Texas 78711-3231, pp. 46.

Mendez, C.B., Klenzendorf, J.B., Afshar, B.R., Simmons, M.T., Barrett, M.E., Kinney, K.A, and Kirisits, M.J. 2011. The effect of roofing material on the quality of harvested rainwater, Water Research, 45(5): 2049-2059.

Paella, A., Gnecco, I., Lanza, L.G, and La Barbera, P. 2012. Performance analysis of domestic rainwater harvesting systems under various European climate zones, Resources, Conservation and Recycling, 62: 71-80.

Winter, J.A. and MIDGETT, M.R. 1969. FWPCA Method Study 1. Mineral and Physical Analyses, Federal Water Pollution Control Admin., Washington, D.C.

Yaziz, M.I., Gunting, H ,.Sapari, N, and Ghazali, A.W. 1989. Variations in rainwater quality from roof catchments. Water Research, 23(6): 761-765

www.SID.ir

Archive of SID

فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب
سال نهم • شماره سی و سوم• پاییز ۱۳۹۷

Effect of roof type and harvesting time on the quality of water harvested from impervious surfaces in urban residential areas

Kazem Nosrati [1] Parisa Malian [2] Khabat Derafshi [3]

Abstract

Over recent decades, fresh water resources have been exposed to pollution meaning that in some areas, available supplies are now scarce. It is necessary, therefore, to harvest precipitation water in order to help control and manage flood and supply waters in urban areas. Roof material type and the timing of water harvesting are two main controls on harvested water. The main objectives of this study were therefore to investigate rainwater quality and to identify the effect of roof material type and harvesting time (first flush and posterior roof runoff) on harvested water quality in district 8, Tehran city, Iran. To address these objectives, 12 water quality parameters (pH, electrical conductivity, carbonate, bicarbonate, calcium carbonate, total dissolved solid, total suspended solids, nitrogen, nitrate, phosphate, phosphorous and sulfate) were measured in 30 runoff samples collected from two mosaic tile and bitumen roofs during 2013-14. T-tests and the Mann Whitney U-test were used to assess the effect of roof material type and harvesting time on the harvested water quality. Correlation and cluster analysis were used to the relationships among, and clusters of, roof runoff water quality parameters, respectively. The most important parameters affecting water quality were nitrogen and nitrate. The results also showed that the roof material types change the roof runoff water quality parameters. The bitumen roof compared to the mosaic tile roof had the most substantial effect on water quality. All roof runoff water quality parameters, except pH, were affected by harvesting time for the runoff (first flush and posterior roof runoff). The results of cluster analysis showed that the roof runoff water quality controls classified into four clear clusters. The results of this case study suggest that first flush runoff cannot be stored for water supply because of its unsuitable quality, but that posterior roof runoff can provide a means to supply water of acceptable quality in arid regions and in areas with water scarcity issues.

Keywords: urban runoff, flood, rain water harvesting, roof, cluster analysis.

[1] **(Corresponding author)**
Department of Physical Geography, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran, Tel.: +98 21 29902604; Fax: +98 21 29902628.
E-mail address: k_nosrati@sbu.ac.ir (K. Nosrati).
[2] M.Sc. Graduated Student, Department of Physical Geography, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
[3] Ph.D. of Geomorphology, Department of Physical Geography, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

www.SID.ir